

**XXX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA DA UFRN - eCICT 2019**

30° eCICT

ANAIS

Ciências Exatas, da Terra e Engenharias

EXPEDIENTE

APRESENTAÇÃO

O Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica (eCICT) é um evento aberto à comunidade no qual todos os aproximadamente 1.500 alunos de Iniciação Científica e Tecnológica da UFRN (bolsistas e voluntários) apresentam os resultados de suas pesquisas desenvolvidas ao longo de um ano, como cumprimento de um plano de trabalho elaborado e orientado por um professor/pesquisador do quadro permanente da Instituição.

O eCICT está entre as ações inseridas no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica da UFRN, que possui entre seus objetivos: a) Contribuir para a formação e engajamento de recursos humanos em atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação; b) Contribuir para a formação científica de recursos humanos que se dedicarão a qualquer atividade profissional; e c) Contribuir para a formação de recursos humanos que se dedicarão ao fortalecimento da capacidade inovadora das empresas no País. Em 2019, a Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte realizou a 30^a edição do Congresso, abarcando uma etapa inicial digital seguida de uma etapa presencial, no formato de apresentações em Sessões de Apresentações Orais. Na fase inicial (Online), as apresentações dos trabalhos pelos discentes se deram na forma de arquivos digitais (trabalho completo e vídeo) submetidos via Sistemas da UFRN e disponibilizados amplamente para visitantes do site do evento (www.cic.propsq.ufrn.br), avaliadores da UFRN e comitê externo PIBIC-CNPq. Durante a fase presencial do evento, os 90 melhores trabalhos, selecionados a partir da etapa anterior, seguiram para as apresentações orais.

A 30^a edição do Congresso teve como tema “Bioeconomia: Diversidade e Riqueza para o Desenvolvimento Sustentável”, estando alinhada aos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU. Ao submeter os trabalhos ao Congresso, os alunos indicaram os objetivos da Agenda 2030 aos quais suas pesquisas estavam relacionadas. Essa iniciativa visa estimular a pesquisa científica e tecnológica voltada para a busca por soluções para os desafios sociais contemporâneos.

O evento cumpriu três funções valiosas para o desenvolvimento da ciência na instituição: inserção dos discentes em um ambiente acadêmico de publicação e apresentação dos resultados da pesquisa; divulgação científica por meio dos vídeos que utilizam uma linguagem científica, porém acessível a todos; e, por fim, a popularização da ciência.

Os alunos concorreram ao 3^a Prêmio Destaque na Iniciação Científica e Tecnológica da UFRN, que foi instituído pela Pró-Reitoria de Pesquisa em 2017 para reforçar as ações dos programas institucionais de iniciação científica e tecnológica. O prêmio contemplou duas categorias: Trabalho Destaque de Iniciação Científica e Tecnológica e Vídeo Destaque de Divulgação Científica. Os premiados foram contemplados com bolsas mensais de até R\$ 800,00 (oitocentos reais) durante o período de um ano. Os orientadores dos alunos premiados adquiriram precedência em relação aos demais para efeitos de concorrência no Edital de Bolsas de Pesquisa da UFRN em 2020.

Em 2019, a Pró-Reitoria de Pesquisa instituiu o Prêmio Pesquisador Destaque da UFRN, com o objetivo premiar os pesquisadores da instituição que tenham apresentado relevantes contribuições para o desenvolvimento da ciência em cada uma das três grandes áreas do conhecimento: Ciências da Vida; Ciências Exatas, da Terra e Engenharias; e Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes. Foram escolhidos 03 pesquisadores, um em cada grande área do conhecimento. Todos os premiados receberão auxílio no valor de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) para custear passagens aéreas, diárias ou taxa de inscrição para apresentar trabalho em evento científico, certificado de premiação e troféu.

Os pesquisadores premiados participam na condição de conferencista do XXX Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica, apresentando a contribuição científica oriunda de sua pesquisa.

SUMÁRIO

PROGRAMAÇÃO	6
CENTRO DE TECNOLOGIA	7

PROGRAMAÇÃO

SETEMBRO

16 a 20/09 Fase Online do eCICT 2019

OUTUBRO

11/10 Divulgação dos selecionados para apresentação na Fase Presencial

21 a 25/10 Fase Presencial do eCICT 2019

21/10 Credenciamento

21/10 Palestra de Abertura

22 a 24/10 Sessões de Apresentações Orais

22 a 24/10 Palestras de Pesquisadores Destaques da UFRN

25/10 Solenidade de Encerramento e Premiação

CENTRO DE TECNOLOGIA

CÓDIGO: ET0003

AUTOR: HANNE MANUELLA DE BARROS CAMARA

COAUTOR: LARISSA PINHEIRO DE SOUZA

COAUTOR: JULIA GABRIELA ARAUJO ARRUDA FAUSTINO

ORIENTADOR: OSVALDO CHIAVONE FILHO

TÍTULO: FOTODEGRADAÇÃO DE 2,4,6-TRICLOROFENOL POR PROCESSOS OXIDATIVO-REDUTIVO UTILIZANDO UVA/H₂O₂ E SISTEMA DE FIO DE COBRE

Resumo

Os organoclorados têm sido apontados como micropoluentes pois apresentam toxicidade, persistência e propriedades bio-acumulativas que podem ter um potencial efeito negativo ao meio ambiente e organismos. O 2,4,6 – triclorofenol (TCF) é um organoclorado listado como composto prioritário pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA). A degradação redutiva via metais de valência zero é reconhecida como uma alternativa capaz para a descloração da molécula. Por outro lado, os Processos de Oxidação Avançada (POA's) são alternativas adequadas para a degradação do TCP. Esse trabalho dedica-se ao estudo de degradação do TCF através de um sistema oxidativo-redutivo mediado pelo processo de cobre zero valente e UV/H₂O₂ com um passo de oxidação usando UV / H₂O₂ e cobre. Os resultados mostram que o sistema oxidativo apresenta um desempenho ligeiramente melhor em comparação com o oxidativo redutor a pH livre, resultando em uma degradação efetiva de 70% do TCP em 60 minutos. O processo redutivo-oxidativo (Cu + UV / H₂O₂) degradou 65% do TCP em 60 minutos.

Palavras-chave: Degradação. 2,4,6 – Triclorofenol. Foto-fenton-like. Cobre. UV/H₂O₂.

TITLE: PHOTODEGRADATION OF 2,4,6-TRICHLOROPHENOL BY OXIDATIVE-REDUCTIVE PROCESSES USING UVA / H₂O₂ AND COPPER WIRE SYSTEM

Abstract

Organochlorines have been identified as micro pollutants because they have toxicity, persistence and bioaccumulative properties that may have a potential negative effect on the environment and organisms. 2,4,6 - Trichlorophenol (TCF) is an organochlorine listed as a priority compound by the US Environmental Protection Agency (USEPA). Reductive degradation via zero valence metals is recognized as a capable alternative for dechlorination of the molecule. On the other hand, Advanced Oxidation Processes (POA's) are suitable alternatives for TCP degradation. This work is dedicated to the study of TCF degradation through a redox oxidative system mediated by the valiant zero copper and UV / H₂O₂ process with an oxidation step using UV / H₂O₂ and copper. The

results show that the oxidative system performs slightly better compared to the free pH reducing oxidative, resulting in an effective 70% TCP degradation in 60 minutes. The reductive-oxidative process (Cu + UV / H₂O₂) degraded 65% of TCP within 60 minutes.

Keywords: Degradation. 2,4,6 – Trichlorophenol Foto-fenton-like. Copper. UV/H₂O₂

Introdução

Os organoclorados são halétos orgânicos que contém em sua estrutura molecular átomos de cloro. Esses compostos podem ser provenientes tanto de fontes industriais como agrícolas e retratam, comumente, alta toxicidade, baixa biodegradabilidade e bioassolubilidade em tecidos lipídicos. (FLORES et. al, 2004; JAVIER BENITEZ et al., 2001).

O 2,4,6 – triclorofenol (TCF) pertence ao grupo dos organoclorados. A sua existência em sistemas hídricos é motivo de preocupação ambiental devido a sua difícil degradação e seu elevado poder carcinogênico, encontrando-se presente como composto prioritário na lista da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (USEPA) (ATSDR, 2017). A sua formação pode ocorrer como subproduto da etapa de desinfecção da água, durante o processo de cloração, na qual advém da união entre o cloro residual livre e a matéria orgânica (TAI; JIANG, 2005; GOPAL et al., 2007).

Dessa forma, os Processos Oxidativos Avançados (POA) vêm sendo uma alternativa para a remoção de poluentes persistentes e de efluentes com elevada carga orgânica, quando os tratamentos convencionais não atingem a eficiência necessária de degradação. (AMORIM, 2009; ARAÚJO et al, 2016). Contudo, alguns compostos com centros deficientes de elétrons, como os halogenados, podem apresentar resistência à oxidação. (JURETIC et al., 2014).

Por outro lado, a degradação redutiva via metais de valência zero é reconhecida como uma alternativa promissora e uma etapa preferível para compostos organoclorados. Em geral, a redução preliminar favorece a degradação oxidativa subsequente, estendendo-se a mineralização. Porém este tipo de molécula não é totalmente degradada pela redução (BARRETO-RODRIGUES M. et al., 2009).

Portanto, este trabalho visa estudar um sistema que promova simultaneamente a redução e oxidação do TCF através da presença de fios de cobre obtidos de materiais obsoletos, peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e luz UVA. O uso da radiação UVA servirá como um estudo preliminar para uma futura aplicação da energia solar como fonte de radiação. Assim, este trabalho fornece uma análise de uma alternativa sustentável para o tratamento de um organoclorado específico em água.

Metodologia

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. O TCP foi fornecido pela Sigma-Aldrich (98%) e H₂O₂ pela Synth (29%, v/v). Fios cobre de valência zero foram fornecidos a partir de cabos elétricos obsoletos. As soluções foram preparadas em água deionizada. O sistema é constituído de um reator fotoquímico parabólico composto por

duas calhas, contendo uma coluna de quartzo em cada ($d = 1,37$ cm e $L = 126$ cm), agitado de forma contínua e submetido a radiação UVA. Experimentos preliminares foram realizados inicialmente para avaliar a ação individualmente da luz UVA, H₂O₂ e da combinação UVA/H₂O₂. Posteriormente, uma coluna de quartzo foi empacotada com 248,3 g de fios de cobre metálicos cortados e realizados experimentos Cu⁰, Cu⁰+H₂O₂, Cu⁰+UVA/H₂O₂. A metodologia consistia em passar 1,5 L de [TCP]₀ = 10 mg L⁻¹ (0,0506 mmol L⁻¹) através da coluna de quartzo, de forma agitada, durante 60 minutos. Recolheram-se 2 mL de solução para análise, durante 0, 2, 5, 10, 20, 30, 45 e 60 minutos de reação. Para os experimentos contendo H₂O₂, foram utilizados 0,72 mL de oxidante ([H₂O₂]₀ = 0,0557 mmol L⁻¹). As análises foram feitas em duplicata no HPLC UltiMate 3000 com uma fase móvel em uma mistura de metanol e ácido acético (1% v/v)(70:30 v/v), a uma taxa de fluxo de 1,2 mL min⁻¹. O volume de injeção foi de 20 µL, a temperatura da coluna foi mantida a 40 °C e $\lambda = 215$ nm para detecção de TCF, o qual possui tempo de retenção de 6, 262 minutos.

Resultados e Discussões

Os resultados obtidos para a degradação do TCF com a ação apenas dos POAs estão presentes no Anexo 3. Dessa forma, observa-se que 70% de degradação é dada pelo processo UVA / H₂O₂. Esse comportamento pode ser explicado pela combinação de UVA/ H₂O₂ promover a oxidação energética devido ao elevado potencial de oxidação do radical hidroxila ($E_0 = + 2,80$ V), acelerando a degradação do composto. No experimento escuro, 65% do TCF foi degradado. Esta menor degradação deve-se a não formação de radicais hidroxilas pela ação da luz UVA. Por outro lado, a fotólise mostra 59% de degradação, sendo a luz insuficiente para degradar uma molécula de TCF.

O Anexo 4 mostra que o TCF pode ser efetivamente reduzido em até 30 minutos de reação, totalizando uma degradação de 28%. Depois disso, uma saturação do material reativo é observada. Embora exista um excesso de cobre, a saturação pode ser indicação de caminhos preferenciais. A combinação do processo redutivo com o oxidativo apresentou 55% de degradação para o sistema Cu⁰ + H₂O₂ e 65% para Cu⁰ + UV / H₂O₂. No primeiro caso, a degradação ocorre por redução (Cu⁰) e por oxidação devido a radicais hidroxila, que por sua vez são potenciados pela presença de íons de cobre. No segundo caso, a radiação propiciou fotólise e reações foto-Fenton, explicando maiores degradações em relação ao caso anterior.

Observando o Anexo 5, percebe-se que a ação apenas do processo oxidativo favoreceu as degradações em comparação com a combinação redução-oxidação. Esse fato possivelmente ocorre por a configuração do reator impedir o total acesso da luz UVA à solução, devido ao empacotamento do tubo de quartzo com fios de cobre, bloqueando reações oxidativas foto-Fenton-like e fotólise realizada com luz UVA. Desta forma, as reações de redução e processos combinados semelhantes a Fenton são mais adequadas no sistema estudado. No entanto, este fato não exclui a possibilidade de aumento da degradação devido à combinação de íons cobre e UV / H₂O₂.

Conclusão

Os resultados desse trabalho mostram que o sistema oxidativo apresenta um desempenho levemente melhor em comparação com o oxidativo-redutor (65% degradação) a pH livre, resultando em uma degradação efetiva de 70% do TCP em 60 minutos. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar o real desempenho do processo foto-Fenton-like com fio de cobre, confirmando que a eficiência de degradação é mais indicada do que a redução combinada e que o UV / H₂O₂. Por fim, é ressaltado que o projeto do reator fotoquímico é uma etapa fundamental, sendo, portanto, necessário um sistema que otimize o acesso da radiação à solução em estudo.

Referências

ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chlorophenols. 1999. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/toxiprofiles/tp_107.pdf.

AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D.; MOREIRA, R. F. P. M.. Comparação entre diferentes processos oxidativos avançados para degradação de corante azo. Scielo. Belo Horizonte, p. 543-550. nov. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n4/14.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

ARAÚJO, K. S. et al. Advanced oxidation processes: a review regarding the fundamentals and applications in wastewater treatment and industrial wastewater. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [s.l.], v. 11, n. 2, p.387-401, 15 abr. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi).<<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1862>>. Acesso em: 24 ago.2018.

BARRETO-RODRIGUES M. et al. Combined zero-valent iron and Fenton processes for the treatment of Brazilian TNT industry wastewater. J Hazard Mater 2009; 165: 1224-1228

FLORES, A. V. et al. Organoclorados: um problema de saúde pública. Scielo. São Paulo, p. 112-124. ago. 2004.

GOPAL, K. et al. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. Journal of Hazardous Materials, v. 140, n. 1–2, p. 1–6, 2007.

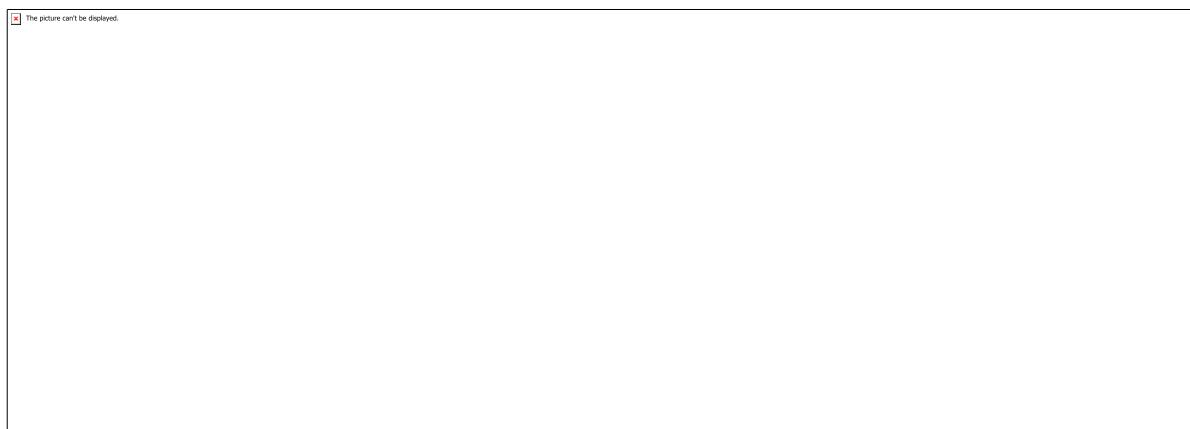
JAVIER BENITEZ, F. et al. Oxidation of several chlorophenolic derivatives by UV irradiation and hydroxyl radicals. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v.76, n. 3, p. 312–320, 2001.

JURETIC, D. et al. Structural influence on photooxidative degradation of halogenated phenols. Water, Air, and Soil Pollution, v. 225, n. 10, 2014.

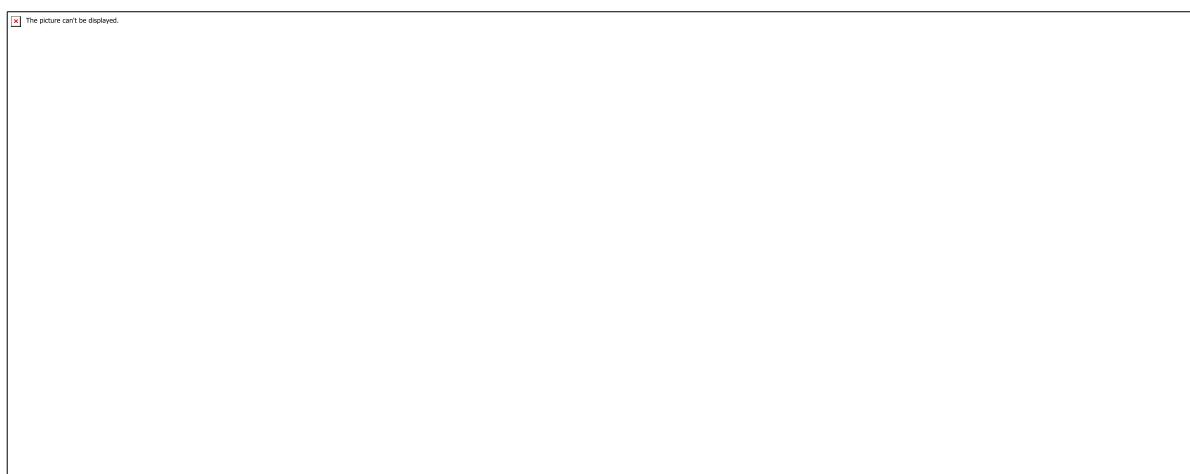
SOUZA, L.P. Degradation of 2,4,6-trichlorophenol through zero value copper-reduced zero coupled to UV / H₂O₂ oxidation. Master's dissertation, 2019.

TAI, C.; JIANG, G. Dechlorination and destruction of 2,4,6-trichlorophenol and pentachlorophenol using hydrogen peroxide as the oxidant catalyzed by molybdate ions under basic condition. Chemosphere, v. 59, n. 3, p. 321–326, 2005.

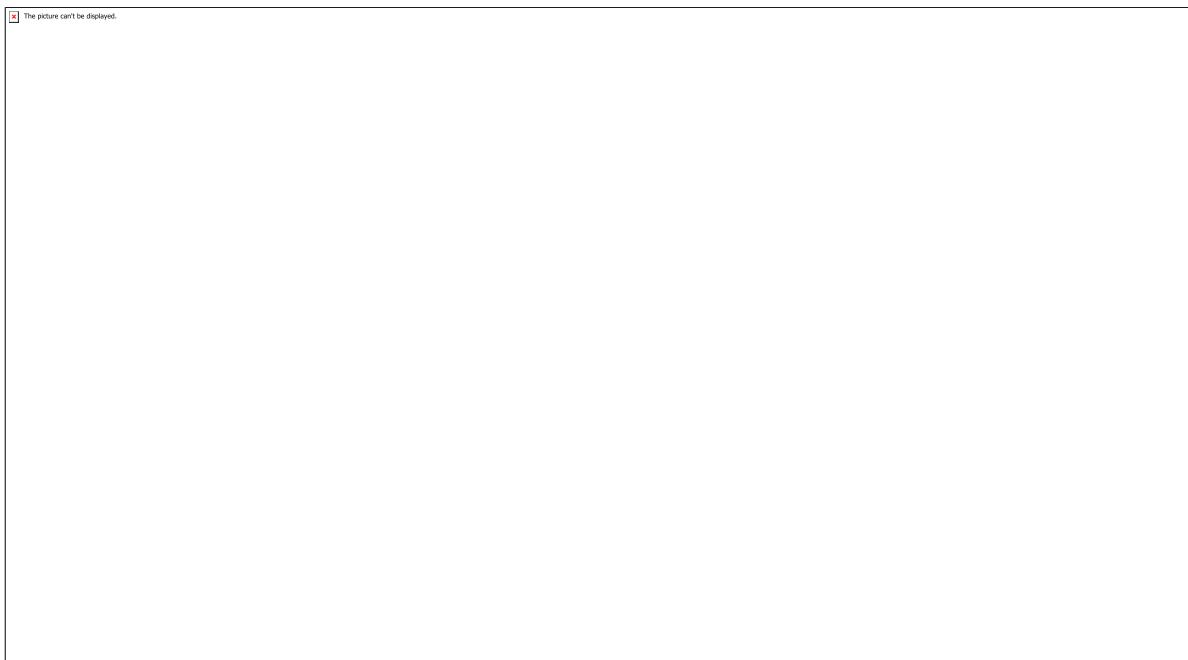
Anexos



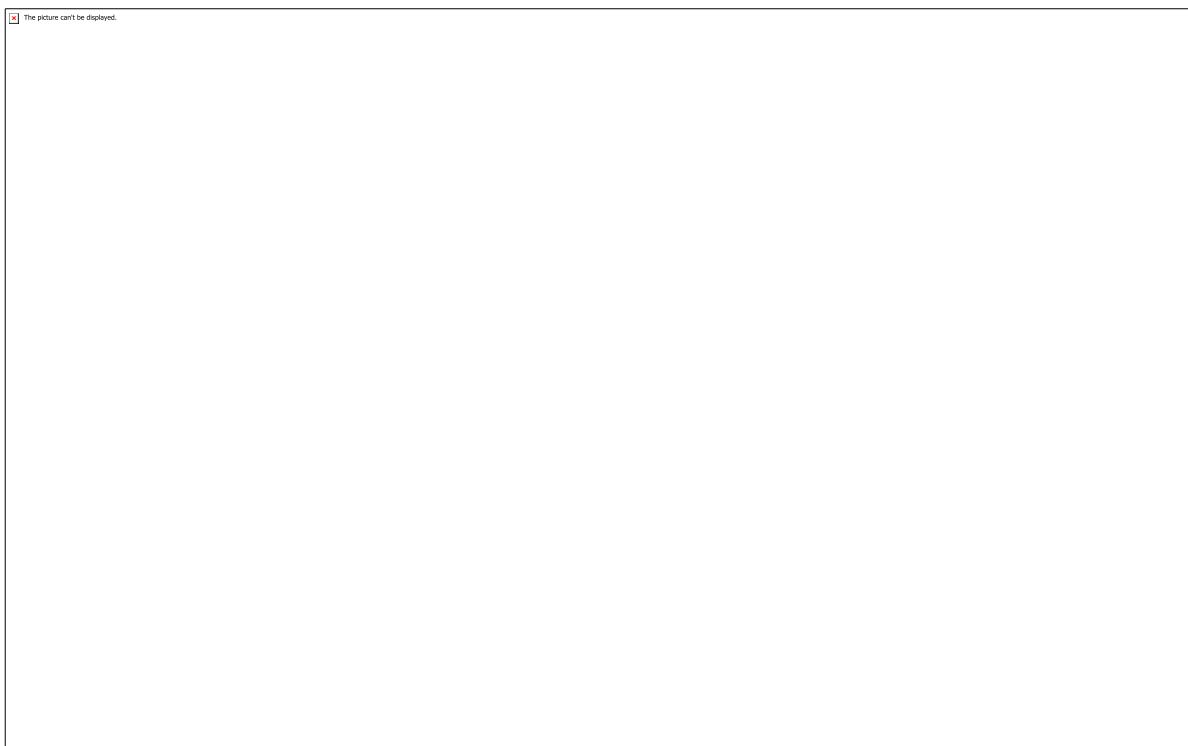
Anexo 1 – Aparato experimental: (1) Reator de mistura; (2) Bomba de mistura; (3) Reator Fotoquímico Parabólico; (4) Lâmpada tubular UVA – Black-light (T8 40W NL LE). (5) Coluna de quartzo empacotada com cobre metálico.



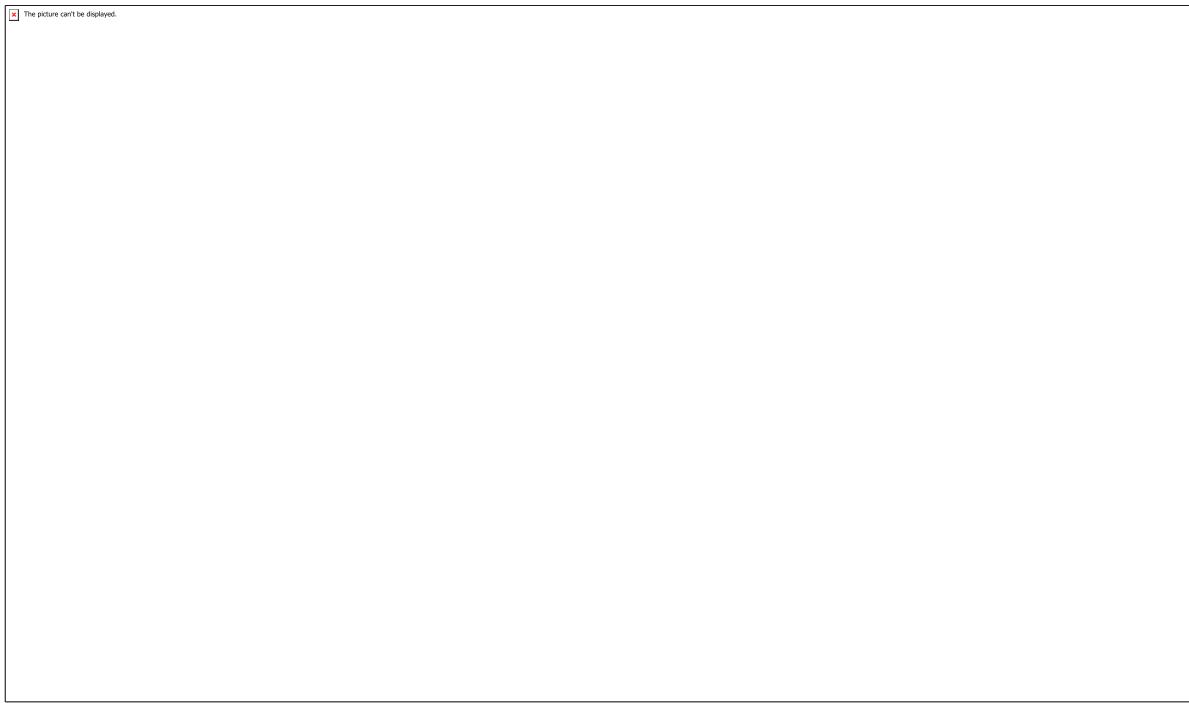
Anexo 2 – HPLC UltiMate 3000 utilizado para análise dos dados. Fase móvel em uma mistura de -metanol e ácido acético (1% v/v)(70:30 v/v).



Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5

CÓDIGO: ET0019

AUTOR: MARGARETH NASCIMENTO DE SOUZA LIRA

ORIENTADOR: ANA PAULA CYSNE BARBOSA

TÍTULO: Alterações em nível molecular de compósitos carbono-epóxi causadas por envelhecimento acelerado

Resumo

O envelhecimento de compósitos poliméricos envolve processos físicos e/ou químicos que são produzidos pela interação entre o material e o ambiente. Em nível molecular, tais fenômenos podem provocar alterações na estrutura química, na composição ou na estrutura física. Em nível macroscópico, essas mudanças podem alterar a geometria ou as propriedades físicas. Neste trabalho, compósitos de carbono-epóxi sofreram envelhecimento natural por um período de 90 dias. Os ensaios de análise dinâmico-mecânica (DMA), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), resistência ao cisalhamento interlaminar (ILSS) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizados para avaliar os efeitos físicos e químicos do envelhecimento no compósito. As amostras envelhecidas apresentaram redução na resistência ao cisalhamento interlaminar, ganho de massa, diminuição da Tg, exposição de fibras e mudança nos espectros de FTIR. Tais alterações sugerem efeitos de degradação oxidativa devido ação atmosférica e fotooxidativa devido ação da radiação ultravioleta advindos do ensaio de envelhecimento.

Palavras-chave: compósitos.carbono-epóxi.envelhecimento

TITLE: Molecular level changes of carbono-epoxy caused by accelerate aging

Abstract

The aging of polymeric composites involves physical and/or chemical processes that are produced by the interaction between the material and the environment. At the molecular level, such phenomena can cause changes in chemical structure, composition or physical structure. At the macroscopic level, these changes can alter geometry or physical properties. In this work, carbon-epoxy composites were exposed to natural aging for a period of 90 days. Dynamic-mechanical analysis (DMA), Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, interlaminar shear strength (ILSS) and scanning electron microscopy (SEM) were performed to evaluate the physical and chemical effects of aging on the composite. Aged composites showed reduction in interlaminar shear strength, mass gain, Tg decrease, surface fiber exposure and change in FTIR spectra. Such changes suggest degradative effects of aging.

Keywords: composites.carbono-epoxy.aging.

Introdução

Materiais compósitos podem ser definidos como o resultado da combinação de dois materiais diferentes, bem como formas diferentes de um mesmo material, que permanecem distintos e separados por uma interface. O material que resulta dessa combinação apresenta propriedades finais diferentes daquelas encontradas em suas fases constituintes separadamente (CHAWLA, 2012).

Muitos materiais compósitos são compostos por apenas duas fases, sendo uma delas a matriz, que é uma fase contínua que envolve a segunda fase que é comumente denominada de fase dispersa. As propriedades dos compósitos são função das propriedades das fases constituintes, bem como das quantidades relativas e geometria da fase dispersa, em que por geometria subentende-se como forma, tamanho, distribuição e orientação. (CALLISTER, 2002; GUTIÉRREZ et. al., 2014).

Os compósitos poliméricos vêm sendo utilizados devido à melhoria de propriedades que eles ocasionam em relação aos materiais em suas formas individuais. Quanto aos materiais compósitos para aplicações aeroespaciais, a combinação entre a fibra e a matriz podem proporcionar melhoria das propriedades mecânicas, resistência à corrosão e menor densidade se comparados às estruturas metálicas para aplicações análogas.

A indústria aeronáutica se apresentou como uma pioneira na aplicação dos materiais compósitos, sendo até os dias de hoje a principal área de aplicação desses materiais. Assim, os compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras de carbono são os dominantes com aplicações de destaque na indústria aeronáutica (BIENAS et.al., 2012). Sendo comumente empregados em projetos de aeronaves supersônicas por satisfazerem as especificações de projeto (TARPANI; GATTI, 2010). Neste tipo de compósito, a resina epóxi atua como um excelente adesivo, enquanto que a fibra de carbono é responsável pela resistência mecânica e rigidez do compósito (THOMAZI; NETO, 2006).

A integridade dos compósitos depende da interface fibra/matriz, da temperatura, da umidade, da radiação, carregamentos mecânicos, dentre outras variáveis. Quando combinados, tais fatores podem influenciar na durabilidade de tais materiais. Portanto, o estudo de envelhecimento de materiais compósitos simulando as mais diversas condições de uso são de grande relevância para a compreensão do modo de falha e durabilidade em serviço.

Neste trabalho foi realizado envelhecimento natural em compósitos de fibra de carbono e resina epóxi na forma de pré-impregnados (Figura 1). Cujos mesmos consistem em um produto intermediário, pronto para moldagem. Comumente os pré-impregnados podem ser definidos como uma mistura/composição de fibras de reforço (na forma de fitas unidirecionais ou tecidos) com um determinado polímero termofixo ou termoplástico, em uma fração específica de massa (COSTA et.al., 2003; PAIVA et.al., 2006).

O envelhecimento de materiais poliméricos envolve processos físicos ou químicos que são produzidos pela interação entre o material e o ambiente. Em nível molecular, tais fenômenos podem provocar modificações na estrutura química, na composição ou na

estrutura física do material. Em nível macroscópico, essas mudanças podem alterar a geometria ou as propriedades físicas destes materiais (CARPIO, 2009).

Durante o envelhecimento químico, a quebra das cadeias resulta na formação de radicais. Os principais tipos de envelhecimento químico consistem na oxidação, degradação térmica, radiação e intemperismo. Já o envelhecimento físico tem como primeiro exemplo a difusão de líquido dentro de uma matriz polimérica. (RABELLO, 2000; CARPIO, 2009).

Para simulação dos envelhecimentos supracitados, é comum o uso de câmaras de envelhecimento acelerado, que atuam geralmente com a manipulação de três variáveis: temperatura, umidade e radiação. Seu uso se faz eficiente pois em muitas situações o envelhecimento natural não se faz viável, existindo a necessidade de simulação em um tempo menor de processos mais demorados (PAIVA et. al. , 2010).

Metodologia

Materiais

O material utilizado para a fabricação das placas foi o prepreg HexPly® M19.6G/32%/UD500+8P/T620+PES/1300MM da Hexel que possui uma fração de 32% em massa de resina epóxi reforçada com fibra de carbono T620, com gramatura de 500 g/m². A espessura nominal do prepreg antes da cura é de 0,5 mm. De acordo com o fabricante, o ciclo de cura ideal é de 120 °C por 56 minutos. As propriedades da matriz obtidas após a cura podem ser visualizadas na Tabela 1.

Métodos

Confecção dos corpos de prova

Os laminados foram produzidos com 4 lâminas sobrepostas, todas na direção 0°, seguidos de prensagem, cura e corte com jato d'água. As amostras foram preparadas conforme procedimento descrito em Nascimento (2017).

Ensaio de envelhecimento natural

Para o ensaio de envelhecimento natural, uma gaiola metálica para a exposição das amostras foi confeccionada. A gaiola foi feita com um material com as seguintes especificações: tela inox 304 M10 - ab 2,03 mm – fio 0,51 mm e L100.

Após confecção do aparato de envelhecimento, as amostras foram levadas para o telhado do prédio de Engenharia de Materiais da UFRN, as quais ficaram envelhecendo por um período de 90 dias (07/12/2018-07/03/2019). As informações das condições climáticas foram retiradas da página do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação 82598 (Quadro 1) e encontram-se digitados no BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa).

Condicionamento das amostras

Para realização das análises, as amostras foram condicionadas em estufa de ar circulante por 48 horas a 50 °C, seguidas de pelo menos 6 horas em dessecador com cloreto de cálcio como material absorvente.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

O princípio de funcionamento de um microscópio eletrônico de varredura consiste em utilizar um feixe de elétrons de pequeno diâmetro para explorar, ponto a ponto, a superfície de uma amostra por linhas sucessivas e transmitir o sinal que sai do detector para uma tela catódica cuja varredura está perfeitamente sincronizada com aquela do feixe incidente. Por um sistema de bobinas de deflexão, o feixe pode ser guiado de modo a varrer a superfície da amostra segundo uma malha retangular. O sinal de imagem resulta da interação do feixe incidente com a superfície da amostra. (DEDAVID et.al., 2018).

A morfologia do compósito em questão foi analisada em um microscópio eletrônico de varredura da marca Hitachi, modelo Hitachi Tabletop Microscope TM-3000 antes e após o ensaio de envelhecimento com a finalidade de capturar as mesmas regiões após o ensaio de envelhecimento natural.

Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho é uma técnica instrumental que pode evidenciar a presença de vários grupos funcionais e depende da interação de moléculas ou átomos com radiação eletromagnética. A radiação infravermelha faz com que átomos e grupos de átomos de compostos orgânicos vibrem com maior amplitude em torno das ligações covalentes que os conectam. Uma vez que os grupos funcionais de moléculas orgânicas incluem arranjos específicos de átomos ligados, a absorção de radiação IR por uma molécula orgânica irá ocorrer em frequências específicas características dos tipos de ligações e átomos presentes nos grupos funcionais específicos dessa molécula. Essas vibrações são quantizadas e, à medida que ocorrem, os compostos absorvem energia infravermelha em determinadas regiões da porção IR do espectro (Figura 2) (SOLOMONS, 2011).

Para este trabalho foi utilizado um espetrômetro de infravermelho por transformada de Fourier da marca Shimadzu, modelo IRTtracer-100. A faixa de varredura do equipamento de FTIR foi o padrão de 400 à 4000 cm⁻² e se deu em uma amostra sólida do compósito. Os resultados foram obtidos no modo de transmitância.

Análise dinâmico-mecânica (DMA)

O objetivo principal do DMA é correlacionar propriedades macroscópicas dos materiais com alterações microscópicas geradas pela movimentação molecular, devido à variação de algum dos parâmetros tais como temperatura, tempo, frequência, deformação e/ou combinação de tais parâmetros. É uma técnica muito utilizada para materiais poliméricos devido à sua característica viscoelástica (LORANDI; CIOFFI; ORNAGHI JR., 2016).

Os testes foram realizados de acordo com a norma ASTM D 7028-07 com a finalidade de determinar a temperatura de transição vítrea do compósito. Os materiais foram ensaiados em um DMA Q800 TA, no modo single cantilever, com amplitude de

deformação de 0,1%, intervalo de temperatura de 25 a 250 °C, taxa de aquecimento de 2 °C/min e sob frequência constante de 1,0 Hz.

Variação de massa

Para análise da variação de massa, todos os corpos de prova foram pesados antes e após a submissão ao envelhecimento natural em uma balança de precisão da SHIMADZU (AUY220) com capacidade máxima de 220 g.

Resistência ao cisalhamento interlaminar (ILSS)

O ensaio de ILSS é feito em uma viga de dimensões reduzidas para que a força de cisalhamento gerada no plano médio seja maximizada em relação às forças trativas e compressivas. Para o ensaio, utiliza-se um sistema semelhante ao de flexão em três pontos (Figura 3). Os modos de falha devem ter comportamentos típicos de cisalhamento interlaminar (Figura 4).

O ensaio de ILSS foi realizado de acordo com a norma British Standard Aerospace Series BS EN 2563, no modo flexão em três pontos em uma máquina de ensaios universal Shimadzu, modelo AGX-100 (Figura 5). A distância entre os apoios (lv) foi de 10 mm e os testes foram realizados utilizando um modo de deslocamento controlado com velocidade de cabeçote de 1 mm/min. Os corpos de prova atenderam às dimensões da norma de 20 mm x 10 mm x 2 mm.

A resistência ao cisalhamento interlaminar foi calculada de acordo com a Equação que consta na figura 6.

Resultados e Discussões

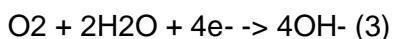
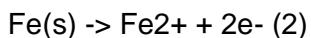
Inspeção visual

Na Figura 7 pode-se observar a superfície do compósito antes e após a exposição ao envelhecimento natural. É possível perceber que na superfície que ficou em contato com a gaiola metálica, tal qual mostrado na figura 7 (c) depositou-se uma camada de óxido. Isto se deu devido aos processos corrosivos sofridos pela gaiola metálica durante o envelhecimento (Figura 8). Apesar de o material em teoria ser de aço inox, após testes realizados, foi possível concluir que tratava-se de um aço-carbono com revestimento, devido sua natureza magnética comprovada na presença de ímã. Em consonância com o ambiente escolhido para o envelhecimento criou-se um meio corrosivo que contaminou também a amostra de carbono-epóxi, onde a amostra se configurou como catodo recebendo o depósito de óxido.

Os aços ao carbono são mais susceptíveis à corrosão por pite, mas mesmo o revestimento, também é suscetível a processos oxidativos. A figura 8 mostra uma corrosão generalizada da gaiola, que iniciou com uma corrosão por pite. Este tipo de corrosão é bastante comum quando este material é inserido em ambiente que contém cloreto (FONTANA, 1986; GENTIL, 1996). Como é o caso do ambiente escolhido para o envelhecimento em questão, que por encontrar-se próximo ao mar (aproximadamente 2000 metros), recebe a brisa rica em cloreto de sódio e desencadeia um processo

corrosivo na gaiola de aço ao carbono revestida que acabou por contaminar as amostras com uma camada de óxido em sua parte inferior. É importante destacar que para o aço ao carbono sem elementos de liga, apenas a presença de oxigênio e água, já é suficiente para desencadear a degradação de tal material.

Neste processo, a gaiola de aço configurou-se como anodo da reação que é o material agente redutor e se oxida (Equação 2), enquanto que o oxigênio do ar configurou-se como catodo da reação que é o material agente oxidante e se reduz (Equação 3). O somatório de ambas reações forma a reação geral do produto de hidróxido de ferro (Equação 4), que se depositará na amostra de carbono-epóxi que também funciona como catodo ao ter a camada de óxido depositada sobre si e ter potencial de oxidação menor que o do ferro (GENTIL, 1996).



Tais processos liberam íons, que juntamente com a atmosfera degradante de intemperismo, influenciam diretamente nos processos de degradação do compósito, quando radicais livres de hidroxila são inseridos na amostra, o que também provoca processos oxidativos na resina epóxi.

Variação de massa

Os percentuais de variação de massa dos compósitos após exposição ao envelhecimento natural foram calculados com base na Equação 5 (Figura 9) e são exibidos na Tabela 2, onde os valores correspondem a uma média dos valores de sete corpos de prova de ILSS. As massas de cada amostra são mostradas na Tabela 3.

O ganho de massa observado pode ter ocorrido em decorrência de três fatores. O primeiro seria devido à camada superficial de óxido que se depositou na amostra durante o envelhecimento.

O segundo fator está relacionado com a presença de grupos OH existentes na matriz do compósito, cuja polaridade possibilita a ligação com moléculas de água por meio de ligações de hidrogênio (CUNHA; COSTA; REZENDE, 2006). Como o envelhecimento natural ocorreu em uma região próxima do mar e em um período com chuvas frequentes, as amostras entraram em contato com água quase que diariamente e quando não, estavam em uma região com alta umidade atmosférica. As precipitações diárias do período de envelhecimento podem ser consultadas no BDMET.

O terceiro fator está relacionado com a configuração espacial da resina, que quanto mais aberta é a estrutura, mais favorável é a absorção de umidade pela cadeia polimérica, uma vez que a água pode alojar-se nos interstícios das moléculas (CUNHA; COSTA; REZENDE, 2006).

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As análises de MEV foram realizadas nas mesmas áreas de uma amostra antes e após o envelhecimento visando avaliar as alterações decorrentes do processo de

envelhecimento natural. Para tanto, foram analisadas a superfície (Figura 10), a vista lateral (Figura 11) e o topo (Figura 12) da amostra.

Quanto à superfície das amostras (Figura 10) e a vista lateral (Figura 11), a maior mudança percebida foi a camada de hidróxido de ferro que foi depositada nas amostras devido aos processos corrosivos da gaiola. Tal camada de óxido é depositada na parte inferior da amostra, enquanto que a radiação solar incide em sua parte superior, não influenciando, assim nos processos de envelhecimento natural. Ainda em relação à superfície, observa-se que existe um pequeno desgaste da resina. Já em relação ao topo (Figura 12) não há mudanças perceptíveis nas amostras antes e após os processos de envelhecimento, visualizando-se apenas regiões brancas onde localiza-se a linha de resina.

As regiões mais claras nas imagens do MEV são explicadas devido fato do material analisado corresponder a um compósito de matriz polimérica. Materiais poliméricos para análise, precisam passar por processo de metalização com recobrimento de ouro, para que haja condução e geração da imagem. Como o compósito em questão não passou por essa etapa prévia, uma vez que não consiste em um material inherentemente polimérico, é possível perceber que as regiões que concentram a maior parte de resina epóxi não tiveram uma geração de imagem perfeita, devido à natureza de sua composição química que é de um material não condutor, o que reflete em regiões com a imagem em tons próximos ao branco.

Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A Figura 13 mostra o espectro da análise de FTIR para as amostras não envelhecidas e envelhecidas. Em consonância com os estudos de Barbosa et.al. (2017) as bandas próximas a 800 cm⁻¹ e 1260 cm⁻¹ referem-se respectivamente ao dobramento N-H fora do plano e ao alongamento éter C-O-C, em que as mudanças em tais bandas podem ter sido decorrentes dos processos de envelhecimento que alteraram as ligações da matriz de epóxi. A ligação C-C, referente ao comprimento de onda próximo de 1580 cm⁻¹ também é afetada com os processos de envelhecimento, tal qual evidencia Wang, Chian e Zhao (2018). As bandas de 2800 e 2900 cm⁻¹ referem-se ao alongamento C-H, enquanto que a banda próxima a 3500 cm⁻¹ se refere ao grupamento hidroxila (Wang et.al, 2014).

As mudanças nos espectros de FTIR para os materiais não envelhecidos e envelhecidos sugerem alterações químicas e processos degradativos advindos do envelhecimento ambiental que as amostras sofreram.

Análise dinâmico-mecânica (DMA)

Os resultados de DMA (Figura 14 e 15) possibilitaram a obtenção da Tg do compósito por meio da avaliação da queda no módulo de armazenamento em temperaturas entre 80 °C e 100 °C.

Os resultados de DMA indicaram uma diminuição no valor de Tg de 90.99 °C (Figura 14) para 80.57 °C (Figura 15). Esta redução pode ter ocorrido devido à absorção de água durante o processo de envelhecimento, a qual pode atuar como plastificante na matriz epóxi, como mostrado em Park et.al. (2017). Conforme mostrado anteriormente, também houve indícios de absorção de umidade nos ensaios de variação de massa.

Resistência ao cisalhamento interlaminar (ILSS)

Os valores de resistência ao cisalhamento interlaminar são exibidos na Figura 16, enquanto que os valores de carga máxima absorvida utilizados para os cálculos de resistência podem ser vistos na Tabela 4 deste trabalho. Para as amostras não envelhecidas, os resultados de ILSS apresentaram grande variação, o que incorre em grande desvio, uma vez que parte dos corpos de prova não envelhecidos apresentaram desempenho mecânico inferior aos envelhecidos. Tal fato pode ser atribuído aos defeitos inseridos nas amostras durante o processo de corte.

É possível perceber uma perda de propriedade de 59,40 MPa para 54,15 MPa das amostras não envelhecidas para as amostras envelhecidas. Tal fato pode ser atribuído aos processos degradativos da resina epóxi com o processo de envelhecimento. Tais resultados são consonantes com os estudos de Wang et.al. (2014), que observam uma perda dessa propriedade ao realizarem envelhecimento térmico. Os autores atribuem tal perda às reações de oxidação sofridas pelo compósito, exibidas nos espectros do FTIR. O compósito do presente trabalho também foi submetido a dias de chuva, sol e umidade do ar, além da presença de OH⁻ decorrente das reações de oxi-redução sofridas pela gaiola de aço, o que pode ter contribuído para a catalisação das reações de degradação do material em questão. Wang, Chian e Zhao (2018) também atribuem a perda de resistência ao cisalhamento interlaminar à absorção de umidade. Este resultado também foi observado para as amostras que ganharam massa após o envelhecimento natural.

Em relação às curvas de Força x Deslocamento (Figura 17), é possível perceber que em curvas para as amostras não envelhecidas alguns corpos de prova apresentam uma queda acentuada na força aplicada, seguido de seu aumento linear. Tal comportamento se deve provavelmente a delaminações sofridas pelo material, decorrentes dos defeitos já inseridos nos processos de corte das amostras. As curvas de força x deslocamento exibem, ainda, um comportamento, em consonância com a norma BS EN2563 de deformação plástica.

Conclusão

Foi possível concluir que o ensaio de envelhecimento acelerado realizado de forma natural proporcionou processos degradativos ao compósito de carbono-epóxi sob duas vertentes. A primeira consistiu nas variáveis de calor, umidade e radiação advindas dos processos naturais. Já o segundo aspecto, não previsto anteriormente, refere-se aos processos oxidativos proporcionados pela gaiola metálica, que iniciou com um processo de corrosão galvânica com deposição de camada de óxido nas amostras, bem como o contato com íons livres de Fe²⁺ e OH⁻.

As amostras apresentaram ganho de massa após o envelhecimento, o que pode ter ocorrido devido à camada de óxido depositada sobre as mesmas. Além disso, a natureza polar do material compósito pode ter facilitado a absorção de água, uma vez que os grupos OH do epóxi podem se ligar facilmente às moléculas de água por meio de pontes de hidrogênio. Considerou-se também a configuração espacial da resina epóxi, que quanto mais aberta, possibilita maior absorção de água.

As alterações dos espectros de FTIR antes e após o envelhecimento indicaram que houve degradação do compósito, o que pode ter sido catalisado pelos aspectos citados anteriormente de absorção de umidade e degradação oxidativa da resina. A diminuição da Tg, observada nos ensaios de DMA, pode ter ocorrido devido aos processos de plastificação ocasionados na matriz pela presença de moléculas de água.

Quanto ao comportamento mecânico das amostras no ensaio de ILSS, foi possível concluir que houve perda de propriedade mecânica das amostras envelhecidas quando comparadas com as amostras não envelhecidas. Quanto à variação de propriedade para as amostras não envelhecidas, foi possível concluir que isto se deu devido, provavelmente, a problemas nos cortes das amostras.

Com isso, é possível concluir que apesar do pouco tempo de envelhecimento, as amostras apresentaram pequenas variações passíveis de quantificação decorrentes do ensaio de envelhecimento natural.

Para trabalhos futuros sugere-se: i) uso de uma gaiola resistente à oxidação, para avaliação dos efeitos apenas ambientais; ii) envelhecimento acelerado em câmaras com UV, para detectar alterações em períodos de tempo maiores; iii) envelhecimento natural por períodos mais longos.

Referências

ASTM D7028 - 07, Standard Test Method for Glass Transition Temperature (DMA Tg) of Polymer Matrix Composites by Dynamic Mechanical Analysis, 2013.

BARBOSA, A.P.C et.al. Accelerated aging effects on carbon fiber/epoxy composites. **Composites: Part B**. v. 110, p.298-306, 2017.

BIENAS, J. et.al. Analysis of microstructure damage in carbon/epoxy composites using FEM. **Computational Material Science**. Pensilvania, v.64, p.168-172, 2012.

BS EM 2563: 1997, Carbon Fiber Reinforced Plastics – Unidirectional Laminates – Determination of the Apparent Interlaminar Shear Strength, 1997.

CALLISTER, W. D. **Ciências e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

CARPIO, D.C.F.D. **DEGRADAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PVC CAUSADA POR DERIVADOS DE PETRÓLEO**. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

CHAWLA, K.K. **Composite Materials**. 3. ed. Springer, 2012.

COSTA, M. L. et al. Avaliação térmica e reológica do ciclo de cura do pré-impregnado de carbono/epóxi. **Polímeros**, São Carlos , v. 13, n. 3, p. 188-197, 2003.

CUNHA, J. A. P.; COSTA, M. L.; REZENDE, M.C.. Influence of different hydrothermal conditions on the tensile strength of carbon/epoxy 8552 composites. **Polímeros**, São Carlos , v. 16, n. 3, p. 193-201, 2006.

DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

FONTANA, M. G. **Corrosion Engeneering**. New York: McGraw-Hill, 1986.

GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

GUTIERREZ, J.C.H. et al. Machining behavior of polymer composites materials for automotive applications. **Polímeros**, v. 24, n. 6, p. 711-719, 2014.

LORANDI, N.P.; CIOFFI, M.O.H.; ORNAGHI JR., H. Análise Dinâmico-Mecânica de Materiais Compósitos Poliméricos. **Scientia Cum Industria**, v. 4, p. 48-60, 2016.

NASCIMENTO, A. A. **Adição de poli (etileno-co-ácido-metacrílico) (EMAA) como agente de auto-reparo em compósitos carbono-epóxi**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

PAIVA, J. M. F. et al . Evaluation of glass transition temperature of the repaired polymeric composites of aeronautical use. **Polímeros**, São Carlos , v. 16, n. 1, p. 79-87, 2006 .

PAIVA, R. I. et al . Câmaras climáticas para o envelhecimento acelerado: ação de microambientes sobre bens culturais. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 33, n. 1, p. 189-194, 2010.

PARK, S.Y. et.al. An experimental study into aging unidirectional carbon fiber epoxy composite under termal cycling and moisture absorption. **Composites Structures**, v. 207, p.81-92, 2019.

RABELLO, M.S. **Aditivação de Polímeros**. Artiliber, 2000.

SOLOMONS, T.W.G. **Organic Chemistry**. John Wiley & Sons, 2011.

TARPANI, J. R.; GATTI, M. C. A.. Translaminar dynamic fracture toughness of aeronautic grade composite laminates made with carbon fiber-epoxy resin. **Polímeros**, São Carlos , v. 20, n. 5, p. 345-351, 2010.

THOMAZI, Cinthia Thaís de Carvalho Luz; LEVY NETO, Flaminio. Analysis of the deformations in steel pipes repaired with carbon/epoxy composites. **Matéria**, Rio de Janeiro , v. 11, n. 3, p. 278-286, 2006.

WANG, R. et.al. Thermal Aging Behavior of Carbon Fiber/Epoxy Composites at High Temperature. **Polymers & Polymer Composites**. v.22, p.309-312, 2014.

WANG, Z.; XIAN, G.; ZHAO, X.L. Effects of hydrothermal aging on carbon fiber/epoxy composites with diferente interfacial bonding strength. **Construction and Building Materials**. v.161, p. 634-648, 2018.

Anexos

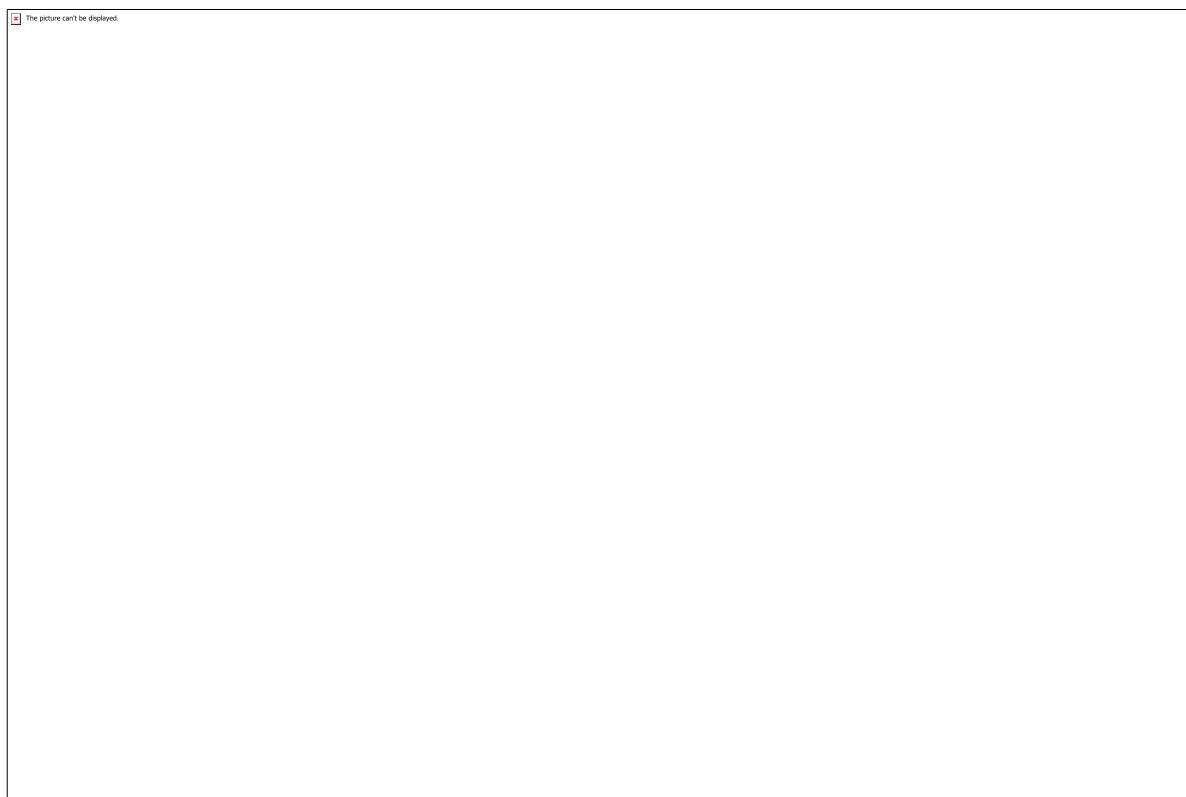


Figura 1. Diagrama de processo contínuo para manufatura de pré-impregnados com matriz termofixa. Adaptado de [NETO; PARDINI, 2006].

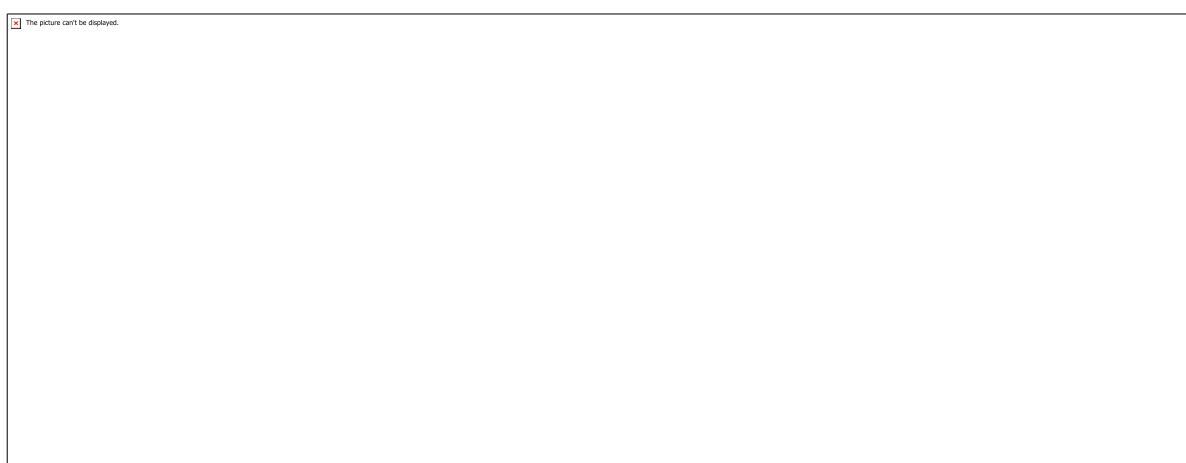
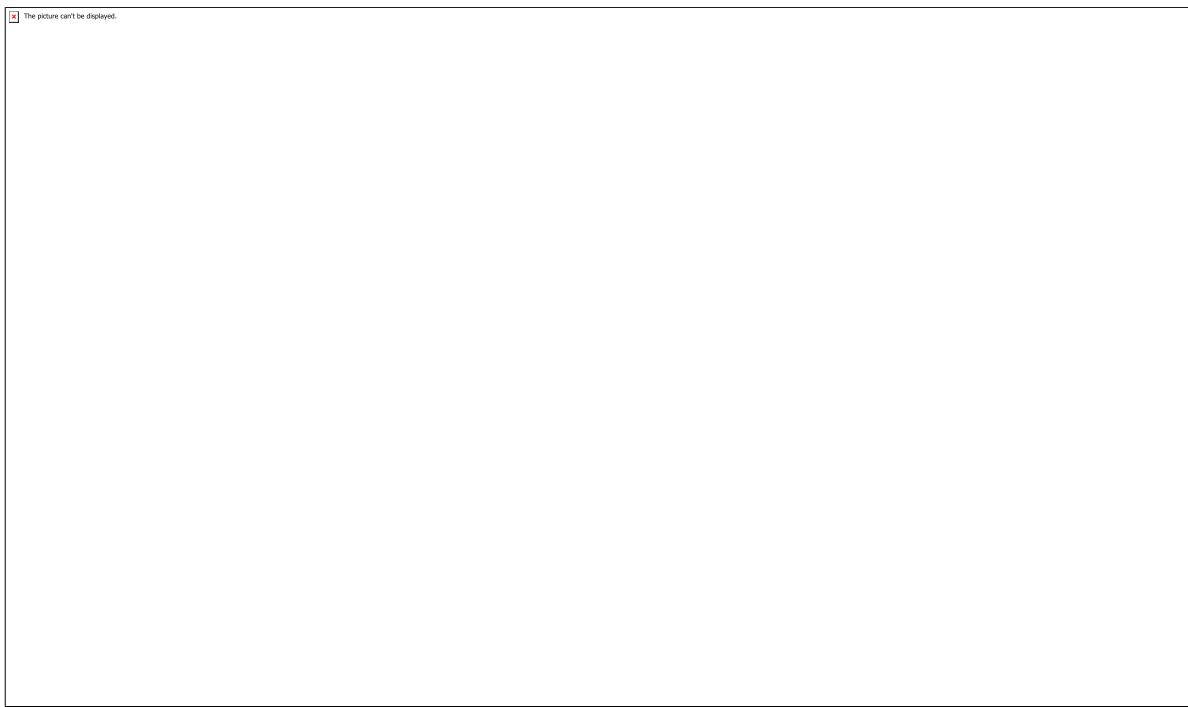


Tabela 1. Propriedades da matriz após cura a 120 °C por 56 minutos. [HEXPLY, 2007].



Quadro 1. Localização da estação de fornecimento de dados.

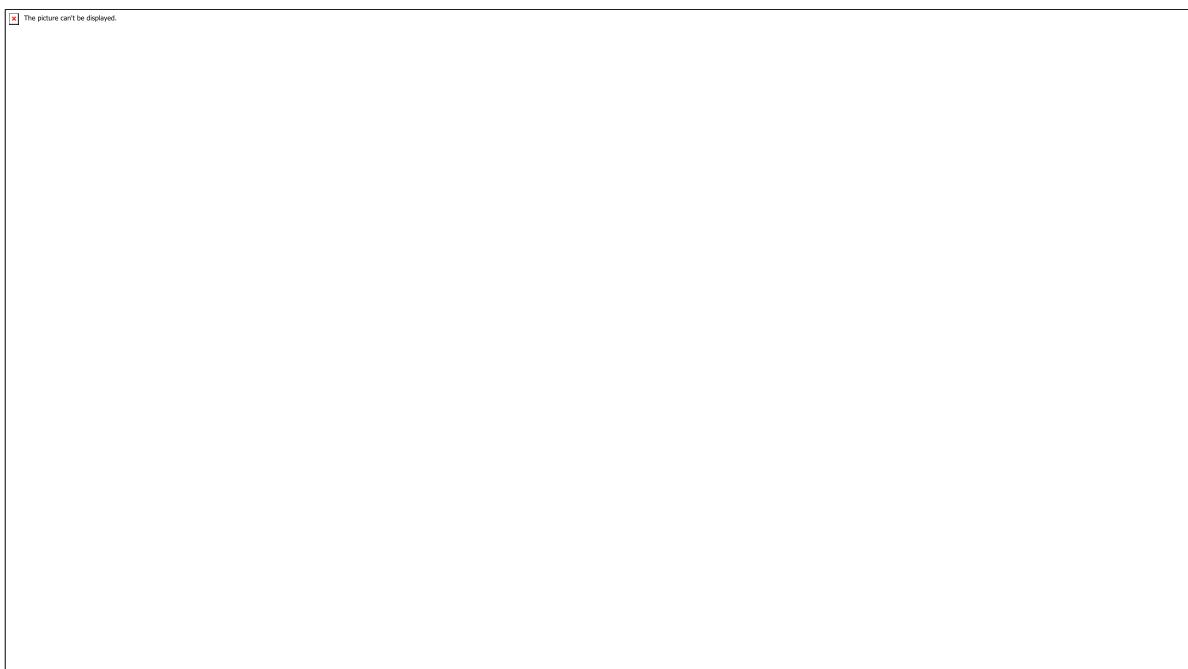


Figura 2. Princípio de funcionamento do FTIR. Adaptado de [SOLOMONS, 2011].

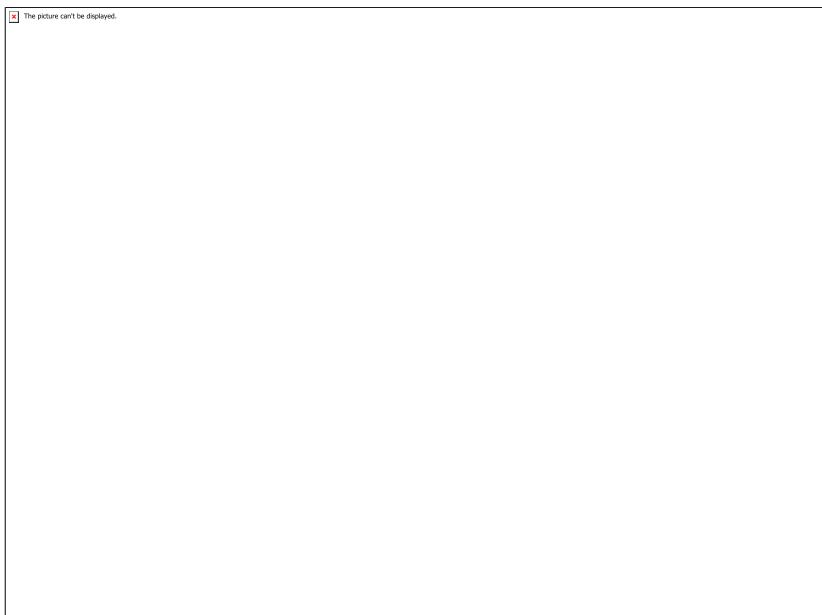


Figura 3. Desenho esquemático do ensaio de ILSS [PAIVA; SANTOS; REZENDE, 2007].

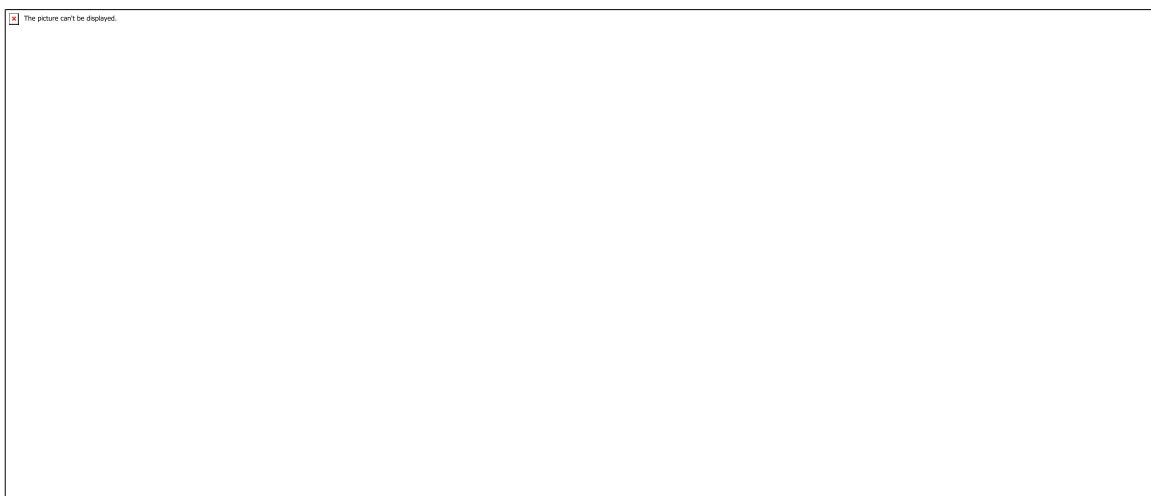


Figura 4. Modos de falhas possíveis no ensaio de ILSS [PAIVA; SANTOS; REZENDE, 2007].

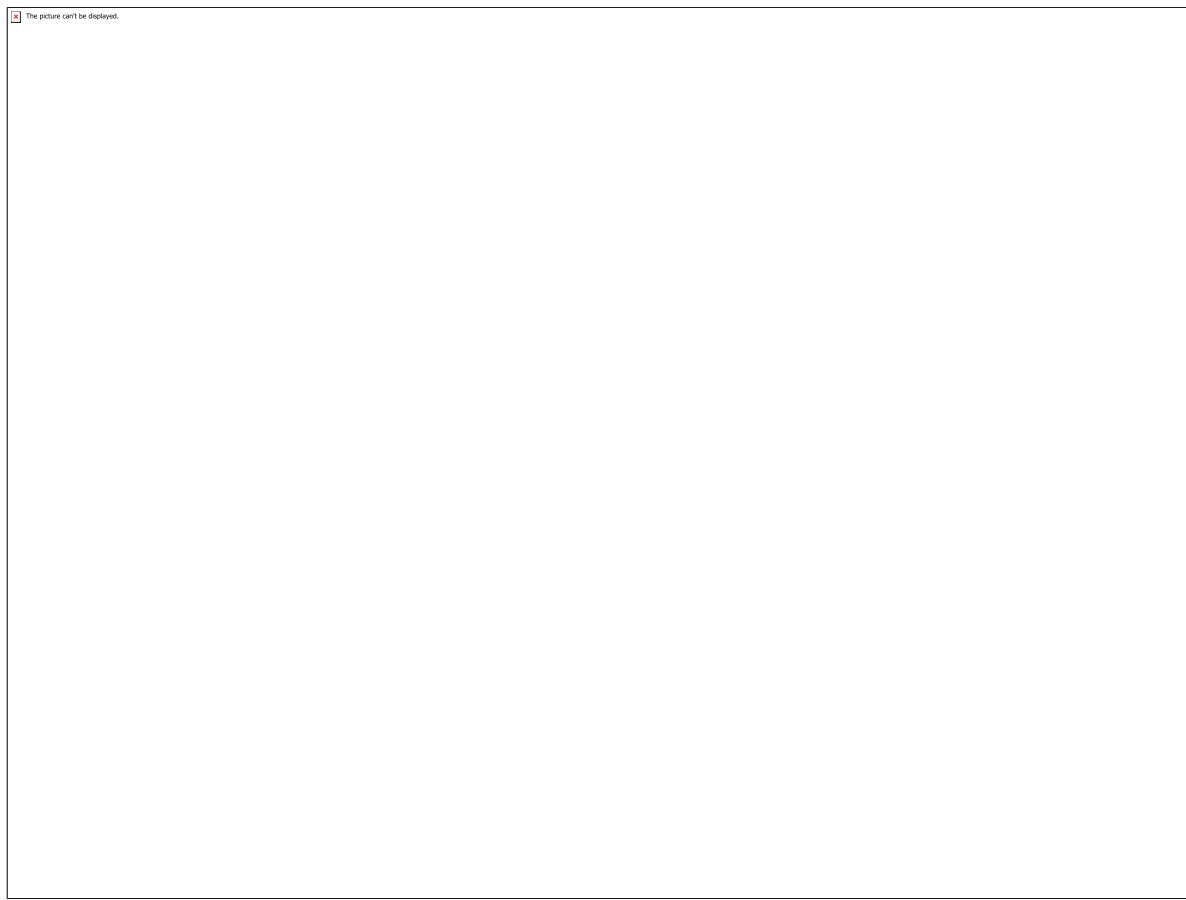


Figura 5. Ensaio de ILSS.

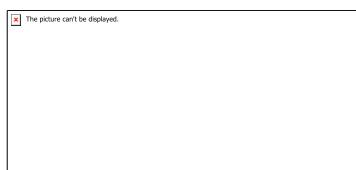


Figura 6. Equação que modela a resistência ao cisalhamento interlaminar [KIM, MAI, 1998].



Figura 7. Inspeção visual das amostras de compósitos de carbono-epóxi. (a) face inferior antes do envelhecimento natural. (b) face superior antes do envelhecimento natural. (c) face inferior após o envelhecimento natural. (d) face superior após o envelhecimento natural.

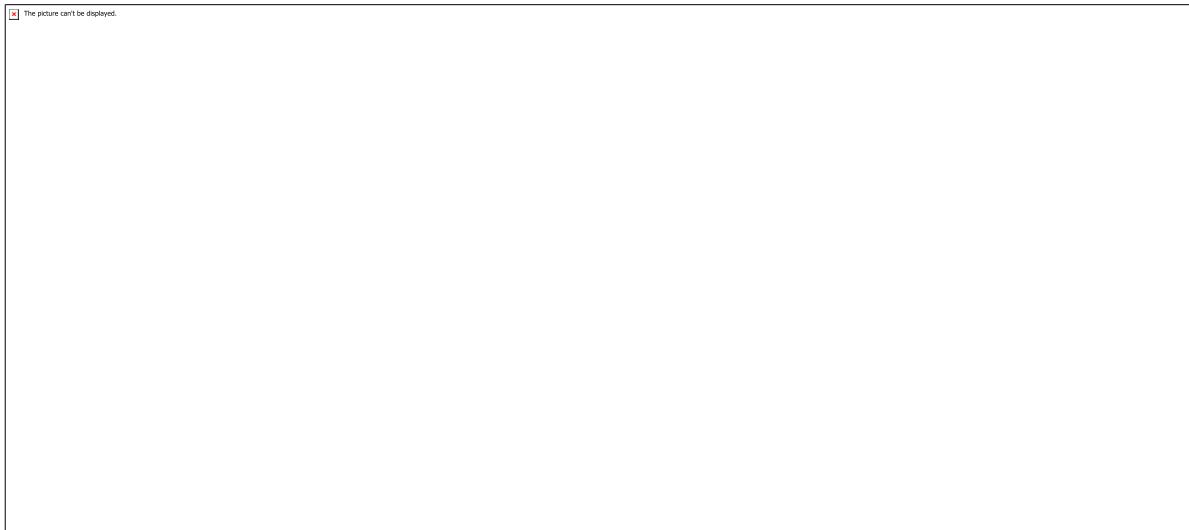


Figura 8. Gaiola metálica após o envelhecimento natural.



Figura 9. Percentual da variação de massa do compósito devido processo de envelhecimento.



Tabela 2. Variação percentual de massa causada pelo envelhecimento natural para os corpos de prova de ILSS.

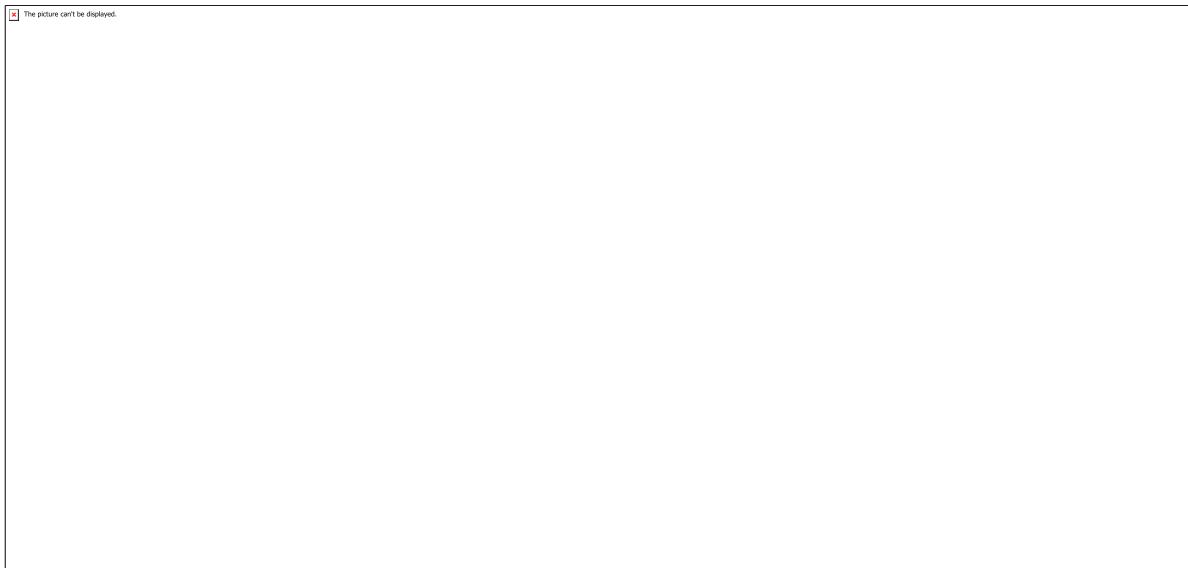


Tabela 3. Variação de massa das amostras com o processo de envelhecimento.

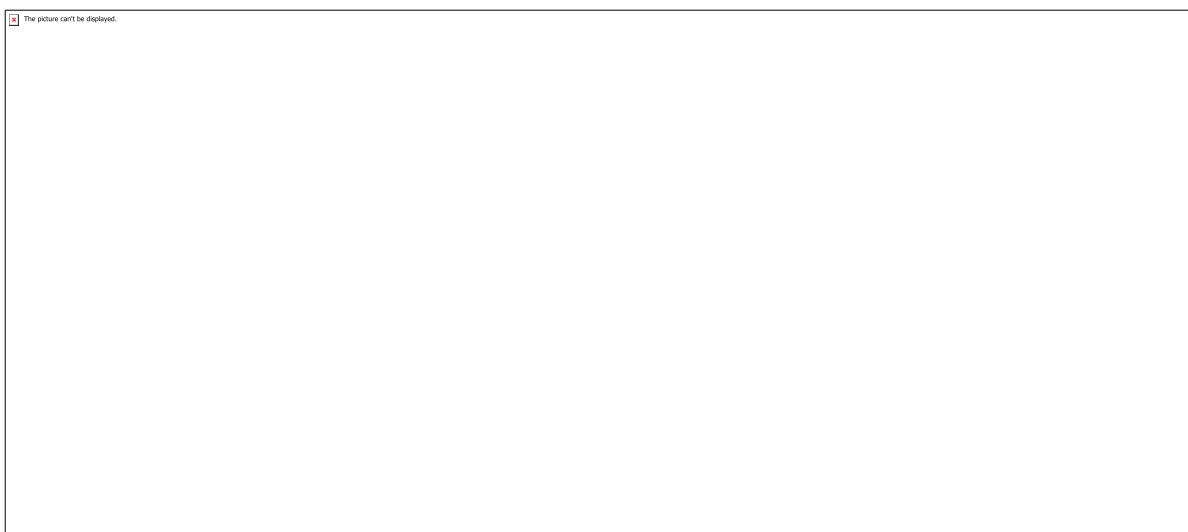


Figura 10. Superfície da amostra (a) não envelhecida e (b) envelhecida.

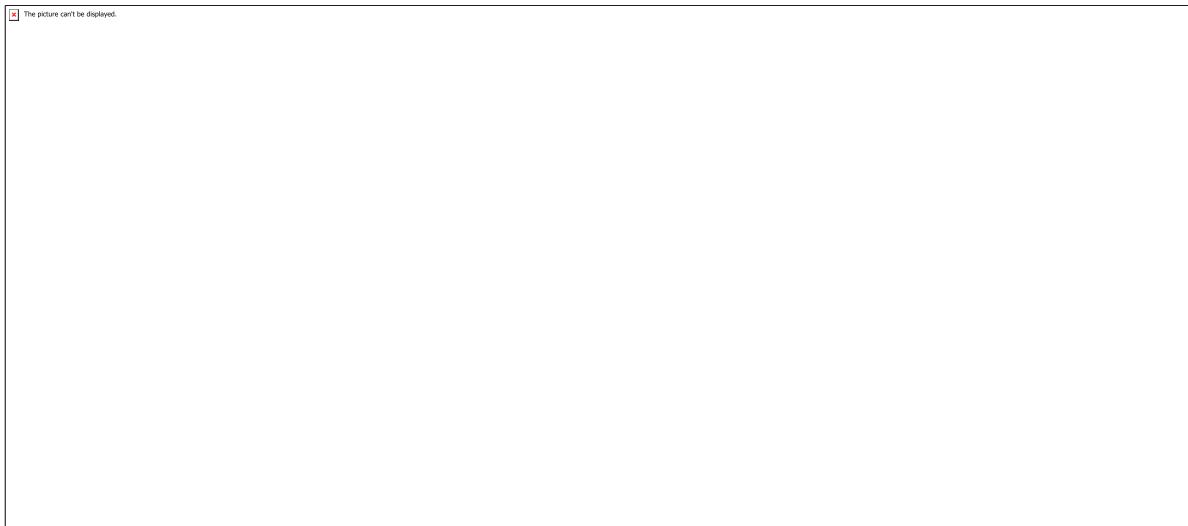


Figura 11. Vista lateral da amostra (a) não envelhecida e (b) envelhecida.

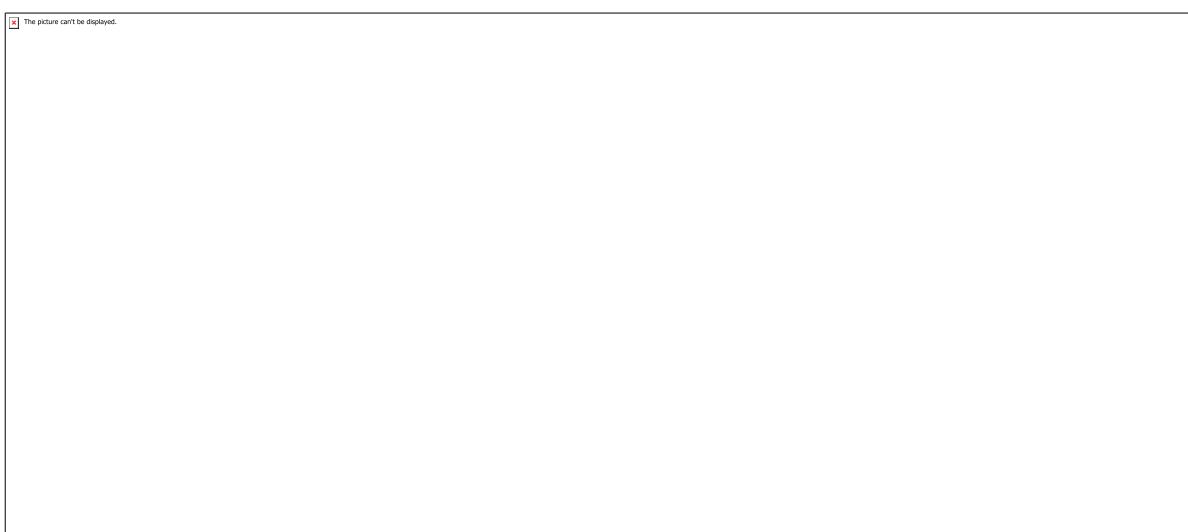


Figura 12. Topo da amostra (a) não envelhecida e (b) envelhecida.

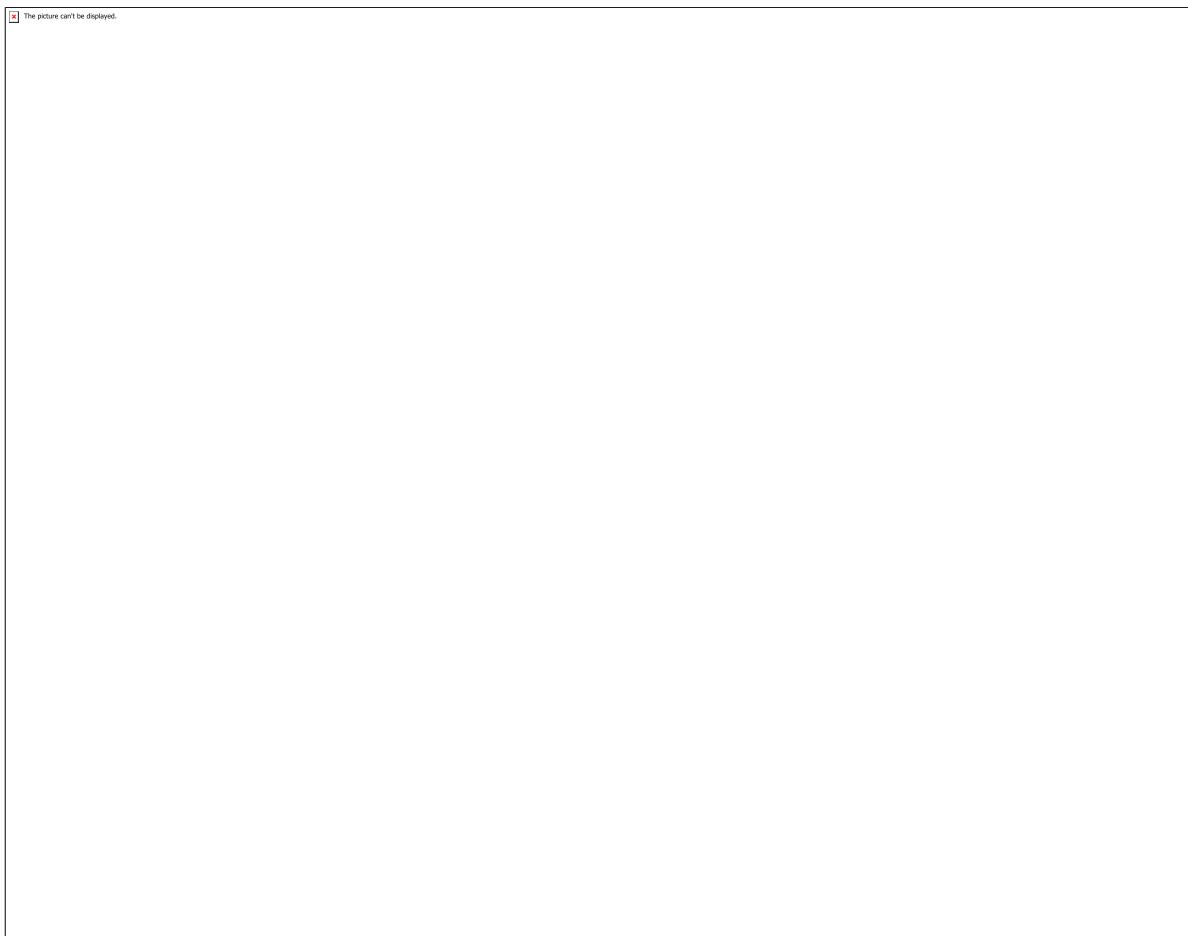


Figura 13. Espectro da análise de FTIR das amostras não envelhecidas e envelhecidas.

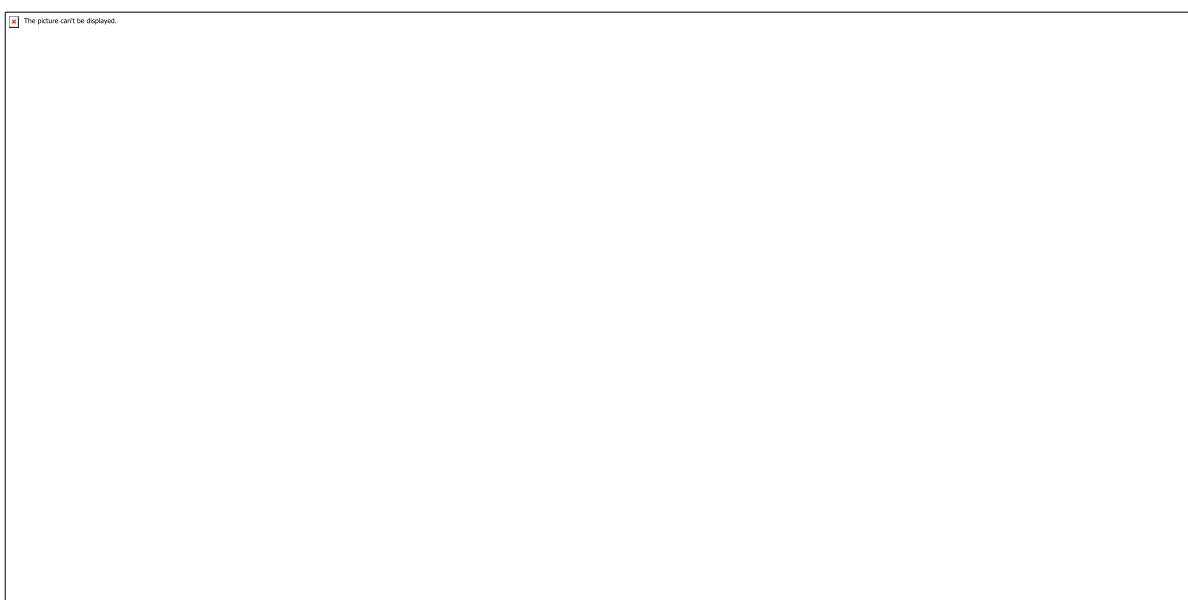


Figura 14. Resultado de DMA para amostra carbono-epóxi antes do envelhecimento.

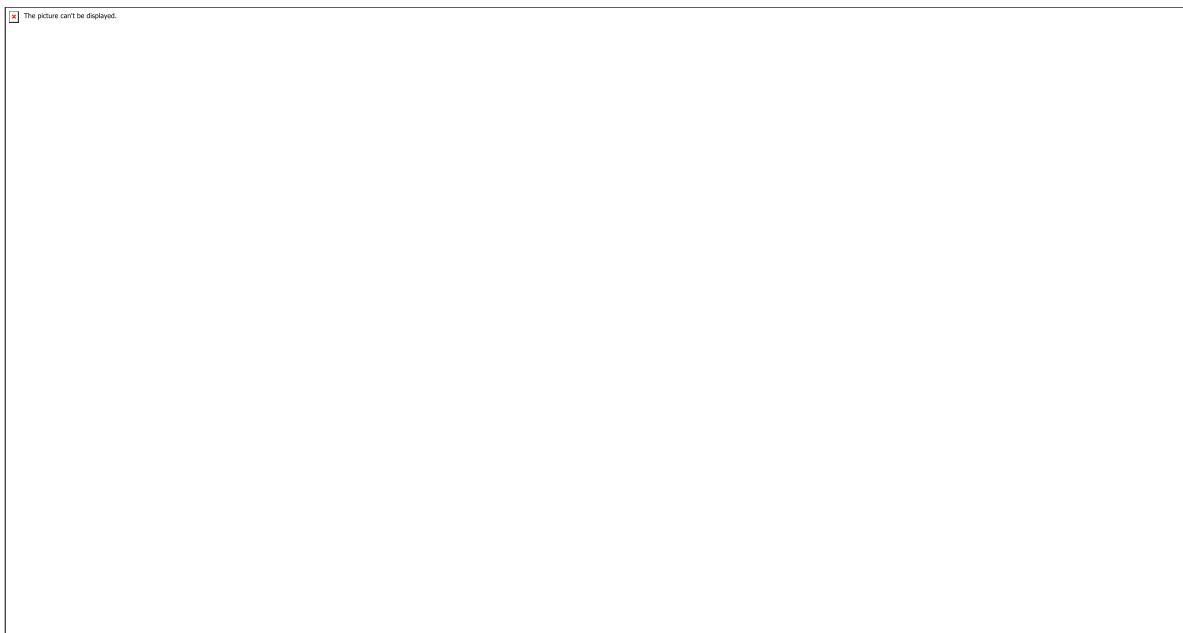


Figura 15. Resultado de DMA para a amostra carbono-epóxi após o envelhecimento.

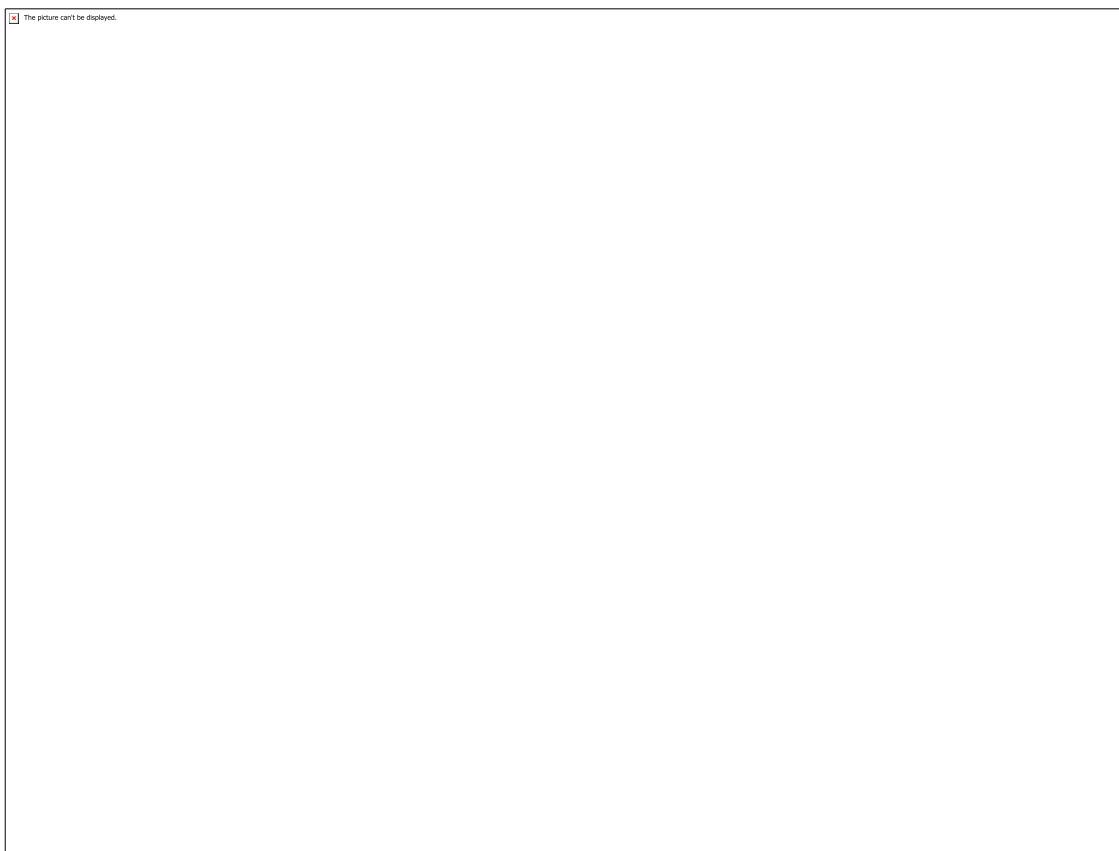


Figura 16. Resistência ao cisalhamento interlaminar para as amostras não envelhecidas e envelhecidas.

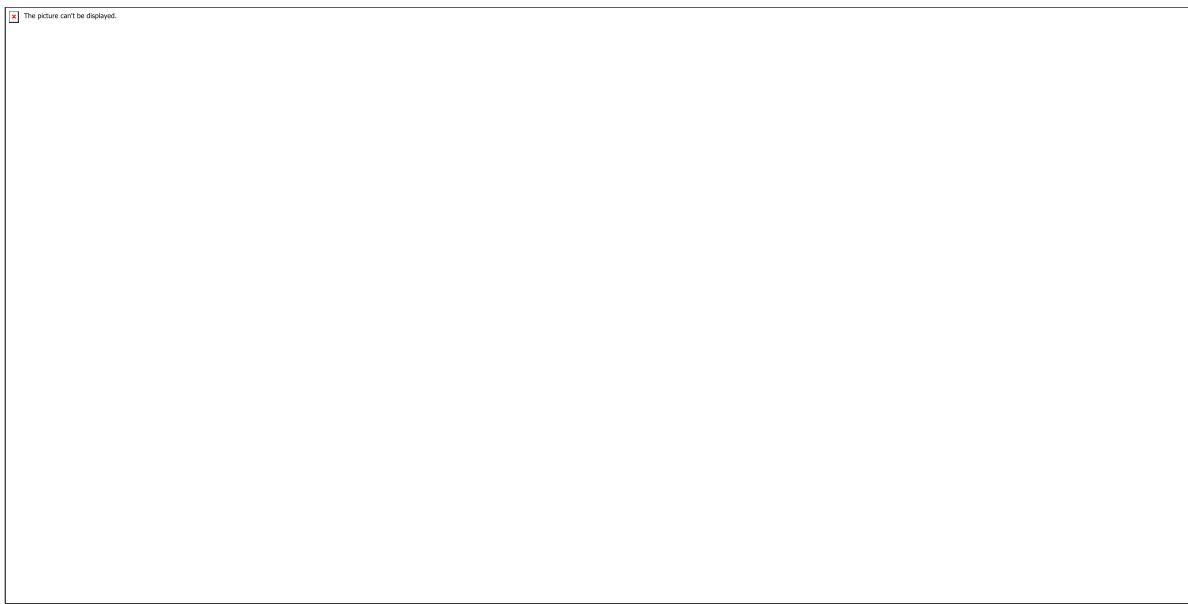


Tabela 4. Carga máxima absorvida pelos corpos de prova no ensaio de ILSS.

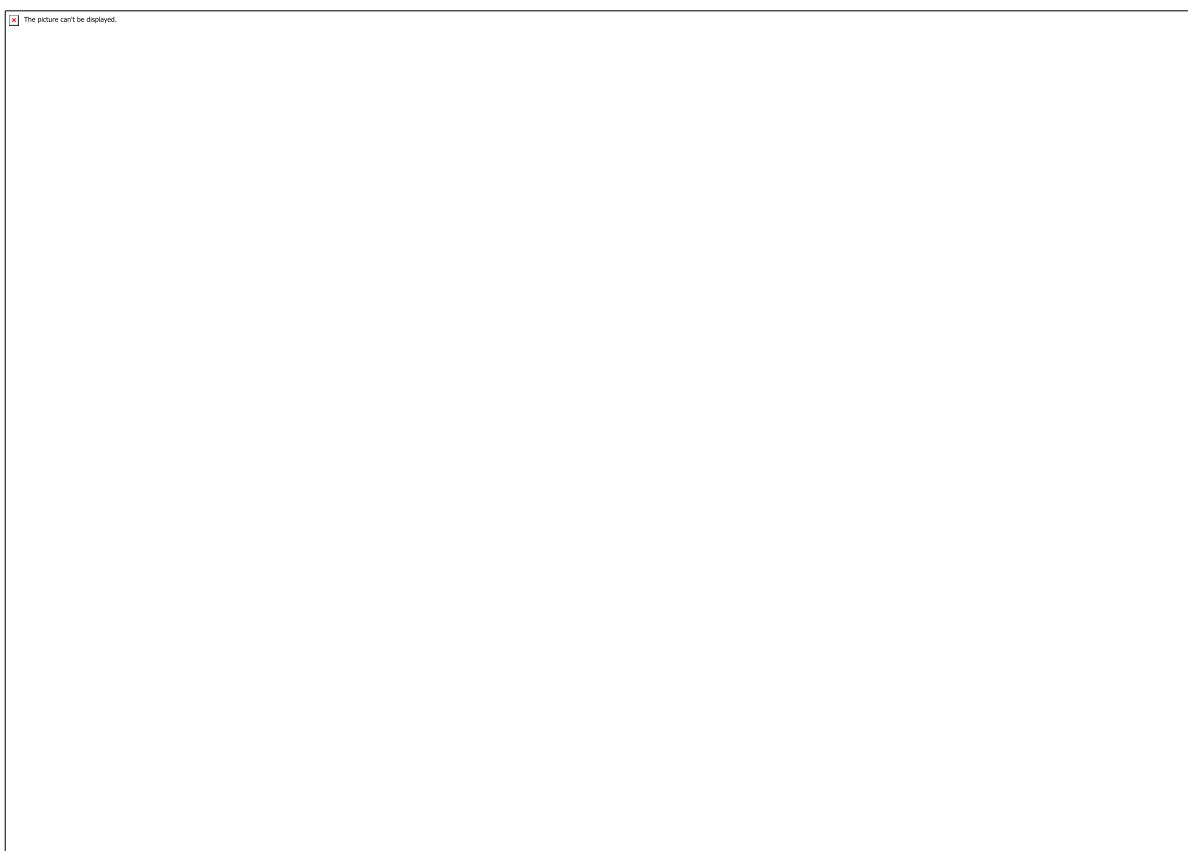


Figura 17. Gráfico da carga em função do tempo dos ensaios de ILSS para os corpos de prova não envelhecidos e envelhecidos.

CÓDIGO: ET0029

AUTOR: YAN SAVIO ALVES DA COSTA

ORIENTADOR: FERNANDA CRISTINA BARBOSA PEREIRA QUEIROZ

TÍTULO: Busca e seleção de modelos para criação e compartilhamento de informações entre pesquisadores como determinantes da produção científica

Resumo

O compartilhamento de informações e conhecimento entre pesquisadores refere-se à atividade de disponibilizar informações e know-how que possibilite o trabalho conjunto de especialistas para a resolução de problemas, para desenvolver novas ideias ou teorias e que normalmente resultam em publicações científicas conjuntas. Este projeto tem como objetivo elaborar um modelo que relaciona os fatores que influenciam a criação e o compartilhamento de informações entre os bolsistas produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com seus pares e a capacidade de geração de inovações e de conhecimentos, medida pela produção científica. Quanto ao método, em um primeiro momento foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de se avaliar os modelos existentes na literatura a respeito dos fatores determinantes do compartilhamento e sobre a capacidade de inovação e de geração de inovações nas IES, em especial nos grupos de pesquisas. A seguir, foram elaborados os modelos estrutural e de mensuração que foram validados utilizando um questionário on-line para a coleta dos dados, com questões tipo likert de cinco pontos, enviado aos pesquisadores com bolsa na modalidade produtividade em pesquisa, níveis SR, 1A, 1B e 1C do CNPq. O questionário foi respondido por 252 bolsistas e os dados coletados foram analisados utilizando a estatística descritiva e a structural equation modeling (SEM) based on partial least

Palavras-chave: Compartilhamento de conhecimento; Capacidade de inovação

TITLE: Search and selection of models for information creation and sharing among researchers as determinants of scientific production

Abstract

Sharing information and knowledge among researchers refers to the activity of providing information and know-how that enables problem-solving experts to work together to develop new ideas or theories, and which often result in joint scientific publications. This project aims to develop a model that relates the factors that influence the creation and sharing of information among scholarship holders research productivity of the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) with their peers and the ability to generate innovations and research. Knowledge as measured by scientific production. Regarding the method, a bibliographic research was initially carried out in order to evaluate the existing models in the literature regarding the determinants of sharing and the capacity for innovation and innovation generation in HEI, especially in research groups. . Then, the structural and measurement models were elaborated and validated using an online questionnaire for data collection, with five-point likert questions, sent to researchers with research productivity modality, SR, 1A, 1B and 1C of CNPq. The questionnaire was answered by 252 scholars and the collected data were analyzed using descriptive statistics and structural equation modeling (SEM) based on partial least

squares (PLS). The results indicated that the 5 hypotheses of the model were accepted. The individual characteristics of the researchers, the organizational characteristics and the technology con

Keywords: Knowledge sharing; Capacity for innovation; Production

Introdução

O compartilhamento de informações e conhecimento entre pesquisadores refere-se à atividade de disponibilizar informações e know-how que possibilite o trabalho conjunto de especialistas para a resolução de problemas, para desenvolver novas ideias ou teorias e que normalmente resultam em publicações científicas conjuntas. Este projeto tem como objetivo elaborar um modelo que relaciona os fatores que influenciam a criação e o compartilhamento de informações entre os bolsistas produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com seus pares e a capacidade de geração de inovações e de conhecimentos, medida pela produção científica. Quanto ao método, em um primeiro momento foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de se avaliar os modelos existentes na literatura a respeito dos fatores determinantes do compartilhamento e sobre a capacidade de inovação e de geração de inovações nas IES, em especial nos grupos de pesquisas. A seguir, foram elaborados os modelos estrutural e de mensuração que foram validados utilizando um questionário on-line para a coleta dos dados, com questões tipo likert de cinco pontos, enviado aos pesquisadores com bolsa na modalidade produtividade em pesquisa, níveis SR, 1A, 1B e 1C do CNPq. O questionário foi respondido por 252 bolsistas e os dados coletados foram analisados utilizando a estatística descritiva e a structural equation modeling (SEM) based on partial least squares (PLS). Os resultados encontrados indicaram que as 5 hipóteses do modelo foram aceitas. As características individuais dos pesquisadores, as características organizacionais e a tecnologia contribuem para o compartilhamento de conhecimento que favorece a geração de publicações. Além disso, as características individuais e as publicações contribuem para a inovação.

Metodologia

Este trabalho utilizou uma abordagem quantitativa de natureza exploratório-descritiva, visando coletar dados a partir da resposta de indivíduos, para posterior tratamento estatístico. A população da pesquisa compreendeu os pesquisadores com bolsa modalidade Produtividade em Pesquisa com projetos e pesquisa ativos e financiados pelo CNPq. A amostragem foi não probabilística e por conveniência. A definição da amostra do estudo foi realizada mediante busca no site do CNPq dos bolsistas produtividade. Considerando o número mínimo de observações entre cinco e dez respondentes por cada variável (HAIR, et al., 2014), para o questionário aplicado composto por 16 assertivas, a amostra obtida de 262 pesquisadores possui um tamanho 1,63 vezes superior ao mínimo necessário, sendo, portanto, satisfatória.

Resultados e Discussões

A partir dos resultados relatados, observa-se que as hipóteses H1, H2, H3, H4 e H5 foram aceitas. A variável Car. Individuais apresenta relação positiva (0,218) e significante com a variável Publicações. Logo, entende-se que as características individuais dos pesquisadores, como habilidade de comunicação, confiança, experiência, possibilidade de ensinar e aprender com a equipe, influenciam na geração de publicações científicas.

Conclusão

No que concerne a H2, observa-se que ela alcançou efeito positivo (0,218), o que indica que as características individuais contribuem para a inovação.

Quanto a H3, nota-se que com os resultados obtidos pode aceitar que as características organizacionais, como os equipamentos, a cultura e a estrutura organizacional, contribuem para a geração de publicações científicas.

Acerca da H4, observa-se que ela apresenta efeito positivo (0,321) tem-se portanto que a Tecnologia, medida no modelo pelas variáveis internet, uso dos sistemas de informação e acesso às redes sociais, contribui para a geração de publicações científicas.

Da mesma forma, H5 apresenta efeito positivo (0,380) podendo-se afirmar que as Publicações, analisado por meio das contribuições do compartilhamento do conhecimento para a geração de pesquisas, publicações de qualidade internacional e liderança, contribuem para a inovação, medida por meio do aumento do número de patentes e geração de inovações.

Referências

AL-KURDI, Osama; EL-HADDADÉH, Ramzi; ELDABI, Tillal. "Knowledge sharing in higher education institutions: a systematic review", Journal of Enterprise Information Management, Vol.31 (2), pp.226-246, 2018

ALCARÁ, A. R. et al. Fatores que influenciam o compartilhamento da informação e do conhecimento. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 14, n. 1, p. 170-191, 2009

ANNANSINGH, Fenio; HOWELL, Kerry E; LIU, Shaofeng; BAPTISTA NUNES, Miguel, (2018), "Academics' perception of knowledge sharing in higher education", Journal of Educational Management, pp.1001-1015.

ASHOK, M., NARULA, R. and MARTINEZ-NOYA, A., "How do collaboration and investments in knowledge management affect process innovation in services?", Journal of Knowledge Management, Vol. 20 No. 5, pp. 1004-1024, 2016
BARON, R.A. AND MARKMAN, G.D. Beyond social capital: how social skills can enhance entrepreneurs. The Academy of Management Executive, vol. 14 n. 1, p. 106-116, 2000 CHO, N., LI, G.; SU, C. An empirical study on the effect of individual factors on knowledge sharing by knowledge type. Journal of Global Business and Technology, v. 3, n. 2, p. 1-15, 2007.

CUMMINGS, J.N. Work groups, structural diversity, and knowledge sharing in a global

organization. *Management Science*. Vol. 50 No. 3, pp. 352-3642004, 2004
 CURADO, C., MUNHOZ-PASCUAL, L., & GALENDE, J. Antecedents to innovation performance in SMEs: A mixed methods approach. *Journal of Business Research*, 89, 206– 215, 2017

CYR, S; CHOO, C.W. The individual and social dynamics of knowledge sharing: an 11

- exploratory study. *Journal of Documentation*. Vol. 66 No. 6, p. 824-846, 2010
 DAVENPORT, T.H. PRUSAK, L. *Working Knowledge: How Organizations Manage what they Know*, HBS Press, Boston, MA, 1998.
 DI CHIARA, I.G.; ALCARA, A. R.; TOMANEL, M.I. Tipos de Compartilhamento de informação e do conhecimento no ambiente de P&D. *Inf. & Soc.:Est*, v.20 n.2, p. 105-118, 2010
 DIXON, N. Common knowledge: how companies thrive by sharing what they know. USA: Harvard Business School Press, 2000
 DUGUID, P., The art of knowing: social and tacit dimensions of knowledge and the limits of the community of practice. *The Information Society*, v. 21, p. 109-18, 2005.
 ENSIGN, P. C.; HEBERT, L. How reputation affects knowledge sharing among colleagues. *Sloan Management Review*, vol 51, Iss: 2, p. 79-81, 2010.
 FULLWOOD, Roger; ROWLEY, Jennifer; MCLEAN, Jacqueline. "Exploring the factors that influence the sharing of knowledge among academics", *Journal of Higher and Higher Education*, p.1-13, 2018
 GEORGE-WALKER, L., & TYLER, M. A. Collaborative concept mapping: Connecting with research team capacities. *Education Research International*, 1–10, 2014
 GIAMPAOLI, D., CIAMBOTTI, M. and BONTIS, N., "Knowledge management, problem solving and performance in top Italian firms", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 21 No. 2, pp. 355-375, 2017
 HAIR, J. F. et al. A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). Thousand Oaks, CA: Sage, 2014.
 HENDRIKS, P. Why share knowledge? The influence of ICT on the motivation for knowledge sharing. *Knowledge and Process Management*, Vol. 6 No. 2, p. 91-100, 1999.
 HO, L., KUO, T.H.; LIN, B. How social identification and trust influence organizational online knowledge sharing. *Internet Research*, vol. 22 n. 1, p. 4-28, 2012.
 HOLSTE, J. S.; FIELDS D. Trust and tacit knowledge sharing and use. *Journal of Knowledge Management*, vol. 14 Iss: 1, p.128 – 140, 2010.
 HONG, D.; SUH, E.; KOO, C. Developing strategies for overcoming barriers to knowledge sharing based on conversational knowledge management: A case study of a financial company. *Expert Systems with Applications*, vol.38, issue 12, pp 14417–14427, 2011.
 HORMIGA, E.; BATISTA-CANINO, R. M.; SÁNCHEZ-MEDINA, A. The Impact of Relational Capital on the Success of New Business Start-Ups. *Journal of Small Business Management*, v. 49, n. 4, p. 617-638, 2011.
 HSU, I. Enhancing employee tendencies to share knowledge-Case studies on nine companies in Taiwan. *International Journal of Information Management*, v. 26, n. 4, p. 326-338, 2006.
 HYYTINEN, A. PAJARINEN, M. ROUVINEN, P. Does innovativeness reduce startup survival rates? *Journal of Business Venturing*, v. 30, n.4, p. 564-581, 2015.
 INGRAM, P.; BAUM, J.A.C. Opportunity and constraint: organizations learning from the operating and competitive experience of industries. *Strategic Management Journal*, Vol. 18, special Summer issue, p. 75-98, 1997.
 IPE, M. Knowledge sharing in organizations: A conceptual framework. *Human Resource Development Review*, v.2, p. 337-359, 2003.

ISLAM, Z. M., JASIMUDDIN, S. M., HASAN, I. Organizational culture, structure, technology infrastructure and knowledge sharing: Empirical evidence from MNCs based in Malaysia. VINE, Vol. 45 Iss: 1, p.67 – 88, 2015.
JO, S. J.; JOO B-K. Knowledge Sharing: The Influences of Learning Organization Culture, Organizational Commitment, and Organizational Citizenship Behaviors, Journal of Leadership & Organizational Studies, v.18 n. 3, p. 353-364, 2011.

12

JOLAE, A. et al. Factors affecting knowledge sharing intention among academic staff. International Journal of Educational Management, Vol. 28 Iss: 4, p.413 – 431, 2014.
KHVATOVA, T., BLOCK, M., BLOCK, M., ZHUKOV, D. and LESKO, S. "How to measure trust: the percolation model applied to intra-organisational knowledge sharing networks", Journal of Knowledge Management, Vol. 20 No. 5, pp. 918-935, 2016

KIM, S.; LEE, H. The impact of organizational context and information technology on employee knowledge-sharing capabilities. Public Administration Review, v. 66 n. 3, p. 370- 385, 2006.
KUO, T-H. How expected benefit and trust influence knowledge sharing. Industrial Management & Data Systems, Vol. 113 n. 4, p. 506-522, 2013.

LIN, H.F. "Linking knowledge management orientation to balance scorecard outcomes", Journal of Knowledge Management, Vol. 19 No. 6, pp. 1-53, 2015
LIN, H.F. Knowledge sharing and firm innovation capability: an empirical study. International Journal of Manpower, v. 28 n. 3/4, p. 315-32, 2007.

LUCAS, L. The impact of trust and reputation on the transfer of best practices. Journal of Knowledge Management, vol. 9 n.4, p.87-101, 2005.
MANJIT, S. S.; JAIN, K.; AHMAD, I. U. K. Knowledge sharing among public sector employees: evidence from Malaysia. The International Journal of Public Sector Management , v. 24, n. 3, p. 206-226, 2011

NAHAPIET, J. AND GHOSHAL, S. Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. Academy of Management Review, Vol. 23 n. 2, p. 242-66, 1998 NORUZY, A. et al. Relations between transformational leadership, organizational learning, knowledge management, organizational innovation, and organizational performance: An empirical investigation of manufacturing firms. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 64(5-8), 1073-1085, 2013

OLANDER, H., VANHALA, M., HURMELINNA-LAUKKANEN, P. and Blomqvist, K. "HR-related knowledge protection and innovation performance: the moderating effect of trust", Knowledge and Process Management, Vol. 22 No. 3, pp. 220-233, 2015
ORDAZ, C., CRUZ J.; GINEL E. Facilitadores de los procesos de compartir conocimiento y su influencia sobre la innovación, JEL Code: M1 y O3. Grupos de investigación , 2009.
PAGHALED, M., SHAFIEZADEH, E.; MOHAMMADI, M. Information Technology and its Deficiencies in Sharing Organizational Knowledge. International Journal of Business and Social Science, v. 2 n. 8, p. 192-198, 2011.

PHILLIPS, K. W et al. Diverse groups and information sharing: the effects of congruent ties. Journal of Experimental Social Psychology, n. 40, p. 497-510, 2004.
QUEIROZ, F.C.BP. SILVA, H. N; QUANDT, C. Formas de compartilhamento de informações e do conhecimento na cooperação internacional de pesquisadores . Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.25, n.3, p. 147-161, set./dez. 2015

RAUNIAR, R. et al. Shared knowledge and product design glitches in integrated product development. International Journal of Production E

CÓDIGO: ET0069**AUTOR:** MAYARA ADRIELLY LEAL DE OLIVEIRA RODRIGUES**COAUTOR:** DIÊGO PIRES GURGEL**COAUTOR:** UILAME UMBELINO GOMES**ORIENTADOR:** MEYSAM MASHHADIKARIMI**TÍTULO:** Estudo da mistura diamante/10%wt nióbio**Resumo**

O diamante policristalino (PCD), devido às suas propriedades de resistência mecânica, alta dureza e resistência ao desgaste, possui importante aplicação em ferramentas industriais de corte e perfuração. Com isso, se fazem necessários cada vez mais estudos sobre este material, buscando formas de melhorar seu desempenho e de estender sua vida útil. Assim, este trabalho estudou a influência do nióbio como ligante com 10% em peso de concentração nos particulados de PCD através da metalurgia do pó. Os pós de diamante recebido foram moídos por 30 segundos em moinho SPEX e após isso, a mistura com 10% wt de Nb foi moída por 1 minuto no mesmo moinho. Pôde ser analisada a influência da Moagem de Alta Energia (MAE) na morfologia, distribuição e no tamanho médio das partículas, além de serem determinadas as fases antes e após MAE. O nióbio se mostrou um bom ligante de acordo com as etapas estudadas neste trabalho. As análises de Difração de Raios-X mostraram que as fases preexistentes antes do processo se mantiveram e não houve grafitização, mas foi introduzido em pouca quantidade o carbeto de tungstênio (WC), devido à alta dureza do diamante, após moagem. As microscopias eletrônicas de varredura (MEV) juntamente com as análises de tamanho de partícula confirmaram a redução do tamanho médio de partícula quantificada em 46,21% em relação ao tamanho médio de partícula do diamante moído. Microscopia confocal foi utilizada para caracterizar a morfologia dos pós de diamante recebido.

Palavras-chave: Diamante policristalino. Nióbio como ligante. Grafitização.**TITLE:** Study the Diamond/10 wt% Nb powder mixture**Abstract**

Polycrystalline diamond (PCD), due to its properties of mechanical strength, high hardness and wear resistance, has important application in industrial cutting and drilling tools. As a result, more and more studies on this material are needed, looking for ways to improve its performance and extend its useful life. Thus, this work studied the influence of niobium as a binder with 10 wt.% concentration in PCD particles through powder metallurgy. The received diamond powders were milled for 30 seconds in a SPEX mill and after that the 10 wt.% Nb mixture was milled for 1 minute in the same mill. The influence of High Energy Milling on morphology, distribution and average particle size could be analyzed, and the phases before and after MAE could be determined. Niobium proved to be a good binder according to the steps studied in this work. X-ray diffraction (XRD) analyzes showed that the pre-existing phases before the process were maintained and there was no graphitization, but tungsten carbide (WC) was introduced in a small amount due to the high diamond hardness after grinding. Scanning electron microscopy (SEM) coupled with particle size analysis confirmed the quantified mean

particle size reduction of 46,21% over the average milled diamond particle size. Confocal microscopy was used to characterize the morphology of the diamond powders received.

Keywords: Polycrystalline diamond. Niobium as a binder. Graphitization.

Introdução

O Diamante Policristalino (PCD) é produzido artificialmente a partir de grafite em presença de um catalisador – geralmente, o cobalto é utilizado – por sinterização High Pressure-High Temperature (HP-HT) e sua aplicação é dada principalmente em ferramentas de corte e perfuração. O papel do catalisador se dá na conversão de grafite em diamante, a qual prossegue, no cobalto fundido, por nucleação e crescimento, onde a barreira termodinâmica de transformação é alcançada [1-3].

Nessas ferramentas, o PCD constitui-se de uma das camadas existentes, a mais externa e que entra em contato direto com o material a ser cortado e/ou perfurado. Ao conjunto constituído pela camada de PCD e camada de metal duro (WC-Co) juntas se dá o nome Compacto de Diamante Policristalino (PDC) [4,5]. As propriedades de alta dureza – mais alta que a dureza do diamante natural -, alta resistência ao desgaste e alta resistência mecânica do PCD conferem às ferramentas de corte e perfuração bom desempenho de trabalho. No entanto, existem duas principais limitações que fazem sua vida útil ser reduzida e estudos cada vez mais vêm sendo feitos na tentativa de amenizar estes fatores [6].

Sabe-se que o diamante é uma forma alotrópica do carbono menos estável que o grafite, pois é necessária alta pressão e alta temperatura para se obter a transformação termodinâmica de carbono sp₂ (grafite) para carbono sp₃ (diamante). Ocorre então que muitas vezes o PCD, dependendo das condições de pressão e temperatura de trabalho, retorna à sua forma alotrópica mais estável, se grafitizando. Além disso, o cobalto é considerado um agente de grafitização: nas altas temperaturas de trabalho das ferramentas de PCD, sua presença reduz a estabilidade térmica do PCD e leva a uma diminuição na resistência ao desgaste da ferramenta. Assim, o fenômeno da grafitização compromete o desempenho da ferramenta, devido ao fato de que as propriedades físicas e, principalmente, mecânicas do grafite são inferiores às do diamante [7,8].

O que também limita este desempenho é a formação de microtrincas e trincas na ferramenta: como o cobalto é o catalisador usualmente mais empregado na síntese de PCD e este metal possui coeficiente de expansão térmica muito diferente do coeficiente do PCD, com as variações de temperatura e pressão nos locais de contato durante o corte, esses diferentes materiais se contraem e se expandem em intensidades distintas [9]. Tendo isso em vista, o presente trabalho objetivou amenizar estes dois fatores introduzindo um novo ligante ao PCD: o nióbio (Nb). Este metal foi elencado como ligante, pois possui alto ponto de fusão, boa abrasividade, superplasticidade a altas temperaturas e coeficiente de expansão térmica mais próximo ao do diamante que o coeficiente do cobalto. Além disso, o Brasil é considerado o maior produtor mundial de nióbio, detendo as maiores reservas, seguido pelo Canadá e Austrália, fato que motivou também o desenvolvimento do trabalho [10,11].

Os pós de Nb foram introduzidos com 10% wt. de concentração aos pós de diamante por meio da rota da metalurgia do pó e assim foram estudadas a morfologia, redução de tamanho médio e composição da mistura obtida. Constituindo-se do estudo da MAE como uma das etapas de fabricação do PCD, as propriedades mencionadas podem se alterar ou se manter após a etapa de sinterização HP-HT. Espera-se então que este trabalho contribua para a obtenção de um entendimento parcial sobre o PCD com o ligante nióbio. Os resultados podem ser usados para orientar novos desenvolvimentos ou para selecionar materiais apropriados (ou microestruturas) para diferentes requisitos de aplicação. Importante também salientar que o plano de trabalho original previa estudo de dois tipos diferentes de pós de nióbio e de PCD, no entanto, como o grupo só

dispunha de um tipo de pó de nióbio e um tipo de pó de PCD, só foram feitas investigações acerca desses pós e a mistura gerada por eles.

Metodologia

Os pós de nióbio e de diamante apresentados na Figura 1 foram usados como matéria-prima para o desenvolvimento do trabalho. O primeiro, fornecido pela Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), apresentou tamanho médio de partículas de 36,50 µm e pureza de 99,89% (Figura 2). O segundo foi fornecido pela Universidade Estadual Fluminense Darcy Ribeiro, com descrição AC15 80/50 e tamanho médio de partículas de 87,48 µm (Figura 3).

As caracterizações estruturais e químicas foram feitas pelos equipamentos:

- Particulometria do diamante e da mistura: particulômetro CILAS 1090, em meio seco, medindo a faixa de tamanho de partículas entre 0,10 e 500 µm;
- Particulometria do pó de nióbio: particulômetro CILAS 920, em meio líquido, medindo a faixa de tamanho de partículas entre 0,30 e 400 µm;
- Fluorescência de Raios-X: espectrômetro Shimadzu EDX-720, com análise das amostras em condição ambiente;
- Difratometria de Raios-X: difratômetro Rigaku Miniflex II, com medições do ângulo inicial de 2,0° e ângulo final de 120,0°, com passo de 0,01°, à velocidade de 5,0°/min;
- Microscopia Eletrônica de Varredura: microscópio eletrônico de bancada Hitachi TM3000, análise realizada com o vácuo sendo o meio;
- Microscopia Confocal: microscópio óptico confocal de mesa Olympus DLS4000, com análise das amostras em condição ambiente; ~

A moagem de alta energia foi realizada em moinho SPEX modelo Mixer/Mill 8000 (Figura 4), a 1500 rpm (rotação constante), usando recipiente de metal duro (WC-Co), com carga utilizada para moagem de 10:1, sendo o ciclohexano o meio de moagem. Inicialmente os pós de diamante policristalino foram moídos por trinta segundos a fim de aproximar seus tamanhos de partículas aos do pó de nióbio, depois, a mistura com 10% wt. de nióbio foi moída por um minuto.

Resultados e Discussões

A Figura 5 apresenta um comparativo entre os difratogramas dos pós de diamante recebido e após MAE, expondo que os picos do carbeto de tungstênio introduzido aos pós vieram do processo de moagem. As partículas de diamante, por possuírem alta dureza e alta resistência ao desgaste, desgastaram as paredes do recipiente de metal duro utilizado e foi gerada essa contaminação. É observada, através da Figura 6, a morfologia dos pós de diamante após moagem. Os particulados de WC são observados aderidos à superfície das partículas de diamante e não é evidenciada mudança de morfologia dessas partículas quando comparadas à morfologia inicial. Após essa MAE inicial, os pós de diamante sofreram redução de 32,97% em seu tamanho médio de partícula, se adequando melhor ao tamanho médio de partícula dos pós de nióbio.

A morfologia característica de cada partícula de diamante e de Nb e o menor tamanho de partícula de Nb observados na Figura 7 evidenciam que o Nb se distribuiu homogeneamente entre as partículas de diamante, comprovando que o mecanismo de moagem entre materiais frágil-dúctil ocorreu. Assim, as partículas de diamante ficaram ocluídas pelas do metal e então é exibida uma microestrutura em que o metal se encontra distribuído entre as partículas frágeis de diamante, fato que ocorre devido ao comportamento plástico e dúctil do metal. Este fenômeno promoveria o posterior revestimento de partículas de nióbio em volta de partículas de diamante na sinterização [12].

Para a concentração de 10.0% wt. de Nb, as análises particulométricas (Figura 8) quantificaram respectivamente redução de tamanho médio de partícula de 46.21% em relação ao tamanho médio de partícula do pó de diamante após moagem de 30 s. Além disso, as três diferentes fases observadas – diamante, Nb e WC – são confirmadas através dos difratogramas de cada mistura na Figura 9, além de permanecer a presença de pouco grafite vinda do pó inicial de diamante.

As partículas de WC foram introduzidas à mistura moída, assim como ocorreu para o diamante moído puro: devido à alta dureza e resistência ao desgaste do diamante, que por ter sido moído juntamente com o pó de nióbio, tanto ajudou a otimizar a redução do tamanho de partículas do metal, quanto desgastou ainda mais as superfícies das bolas e as paredes da jarra de metal duro. A contaminação de WC, medida através de FRX, para todas a amostra foi quantificada em 5,485 % wt. . Em muitos trabalhos envolvendo moagem de pós de diamante policristalino, com ou sem ligantes introduzidos, é observada esta contaminação, portanto era esperado que o mesmo ocorresse para o presente trabalho. Além disso, espera-se que haja pouco comprometimento das propriedades físicas e mecânicas das amostras sinterizadas devido a estas contaminações [13].

Conclusão

Os pós de nióbio introduzidos aos pós de PCD por MAE se distribuíram homogeneamente em mistura, não foi gerada grafitização em nenhuma das duas moagens e o WC foi introduzido como contaminação em baixa concentração na mistura. De acordo com os objetivos do trabalho, a necessidade significativa de desenvolver um estudo sobre pós iniciais e mistos como parte básica do projeto de pesquisa principal foi suprida. Os resultados podem ser usados para conduzir as outras etapas do projeto. Eles também farão parte do banco de informações do projeto usado pelo grupo de pesquisa.

Referências

1. R. H. Wentorf Jr. and W. A. Rocco, "Diamond Tools for Machining," U.S. Pat. No. 3 745 623, July 17, 1973.
2. R. H. Wentorf Jr., R. C. DeVries, and F. P. Bundy, "Sintered Superhard Materials," Science, 208, 873–90 (1980).
3. P. D. Gogl, "Strength of Polycrystalline Diamond Compacts"; pp. 914–22 in High Pressure Science and Technology, Vol. 1. Edited by K. D. Timmerhaus and M. S. Barber. Plenum Press, New York, 1979.
4. VHARETA, M.; ERASMUS, R.m.; COMINS, J.d.. Investigation of fatigue-type processes in polycrystalline diamond tools using Raman spectroscopy. Diamond And Related Materials, [s.l.], v. 45, p.34-42, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diamond.2014.02.012>.
5. KNUTESON, C.w.; SEXTON, T.n.; COOLEY, C.h.. Wear-in behaviour of polycrystalline diamond thrust bearings. Wear, [s.l.], v. 271, n. 9-10, p.2106-2110, jul. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2010.12.059>.
6. SZUTKOWSKA, M. et al. Mechanical behavior of diamond matrix composites with ceramic Ti₃(Si,Ge)C₂ bonding phase. International Journal Of Refractory Metals And Hard Materials, [s.l.], v. 49, p.302-306, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2014.09.017>.
7. SNEDDON, M.v.; HALL, D.r.. Polycrystalline Diamond: Manufacture, Wear Mechanisms, and Implications for Bit Design. Journal Of Petroleum Technology, [s.l.], v.

- 40, n. 12, p.1593-1601, 1 dez. 1988. Society of Petroleum Engineers (SPE). <http://dx.doi.org/10.2118/17006-pa>.
8. WESTRAADT, Johan Ewald et al. Thermally stable polycrystalline diamond sintered with calcium carbonate. *Diamond And Related Materials*, [s.l.], v. 16, n. 11, p.1929-1935, nov. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.diamond.2007.08.011>.
9. LI, Shang-jie et al. Sintering behaviour of the diamond-super invar alloy system at high temperature and pressure. *Journal Of Materials Science*, [s.l.], v. 25, n. 9, p.4150-4156, set. 1990. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00582496>.
10. ALVES, Adilson Rangel; COUTINHO, Aparecido dos Reis. The Evolution of the Niobium Production in Brazil. *Materials Research*, [s.l.], v. 18, n. 1, p.106-112, fev. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.276414>.
11. Brazilian Mining Institute (IBRAM). Information and Analysis of the Brazilian Mineral Economy. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2019.
12. SURYANARAYANA, C.. Mechanical alloying and milling. *Progress In Materials Science*, [s.l.], v. 46, n. 1-2, p.1-184, jan. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6425\(99\)00010-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6425(99)00010-9).
13. JAWORSKA, Lucyna et al. The influence of tungsten carbide contamination from the milling process on PCD materials oxidation. *International Journal Of Refractory Metals And Hard Materials*, [s.l.], v. 64, p.60-65, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2017.01.008>.

Anexos

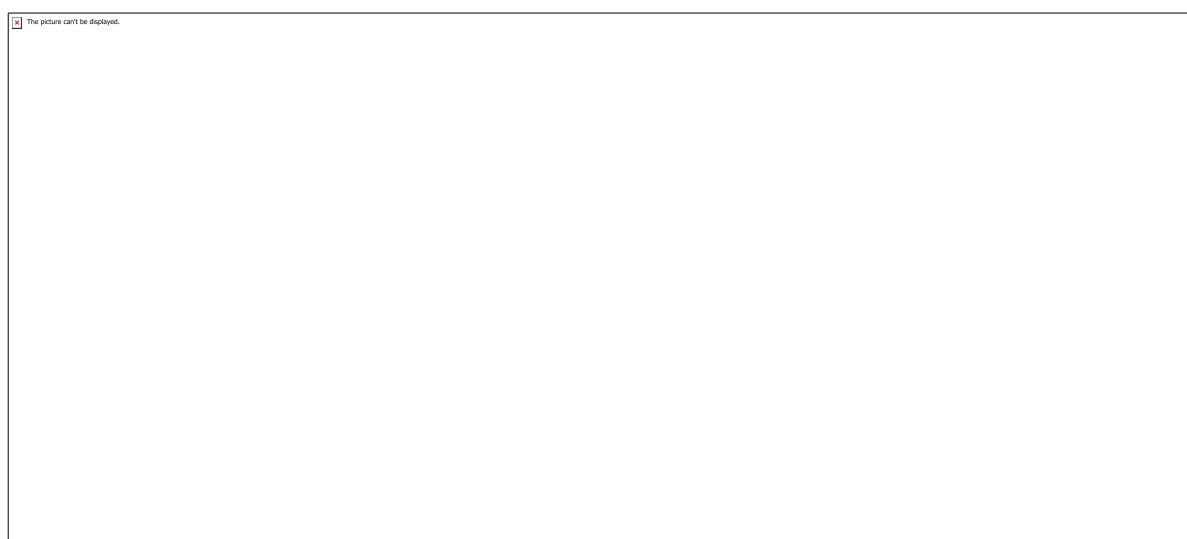


Figura 1: MEV dos pós de nióbio e confocal dos pós de diamante utilizados como materiais de partida.

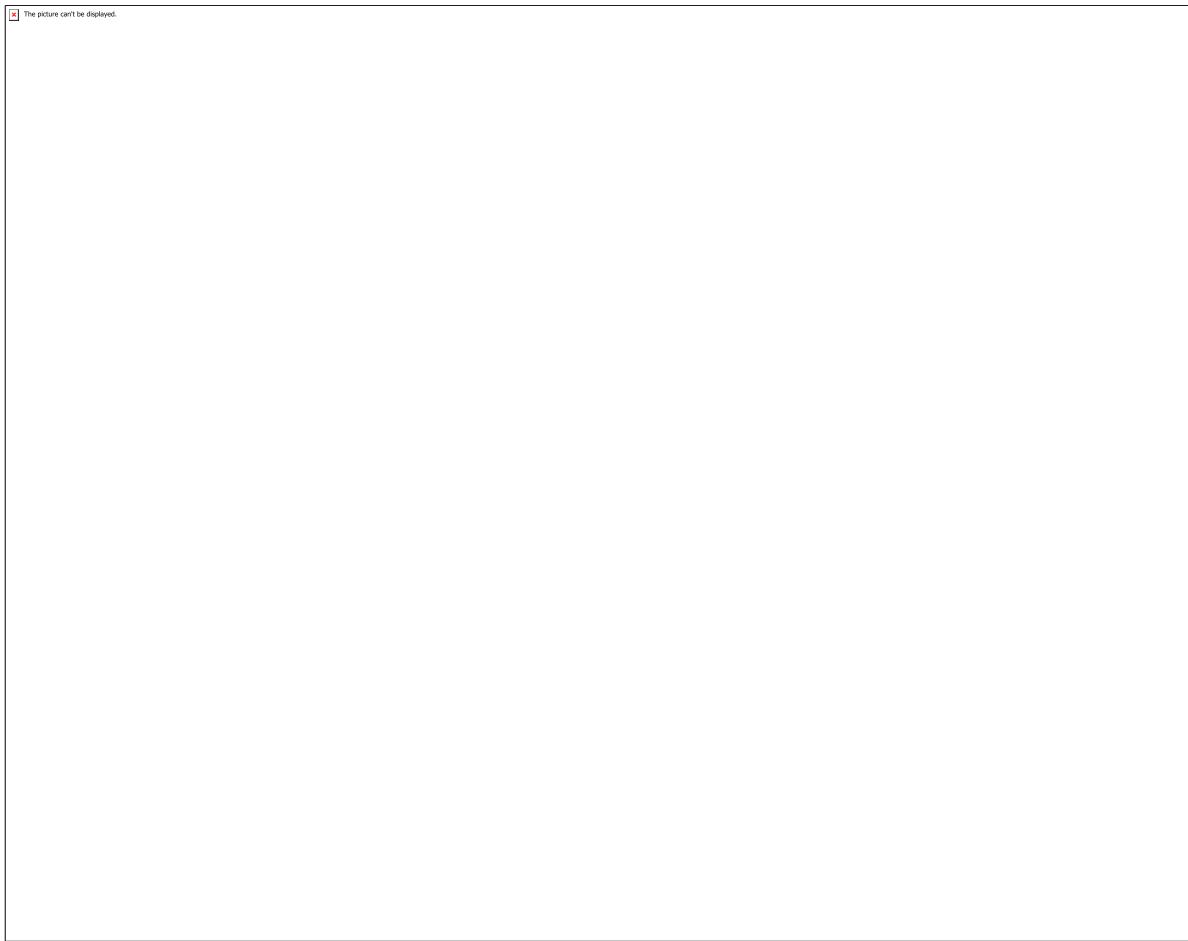


Figura 2: Difratograma dos pós de nióbio.

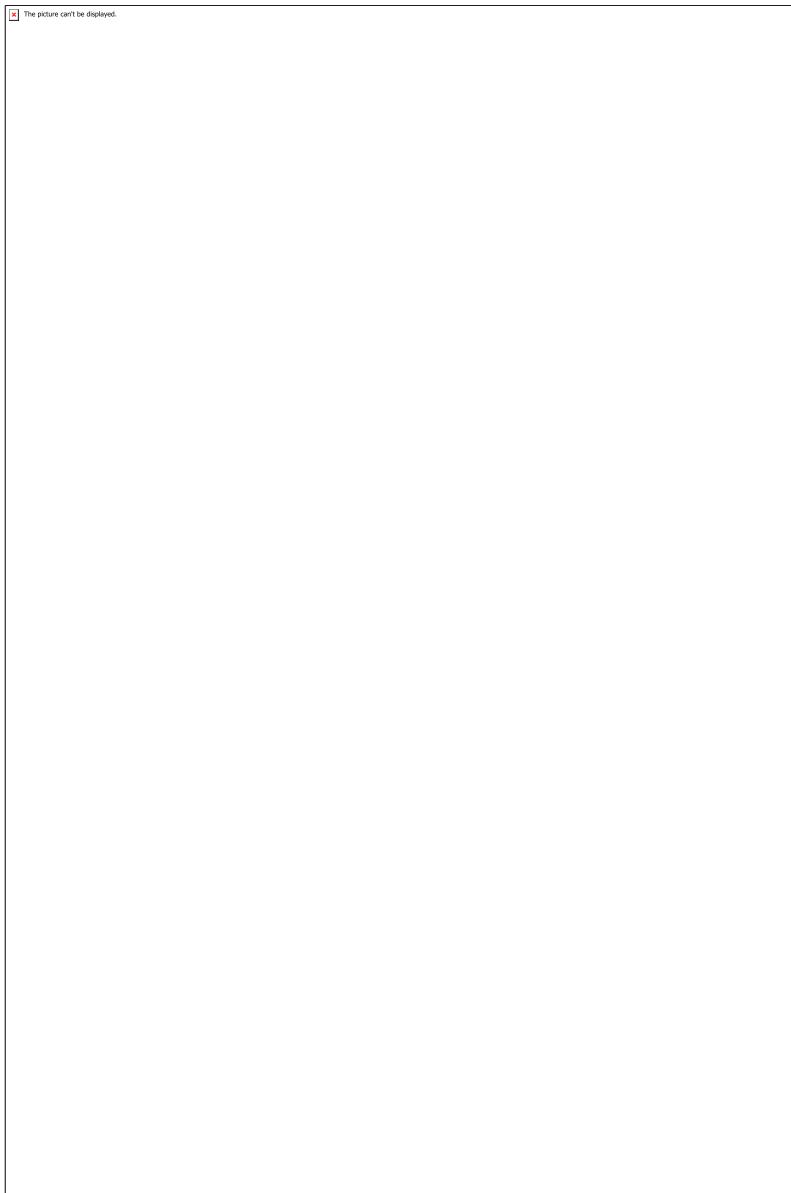


Figura 3: Curvas particulométricas dos pós de diamante e nióbio utilizados como materiais de partida.

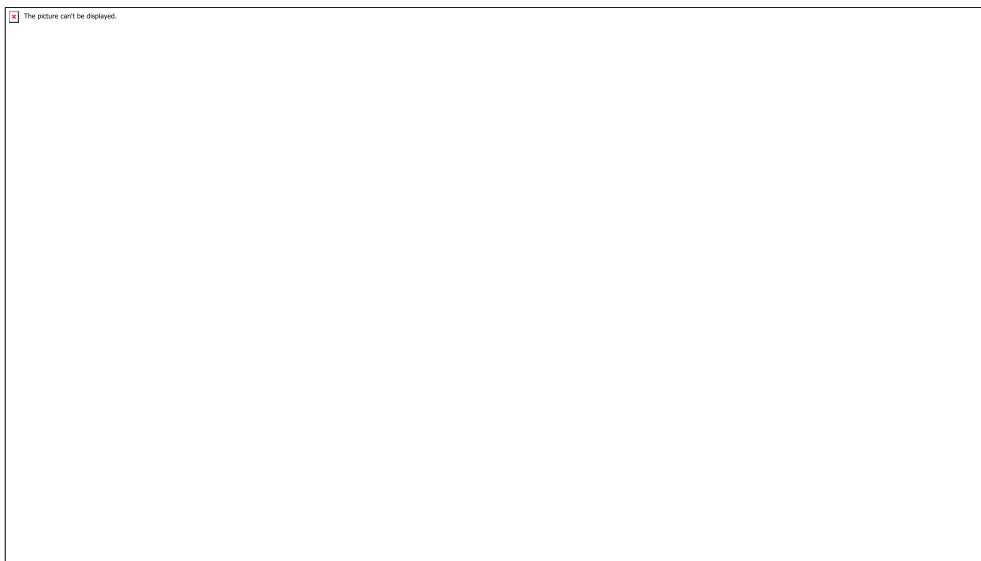


Figura 4: Moinho de alta de energia SPEX mixer/mill 8000 (a) e recipiente de metal duro com bolas também de metal duro.

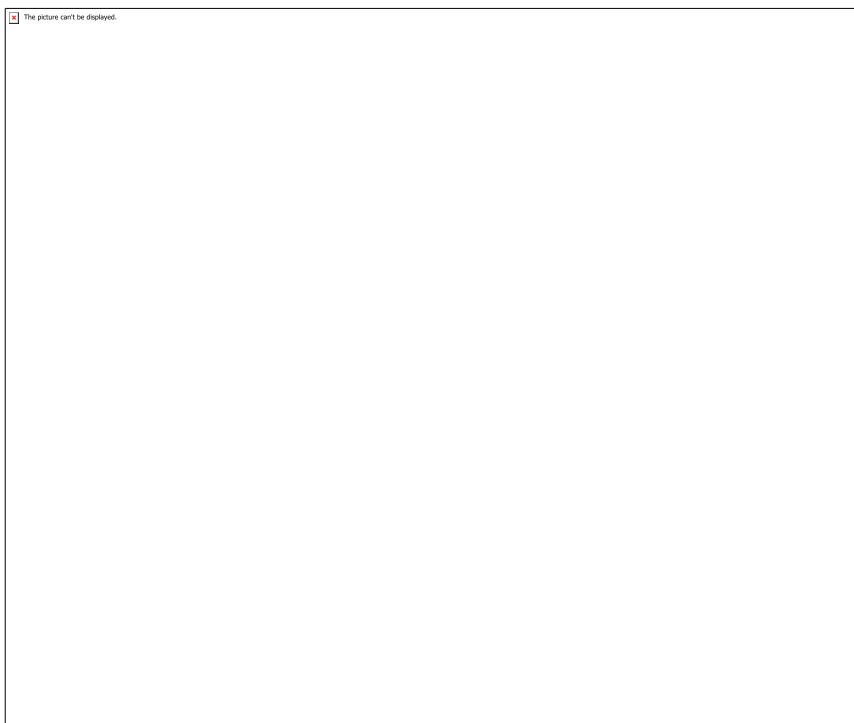


Figura 5: Difratogramas de diamante policristalino recebido e o mesmo material após MAE por 30 s.

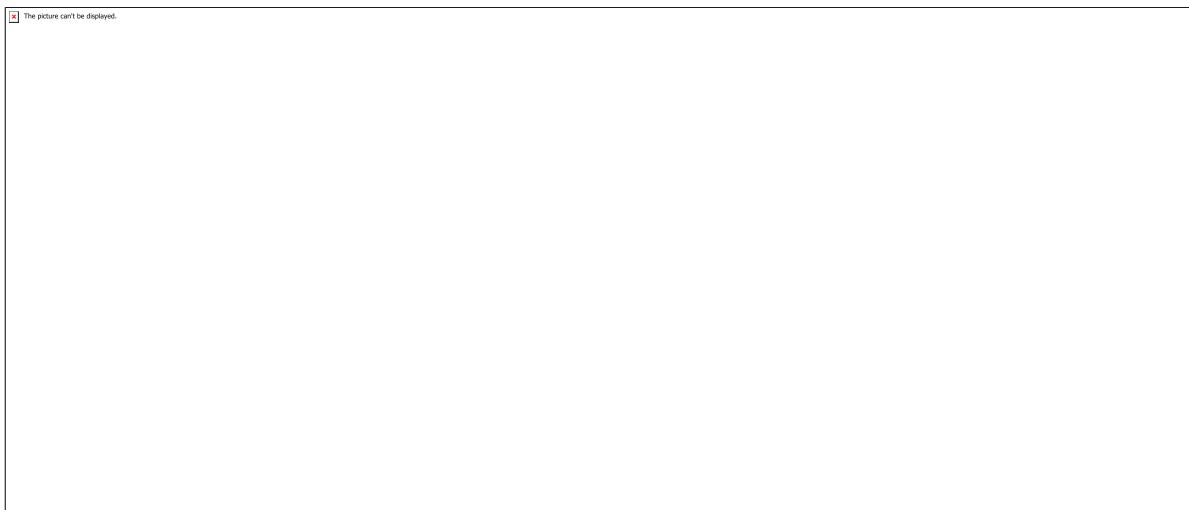


Figura 6: Confocal e MEV dos pós de PCD após MAE.



Figura 7: MEV da mistura de PCD com 10% wt. de Nb.

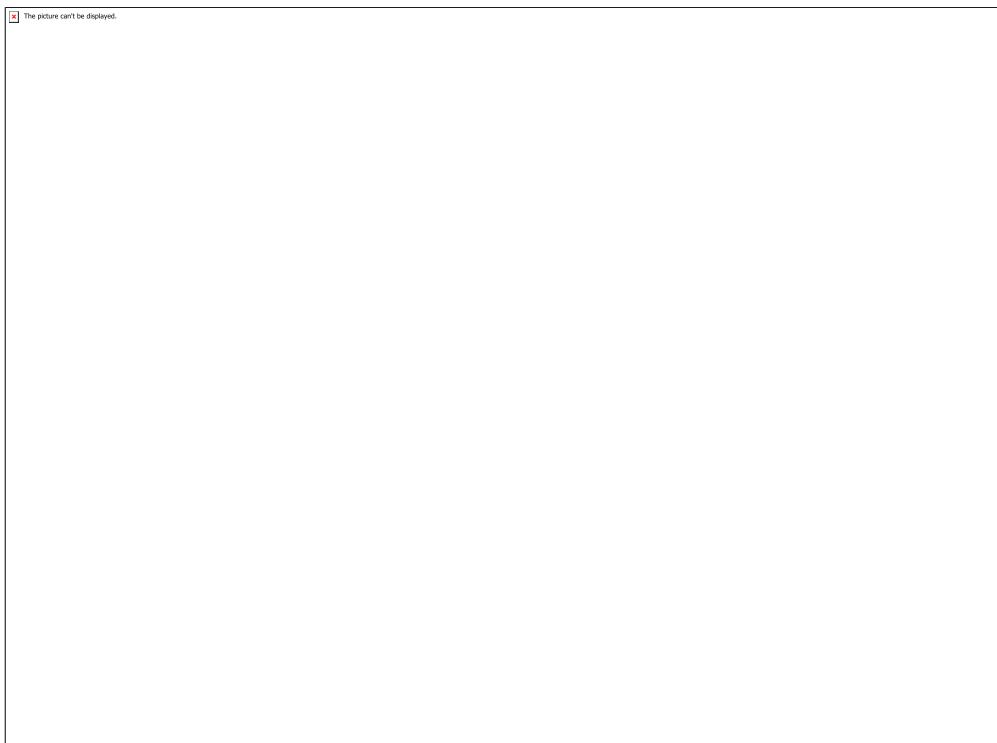


Figura 8: Curva particulométrica da mistura PCD com 10% wt. de Nb.

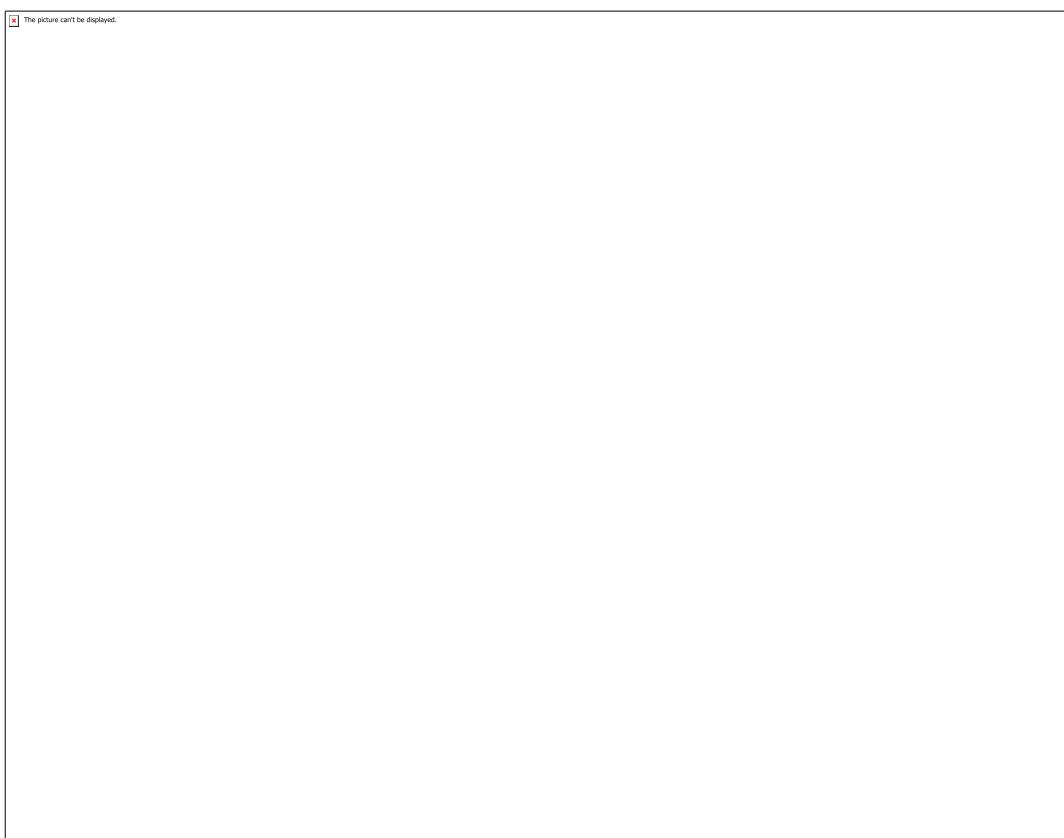


Figura 9: Difratogramma da mistura PCD com 10% wt. de Nb.

CÓDIGO: ET0075

AUTOR: JONAS MEDEIROS DE AZEVEDO BARBOSA

ORIENTADOR: ADILSON JOSÉ DE OLIVEIRA

TÍTULO: Controle de posição e velocidade de um mecanismo de cinemática paralela com cinco barras utilizando motores de passo

Resumo

A utilização de robôs com estrutura cinemática paralela na indústria é comum em ocasiões onde se é necessário uma rápida manipulação de objetos devido sua leveza e rigidez quando comparados aos robôs que possuem estrutura cinemática serial. Entretanto, esses mecanismos apresentam diversos desafios em sua construção relacionados à sua cinemática. Nesse contexto, com o objetivo de estudar e propor soluções para esses desafios, foi-se projetado e construído nesse trabalho um manipulador robótico, controlado por meio de um software, capaz de manipular objetos magnéticos. Esse projeto possui as principais fases na concepção de robôs industriais: o projeto e construção do mecanismo; projeto e construção do atuador que soluciona um desafio específico; e um software de controle que permite a programação e simulação em tempo real do sistema.

Palavras-chave: Manipulador robótico, mecanismos, controle.

TITLE: Position and velocity control of a five-bar parallel kinematics mechanism using stepper motors.

Abstract

Due to its lightness and rigidity when compared with serial kinematics, parallel kinematics robots usage in industries is common in occasions in which is necessary fast objects manipulation. However this type of mechanisms presents many challenges in its construction related to its kinematics. In this context, aiming studying and proposing solutions to this questions, a software based robotic manipulator capable of handle magnetic objects was developed. This project has the main steps in industrial robots field: Mechanisms design and construction; actuator capable of solving a specific application; and a control software capable of programming and simulating the system.

Keywords: Robotic manipulator, mechanisms, control.

Introdução

O interesse em robótica industrial tem aumentado significativamente desde o final do século XX e se faz necessário com as atuais discussões sobre a indústria 4.0, impactando diretamente no desenvolvimento de novos produtos e formação de novas áreas de pesquisa. Corke (2011) define o termo como “uma máquina com um objetivo que é capaz de sentir, planejar e agir”. Em um universo de máquinas que podem ser classificadas como robôs, este trabalho trata das que tem como objetivo posicionar um ponto de controle no espaço (geralmente tratados na literatura como manipuladores robóticos).

Os manipuladores robóticos são capazes de realizar tarefas como soldagem, pintura, carregamento e descarregamento, montagem, empacotamento e paletização. Para realizar diferentes tarefas, eles podem possuir a mesma estrutura mecânica, mudando apenas o atuador disposto no ponto de controle. Além das diferentes tarefas, os manipuladores são classificados por sua estrutura cinemática, área de aplicação e seu método de controle (SPONG, HUTCHINSON e VIDYASAGAR, 2004).

Comparado aos mecanismos de cinemática serial, os mecanismos de cinemática paralela se destacam devido seu potencial em movimentação rápida e precisa combinada com alta rigidez mecânica. Entretanto, são considerados objeto de estudo principalmente devido à complexidade em controle e baixa proporção de área de trabalho comparada às dimensões do sistema (WECK e STAIMER, 2002).

Este trabalho se propõe a desenvolver um manipulador robótico de cinemática paralela controlado por motores de passo para validar as estratégias de controle desenvolvidas. Um atuador eletromagnético foi desenvolvido para a manipulação de moedas magnéticas e o mecanismo pode ser por meio de uma interface gráfica em um programa de computador, também desenvolvida.

Metodologia

2.1. Projeto conceitual do mecanismo

A concepção do projeto definiu requisitos iniciais, baseado na revisão bibliográfica e na estrutura do projeto PIG14681-2017, que proporcionam características adequadas à construção de manipuladores robóticos e que se adequa às restrições de instrumentos, materiais, componentes, máquinas e ferramentas disponíveis. Os requisitos são listados a seguir:

- Capacidade de movimentar o ponto de controle em uma área de trabalho com velocidades pré-determinadas;
- Geometria simétrica e que permita montagem, desmontagem e expansão do mecanismo;
- Conexão do microcontrolador ao mecanismo;
- Desenvolvimento de algoritmos de processamento e controle integrados à uma interface gráfica baseada no software LabView 2017 da National Instruments;
- Alimentação compatível com os atuadores e transdutores especificados;
- Desenvolvimento de um atuador eletromagnético para manipulação de objetos;
- Criação de algoritmos para minimizar distâncias de deslocamentos.

Para criação do projeto e definição dos desenhos técnicos dos elementos mecânicos foi utilizado o software CREO Parametric 4.0 PTC (versão acadêmica), disponível no Laboratório de Manufatura da UFRN.

Os atuadores, microcontroladores e componentes eletrônicos devem atender aos requisitos de adaptação ao sistema de alimentação: possuir tensão de alimentação de 12 V, 5 V ou 3.3 V (disponíveis na fonte de alimentação). O projeto anterior previa uma estrutura que seria reaproveitada neste projeto, contendo espaço para fixação dos motores de passo e barras de tamanhos iguais.

2.2. Análises de engenharia e modelagem matemática

A análise cinemática do mecanismo foi realizada com o auxílio dos softwares CREO Parametric 4.0 PTC, Geogebra, Scilab e xMaxima. Os softwares permitiram a realização de análises cinemáticas e geométricas que facilitaram a compreensão, além da criação

de algoritmos que permitem a criação de trajetórias e definição de área de trabalho. As equações de cinemática direta e inversa foram definidas geometricamente, baseadas na metodologia e considerações realizadas por Arsenault e Boudreau (2003) e Campos et al. (2010). A área de trabalho, que utiliza as duas equações, foi aproximada por um método iterativo que gera os pontos das curvas restringentes, os quais limitam a área transitável e intransitável, com convergência definida previamente. As análises de trajetórias e de movimentos possíveis foram realizadas relacionando o espaço cartesiano e o espaço de juntas. Para manipular objetos, optou-se pela construção de uma bobina eletromagnética que tem como objetivo atrair peças magnéticas de massa até 10 g a uma distância máxima de 2 mm. A bobina deve ser alimentada com uma fonte de energia que fornece uma diferença de potencial de até 12V, além de 200 W de potência.

2.3. Hardware e controladores

Com o sistema mecânico montado e os atuadores posicionados e conectados, faz-se necessário um sistema de controle e processamento de dados. O projeto conta com três atuadores distintos (dois motores de passo e um atuador eletromagnético no ponto de controle) controlados simultaneamente, o que requer um microcontrolador que permita tal feito. O microcontrolador myRio da National Instruments, mostrado na Figura 1, possui um processador dual-core e entradas e saídas analógicas e digitais, os quais permitem o controle nessas condições. Cada motor de passo necessita de uma saída PWM (“Pulse Width Modulation”) e o atuador do ponto de controle necessita apenas uma saída digital. Como o sistema de controle é um sistema de malha aberta, a utilização de “encoder” não foi necessária para mensurar a posição dos motores.

2.4. Criação de programas de controle

O programa de controle tem uma interface usuário-máquina desenvolvida na plataforma LabVIEW (versão 2017) da National Instruments, que permite o controle simultâneo e individual dos atuadores e a visualização da posição do mecanismo, em tempo real, armazenando sua posição inicial. O sinal para os motores deve ser emitido baseado na posição atual, além da posição e velocidade desejadas, o sinal do atuador deve ser um sinal lógico.

O controle do sistema mecânico também pode ser feito na interface pelo usuário, permitindo a movimentação do ponto de controle em condições preestabelecidas por uma lista de posições ou uma trajetória e sequência de ativação da bobina. O algoritmo deve ser responsável por não permitir que o mecanismo seja posicionado em uma região fora da sua área de trabalho, pois isso faria com que o mecanismo perdesse sua referência de posição devido à falta de transdutores que permitam um “feedback”. Também deve ser capaz de evitar movimentos que atravessem singularidades, visto que esse desafio é geralmente atendido com uma atuação dinâmica do mecanismo e não está no escopo deste trabalho. Para isso, o algoritmo deve percorrer uma trajetória alternativa.

2.5. Ensaios funcionais

Esta etapa estabelece uma correspondência entre a posição atual armazenada no programa de controle e a posição do mecanismo físico, a distância mínima cuja bobina atraí o objeto magnético de massa especificada e velocidade dos motores. Para isso, os seguintes testes serão realizados, individual e simultaneamente, para

facilitar a identificação de eventuais falhas:

- Teste de controle dos motores de passo, verificando a posição e a velocidade;
 - Teste de funcionamento da bobina eletromagnética;
 - Teste do controle simultâneo dos motores de passo com o auxílio de software;
 - Teste do funcionamento da bobina com o auxílio de software;
 - Teste do conjunto completo manipulando objetos magnéticos de uma posição a outra.
- Os testes serão realizados no Laboratório de Manufatura em parceria com o Laboratório de Metrologia, ambos da UFRN.

2.6. Fluxograma de execução

O fluxograma indicando os passos realizados neste projeto é apresentado na Figura 2, separando nas principais etapas: Projeto conceitual; manufatura; controle; e testes funcionais.

Resultados e Discussões

3.1. Projeto conceitual do mecanismo

O projeto conceitual do mecanismo foi realizado considerando os requisitos estabelecidos na metodologia (item 3.1). A montagem do sistema mecânico pode ser visualizada na Figura 3 e os desenhos técnicos dos componentes do projeto podem ser encontrados no Apêndice A, onde podem ser observados as dimensões do mecanismo.

A estrutura física, cujo modelo é mostrado na Figura 3, foi adaptada do projeto PIG14681-2017, como mencionado na Metodologia. O mecanismo apresenta geometria simétrica, região para fixação dos motores e um eixo que permite a adaptação de componentes no ponto de controle. Além disso, os elementos de fixação do sistema como parafusos e anéis de pressão foram especificados de modo a proporcionar uma fácil montagem e desmontagem. Para a relação de materiais foram escolhidos para as barras e a estrutura base placa de fibra de média densidade (MDF), para as buchas e flanges nylon 6.6 e para os eixos aço SAE 1045. Para este projeto foram desenvolvidos dois componentes que podem ser fixados no ponto de controle: a) um pino que tem como objetivo referenciar o ponto de controle e b) uma bobina eletromagnética, mostrados na Figura 4 (a) e (b), respectivamente.

O pino de referência deve ser utilizado em conjunto com um mapa milimetrado da área de trabalho do mecanismo, mostrado na Figura 5, que permite a comparação entre a posição esperada pelo algoritmo de controle e a posição real do sistema. A obtenção do mapa é detalhada no tópico 3.2 (Análises de engenharia e modelagem matemática).

A área de trabalho possui uma área útil de 706,88 mm², comprimento vertical máximo de aproximadamente 300 mm e comprimento horizontal máximo de aproximadamente 160 mm. A utilização do pino de referência e do mapa milimetrado para referenciamento do sistema serão discutidos no Tópico 3.3 (Criação de programas de controle). A bobina eletromagnética foi dimensionada para ser capaz de atrair objetos a uma máxima distância de 2 mm e massas de até 30 g. Essa parte do projeto foi realizada com o auxílio de um projeto paralelo desenvolvido pelo estudante Luís no Laboratório de Manufatura da UFRN. O fio de cobre utilizado para a confecção da bobina foi o AWG27 que possui uma capacidade máxima de corrente de 0,29 A. Os cálculos para a bobina serão detalhados no tópico 3.2 (Análises de engenharia e modelagem

matemática).

Os atuadores escolhidos para a movimentação das barras foram motores de passo do modelo NEMA 17HD34009-22B, os quais possuem um torque máximo de 0,32 Nm para uma corrente máxima de 1,5 A e podem ser alimentados com uma tensão de 12 V. Para que a conexão do sistema mecânico com o microcontrolador fosse realizada, uma placa de circuito impresso que contém todos os componentes necessários para o funcionamento do sistema eletromecânico foi desenvolvida. A placa possibilita a conexão dos atuadores e facilita a conexão dos componentes com o microcontrolador MyRIO. O desenho e o modelo físico da placa podem ser visualizados nas Figura 6 e Figura 7, respectivamente.

3.2. Análises de engenharia e modelagem matemática

Para que as equações de cinemática fossem desenvolvidas, optou-se pela abordagem geométrica, baseada nos trabalhos de Arsenault e Boudreau (2003) e Campos et al. (2010), que permite uma melhor visualização das relações entre as variáveis e é facilmente obtida pelo fato de as barras possuírem tamanhos idênticos e a montagem apresentar simetria. Embora similares, as análises de cinemática direta e cinemática inversa foram realizadas de forma independente. A Figura 8 demonstra a análise cinemática feita para obtenção da equação de cinemática direta.

Nesta análise, a posição das barras A1B1 e A2B2, indicadas na Figura 6, são determinadas pelos ângulos Θ_1 e Θ_2 . Devido ao fato de as barras serem rígidas, e por isso possuírem comprimento fixo “l”, a posição do ponto de controle (P1 ou P2) pode ser encontrada a partir da intersecção de duas circunferências com centro nos pontos B1 e B2. Isso pode resultar em dois pontos quando o módulo do vetor B1B2 possuir valor menor que duas vezes o comprimento da barra ($|B1B2|<2l$), em um ponto quando o valor for igual ($|B1B2|=2l$) ou em nenhum ponto quando o valor for excedido ($|B1B2|>2l$).

O sistema de referências é localizado no ponto O, ponto médio entre os pontos O1 e O2. O ponto C é definido como o ponto médio entre os pontos B1 e B2, o qual também é o ponto médio dos pontos P1 e P2. Como o interesse é a posição do ponto P1 (ou P2), é possível obter as equações utilizando a soma vetorial do lado esquerdo ou direito (equações 3 e 4, respectivamente). O mesmo pode ser feito para P2.

Os vetores (OO1) e (A1B1) são facilmente obtidos, pois a posição do ponto O1 e o ângulo θ_1 são conhecidos. O vetor (B1P1) é encontrado por meio da soma vetorial apresentada na equação 5.

O vetor (CP1) pode ser encontrado com o auxílio das Equações 6 e 7, que representam, respectivamente, o módulo e a direção unitária do vetor. O ponto P1 foi arbitrariamente definido como o ponto acima do ponto C, e é obtido através da rotação de 90° do versor B1B2.

O ponto P2 pode ser encontrado utilizando a rotação do versor em -90° . Para diferenciar os dois pontos, um coeficiente λ foi criado e assume o valor de $\lambda=1$ para P1 e $\lambda=-1$ para P2. Embora “ λ ” possa assumir dois valores, neste trabalho o valor será sempre positivo. Essa consideração será abordada futuramente. A equação final para a cinemática direta é apresentada na Equação 8. A representação do mecanismo para mesmos valores de “ Θ_1 ” e “ Θ_2 ” com os dois possíveis valores de “ λ ” é apresentado na Figura 9.

A análise de cinemática inversa segue a mesma lógica da análise anterior, porém, neste caso é necessário que o lado esquerdo seja desenvolvido junto com o direito. A Figura 10 demonstra a análise feita para a obtenção das equações de cinemática inversa.

Para uma posição do ponto de controle “P” estabelecido na área de trabalho podem existir até 4 configurações diferentes do mecanismo, que são representados pelos pontos B1’, B1”, B2’ e B2”. Esses pontos são definidos como a intersecção das circunferências de raio “l” centradas nos pontos P e O1 e P e O2. Para lidar com as diferentes configurações e diferenciar as possíveis soluções foram criados modos de trabalho, que são definidos a partir da combinação de duas variáveis “λ_1” e “λ_2”. Essas variáveis representam, respectivamente, a distinção das soluções do lado esquerdo e do lado direito. Da mesma forma da análise de cinemática direta, esses coeficientes diferenciam a rotação de 90º e -90º dos versores de O1P e O2P. Os quatro modos de trabalho são definidos na Figura 11.

Os modos de trabalho são definidos como: (1) λ_1=1 e λ_2=1, (2) λ_1=-1 e λ_2=1, (3) λ_1=1 e λ_2=-1, (4) λ_1=-1 e λ_2=-1. As equações de cinemática inversa são apresentadas nas Equações 9 e 10.

A velocidade do ponto de controle pode ser obtida relacionando as velocidades angulares “Θ_1” e “Θ_2” com a velocidade linear “P'(x,y)” e será discutida no tópico 3.3 (Criação de programas de controle). Outra análise necessária é a de “curvas de singularidade”, que permitem a movimentação do mecanismo sem a necessidade de um controle cinético. Neste trabalho, foram considerados “singularidades” os pontos que delimitam a área de trabalho e os pontos nos quais o mecanismo não pode percorrer. As curvas da área de trabalho podem ser obtidas a partir da união de duas circunferências de raio igual a duas vezes o tamanho das barras, centradas nas juntas principais O1 e O2, como mostrado na Figura 12. A área contida na união representa todos os pontos possíveis do mecanismo para todos os modos de trabalho.

O critério para definir os pontos que devem ser evitados provém de uma análise do comportamento do sistema. A Figura 13 ilustra duas posições em que o mecanismo perde um grau de liberdade e começa a se comportar como um mecanismo quatro barras, independente da atuação dos motores.

Para a obtenção das curvas que representam esses pontos, um método discreto foi desenvolvido. Esse consiste em, a partir das equações 6 e 8, buscar para um conjunto de ângulos “Θ_1” e “Θ_2” os pontos em que o vetor (CP1) ^, definido na Figura 8, é menor que um valor de referência. Os pontos que formam a curva podem ser visualizados na Figura 14. Para a aquisição desses pontos, os ângulos possuem intervalo de 0.1º e a tolerância escolhida para o vetor é 5 mm.

Para que a relação entre as coordenadas do ponto de controle e os ângulos das juntas atuadas seja mais bem visualizada, o espaço de juntas foi analisado. Esta análise consiste em transformar as informações do espaço cartesiano (x, y) para o espaço das variáveis de controle (Θ_1 e Θ_2). O espaço de juntas pode ser visualizado na Figura 15.

A curva de singularidade é importante para visualização, e uma análise mais aprofundada pode ser feita ao desmembrar esta curva para cada um dos modos de trabalho. Isso permite que a singularidade possa ser evitada ao se mudar a configuração

do sistema para o mesmo ponto no plano cartesiano. As curvas de singularidade para cada um dos modos podem ser visualizadas nas Figuras 16 (a), (b), (c) e (d).

As “curvas de singularidade” apresentadas na Figura 16 podem ser melhor compreendidas quando analisadas em conjunto com as configurações do mecanismo para os diferentes modos de trabalho apresentadas na Figura 9. As análises de singularidade são importantes pois viabilizam o controle de mecanismos que poderiam ser descartados devido à sua complexidade. Isso permite que novas configurações possam ser consideradas e estudadas, aumentando o número possível de soluções.

Outro ponto de análise de engenharia para o projeto a construção da bobina eletromagnética. Neste caso, foi necessário o cálculo da quantidade de espiras ativas para que o atuador atenda às especificações estabelecidas. Para isso foi criado um programa que relaciona o diâmetro do fio, geometria da bobina e corrente máxima suportada pelo fio. O projeto deste atuador, como mencionado anteriormente, foi realizado em um projeto paralelo e não será detalhado neste trabalho. Uma representação do programa de simulação é mostrada na Figura 31.

O valor utilizado de corrente máxima suportada pelo fio foi retirado da tabela AWG (Novacon, 2019). O cálculo de espiras necessárias é realizado com base na Equação 11, desenvolvida a partir das equações disponíveis em Zaro, Blanco e Thomas (1989).

Em que “ μ ” é a permeabilidade magnética do núcleo, “A” é a área da seção transversal, “N” é o número de espiras, “I” é a corrente, “L” é o comprimento da bobina e “F” é a força de atração”. O atuador construído se mostra adequado às aplicações previstas.

3.3. Criação de programas de controle

Os programas de controle foram construídos com o software NI LabVIEW 2017 e possuem uma interface gráfica que permite a comunicação do programa com o usuário. A parte da interface gráfica que permite o controle do mecanismo pode ser visualizada na Figura 17. A interface também conta com o espaço de juntas para melhor operação.

O diagrama de blocos, interface de programação do software LabVIEW, pode ser encontrada no Apêndice. A frequência de operação do sistema é de 200 Hz, o que permite uma visualização suave do mecanismo na interface gráfica e a taxa de transferência para os atuadores pode chegar até a 800 Hz, dependendo da velocidade desejada.

Para que os comandos sejam executados, é necessário a comunicação do microcontrolador com os componentes eletrônicos do sistema. Para isso, foram utilizados dois principais componentes para controle dos motores de passo e da bobina eletromagnética: (a) dois drivers A4988; e (b) um relé de potência SRD-05VDC-SL-C. O driver A4988 movimenta o motor através de sinais de pulso. A configuração escolhida permite um incremento angular do motor de $0,1125^\circ$ por pulso. A velocidade do motor pode ser controlada a partir da frequência dos pulsos, e para isso pode-se utilizar a porta digital de modulação por largura de pulso (PWM). Com a utilização das equações de cinemática direta é possível relacionar a velocidade média do motor com a velocidade média do ponto de controle.

O relé de potência fecha ou abre o circuito da bobina eletromagnética através de um sinal lógico enviado pelo microcontrolador. Para este projeto, a configuração normal aberta (NA) foi escolhida, assim o relé só é acionado quando se deseja utilizar a bobina.

O desenvolvimento de um programa que simula e controla mecanismos pode ser de grande interesse para a indústria de manufatura e robótica industrial. Vários fabricantes de máquinas industriais fornecem suas interfaces de programação de forma a suportar somente os sistemas da mesma empresa, como por exemplo KUKA, FANUC, ABB etc. (MAW, 2019). Isso pode se tornar um desafio quando, por exemplo, se necessita utilizar robôs de diferentes fabricantes em uma linha de produção e pode ser solucionado com programas que permitem o controle de diversos sistemas simultaneamente. Como se trata de um sistema de malha aberta, é necessário que o mecanismo se inicie em uma posição onde os ângulos são conhecidos. Para isso, uma rotina de inicialização foi criada, que requer que o usuário movimente manualmente as barras à uma posição inicial antes de iniciar o programa. A posição inicial escolhida é mostrada na Figura 18 e pode ser obtida com auxílio de uma régua posicionada entre os pontos O1 e O2 e um esquadro com as extremidades nas barras O1A1 e A1P.

Devido ao fato de a interface gráfica permitir o movimento do ponto no plano cartesiano e o controle do mecanismo ser realizado a partir dos ângulos das juntas principais, uma correção entre o ponto desejado e o ponto real do mecanismo deve ser feita. À medida que o ponto é definido, é encontrado o ângulo correspondente através da equação de cinemática inversa e arredondado para um valor possível para o atuador (múltiplo de 0,1125º). A posição corrigida é então encontrada através das equações de cinemática direta e o valor atualizado na interface gráfica. O algoritmo também oferece um auxílio ao usuário para escolher os pontos desejados. Como comentado no Tópico 4.2, a existência de modos de trabalho pode ser utilizada para evitar que o mecanismo atravesse singularidades. O algoritmo é capaz de indicar se há um caminho possível entre dois dos pontos definidos no programa e executá-lo. Isso é solucionado adicionando uma mudança de modo de trabalho na sequência do movimento, ou seja, antes de se movimentar do ponto P1 ao ponto P2, por exemplo, o mecanismo posiciona os motores na mesma posição em um modo de trabalho que contenha a posição inicial e final. Esse procedimento é ilustrado na Figura 19.

Esta solução pode ser otimizada ao se utilizar a inércia das barras para atravessar as singularidades sem que seja necessário evitá-las, como pode ser visto no trabalho de Bordalba, Ros e Porta (2018). Entretanto as estratégias de controle propostas se mostram úteis para aplicações onde a trajetória do ponto de controle ao se movimentar de uma posição a outra não influencia na aplicabilidade do mecanismo.

3.4. Ensaios funcionais

Nesta etapa foi possível observar o funcionamento do mecanismo e observar a aplicação da estratégia de controle utilizada. Observou-se que sistemas de controle de malha aberta apresentam desafios nesse tipo de aplicação devido a erros acumulados no posicionamento. O sistema de controle proposto se mostrou adequado, sendo capaz de executar uma lista de comandos que tem como objetivo movimentar uma moeda de um ponto a outro passando por singularidades. Isso pode ser observado no vídeo submetido. O sistema montado pode ser visualizado na Figura 20.

Conclusão

Um manipulador robótico de cinemática paralela, controlado por motores de passo, capaz de manipular objetos eletromagnéticos foi projetado e construído. Uma interface

gráfica para controle e visualização do sistema em tempo real também foi desenvolvida. Esse objetivo foi alcançado por meio das seguintes atividades:

- O projeto conceitual foi desenvolvido a partir de uma geometria simétrica que permite montagem, desmontagem e expansão do mecanismo;
- Os atuadores foram dimensionados para que o mecanismo fosse capaz de movimentar o ponto de controle na área de trabalho com velocidades pré-determinadas;
- Foi desenvolvida uma solução (caixa e placa de circuito impresso) que permite uma fácil e rápida conexão do microcontrolador ao mecanismo;
- Algoritmos de processamento e controle integrados à uma interface gráfica baseada no software LabView 2017 da National Instruments foram desenvolvidos;
- Uma alimentação externa, compatível com os atuadores e transdutores especificados, foi adquirida e utilizada;
- Um atuador eletromagnético para manipulação de objetos foi projetado e construído;
- Algoritmos que minimizam distâncias entre as posições determinadas foram desenvolvidos e testados.

Referências

KÜÇÜK, Serdar. Serial and Parallel Robot Manipulators: Kinematics, Dynamics, Control and Optimization. Rijeka: Intech, 2012.

CORKE, Peter. Robotics, Vision and Control. Brisbane: Springer, 2011.

SPONG, Mark W.; HUTCHINSON, Seth; VIDYASAGAR, M.. Robot Dynamics and Control. [S. L.]: John Wiley & Sons, 2004.

WECK, M.; STAIMER, D. Parallel Kinematic Machine Tools – Current State and Future Potentials. Cirp Annals, [s.l.], v. 51, n. 2, p.671-683, 2002. Elsevier BV.

CRAIG, John J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. 3. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, Inc, 2005.

DONELAN, P.s. SINGULARITIES OF ROBOT MANIPULATORS. Singularity Theory, [s.l.], fev. 2007. WORLD SCIENTIFIC.

GOSSELIN, Clement; ANGELES, Jorge. Singularity Analysis of Closed-Loop Kinematic Chains. Ieee Transactions On Robotics And Automation. [s. l.], p. 281-290. jun. 1990.

ARSENAULT, Marc; BOUDREAU, Roger. The Synthesis of Three-Degree-of-Freedom Planar Parallel Mechanisms with Revolute Joints (3-RRR) for an Optimal Singularity-Free Workspace. Journal of Robotic Systems. [s. L.], p. 259-274. 10 dez. 2003.

CAMPOS, Lucas et al. Development of a Five-Bar Parallel Robot With Large Workspace. 34th Annual Mechanisms and Robotics Conference. [s. L.], p. 917-922. ago. 2010.

URREA, Claudio; CORTÉS, Juan; PASCAL, José. Design, construction and control of a SCARA manipulator with 6 degrees of freedom. Journal Of Applied Research And Technology, [s.l.], v. 14, n. 6, p.396-404, dez. 2016. Universidad Nacional Autónoma de Mexico.

WARWICK, Kevin. An Introduction to Control Systems. [s. L.]: World Scientific, 1996.

S. NETO, Miguel B. da; MENDONÇA, Julyandryos M.c. de; SENA, Alexander P.c. de. Development and Control of a Prototype Manipulator SCARA Type as Teaching Tool. Ifac-papersonline, [s.l.], v. 48, n. 19, p.209-213, 2015. Elsevier BV.

GONG, Shuqiu; HE, Bin. LabVIEW-base automatic rising and falling speed control of stepper motor. 2009 International Conference On Electrical Machines And Systems, [s.l.]

BIAGIOTTI, Luigi; MELCHIORRI, Claudio. Trajectory Planning for Automatic Machines and Robots. [s. L.]: Springer, 2008.

MOHAMMADI, Afshin; RAHIMI, Meysam; SURATGAR, Amir Abolfazl. A new path planning and obstacle avoidance algorithm in dynamic environment. 2014 22nd Iranian Conference On Electrical Engineering (icee), [s.l.]

BORDALBA, Ricard; ROS, Lluís; PORTA, Josep. Randomized Planning of Dynamic Motions Avoiding Forward Singularities. Advances In Robot Kinematics 2018, Barcelona, p.170-178, 23 jun. 2018.

MAW, Isaac. The What, Why and How of Industrial Robot Simulation Software for Offline Programming (OLP). Disponível em: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/18288/The-What-Why-and-How-of-Industrial-Robot-Simulation-Software-for-Offline-Programming-OLP.aspx?e_src=relart>. Acesso em: 14 ago. 2019.

Anexos

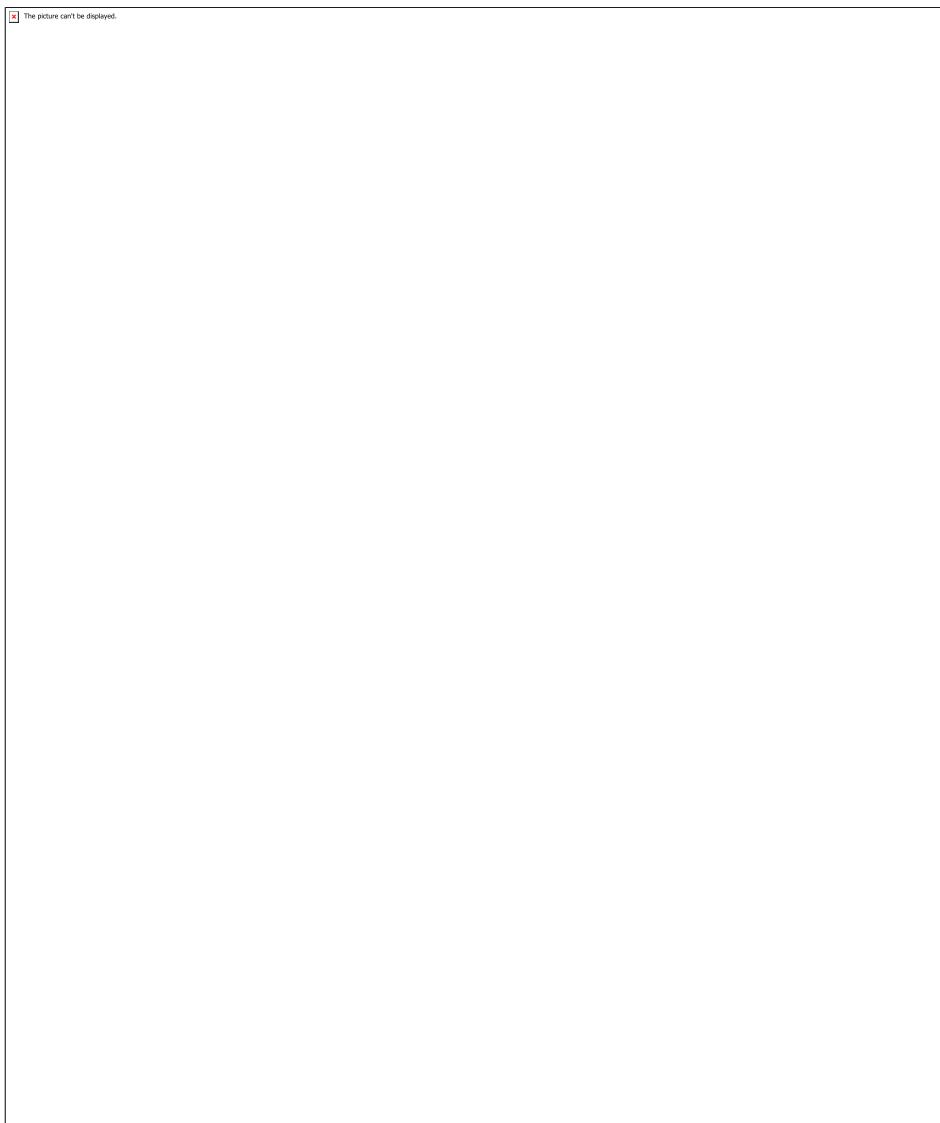


Figura 1

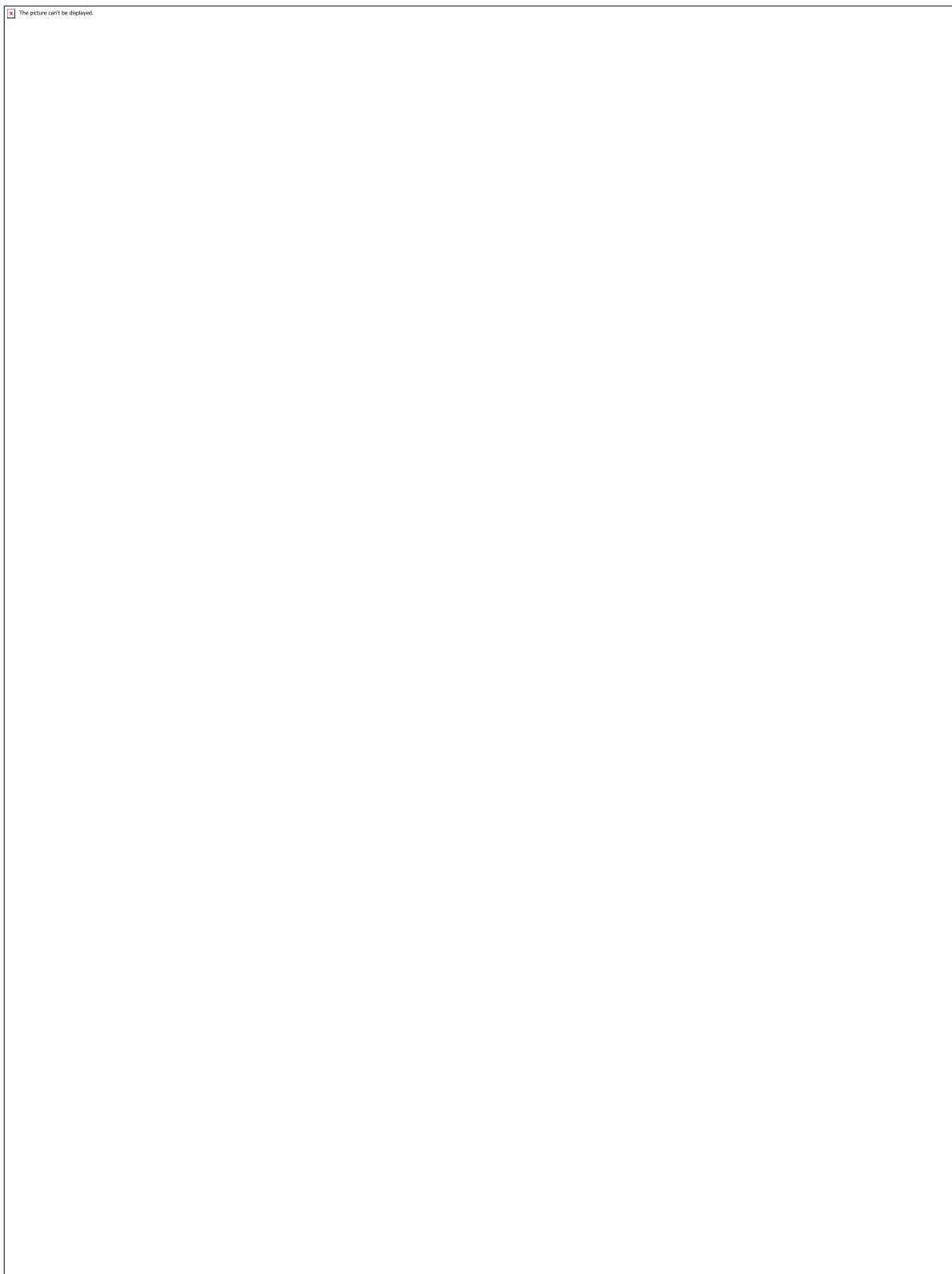


Figura 2

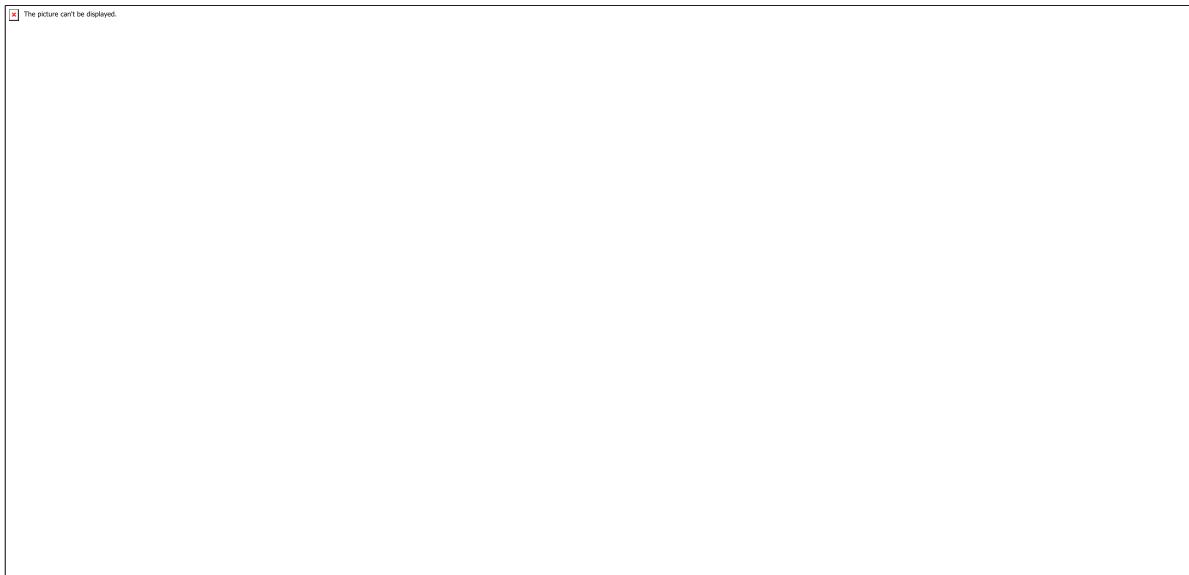


Figura 3

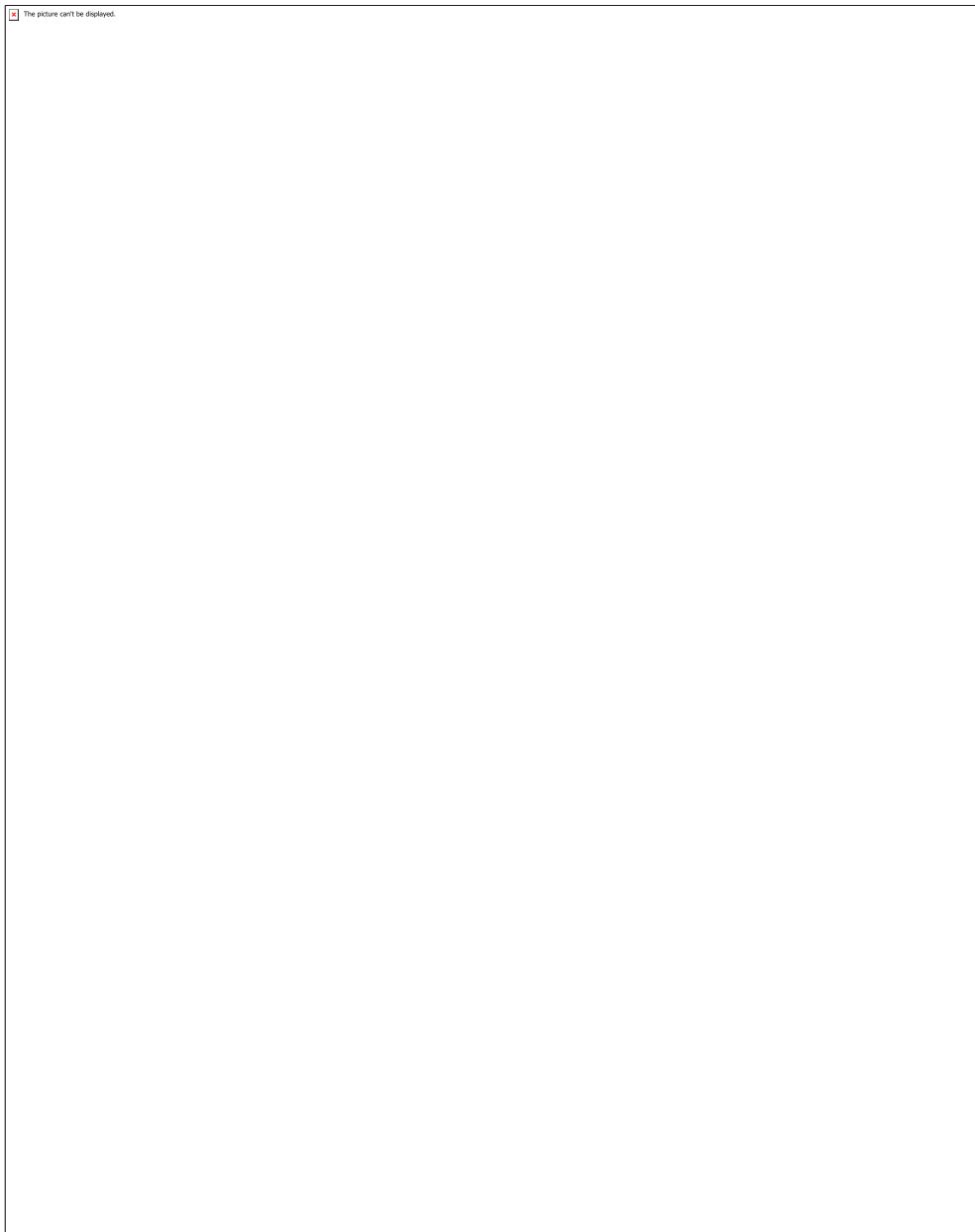


Figura 4 (a)

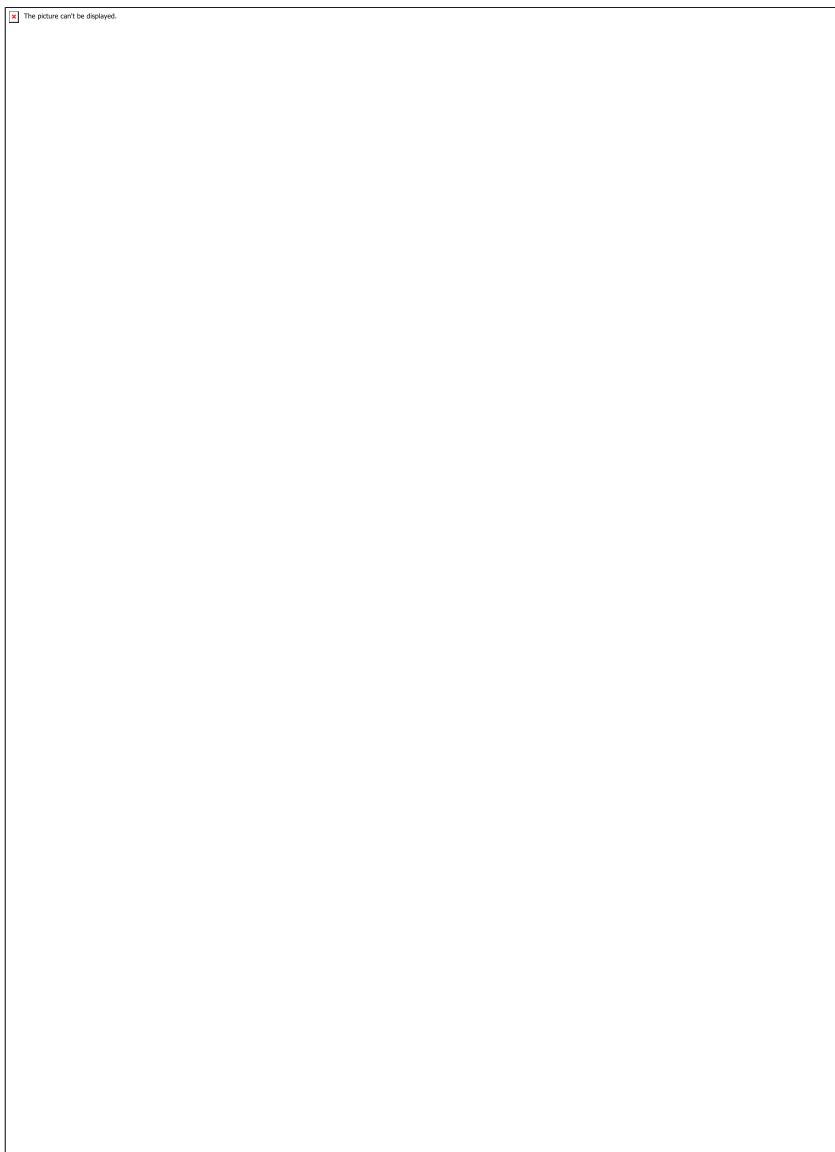


Figura 4 (b)

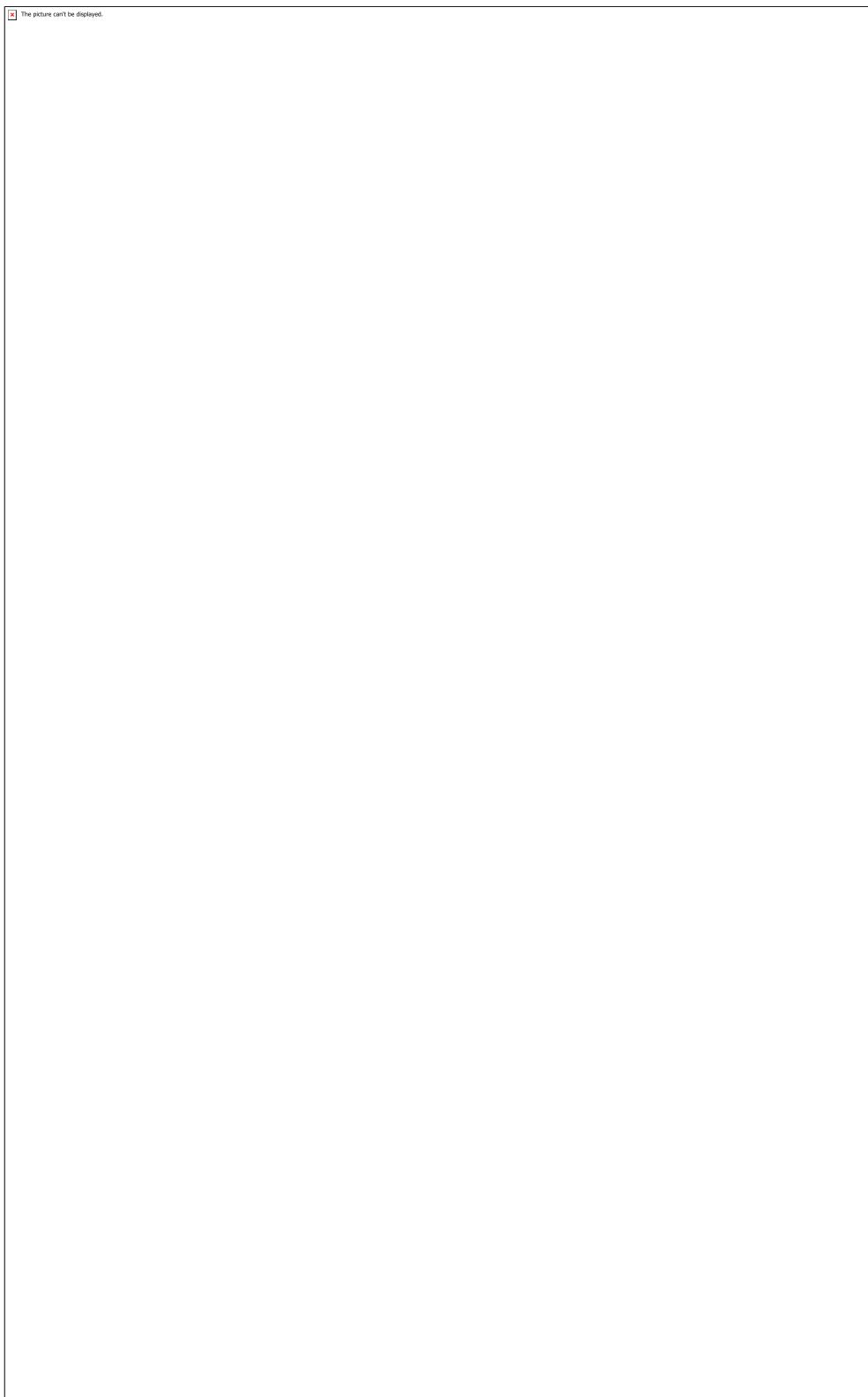


Figura 5

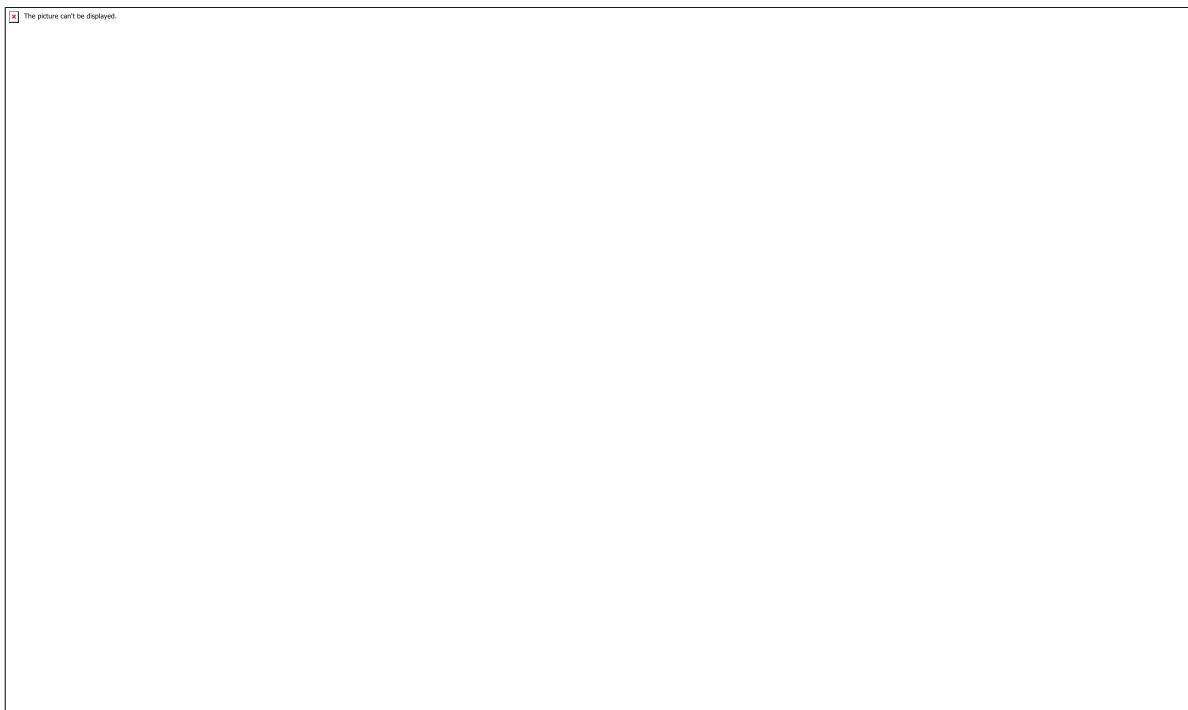


Figura 6

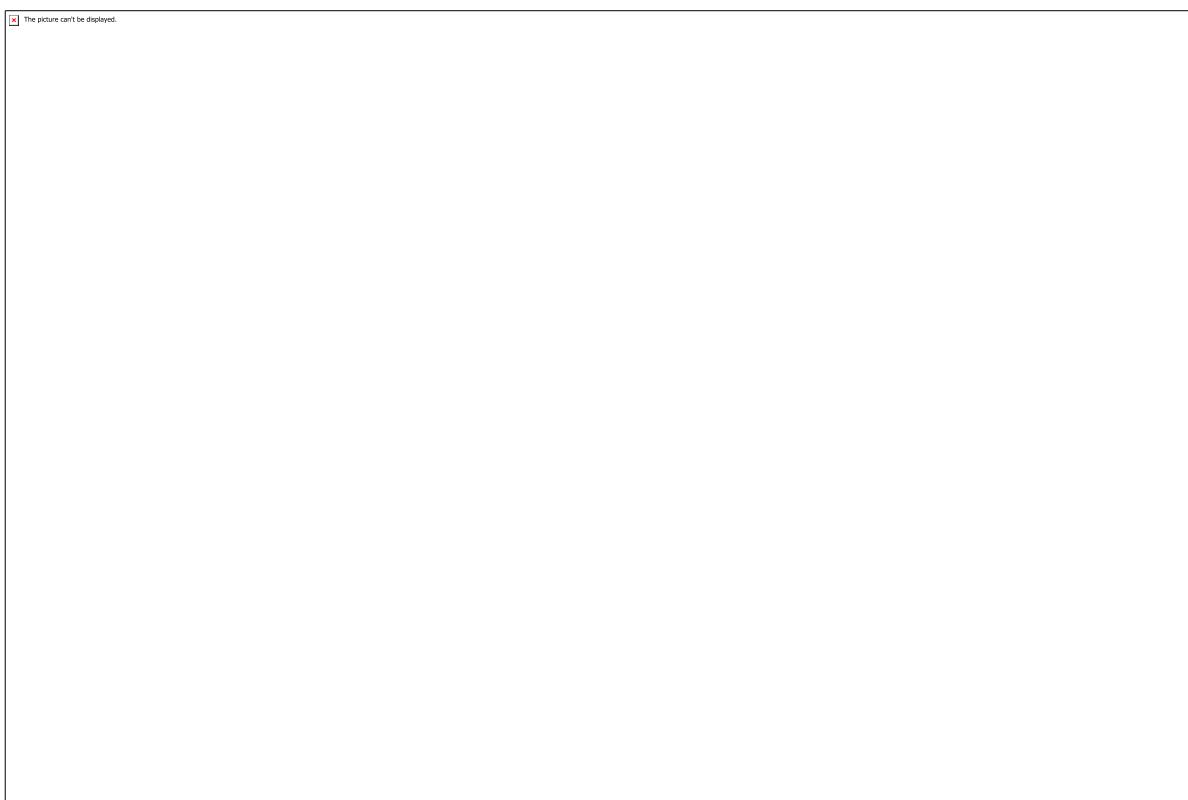


Figura 7

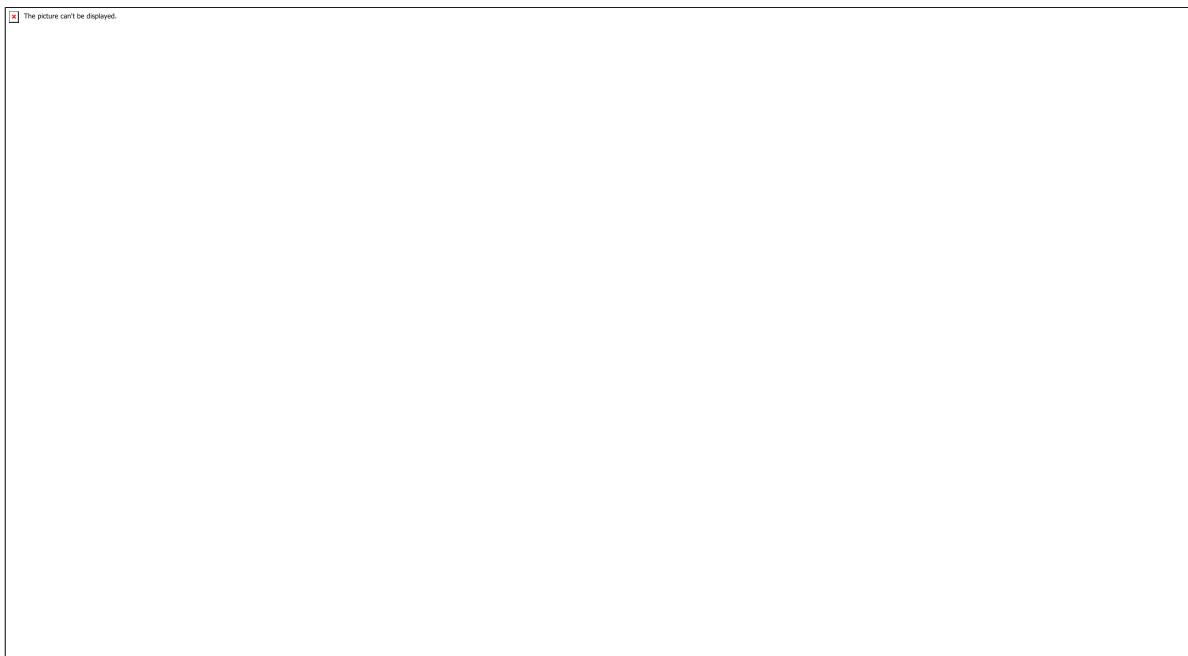


Figura 8

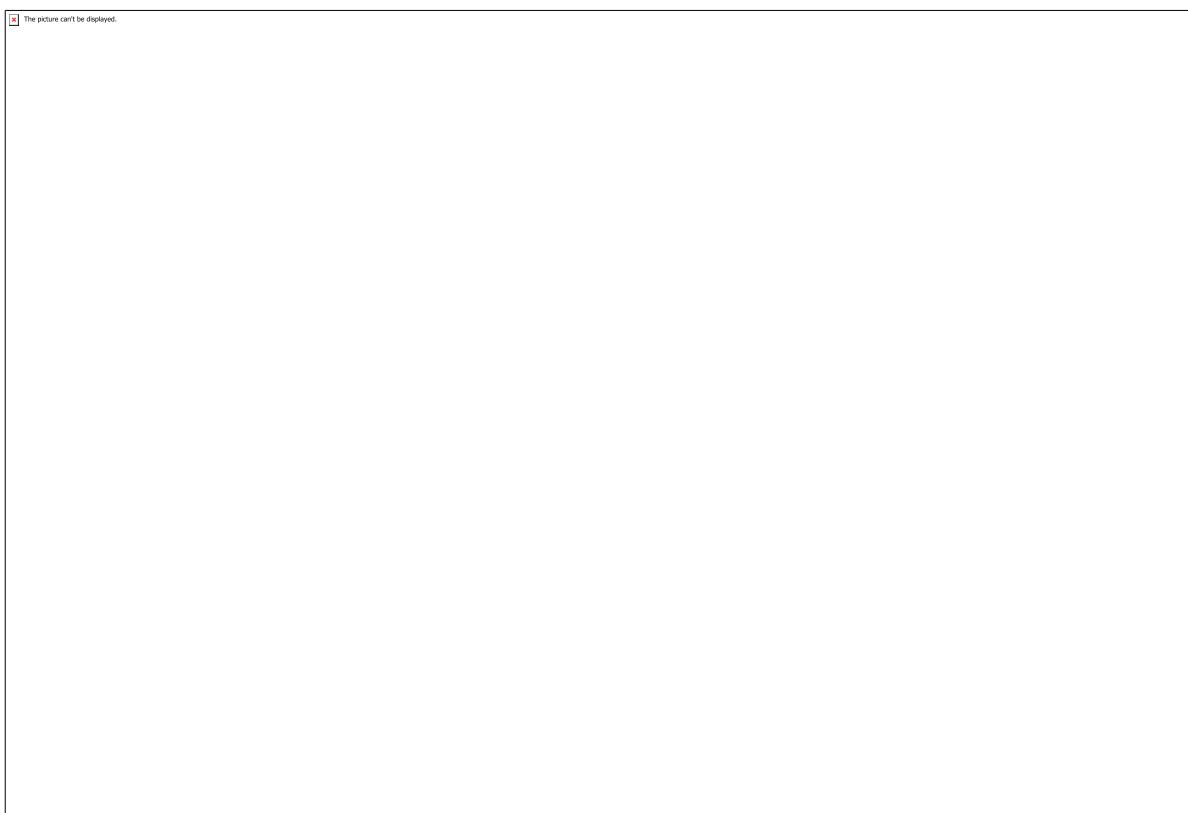


Figura 9 (a)

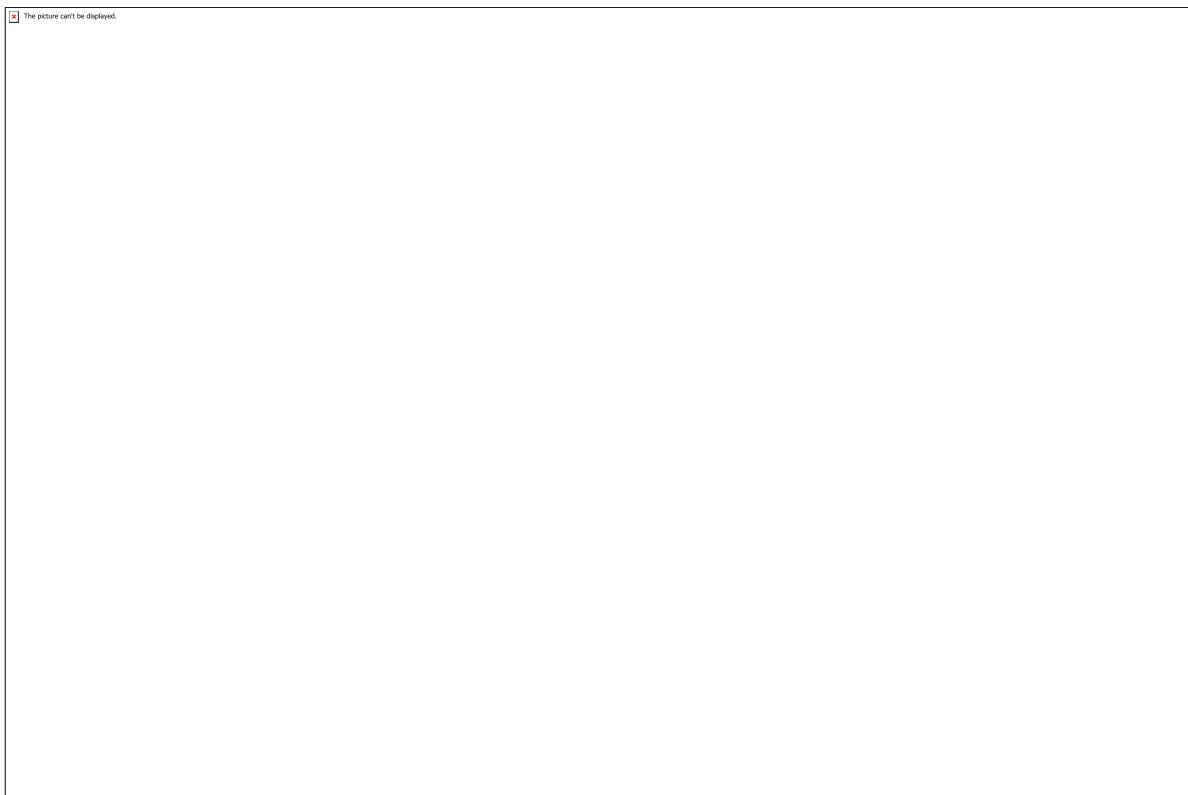


Figura 9 (b)

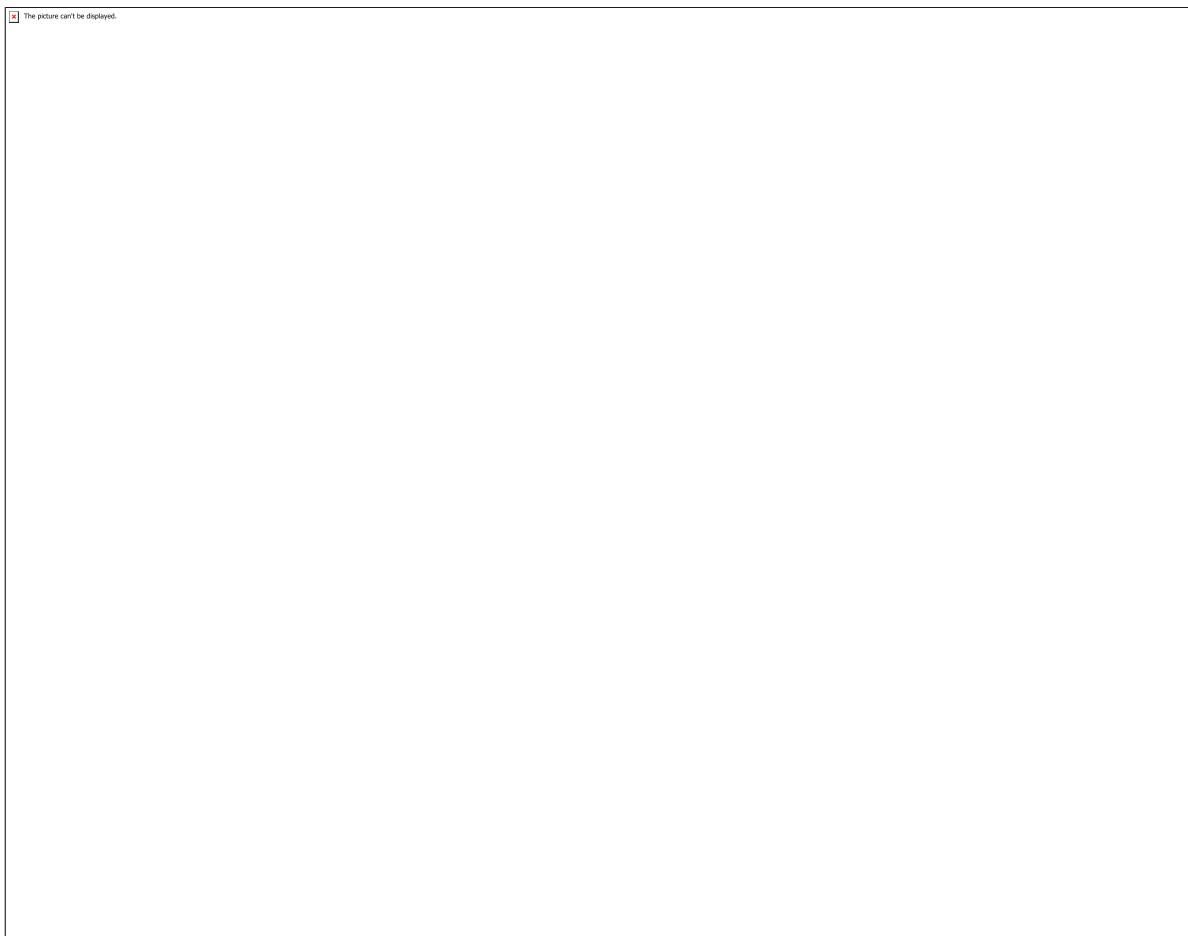


Figura 10

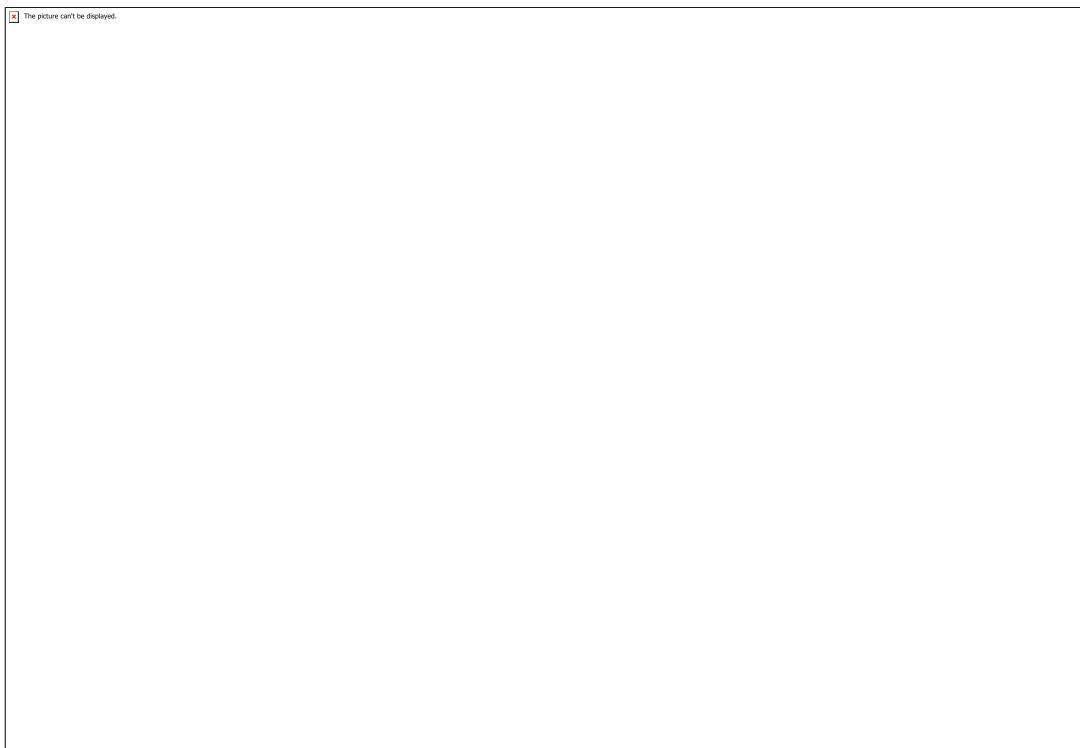


Figura 11(a)

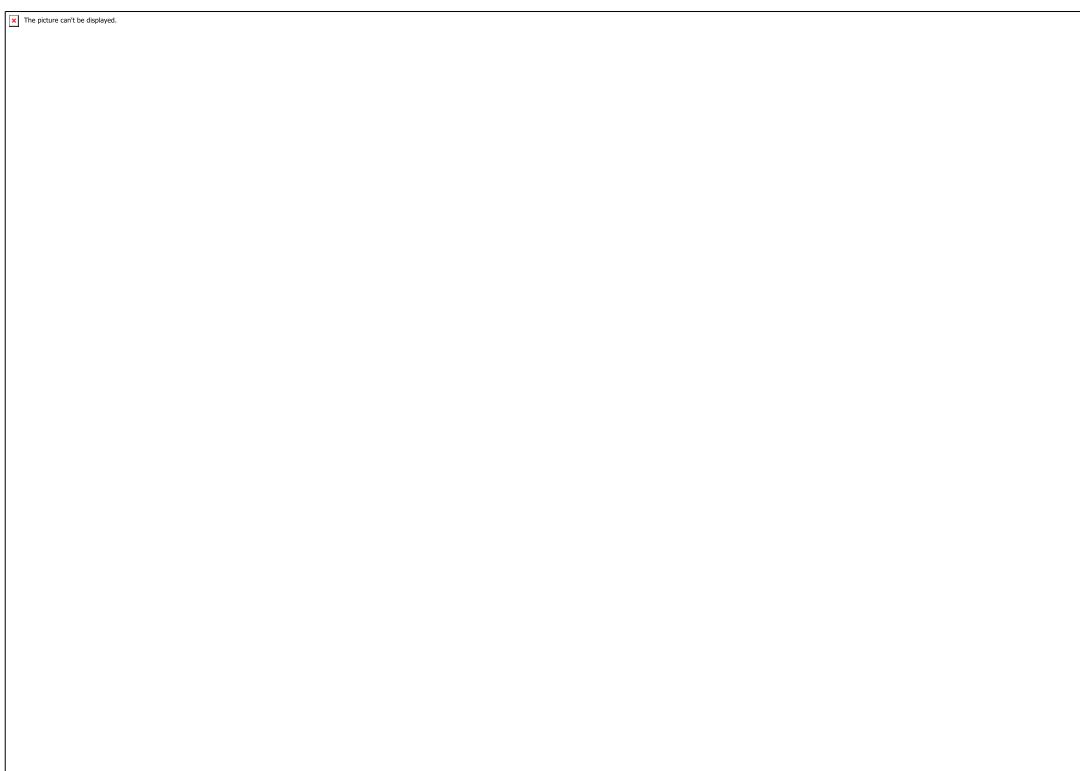


Figura 11 (b)

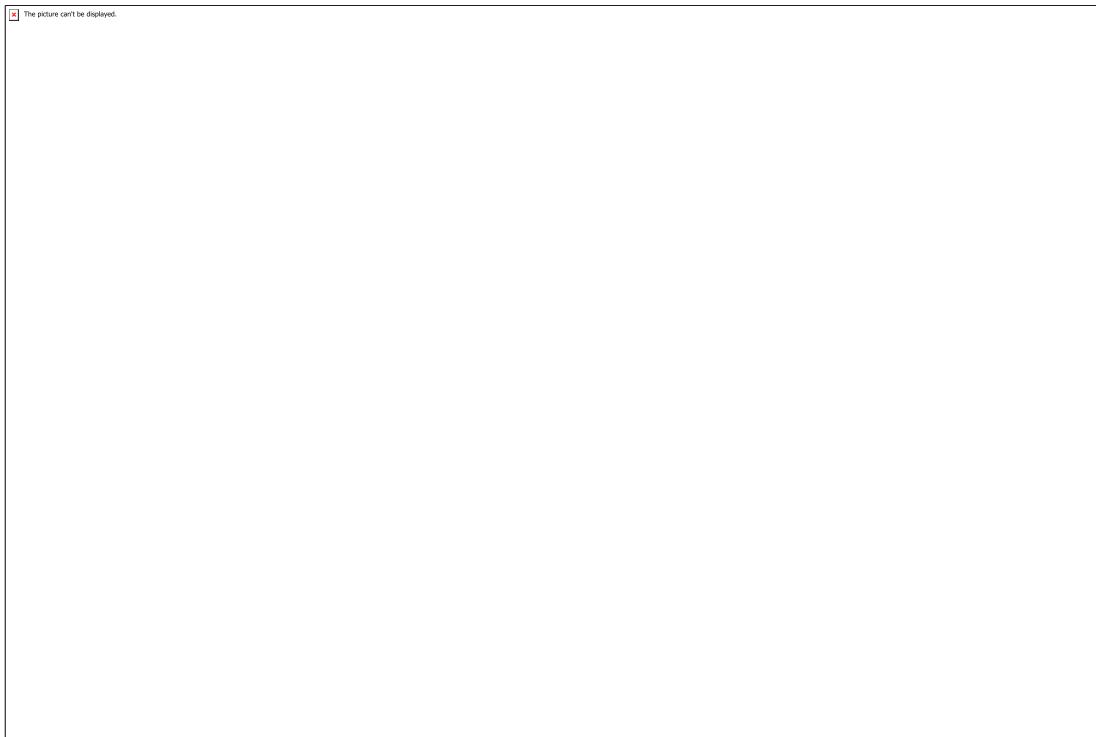


Figura 11 (c)

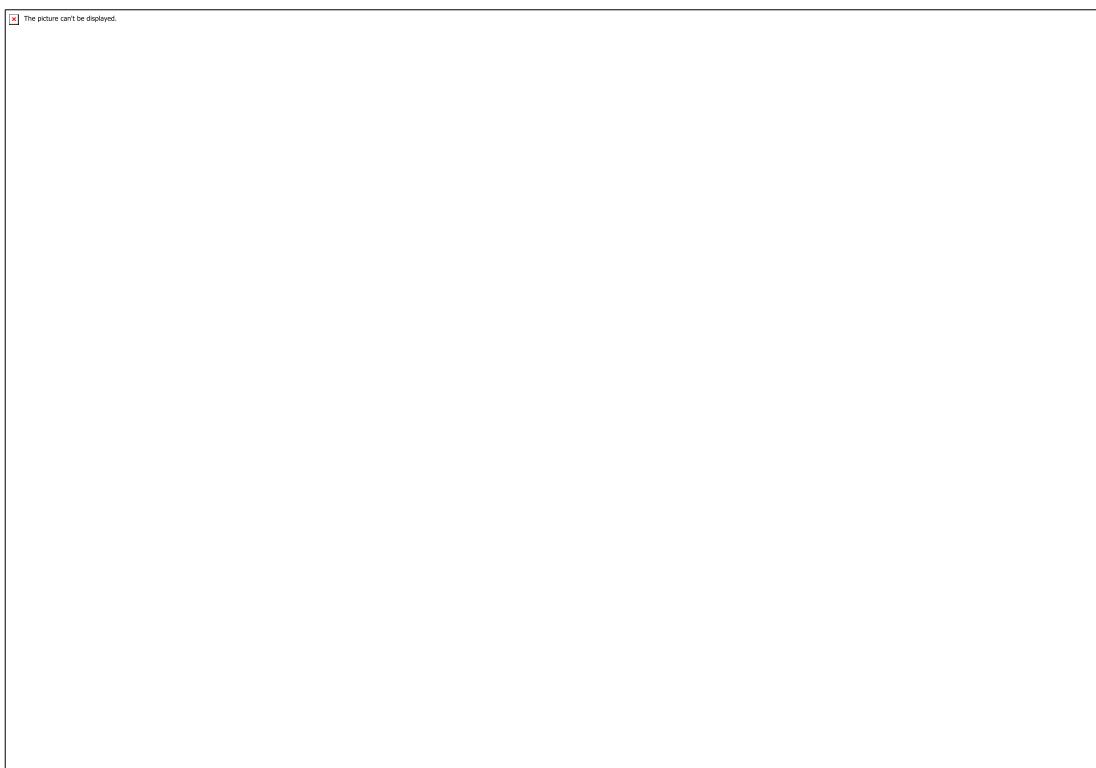


Figura 11 (d)

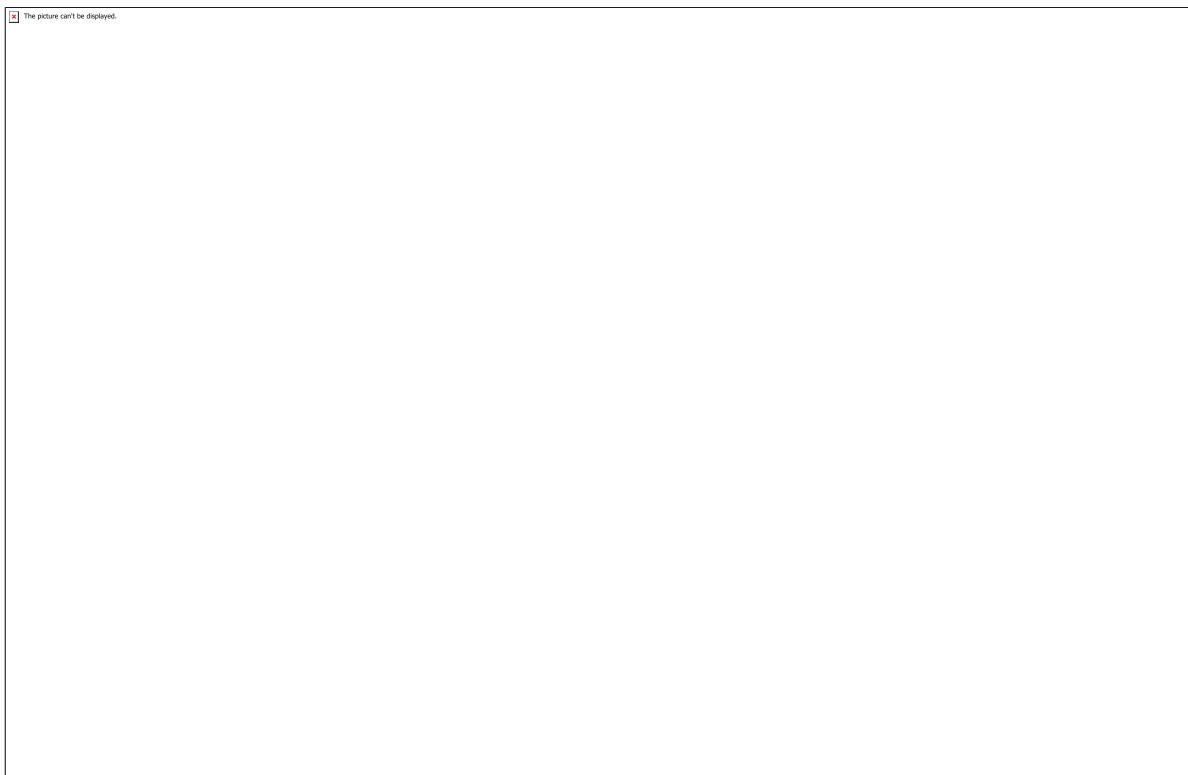


Figura 12

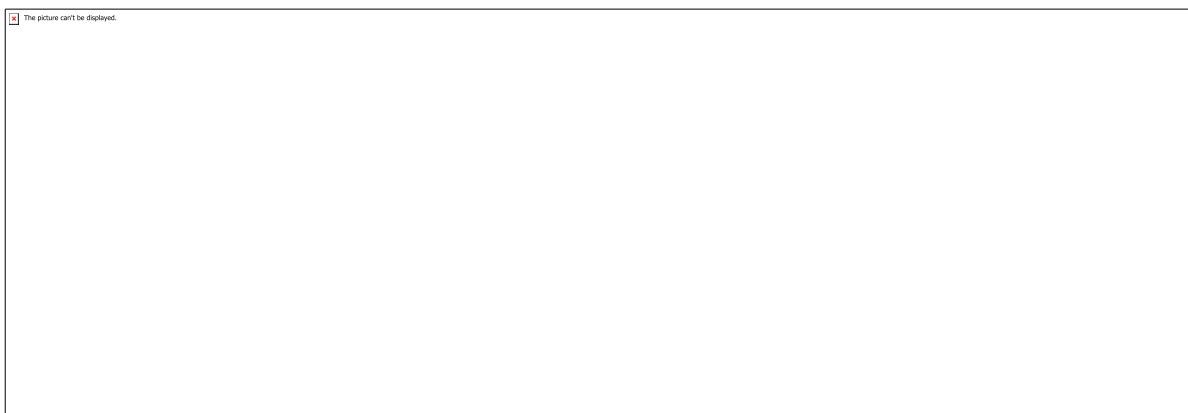


Figura 13

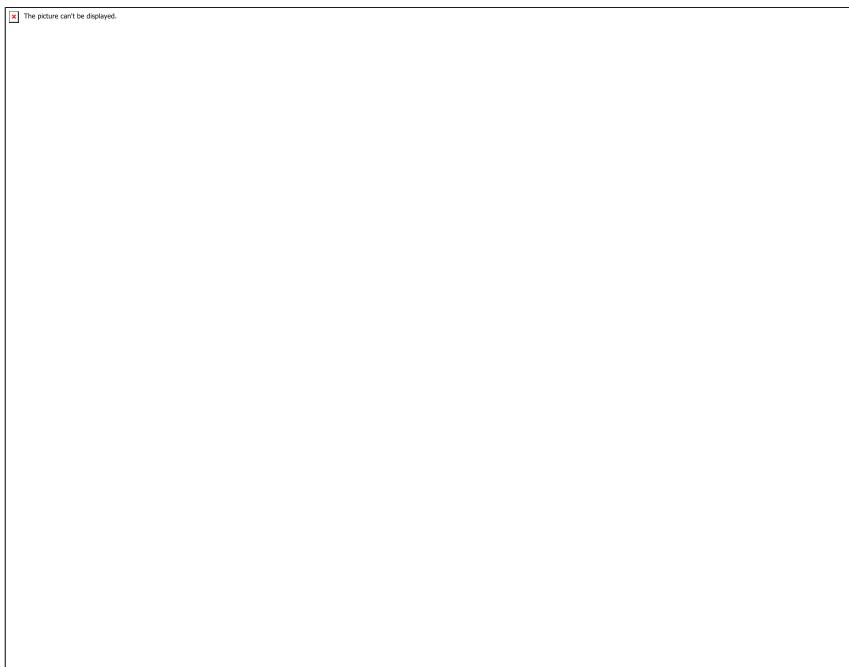


Figura 14

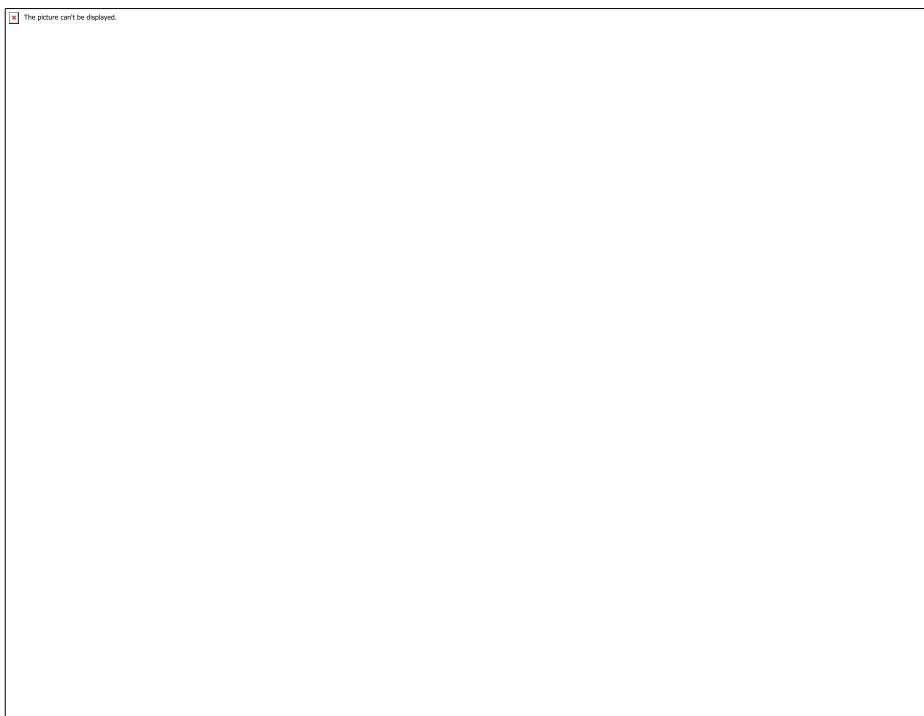


Figura 15

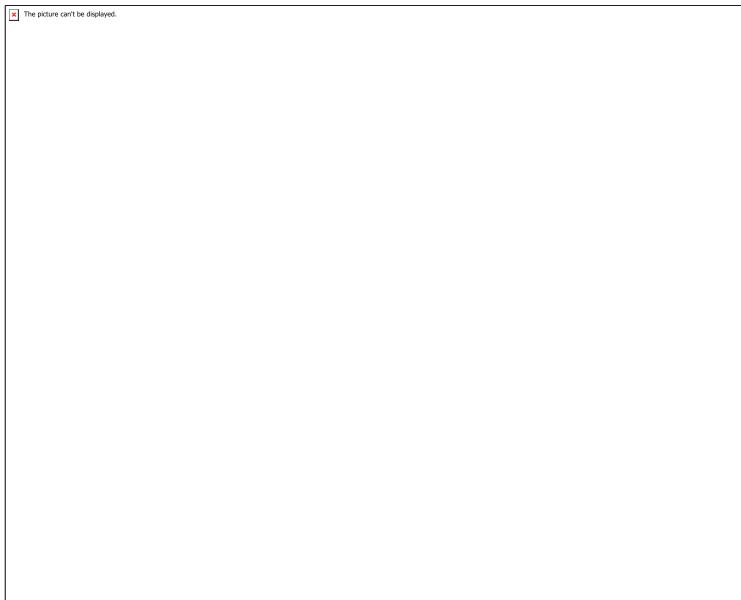


Figura 16 (a)

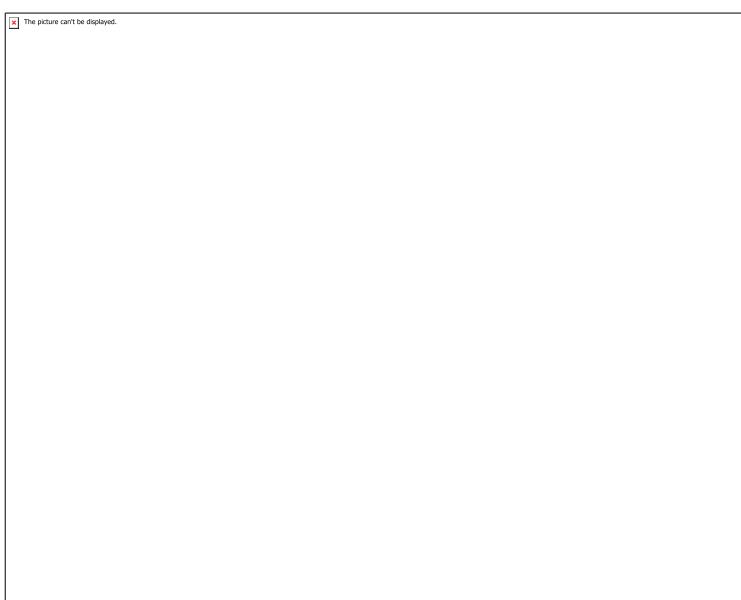


Figura 16 (b)

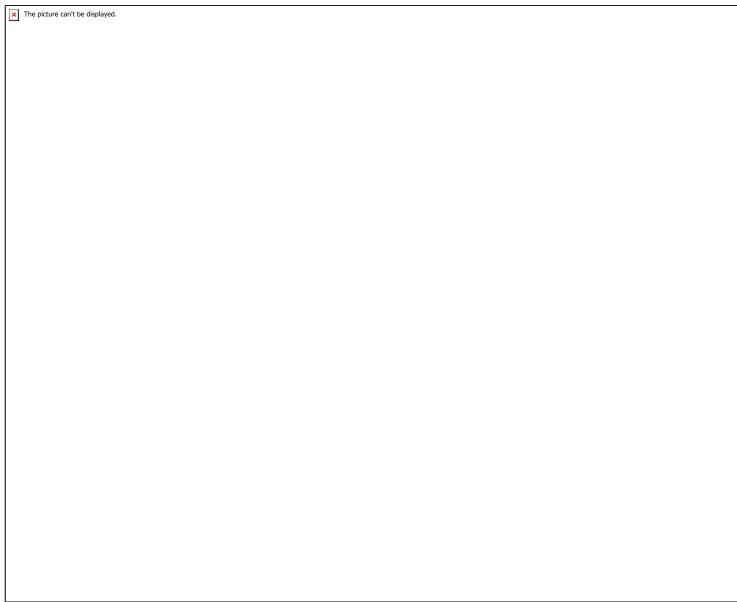


Figura 16 (c)

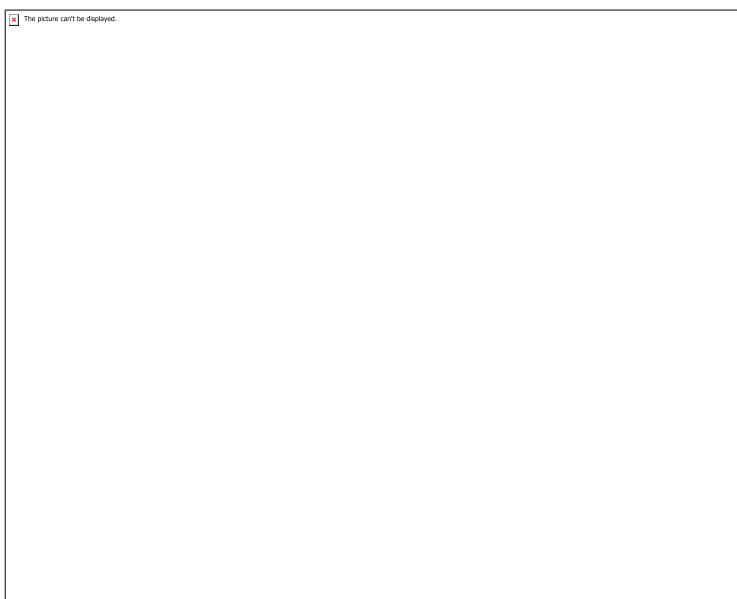


Figura 16 (d)

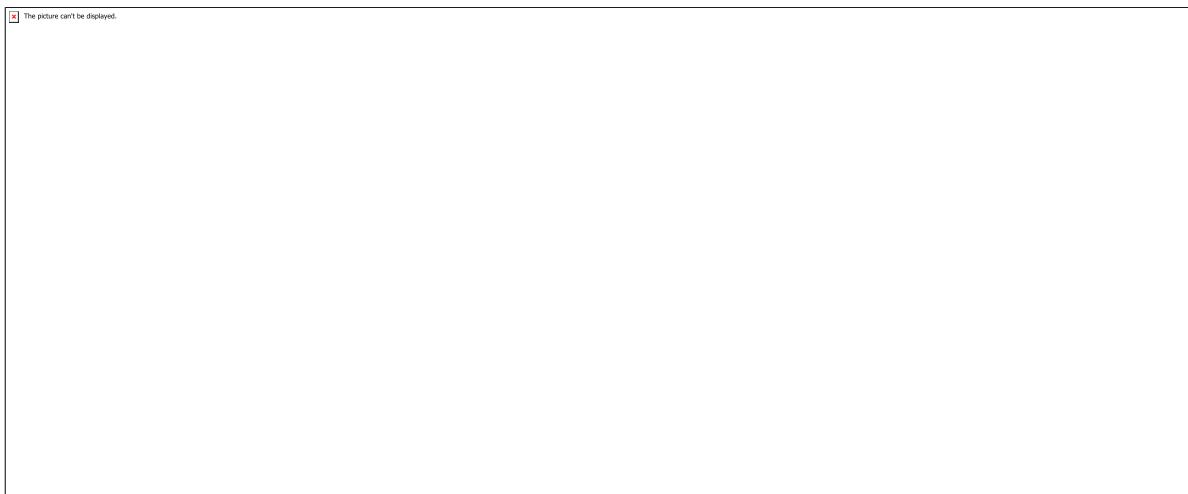


Figura 17

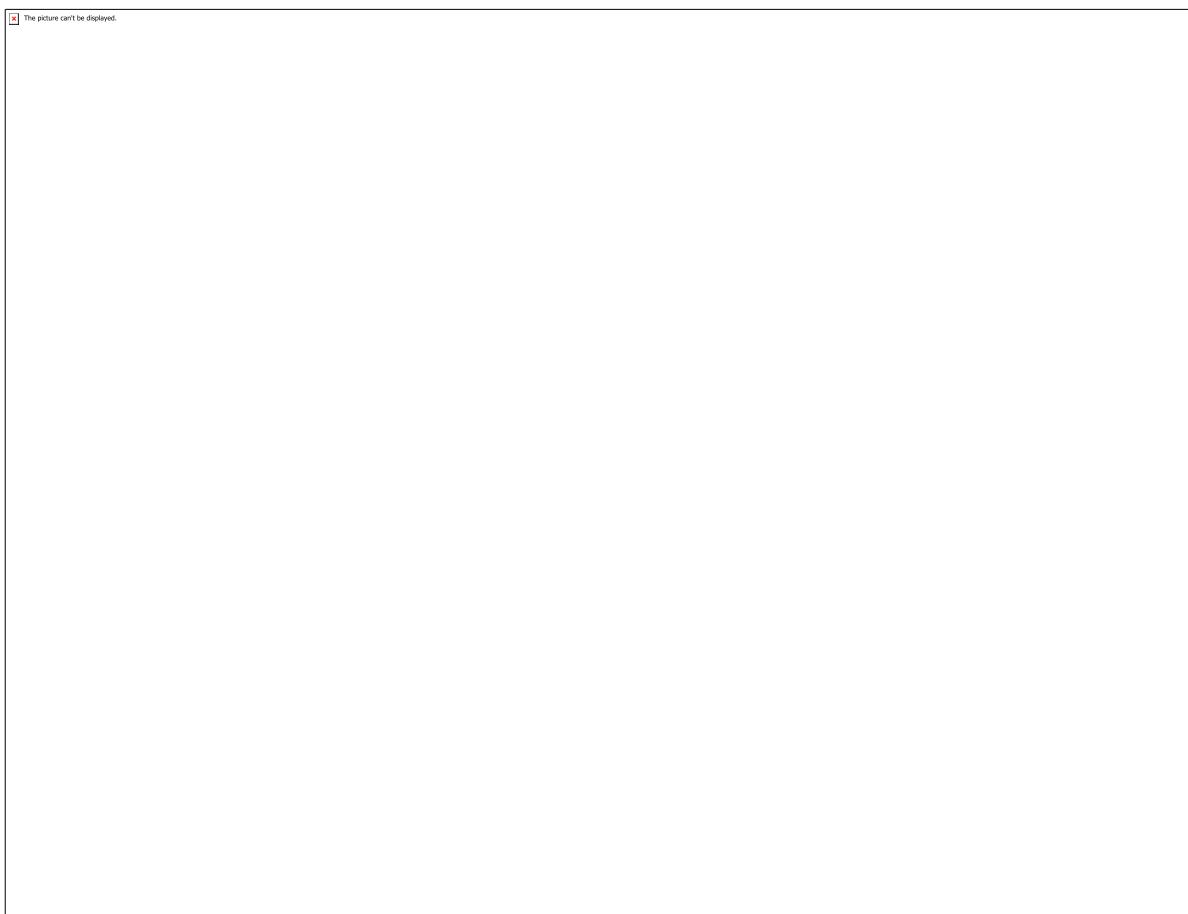


Figura 18

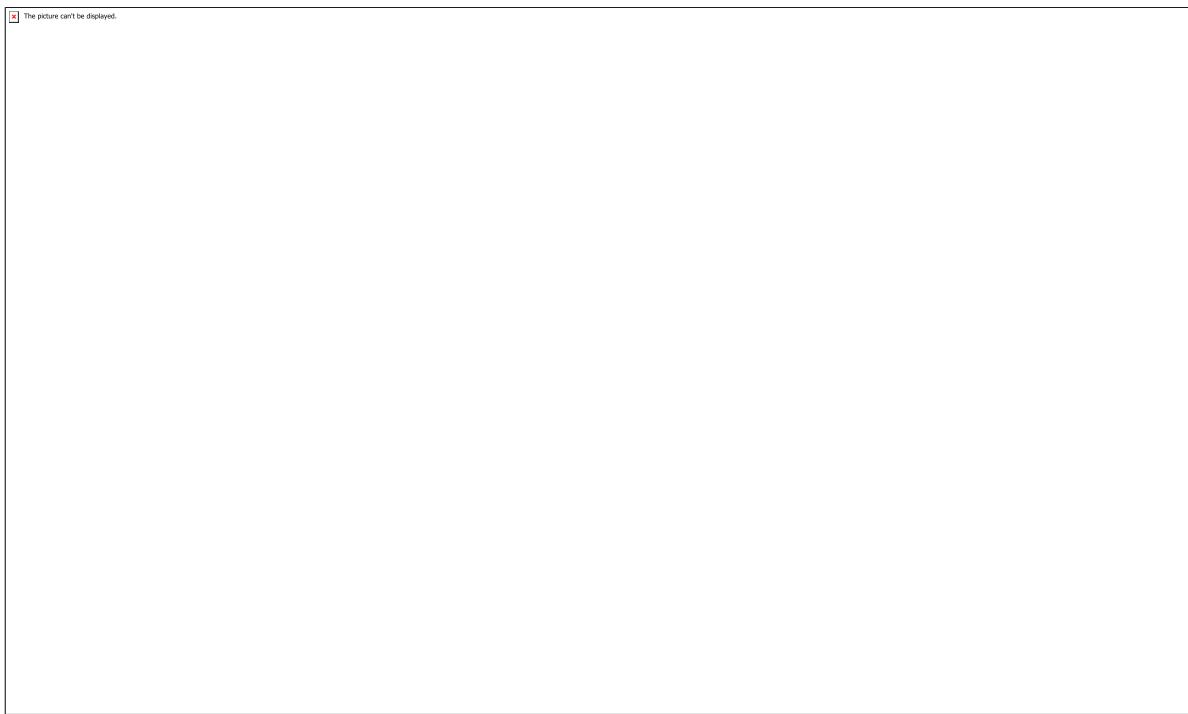


Figura 19

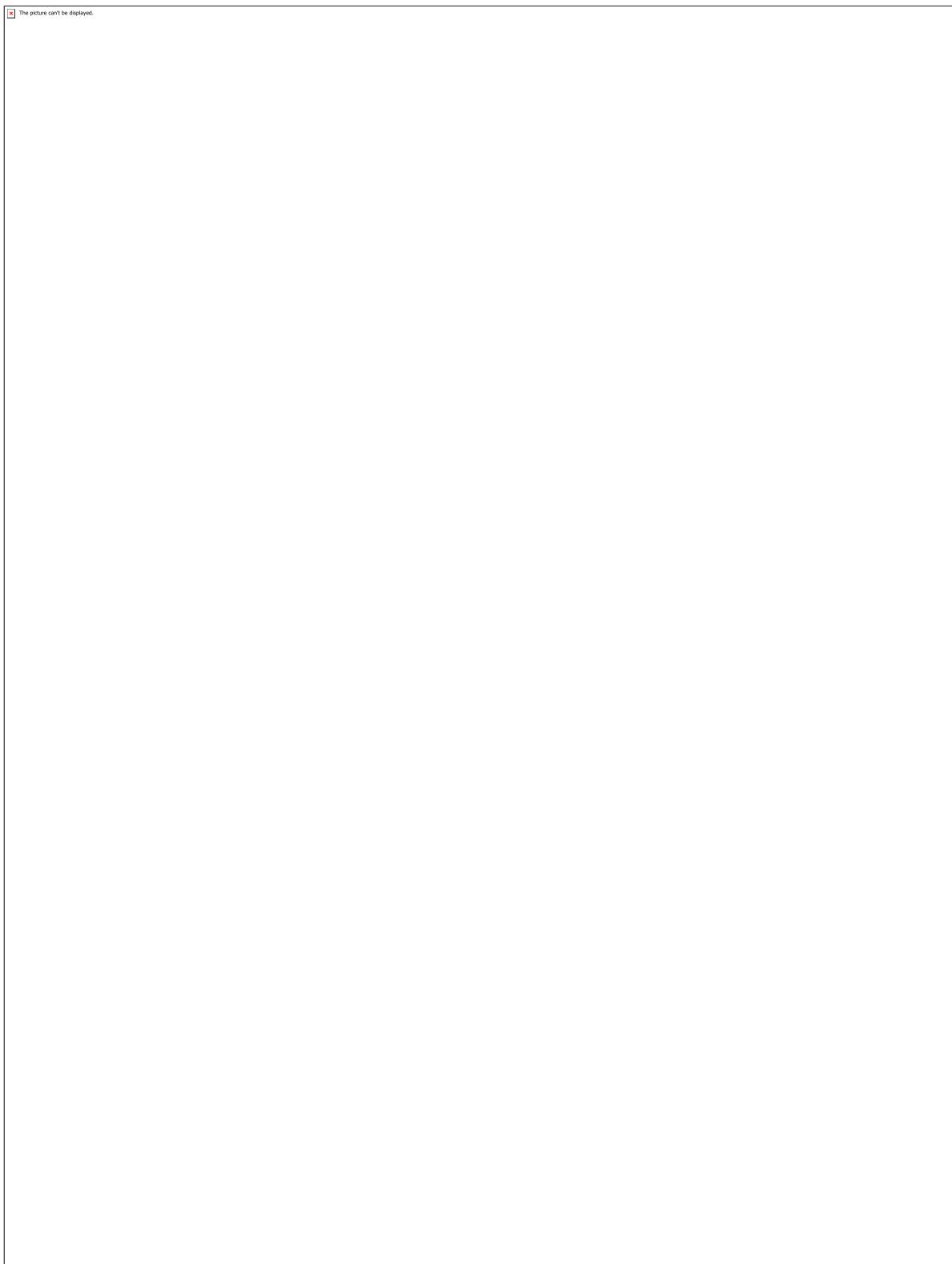


Figura 20

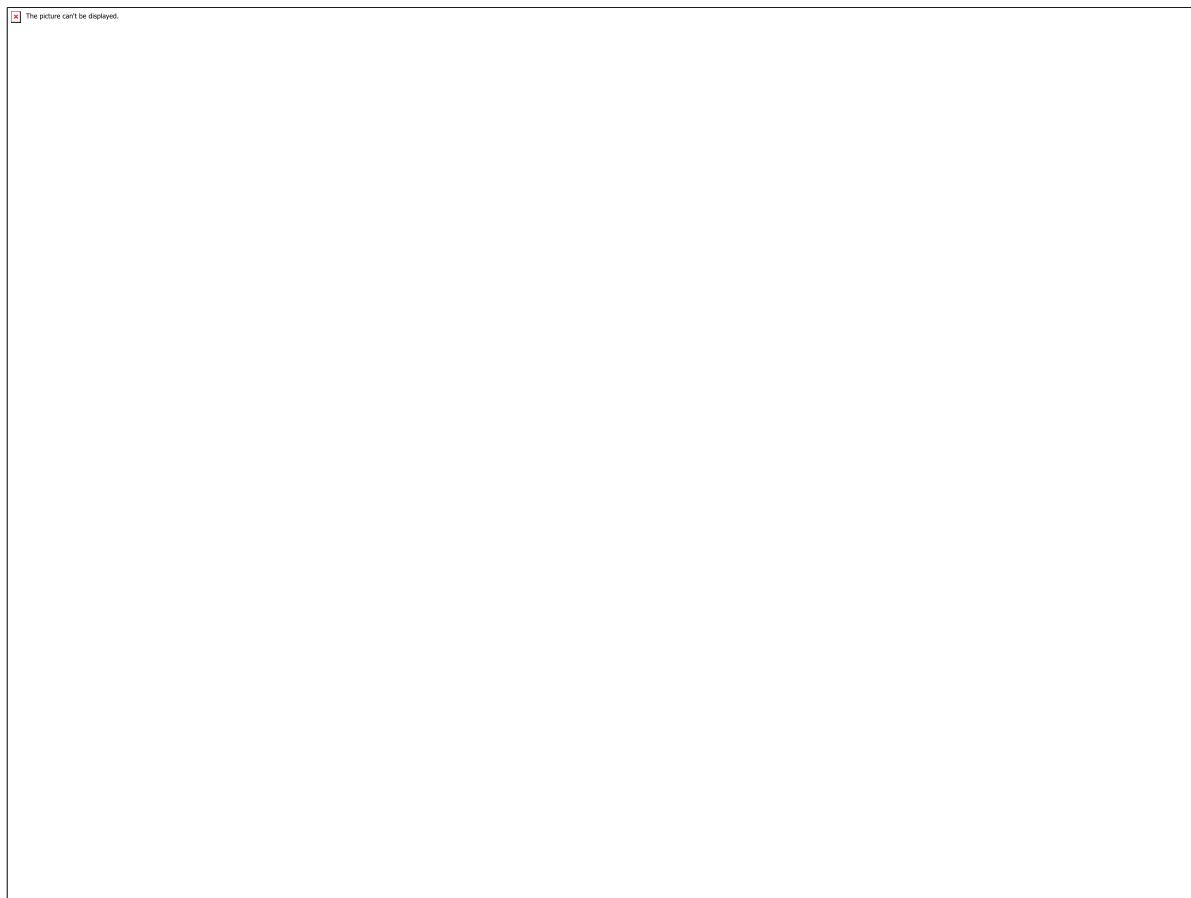


Figura 21



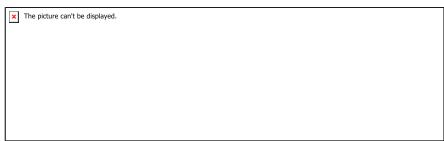
Equação 1



Equação 2



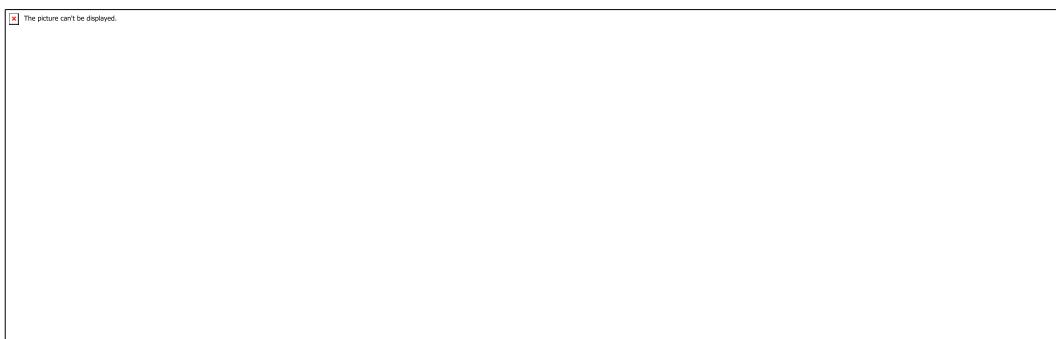
Equação 3



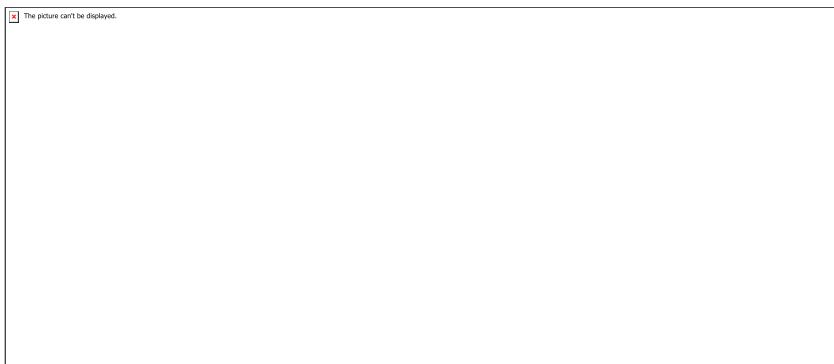
Equação 4



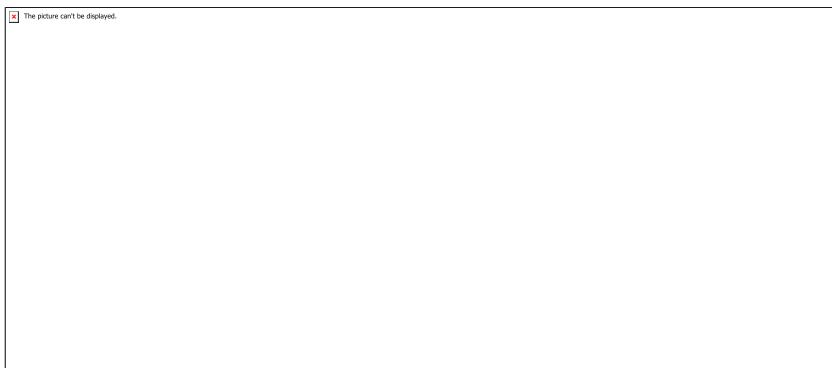
Equação 5



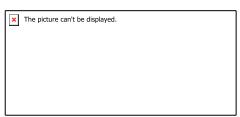
Equação 6



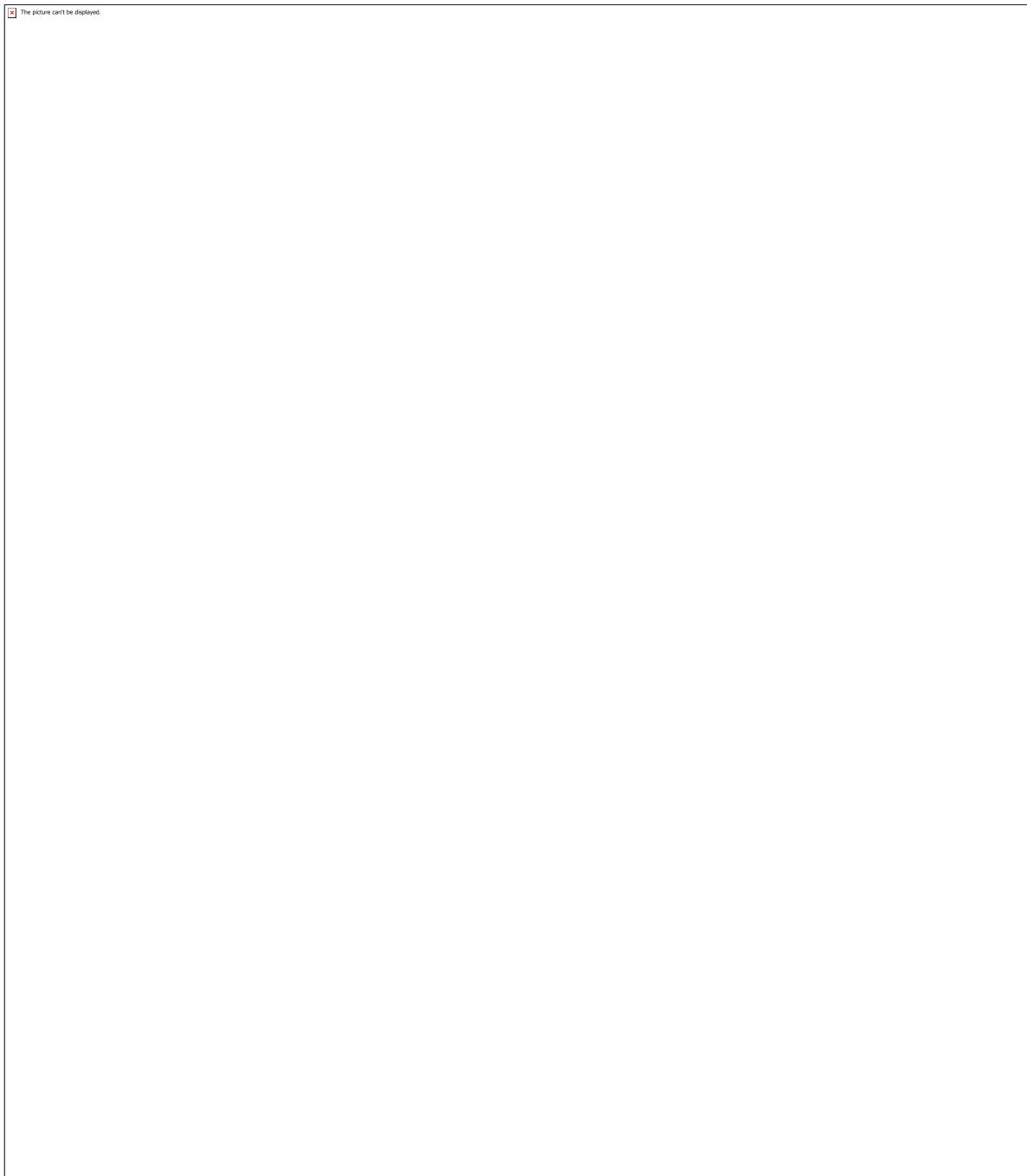
Equação 7



Equação 8



Equação 9



Apendice_2

CÓDIGO: ET0087

AUTOR: BEATRIZ MENEGHETTI COSTA DE ARAUJO

ORIENTADOR: EVERALDO SILVINO DOS SANTOS

TÍTULO: Uso de Sistemas Aquosos PEG 6000/Fosfato para Recuperação e Purificação do Antígeno 503

Resumo

No presente estudo, utilizou-se sistemas aquosos bifásicos de PEG 6000 e fosfato de potássio dibásico para recuperação de proteína para partição de proteínas, entre elas o antígeno 503 expresso em *Escherichia coli M15*, tendo sido testados sistemas com concentrações variáveis. Para os sistemas nominados A, B, C com 12,5% fosfato de potássio, a quantidade de cloreto de sódio (NaCl) variou em 0,0, 0,1 e 0,5 gramas, respectivamente. Por sua vez, os sistemas aquosos nominados D, E, F continham 10% fosfato, o NaCl variou em 0,0, 0,1 e 0,5 gramas de cloreto. O caldo que continha as proteínas em questão é oriundo da lise da célula da *Escherichia coli*, que continha o antígeno 503. Pelo método de quantificação de proteínas totais de Bradford, os sistemas A e F, sem o cloreto de sódio interferindo, obtiveram os melhores coeficientes de partição (K), calculados, respectivamente, por volta de 4,95 e 14,50. Por sua vez, os sistemas com maior quantidade de NaCl, representaram os menores valores de K: 0,22 para o sistema C e 0,77 para o sistema D.

Palavras-chave: Escherichia coli. Antígeno 503. Sistemas Aquosos Bifásicos.

TITLE: Using Aqueous Systems for Antigen 503 Recovery and Purification

Abstract

Given the difficulty and the high cost for the production of drugs for visceral leishmaniasis treatment (VL), different alternatives to develop vaccines were sought. Between them, the antigen 503 of *Leishmania i. chagasi* was found. That when isolated and purified, showed positive results for the treatment of VL. For this, the utilization of biphasic aqueous systems of PEG 6000 and dibasic potassium phosphate for the recovery of protein were the basis of the study, having been tested systems with variable concentrations. For the systems named A, B, C with 12,5% potassium phosphate, the sodium chloride (NaCl) amount has varied in 0,0, 0,1 and 0,5 grams, respectively. On the other hand, the aqueous systems named D, E, F, which had 10% of phosphate The NaCl varied in 0,0, 0,1 and 0,5 grams of chloride. The broth that had the proteins in question is arising from the cell lysis of the *Escherichia coli*, which contained the antigen 503. By Bradford's method of proteins quantification, the systems A and F, without the sodium chloride interfering, reached the best partition coefficients (K), calculated, respectively, around 4,95 and 14,50. On the other hand, the systems with highly quantity of NaCl reached the minors values of K: 0,22 for the system C and 0,77 for the system D.

Keywords: *Escherichia coli*. Antigen 503. Biphasic Aqueous Systems.

Introdução

A leishmaniose é uma doença que pode se manifestar de forma visceral, cutânea e mucocutânea, sendo causada por um parasita intracelular da espécie *Leishmania chagasi*. Considerada uma doença com muitos casos de óbito relacionado, o estudo de tratamentos para ela é algo bastante comum, principalmente para a leishmaniose visceral (LV) por ser a mais fatal. Sendo o nordeste brasileiro uma das regiões mais afetadas por tal, apesar de ser uma doença predominante de climas secos, com baixos índices pluviométricos e, principalmente, de alta pobreza, a LV se encontra urbanizada e existem casos de epidemias nas grandes cidades (Ministério da Saúde, 2006).

O estudo da manipulação genética de microrganismos a partir do conhecimento na área da biologia molecular e engenharia genética tem trazido diversos benefícios para o tratamento de doenças (Tian et al., 2016), uma vez que qualquer gene pode ser expresso em fungos, bactérias, plantas, etc, com finalidades específicas. Dessa forma, utiliza-se microrganismos recombinantes em bioprocessos industriais para produção, principalmente, de vacinas.

Associado a isso, o alto custo e a alta toxicidade do tratamento para leishmaniose visceral a partir da droga Glucantime, tem-se estudado métodos alternativos de obtenção de vacinas, em especial a partir de proteínas específicas, uma vez que são menos agressivas ao organismo que a droga utilizada (Selvapandiyam et al., 2012).

A *Escherichia coli* é considerada um hospedeiro de fácil manipulação devido à disponibilidade de informação genética, com crescimento rápido em meios de baixos custos (Zhang et al., 2010). Dessa maneira, o antígeno 503 de *Leishmania i. Chagasi* expresso em *E. coli*, quando purificado e isolado, pode trazer bons resultados para o tratamento contra a leishmaniose.

Considerando a facilidade da ocorrência de desnaturação proteica, a determinação da melhor condição de purificação da mesma requer diversos testes. Sistemas aquosos bifásicos, tradicionalmente formados por uma fase orgânica polimérica e uma fase aquosa associada a sal demonstram uma boa alternativa para separação de biomoléculas, entre elas, proteínas, uma vez que é um método simples e de baixo custo. A separação se dá por afinidade eletrônica da biomolécula em relação as fases do sistema, tendo interferência de sais nessa propriedade. (Fu et al., 2019)

Dessa maneira, o presente relatório descreve o experimento de utilização de sistemas aquosos bifásicos em diferentes condições de concentração para separação e purificação do antígeno 503 de *Leishmania i. Chagasi* expresso em *Escherichia coli*.

Metodologia

A seguir, será listado os materiais, equipamentos e reagente utilizados na pesquisa. Além disso, será explicitado a metodologia seguida para as análises desenvolvidas.

2.1 Materiais e Equipamentos

Erlenmeyer 250 mL; Pipetas; Tubos falcon 50 mL; Tubos falcon de 15 mL; Eppendorfs 2 mL; Incubador rotativo (TE-421, Tecnal, Brasil); Fluxo laminar;

2.1 Reagentes

Ampicilina; Canamicina; PEG 6000; Fosfato de potássio dibásico; Cloreto de sódio; Água deionizada; Tampão de Ureia (100,0 mM de NaH₂PO₄, 10,0 mM de Tris-HCl, 2,0 – 8,0 mol/L); Corante de Coomassie brilliant blue BG-250; Albumina de soro bovino (BSA);

2.3 Microrganismo, preparo do inóculo e cultivo

Para ativação do microrganismo, a cepa de *Escherichia coli* previamente armazenada, foram transferidos assepticamente em fluxo laminar para 50 mL do meio 2xTY esterilizado. Foi então adicionado 50 µL de ampicilina (0,1 g/L) e 50 µL de canamicina (0,025 g/L) nos Erlenmeyer.

Esse cultivo inicial foi realizado em incubador rotativo a uma temperatura de 37 °C e 200 rpm, por 12 horas e chamado de pré-inóculo. Para preparo do inóculo, foram adicionados 5,0 mL do pré-inóculo a 45,0 mL do meio de cultivo 2xTY, contidos em Erlenmeyers de 250 mL e foram incubados a 200 rpm e 37 °C por 6 horas. Esta suspensão constitui o inóculo dos ensaios realizados em incubador rotativo (Vaz, 2011).

Após o inóculo realizado, as células foram separadas em tubos, que foram numerados e usados para desenvolver os SAB. Os de número 1, 2, 16 e 17, foram escolhidos para o estudo e as respectivas quantidades necessárias de tampão de rompimento expressos na Tabela 1.

2.4 Rompimento Celular

Para o rompimento da célula microbiana, foi adicionado ao caldo celular em quantidade de 5% (m/v), como apresentado na tabela 1, o tampão de lise a base de ureia (100,0 mM de NaH₂PO₄, 10,0 mM de Tris-HCl, 2,0 – 8,0 mol/L de ureia à pH 8,0) e agitado em vórtex durante 15 minutos (Vaz, 2011). Em seguida, as células rompidas foram centrifugadas a 3000 rpm, 25°C, durante 30 minutos como método de clarificação do caldo retirando resíduos celulares. O sobrenadante recolhido foi utilizado para quantificação de proteínas totais.

2.5 Sistemas Aquosos Bifásicos

Os sistemas eram formados por soluções aquosas de PEG 6000 e fosfato de potássio dibásico, cloreto de sódio (NaCl), caldo de proteínas lisadas com o tampão de uréia e completando a massa restante com água deionizada até os 10 g.

Inicialmente, preparou-se as soluções de PEG 6000 50% (m/m) e de fosfato de potássio dibásico 30% (m/m), ambas com água deionizada em agitação com a respectiva quantidade de massa pesada até total homogeneidade.

Os sistemas denominados A, B e C continham aproximadamente 12,5% de fosfato em sua composição, sendo então formados por 0,0, 0,1 e 0,5 g de cloreto de sódio, respectivamente; 4 g de solução 50% PEG 6000; 4,17 g da solução 30% de fosfato de potássio; 1 g de caldo; e 0,83, 0,73 e 0,33 g de água deionizada, respectivamente. Por sua vez, os sistemas denominados D, E e F continham aproximadamente 10,0% de

fosfato em sua composição, sendo então formados por 0,5, 0,1 e 0,0 g de cloreto de sódio, respectivamente; 5 g de solução 50% PEG 6000; 3,33 g da solução 30% de fosfato de potássio; 1 g de caldo; e 0,17, 0,57 e 0,67 g de água deionizada, respectivamente. Tais valores estão representados na Tabela 2 do Anexo. Todos os componentes foram adicionados ao tubo na ordem descrita, com agitação por vórtex durante 30 segundos antes de adicionar o caldo e a água.

Feito isso, os tubos falcon foram para agitação em centrífuga por 5 minutos à 3000 rpm a fim de separar efetivamente as fases de topo e de base do sistema.

As fases tiveram seus volumes verificados e anotados para utilização em cálculos posteriormente e foram separadas, cada uma, em Eppendorfs para análises.

2.6 Quantificação de Proteínas Totais

Uma vez montados os sistemas e as fases separadas, analisou-se proteínas totais no topo e na base de cada um a partir da utilização do reagente de corante de “Coomassie brilliant blue” BG-250, seguindo o procedimento do método de Bradford, que consiste na interação entre o corante e macromoléculas de proteínas (Zaia, Zaia and Lichtig, 1998).

Com 50 microlitros de amostra de cada fase (topo e base de todos os sistemas estudados), foi adicionado 1,5 mL de coomassie e agitado em vórtex, em um local com ausência de luz devido à fotosensibilidade do reagente. Após 20 minutos em repouso ao abrigo de luminosidade, mediu-se a absorbância de cada amostra em um espectrofotômetro, ajustado em 595 nm.

Os dados de absorbância foram utilizados na equação de padronização do Bradford a fim de obtermos a real concentração de proteínas presentes em cada fase de análise.

A curva padrão do reagente foi feita a partir de concentrações conhecidas de albumina de soro bovino (BSA).

Resultados e Discussões

Como sabe-se, sistemas aquosos bifásicos são excelentes separadores de biomoléculas. Dessa forma, variando as concentrações de PEG 6000, fosfato de potássio dibásico e cloreto de sódio, houve a adição de 10% (m/m) de caldo de *E. coli* M15 recombinante após rompimento celular com tampão de ureia.

O efeito significativa para a partição das proteínas é devido à variação de concentração do sal, principalmente do NaCl, que variava em 0,5 g, 0,1 g e 0,0 g, sendo conhecido como efeito salting out, que torna possível a formação de duas fases em um sistema aquoso bifásico (Dong et al. 2016; Fu, Yang and Xiu, 2015). Esse efeito é explicado pelo modelo de volume de exclusão efetivo, ou seja, a solução é saturada de soluto em qualquer ponto da curva binodal, portanto se a concentração de sal aumenta, isso favorece a interação da água com esses íons, enquanto que o componente orgânico tende a interagir entre ele causando a separação de fases (Pimentel et al., 2017; Sadeghi Jamehbozorg, 2008; Oliveira Filho, 2018).

Dessa maneira, a partir da quantificação de proteínas totais pelo método de Bradford, verificou-se, de fato, a prevalência do efeito salting out para determinar onde estão concentradas as macromoléculas de cada sistema formado. Isso foi avaliado a partir do coeficiente de partição (K), calculado a partir da razão entre a concentração na fase de topo e na fase de base. Para $K < 1$, as proteínas estariam em maior quantidade na fase de base; para $K = 1$, a partição de moléculas é igual para ambas as fases, de modo a não ter sido um método efetivo de separação proteica; e para $K > 1$, as proteínas estariam mais concentradas na fase de topo. Os valores medidos e as concentrações calculadas a partir da Figura 1 e da Tabela 6, para as fases de topo e base dos sistemas aquosos formados estão demonstrados na Tabela 5.

A partir dos dados, observou-se que os melhores coeficientes de partição, representando a fase de topo como a mais rica em macromoléculas, são para os sistemas A (4,95) e F (14,50), sendo estes os sistemas que não ocorreram adição do cloreto de sódio. Isso pode ser explicado, efetivamente, pelo efeito salting out explicitado anteriormente. Por sua vez, os menores valores de K foram observados para os sistemas C (0,22) e D (0,78), estes que tiveram adição de 0,5 g de cloreto em sua composição. Os valores de K estão descritos na Tabela 6. Portanto, quanto maior a concentração de NaCl adicionada aos sistemas, antes que continham proteínas com maior interação hidrofóbica com o PEG 6000 (fase de topo), tem a interação eletrônica das proteínas alteradas, gerando o deslocamento destas para a fase de base, rica em fosfato.

Ainda no tratamento de dados dos sistemas, um outro parâmetro calculado para comprovar os resultados já obtidos foi o coeficiente de recuperação (R), obtido pela razão entre a massa de proteínas na fase de topo pela soma das massas em ambas as fases, valores calculados a partir da concentração de topo e base e o volume de cada medido anteriormente (tabela 4). Os sistemas A e F foram os que desenvolveram melhores resultados, de 84,14% e 93,55%, respectivamente. Já os sistemas C e D, demonstraram apenas 19,05% e 57,99% de recuperação de proteínas na fase de topo, dados mostrados na tabela 6.

Conclusão

Por conseguinte, com o presente estudo, a utilização de sistemas aquosos bifásicos em diferentes concentrações demonstraram bons resultados para a partição das proteínas, inclusive o antígeno 503. A interferência da adição de sal nos sistemas foi significativa para o estudo. Quanto menos sal adicionado ao meio, a interação eletrônica das proteínas, neste caso, favoreceu a partição dessas macromoléculas para a fase de topo, rica em PEG 6000, resultado verificado pelos parâmetros de coeficiente de partição (K) e coeficiente de recuperação (R). Ainda assim, é interessante a utilização e a pesquisa de purificação e recuperação do antígeno por meio de outros tipos de sistemas aquosos.

Referências

DONG, Y. et al. Extraction and purification of IgG by hydrophilic organic solvent salting-out extraction. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, v. 1012-1013, p. 137-143, 2016.

FU, C. et al. Creating efficient novel aqueous two-phase systems: Salting-out effect and high solubility of salt. *Fluid Phase Equilibria*, v. 490, p. 77-85, 2019.

FU, H.; YANG, S. T.; XIU, Z. Phase separation in a salting-out extraction system of ethanol- ammonium sulfate. *Separation and Purification Technology*, v. 148, p. 32-37, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral. Brasília: 2006.

PIMENTEL, J. G. et al. Evaluation of salting-out effect in the liquid-liquid equilibrium of aqueous two-phase systems composed of 2-propanol and Na₂SO₄/MgSO₄ at different temperatures. *Fluid Phase Equilibria*, v. 450, p. 184 193, 2017.

SADEGHI, R.; JAMEHBOZORG, B. Effect of temperature on the salting-out effect and phase separation in aqueous solutions of sodium di-hydrogen phosphate and poly(propylene glycol). *Fluid Phase Equilibria*, v. 271, n. 1-2, p. 13-18, 2008.

SELVAPANDIYAN, A.; DEY, R.; GANNAVARAM, S.; et al. Immunity to visceral leishmaniasis using genetically defined live-attenuated parasites. *Journal of tropical medicine*, v. 2012, 2011.

TIAN, H.; TANG, L.; WANG, Y.; WANG, X.; GUAN, L.; ZHANG, J.; WU, X.; LI, W.. Lactose induction increases production of recombinant keratinocyte growth factor-2 in Escherichia coli. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*. v. 17, p. 123- 129, 2011.

VAZ, M. R. F. Influência das condições de cultivo na produção de抗ígenos recombinantes de Leishmania i. chagasi utilizando Escherichia coli M15 cultivada em incubador rotativo e biorreatore. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B. V.; LICHTIG, J. Determinação de proteínas totais via espectrofometria: vantagens e desvantagens dos métodos existentes. *Química Nova*, v. 21. n. 6, p. 787-793, 1998

ZHANG, Y.; LI, Z.; YE, Q. Enhanced production of human epidermal growth factor under control of the phoA promoter by acetate-tolerant Escherichia coli DB15 in a Chemically defined medium. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, v.15, p.626- 634, 2010.

Anexos

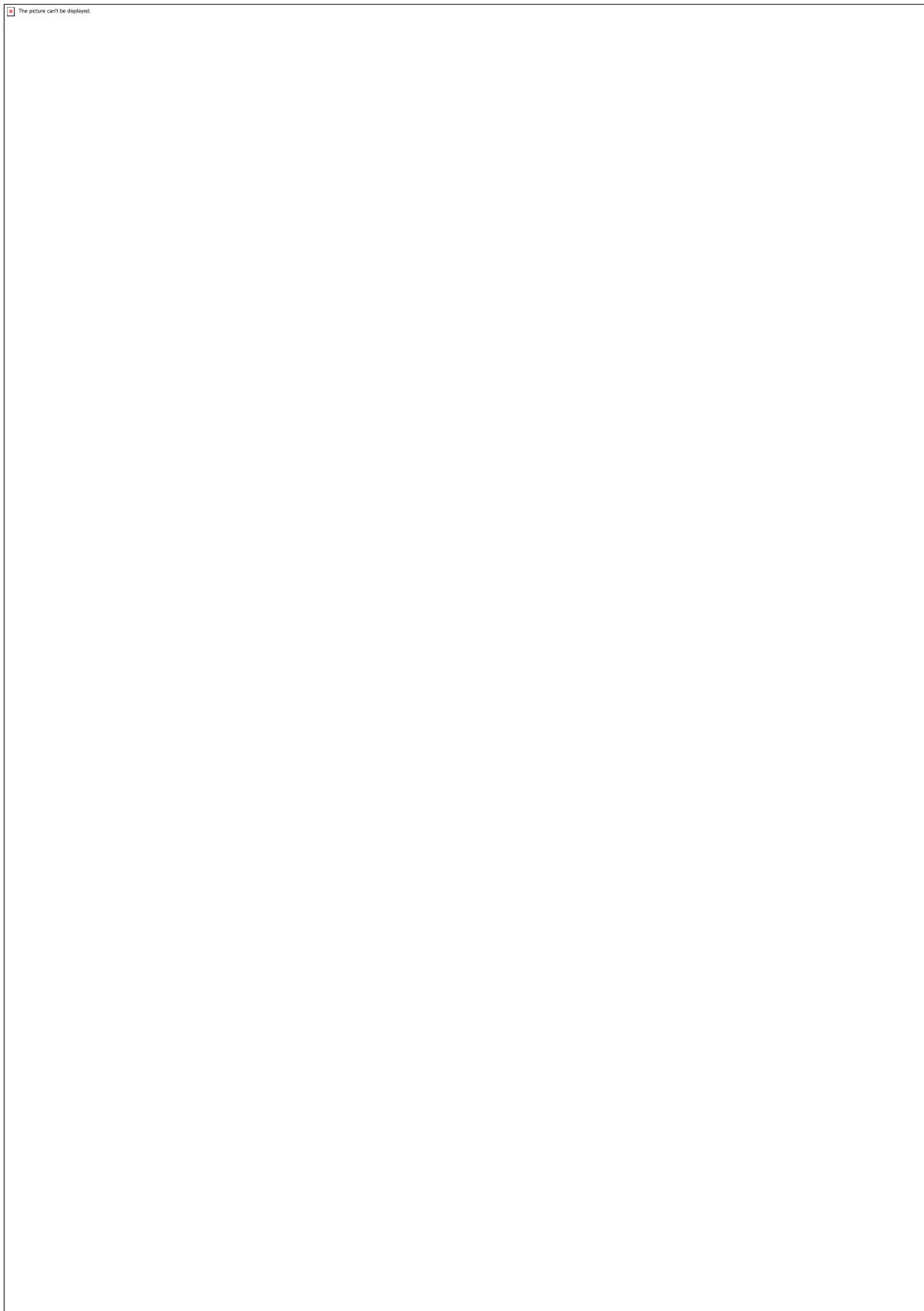


Tabela 1 – Cultivo da E. Coli e volume de tampão necessário para rompimento celular

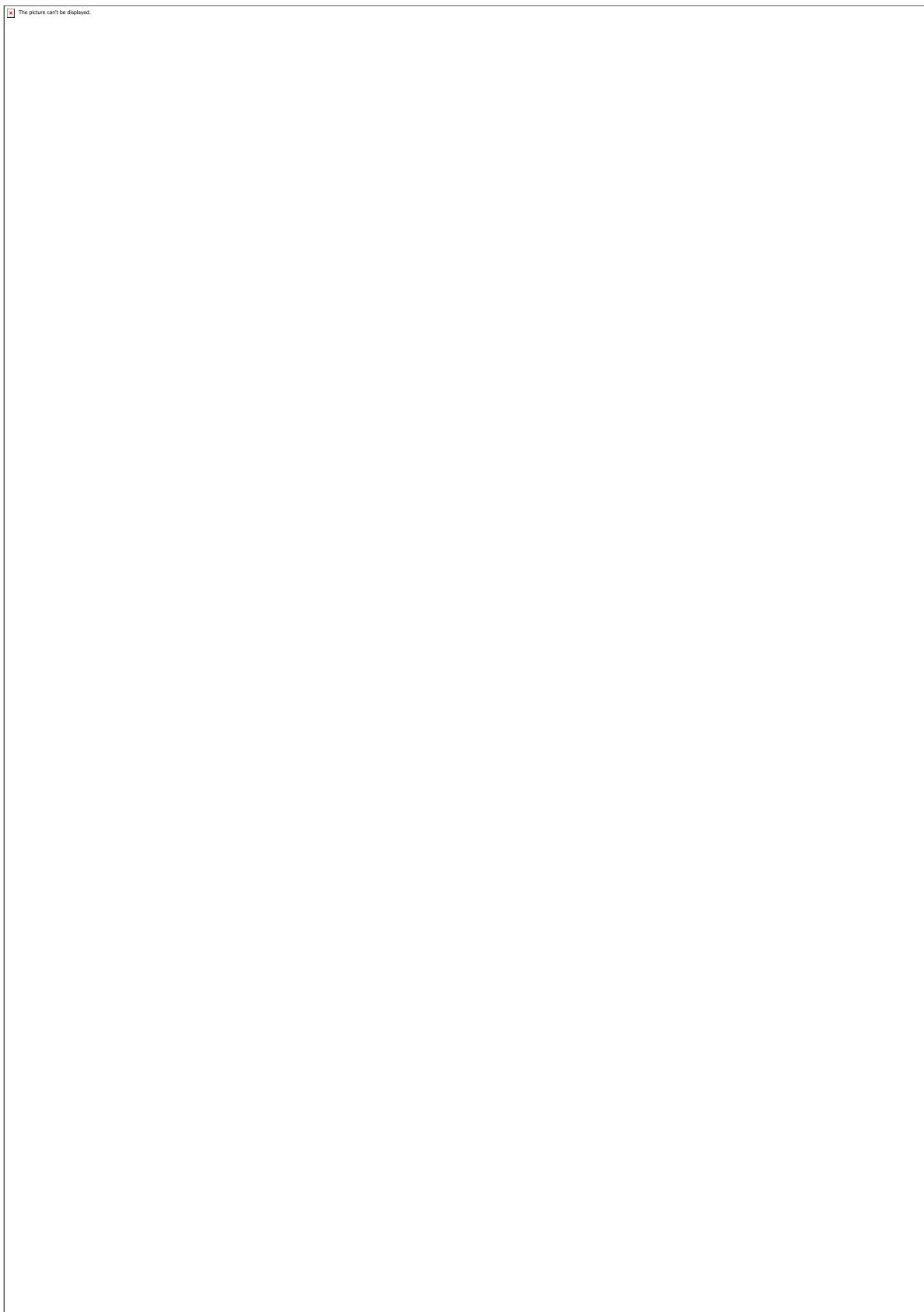


Tabela 2 – Composição dos sistemas aquosos bifásicos.

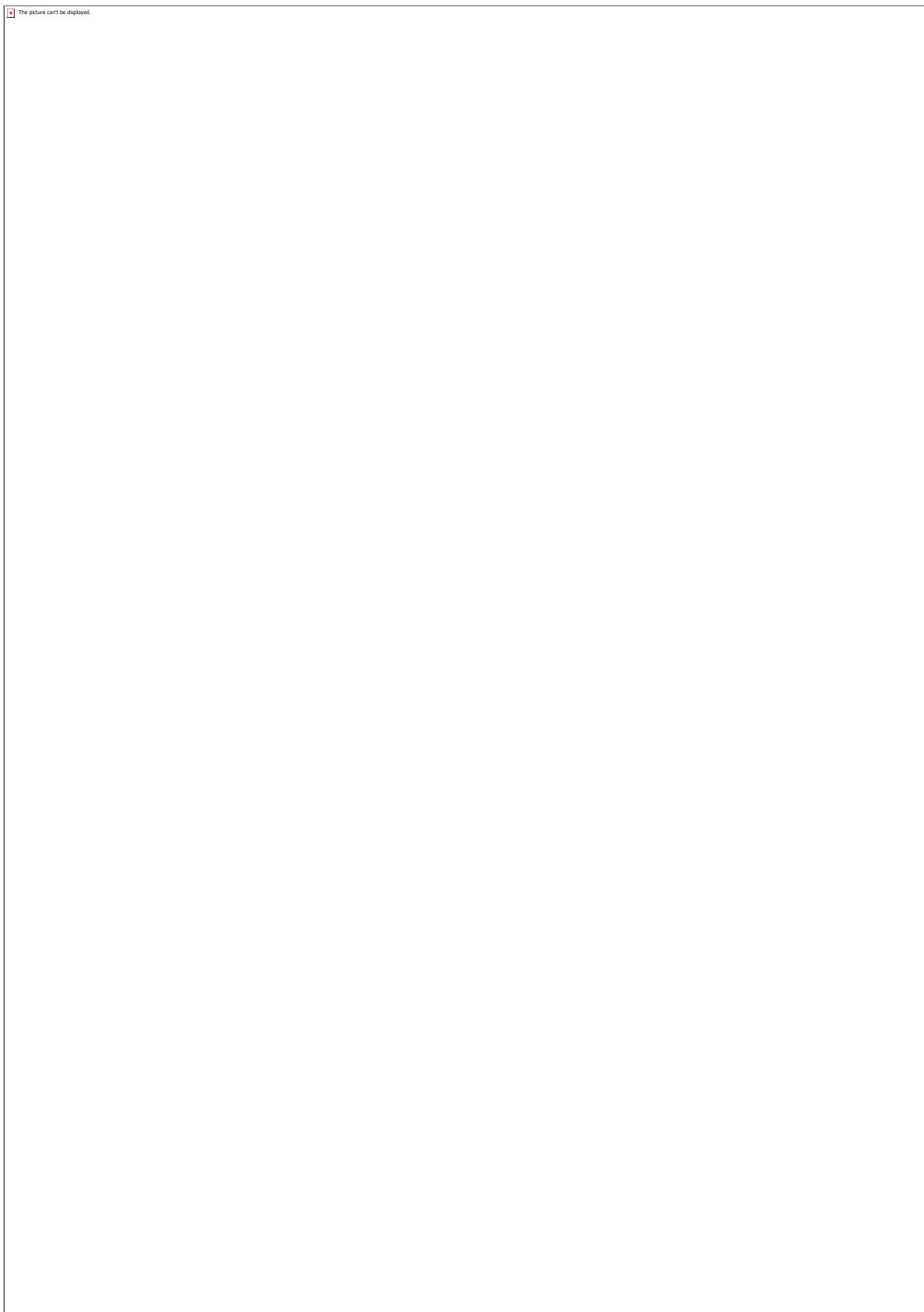


Tabela 3 – Curva de padronização do BSA para quantificação de proteínas totais.

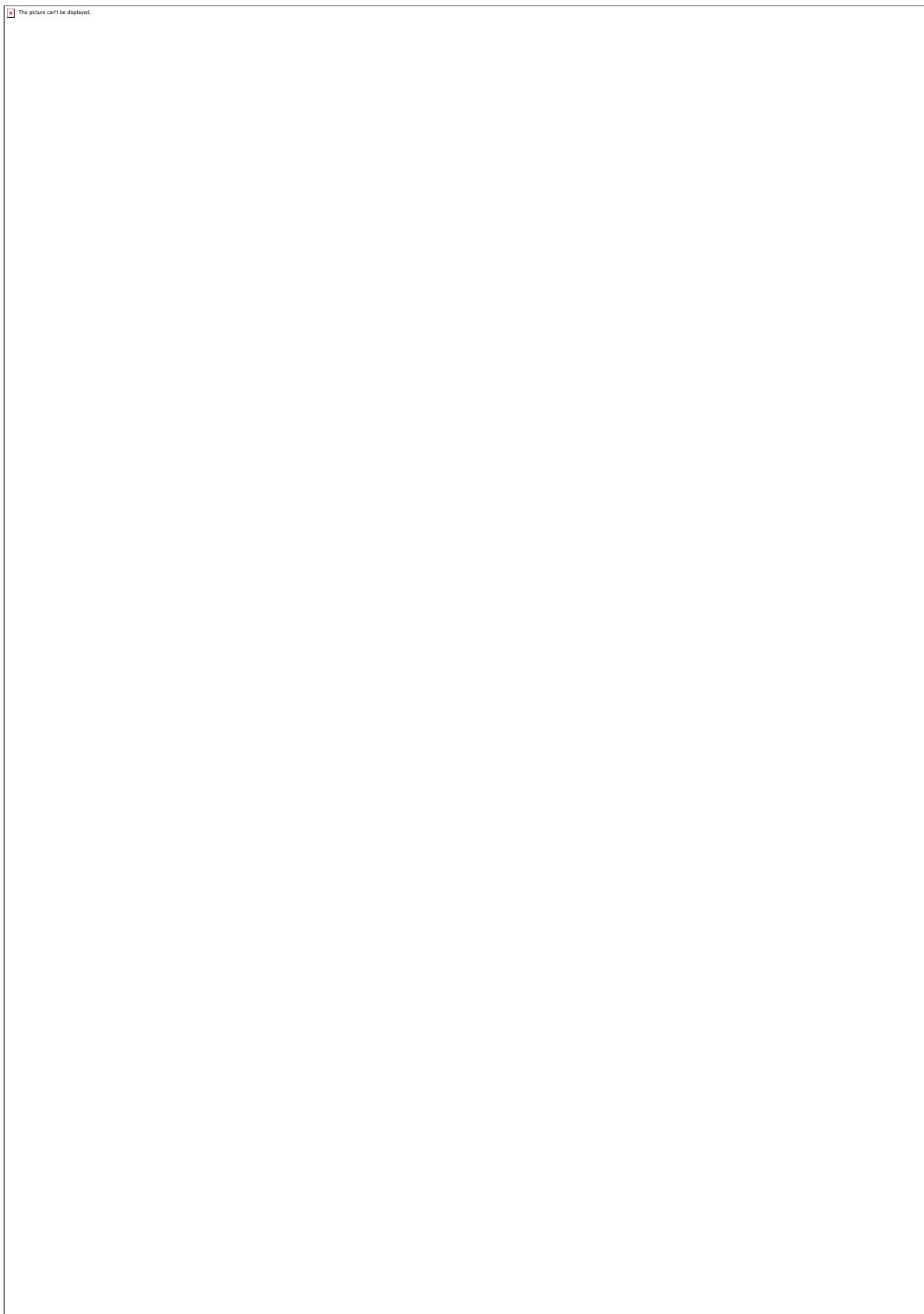


Tabela 4 – Volume (mL) de fase de topo e de base dos sistemas.

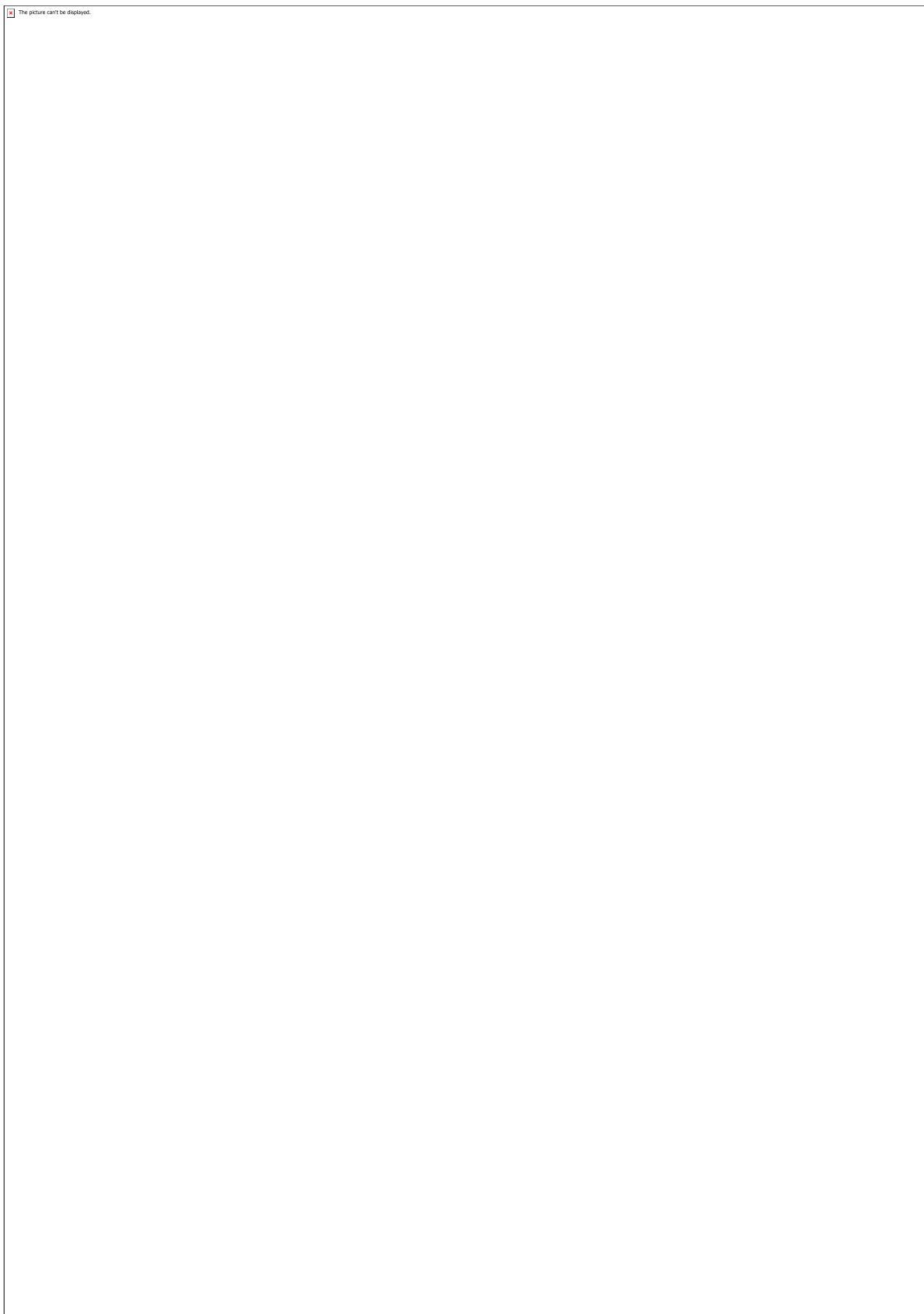


Tabela 5 – Concentração de proteínas em cada fase dos sistemas aquosos.

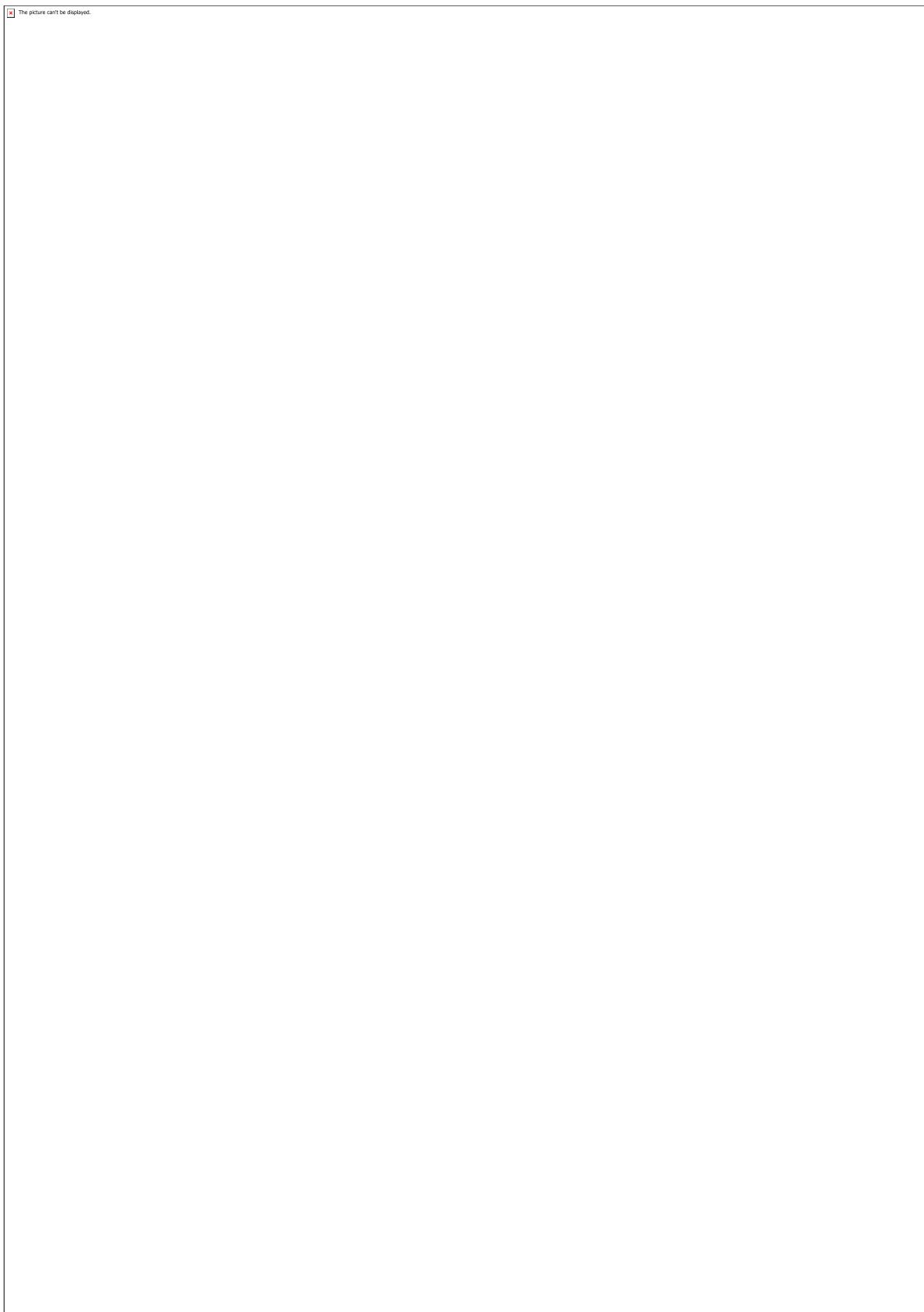


Tabela 6 – Coeficientes de Partição (K) e de Recuperação (R) de cada sistema.

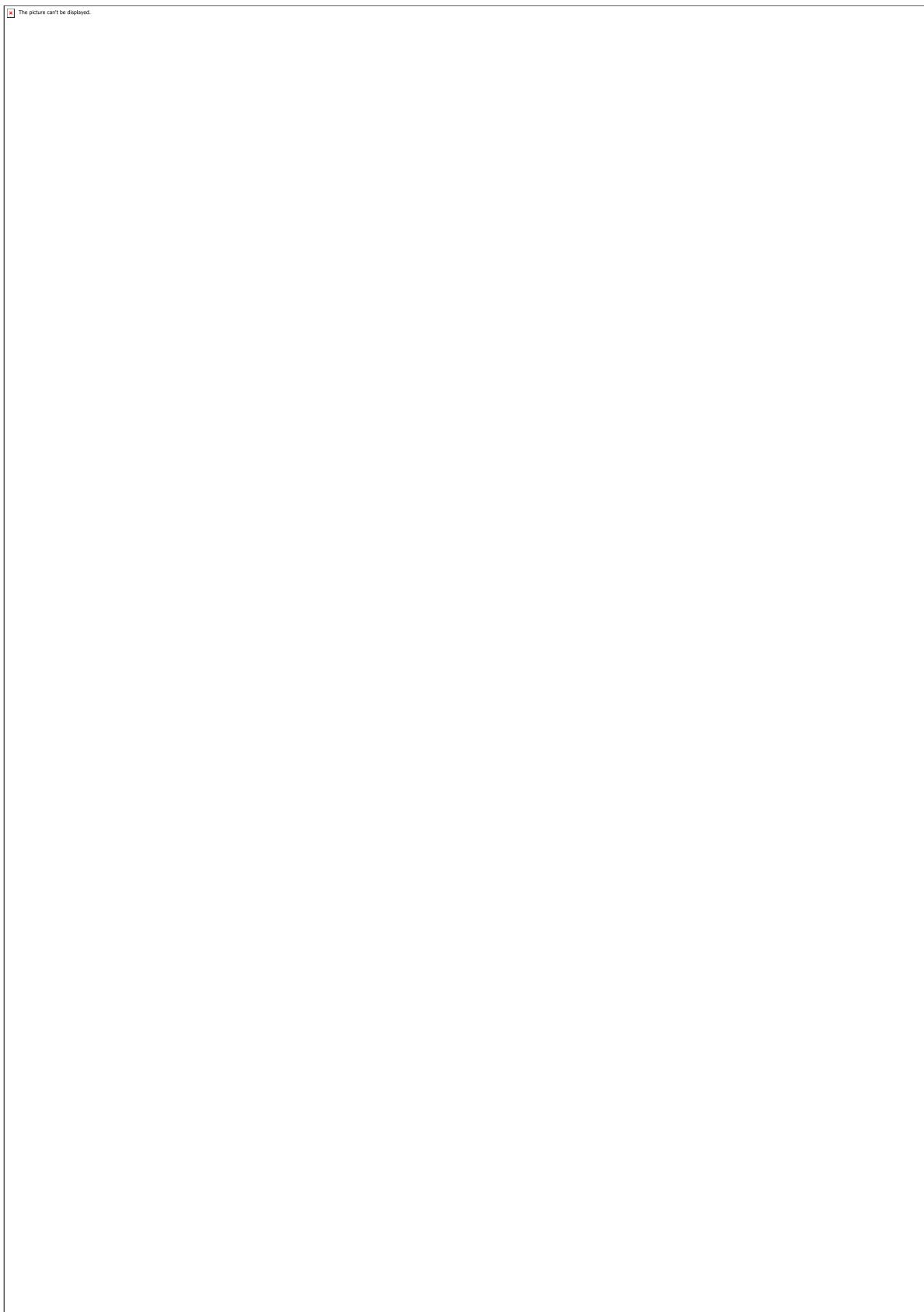


Figura 1 – Curva Padrão do BSA.

CÓDIGO: ET0098

AUTOR: RUBENS TAVARES DA FONSECA

ORIENTADOR: MARCOS SILVA DE AQUINO

TÍTULO: Tecnologia inovadora de tecidos de malha 3D com mistura de fibras naturais para aplicação em georredes.

Resumo

As malhas por trama são estruturas têxteis que ganharam espaço econômico por se tratar de uma estrutura com propriedades singulares, quando comparados aos tecidos planos. No geral, elas apresentam boa flexibilidade, elasticidade e alta deformação. No entanto, possuem a possibilidade de aumentar a sua resistência através da adição de fios de trama com entrelaçamentos individuais de cadeia. Dessa forma, há maior aplicabilidade desse material, que vai do vestuário convencional até os têxteis técnicos, como as georredes, que são estruturas tridimensionais utilizadas para drenagem do solo, distribuição de carga e proteção mecânica. O uso de malhas para a produção desse tipo de geossintético está relacionado à capacidade de se criar diversos modelos, interferindo diretamente nas suas características. Assim, é possível inovar na criação de georredes, melhorando as propriedades das mesmas. Este trabalho tem como objetivo criar várias estruturas de georredes utilizando a tecnologia da malharia retilínea, disponível no departamento de Engenharia Têxtil, usando fios de Kevlar®, poliéster e polipropileno. Tais polímeros permitem maior resistência a intempéries, aumentando a vida útil dos georredes. Após a produção dessas estruturas, sucederá combinações utilizando fibras naturais, com consequente caracterização das mesmas, definindo qual se apresentou com melhores condições de aplicabilidade.

Palavras-chave: Malha, tear retilíneo, 3D, trama, fio, geossintéticos, georredes.

TITLE: Innovative technology of 3D mesh fabrics with natural fiber blended for application in geotextile.

Abstract

The weft knitting are textile structures that have gained economic space because it is a structure with singular properties when compared to flat fabrics. In general, they have good flexibility, elasticity and high deformation. However, they have the potential to increase their strength by adding weft yarns with individual chain interlacings. Thus, there is greater applicability of this material, from conventional garments to technical textiles, such as geonets, which are three-dimensional structures used for soil drainage, load distribution and mechanical protection. The use of knitteds for the production of this type of geosynthetic is related to the ability to create several models, interfering directly in its characteristics. Thus, it is possible to innovate in the creation of geonets, improving their properties. This work aims to create several geonets structures using flat knitting

technology, available in the Department of Textile Engineering, using Kevlar®, polyester and polypropylene yarns. Such polymers allow greater resistance to weathering, increasing the useful life of the geonets. After the production of these structures, there will be combinations using natural fibers, with consequent characterization of the same, defining which was presented with better conditions of applicability.

Keywords: Knitted, flat knitting machine, 3D, weft, yarn, geosynthetic, geonet.

Introdução

O levantamento de construções é uma atividade corriqueira para o desenvolvimento das cidades, que pode ser bastante desafiador quando ocorre sobre solos fracos [1]. No entanto, é possível corrigir esse problema com a utilização de estruturas poliméricas de reforço, como as geogrelhas. O uso dessas estruturas tem sido estudado em organizações de pesquisa em todo o mundo desde os anos 80. Estudos relacionam o uso das geogrelhas com a melhoria das condições de interação da camada agregada [2]. Elas atuam melhorando a distribuição e transferência da carga, além de aumentar os módulos de deformação [3,4,5,6]. As geogrelhas se apresentam flexíveis e porosas, podendo ser usadas também na construção de muros, estabilização de lâminas, em muros de contenção segmentados, em plataformas de reforço de aterro e entre outras [1]. O projeto de criação do geotêxtil ocorre a partir do melhoramento da malha têxtil construída pela tecnologia da malharia por trama. Desta forma, o tecido é reforçado através da adição de fios, formando uma estrutura 3D com dupla-face. A estruturas utilizadas e a natureza dos fios ou filamentos serão fatores importantes para obtenção das propriedades desejadas. A formação do tecido em forma de sanduíche é feita utilizando uma máquina de malharia eletrônica (tear retilíneo). Esta é constituída de duas placas de agulhas lineares com segmentos individuais que são conectadas por meio de ligamentos na superfície das geogrelhas. Utilizaremos fios de origem vegetal (sisal, abacaxizeiro e gravatá), os quais são fontes de recursos renováveis e biodegradáveis [7] e fios de origem sintética, neste caso, fios de polipropileno. Por fim, as georredes serão produzidas com as diversas combinações de estruturas e composições e em seguida submetidas a ensaios mecânicos e químicos. Afim de compreender as propriedades relacionadas às estruturas e composições e, com base nos resultados, avaliaremos seu comportamento e observaremos a viabilidade de sua aplicação na construção civil, uma área onde a aplicação das georredes vem crescendo anualmente [8], bem como sua utilização em outras áreas.

Metodologia

Para realizarmos esta investigação utilizaremos o tear retilíneo (disponível no LABCTEX-DET-UFRN) afim de produzir as georredes com diferentes estruturas e composições, fazendo uso dos fios do polipropileno e de fios de origem vegetal (sisal, abacaxizeiro e gravatá) produzidos em laboratório. Após a produção das georredes, serão realizados ensaios de caracterização física (títulos dos fios sob a norma ASTM D1577 [9], tipo de estrutura da georrede sob a norma ASTM D4873 [10], fator de cobertura sob a norma ASTM D4751 [11], gramatura sob a norma ASTM D3776 [12], espessura sob a norma ASTM D5199 [13] e ASTM D1777 [14], permeabilidade ao ar sob a norma ASTM D4491 [15], rigidez sob a norma ASTM D7748 [16] e gravidade

específica sob a norma ASTM D792 [17]) e caracterização mecânica (resistência à tração sob a norma ASTM D4632 [18], à perfuração sob a norma ASTM D6241 [19], ao rasgo sob a norma ASTM D4533 [20], a costura sob a norma ASTM D4884 [21] e à abrasão sob a norma ASTM D4886 [22]). Por fim, após realizar todos os ensaios nas amostras de georredes, efetuaremos as análises e discussões dos resultados alcançados.

Resultados e Discussões

No decorrer do projeto, verificamos as necessidades de mais estudos sobre a confecção das estruturas de malhas por trama de 2D e 3D, procurando alternativa de uso de novas fibras e fios de com um custo mais barato, já que todos os recursos para desenvolvimento do projeto têm sido do próprio bolso do pesquisador, as habilidades adquiridas têm fortalecido a pesquisa na procura de desenvolvimento de novas estruturas de entrelaçamentos de fios e fibras para possibilitar uma instabilidade dimensional do tecido de malha fabricados no tear eletrônico do laboratório de Malharia aplicado às estruturas de georredes.

Conclusão

As estruturas com fios especiais já foram produzidas, o projeto ainda está em andamento, estamos na fase de caracterização da fibra do gravatá, como consequência teremos a produção dos fios, que serão misturados em estruturas conjuntas com os fios de origem sintética, ao final realizaremos ensaios mecânicos, químicos e caracterizações dessas novas estruturas que serão produzidas.

Referências

- [1] Unnam Rajesh et al. Transportation Research Procedia. V. 17, p. 164-173. 2016.
- [2] Marcin Grygierek and Jacek Kawalec. Selected laboratory research on geogrid impact on stabilization of unbound aggregate layer. Procedia Engineering. V. 189, p. 484-491. 2017.
- [3] C.D. Hall, J. Kawalec: Accelerated pavement testing for examining the performance of stabilisation geosynthetics Congreso Geosintec Iberia. pp. 81-84. 2013.
- [4] R. Jewell, G. Milligan, R. Sarsby, D. Dubois: Interaction between soil and geogrids. Polymer Grid Reinforcement, 1984, Thomas Telford Limited, London, United Kingdom
- [5] J. Kwon, E. Tutumluer: Geogrid base reinforcement with aggregate interlock and modelling of the associated stiffness enhancement in mechanistic pavement layers. Transportation Research Record. V. 2079, pp. 85-95, 2009.
- [6] D. White, P. Vennapusa, H. Gieselman, S. Douglas, J. Zhang, M. Wayne: In-Ground Stress Measurements for Geosynthetic Reinforced Subgrade/Subbase. Geo-Frontiers. pp. 4663-4672. 2011.
- [7] P. V Pannirselvam, B. S. Dantas, and B. H. S. Santiago. Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia. Rev. Anal., n. 15, pp. 56–62, 2005.
- [8] A. R. G. Filgueira and A. R. Gois. Análise técnica e econômica da aplicação de

- geocélulas para reforço de fundações diretas: estudo de caso. 2016.
- [9] ASTM, "ASTM D1577 - 07(2012) Standard Test Methods for Linear Density of Textile Fibers."
- [10] ASTM, "ASTM D4873 / D4873M - 17 Standard Guide for Identification, Storage, and Handling of Geosynthetic Rolls and Samples."
- [11] ASTM, "ASTM D4751 - 16 Standard Test Methods for Determining Apparent Opening Size of a Geotextile."
- [12] ASTM, "ASTM D3776 / D3776M - 09a(2017) Standard Test Methods for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric."
- [13] ASTM, "ASTM D5199 - 12 Standard Test Method for Measuring the Nominal Thickness of Geosynthetics."
- [14] ASTM, "ASTM D1777 - 96(2015) Standard Test Method for Thickness of Textile Materials."
- [15] ASTM, "ASTM D4491 / D4491M - 17 Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity."
- [16] ASTM, "ASTM D7748 / D7748M - 14e1 Standard Test Method for Flexural Rigidity of Geogrids, Geotextiles and Related Products."
- [17] ASTM, "ASTM D792 - 13 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement."
- [18] ASTM, "ASTM D4632 / D4632M - 15a Standard Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles."
- [19] ASTM, "ASTM D6241 - 14 Standard Test Method for Static Puncture Strength of Geotextiles and Geotextile-Related Products Using a 50-mm Probe."
- [20] ASTM, "ASTM D4533 / D4533M - 15 Standard Test Method for Trapezoid Tearing Strength of Geotextiles."
- [21] ASTM, "ASTM D4884 / D4884M - 14a Standard Test Method for Strength of Sewn or Bonded Seams of Geotextiles."
- [22] ASTM, "ASTM D4886 - 18 Standard Test Method for Abrasion Resistance of Geotextiles (Sandpaper/Sliding Block Method)."

CÓDIGO: ET0099

AUTOR: DIEGO ROLIM PORTO

ORIENTADOR: ADILSON JOSÉ DE OLIVEIRA

TÍTULO: Projeto e construção de um manipulador flexível utilizando barra instrumentada com acelerômetro

Resumo

Entre os maiores gastos do setor industrial estão: o custo energético de funcionamento e a compra de maquinário. Levando isso em consideração, a presença de robôs para realizar operações automatizadas e, assim, o aumento de produção tornam-se muito cara. Mesmo assim, a demanda de diversos tipos de mecanismos para a integração dos meios de produção definidos pela Indústria 4.0 é real. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de elo flexível, o qual é caracterizado por menor gasto energético, menor custo de fabricação e maior complexidade. A escolha de uma lei de controle não-linear (Modos deslizantes) permite lidar com a complexidade e erros de parâmetros do sistema. Para alcançar o objetivo, o projeto é dividido em 5 etapas: projeto conceitual de um mecanismo flexível e definições das condições operação do sistema, manufatura e análise dimensional dos componentes, instrumentação (escolha e posicionamento dos transdutores), elaboração dos programas de aquisição e processamentos de dados, testes funcionais de controle do mecanismo. Este projeto permite a verificação experimental da viabilidade de controle desse tipo de mecanismo para situações de manipulação industrial. Além disso, a tecnologia pode ser expandida para diversas áreas e/ou aplicações específicas, como a interação com pessoas.

Palavras-chave: Manipulação; Projeto mecânico; Instrumentação; Controle não-linear

TITLE: Project and manufacturing of a flexible link mechanism using a instrumented beam with accelerometers

Abstract

Among the highest costs in the industrial sector are the energy cost, operational expenses and machinery acquisition. With that in consideration, the presence of robots to perform automatic operations and, therefore, increase of production is rather expensive. Even so, the demand for several mechanisms and integration of different production lines, due to Industry 4.0, is real. This work proposes the development of a flexible link mechanism, which is characterized for: less energy consumption, lower manufacturing prices and, more complexity. Choosing a nonlinear control law (Sliding modes) allows the control system to better handle the complexity challenge and errors in system parameters. This project is divided in 5 steps: conceptual mechanical project of a flexible mechanism and definition of operation conditions, manufacture and dimensional analysis of the components, instrumentation (selection and positioning of

sensors), creation of acquisition and data processing algorithms, functional tests of control. This project facilitates the experimental verification of the application feasibility for this type of system. Furthermore, this technology can be expanded for several areas and, even, specific applications, such as robot-person interaction.

Keywords: Manipulation; Mechanical project; Instrumentation; Nonlinear control

Introdução

Manipuladores mecânicos são sistemas com aplicações em diversos ramos industriais. Na engenharia, sempre existem casos nos quais se necessita do deslocamento de peças para montagem ou armazenamento, movimentação precisa e correta de ferramentas para usinagem, separação de itens em linhas de produção, entre outras aplicações. Dentro dessa área de manipulação pelo uso de robôs surgem dois tipos de manipuladores: Os rígidos e os flexíveis.

A presença de grandes quantidades de massa e a necessidade de rigidez tem consequências severas no funcionamento e eficiência do sistema rígido. Principalmente quando são analisados: o consumo energético e a relação de carga útil por massa total do sistema. Ambos esses parâmetros de análise são bem desfavoráveis para a aplicação de um manipulador rígido. Apesar das desvantagens, a confiabilidade e simplicidade do controle ainda mantém os manipuladores rígidos como uma preferência para aplicações industriais.

Equivalentes flexíveis a manipuladores rígidos são caracterizados pela existência de deformações elásticas durante o uso. Apesar de serem visualmente similares aos manipuladores rígidos, esse tipo de manipulador possui menos massa associada à sua estrutura, devido a uma baixa relação entre a sua seção transversal e o seu comprimento. Isso, apesar de dificultar sua utilização e aplicação, é responsável pelas grandes vantagens dos mecanismos flexíveis. Entre elas, menos massa, maiores velocidades e acelerações, maior força por massa. Essas vantagens refletem diretamente em um menor consumo energético, maior produtividade e maior capacidade de carga útil (WANG; GAO, 2003).

Com o aumento da capacidade computacional e o desenvolvimento de controladores não lineares torna-se plausível a substituição dos mecanismos tradicionais (rígidos) por flexíveis. Em linha com esses fatores, o aumento da demanda de robôs devido as suas capacidades na automação industrial têm tornado os mecanismos flexíveis objeto de estudo e foco em pesquisas científicas (TOKHI; AZAD, 2017).

Além disso, as características de massa do manipulador flexível os tornam mais seguros para operadores, na indústria, e para a interação com pessoas. Permitindo assim, aplicações específicas para o uso de elos flexíveis, saindo da área industrial.

Os métodos de controle tradicional, citados anteriormente, referem-se aos métodos de controle linear PID (proporcional, integrativo e derivativo) que são considerados uma boa escolha para a indústria. Porém, para sistemas com altas incertezas e/ou não-linearidades, sua performance é ruim (baixo tempo de resposta e erros de acurácia do estado desejado) quando comparados com técnicas intrinsecamente não lineares, inteligentes ou uma combinação de ambas (PEREIRA et al., 2010).

Controladores não-lineares, como os explorados por Bessa (2005) e Slotine (1991), são

propostos para tentar melhorar as capacidades de controle da ponta de elos flexíveis. Nesse trabalho, em específico, o método dos modos deslizantes. Este possui provas de estabilidade, robustez e boa integração com algoritmos inteligentes. Essas características são mostradas por Bessa et al (2018).

Este trabalho se propõe a desenvolver um mecanismo de elo flexível baseado em sinais de aceleração com o objetivo geral de verificar a viabilidade do controle não-linear de tais mecanismos experimentalmente. Para atingir o objetivo geral dessa pesquisa, os seguintes objetivos específicos serão necessários:

- Projeto de um manipulador mecânico de elo flexível com estrutura de suporte leve e rígida;
- Definição das especificações técnicas de acionamento para controle de posição e velocidade angular da barra flexível;
- Manufatura, inspeção e montagem do manipulador mecânico flexível associado a um motor;
- Instrumentação da barra com transdutores de aceleração;
- Criação de programas para a aquisição e processamento de dados e o controle do manipulador na plataforma National Instruments (NI);
- Realização de ensaios funcionais do manipulador flexível;

Metodologia

Nos tópicos deste capítulo são apresentadas as etapas envolvidas no desenvolvimento do sistema de elos flexíveis para o teste de metodologias de controle. A apresentação segue a seguinte ordem: a) o projeto estrutural; b) a manufatura, montagem e inspeção; c) hardware e software; d) aquisição e processamento de dados; e) testes funcionais.

1.1 Projeto de um sistema de barra flexível
Tendo como referência o sistema didático da empresa Quanser (QUANSER, 2019), foi projetado um sistema composto por: uma estrutura de suporte e acoplamentos de conexão do atuador ao elo flexível. Na realização desse projeto foi considerado os materiais e equipamentos disponíveis no Laboratório de Manufatura. Com base nesses requisitos, lista-se:

- Estrutura de suporte rígida e leve;
- Sistema de fixação com capacidade de substituição da barra;
- Componentes mecânicos de conexão entre motor e barra com baixos coeficientes de atrito;
- Tolerâncias de montagens adequadas para evitar o aumento de vibrações devido às folgas;
- Atuador elétrico para facilitar o controle com potência mínima de 47 W, com torque de 1,5 Nm e rotação de 300 rpm;
- Transdutor para aquisição de dados de posicionamento com resolução de 0,1°;
- Transdutor para aquisição de dados de aceleração com amplitudes de até 3,0 g (14,715 m/s²);
- Barra com relação mínima de comprimento por espessura de 300 vezes.

O sistema mecânico foi projetado com o auxílio do software CREO Parametric 4.0 (versão acadêmica) disponível no Laboratório de Manufatura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

1.2 Manufatura, montagem e análise dimensional
Para os componentes com necessidade de manufatura foi utilizado a liga de alumínio 7075 T6. Este material estava disponível no Laboratório de Manufatura. Além disso, havia a disponibilidade de diversas máquinas-ferramenta convencionais, como: torno horizontal, fresadora universal, furadeira de coluna. Para utilização das máquinas citadas, precisa-se das seguintes ferramentas:

- Broca (\varnothing 4 mm, 7,8 mm e 2,5 mm) – Material HSS;
- Alargador (\varnothing 8 mm, tolerância H7) – Material HSS;
- Fresa (\varnothing 10 mm e 6 mm) – Material HSS;
- Macho rígido M3 – Material HSS;
- Ferramentas para usinagem externa e interna;

A análise dimensional dos componentes foi realizada com objetivo de verificar se as tolerâncias definidas em projeto foram atendidas evitando problemas na montagem dos componentes. O instrumento de medição utilizado foi o paquímetro Mitutoyo 0-150 mm, com resolução de 0,05 mm. Esse equipamento possui o certificado de calibração e estão disponíveis no Laboratório de Metrologia da UFRN. Equívocos nessas etapas podem comprometer o funcionamento do mecanismo.

1.3 Hardware e Software
Dentre os componentes elétricos necessários para o funcionamento do sistema, tem-se os atuadores, transdutores, fontes de energia e demais componentes eletrônicos. A seguir apresenta-se a lista desses componentes:

- Motor de corrente contínua J-Lotor 42GP-775 com 150 W e redução de 13:1;
- “Driver” Reland Sun AQMH3615NS v2.00;
- “Encoder” Broadcom Limited HEDS-9730;
- Fita circular para “encoder” com resolução de 0.075°;
- Acelerômetro GY-61 chip DLX335;
- Fonte HP PA-1650-32HB de 65 W;

Para o controle, a aquisição e o processamento de dados, o microcontrolador National Instruments MyRio 1900 foi escolhido. Além de já estar disponível no Laboratório de Manufatura, esse é um equipamento robusto, confiável e utilizado industrialmente.

1.4 Aquisição de dados e controle do atuador
Para o funcionamento correto do sistema, fez-se necessário o desenvolvimento de programas para aquisição e processamento de dados dos transdutores, além da implementação dos algoritmos de controle para atuação no sistema. Para a programação do microcontrolador e interação com o usuário é utilizado o ambiente de desenvolvimento para a linguagem de programação visual G, LabView (National Instruments, 2019). Esse ambiente de desenvolvimento possui integração direta com o microcontrolador escolhido. O programa construído tinha uma interface gráfica que permitia: a) visualização e comparação dos dados obtidos; b) opções de interação com o algoritmo de controle, permitindo assim que sejam escolhidos parâmetros para o posicionamento e velocidade do sistema mecânico; c) gráficos dos erros de controle.

Os algoritmos utilizados foram: a) controle proporcional; b) controle não-linear por modos deslizantes para a atenuação das oscilações. As fórmulas apresentadas nas Eq. 1 e 2, respectivamente, representam as equações de torque do sistema para o

controlador linear proporcional adaptado de Franklin, Powell e Emami-Naeini (2013) e controlador de modos deslizantes adaptado de Bessa et al (2018).

1.5 Testes funcionais
Após a criação dos algoritmos de aquisição e controle, os testes verificaram completamente a capacidade e qualidade do sistema. Esses devem ser realizados de duas formas: a) pela verificação da acurácia e da estabilidade dos dados dos transdutores (“encoder” e acelerômetro); b) e pelo nível de erros da lei de controle proposta para o sistema. A verificação dos transdutores foi feita por comparação com padrões. O acelerômetro foi comparado e calibrado pelo acelerômetro embutido no microcontrolador. Este possui uma saída estável e confiável. Os dados obtidos pelo “encoder” foram comparados a pontos de controle com angulação conhecida na estrutura de suporte do sistema. Os erros da lei de controle foram mostrados em tempo real na interface gráfica do programa desenvolvido por comparação com os valores esperados de posição, velocidade e aceleração. O desempenho no problema de rastreamento de trajetória foi utilizado como principal forma de análise entre métodos de controle, principalmente pelos gráficos de erro de estado.

1.6 Fluxograma do projeto

O fluxograma apresentado na Fig. 1 organiza as etapas seguidas no desenvolvimento e a hierarquia do projeto como um todo, começando pelo projeto mecânico conceitual até a realização de testes e validação do sistema.

Resultados e Discussões

Este item apresenta os resultados obtidos com a utilização da metodologia descrita e as devidas discussões. Seguindo uma estrutura similar ao item Metodologia, este tópico discorre: a) Projeto de um sistema de barra flexível; b) Manufatura, montagem e análise dimensional; c) Hardware e Software d) Aquisição de dados e controle do atuador; e) Testes funcionais.

1.1 Projeto de um sistema de barra flexível

O projeto foi realizado levando em consideração os requisitos especificados no item metodologia (de acordo com o item 2.1) Na Fig. 2 pode-se visualizar uma vista explodida dos componentes do sistema.

O projeto demonstrado satisfez os requisitos de montagem da seguinte forma: a fixação do sistema à estrutura de suporte e do elo flexível ao motor é feita com parafusos. Isso permite a troca do sistema e/ou da barra, caso desejado. Esses furos estão presentes nos componentes “peças de fixação do elo” e “base do rolamento”. O rolamento axial de esferas é responsável pelos baixos coeficientes de atrito do sistema. Esse componente foi posicionado no contato entre as peças móveis e a sua base. Os requisitos de tolerância não influenciaram diretamente o projeto dos componentes, apenas na montagem do sistema.

Nessa montagem, a base rolamento é responsável, também, por suportar o motor. Isso foi feito para evitar desalinhamentos dos eixos e furos devido às superfícies não paralelas.

Além dos componentes citados anteriormente, foram prototipadas, por manufatura aditiva, dois componentes extras. Uma caixa de proteção para o circuito integrado do “driver” do atuador e uma cesta que será apoiada na do elo flexível. Esse último componente tem duas funções: ser a carga útil do sistema e facilitar a visualização da redução de vibração do elo flexível. A Fig. 3 apresenta os projetos em CAD elaborados no software Creo Parametric 4.0 (versão acadêmica).

No total, são utilizados 15 componentes diferentes no sistema. A Tab. 1 a seguir apresenta todos esses componentes necessários, e faz uma subdivisão entre componentes manufaturados, comprados e aproveitados. Os desenhos técnicos dos componentes manufaturados podem ser encontrados no Apêndice A.

1.2 Manufatura, montagem e análise dimensional.

Como comentado anteriormente, nesse projeto foi composto por peças manufaturadas, compradas ou aproveitadas. Para a fabricação e modificações de peças foram feitos os desenhos técnicos seguindo as normas da ABNT e com o auxílio do programa CAD.

Para os componentes manufaturados (Itens 1 a 4 na Tab. 1). Todo o processo de manufatura e análise dimensional foi realizado no Laboratório de Manufatura com auxílio do Laboratório de Metrologia. Os componentes “peças de fixação do elo” e “base do rolamento” possuem dimensões críticas na interface peça-rolamento com tolerância de 0,02 mm.

Dentre os componentes comprados (Itens 5 a 12 na Tab. 1), o componente mais crítico é o rolamento axial de esfera. Foi escolhido o rolamento 51102 (SKF, 2019) principalmente as suas dimensões nominais.

Entre os componentes aproveitados (Itens 13 a 15 na Tab. 1) tem-se: a fita circular do “encoder”, o acelerômetro, a fonte de potência. Isso foi feito tendo como objetivo facilitar o andamento do projeto pela utilização de componentes consolidados e de utilização de larga escala. Somado a isso tem-se a redução de custos associados ao projeto.

A fita circular do “encoder” foi retirada de uma impressora pela qualidade desse componente e, principalmente, pela resolução. O acelerômetro estava disponível no Laboratório de Manufatura, onde este havia sido utilizado em um projeto antigo. A fonte elétrica utilizada foi escolhida entre os carregadores de notebook, levando em consideração a tensão elétrica fornecida.

A fonte e a fita circular do “encoder” precisaram de poucas adaptações para serem integradas ao projeto mecânico do sistema. No caso da fonte foi necessário mudar a conexão padrão e expor os fios para permitir conexão com “driver”. O diâmetro interno da fita circular foi aumentado para permitir encaixe nas peças de fixação do elo.

Os componentes restantes foram comprados, sendo eles: a) o motor elétrico; b) o “encoder” incremental; c) o “driver” de modulação PWM; d) o elo flexível (réguas); e) estrutura de suporte; f) rolamento axial de esferas 51102 (SKF, 2019). Dentre esses, o elo foi furado para permitir sua fixação as juntas e reduzido de tamanho.

1.3 Hardware e Software

Nessa seção apresenta-se detalhes sobre a escolha de determinados componentes elétricos. Estes são mostrados em seus locais de operação pela Fig. 4.

O motor de corrente contínua J-Lotor 42GP-775 com 150 W e uma redução de 13:1, como mostrado na Fig. 4, é superestimado para a aplicação e um limitador de torque foi digitalmente implementado para permitir a segurança do sistema e do ambiente. Apesar disso, ele foi escolhido assim para viabilizar projetos futuros do laboratório, caso necessitem.

O transdutor para aquisição dos dados de posição utilizado foi o Broadcom Limited HEDS-9730, apresentado na Fig. 4. Esse é um “encoder” incremental de 4 canais com resolução de 480 linhas por polegada (lpi) (AVAGO; 2008). Esse componente funciona juntamente a fita do encoder. Esse transdutor é de saída analógica e, assim, é de fácil utilização com qualquer microcontrolador por não necessitar de configuração. Além disso, ele apresentar uma ótima precisão de medição devido à baixa resolução.

O acelerômetro utilizado é o Acelerômetro GY-61 chip DXL335. Esse é um transdutor de saída analógica e fácil implantação. Ele foi utilizado por estar disponível no Laboratório de Manufatura, por possuir ótima estabilidade do sinal para medição de aceleração abaixo de 3,0 g e ter limites de operação compatíveis, evitando assim possíveis danos ao transdutor. A Fig. 4 demonstra esse transdutor fixado ao elo flexível.

O “driver” Reland Sun AQMH3615NS v2.00, apresentado na Fig. 5, foi escolhido baseado nas especificações do motor e por ser controlado por Modulação de largura de pulso – mais conhecido por PWM (pulse width modulation). Essa técnica é bastante utilizada e o microcontrolador MyRio 1900 utilizado possui ótimas funcionalidades para essa técnica, além de alta qualidade do sinal gerado.

A fonte HP PA-1650-32HB de 65 W e 19,4 V foi reaproveitada de um notebook antigo e modificada para permitir sua conexão com o “driver”. Esta é a fonte de potência mecânica do sistema. Devido ao tipo de operação imposta ao sistema, essa fonte foi suficiente, mesmo tendo uma especificação de potência menor que a potência nominal especificada para o motor. A Fig. 6 mostra uma foto dessa fonte

1.4 Aquisição de dados e controle do atuador

As duas principais funções do controlador foram: a) a aquisição; b) tratamento de dados e o controle do atuador (motor de corrente contínua). Levando em consideração as especificações técnicas do MyRio 1900, os dois processos foram separados em dois ciclos de execução.

O ciclo de aquisição de dados é responsável por: a) transformar os sinais analógicos dos transdutores em valores físicos correspondentes aos estados do sistema; b) filtrar os sinais de para a remoção de ruídos e descontinuidades com o objetivo de melhorar a qualidade dos sinais; c) disponibilizar os dados globalmente para o acesso do ciclo de controle.

Os dados do “encoder” são processados pelo microcontrolador, que faz a contagem de pulsos defasados para obter a posição relativa da junta. Devido a isso, faz-se necessário a definição manual de um zero absoluto ao sistema. Os valores de tensão elétrica do acelerômetro são convertidos em aceleração (g) por uma função de calibração apresentada na Eq. 3, adaptado de Analog (2009).

Os dados de posição angular da junta passam por uma função derivativa para obtenção da velocidade e da aceleração angular. Para realizar esse processo derivativo é utilizado o observador de modos deslizantes (BESSA et al., 2018). Ele é utilizado por ser robusto às variações de período de aquisição e às descontinuidades. A aplicação de um método de derivação convencional, por diferenças consecutivas, gerava um sinal ruidoso que impossibilitava o seu uso.

Ainda assim, utilizou-se um filtro para uma maior suavização dos sinais medidos. O filtro utilizado é do tipo passa baixa de primeira ordem e ele é utilizado nos sinais de aquisição e nos sinais derivados de velocidade e de aceleração. Seu uso foi mais significativo nos sinais originados dos transdutores com o objetivo de diminuir a influência das folgas de montagem.

O ciclo de aquisição foi configurado para funcionar com uma taxa de 500 Hz. Essa frequência mostrou-se suficiente para o funcionamento correto do sistema de controle. Cada ciclo o sistema realizou todos os passos para aquisição, manipulação, filtragem e disponibilização dos dados para o ciclo de controle.

O ciclo de controle é responsável por gerar um sinal de controle ótimo para um dado estado do sistema e gerar sinais digitais de controle para os “drivers”. Isso é feito pelos algoritmos de controle derivado das leis de controle. Esse ciclo foi configurado sem uma taxa de funcionamento específico. Ao contrário do ciclo de aquisição, que possui processos integrativos e derivativo, este não apresenta perda de qualidade por variações no período de funcionamento.

O ciclo de controle é composto de 4 sub etapas para obter os sinais de atuação. Eles são: a) definição do estado desejado; b) cálculo do sinal de controle pela utilização dos algoritmos de controle; c) limitação dos sinais para tornar o sistema mais seguro; d) geração dos sinais de atuação.

Juntamente aos ciclos de controle e aquisição são executadas rotinas para a geração da interface gráfica de usuário. Esta é apresentada na Fig. 7. A interface permite, com auxílio de botões digitais; a interação com algoritmo de controle e modificação dos parâmetros de entrada do sistema. Existem gráficos em tempo real para permitir a comparação entre os estados desejados e reais do sistema. O códigos-fonte do programa podem ser encontrados no Apêndice B.

1.5 Testes funcionais

Foram realizados teste funcionais no sistema para confirmar o funcionamento correto do “encoder” e do acelerômetro. Esses testes foram feitos por comparação com medição mais confiáveis. As medições do “encoder” foram comparadas a posições conhecidas na estrutura de suporte do sistema. Para o acelerômetro, foi realizada uma comparação ponto a ponto com o acelerômetro disponível no microcontrolador. Foi visto, assim, que o acelerômetro aproveitado não apresentava resultado fiéis e foi feito uma nova calibração tendo como base dados obtidos da comparação que resultou na Eq. 3.

Nas Fig. 8 e 9 são mostrados os resultados dos experimentos de rastreamento de trajetória (RT). Em todos os casos a linha preta representa a posição desejada e a linha azul representa o caminho realizado pelo mecanismo para determinada lei de controle. Foi utilizado como posição desejada a função seno com apenas a frequência variável.

Com os gráficos apresentados fica claro a melhora do posicionamento angular do mecanismo. De forma complementar, são mostrados nas Fig. 10 e 11, as oscilações medidas na ponta do elo para ambos os casos dos gráficos anteriores.

Apesar do aumento na frequência de oscilação geral da ponta com a compensação ativada, a amplitude de oscilação caiu pela metade. Este é o fator mais importante considerando a folga considerável que existe no sistema de fixação do eixo de rotação. Isto acaba sendo transmitido para o elo e amplificado no acelerômetro devido a sua distância do eixo.

Além da péssima capacidade de rastreamento de trajetória, o controlador sem compensação é impossível de ser utilizado com o aumento da frequência desejada da trajetória. Isso é mostrado na Fig. 12.

Nesse experimento as oscilações do mecanismo divergem e a compensação é ativada para evitar danos ao sistema e riscos ao operador.

Os testes demonstraram uma outra característica desse sistema. Com a compensação de vibração ativada. O aumento da velocidade de operação melhora a qualidade do rastreamento da trajetória. Isto é mostrado pelas Fig. 13 e 14. As figuras representam o rastreamento de velocidade, pois estes foram mais sensíveis a variações.

Por fim, pode-se afirmar a viabilidade de aplicação do controlador por modos deslizantes para um sistema de elo flexível. Além disso, o projeto permitiu o desenvolvimento de novas habilidades e compreensão de desafios de engenharia, principalmente sobre projeto e manufatura de componentes mecânicos (tolerâncias de projeto e montagem de conjuntos), instrumentação de sistemas (planejamento do posicionamento de transdutores e qualidade do sinal analógico), e processamento de dados (tratamento de sinais ruidosos e técnicas derivativas).

Conclusão

Um sistema mecânico de deslocamento angular e controlado por sinais de aceleração, com o objetivo de simular a dinâmica estrutural de manipuladores robóticos flexíveis foi projetado, manufaturado e controlado. Para atingir esse objetivo foi realizado:

- O projeto conceitual do mecanismo e análises dimensionais mostraram a viabilidade de manufatura de um sistema de testes de barra flexível com estrutura leve;
- Definindo-se as características operacionais desejadas para tal sistema foi possível realizar a escolha de um motor de corrente contínua para o fornecimento de potência ao sistema;
- Os componentes mecânicos para o suporte e fixação do elo e do motor, e para a transmissão de potência para elo mostraram-se adequadas, porém limitadas, devido a presença demasiada de folgas;
- A escolha dos transdutores de aceleração e de posição angular atendeu as necessidades experimentais;
- O ambiente de desenvolvimento LabVIEW e o microcontrolador MyRio 1900 foram devidamente utilizados para a aquisição e processamento dos dados dos transdutores;

- Os testes de funcionamento do mecanismo associados às metodologias de controle mostraram a viabilidade de aplicação do mecanismo em situações nas quais disponibilidade energéticas é limitada.

É conveniente, também, apresentar pontos específicos do trabalho que poderiam ser alvo de novos tópicos de pesquisa. Segue:

- Projeto e manufatura de um novo sistema de fixação mais robusto e versátil, aumentando a qualidade e permitindo a utilização da estrutura de suporte para outros experimentos;
- Desenvolvimento de modelos fiéis do sistema para aplicação no controlador com o objetivo de melhorar as estimativas dos esforços de controle;
- Utilização de extensômetros como transdutor de deflexão angular do elo. E aplicação de conceitos de redundância;
- Implementação de algoritmos otimizados de aquisição e processamento de dados e acionamento para melhorar as capacidades do sistema. Além do desenvolvimento de novas técnicas de comparação de dados experimentais.

Referências

Analog Devices; ADXL 335: Small, Low Power, 3-Axis, ± 3 g; Datasheet; Analog Devices; 2009

Avago Technologies Limited; HEDS-9730, HEDS-9731: Small Optical Encoder Modules 480lpi Digital Output; Datasheet, 2008.

BESSA, Wallace Moreira. Controle por Modos Deslizantes de Sistemas Dinâmicos com Zona Morta Aplicado ao Posicionamento de ROVS. 2005. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BESSA, Wallace M. et al. A Biologically Inspired Framework for the Intelligent Control of Mechatronic Systems and Its Application to a Micro Diving Agent. Mathematical Problems in Engineering, [S.I.], v. 2018, p.1-16, 30 dez. 2018. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/9648126>.

PEREIRA, Emiliano et al. Control of Flexible Manipulators: Theory and Practice. Robot Manipulators Trends and Development, [s.l.], p.267-296, 1 mar. 2010. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/9209>.

Pereira et al. (2010) FRANKLIN, Gene F.; POWELL, J. David; EMAMI-NAEINI, Abbas. Sistemas de Controle para Engenharia. 6. ed. São Paulo: Bookman Companhia Editora Ltda, 2013. 702 p.

National Instruments. Ambiente LabVIEW, 2019. Página de descrição. Disponível em: <<https://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/pt/>>. Acesso em: 16 de julho de 2019.

QUANSER. Rotary Flexible Link, 2019. Página de especificação. Disponível em: <<https://www.quanser.com/products/rotary-flexible-link/>>. Acesso em: 04 de junho de 2019.

SLOTINE, Jean-jacques E.; LI, Weiping. Applied Nonlinear Control. Englewood Cliff, Nj: Prentice-hall, Inc, 1991. 462 p.

SFK; Rolamento 51102: axial de esferas, escora simples; Página de especificação. Disponível em: <[https://www.skf.com/br/products/bearings-units-housings\(ball-bearings/thrust-ball-bearings/single-direction/index.html?designation=51102\)](https://www.skf.com/br/products/bearings-units-housings-ball-bearings/thrust-ball-bearings/single-direction/index.html?designation=51102)> Acesso em: 22 de agosto de 2019.

TOKHI, M. Osman; AZAD, Abul K. M. Flexible Robot Manipulators: Modelling, Simulation and Control. 2. ed. London: The Institution of Engineering and Technology, 2017. 536 p.

WANG, Fei-Yue; GAO, Yanqing. Advanced Studies of Flexible Robotic Manipulators: Modeling, Design, Control and Applications. Singapore: World Scientific Publishing, 2003. 457 p.

Anexos

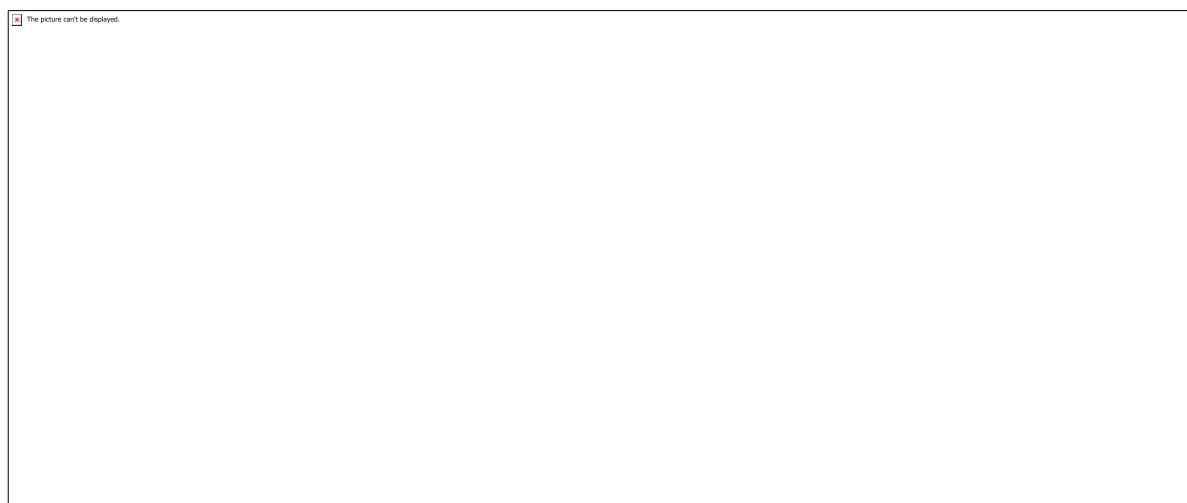


Figura 1 – Fluxograma geral de execução do projeto

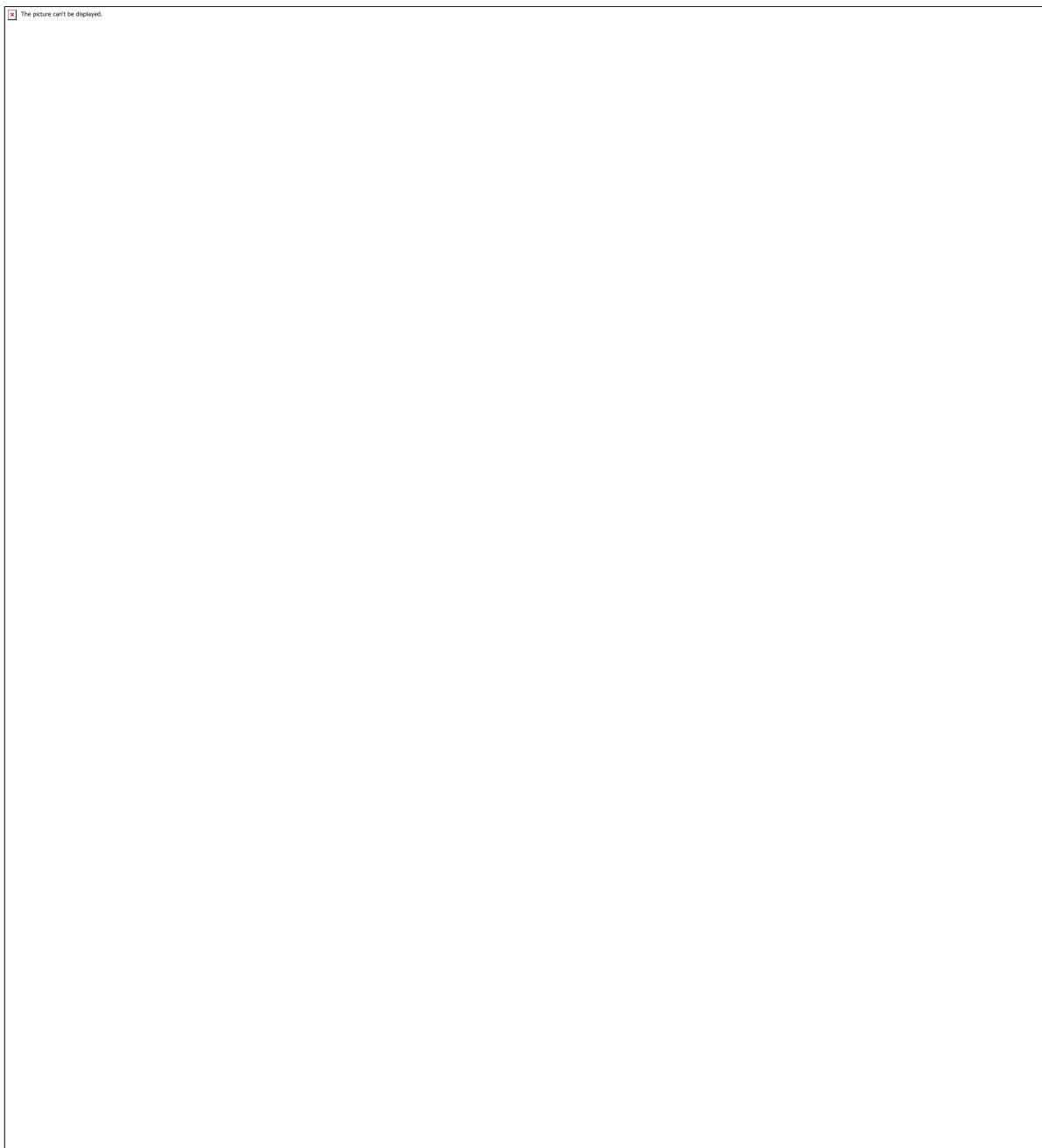


Figura 2 – Vista explodida dos componentes mecânicos

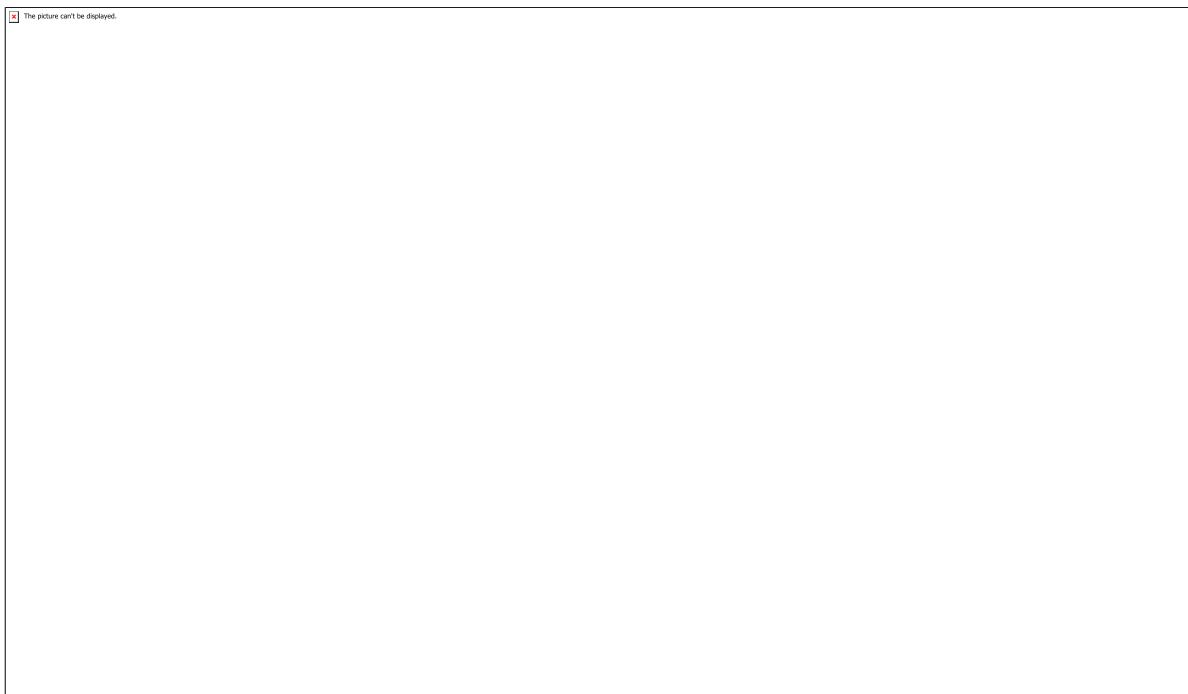


Figura 3 – Peças prototipadas de auxílio ao sistema

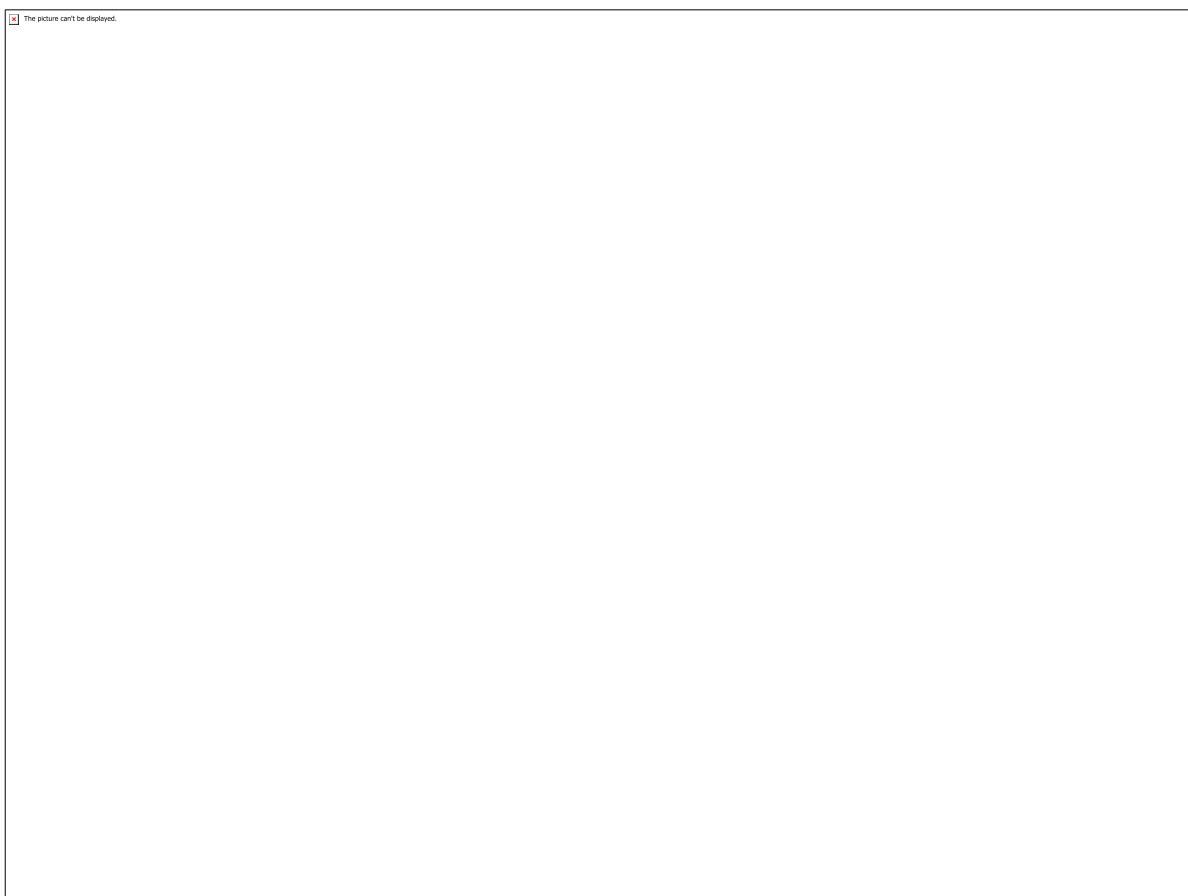


Figura 4 – Vista completa do mecanismo montado

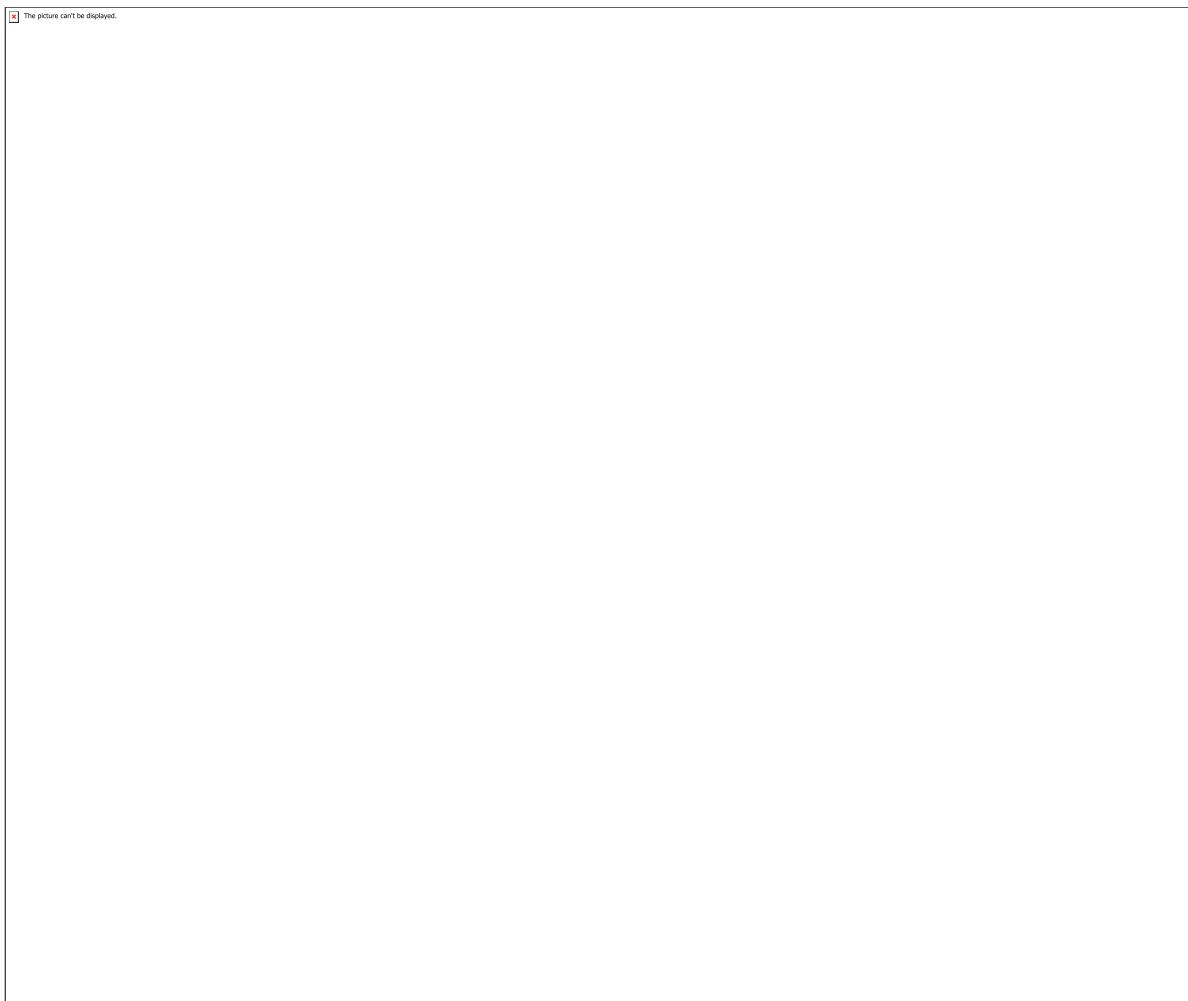


Figura 5 – “Driver” com modulação PWM

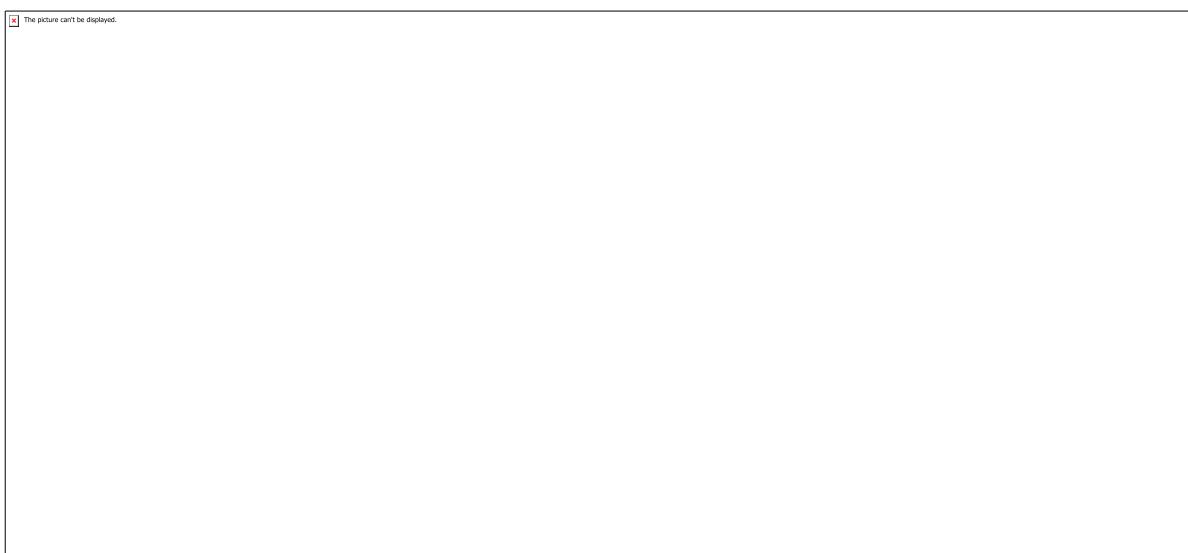


Figura 6 – Fonte elétrica de alimentação externa do sistema

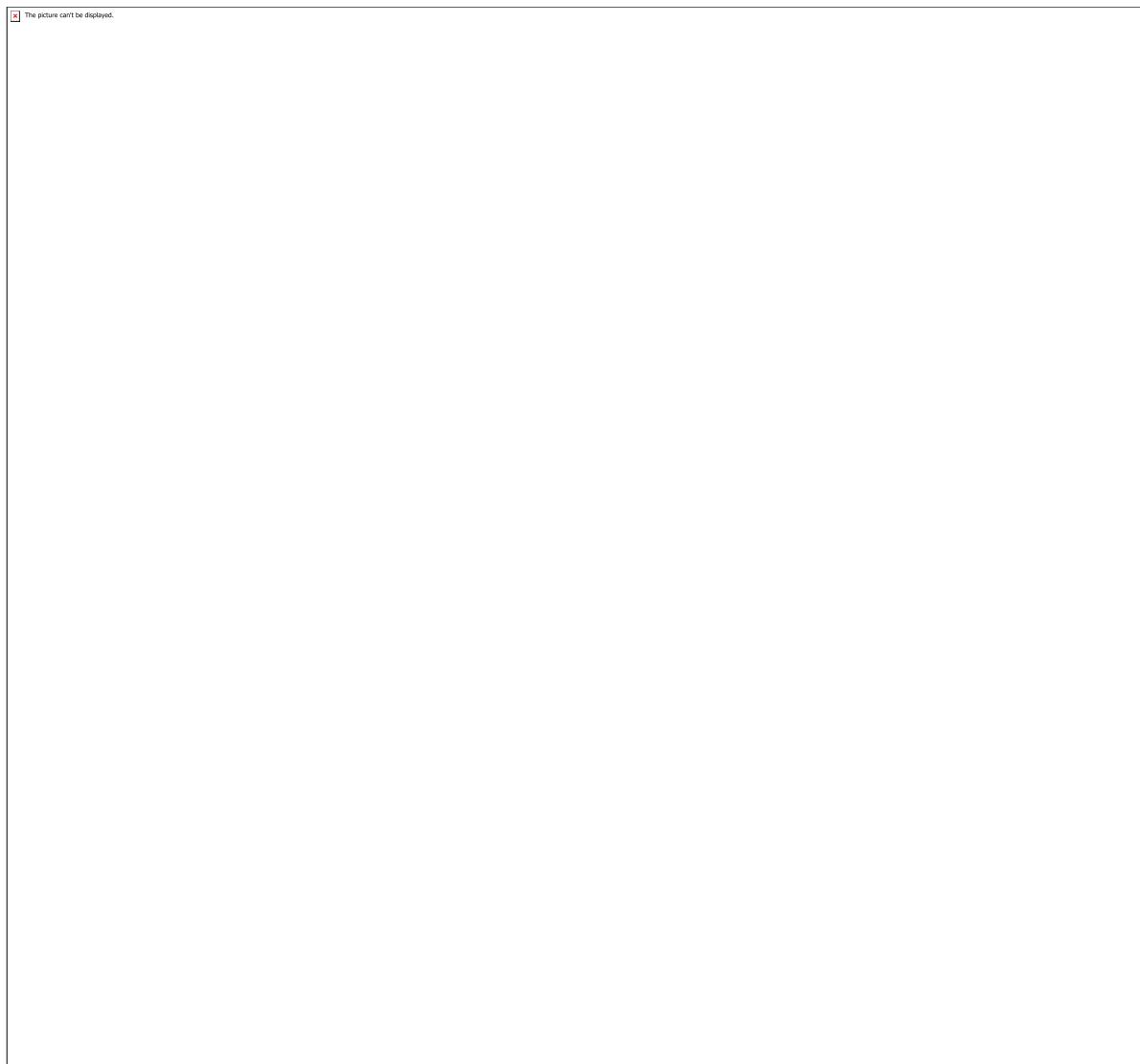


Figura 7 – Interface de usuário do programa de controle

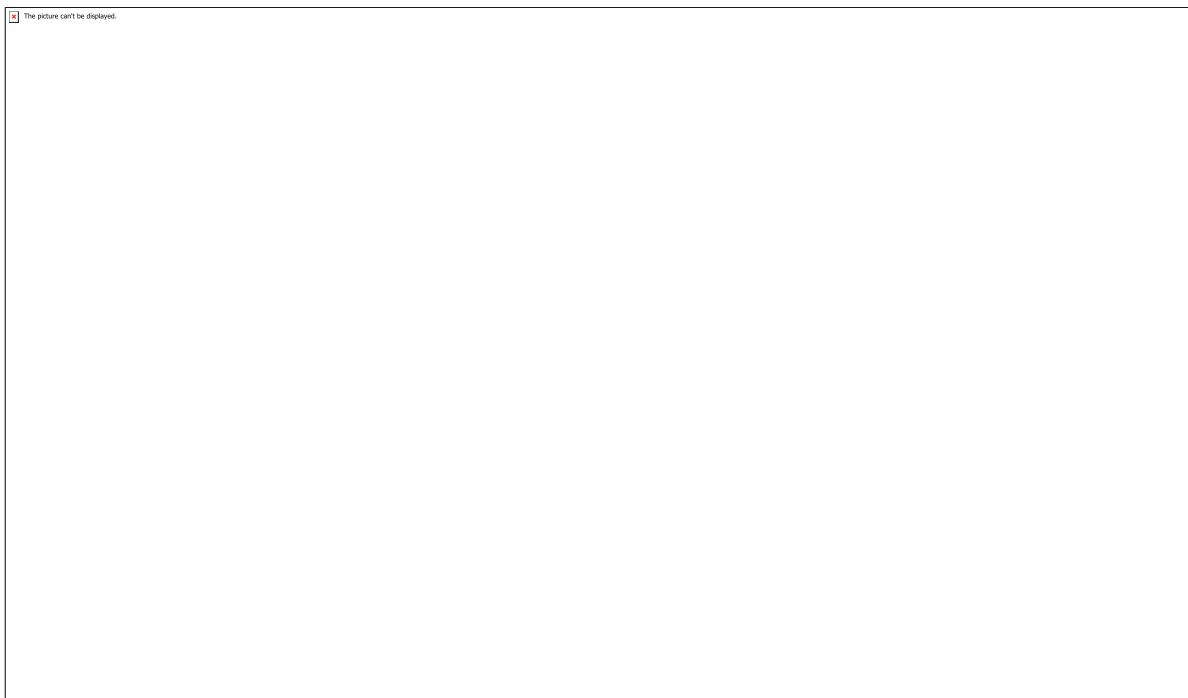


Figura 8 – RT da posição angular sem compensação de oscilação (Seno com 0,1 Hz)

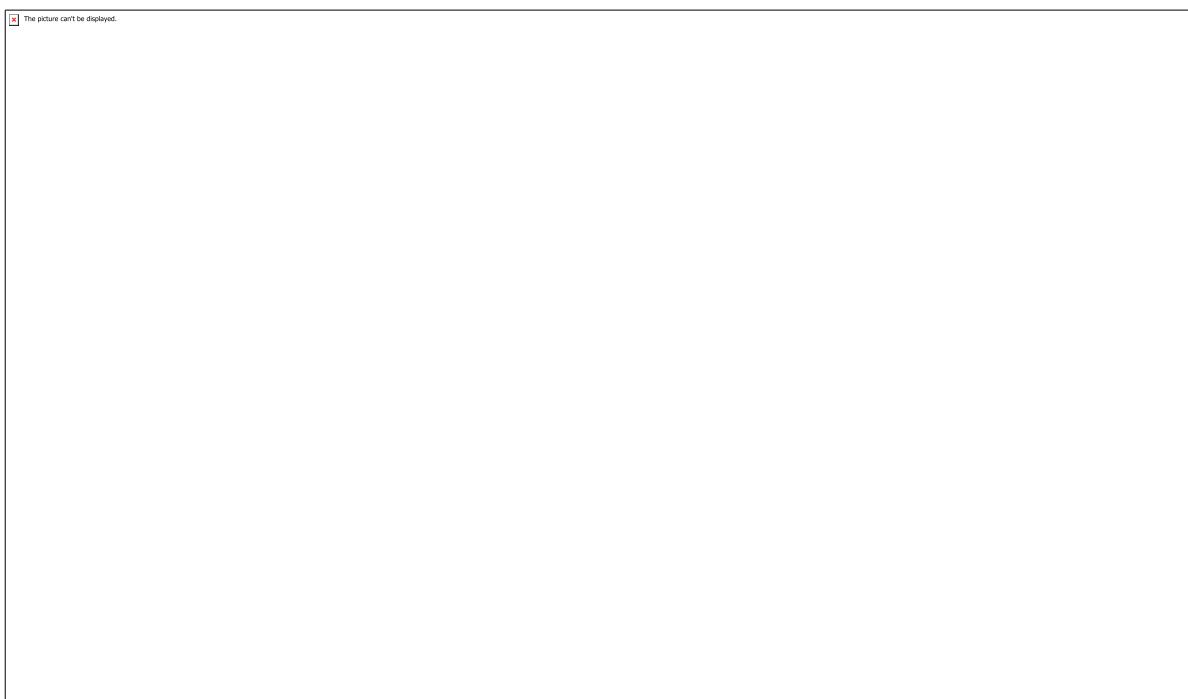


Figura 9 – RT da posição angular com compensação de oscilação (Seno com 0,1 Hz)

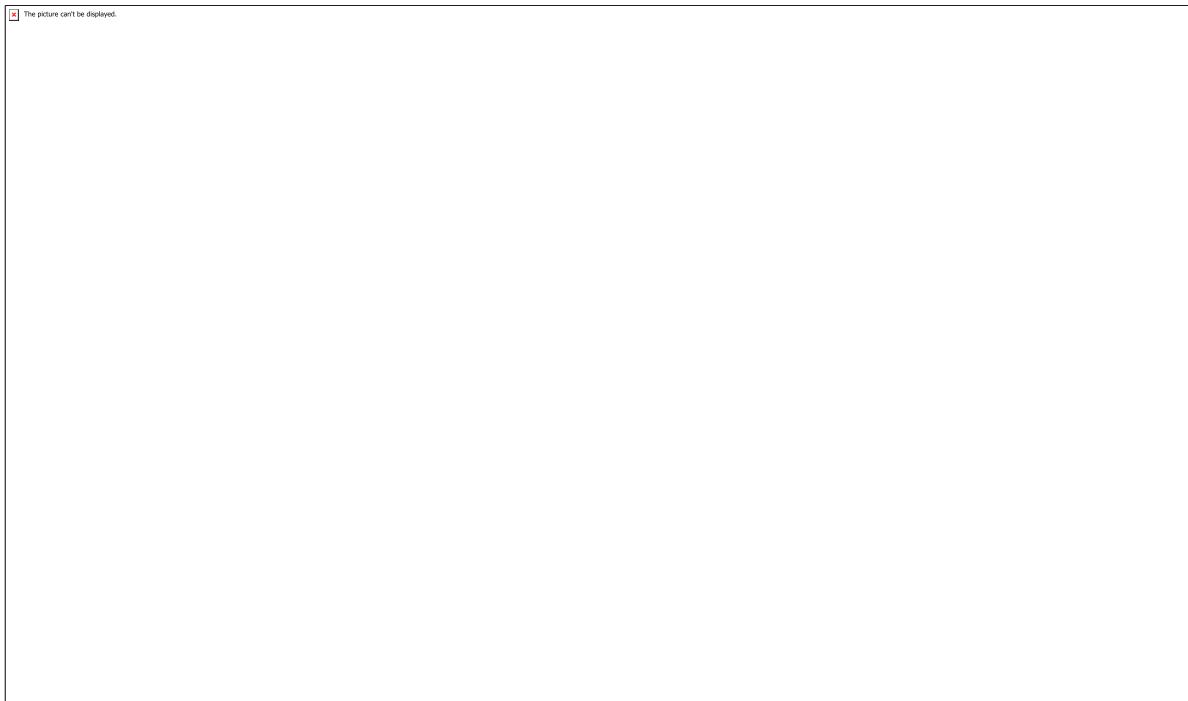


Figura 10 – Oscilações do elo flexível sem compensação (Seno com 0,1 Hz)

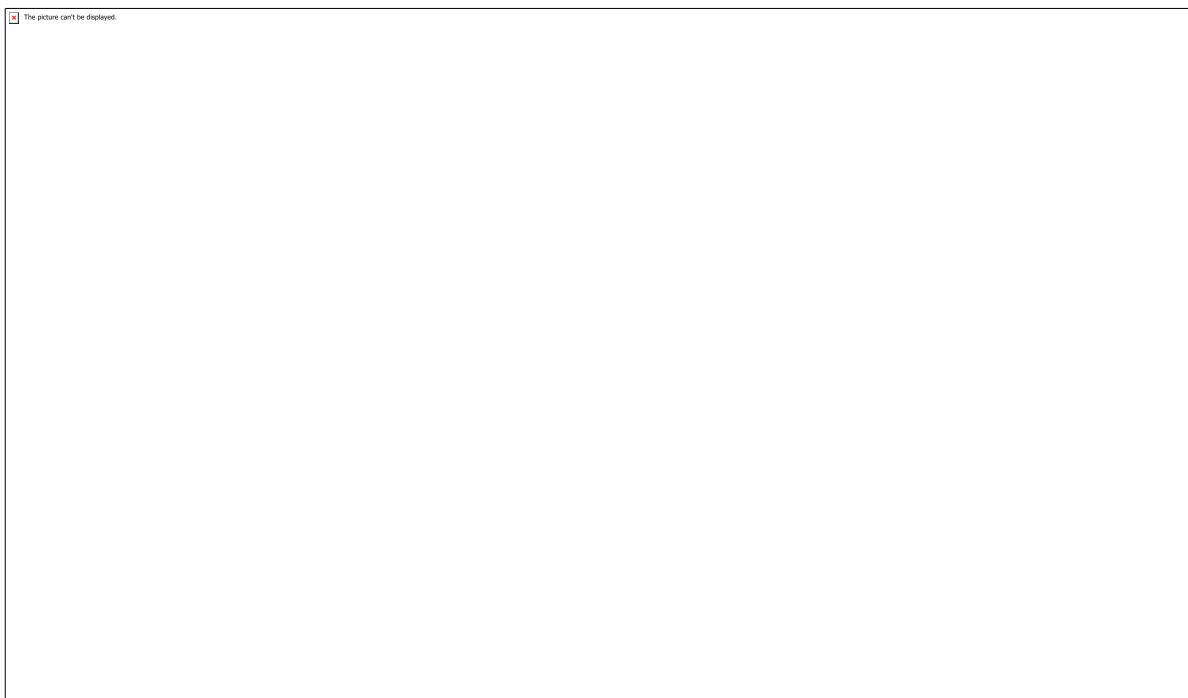


Figura 11 – Oscilações do elo flexível com compensação (Seno com 0,1 Hz)

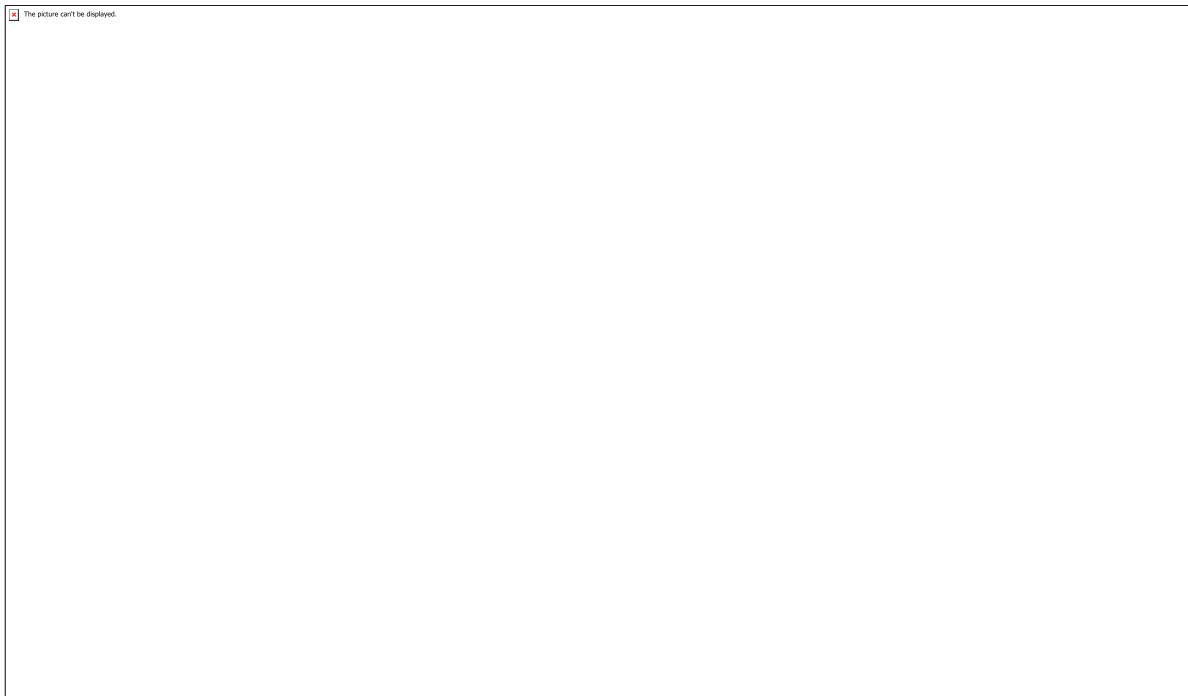


Figura 12 – RT da posição angular sem compensação de oscilação (Seno com 0,2 Hz)

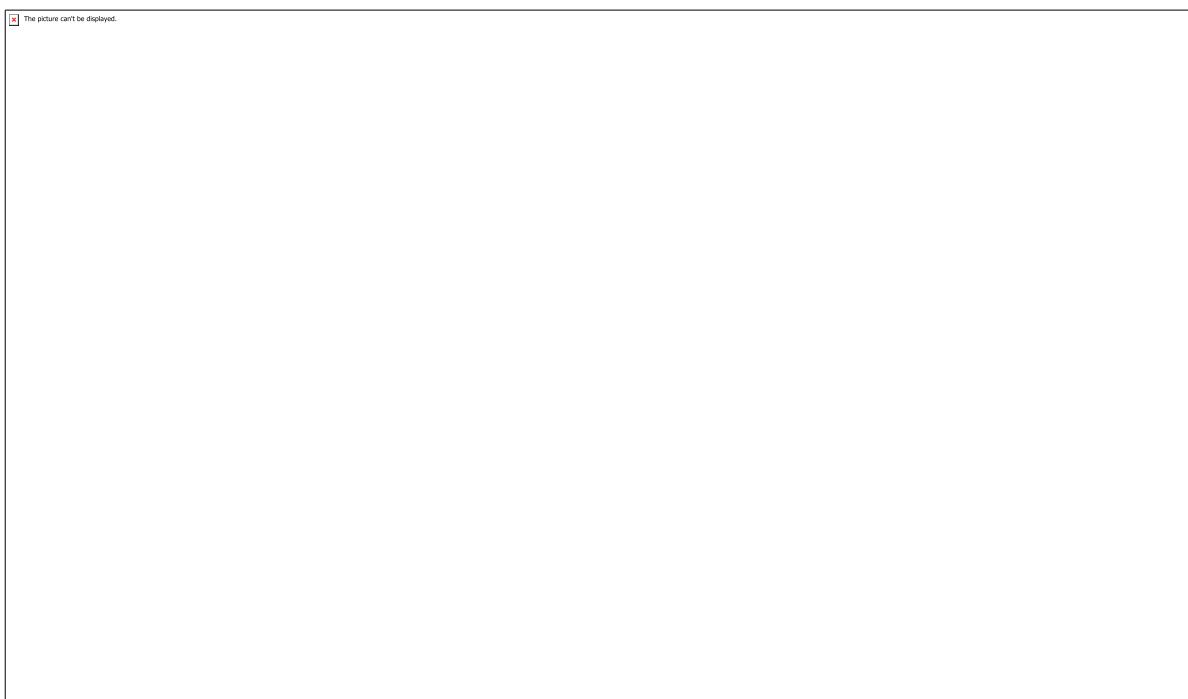


Figura 13 – RT da velocidade angular com compensação de oscilação (Seno com 0,1 Hz)

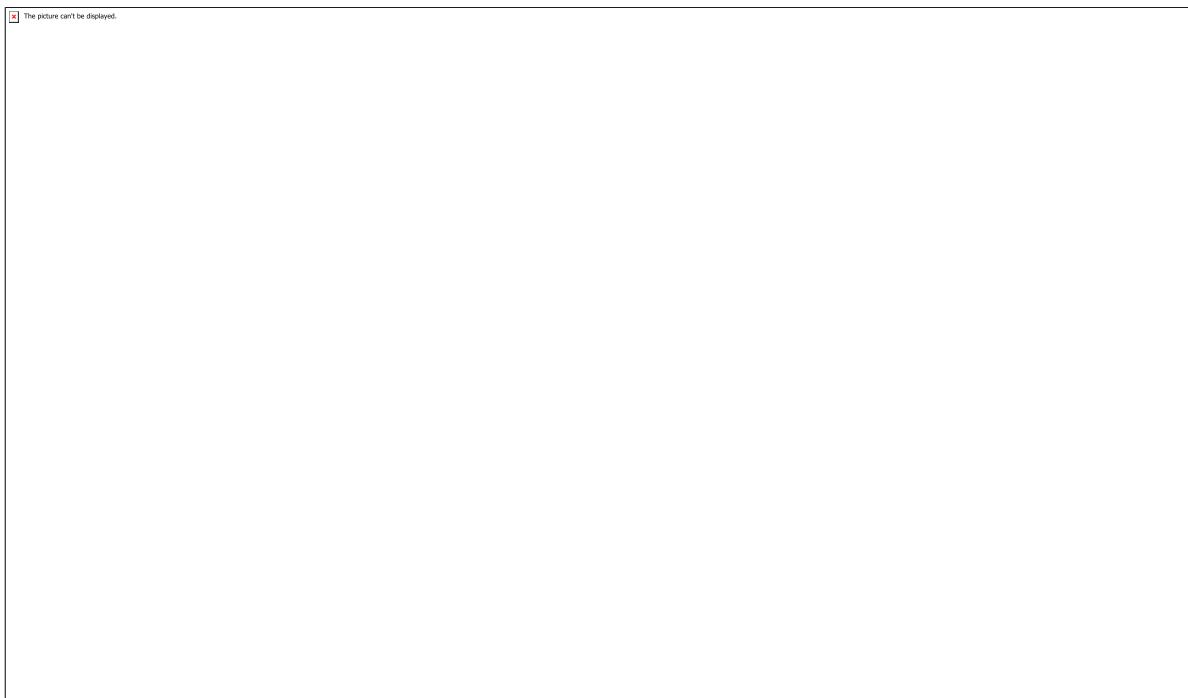


Figura 14 – RT da velocidade angular com compensação de oscilação (Seno com 0,5 Hz)

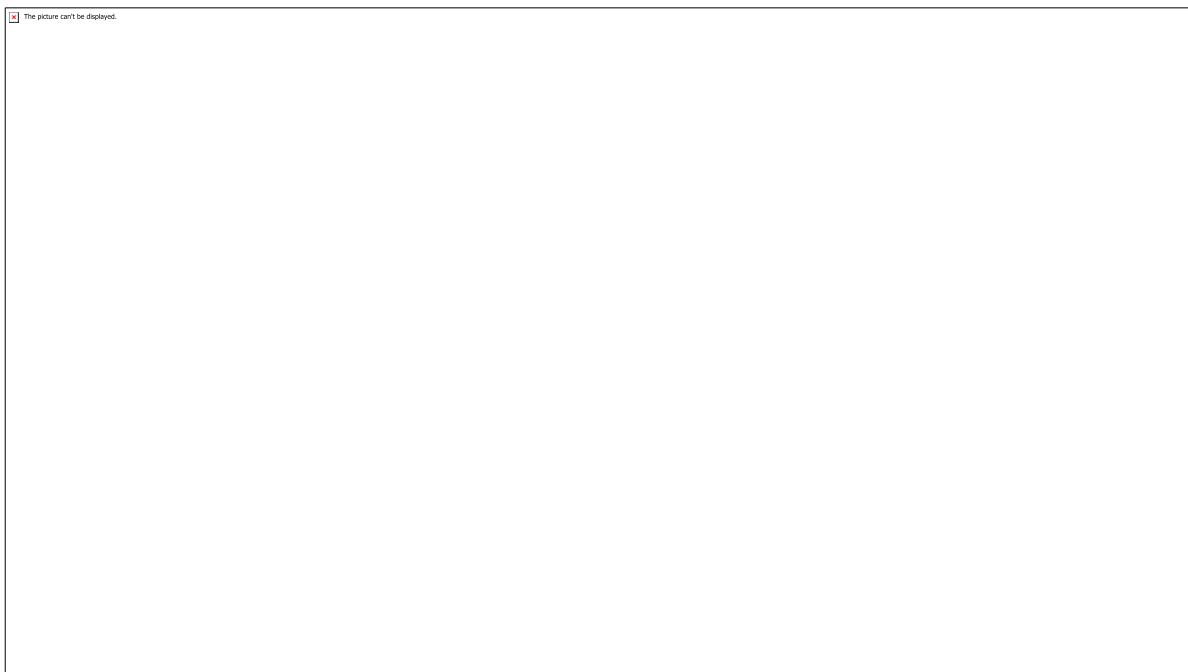
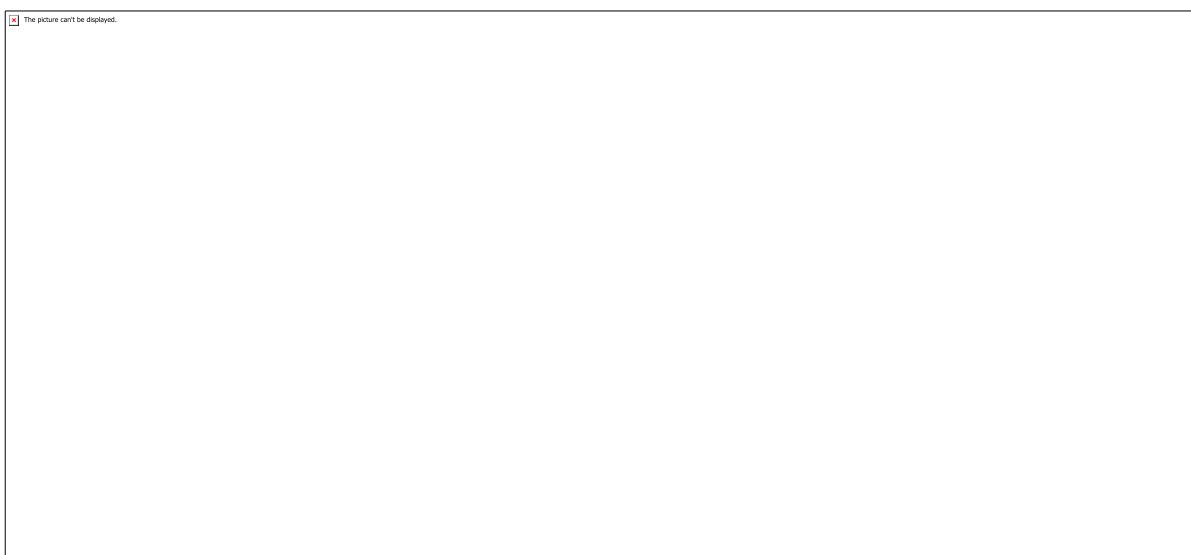


Tabela 1 – Listagem completa dos componentes do sistema



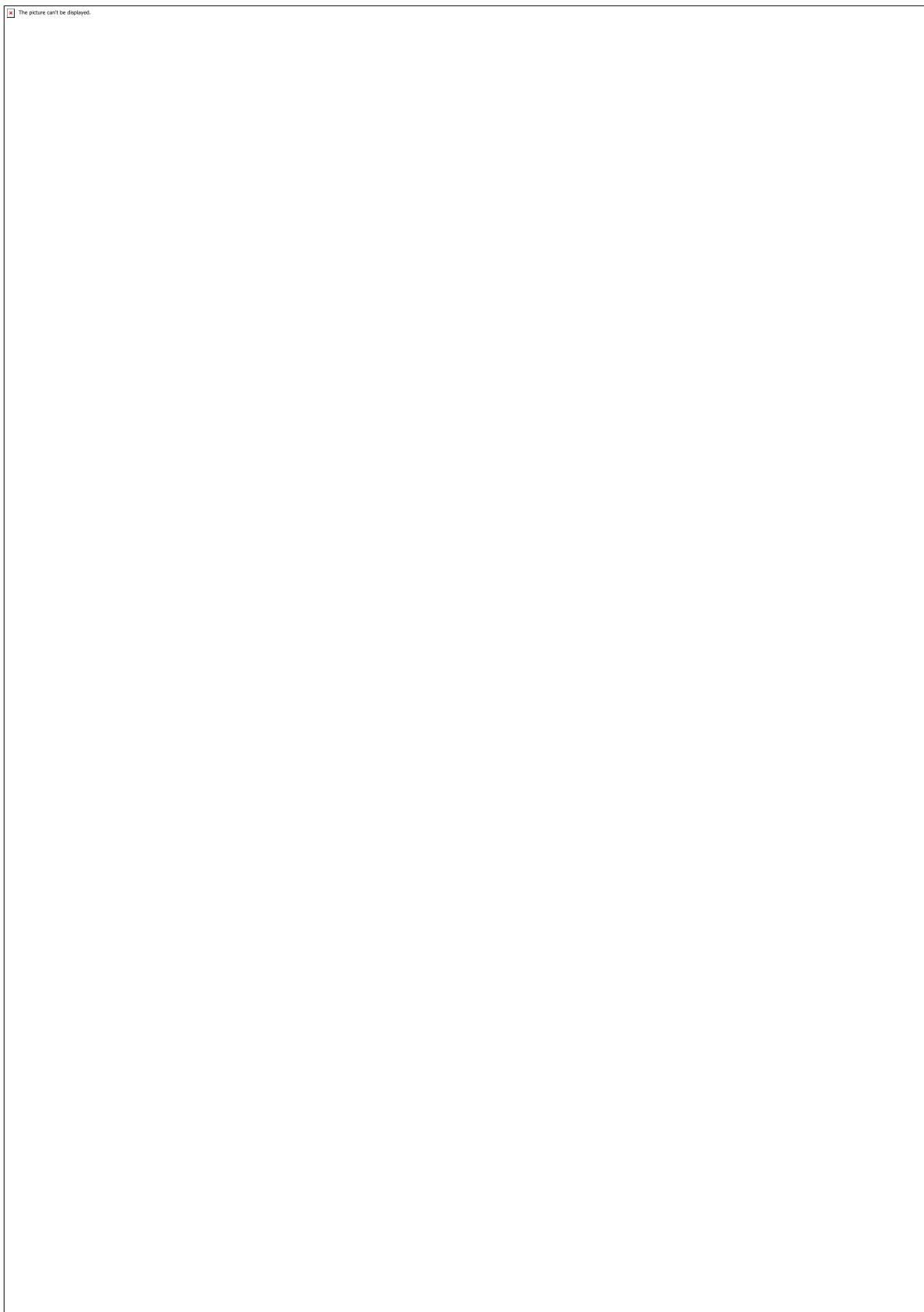
Equação 1 – Equação da lei de controle linear proporcional



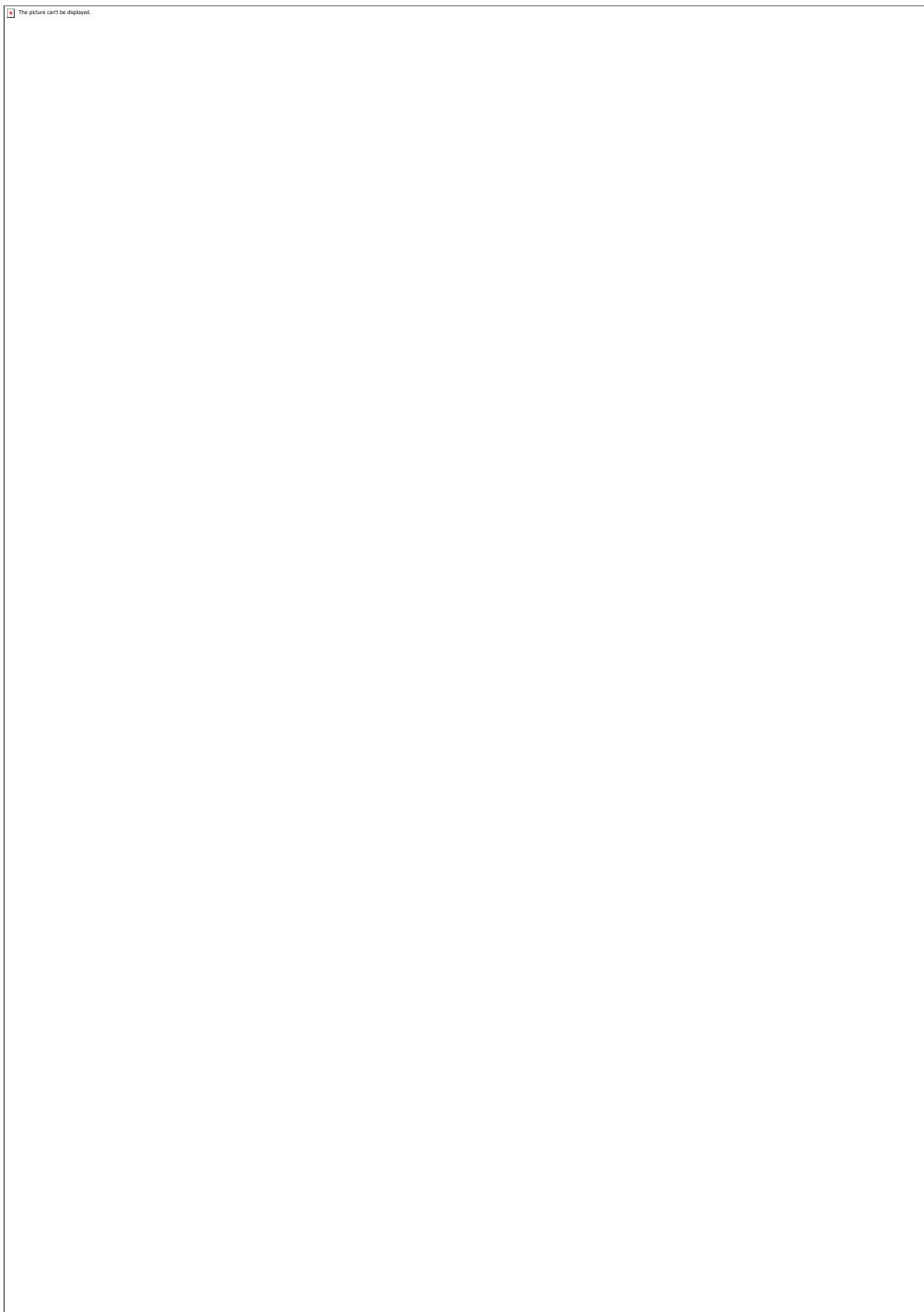
Equação 2 – Equações da lei de controle não linear modos deslizantes



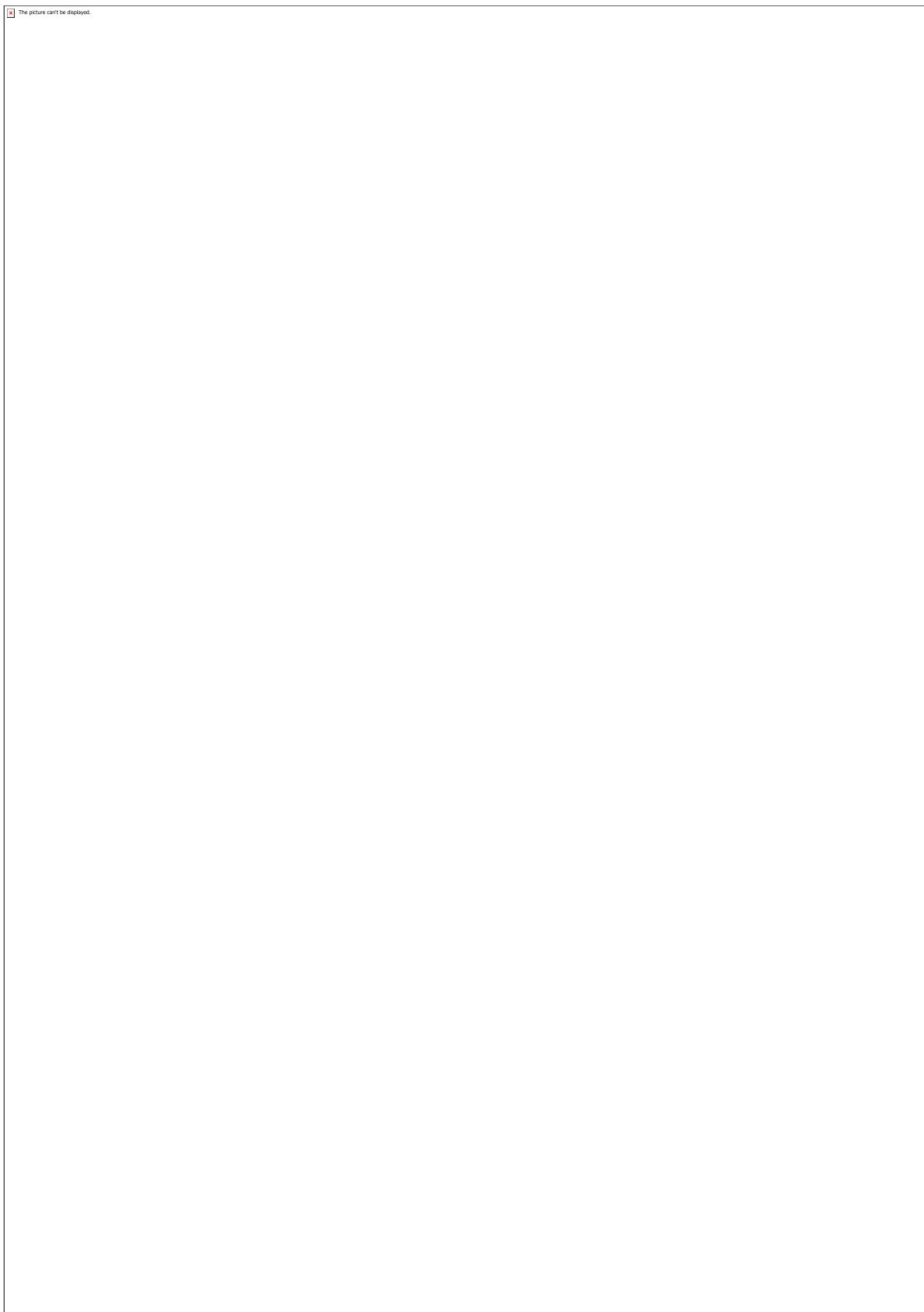
Equação 3 – Curva de calibração do acelerômetro utilizado



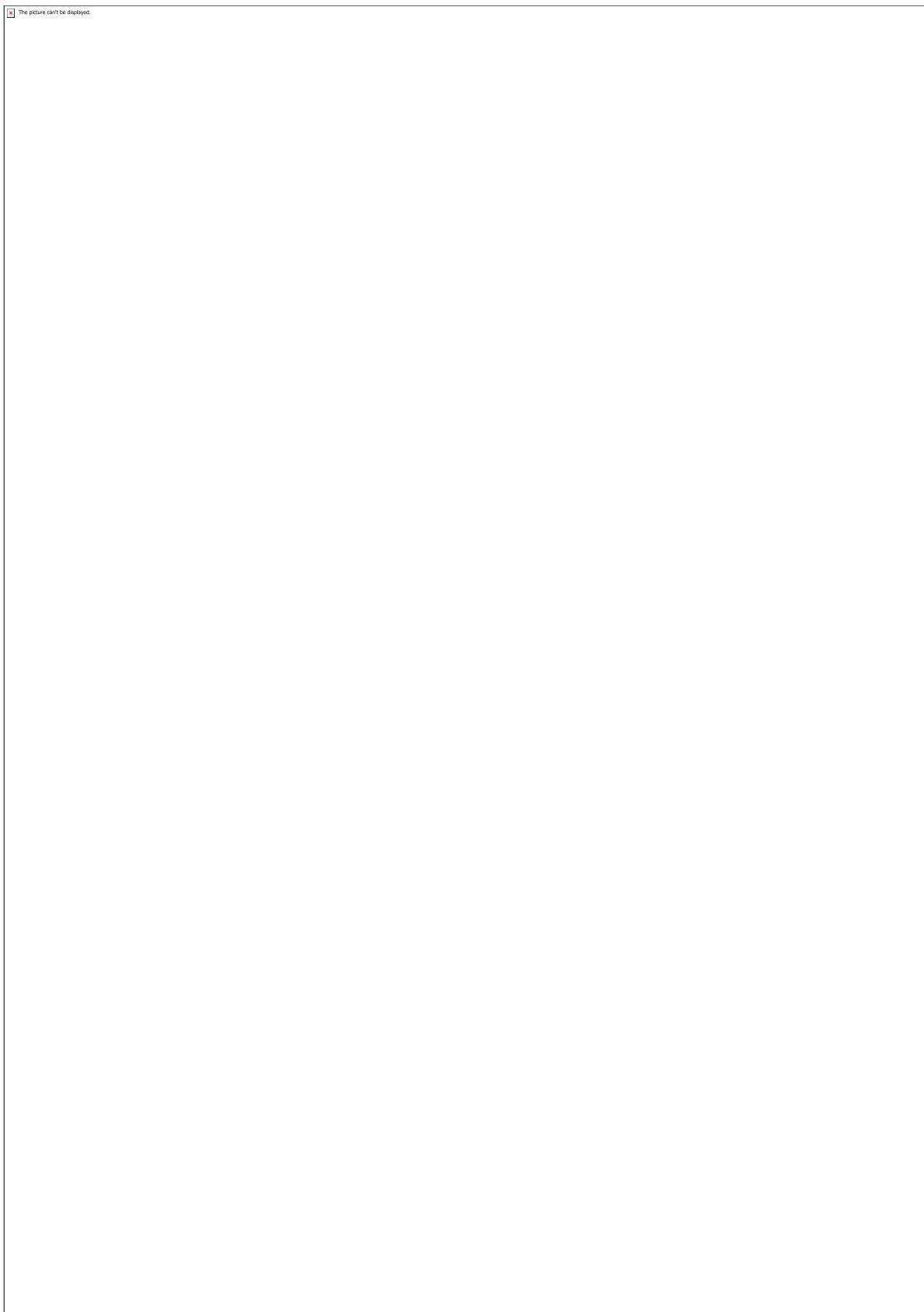
ApendiceA_(1)CapaProtecao



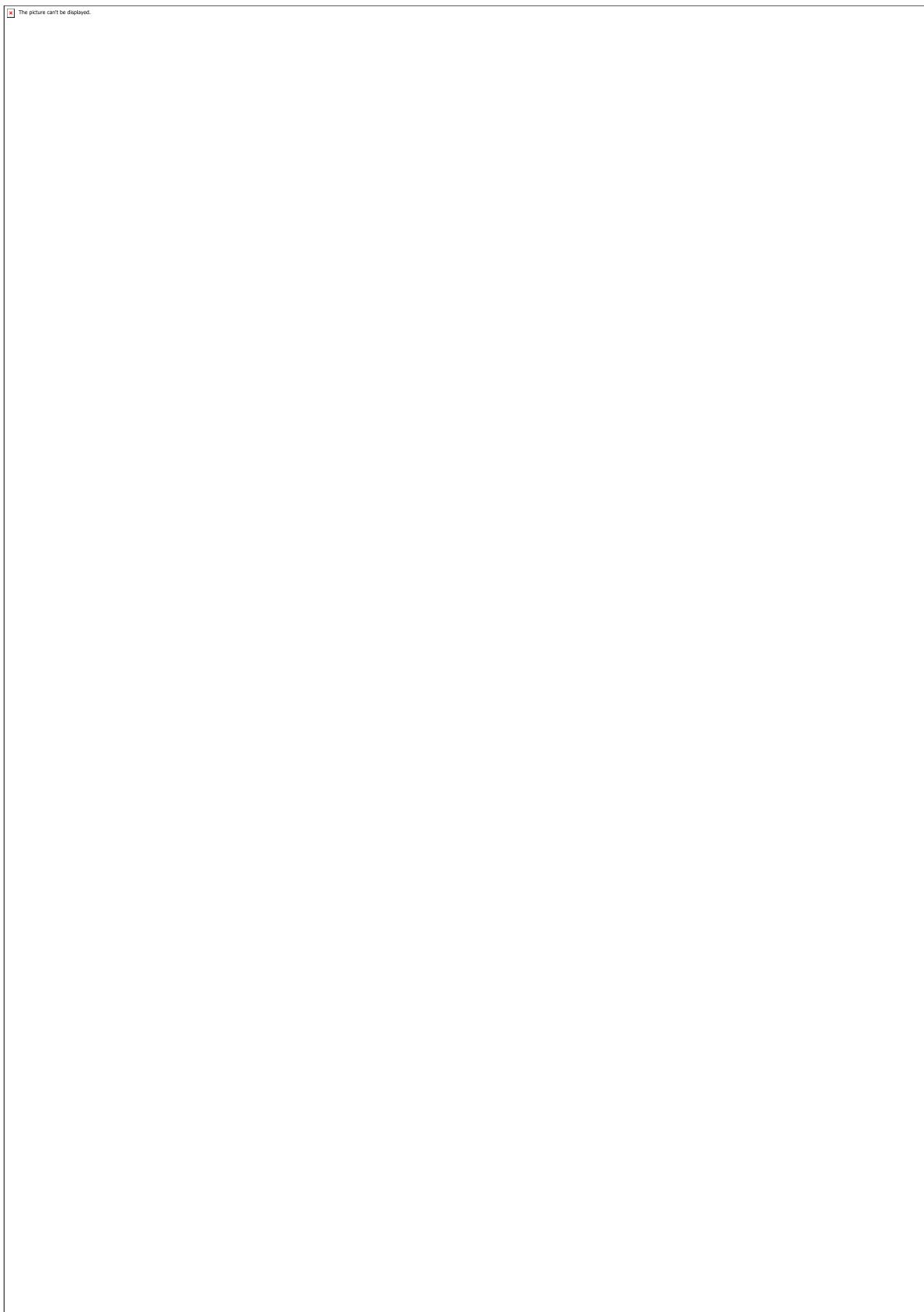
ApendiceA_(2)PecaFixacaoElo_1



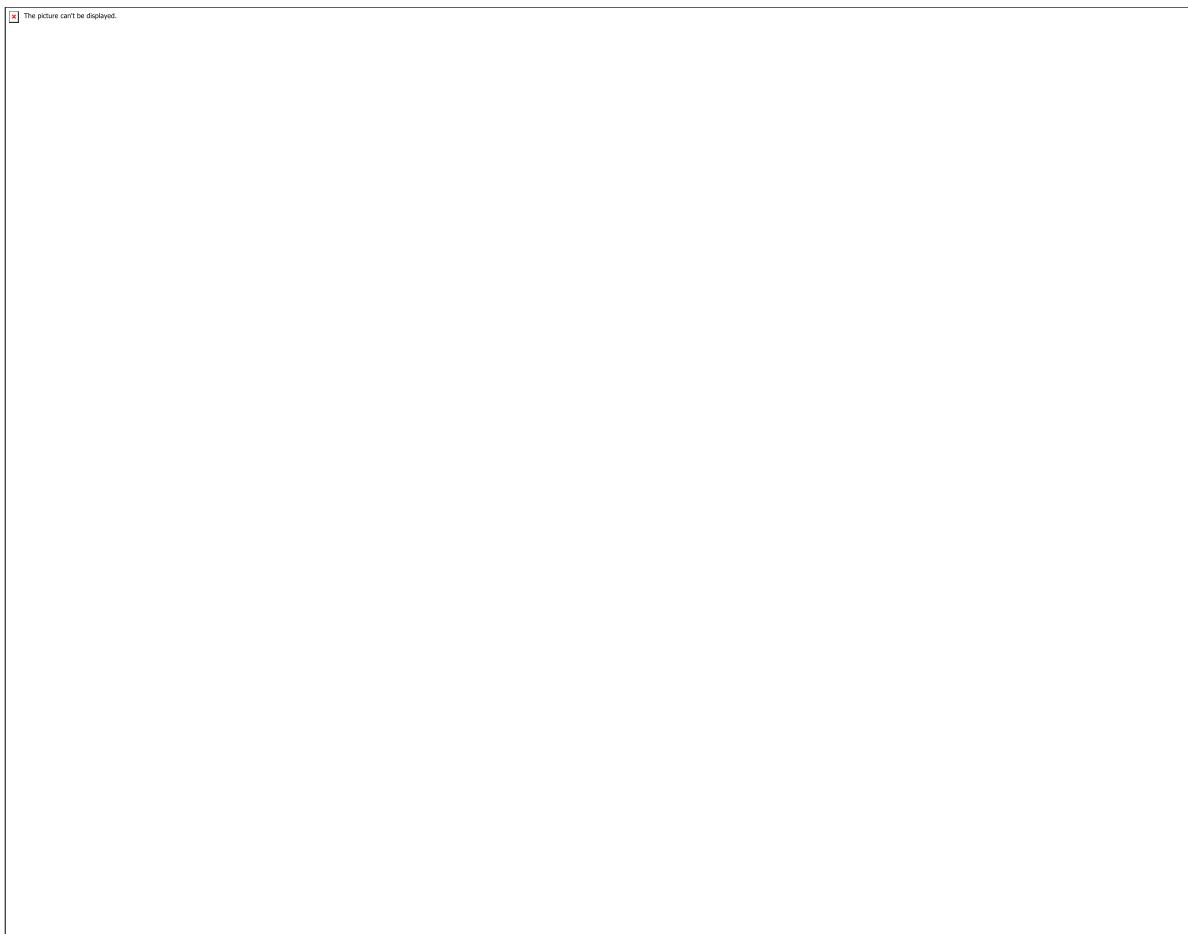
ApendiceA_(2)PecaFixacaoElo_2



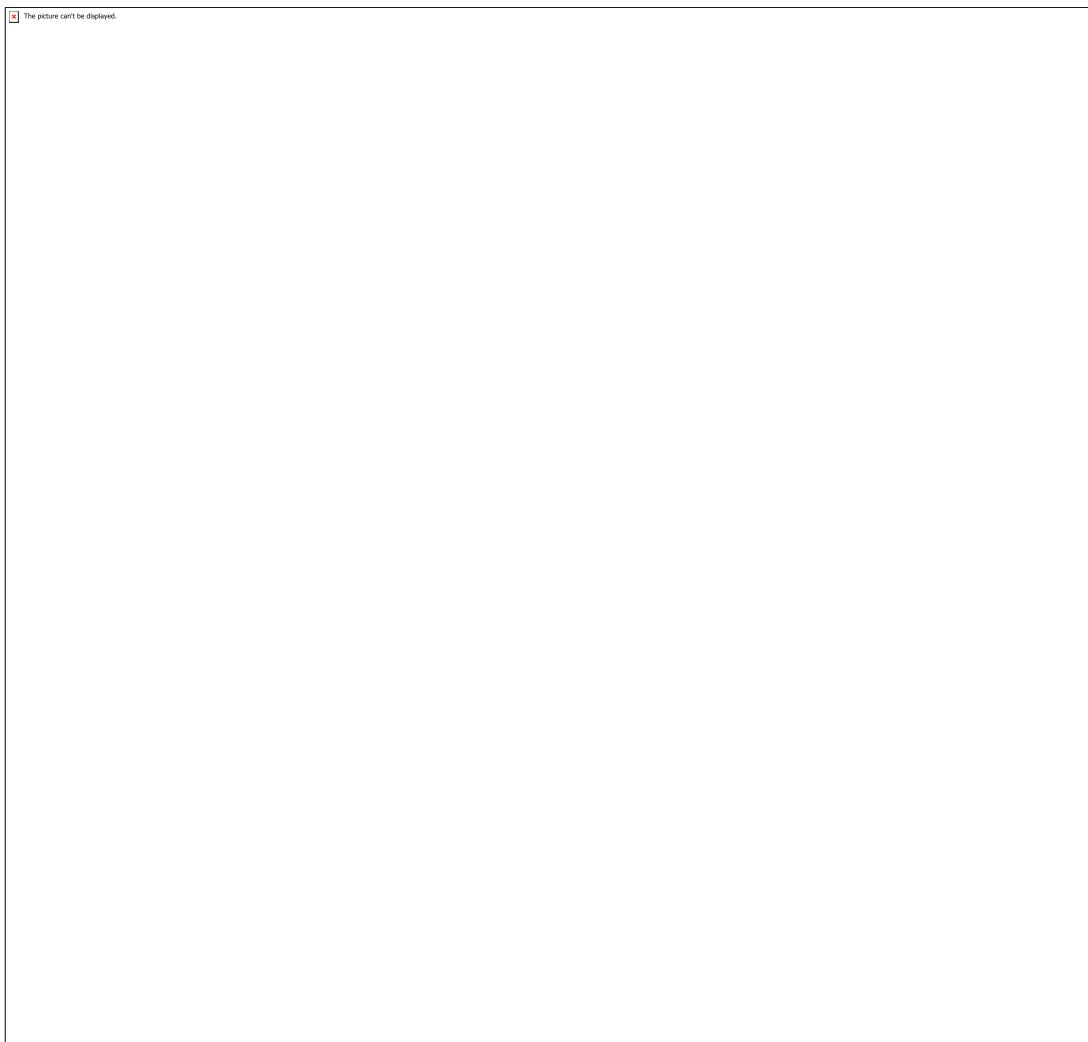
ApendiceA_(3)BaseRolamento



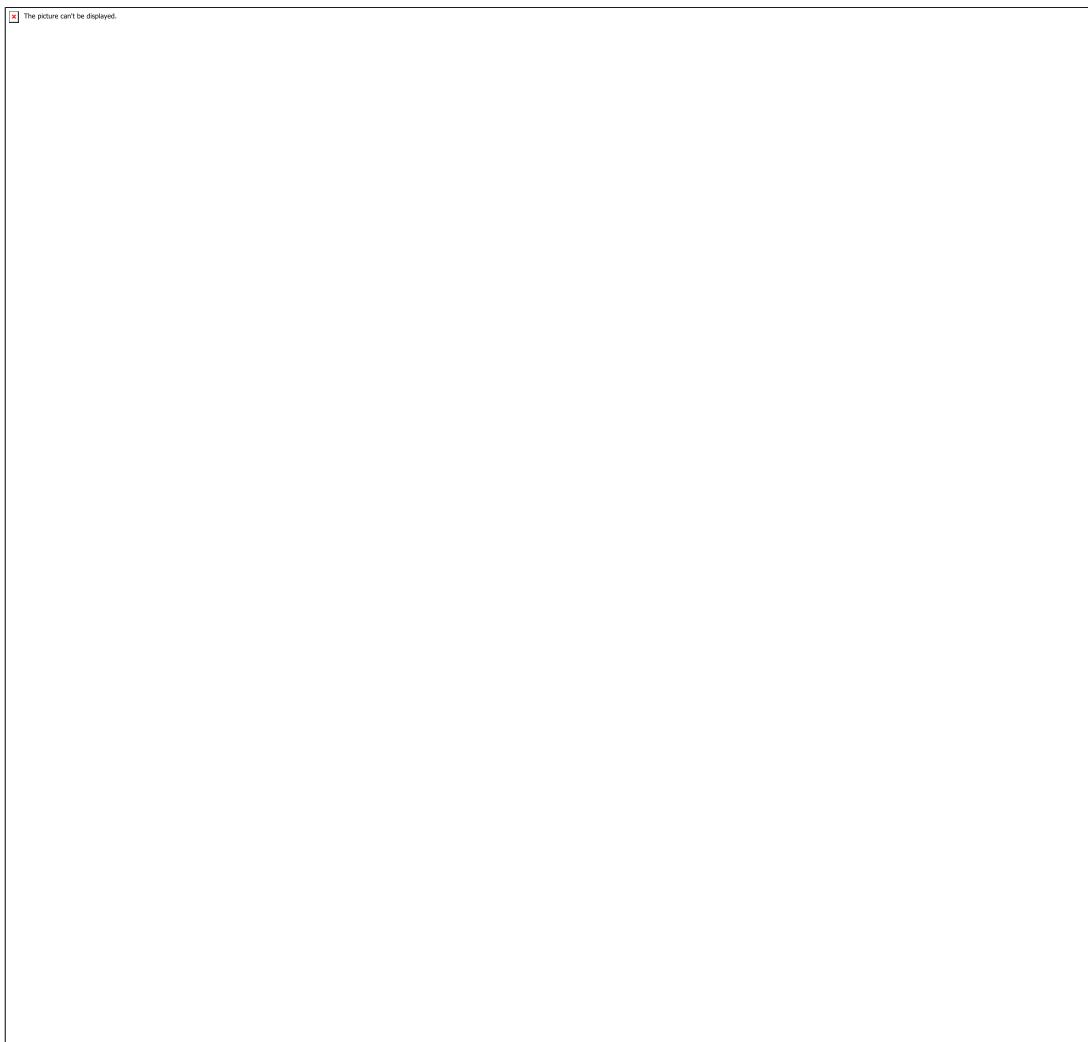
ApendiceA_(4)PlacaSuporte



ApendiceB_(1)CodigoCompleto



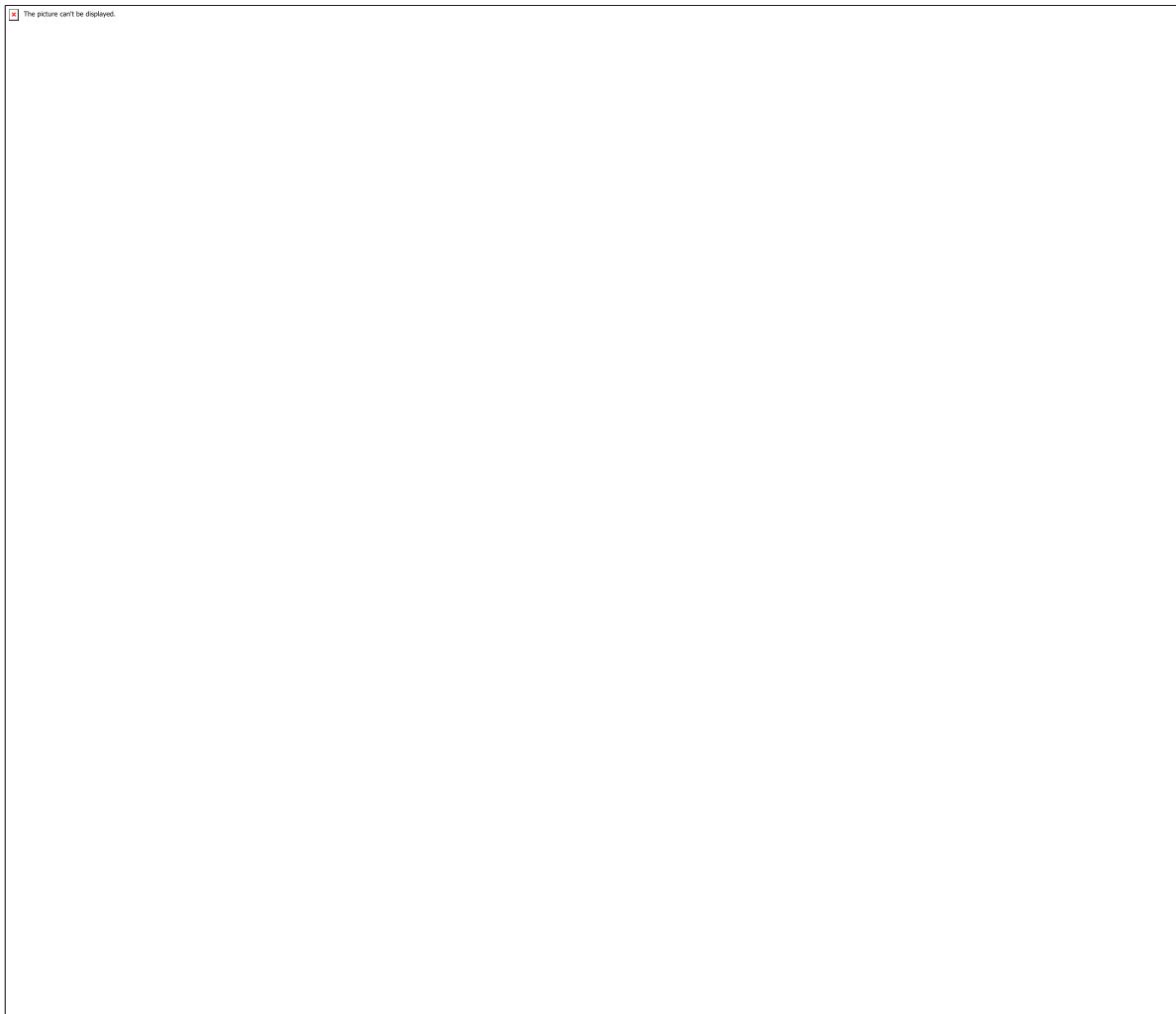
ApendiceB_(2)EquacaoFixo



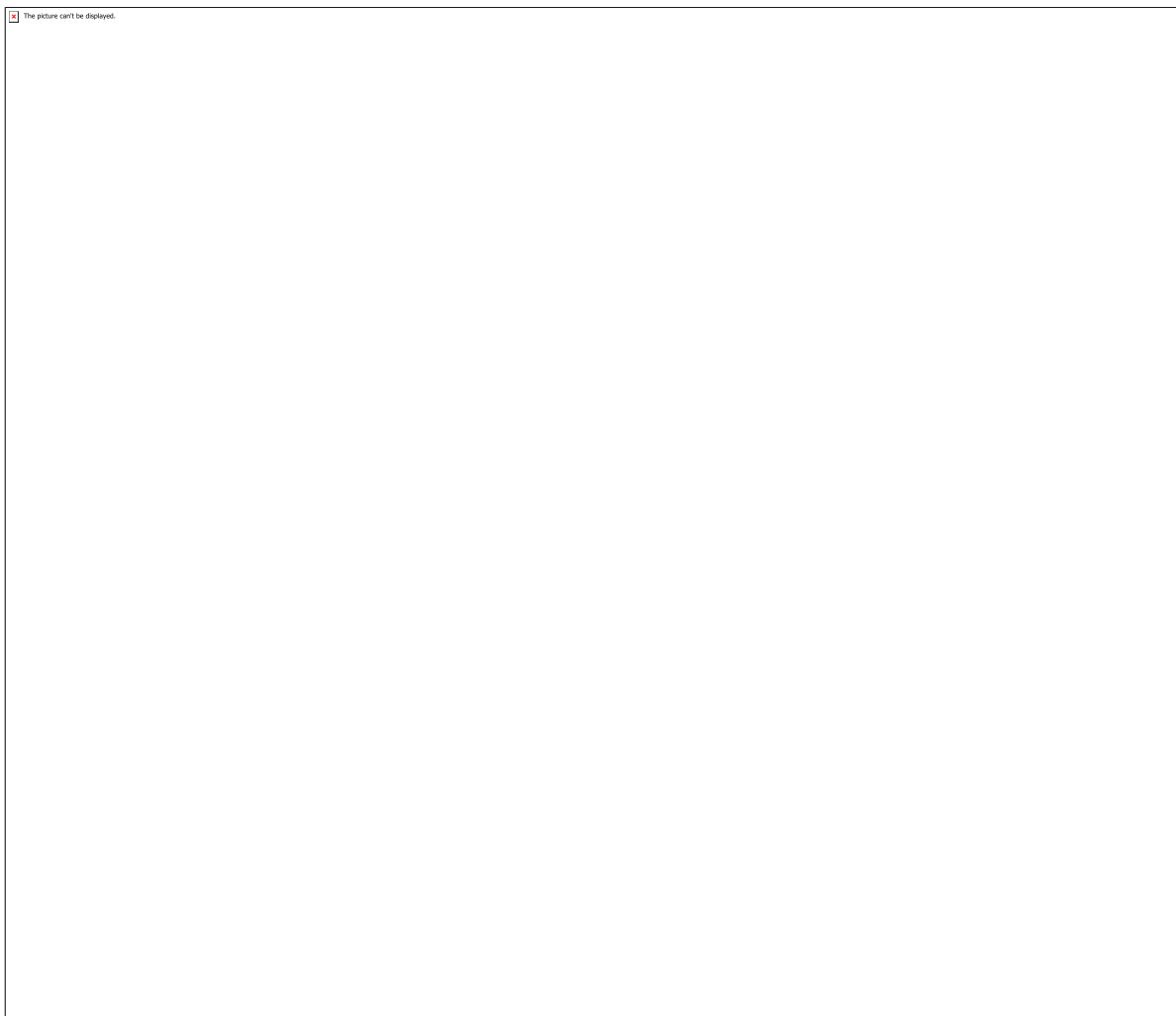
ApendiceB_(3)EquacaoSenoidal



ApendiceB_(4)EquacaoOscilatorio



ApendiceB_(5)ControleProporcional



ApendiceB_(6)ControleModosDeslizantes

CÓDIGO: ET0103

AUTOR: MICHELE DE OLIVEIRA RAMME

ORIENTADOR: VANESSA CRISTINA SANTANNA

TÍTULO: Adsorção de tensoativo catiônico para organofilização de argila atapulgita aplicada a fluidos de perfuração não-aquosos

Resumo

Devido os grandes desafios na etapa de perfuração de poços, surge a necessidade do desenvolvimento de fluidos cujas propriedades sejam capazes de atender as exigências de perfuração. Devido a isso, o estudo com argilas vem sendo desenvolvido cada vez mais, uma vez que estas apresentam propriedades como a capacidade de inchamento, alta capacidade de troca iônica e forte capacidade de adsorção, mas, para isso a argila deve ser tratada anteriormente. Os fluidos de perfuração à base de óleo foram desenvolvidos para perfurações com condições de alta temperatura e alta pressão, aspectos comuns em perfurações direcionais, o que gera limitação para os fluidos à base de água. A análise reológica dos fluidos de perfuração é de extrema importância para se determinar a melhor composição e o melhor tratamento a ser aplicado nesses fluidos. Esse trabalho teve por objetivo modificar a argila atapulgita, com o intuito de aumentar sua afinidade pela fase orgânica de fluidos de perfuração à base de óleo, aplicando um tensoativo catiônico em uma concentração pré-estabelecida. No estudo das isotermas de adsorção, o comportamento observado teve maior tendência pelo modelo de Freundlich. O tempo de equilíbrio não alterou o grau de adsorção da argila e as medidas de ângulo de contato apontaram um aumento da característica hidrofóbica da atapulgita modificada. Na análise reológica, a atapulgita organofilitizada apresentou propriedades reológicas semelhantes a uma argila organofilitizada comercial.

Palavras-chave: Argila organofílica, tensoativo, fluido de perfuração, adsorção.

TITLE: Adsorção de tensoativo catiônico para organofilização de argila atapulgita aplicada a fluidos de perfuração não-aquosos

Abstract

The great challenges coming from well drilling, there was a need to develop fluids whose properties were able to follow drilling requirement. Due this, the study with clays has been developed increasingly since they have properties such as swelling capacity, high ion exchange capacity and strong adsorption capacity. In order to obtain favorable results, it's necessary to modify the clay so that it plays a fundamental role in the preparation of drilling fluid. Oil-based drilling fluids have been developed for drilling with high temperature and high-pressure conditions, common aspects in directional drilling, which creates limitation for water-based fluids. The analysis of the rheological behavior of the drilling fluids is too important to determine the best composition and the best treatment to be applied in these fluids to perform tasks in the drilled well. The aim of this work was to modify the attapulgite clay, in order to increase its affinity for the organic phase of oil-based drilling fluids, applying a cationic type surfactant with a pre-established concentration. By the study of the adsorption isotherms, the observed behavior had a great tendency by the Freundlich model. The equilibrium time didn't change the degree of clay's adsorption. The contact angle measurements indicated an

increase in the hydrophobic characteristic of the modified attapulgite. In the context of rheological analysis, organophilized attapulgite was very similar to a commercial organophilic clay.

Keywords: organoclays, drilling fluid, surfactant, adsorption, attapulgite.

Introdução

O Brasil se destaca em exploração de petróleo em águas profundas, onde são utilizados fluidos de perfuração não-aquosos. O sucesso das operações de perfuração e seu custo dependem, fundamentalmente, da qualidade dos fluidos de perfuração, o qual torna o processo de produção de petróleo mais prático, rápido e eficiente. Assim, proporciona melhores propriedades reológicas e, consequentemente, maiores eficiências nas atividades realizadas durante o processo de perfuração. Nos últimos anos as empresas brasileiras de petróleo utilizam argilas organofílicas importadas na preparação de fluidos de perfuração não-aquosos, como estas argilas importadas possuem um custo elevado surgiu a necessidade de estudos para a obtenção de argilas organofílicas nacionais. Nas perfurações sensíveis ao contato com a água e “offshore”, normalmente torna-se necessária a utilização de fluidos de perfuração não-aquosos (MELTON et al., 2004). Nestes casos, as argilas (atapulgitas) perdem suas propriedades tixotrópicas e não podem ser usadas sem um prévio tratamento orgânico para que suas superfícies se tornem hidrofóbicas, uma vez que naturalmente seu estado é hidrofílico (SILVA; FERREIRA, 2008). Após o tratamento, quando hidrofóbicas, as argilas passam a ser organofílicas, passando a ter a capacidade de gelificação do fluido de perfuração, em virtude da recuperação de suas propriedades. No presente projeto foi estudado como um tipo de tensoativo (catiônico) se adsorve na argila (atapulgita), através da utilização de banho finito como método de adsorção. Posteriormente, verificou-se o desempenho do tensoativo na organofilização da atapulgita através da análise reológica.

Metodologia

1) Curva de calibração: Para obtenção da curva de calibração do tensoativo em estudo, preparou-se uma solução de concentração 0,1 g/L e posteriormente diluído em concentrações menores de 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02 e 0,01 g/L. Diante dos resultados de absorbância (obtidos por meio do espectrofotômetro), gerou-se um gráfico da concentração (g/L) versus absorbância. 2) Preparo das amostras de atapulgita: A argila atapulgita em estudo passou por um processo de padronização do tamanho de suas partículas, para isto, foi realizado o peneiramento com uma peneira de 200 mesh. 3) Preparo das soluções de tensoativo e ensaios de adsorção: As soluções de tensoativo na concentração de 27,5 g/L foram preparadas utilizando como fase aquosa água destilada. Os ensaios de adsorção foram realizados em uma mesa agitadora de duas formas (utilizando o volume de solução de tensoativo fixo de 80 mL): primeiramente, variou-se a massa de adsorvente (atapulgita), e posteriormente variou-se o tempo com objetivo de verificar o tempo de equilíbrio. Para todos estes ensaios, foram utilizados erlenmeyers de 250 mL. 4) Ensaios em banho finito: De início os ensaios foram feitos variando a massa do adsorvente. Foram utilizadas as massas de 0,5 g; 1 g; 5 g; 10 g; 15 g e 20 g, em tempo fixo de 1 hora. Pelos resultados apresentados da etapa anterior, fixou-se a massa de atapulgita onde a adsorção passou a ser constante, variando o tempo de contato entre a argila e o tensoativo, também sob agitação constante (200 rpm). Para esta etapa, utilizou-se os tempos de 10, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 minutos. 5) Coleta do sobrenadante: Após a agitação na mesa agitadora, as amostras ficaram em repouso por 24 horas. Em seguida, os sobrenadantes foram coletados e submetidos à centrifugação, com o objetivo de sedimentação de partículas.

da argila ainda presentes em solução. 6)Análises de adsorção: Por meio do aparelho espectrofotômetro (Marca Analytikjena/ Modelo Supecord 210 plus) foi possível realizar as medidas de absorbância das amostras de sobrenadante. Os dados da curva de calibração referente ao gráfico concentração de tensoativo (g/L) versus absorbância geraram uma equação da reta que tornou possível a obtenção das concentrações de tensoativo no sobrenadante, gerando com isso as curvas de adsorção. 7)Organofilização da atapulgita: Para este processo, foram preparadas amostras de atapulgita com as massas definidas no item 4, e um volume fixo de 80 mL de tensoativo catiônico do tipo CTAB. Estas amostras foram colocadas na mesa agitadora sob agitação constante de 200 rpm durante uma hora. Posteriormente, foram filtradas em um filtro de papel comum por 24 h para que a argila ficasse retida. Em seguida, a argila foi colocada em uma estufa a uma temperatura de 60 oC durante 24 h. Após isto, a argila já organofilizada foi macerada e utilizada no preparo do fluido de perfuração. 8)Preparação do fluido de perfuração não-aquoso: Para a preparação do fluido de perfuração não-aquosos foram utilizados 400 mL do óleo n-parafina. Colocou-se o óleo no agitador mecânico Hamilton Beach, e, sob agitação constante do óleo, adicionou-se lentamente 12 g da argila atapulgita organofílica. O fluido permaneceu sob agitação constante durante 20 minutos. Nestas mesmas condições, um outro fluido foi preparado, porém desta vez utilizou-se uma argila organofílica comercial, seguindo o mesmo procedimento, apenas para efeito comparativo. Em seguida, os fluidos foram colocados em repouso por 24 horas. Passado as 24 h, os fluidos foram agitados por 5 minutos e caracterizados reologicamente. Feito isso, foram envelhecidos, onde para isto utilizou-se células para armazenamento dos fluidos, colocando-as em uma estufa do tipo Roller Oven durante um período de 16 horas a uma temperatura de 160 °F, equivalente a aproximadamente 71 °C. O fluido em estufa, submetido à rotação, simula a circulação do fluido no poço. Os dois fluidos preparados foram submetidos ao mesmo procedimento. A etapa posterior foi a medição das propriedades reológicas destes. Para os fluidos que foram submetidos à estufa, esperou-se um tempo aproximado de 2 horas, com as células mergulhadas em água, para que os mesmos ficassem em temperatura ambiente. 9)Reologia dos fluidos de perfuração não-aquosos: Para a determinação dos parâmetros reológicos dos fluidos de perfuração não-aquosos foi utilizado um viscosímetro da marca Ofite, modelo 800. Os parâmetros reológicos são obtidos de acordo com a rotação da amostra em diferentes velocidades. Dessa maneira, tornou-se possível obter a viscosidade aparente (VA), viscosidade plástica (VP) e o limite de escoamento (LE) com as leituras em 600 e 300 rpm, além da medida de força gel. O procedimento foi realizado colocando a amostra do fluido de forma que o copo fique preenchido até a indicação interna. O equipamento foi ligado com a chave indicadora na posição L600 e esperou-se a estabilização do valor para poder fazer sua anotação. O procedimento foi repetido na posição L300. Segundo o API, para o cálculo da viscosidade aparente (VA), viscosidade plástica (VP), limite de escoamento (LE) e força gel (gel final (GF) menos gel inicial (GI)) são utilizadas as Equações a seguir: VA (cP) = L600/2 VP (cP) = L600 – L300 LE (lbf/100 ft²) = L300 – VP Força gel (lbf/100 ft²) = GF – GI A força gel inicial (GI) é medida com o fluido a 600 rpm durante um minuto, desligando o equipamento durante 10 segundos e, após isso, seleciona-se na chave seletora a posição “gel”, lendo a maior deflexão do indicador. Para medida da força gel final (GF), o fluido também é submetido a uma rotação de 600 rpm durante um minuto, deixando-o em repouso por 5 minutos. Feito isso, seleciona-se na chave seletora a posição “gel”, lendo também a maior deflexão do indicador.

Resultados e Discussões

1) Isotermas de adsorção: O contato entre uma quantidade de adsorvente (argila atapulgita) e uma solução contendo adsorvato (tensoativo catiônico) provoca adsorção até que o equilíbrio seja atingido. Os dados obtidos com o experimento estão expressos na forma de isotermas de adsorção. Diante das medidas de absorbância geradas pelas amostras coletadas dos sobrenadantes e de posse da equação da reta gerada pela curva de calibração, foi possível calcular a capacidade de adsorção (q) e construir as isotermas. Ce indica a concentração de tensoativo na solução. Os resultados são mostrados na Tabela 1. O volume de solução utilizado foi de 80 mL e a concentração inicial de tensoativo (C_0) de 0,0275 g/mL. Tabela 1: Valores obtidos para geração de isotermas de adsorção.

Adsorvente (g)	Absorbância	Ce (g/l)	Ce (g/ml)	q (g tensoativo/g rocha)	q (mg tensoativo/g rocha)
0,5	28,1600	0,12308800	0,00012314,3803	4380,31	1
1	28,9210	0,12636030	0,00012642,1899	2189,89	5
5	27,7460	0,12130780	0,00012130,4381	438,06	10
10	26,5380	0,11611340	0,00011610,2191	219,07	15
20	28,7415	0,12558845	0,00012560,1095	109,50	27,1805
27,5	0,11887615	0,00011890,1460	146,03	146,03	20
45	0,12558845	0,00012560,1095	109,50	109,50	27,1805

O cálculo do valor de C_e (g/L) foi obtido de acordo com a Equação 1 da curva de calibração: $C_e = 0,0043 * (\text{Absorbância}) + 0,002$ (1) O cálculo do valor de q (g tensoativo/g rocha) foi obtido de acordo com a Equação 2: $q = [80 \text{ ml} * (0,0275 \text{ (g/ml)} - C_e \text{ (g/ml)})] / [\text{m (g)}]$ (2) Com estes dados obtidos, gerou-se uma curva de adsorção para o tensoativo utilizado (CTAB 27,5 g/L). A partir dos resultados observados, o processo de adsorção em que se variou a massa do adsorvente apresentou mudança significativa até o valor de 10 gramas. A partir deste, tornou-se praticamente constante. Com todos esses dados, as isotermas de adsorção puderam ser geradas, de acordo com os modelos de Freundlich e Langmuir. De acordo com o coeficiente de correlação (R^2) de ambos os modelos, o que mais se aproxima do valor unitário é o Modelo de Freundlich. Esta isoterma busca estabelecer uma relação entre a quantidade de material adsorvido e a concentração do material na solução. Este é o modelo que admite adsorção em multicamadas.

2) Tempo de equilíbrio: Através do processo de adsorção realizado com a massa fixada (10 gramas) variando-se o tempo de contato entre o adsorvente (argila) e o adsorvato (tensoativo) tornou possível observar que o tempo de contato não influencia no processo de adsorção.

3) Análise reológica: A análise reológica foi feita mediante o uso do viscosímetro citado anteriormente. A Tabela 2 apresenta os valores de viscosidade aparente (VA), viscosidade plástica (VP), limite de escoamento (LE) e força gel para os fluidos antes do processo de envelhecimento. Tabela 2: Reologia dos fluidos preparados com argila organofílica comercial e atapulgita organofilizada antes do processo de envelhecimento.

Argila organofílica comercial Atapulgita organofilizada VA (cP)	5	VP (cP)	3,5	LE (lbf/100 ft ²)	0	FG (lbf/100 ft ²)	4	
VA (cP)	3,5	5	VP (cP)	3,5	LE (lbf/100 ft ²)	0	FG (lbf/100 ft ²)	4

Analisando a Tabela 2, observa-se que o fluido preparado com a atapulgita organofilizada apresenta quase todas as propriedades reológicas próximas às do fluido preparado com a argila organofílica comercial. No entanto, não é tixotrópico. A Tabela 3 apresenta os valores de viscosidade plástica (VP), viscosidade aparente (VA), limite de escoamento (LE) e força gel para os fluidos após o processo de envelhecimento. Tabela 3: Reologia dos fluidos preparados com argila organofílica comercial e atapulgita organofilizada após o processo de envelhecimento.

Argila organofílica comercial Atapulgita Organofilizada VA (cP)	3,5	VP (cP)	3,5	LE (lbf/100 ft ²)	0	FG (lbf/100 ft ²)	0	
VA (cP)	3,5	5	VP (cP)	3,5	LE (lbf/100 ft ²)	0	FG (lbf/100 ft ²)	0

Com o envelhecimento dos fluidos (Tabela 3) observa-se que não houve alteração na reologia dos fluidos, com exceção para a força gel do fluido com a argila organofilizada comercial que também se apresentou nula. Esses resultados mostram a eficiência na organofilização da atapulgita, visto que essa apresentou propriedades reológicas semelhantes às da argila organofilizada comercial.

Conclusão

CONCLUSÃO: As isotermas de adsorção apontaram como característica o modelo de adsorção de Freundlich, admitindo que a adsorção do CTAB na atapulgita ocorre em multicamadas. O tempo de equilíbrio mostrou um grau de adsorção constante durante todo o tempo em que foi submetido ao processo de agitação, de forma que a adsorção em estudo admitiu não ter dependência com o tempo de contato estudado. Embora o grau de gelificação não atenda às normas especificadas, o processo de modificação superficial da atapulgita apresenta-se como uma alternativa aceitável em sua utilização como fluido de perfuração à base de óleo, após todo o processo de organofilização.

Referências

MELTON, H. R. et al. Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations. SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, n. 342, 2004. SILVA, A. R. V; FERREIRA, H. C. Industriais, Reservas, Produção E Produtores / Fornecedores Nacionais E Internacionais. Revista eletrônica de Materiais e Processos, v. 3, p. 26-35, 2008.

CÓDIGO: ET0108

AUTOR: ARTHUR DA COSTA FERNANDES

ORIENTADOR: ARRHENIUS VINICIUS DA COSTA OLIVEIRA

TÍTULO: Eliminação de Sobrecarga em Ramos Utilizando a Metodologia da Função de Alívio

Resumo

Com o crescimento de tecnologias para automatização de sistemas elétricos, é importante criar formas para manter o fornecimento de energia elétrica mesmo em situações de contingências, com resoluções rápidas e de baixo custo. Uma forma de tornar esses sistemas robustos a contingências é adotar esquemas de redundância nos elementos do sistema, aplicando o critério “N-1”. Apesar de ser um método seguro e robusto, o uso de redundâncias no sistema gera custos elevados para a concessionária. Com o intento de tornar os sistemas elétricos mais confiáveis sem a necessidade de adicionar novos elementos, utiliza-se a técnica de Chaveamentos Corretivos, que como o nome sugere, controla o fluxo de potência no sistema através de chaveamentos de elementos do mesmo. As diferentes possibilidades de combinações de chaveamentos são chamadas de variantes. Para escolher a variante que resolve o problema, deve-se realizar simulações computacionais através do método do fluxo de carga. Por ser um método iterativo, em redes dotadas de muitos elementos, o fluxo de carga exige grande esforço computacional. Com o objetivo de sanar o problema relacionado ao método de fluxo de carga utiliza-se a metodologia da função de alívio, que é a linearização do problema, gerando estimativas dos carregamentos para as diferentes variantes, sem haver a necessidade do cálculo exato do fluxo de carga.

Palavras-chave: Chaveamentos Corretivos. Funções de Alívio. Eliminação de Sobrecargas.

TITLE: Branch Overload Elimination Using Relief Function Methodology

Abstract

With the growth of technologies for automation of electrical systems, it is important to create ways to maintain the power supply even in contingency situations with fast, low cost resolutions. One way to make these systems robust to contingencies is to adopt redundancy schemes on system elements by applying the “N-1” criterion. Despite being a safe and robust method, the use of system redundancies generates high costs. In order to make electrical systems more reliable without the need to add new elements, we use the Corrective Switching technique, which as the name suggests, controls the power flow in the system by switching elements of the same. The different possibilities of switching combinations are called variants. To choose the variant that solves the problem, we need to perform computational simulations using the load flow method. Because it is an iterative method, in networks with many elements, the load flow requires great computational effort. In order to solve the problem related to the load flow method, the

relief function methodology is used, which is the linearization of the problem, generating load estimates for the different variants, without the need for the exact calculation of the load flow. charge.

Keywords: Keywords: Corrective Switches. Relief Functions. Overload Elimination.

Introdução

Na operação do sistema elétrico existem grandezas que devem ser monitoradas, por possuírem certa faixa de valores toleráveis. Eventualmente verificam-se violações de limites de tensão em subestações, ou carregamento de linhas ou transformadores. Quando uma violação é detectada, é necessário adotar algum procedimento que mantenha o sistema em funcionamento normal. Com o atual contexto do sistema elétrico brasileiro, onde as metas de continuidade e qualidade do fornecimento de energia elétrica, impostas pelo órgão regulador, são cada vez mais desafiadoras, a restrição de carga é uma solução indesejada que só deve ser utilizada como último recurso. No atual cenário do setor elétrico existem diversos procedimentos para manter o fornecimento de energia, como: re-despacho de potências ativas e reativas, ajuste de taps de transformadores defasadores, ou redistribuição de carga. Esses métodos estão geralmente ligados ao aumento de custos. Um método eficiente de evitar restrições na operação utilizando os elementos já presentes no sistema (sem custos adicionais) é a técnica de Chaveamentos Corretivos.

Esta técnica, começou a ser desenvolvida no final da década de 70 e desde então vêm sendo estudada e aprimorada. Através de simulações efetuadas em redes reais foi mostrado que é possível eliminar sobrecargas de até 30%, segundo o estudo de (Koglin & Medeiros Júnior, 1983). Trata-se, portanto, de uma estratégia eficiente para o controle do fluxo de carga. Através do chaveamento de linhas, barramentos de subestação ou elementos shunt, é possível alterar o fluxo de carga do sistema, alterando assim níveis de curto-circuito, perdas técnicas, níveis de tensão e carregamentos das linhas. Essa técnica se destaca em relação às demais, já que é bem mais econômica, utilizando apenas elementos presentes no sistema. Entretanto, requer que as subestações dos sistemas possuam arranjos flexíveis que permitam o chaveamento.

Para solucionar restrições através da técnica de Chaveamentos Corretivos, existem diversas variantes para cada nó do sistema. Antes de realizar os testes, deve-se codificar as variantes. Realizar a análise de cada variante através do cálculo exato do fluxo de carga torna a técnica lenta, já que é calculado através do método iterativo de Newton-Raphson, que apesar de convergir em um menor número de iterações do que o método de Gauss-Seidel, tem iterações mais longas. Afim de pré-selecionar as variantes promissoras para eliminação de uma sobrecarga no sistemas, utiliza-se a metodologia da Função de Alívio. Função de Alívio é a linearização do problema. A partir da mesma, é possível conhecer quais as variantes que irão causar alívio em um ramo sobrecarregado e também obter uma estimativa de qual o carregamento deste ramo. Em seguida, realiza-se o cálculo exato do fluxo de carga para verificar o nível de corrente real para as variantes pré-selecionadas e se não há mais sobrecargas no sistema.

Metodologia

Chaveamentos corretivos

Para realizar a técnica de Chaveamentos corretivos, deve-se escolher uma barra do sistema como Nô de Chaveamento. A partir da abertura desta barra, é realizado o chaveamento dos elementos à ela ligados. Para realizar a codificação das variantes, considera-se que a subestação representada por essa barra possui o arranjo de barramento duplo. Para aliviar uma sobrecarga em determinada linha, é preferível que se escolha uma barra que seja um Nô de Chaveamento de primeira ordem.

Segundo Müller (1981), Nós de Chaveamento são aqueles para onde flui uma parcela substancial da sobrecarga direcionada. Um nô de chaveamento pode ter diferentes ordens. Um nô de primeira ordem seria um nô em que pelo menos 90% da potência redirecionada flui pelo mesmo. É importante escolher um nô de primeira ordem, pois dessa forma é mais provável que este consiga redirecionar a sobrecarga na linha.

Para identificar quais são os nôs de primeira ordem de forma prática, deve-se eliminar o ramo sobrecarregado do sistema. Em seguida são desligadas todas as gerações e cargas e adiciona-se uma geração em um dos nôs do ramo sobrecarregado e uma carga de mesmo valor ao outro nô, conforme apresentado na Figura 1. Após realizar as alterações no sistema, executa-se o fluxo de carga do sistema alterado e observa-se qual a parcela da potência injetada irá fluir em cada nô do sistema. Os nôs em que pelo menos 90% da potência injetada fluirão são definidos como nôs de primeira ordem. Além de que claramente, sem necessidade de cálculo, os nôs ligados ao ramo sobrecarregado são nôs de chaveamento de primeira ordem.

Após reconhecer qual barra será utilizada como nô de chaveamento, o disjuntor que interliga o barramento duplo é aberto e o barramento passa a funcionar como dois. Para identificar todas as possíveis variantes, que são as possibilidades de chaveamento dos elementos entre as duas barras, utiliza-se uma codificação binária, onde "0" e "1" indicam que o elemento estará ligado à barra principal e de transferência, respectivamente. Cada uma dessas variantes altera a topologia da rede e, consequentemente, o carregamento das linhas. Deve-se observar se a variante elimina ou não a sobrecarga.

Função de alívio

A função de alívio é uma forma de obter estimativas do carregamento do ramo sobrecarregado para cada variante, não havendo a necessidade de execução do fluxo de carga. Dessa forma, é possível identificar quais variantes irão aliviar a sobrecarga. Portanto, o teste através do fluxo de carga exato é feito apenas para as variantes promissoras e dessa forma são reduzidos o tempo de simulação e o esforço computacional significativamente.

A função de alívio utilizada foi a desenvolvida em (Koglin & Medeiros Júnior, 1987). O resultado para esta função de alívio fornece a parcela de sobrecarga que foi redirecionada do ramo e pode ser expressa pela equação 1.

Onde o "Ps" é a potência de chaveamento e representa a potência que flui pelo disjuntor do nô de chaveamento em cada uma das variantes. O " $\Delta Pres$ " representa a parcela de potência redirecionada que flui pelo nô de chaveamento. O " $\Delta Prev$ " é a parcela de potência redirecionada que passa pelo disjuntor do nô de chaveamento. E o " $\Delta Psob$ " representa a potência de sobrecarga, dada pela diferença entre a potência no caso base (P) e a capacidade de potência do ramo. A Figura 2 apresenta um esquema com o que cada variável representa.

Para obter as potências estimadas para cada variante através da função de alívio, basta utilizar a equação 2.

Para obter os valores das variáveis necessárias para utilizar a equação 1 e 2, utiliza-se o caso redirecionado. O caso redirecionado consiste em remover o ramo em sobrecarga e adicionar uma geração e uma carga aos nós que são ligados ao ramo, conforme a Figura 1. O valor da geração e da carga são equivalentes ao valor de potência nominal da linha. Dessa forma, forçando a linha sobrecarregada a operar com 100% de carregamento, é possível observar por onde a potência será redirecionada.

Sistema de confiabilidade do IEEE

Para realizar os testes, utilizou-se a rede de confiabilidade do IEEE. Esse sistema possui 27 barras e 41 linhas, sendo assim relativamente grande, permitindo um grande número de possibilidades para serem testadas. Esse sistema é ilustrado na Figura 3.

A partir do sistema da Figura 3, elaborou-se uma rotina que simula o contingenciamento de cada uma de suas linhas. Dessa forma, é possível analisar as consequências provenientes das perdas de cada uma das linhas do sistema, bem como as soluções.

Por fim, é feito um plano de ação para cada contingência, tornando o sistema preparado e aumentando assim sua robustez e confiabilidade.

Resultados e Discussões

Os resultados foram obtidos através de simulações no sistema teste de confiabilidade do IEEE. Por ser um sistema grande e interligado através de várias linhas, muitos dos casos de contingências permanecem com funcionamento normal, sem surgimento de sobrecargas. Por outro lado, alguns dos casos geram mais do que uma sobrecarga, o que dificulta o uso da técnica de chaveamentos corretivos. Portanto, serão apresentados apenas alguns dos casos de contingência que conseguem mostrar o funcionamento e as características da técnica.

Contingência no ramo 15-10

O primeiro caso leva em conta a perda da linha que liga as barras 15 e 10. Nesse caso, uma sobrecarga de 119,13% surge na linha que liga as barras 15 e 9, que possui uma capacidade de corrente de 439 A. Observou-se nesse caso que, mesmo com a perda da linha, não há subtensão em nenhuma barra do sistema.

Após identificar a sobrecarga, deve-se identificar quais os possíveis nós de chaveamento para esse ramo. A Tabela 1 mostra os valores percentuais de sobrecarga redirecionada para cada barra do sistema e destaca os nós de primeira ordem.

Tendo em vista que os nós 9, 11, 14, 15 e 22 são nós de primeira ordem. A rotina escolhe o nó de chaveamento de forma automática, considerando o nó com maior parcela de sobrecarga redirecionada, mas para esse caso escolheu-se de forma empírica a barra 22, por possuir variantes, que quando testadas, forneceram bons resultados.

Como a barra 22 é ligada à mais 4 barras através de linhas de transmissão e possui carga e geração, existem 14 possíveis variantes de chaveamento, já desconsiderando variantes redundantes e impraticáveis (como o caso da carga ilhada). Utiliza-se a Função de Alívio da equação 1 para identificar quais as variantes que irão aliviar a sobrecarga e ranqueá-las de forma que primeiro sejam executadas as variantes que mantêm o carregamento da linha sobrecarregada o mais próximo possível de 100%.

A primeira variante testada foi a de número 10, que altera o arranjo do barramento conforme a Figura 4.

Ao executar o fluxo de carga com a topologia alterada de acordo com a variante 10, o sistema passa a operar sem nenhuma linha sobrecarregada e com níveis de tensão adequados. O carregamento do ramo 15-9 passa a ser de 93,5%, o que é um valor satisfatório, pois elimina a sobrecarga no ramo mantendo um carregamento próximo a 100%, redirecionando uma pequena parcela da sobrecarga e, consequentemente, não ocasionando uma nova sobrecarga no sistema. Os dados para esse ramo podem ser vistos na Tabela 2, onde é possível observar que o valor da potência estimada com a função de alívio e a potência real calculada através do fluxo de carga são próximos, o que confirma que a função de alívio fornece estimativas satisfatórias.

Conclui-se então que com a escolha da barra 22 como nó de chaveamento e utilizando a variante 10, é possível fazer com que o sistema funcione em condições normais após a perda do ramo 15-10.

Contingência no ramo 15-22

Após executar o fluxo de carga com a perda da linha que liga as barras 15 e 22, observa-se uma sobrecarga de 122,99% no ramo 15-9, assim como no caso anterior. Porém, com a perda dessa linha, constata-se uma subtensão na barra 23.

Utiliza-se a técnica para encontrar os nós de chaveamento de primeira ordem para esse caso, estes podem estar destacados na Tabela 3.

Para esse caso, o nó de chaveamento escolhido foi o 15. Tanto a barra 15, quanto a 9 são obrigatoriamente nós de chaveamento de primeira ordem, pois por eles fluirá 100% da potência a ser redirecionada.

Na barra 15 existem quatro linhas interligadas (seriam cinco, mas não se considera o ramo em contingência 15-22) e não há presença de carga ou geração nessa barra, portanto, ao desconsiderar redundâncias e casos indesejados, sobram sete possíveis variantes para o teste.

Ao utilizar a função de alívio, percebe-se que das sete possíveis variantes, apenas cinco aliviam a sobrecarga, descartando assim as outras duas. As cinco variantes restantes são ranqueadas de forma que as primeiras variantes a serem testadas, sejam as que mantêm o ramo com um carregamento mais próximo de 100% possível.

A partir da classificação das variantes, a primeira a ser testada é a 7. Um esquema com a mudança do arranjo no nó de chaveamento é mostrado na Figura 5.

Com a mudança da topologia da rede de acordo com a Figura 5 o sistema passa a operar sem sobrecarga, com um carregamento no ramo 15-9 de 87,8%, porém a

subtensão na barra 23 permanece. Mas como o objetivo dessa função de alívio não é resolver problemas de subtensão, não é possível estimar quais variantes podem resolver o problema e a rotina é finalizada. A Tabela 4 mostra os dados do ramo 15-9. Vale ressaltar que o fato do ramo 15-9 ainda possuir carregamento elevado favorece o não aparecimento de novos ramos sobre carregados, pois redireciona apenas a parcela de sobrecarga necessária.

Portanto, para casos de contingencia no ramo 15-22, ao utilizar a barra 15 como nó de chaveamento e a variante 7, o problema de sobrecarga é resolvido.

Contingência no ramo 26-21

Para remoção da linha que liga a barra 26 à barra 21, é possível observar o surgimento de uma sobrecarga de 117,87% no ramo 15-22. Para esse caso, há restrição de tensão nas barras 4, 18 e 23. Porém, como não é o objetivo do estudo resolver problemas de subtensão, o foco do análise são os carregamentos das linhas.

Encontra-se os nós de chaveamento de primeira ordem da mesma forma que foi feita para os casos anteriores. Esses nós estão destacados na Tabela 5.

Assim como no caso anterior, o nó de chaveamento escolhido foi o 15, porém, diferente do caso anterior onde a linha 15-22 havia sido removida, agora a barra 15 possui ligação com mais cinco barras, através de linhas de transmissão. Dessa forma, a quantidade de variantes para teste são 15.

Com a utilização da técnica de Função de Alívio, observa-se que todas essas 15 variantes irão aliviar a sobrecarga no ramo. Dessa forma, a utilização da função de alívio será considerada apenas no ranque de variantes.

A primeira variante a ser testada no ranque é a variante 9, que apesar de diminuir o nível de corrente, não elimina a sobrecarga. Mantendo ainda um carregamento de 116%.

Seguindo a ordem, testa-se é a 1, que também diminui o nível de corrente no ramo 15-22, mas não elimina a sobrecarga. Mantendo assim um carregamento de 111,51%.

Assim como as variantes anteriores, a variante 7 também não é capaz de eliminar a sobrecarga na linha, mantendo ainda um carregamento de 114,05%.

A próxima variante testada é a 15, que também não consegue eliminar a sobrecarga e mantém a linha com o carregamento de 111,14%.

Por fim, a variante 6 é a última ser testada, pois essa elimina a sobrecarga e não gera nenhuma nova restrição de corrente no sistema. Essa variante torna o carregamento do ramo 15-22 96,09%, que é muito próximo do valor ideal de carregamento de 100%.

O arranjo do nó de chaveamento para a variante 6 é mostrado na Figura 6.

Os dados referentes às cinco variantes testadas para esse caso estão expostos na Tabela 6, destacando a variante 6 que solucionou o problema.

Conclusão

A técnica de Chaveamentos Corretivos mostra-se eficiente na eliminação de sobrecargas em linhas de transmissão no sistema. O que é diretamente associado ao fato de que o sistema é grande e possui várias possibilidades de mudanças de arranjos e caminhos para que as sobrecargas sejam redirecionadas. E quando a técnica é utilizada junto com a metodologia de Função de Alívio, torna a resolução mais rápida e eficiente, seguindo uma lógica na ordem de execução das variantes. Os resultados mostram que os valores de potência estimados pela função de alívio costumam ser muito próximos dos valores de potência calculados através do fluxo de carga, mesmo não sendo uma resolução através de métodos iterativos e com faixas de tolerância de erro.

Constata-se que utilizar a Função de Alívio torna o procedimento bem mais rápido, pois o poupa de executar diversos fluxos de carga em busca de uma variante que funcione. Em dois dos três casos abordados no trabalho a primeira variante era solução para o problema, mostrando assim a eficiência da técnica e a melhoria no tempo de execução.

Entretanto, considera-se que todas as barras do sistema possuem o arranjo de barramento duplo, o que não é a realidade no atual cenário do sistema de transmissão nacional. Logo, para um caso real, é importante levar em conta o arranjo dos barramentos para cada subestação do sistema, para dessa forma escolher como nó de chaveamento não só uma barra que seja um nó de primeira ordem, mas também levar em conta a flexibilidade do arranjo da subestação. Além de outras questões, como utilizar técnicas para otimizar a escolha da variante e fazer testes com o RTDS (Simulador Digital em Tempo Real) para conhecer os efeitos transitórios causados pelos chaveamentos da técnica. Assim sendo, em trabalhos futuros, serão consideradas restrições quanto à topologia da subestação. Além disso, serão realizadas simulações em redes utilizando o simulador em tempo real RTDS.

Referências

Oliveira, A. V. C., "Dedução de Funções de Alívio para Priorização de Variantes de Chaveamento Adequadas à Eliminação de Sobrecargas," Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2011.

Monticelli, J. A. - Fluxo de carga em redes de energia elétrica, São Paulo - São Paulo, Edgard Blucher, 1983.

Pataca, L. C., "Análise de Contingências com critério N-1 em sistemas elétricos de potência utilizando computação paralela em MATLAB", Tese de Conclusão de Curso, São Carlos, 2012.

Pinheiro, D. da C., " Eliminação de sobrecargas em sistemas de transmissão através do chaveamento de ramos", Dissertação de Mestrado, Campinas - São Paulo, 2016.

Medeiros Junior, M.F.; Oliveira, A. V. C.; Oliveira, A. R. C., " Employment of Corrective Switching in Congestion Management for Eliminating Multiple Overloads in Power Systems," Revista IEEE América Latina, Brasil, 2016.

Anexos

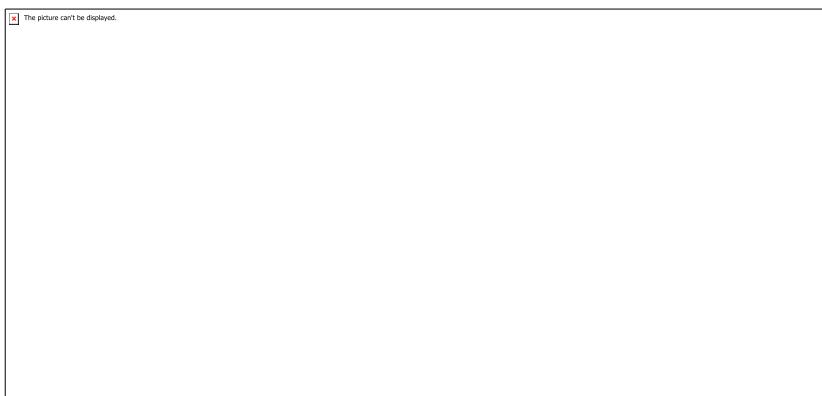


Figura 1 - Representação do caso redirecionado

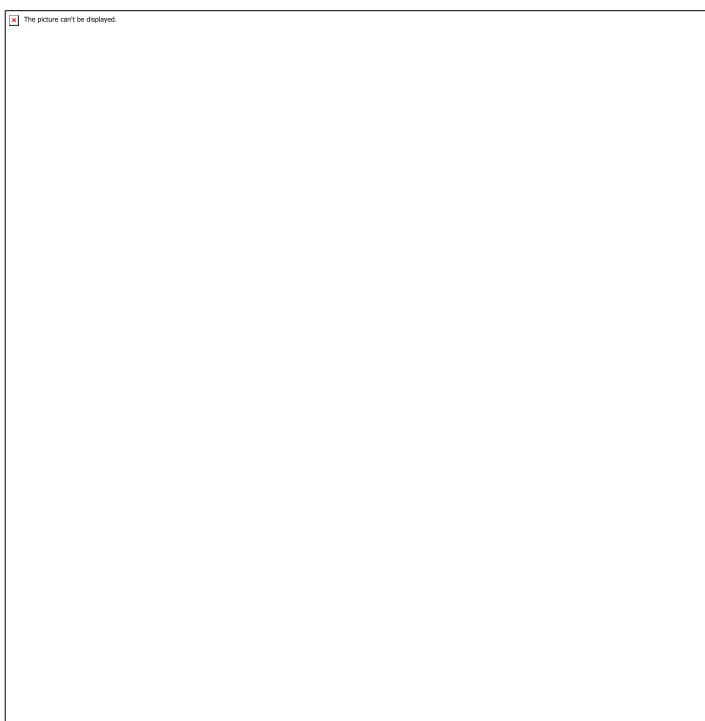


Figura 2 - Esquema para simular o redirecionamento de potência com barras acopladas

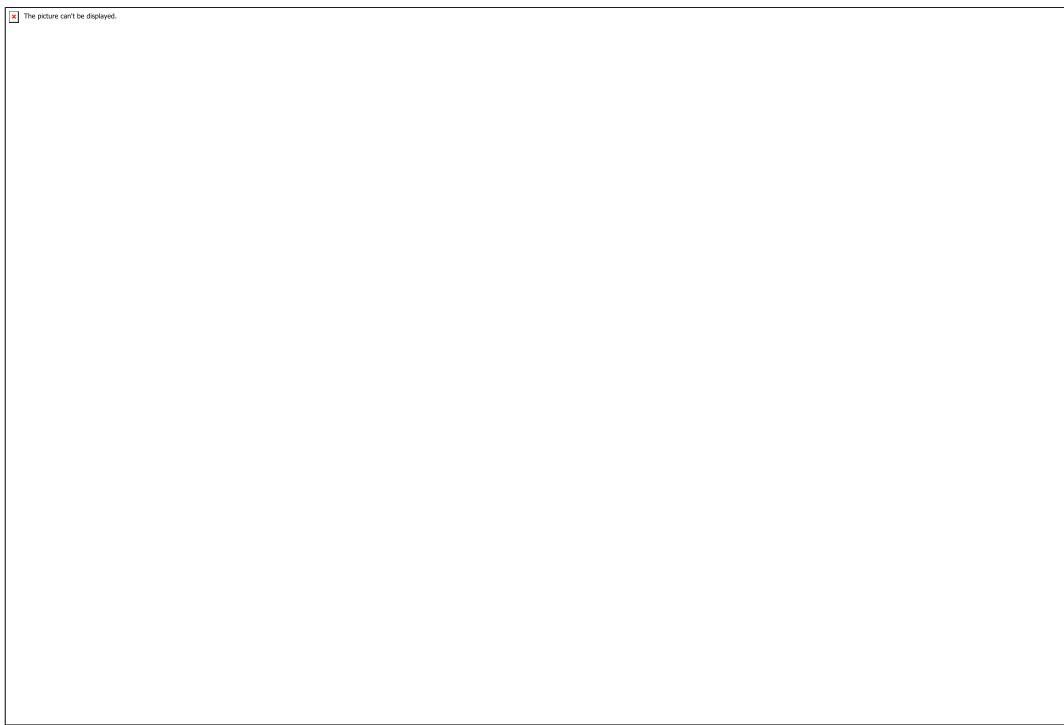


Figura 3 - Sistema Teste de Confiabilidade do IEEE

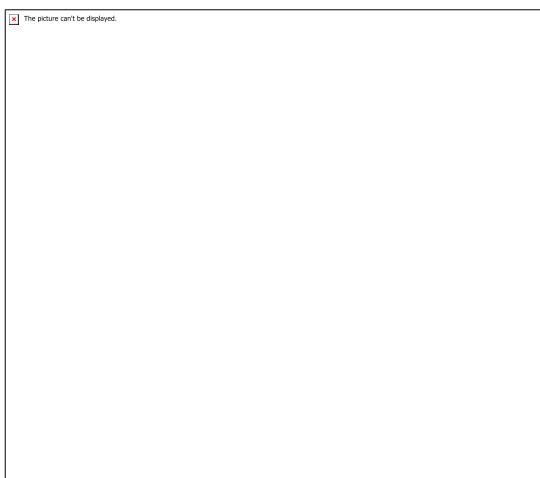


Figura 4 - Mudança na topologia do sistema para a variante 10

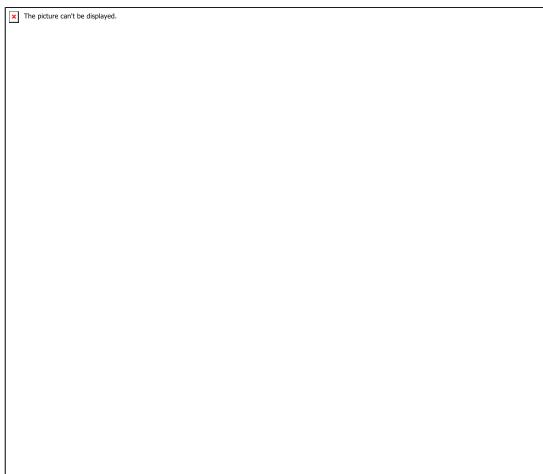


Figura 5 - Mudança na topologia do sistema para a variante 7

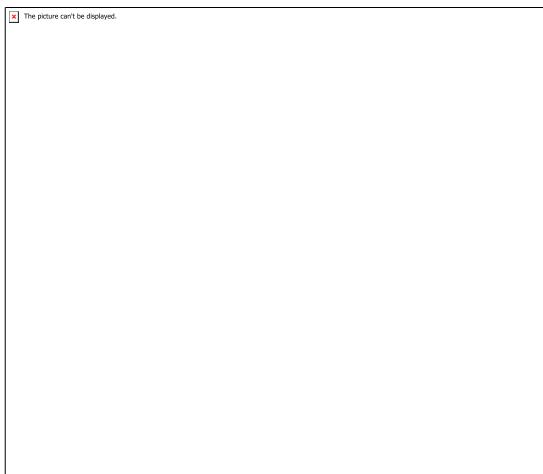
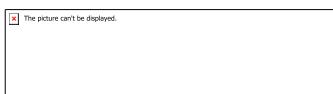


Figura 6 - Mudança na topologia do sistema para a variante 6



Equação 1 - Função de Alívio



Equação 2 - Potência estimada



Tabela 1 – Parcela de sobrecarga redirecionada em cada nó para a remoção do ramo 15-10



Tabela 2 – Dados do ramo 15-9 para a variante 10

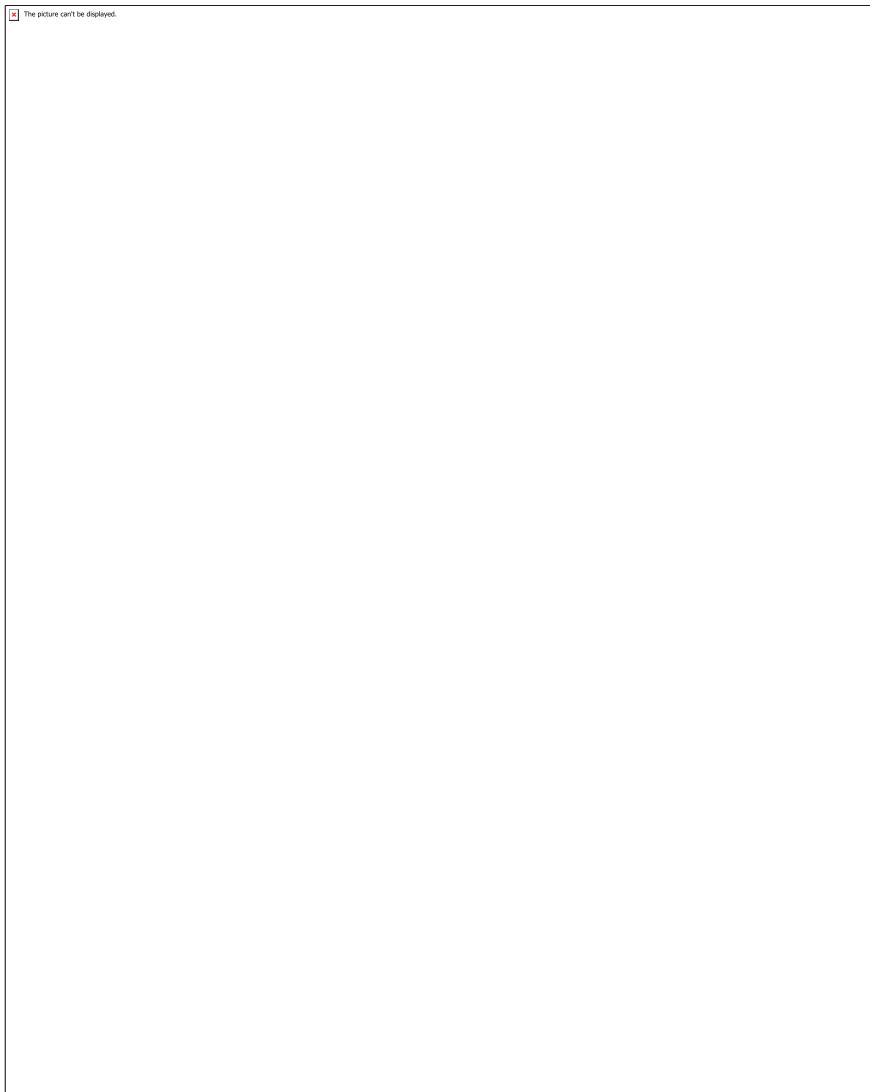


Tabela 3 – Parcela de sobrecarga redirecionada em cada nó para a remoção do ramo 15-22

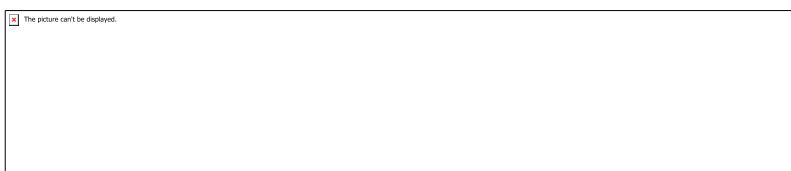


Tabela 4 – Dados do ramo 15-9 para a variante 7

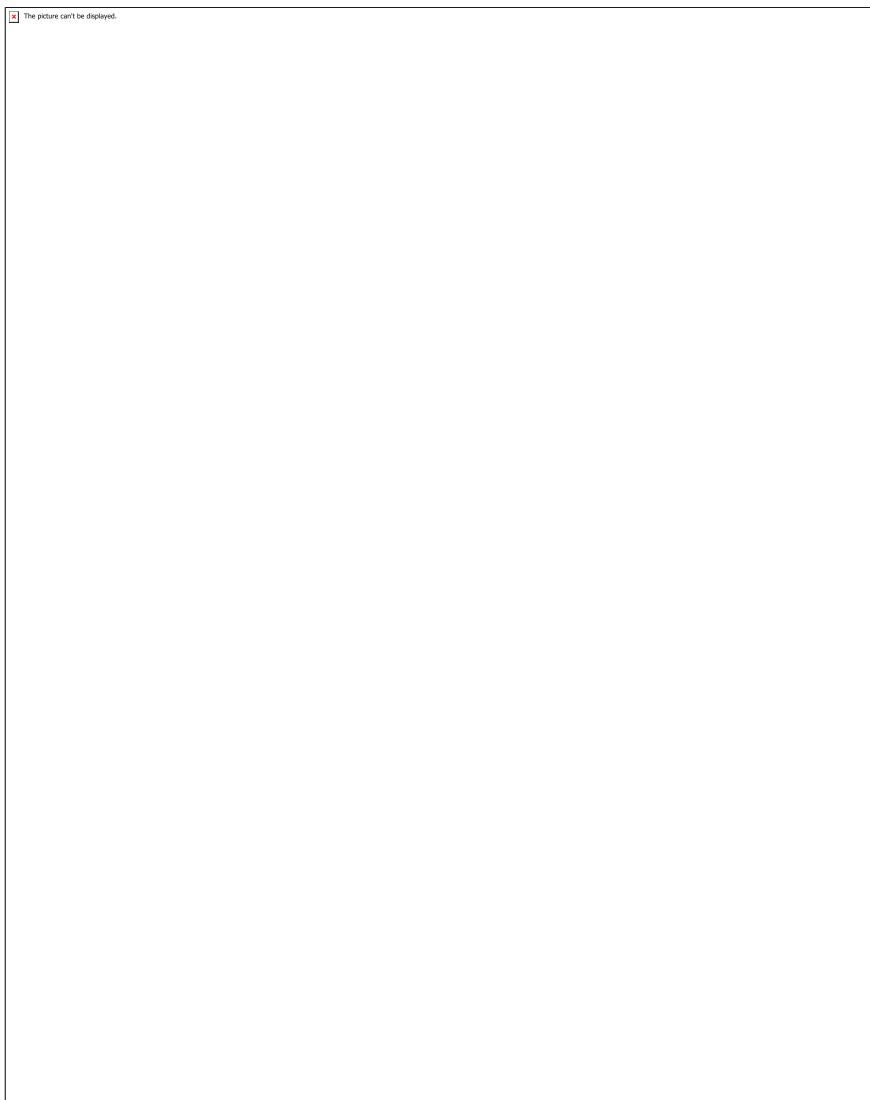


Tabela 5 – Parcela de sobrecarga redirecionada em cada nó para a remoção do ramo 26-21



Tabela 6 – Dados do ramo 15-22 para todas as variantes testadas

CÓDIGO: ET0120

AUTOR: JÚLIO CÉSAR DE OLIVEIRA DANTAS

ORIENTADOR: AVELINO MANUEL DA SILVA DIAS

TÍTULO: Avaliação dos Fatores de Concentração de Tensões em Compósitos Utilizando o Método dos Elementos Finitos.

Resumo

Recentemente, devido ao grande crescimento de aplicações com materiais compósitos laminados, houve um grande aumento na busca por métodos que consigam predizer o comportamento de tais materiais com diferentes geometrias submetidos a diferentes esforços. Neste plano de trabalho, foi proposto o estudo da influência dos concentradores nesses materiais e para realizar tal análise, foi selecionado um material compósito com diferentes empilhamentos das camadas simulando diferentes ensaios mecânicos e validando os resultados de acordo com a literatura. Os ensaios foram simulados através do método de elementos finitos (MEF), usando o software comercial MARC™, para obter a distribuição do campo de tensões na região da descontinuidade geométrica. Foram realizados ensaios de tração, compressão e de flexão em três pontos em amostras de compósitos de fibra de carbono. Os resultados encontrados para os casos executados se mostraram compatíveis com os dados experimentais presentes na literatura, demonstrando potencialidade do estudo de fatores de concentração de tensões em materiais compósitos laminados através do MEF.

Palavras-chave: Compósitos Laminados, Análise de Tensão.

TITLE: Evaluation of stress concentration factors in composites using the finite element method.

Abstract

Recently, due to the great growth of applications with laminated composite materials, there has been a great increase in the search for methods that can predict the behavior of such materials with different geometries under different stresses. In this work plan, it was proposed to study the influence of concentrators on these materials and to perform such analysis, a composite material with different layer piles simulating different mechanical tests and validating the results according to the literature was selected. The tests were simulated using the finite element method (FEM) using the commercial software MARC™ to obtain the stress field distribution in the region of geometric discontinuity. Tensile, compression and three-point bending tests were performed on carbon fiber composite samples. The results found for the executed cases were compatible with the experimental data present in the literature, demonstrating the potentiality of the study of stress concentration factors in laminated composite materials through the FEM.

Keywords: Laminated Composites, Stress Analysis, Stress Concentrating Factors

Introdução

Estruturas utilizadas em diferentes componentes da indústria aeronáutica, aeroespacial entre outras precisam apresentar uma alta rigidez aliada a um baixo peso, assim como,

baixo coeficiente de expansão térmica e estabilidade dimensional durante a sua vida útil. Atualmente, materiais compósitos laminados de alto desempenho satisfazem esses requisitos. Basicamente, compósitos são avançados materiais de engenharia construídos a partir da combinação de dois ou mais materiais com diferentes propriedades físicas que quando combinados resultam em propriedades globais de alta rigidez e resistência. Dada à importância e aplicabilidade desse tipo de material, modelos que objetivam prever o comportamento de compósitos laminados vêm crescendo. Em 2012, Camanho et. al. propuseram o método da mecânica da fratura finita (FFM) para prever falhas numa placa de um compósito laminado com fibra de carbono e resina epóxi (Hexcel IM7-8552), com duas diferentes configurações de camadas e diferentes configurações de furo central submetido a um ensaio de tração, Figura 1. Foi utilizado o método analítico FFM para previsão de tensões máximas neste laminado com o furo central e seus resultados foram comparados com valores experimentais levantados pelo autor deste trabalho. É importante destacar que descontinuidades geométricas estão presentes na composição de qualquer sistema mecânico, ou seja, em qualquer elemento de máquinas há a presença de rasgos de chavetas, variações de diâmetros com raios de adoçamento, entalhes e até mesmo componentes com furos centrais. Assim sendo, com a aplicabilidade de materiais compósitos também vem acontecendo a necessidade de usá-los em situações com descontinuidades geométricas e, com isso, aparecendo os concentradores de tensão. Esse estudo teve como foco o estudo desse problema, tentando analisar da melhor forma possível a distribuição de tensão quando há uma descontinuidade (furo) em placas de materiais compósitos submetidos a diferentes esforços. As referências utilizadas neste trabalho mostram a importância do estudo de concentradores de tensão em materiais compósitos nas mais diversas áreas da engenharia. Simulados os diferentes materiais de forma a analisar o campo de tensões ao redor dos concentradores, foi feito um estudo do comportamento de materiais compósitos para mecânica da fratura. O estudo da mecânica da fratura é direcionado a análise da capacidade do material de resistir a carregamentos mecânicos sem a ocorrência de falha. A presença de pequenas trincas pode reduzir a resistência estrutural do componente, permitindo em alguns casos o colapso da estrutura em tensões mais baixas que a última tensão estrutural. Assim sendo, para garantir a aplicabilidade de qualquer material, se faz necessário um estudo de suas propriedades de tenacidade à fratura. (André et. al., 2016) No presente trabalho foi combinada a influência da concentração de tensão em furos com o mecanismo de delaminação das camadas do compósito estudado. A delaminação ocorre quando materiais compósitos são submetidos, principalmente, a ciclos repetidos de tensão ou impactos causando a separação das lâminas do material. A separação dessas camadas pode acontecer até mesmo em estruturas de materiais metálicos e acarretam uma perda de rigidez do material, podendo resultar no rompimento destas estruturas mecânicas. Para simular este comportamento, foram inseridos elementos de delaminação na seção do furo para ativar este mecanismo de falha, e seus resultados (dano estrutural) se mostraram compatíveis com falhas em ensaios experimentais presentes na literatura especializada. Esta metodologia surgiu da necessidade de projetar estruturas complexas como, por exemplo, no estudo de edifícios, pontes, barragens, etc., através de um método numérico de baixo custo e boa confiabilidade. . Recentemente, o MEF tem sido largamente utilizado para simular e resolver inúmeros problemas não lineares nas áreas de instabilidade estrutural.

Metodologia

O primeiro material a ser estudado foi um compósito laminado de fibra de carbono-epóxi Hexcel IM7-8552 com 3,0 mm de espessura. Foi simulado o comportamento deste laminado com furo central submetido à tração (Figura 1) com duas diferentes configurações de empilhamento das camadas, [90/0/ ± 45]3s totalizando 24 camadas, e [45/90/-45/0]4s totalizando 32 camadas. Este laminado foi considerando com um comportamento quasi-isotrópico e as suas propriedades mecânicas da lâmina estão mostradas na Tabela 1. Tabela 1- Principais propriedades da lâmina Hexcel IM7- 8552 Carbono-epóxi (Camanho, et. al. 2012). No início do estudo da influência de múltiplos concentradores de tensão em uma peça, foi feito uma análise preliminar através da simulação dessas descontinuidades em um metálico (aço 1020) com as seguintes propriedades mecânicas: $E = 207$ GPa e $v = 0.3$. Uma vez que existem na literatura especializada valores de fatores de concentração de tensões para diferentes descontinuidades em materiais isotrópicos (metálicos). A primeira geometria proposta nesta etapa do trabalho foi um duplo concentrador de tensões, consistindo em um furo e um raio de adoçamento, ambos próximos a mesma seção transversal do corpo de prova, conforme pode ser visto na Figura 2. Variaram-se as dimensões do corpo de prova em questão de modo a testar a influência de cada concentrador, bem como a influência da coexistência dos mesmos na peça. As dimensões simuladas foram: espessura (t) de 3 mm, largura (l) de 70 mm, maior altura (h_1) de 20 mm (esquerda) e menor altura (h_2) de 10 mm (direita). O raio do entalhe, entre h_1 e h_2 , variou entre $r = 6.25\text{mm}$, 5.0 mm , 3.75 mm , 2.5 mm e 1.25 mm . O diâmetro do furo teve as seguintes dimensões $2R = 7.5\text{ mm}$, 6.25mm , 5.0 mm , 3.75mm e 2.5 mm . Nesta etapa, foi traçado um comparativo entre os resultados das para o material compósito e o material isotrópico (aço 1020) de forma a verificar a influência da configuração de empilhamento em um compósito laminado com duplo concentrador de tensão. De acordo com os dados mostrados em Shigley et. al. (2008), para uma placa de material isotrópico com furo central, os valores das tensões crescem com o aumento do diâmetro do furo, mas isso se dá devido à redução na seção transversal da peça, reduzindo sua resistência pela diminuição da área. Por outro lado, para uma placa com entalhe, os fatores de concentração de tensão crescem com a diminuição do raio de adoçamento. Foram traçados gráficos comparativos entre os materiais e posteriormente foram realizadas outras simulações para análise do comportamento destes fatores de concentração de tensão e as suas influências na distribuição dos campos de tensões. Logo após a análise dos resultados para duplo concentrador de tensão, uma nova geometria foi proposta com um triplo concentrador de tensão consistindo em um furo e com um raio de adoçamento, além de dois entalhes superficiais semicirculares conforme Figura 3. Esta nova configuração teve por objetivo avaliar a influência de um terceiro concentrador no campo de tensões possibilitando, inclusive, um alívio no campo de tensões. Esta terceira descontinuidade foi um entalhe superficial semicircular, variado-se seu raio e a sua proximidade ao duplo concentrador anteriormente testando. O intuito dessa simulação foi avaliar a influência no campo de tensões provocada por este. Para esse estudo, varia-se as dimensões de todos os concentradores, bem como a proximidade entre os dois rasgos semicirculares e o duplo concentrador de tensão de forma a analisar como a presença do terceiro concentrador influenciaria no campo de tensões global. Para essa análise temos as distâncias L de 1.25mm e 2.5 mm e os valores de d_1 de 7.5mm e 5mm . Para comparar e melhor visualizar os resultados destas simulações, foram construídas tabelas de maneira a facilitar a compreensão de quais fatores influenciam mais diretamente no valor do K_T . No trabalho de Camanho et. al. (2012) há uma análise do comportamento do laminado sobre o viés da mecânica da fratura finita. Estes autores basicamente se utilizam de métodos computacionais para prever a tensão de falha do material na configuração de furo central. A partir dos resultados numéricos de uma série de equações, ele dispõe de um valor do fator de intensificação de tensões críticos (K_{IC}). Esse fator de intensificação de tensões

encontrado no trabalho de Camanho se trata do modo de falha de uma placa com furo central onde duas trincas irão se propagar das bordas da descontinuidade. A partir desse dado é possível calcular o fator de intensificação de tensões que é estruturalmente crítico. Esse valor de KIC se refere ao primeiro modo de abertura de trincas para a obtenção da tenacidade à fratura, que é dependente da geometria, das propriedades mecânicas da lâmina e da extensão da trinca necessária para a falha. A partir do estudo de Camanho, foi feito o cálculo da tenacidade à fratura do laminado (g1c) com através da Equação 1, presente no trabalho de Christoforo et. al. (2016). $G_{IC} = K_{IC} ((1-v^2)E)$ (1) Nesta Equação 1, v é o coeficiente de Poisson e E é o módulo de elasticidade. Esse valor de G_{IC} foi utilizado como entrada no software de simulação Marc™ para ativar os elementos de delaminação utilizados no modelo com a seção da trinca. Para validar o modelo de simulação do dano foi testada a geometria proposta por Avelino, onde é ensaiada uma resina Epóxi com um furo no ensaio de flexão. As propriedades mecânicas da resina podem ser encontradas na Tabela 2.

Resultados e Discussões

Após a validação do método para material isotrópico, iniciou-se a modelagem o compósito Hexcel IM7-8552 carbono-epóxi laminado com o seguinte empilhamento das lâminas [[90/0/ ± 45]] _3s. Não foi possível simular esse tipo de material com elementos planos, isso se dá devido às diversas camadas com diferentes angulações de fibra do material compósito. Para modelar este laminado garantindo corretamente o empilhamento de suas lâminas com suas diferentes orientações e propriedades foram utilizados elementos de casca nesta simulação. Segundo a literatura, este compósito tem um comportamento quasi-isotrópico. Os resultados obtidos para as tensões normais longe da influência dos concentradores de tensões (σ_∞) apresentou uma diferença em relação ao mesmo valor encontrado analiticamente de 4.0% para o aço e de 1.6% para o compósito laminado. Estes resultados indicam que tanto o modelo utilizando elementos planos quanto o modelo com elementos de casca conseguiram representar o campo de tensões longe da influência do furo e do entalhe. O raio do entalhe variou entre $r = 6.25\text{mm}$, 5.0 mm , 3.75 mm , 2.5 mm e 1.25 mm . O diâmetro do furo teve as seguintes dimensões $2R = 7.5\text{ mm}$, 6.25mm , 5.0 mm , 3.75mm e 2.5 mm . A Figura 5 mostra a comparação dos campos de tensões para o caso mais crítico, ou seja, $r = 1.25\text{mm}$ e $2R = 7.5\text{mm}$, e o caso menos crítico em que $r = 5.0\text{mm}$ e $2R = 2.5\text{mm}$. Foram calculados os fatores de concentração de tensão, a partir da relação entre a máxima tensão furo e no entalhe e σ_∞ . De maneira geral, o comportamento apresentado pelos fatores de concentração de tensões foi semelhante em todas as simulações. Para melhor analisar a influência que a variação no raio do entalhe exerceria sobre o campo de tensões foram traçados gráficos comparando os valores de K_T para cada uma das geometrias propostas e cada um dos materiais, na Figura 6 mostra os resultados dos fatores de concentração de tensões para uma placa com furo de 7.5 mm variando-se seu raio de entalhe, tanto para o aço como para o compósito laminado. A partir da análise do gráfico é possível notar que a variação das curvas de ambos os materiais é bastante similar com a variação de geometria, mesmo se tratando de valores diferentes de concentração de tensão, isso se dá porque o compósito estudado tem um comportamento quase-isotrópico. Outra conclusão que pode ser tirada é que o valor do concentrador de tensão não se trata de um fator puramente geométrico, podendo variar de acordo com o material estudado, principalmente no caso de laminados com diferentes configurações de empilhamento. Na Tabela 3 foram mostrados os fatores de concentração de tensão para o material isotrópico e para o compósito, respectivamente, obtidos através da simulação das malhas em elementos finitos. De acordo com os dados mostrados no Shigley et. al. 2008, para uma placa de material isotrópico com

furo, os valores dos fatores de concentração de tensão diminuem com o aumento do diâmetro do furo. Por outro lado, para uma placa apenas com entalhe, os fatores de concentração de tensão crescem com a diminuição do raio de adoçamento. Além das geometrias simuladas com o aço e compósito, foram criadas geometrias para o estudo aprofundado do duplo concentrador na placa de fibra de carbono. Foram traçados gráficos onde é possível ver a variação do comportamento do concentrador KT para o material compósito, por exemplo, na Figura 7. Foi possível notar através da análise do gráfico que a medida que o raio de adoçamento é aumentado, a concentração de tensão no furo aumenta praticamente na mesma proporção que a concentração de tensão no adoçamento diminui, isso se dá porque os concentradores estão redistribuindo o campo de tensões e permutando tensões entre si. Esse estudo demonstra que a adição de concentradores na peça, apesar de sempre aumentar o campo de tensões global, pode servir como alívio de tensões em uma seção mais crítica da placa, aumentando assim o fator de segurança do projeto mecânico tanto para material isotrópico quanto para compósitos laminados. Na Figura 8, nota-se que o comportamento das curvas de concentração de tensão é similar, mesmo variando o diâmetro do furo. A análise dos resultados mostra que quanto maior o furo, mais deslocado para a borda superior do gráfico está às curvas, ou seja, quanto maior o furo, maiores os concentradores de tensão nas descontinuidades geométricas. Comparando os gráficos também é possível notar que o comportamento das curvas é similar, demonstrando a existência de um padrão na influência que a variação do raio de adoçamento exerce sobre a concentração de tensão no furo. A partir da análise dos resultados para o duplo concentrador de tensão, foi proposta a outra geometria com três concentradores. Na Figura 9, também é possível ver o resultado da simulação do campo de tensões de acordo com a variação da distância entre as descontinuidades geométricas, ou seja, temos a geometria do duplo concentrador de forma que $2R = 7.5\text{ mm}$ e $r = 2.5\text{ mm}$ e ainda um terceiro concentrador com diâmetro $d_2 = 5\text{ mm}$, a distância entre o duplo concentrador e o terceiro de $L=1.25\text{ mm}$ e $L=2.5\text{ mm}$. A partir da análise da figura é possível notar que o concentrador de tensão mais distante “estica” o campo de tensões, fazendo com que o efeito das descontinuidades atinja pontos mais distantes da placa. Por outro lado, é possível notar que a menor distância entre os concentradores resultou em um campo de tensões ligeiramente maior. Para o estudo de como o tamanho do terceiro concentrador influenciaria no campo de tensões foram feitas outras simulações variando o diâmetro d_2 . O resultado das simulações para $d_2=5\text{mm}$ e $d_2=2.5\text{mm}$ pode ser visto na Figura 10.

Conclusão

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da concentração de tensão em compósitos laminados usando o método de elementos finitos. Esse método foi proposto com a finalidade de simular os diferentes ensaios mecânicos com diferentes materiais sem necessidade de mensuração experimental, além de desenvolver um pensamento crítico sobre o FEM para análises prévias em projetos mecânicos. O método dos elementos finitos apresentou resultados precisos em todas as análises feitas no decorrer do trabalho, demonstrando a ampla capacidade de aplicação e de predição de comportamentos mecânicos até mesmo para materiais não isotrópicos. O modelo mostrou ser uma alternativa para análises que demandam rapidez e ainda elimina a necessidade de ensaios para determinar o comprimento característico. Para estudos futuros, uma comparação entre os métodos utilizados no presente trabalho e ensaios experimentais pode ser feita, além de análises de outros materiais com outros tipos de geometrias mais complexas. Outra forma de aprofundar o estudo do comportamento da

concentração de tensão nesse tipo de material é a inclusão de elementos de delaminação para a predição de falhas.

Referências

- [1] ARAÚJO R, DIAS AMS, GODOY GCD. Estudo Numérico da Influência do Coeficiente de Atrito no Ensaio de Indentação em Filmes Finos. Revista Materia, 2013. [2] ASTM C393/C393M-12E1 :“Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure”, Pensilvânia, USA, 2012. [3] CAMANHO PP, Lambert M. A design methodology for mechanically fastened joints in laminated composite materials. Compos Sci Technol 2006; 66 :3004–20. [4] CAMANHO, P. P. et al. A finite fracture mechanics model for the prediction of the open-hole strength of composite laminates. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, v. 43, n. 8, p. 1219-1225, 2012. [5] CAMANHO, Pedro Poncés; LAMBERT, Michel. A design methodology for mechanically fastened joints in laminated composite materials. Composites Science and Technology, v. 66, n. 15, p. 3004-3020, 2006. [6] SILVA, F. Análise do comportamento mecânico, dos critérios de falha e da concentração de tensão dos laminados sanduíches à flexão. Tese de doutorado. [7] Shigley, J. E.; Mischke, C. R.; Budynas, R. G. “Mechanical Engineering Design”. 8 ed. New York. McGraw-Hill, 2008. [8] SOUZA, Adeilson Oliveira. Simulação numérica de um laminado sanduíche submetido a flexão. Trabalho de conclusão de curso. Natal, Brasil, 2017. [9] TOUBAL, Lotfi; KARAMA, Moussa; LORRAIN, Bernard. Stress concentration in a circular hole in composite plate. Composite structures, v. 68, n. 1, p. 31-36, 2005. [10] Z.C. Su, T.E. Tay, M. Ridha, B.Y. Chen. Progressive damage modeling of open-hole composite laminates under compression. Composite Structures 122(2015) 507-517.

Anexos

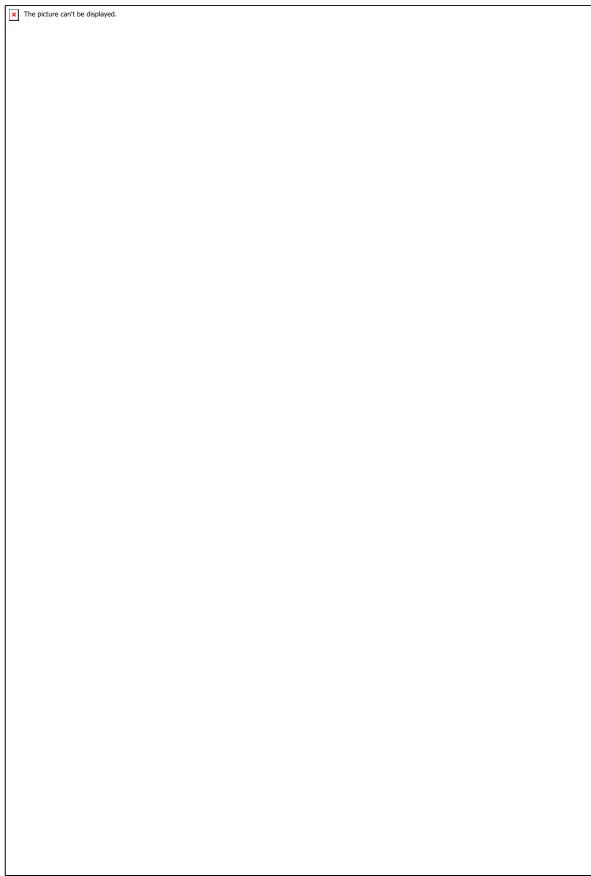


Figura 1- Ensaio de tração em uma placa com furo central (Camanho et. al., 2012)

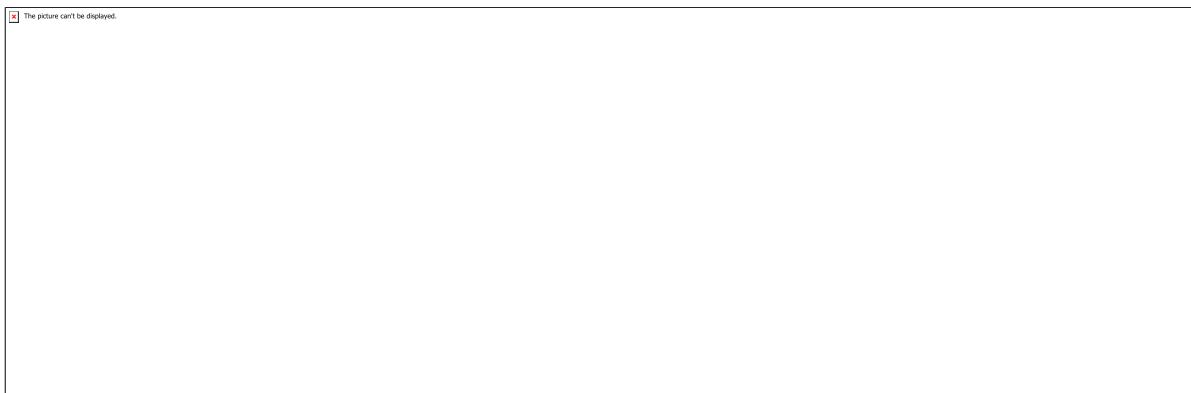


Figura 2- Geometria e malha do corpo de prova com dois concentradores de tensões.

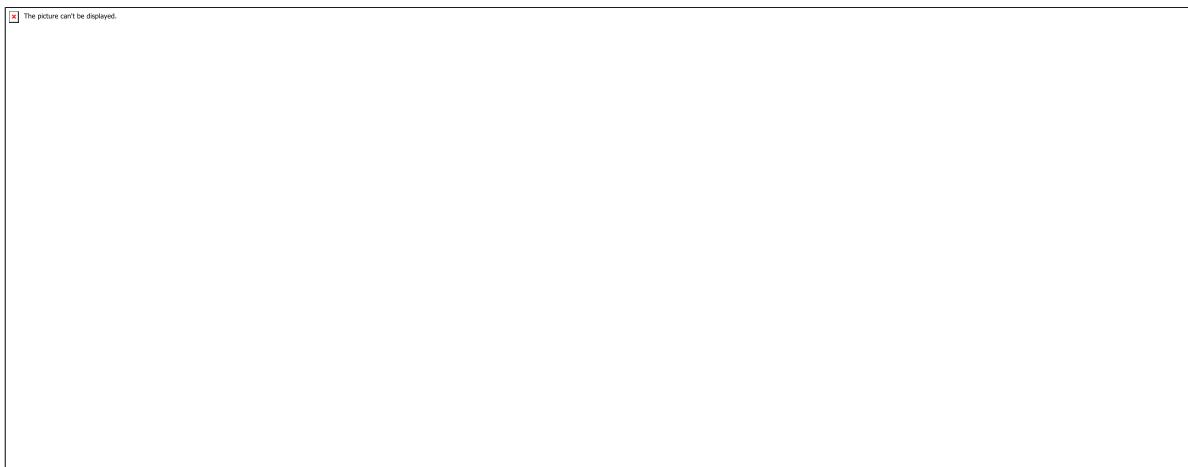


Figura 3- Geometria da placa com triplo concentrador de tensão.

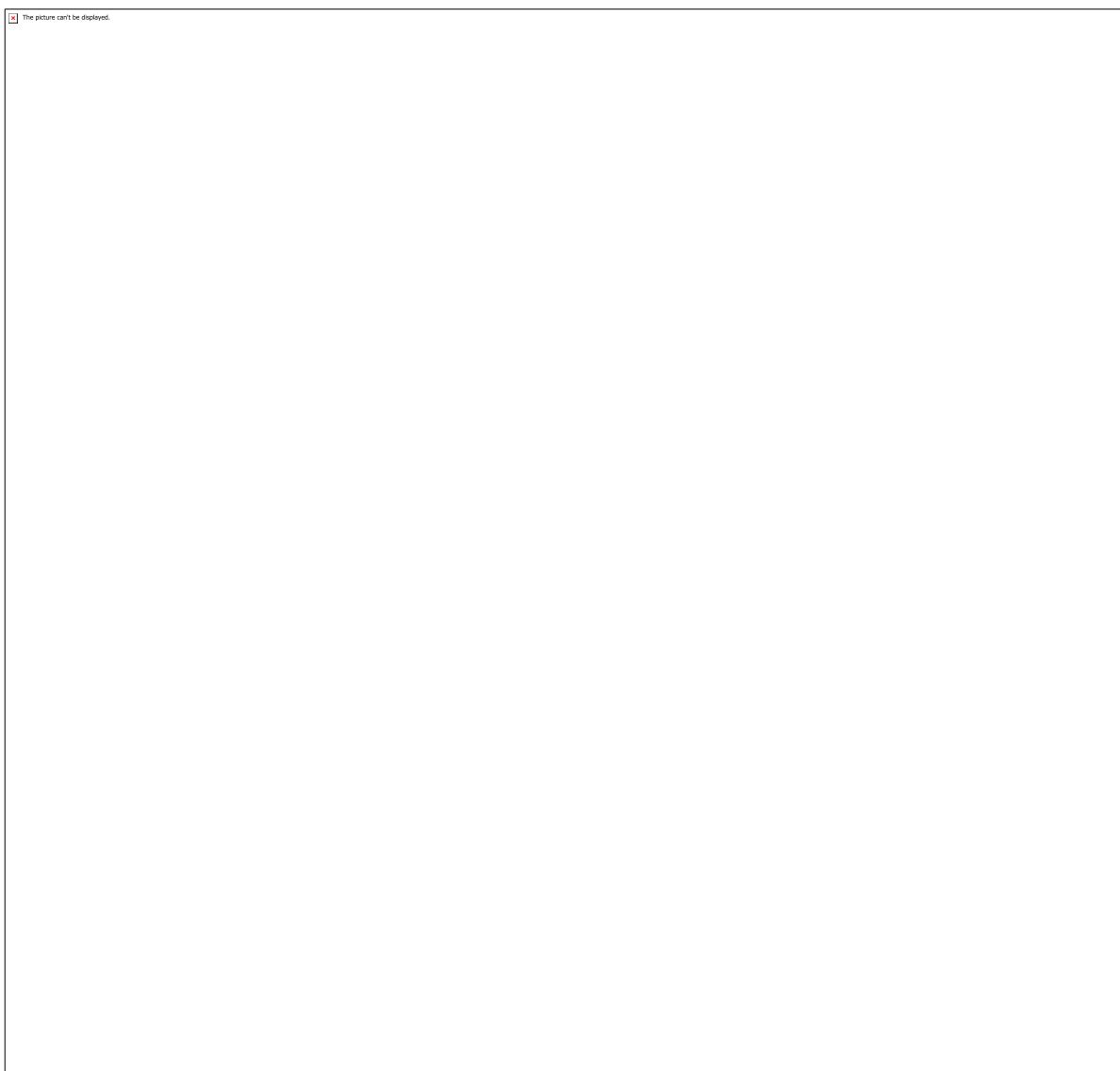


Figura 4- Placa para simulação de dano em resina Epoxy (Christoforo et. al., 2016)

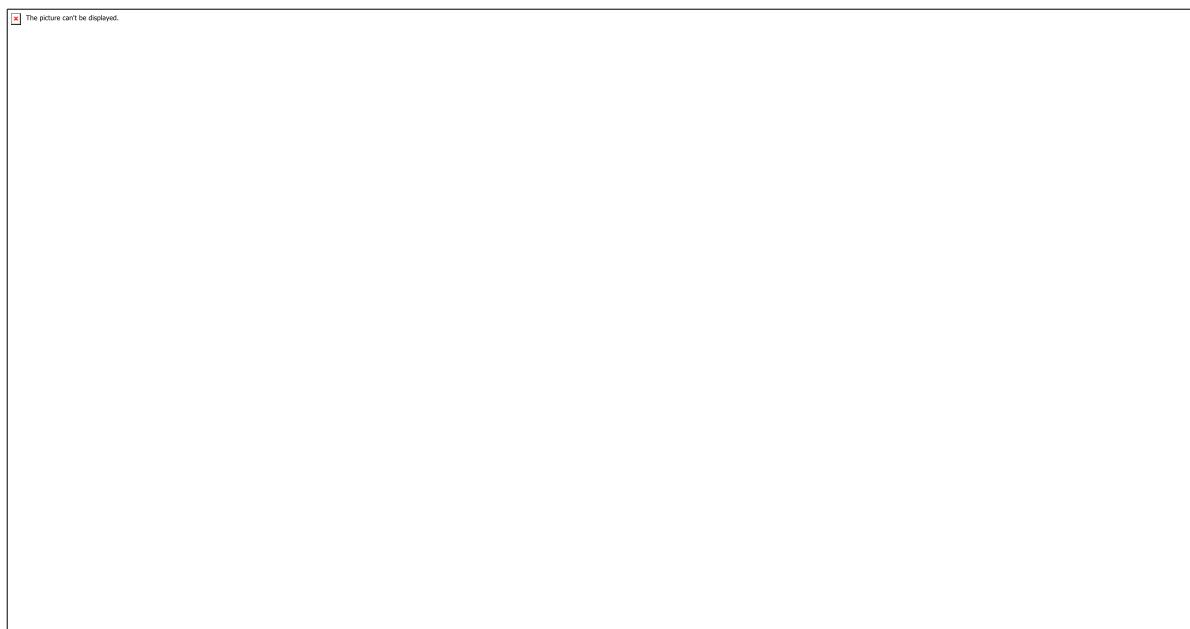


Figura 5- Campo de tensões para furo de 7.5mm e entalhe de 1.25mm (a) ao lado de campo de tensão para furo de 2.5mm e entalhe de 5mm (b).

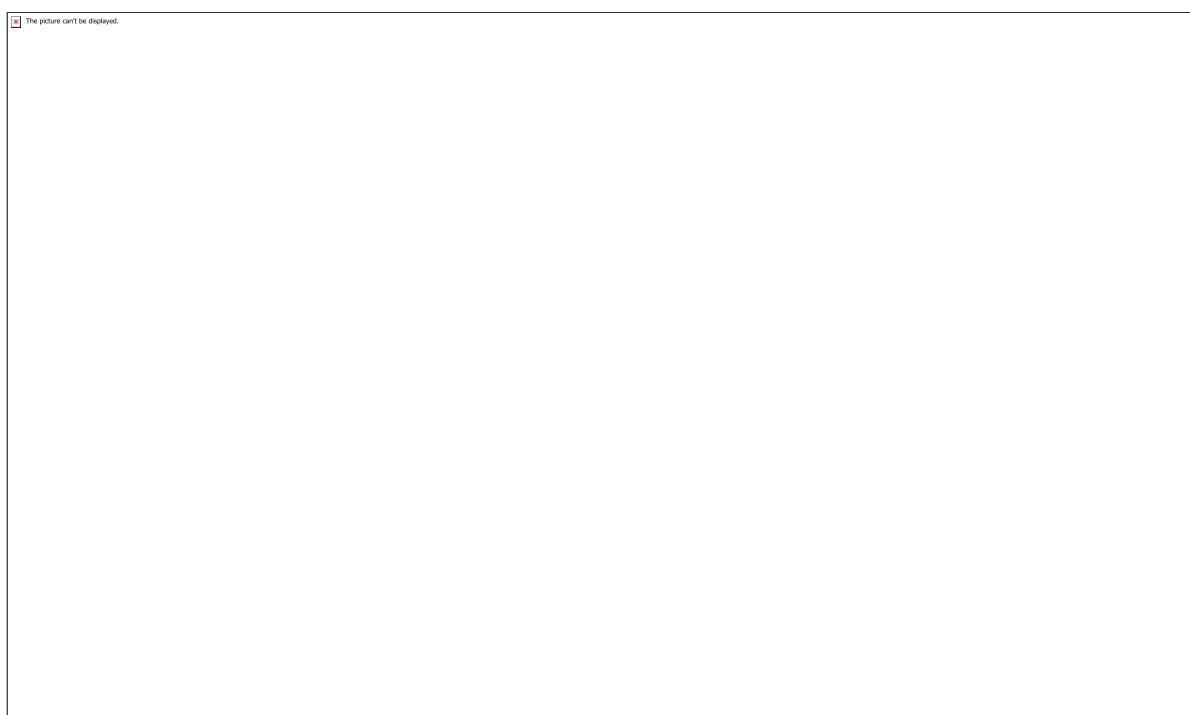


Figura 6- Comportamento dos fatores de concentração de tensão do aço e do compósito laminado para o furo de 7.5 mm e diferentes raios de entalhe.

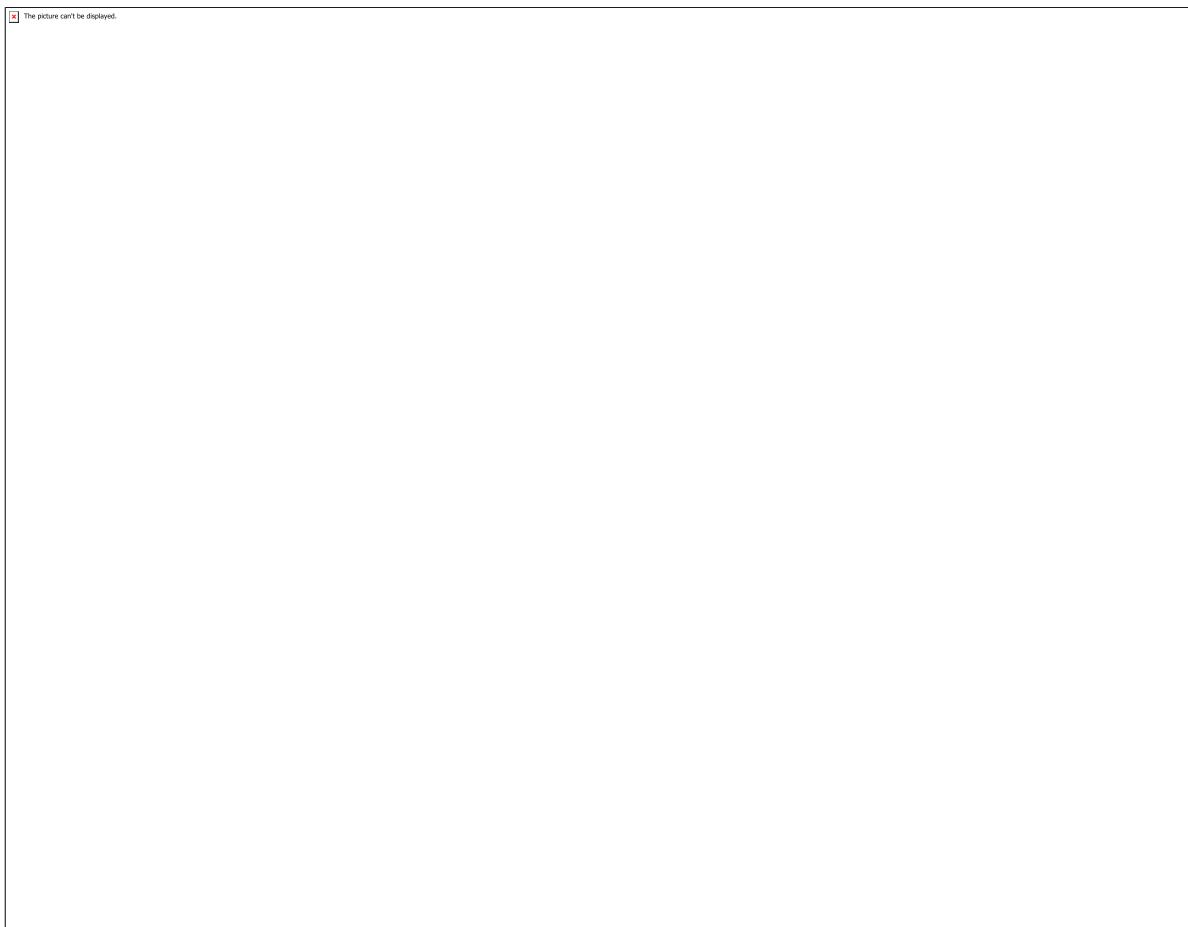


Figura 7- Comportamento da concentração de tensão no furo e no raio de adoçamento para o furo de 2,5mm e diferentes raios de entalhe.

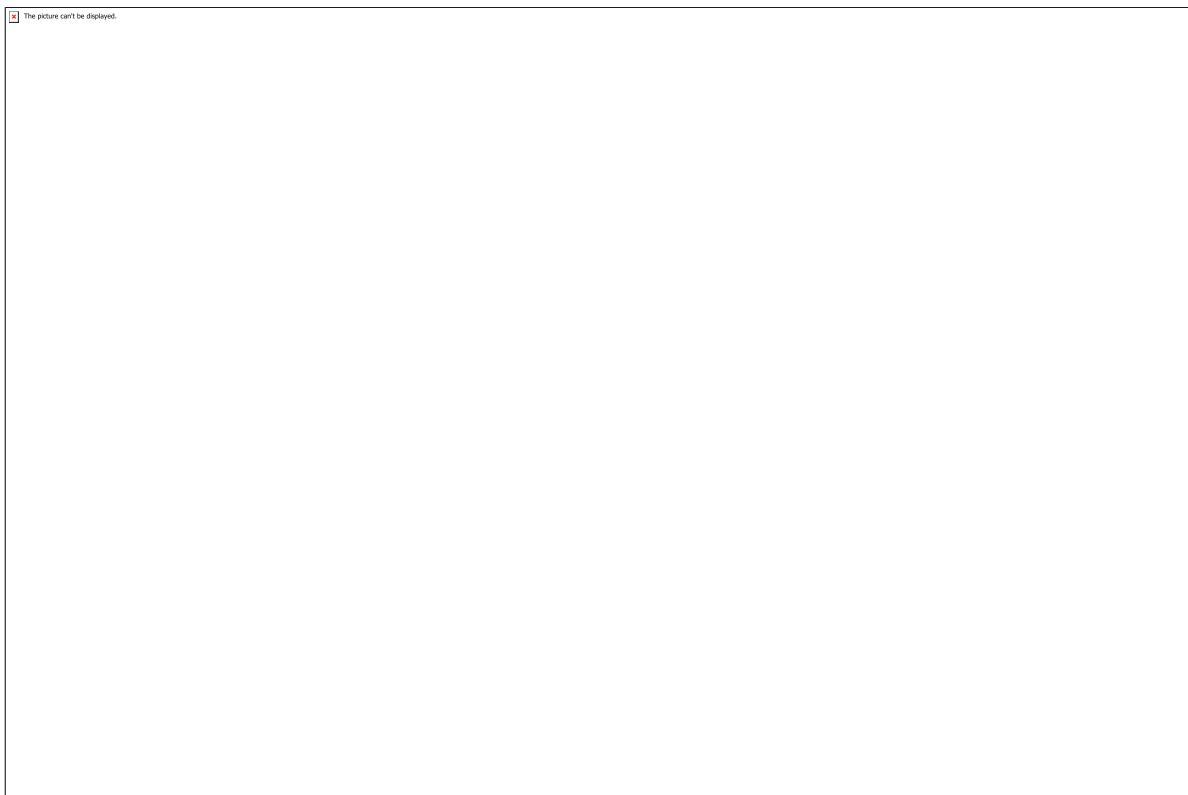


Figura 8 - Comportamento da concentração de tensão nos furos e nos raios de adoçamento para os furos de 3,75 mm, 6,25 mm e 7,5 mm, respectivamente.

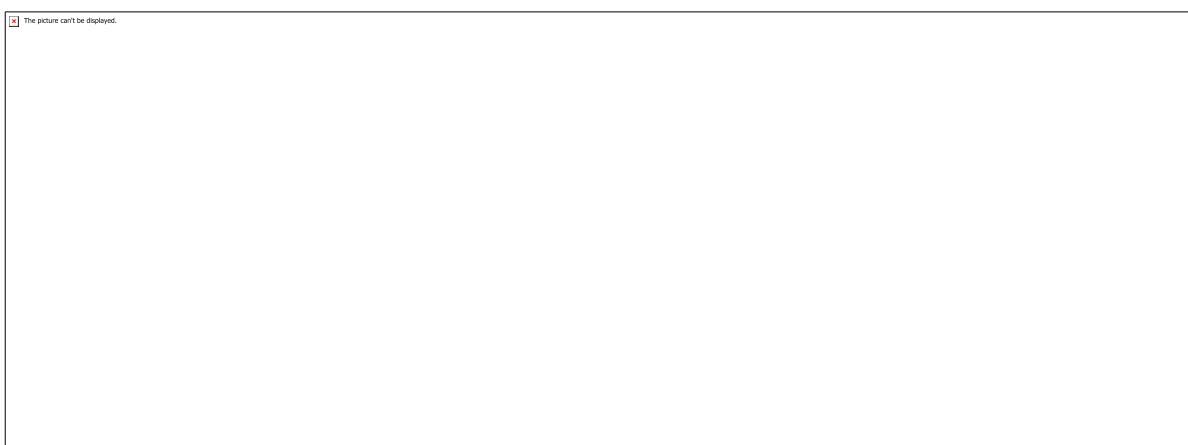


Figura 9 – Campo de tensão em MPa variando a distância de $L= 2.5\text{mm}$ a $L= 1.25\text{mm}$ dos concentradores.

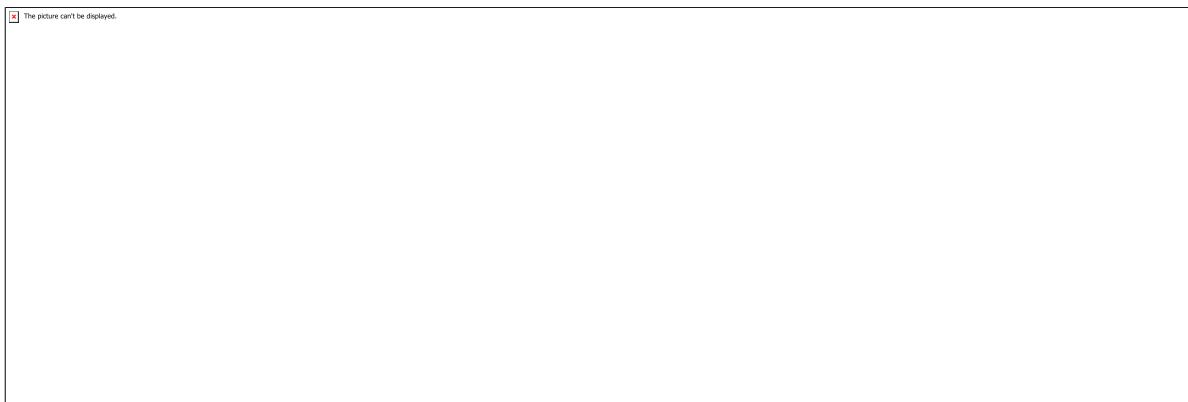


Figura 10 - campo de tensões para diferentes diâmetros de concentrador.

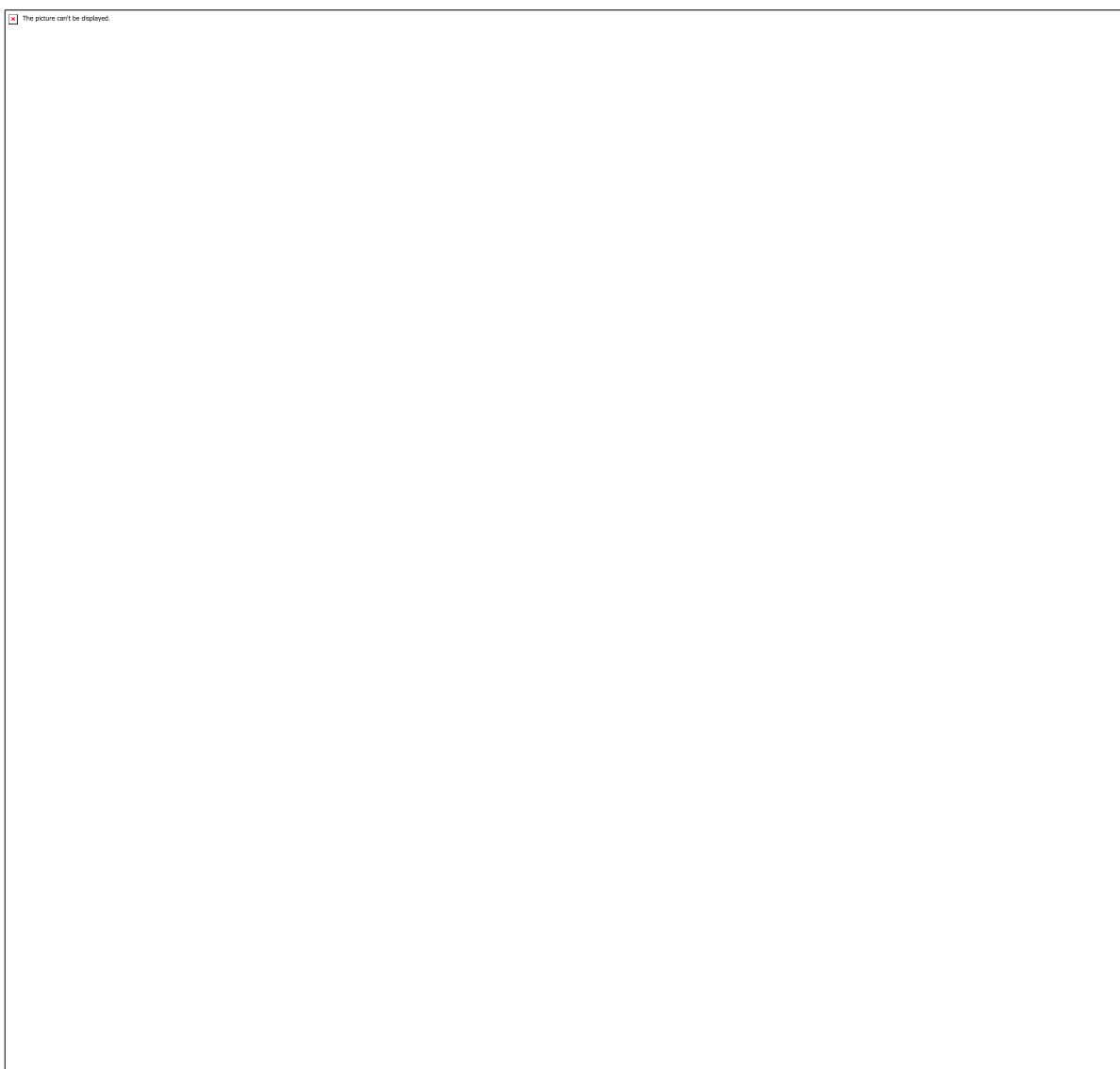


Figura 11 - Modo de falha na placa de resina Epóxi.

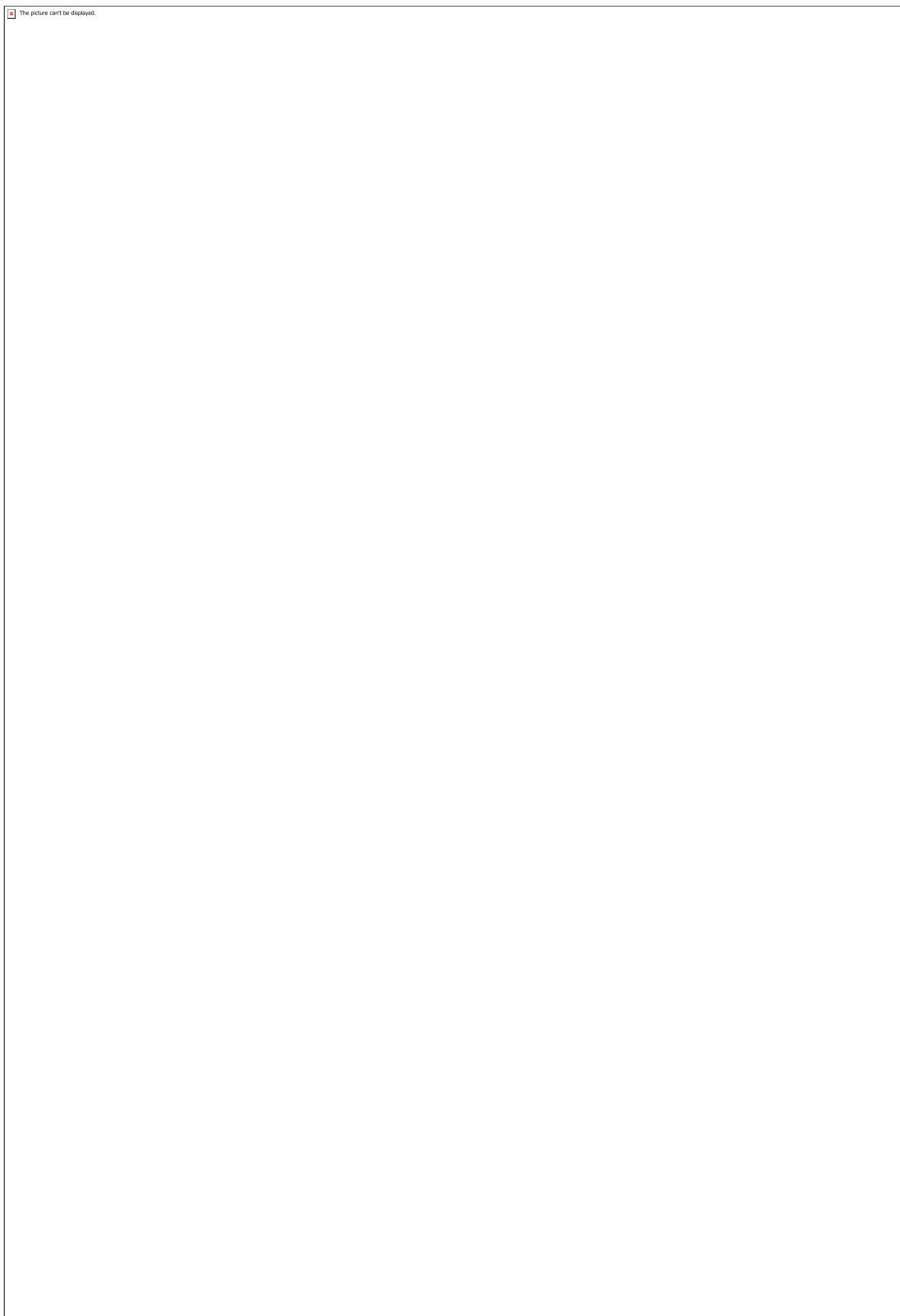


Figura 12- Propagação do dano na placa de compósito.

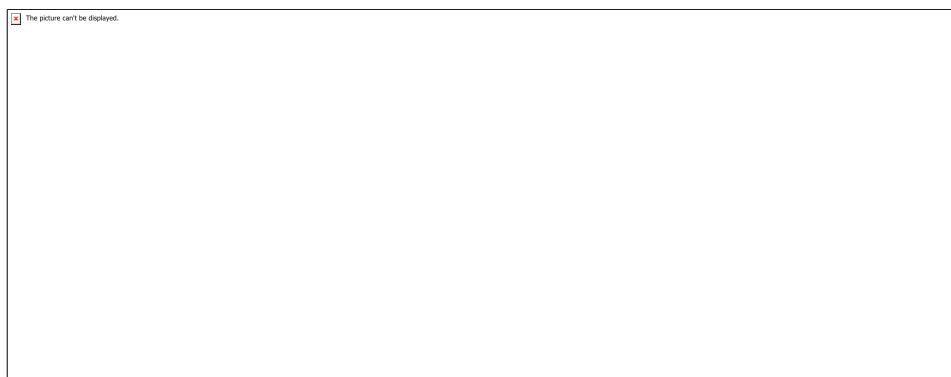


Tabela 1- Principais propriedades da lâmina Hexcel IM7- 8552 Carbono-epóxi (Camanho, et. al. 2012).

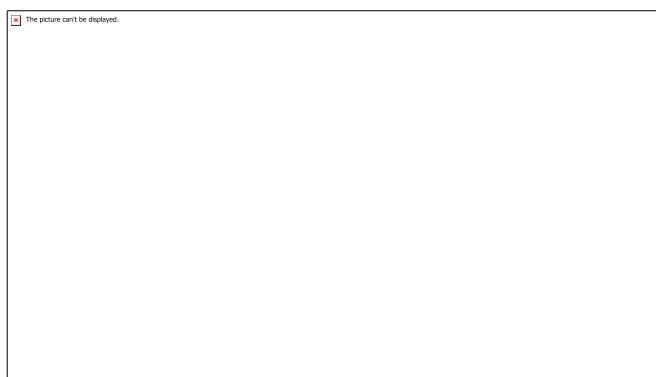


Tabela 2 - Principais propriedades da resina Epoxy (Christoforo et. al., 2016)

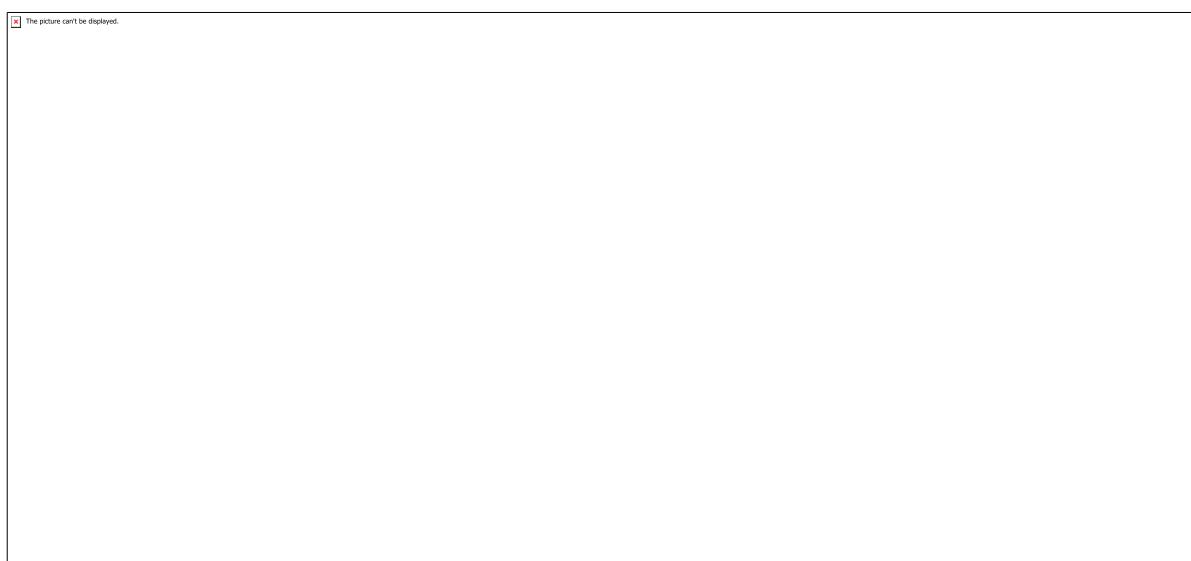


Tabela 3 – Comparação entre os valores de concentração de tensão na placa de triplo concentrador de compósito.

CÓDIGO: ET0139

AUTOR: SOFIA ARAÚJO COELHO

ORIENTADOR: FERNANDA CRISTINA BARBOSA PEREIRA QUEIROZ

TÍTULO: Modelos para criação e compartilhamento de informações entre pesquisadores como determinantes da produção científica.

Resumo

A gestão do conhecimento é uma ferramenta determinante para o crescimento das organizações. Em um contexto social, econômico e tecnológico onde a busca pela qualidade e produtividade é cada vez maior por parte das organizações, cultivar a prática do compartilhamento é fundamental para a competitividade das mesmas. A respeito das pesquisas científicas o cenário é o mesmo, de modo que pesquisas são realizadas de maneira colaborativa entre profissionais de diversas áreas e instituições de ensino. Com isso, o compartilhamento do conhecimento entre pesquisadores torna-se fundamental para o avanço científico. Inserido nesse contexto, o objetivo deste trabalho é compreender modelos teóricos de compartilhamento de informação já existentes, como também a influência de fatores emocionais, organizacionais e tecnológicos na prática do compartilhamento de conhecimento. Os resultados observados, mostram que fatores emocionais relacionados a confiança e características de personalidade, são fundamentais para práticas positivas de compartilhamento. Enquanto que fatores organizacionais relacionados a cultura e liderança exercem maior influência. Por fim, os fatores tecnológicos são apontados como infraestrutura necessária e facilitadores de compartilhamento.

Palavras-chave: Gestão do conhecimento. Compartilhamento de conhecimento.

Instituições

TITLE: Models of information creation and sharing among researchers and determinants of scientific production.

Abstract

Knowledge management is a key tool for the growth of organizations. In a social, economic and technological context where the pursuit of quality and productivity is increasingly on the part of organizations, cultivating the practice of sharing is critical to their competitiveness. Regarding scientific research, the scenario is the same, so that research is carried out collaboratively between professionals from various fields and educational institutions. Thus, the sharing of knowledge among researchers becomes fundamental for scientific advancement. Inserted in this context, the objective of this paper is to understand existing theoretical models of information sharing, as well as the influence of emotional, organizational and technological factors in the practice of knowledge sharing. The observed results show that emotional factors related to trust and personality characteristics are fundamental for positive sharing practices. While organizational factors related to culture and leadership exert greater influence. Finally, technological factors are identified as necessary infrastructure and sharing facilitators.

Keywords: Knowledge management. Knowledge sharing. Educational institutions.

Introdução

Introdução

O atual contexto social, econômico e tecnológico tem demandado das organizações uma busca constante por qualidade, produtividade e competitividade (Torino, 2010). A dinâmica organizacional tem sido fortemente influenciada pelo constante desenvolvimento tecnológico, de modo que as ações para solucionar problemas e potencializar oportunidades precisam ser cada vez mais inovadoras. Nesse contexto, criar e cultivar um ambiente com constante compartilhamento de informação e conhecimento torna-se fundamental para a manutenção da competitividade por parte das organizações. O compartilhamento do conhecimento tornou-se essencial para tornar as empresas eficientes e eficazes, sendo portanto, fundamental para o sucesso das mesmas.

O conhecimento e a gestão desse conhecimento passam a ser uma área estratégica para organizações, independente da área de atuação, uma vez que essa prática conduz a uma melhoria do aprendizado, da inovação individual e organizacional, o que verifica-se na geração de inovações de produtos e serviços (Riege, 2005).

No contexto da pesquisa científica, esse cenário não é diferente. Segundo Santos (2016), as práticas da pesquisa científica estão passando por mudanças ao longo dos últimos anos. Anteriormente, os pesquisadores atuavam de maneira isolada. Atualmente, as pesquisas estão sendo desenvolvidas de maneira colaborativa, de forma que a associação de pesquisadores passa a ser prática mais frequente. Com isso, o compartilhamento do conhecimento entre esses pesquisadores torna-se fundamental para o avanço científico.

No Brasil, a grande maioria das pesquisas científicas desenvolvidas ocorre em instituições de ensino (IES), mais precisamente nas Universidades, as quais contam com a presença de profissionais com alto grau de qualificação e escolaridade. Diante disso, a gestão e compartilhamento do conhecimento nessas instituições, com o intuito de maximizar a interação entre pesquisadores, irá se traduzir tanto em um aumento da produção científica nacional como em uma melhora na qualidade dos trabalhos desenvolvidos.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é fazer uma revisão bibliográfica integrativa da literatura acerca da gestão e compartilhamento da informação. Com isso, busca-se compreender os fatores que influenciam o compartilhamento de conhecimento no âmbito das IES com base nos modelos teóricos existentes.

Metodologia

Metodologia

O trabalho aqui apresentado segue as normas de uma revisão integrativa, que consiste na análise artigos, periódicos e demais textos acadêmicos, com a principal função de

contribuir para as discussões a respeito dos métodos e resultados apresentados. A primeira etapa do trabalho diz respeito a formulação do problema, nesse caso, a compreensão dos modelos de compartilhamento de conhecimento como um fator determinante para a produção científica. Em seguida, foi utilizada a pesquisa bibliográfica para selecionar em periódicos, revistas e bases dados, publicações que abordassem os modelos teóricos de compartilhamento de conhecimento, com o objetivo de compreender como se difunde a prática entre pesquisadores das instituições de ensino superior. A busca pelas informações se dividiu em três etapas, primeiramente artigos que tratam a gestão do conhecimento de maneira geral, em seguida pesquisas que abordam modelos teóricos de compartilhamento teórico e por fim o compartilhamento de conhecimento nas IES brasileiras. Tais etapas foram realizadas buscando a compreensão de como os fatores pessoais, organizacionais e tecnológicos influenciam a capacidade dos pesquisadores compartilharem conhecimento.

Resultados e Discussões

Discussões e Resultados

Na era da informação, o conhecimento se tornou o principal ativo intangível das organizações sejam elas de natureza acadêmica ou empresarial. Autores indicam que empresas que promovem a competição entre seus funcionários acabam comprometendo o compartilhamento de conhecimento e perdendo oportunidades de crescimento.

O compartilhamento das informações é importante por promover o aumento da produtividade, a descoberta de novos talentos e a geração de inovação. Diante disso, torna-se fundamental compreender os fatores que influenciam o compartilhamento de conhecimento nas organizações. Dentre todos os fatores existentes podemos citar três principais, são eles: os fatores pessoais, organizacionais e tecnológicos.

Fatores que contribuem para o compartilhamento do conhecimento

A respeito dos fatores pessoais, a confiança entre membros de uma equipe foi apontada por Ding e Ng (2010) e Kadefors (2004) como um dos fatores que mais contribuem para a difusão da informação. Já Ismail (2010), aponta que a personalidade tem papel importante no compartilhamento do conhecimento. Sabe-se que pessoas de personalidade introvertida tem problemas em interagir quando comparadas a pessoas extrovertidas. Logo, conforme o autor, a capacidade de compartilhar conhecimento está diretamente relacionada as habilidades de comunicação oral e escrita.

No tocante a fatores organizacionais, Groto & Angeloni 1997 afirmam que existe um desejo natural de compartilhamento de conhecimento que esbarra nas questões culturais. Segundo os autores, isso ocorre quando os setores, mesmo que de maneira inconsciente são estimulados a maximizar suas próprias recompensas sem considerar a organização em sua totalidade. Além disso, inconscientemente, a criação de conhecimento passa a ser valorizada em detrimento do compartilhamento. Outros autores destacam a liderança como um fator organizacional chave. Sordi (2017) sugere que a liderança é um dos fatores que contribuem para o compartilhamento de conhecimento nas organizações. Ele enfatiza que o papel do líder é criar as condições

para que os processos ocorram, influenciando a cultura organizacional de modo a fomentar os processos de incentivo e orientação ao compartilhamento.

Sobre os fatores tecnológicos, existe um consenso na literatura a respeito do papel da tecnologia da informação. Para todos os autores revisados nesta pesquisa, a tecnologia da informação é considerada uma facilitadora no compartilhamento do conhecimento, tendo em vista que tais ferramentas aproximam os pesquisadores e auxiliam a difusão da informação.

Modelos Teóricos de compartilhamento do conhecimento

Esta pesquisa enfatizou a compreensão dos modelos de compartilhamento de conhecimento com o objetivo de compreender como os fatores pessoais, organizacionais e tecnológicos influenciam a prática.

Bulan (2012) defende que nas instituições de ensino, o compartilhamento de conhecimento praticado de maneira correta é capaz de melhorar o desempenho da universidade. A autora testa quatro hipóteses relacionadas a:

Fatores relacionados ao indivíduo estão ligados a prática do compartilhamento de conhecimento. Fator organizacional como um facilitador do compartilhamento de conhecimento; Efeito positivo do fator tecnológico no compartilhamento de conhecimento; Efeito positivo do compartilhamento de conhecimento para a organização.

Os fatores individuais, dizem respeito as características do indivíduo e levam em consideração a consciência de necessidade de compartilhamento por parte do membro da equipe. Além disso, considera-se também neste ponto a confiança como um ponto chave para prática, tendo em vista que as pessoas tendem a compartilhar quando confiam nos membros da equipe. A respeito dos fatores organizacionais, a autora afirma que a existência de uma política de compartilhamento na instituição facilita e incentiva a prática entre os membros.

Stenius et. al. (2016) aponta, que o compartilhamento do conhecimento é essencial para o crescimento da organização. Em sua pesquisa o autor testa o modelo apresentado por Gagné (2009), que combina a teoria do comportamento planejado e a teoria da autodeterminação, ou seja o indivíduo tem a iniciativa de compartilhar. Suas conclusões mostram que a motivação individual está diretamente relacionada às intenções de compartilhar conhecimento e atua como moderadora entre a intenção de compartilhar e o compartilhamento efetivo. Além disso, o autor afirma que autonomia do indivíduo e o bom relacionamento com os membros da equipe levam a atitudes positivas para o compartilhamento. Ele afirma também que a normas a respeito do compartilhamento estão diretamente relacionadas e influenciam às intenções de compartilhar informações.

Salleh (2010), em uma abordagem diferente dos outros autores apresentados mostra o papel da liderança e do relacionamento para a prática do compartilhamento do conhecimento. Ele conclui que os líderes devem incentivar a colaboração e o aprendizado em equipe usando tecnologias de compartilhamento de conhecimento, a fim de moldar o ambiente favorável para o compartilhamento de conhecimento. Além disso, enfatiza que devem existir sistemas de recompensa que favoreçam o compartilhamento para o colaboradores que realizem a prática de maneira efetiva. O autor destaca que o papel da tecnologia neste contexto é conectar as pessoas e favorecer o compartilhamento de conhecimento.

Azni (2010), assim como os autores, afirma que o comportamento humano tem um papel significativo nas atividades de compartilhamento de informações. Em seu modelo, são testadas hipótese a respeito das atitudes dos acadêmicos como determinante positivo para a prática de compartilhamento, redes sociais como facilitadores da prática do compartilhamento, o papel da liderança como diferencial para a difusão de informações, confiança e bom clima organizacional como fatores positivos. Por fim, a autora conclui que a prática do compartilhamento de conhecimento é benéfica e está diretamente relacionada a geração de inovação nas universidades.

A respeito de pesquisas realizadas no Brasil, Maccari & Rodrigues (2003), afirmam que não existe nas instituições de ensino superior brasileiras nenhum suporte a prática do compartilhamento do conhecimento. Os autores apontam que a gestão do conhecimento ainda não é reconhecida como ferramenta administrativa nas universidades e a prática efetiva do compartilhamento faz parte da cultura de poucas instituições. Além disso, pesquisa mostra que para as IES o conceito do papel e função da gestão do conhecimento no entendimento da alta administração está muito mais ligada à infraestrutura da tecnologia de Informação - computadores, redes físicas e sistemas lógicos – do que a atitudes de compartilhamento. Galucci (2007) destaca que para a prática efetiva do compartilhamento de conhecimento é necessários que as instituições de ensino superior reconheçam os professores como trabalhadores do conhecimento e enraízem a prática na cultura organizacional. O autor aponta que deve existir a transformação do capital intelectual individual dos pesquisadores (alunos e professores) em capital intelectual institucional, tendo em vista que dessa forma o conhecimento será melhor difundido, facilitando não só o crescimento das instituições como o surgimento de inovação.

Conclusão

Conclusão

Como dito anteriormente, os modelos de compartilhamento de conhecimento apresentados (Azni, 2010; Bulan, 2012; Stenius et. al. 2016) mostram que a prática do compartilhamento depende três fatores principais, são eles: Emocionais, Organizacionais e Tecnológicos. Ambos os estudos apontam que, os fatores emocionais de confiança entre membros da equipe e características da personalidade são determinantes para a prática do compartilhamento entre os membros. No Brasil observou-se que a gestão do conhecimento e a prática do compartilhamento de conhecimento estão relacionadas a disponibilização de infraestrutura. No entanto, ambas deveriam ser reconhecidas como uma ferramenta administrativa que transforma o capital intelectual do pesquisador no capital intelectual da organização. Diante disso, podemos concluir que como um determinante para difusão do conhecimento, às práticas de compartilhamento de conhecimento precisam ser melhor compreendidas e encorajadas pelas instituições de ensino superior.

Referências

Azni, A.H., Bakar, A.A., Shah, N., dan Hamid H.A. "Factors Influencing Knowledge Sharing in Higher Learning." IEEE, 2010, pp. 1606-1609.

Bulan, S.J., Sensuse, D.I. "KNOWLEDGE SHARING MODEL AMONG ACADEMIC STAFFS IN UNIVERSITIES". Journal of Information Systems, Volume 8, Issue 2, 2012.

Ding, Z. Ng, F. Li, J. A parallel multiple mediator model of knowledge sharing in architectural design project teams. International Journal of Project Management pp. 54–65. 2014.

Ismail, M.B. dan Yusof, Z.M. "Knowledge Sharing Models: Do They Really Fit Public Organizations?" IEEE, 2008.

J. A parallel multiple mediator model of knowledge sharing in architectural design project teams. International Journal of Project Management pp. 54–65. 2014.

Maccari, E. A. Rodrigues, L. C. GESTÃO DO CONHECIMENTO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR. FURB. 2013.

Lin, T. Wub, S. Lu, C. Exploring the affect factors of knowledge sharing behavior: The relations model theory perspective. Expert Systems with Applications. Vol 39. pp 751–764. 2012.

Santos, N., D (2016). COMPARTILHAMENTO DA INFORMAÇÃO NO RESEARCHGATE: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO COM OS PESQUISADORES DA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO. I Colóquio em Organização, Acesso e Apropriação da Informação e do Conhecimento (COAIC). Universidade Estadual de Londrina

Torino, E. (2010). COMPARTILHAMENTO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA PESQUISA DE PESQUISADORES DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina, 2010.

CÓDIGO: ET0145

AUTOR: FERNANDO CHALITA CAVALCANTI MANSUR

ORIENTADOR: ADELARDO ADELINO DANTAS DE MEDEIROS

TÍTULO: Detecção e reconhecimento de objetos a partir de imagens em ambiente estruturado com variações de iluminação

Resumo

Este trabalho estuda uma câmera inteligente com processamento embarcado e sua possível aplicação em visão computacional voltado para o futebol de robôs.

A câmera inteligente possui um processador ARM dual-core e dois sensores 1/1.8" CMOS, os quais possibilitam o imageamento estéreo e o processamento das imagens pelo processador embarcado, viabilizando a análise de imagens em tempo real.

A câmera poderá ser programada, de forma a substituir e adaptar o código já existente para o processamento de imagens no futebol de robôs, para perceber e identificar as regiões de interesse (robôs e bola) no campo.

Para isso se fez necessário realizar uma conexão com o sistema da câmera, o estudo de suas bibliotecas base, do código base do futebol de robôs e a criação de novas bibliotecas feitas especificamente para adaptar a smartcamera ao futebol de robôs. Isso possibilitará a sua utilização, deixando o sistema mais eficiente, já que o processamento de imagem seria realizado direto na câmera e não em outro computador a parte, diminuindo o tempo de transmissão de dados. Os resultados dessas etapas são os apresentados neste relatório.

Palavras-chave: Smartcamera. Sistema embarcado. Visão computacional. Futebol de robôs.

TITLE: Object detection and recognition from images in a structured environment with varying lighting

Abstract

This work studies a smartcamera with embedded processing and its possible application in computer vision focused on robot soccer.

The smart camera features a dual-core ARM processor and two 1 / 1.8 "CMOS sensors, which enable stereo imaging and image processing by the embedded processor, enabling real-time image analysis.

The camera can be programmed to replace and adapt the existing code for image processing of the robot soccer, to understand and identify the regions of interest (robots and ball) on the field.

For this, it was necessary to make a connection to the camera system, to study its base libraries, the robot soccer base code and to create new libraries specifically designed to adapt the smartcamera to robot soccer. This will enable its utilization, making the system more efficient, since the image processing would be performed directly on the camera and not on another side computer, reducing the data transmission time. The results of these steps are as presented in this report.

Keywords: Smartcamera. Embedded system. Computer vision. Robot soccer.

Introdução

Um jogo de futebol de robôs consiste em um campo, com dois times de três robôs, um técnico, computador responsável por gerar as estratégias para cada jogador e uma câmera CCD situada acima do campo que é responsável por gerar as imagens que serão utilizadas pelo técnico para gerar novas estratégias para o time. A Figura 1 ilustra o esquema básico do futebol de robôs.[1]

Figura 1. Esquema do Futebol de Robôs.[1]

A Equipe Poti de Futebol de Robôs surgiu no Departamento de Engenharia de Computação e Automação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (DCA-UFRN), sendo participante na categoria IEEE Very Small Size Soccer (VSSS) e pentacampeã brasileira. Nesse tipo de categoria três robôs de cada time são utilizados de forma cooperativa com o objetivo de fazer o gol. Cada robô possui uma função no jogo, como: o goleiro, o atacante e o defensor, de forma que dependendo da estratégia de jogo eles podem se alternarem para melhor desempenho do time. De acordo com as regras, cada time deve ser identificado com uma cor, amarela ou azul, além disso, cores auxiliares podem ser utilizadas para melhor identificar cada robô de um time. No Poti, a cor auxiliar é utilizada para definir a função do jogador. A arquitetura do sistema do Futebol de Robôs do Time Poti é formada por vários módulos: visão, localização, estratégia, controle e transmissão.[2]

O módulo de visão, utilizado no momento pela equipe, consiste de uma câmera que fotografa o campo com os jogadores e a bola, e a imagem é transmitida para o computador para ser processada, juntamente com os outros módulos do sistema.

A visão computacional é uma área que estuda e descreve sistemas de visão artificial implementados por hardware ou software, desenvolvendo teoria e tecnologia para a construção de sistemas artificiais que obtém informação de imagens ou quaisquer dados multidimensionais. Exemplos de aplicações incluem o controle de processos (como robôs industriais ou veículos autônomos), detecção de eventos, organização de informação, modelagem de objetos ou ambientes.[3]

Contudo, a análise em tempo real de imagens, necessária para o futebol de robôs, requer uma grande capacidade de processamento, o qual é realizado pelo computador que recebe as imagens da câmera, aumentando a necessidade da transmissão dos dados da câmera para o computador externo, dificultando o processamento em tempo real pelo aumento do tempo de transmissão das informações para o computador.[10]

Devido ao avanço da tecnologia, hoje existem as chamadas câmeras inteligentes ou smartcameras, que possuem, além do sensor ótico, um processador embarcado, que pode ser dedicado totalmente ao processamento das imagens capturadas pelo sensor.

Por essa razão, a adição de uma câmera com computador embarcado, seria o ideal, pois além de possuir baixo consumo de energia, o processador é diretamente ligado ao sensor da câmera o que deixa o tempo de transmissão de dados muito pequeno, não sendo mais necessário transmitir todos os dados da imagem para o computador, mas somente a localização de objeto de interesse no campo, otimizando dessa forma o processamento da imagem em tempo real para o futebol de robôs.[10]

Além de uma maior otimização no processamento das imagens, pela smartcamera ser stereo, ou seja, possuir duas câmeras separadas, ainda é possível por meio da comparação entre ambas as imagens, obter a localização tridimensional dos robôs e da bola, o que corrigiria problemas como a paralaxe, que é o deslocamento aparente de um objeto quando se muda o ponto de observação, e ocorre devido a existência de uma única câmera.

Tendo isso em vista, o objetivo desse trabalho de iniciação científica é estudar a smartcamera adquirida pelo DCA/UFRN, suas bibliotecas e o código do futebol de robôs já existente, possibilitando adaptar o código existente e programar novas bibliotecas para a permitir sua implementação de forma a melhorar e facilitar o módulo da visão no futebol de robôs.

Metodologia

O objetivo do projeto é possibilitar a smartcamera a realizar o processamento das imagens que hoje é feito pelo computador externo utilizado no futebol de robôs, de forma a eliminar a necessidade da transmissão de todos os dados da imagem, permitindo transmitir somente as posições de cada robô e da bola para o computador externo, que fará o resto do processamento da estratégia, controle e transmissão, aumentando a eficiência do sistema como um todo.

Para isso é preciso realizar o processamento das imagens obtidas no processador da própria smartcamera, o que requer a adaptação do código do futebol de robôs, de forma a substituir as tarefas realizadas pelas seguintes bibliotecas:

Camera.h , responsável pelo acesso aos dados coletados pelo sensor da câmera diretamente do buffer.

Imagen.h , responsável pela criação de estruturas e classes com os dados obtidos da câmera, como, por exemplo, pixels e mapas binários, para serem posteriormente processados.

Acquisition.h , responsável pelo processamento dos dados da câmera, analisando cores de cada pixel e encontrando regiões nas imagens correspondentes a cada um dos objetos (robôs e bola).

Para realizar essa adaptação foi necessário criar novas bibliotecas, que conseguissem realizar as funções já existentes, mas que utilizassem também as bibliotecas VCLib e VCLinux como base, que são as bibliotecas já feitas para a própria smartcamera pela empresa Vision Components [4]. Essas bibliotecas realizam o trabalho correspondente ao da biblioteca camera.h e parte do trabalho da biblioteca Imagem.h, mas de forma mais otimizada e adaptada a própria smartcamera.

Para a criação das novas bibliotecas, foi necessário o estudo mais aprofundado da parte do código voltado para a obtenção e processamento da imagem, e também das bibliotecas VCLib e VCLinux, nativas da smartcamera. Isso possibilitou a utilização das estruturas de imagem da VCLib para substituir a biblioteca imagem.h, mas com algumas funções e classes adicionais como, por exemplo, a pixelRGB, equivalente a PxRGB da biblioteca imagem.h. As funções da biblioteca camera.h do futebol de robôs, já eram quase totalmente realizadas pelas funções da própria biblioteca VCLinux, a qual foi usada de base para a captura e obtenção dos dados da imagem, como por exemplo os ponteiros com as componentes de cor (RGB) de cada píxel. Por fim, a nova biblioteca vcAquisition.h, foi criada usando grande parte das funções já existente na biblioteca original, mas com adaptações para as novas versões das bibliotecas imagem.h e camera.h, que são usadas como base. Por exemplo, na biblioteca vcAquisition, são utilizadas as mesmas funções de identificação da cor de pixel, getHardColor(), e a de preenchimento de regiões com pixel de mesma cor, seedFill(), que ajudam a identificar cada um dos objetos de interesse no campo e, consequentemente, sua localização, a qual pode finalmente ser passada para o resto do código do futebol de robôs, encerrando o papel da smartcamera no processamento.

De início, foi necessário também o estudo do sistema operacional da câmera, a qual contém um Linux para ARM, e a realização da conexão dela como o computador para o compartilhamento de arquivos e utilização do sistema operacional para a compilação dos programas, usando as bibliotecas nativas. A conexão foi feita seguindo o manual disponibilizado pela empresa [5], foi feita a conexão de um computador com a câmera por SSH via cabo de rede. Após esse acesso inicial diretamente pelo computador, o protocolo de ip da câmera foi alterado para DHCP, para permitir conectar seu cabo de rede a um roteador, e possibilitar acessá-la remotamente pela mesma rede wifi via SSH.[10]

Foi criado também um programa em C++, o qual utilizava o OpenCV [6] para realizar a calibração das câmeras. Nesse programa, as imagens capturadas são colocadas em

um vector, o qual é analisado pelo OpenCV [6] e em cada imagem tenta-se encontrar as bordas dos quadrados do tabuleiro. As imagens que o programa foi capaz de encontrar, são passadas para um novo vector que será utilizado para a calibração, realizada pelo OpenCV [6] com a função cv::calibrateCamera. Assim foram obtidas a matriz de parâmetros intrínsecos da câmera e os coeficientes de distorção radial e tangencial, que possibilitam a conversão dos pixels da câmera para os pontos do mundo real. Essa programa de calibração poderá ser usado como uma alternativa para a obtenção da localização dos objetos em campo quando a smartcamera for colocada na prática no futebol de robôs.[10]

Além disso, para tornar a smartcamera utilizável, se faz necessário uma estrutura que mantenha os dois sensores da câmera, juntamente com as suas lentes, parados e alinhados, para fazer com que a calibração seja útil, e que a smartcamera possa ser presa a estrutura acima do campo.

Para isso ser possível, foi necessário fazer um projeto de uma base para a câmera, do qual foram feitos protótipos em uma impressora 3D da empresa VOID3D [7], e foram testada sua compatibilidade com as dimensões dos sensores da câmera.[10]

Resultados e Discussões

3.1 - Adaptação do Código

Inicialmente, foi realizada a conexão com o sistema da câmera, possibilitando a execução de um programa de captura de imagens, já disponibilizado pela empresa Vision Components. A biblioteca VCLinux, nativa do dispositivo, dispõe de uma estrutura de captura de imagem e nesta estrutura, existe a estrutura image, que possui os dados necessários para o processamento dos dados da imagem da maneira feita no futebol de robôs.

Na estrutura image, podem ser acessados os ponteiros correspondentes a cada uma das componentes de cor de cada pixel, vermelho, verde e azul. Esses ponteiros fornecem o endereço de memória para o primeiro pixel, e os seguintes podem ser acessados seguindo a fórmula 1. As figuras 2 e 3 [7], mostram como funciona o armazenamento da estrutura de dados image, e explicam a fórmula 1[7].

Figura 2. Estrutura de dados image.[7]

Figura 3. Acesso aos pixels.[7]

Fórmula 1. Fórmula para acesso de pixel.[7]

Os valores de dx, dy, pitch e o endereço st, mostrados nas figuras 2 e 3, também podem ser acessados por meio do objeto image. Quando é configurado o tipo de imagem como RGB no programa de captura, além do endereço st, que corresponde a componente R, existem outros endereços que podem ser acessados por meio do objeto image para as componentes verde (ccmp1) e azul (ccmp2).

Com isso, foi possível criar uma nova classe em C++ chamada pixelRGB, que obtém os dados dessas componentes, e os adiciona aos valores r, g e b da classe. Essa classe possui também algumas funções já existentes na classe PxRGB, sua correspondente na biblioteca Imagem do código original do futebol de robôs, como, por exemplo, funções para converter os valores de RGB, para HPG, que é uma forma de representar um pixel, criada pela equipe do futebol de robôs, que facilita a identificação da sua cor, o que será útil para o processamento da imagem nas próximas etapas. A função que realiza a identificação da cor do pixel HPG, com base no valor da componente H, também foi mantida para a nova biblioteca.

Após a criação das novas bibliotecas, e adaptar todas as funções e estruturas necessárias que já existiam anteriormente, foi possível criar códigos de simulação, utilizando as novas bibliotecas, e executá-los na smartcamera. Um desses códigos realizou com êxito a varredura da imagem e a identificação das componentes R, B e G de cada um dos pixels, o que permitirá a identificação de cores e, com a função seedFill, a identificação das regiões de interesse, que correspondem aos objetos em campo.

3.2 - Calibração

Com a ajuda do programa de captura de imagens já mencionado, foram capturadas as imagens do tabuleiro, feito especificamente para essa aplicação, que foram usadas para os testes de calibração da câmera, como exemplifica a figura 4 abaixo.[10]

Após a captura, as imagens foram transferidas para o computador conectado a câmera, no qual havia sido instalado o Opencv, e foi realizada a análise e a identificação dos vértices nas imagens dos tabuleiros por meio de um programa utilizando o OpenCV [6]. A figura 5 mostra os pontos identificados que foram desenhados por cima da imagem do tabuleiro.[10]

Na calibração de câmera [8], é obtida a matriz de câmera, mostrada na figura 6 abaixo. Nessa matriz f_x e f_y representam as distâncias focais da câmera, c_x e c_y são os centros ópticos, expressos em coordenadas de pixels. Todos esses parâmetros são utilizados para conversão de unidades.

A matriz da câmera, como mostrado abaixo, permite a conversão dos pontos da imagem para os pontos do mundo real por meio de uma multiplicação de matrizes e vetores. Na matriz X, Y e Z representam as coordenadas do mundo, x e y representam as coordenadas em pixels da câmera. Na projeção do mundo tridimensional no plano da câmera é perdida a dimensão de profundidade, representada por w no vetor. A profundidade ficará representada como uma variável livre quando só é utilizado um dos sensores.[9] Com ambos os sensores calibrados será possível encontrar o valor de profundidade igualando a variável livre obtida por cada sensor. [10]

Na calibração pelo Opencv também são levados em conta os coeficientes de distorção radial e tangencial. Os coeficientes de distorção radial k_1 , k_2 e k_3 são vistos na fórmula 2 abaixo.

Nessa fórmula, $x_{corrected}$ e $y_{corrected}$ representam as coordenadas em pixels x e y após serem corrigidas na imagem final. A presença da distorção radial é conhecida como o “efeito barril”.

A distorção tangencial ocorre devido à lente do sensor não estar perfeitamente paralela ao plano onde é projetada a imagem.

Os coeficientes da distorção tangencial são p_1 e p_2 , usados na fórmula 3 para a correção da distorção.

A calibração pelo OpenCV [6] reúne todos os coeficientes mencionados em uma matriz 1×5 mostrada abaixo na matriz 1.

Após a processar todas as imagens capturadas por cada sensor, foi realizada a análise das imagens nas quais o tabuleiro foi encontrado pelo programa. A partir delas foram encontrados os parâmetros de cada um dos sensores, juntamente com seus coeficientes de distorção radial e tangencial:[10]

Câmera [0]:

$$1462.81 = f_x$$

$$0$$

$$592.341 = c_x$$

$$0$$

$$1463.05 = f_y$$

$$397.921 = c_y$$

$$0$$

$$0$$

$$1$$

$$-0.411009 = k_1$$

$$0.383144 = k_2$$

$$-0.00771679 = p_1$$

$$0.00290639 = p_2$$

$$1.9876 = k_3$$

Câmera [1]:

$$1607.05 = f_x$$

$$0$$

$$650.017 = c_x$$

0

1614.33= fy

169.462= cy

0

0

1

-0.457002= k1

0.807566= k2

0.00194039= p1

0.00186354= p2

-0.892509= k3

3.3 - Estrutura de base

Para deixar os sensores alinhados e estabilizados, possibilitando uma calibração utilizável para o processamento das imagens e localização dos objetos em campo, protótipos de uma estrutura base, fabricada em impressora 3D, foram projetados, impressos e testados na câmera para compatibilizar suas dimensões.[10] Fotos do protótipo e dos projetos são mostradas nas figuras 7,8,9,10.

Também foi projetado um novo protótipo com suporte para as lentes que são utilizadas na smatcamera como pode ser visto nas figuras 11 e 12, que será futuramente adaptado, com uma tampa superior, e impresso na impressora 3D.

Constatou-se que são necessários ainda alguns ajustes e adaptações no protótipo até que a câmera possa ser colocada definitivamente nele e seja possível sua utilização para uma calibração mais estável, o que permitirá a construção do mapa de disparidade e a obtenção da profundidade (eixo Z) na imagem facilitando a calibração do futebol de robôs.

Conclusão

Esse projeto apresentou um desenvolvimento inicial para a aplicação de uma câmera inteligente, objetivando sua implementação no futebol de robôs da UFRN no lugar da câmera utilizada atualmente, de forma a realizar o processamento da imagem diretamente na smartcamera, reduzindo o tempo necessário para a transmissão de dados da câmera para o computador, já que, com isso, só seria necessário transmitir a

localização e orientação dos robôs e da bola no campo e não todos os dados da imagem. Para esse fim, foi adaptado o código já existente no futebol de robôs para ser processado na smartcamera usando suas bibliotecas nativas VCLib e VCLinux, disponibilizadas pela empresa Vision Components, de forma a criar novas bibliotecas, com funções semelhantes às já existentes, mas podendo ser executadas na smartcamera, sendo possível obter as componentes de cor de cada píxel da imagem e utilizá-las no processamento, permitindo localizar as regiões onde estariam os robôs e a bola no campo.

Durante o projeto, também foi feito um programa em C++ que utilizou o opencv para a obtenção da matriz de câmera e os coeficientes de distorção radial e tangencial de cada um dos sensores da smartcamera, permitindo a futura calibração automática da câmera.

Também foram produzidos projetos e protótipos para uma base de sustentação para a smartcamera, em uma impressora 3D, a qual permite a estabilidade de ambos os sensores e viabiliza uma calibração de câmera utilizável, como também a obtenção de uma imagem retificada, podendo então ser feita a correspondência entre os pixels de cada um dos sensores e sua conversão para seus pontos correspondentes no mundo real, permitindo então a identificação e localização dos objetos em campo.

A continuidade do projeto deve focar em realizar testes com a smartcamera no campo do futebol de robôs, tanto para observar o funcionamento do novo código e corrigir possíveis falhas, como também testar a velocidade de processamento da câmera, de forma a comprovar que a sua utilização deixa o processamento mais rápido e eficiente como um todo.

Também serão realizados testes com o código de calibração, para possibilitar a calibração automática da câmera, já que é uma câmera stereo, não sendo mais necessário a calibração manual. E além disso, serão realizados novos testes do novo modelo de base com sustentação para as lentes, o qual será produzido na impressora 3D.

Além da aplicação no futebol de robôs, uma câmera estéreo com sistema embarcado possibilita outras aplicações, como, por exemplo, medição e monitoramento da velocidade de objetos como carros, podendo ser utilizada na fiscalização do trânsito, ou também no monitoramento da quantidade, localização e identificação de pessoas em um ambiente, útil para diversos estabelecimentos que precisam de monitoramento de imagem.

O desenvolvimento desse projeto só foi possível com a ajuda do professor orientador e de alunos e pesquisadores de diversas áreas.

Referências

[1] - Futebol de Robôs:
<<http://www.univasf.edu.br/~gari/futvasf/paginas/oQueEOFutebolDeRobos.html>>.

Acesso em 05/08/2019.

[2] - Equipe Poti de Futebol de Robôs da UFRN 2018:
<<http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/140590d25278b41deb7891fd08704de3.pdf>>

Acesso em 05/08/2019.

[3] - Visão computacional: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vis%C3%A3o_computacional>

Acesso em 05/08/2019.

[4] - VISION COMPONENTS. Ettlingen, Germany.1996.

[5] - Manual: <https://www.vision-components.com/fileadmin/user_upload/DE/service-support/doku/doku_ARM-LINUX/VCLinux_Getting_Started.pdf>. Acesso em 07/08/2019

[6] - OPENCV. Open Source Computer Vision Library. 2000.

[7] - VCLib:

<<https://www.vision-components.com/fileadmin/external/documentation/software/lib/libvc-base/latest/html/a00014.html#a00436>>

Acesso em 09/08/2019.

[8] - Camera calibration::
<https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/calib3d/camera_calibration/camera_calibration.html>.

Acesso em 09/08/2019.

[9] - GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. Processamento de Imagens Digitais: 1 ed. Editora Blucher; 2000.

[10] - MANSUR, Fernando Chalita C. Sistema de visão robótica para órtese ativa baseado em câmera com processamento embarcado, 2018.

Anexos

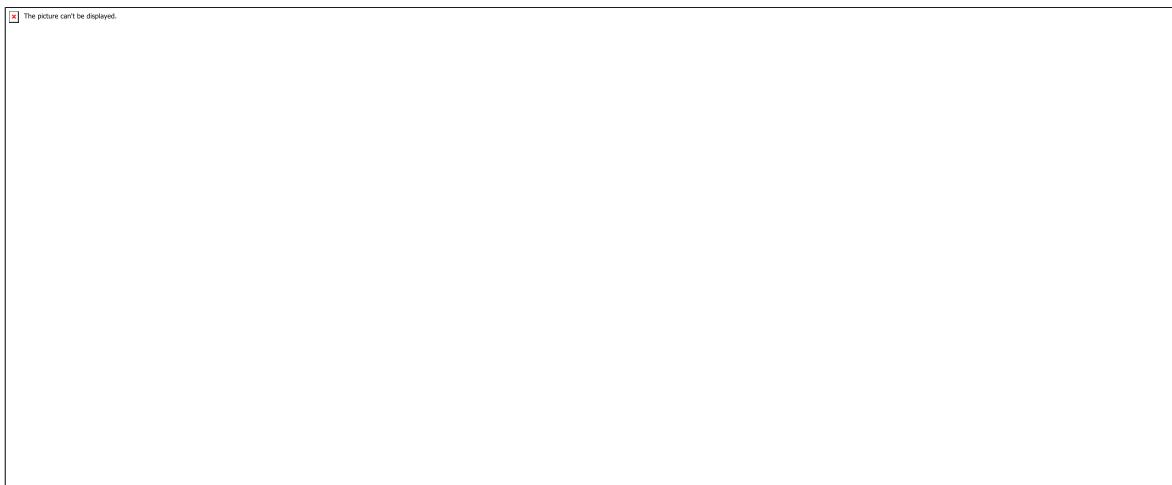


Figura 1



Figura 2

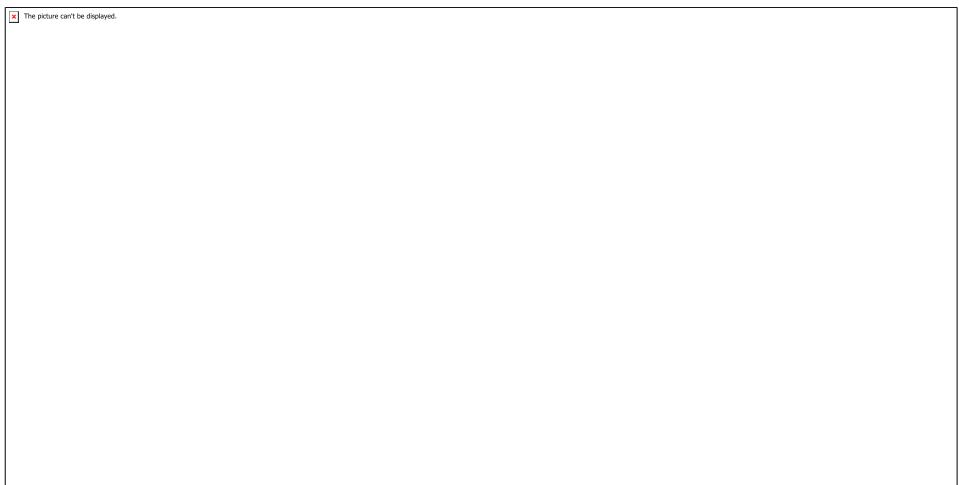


Figura 3



Formula 1

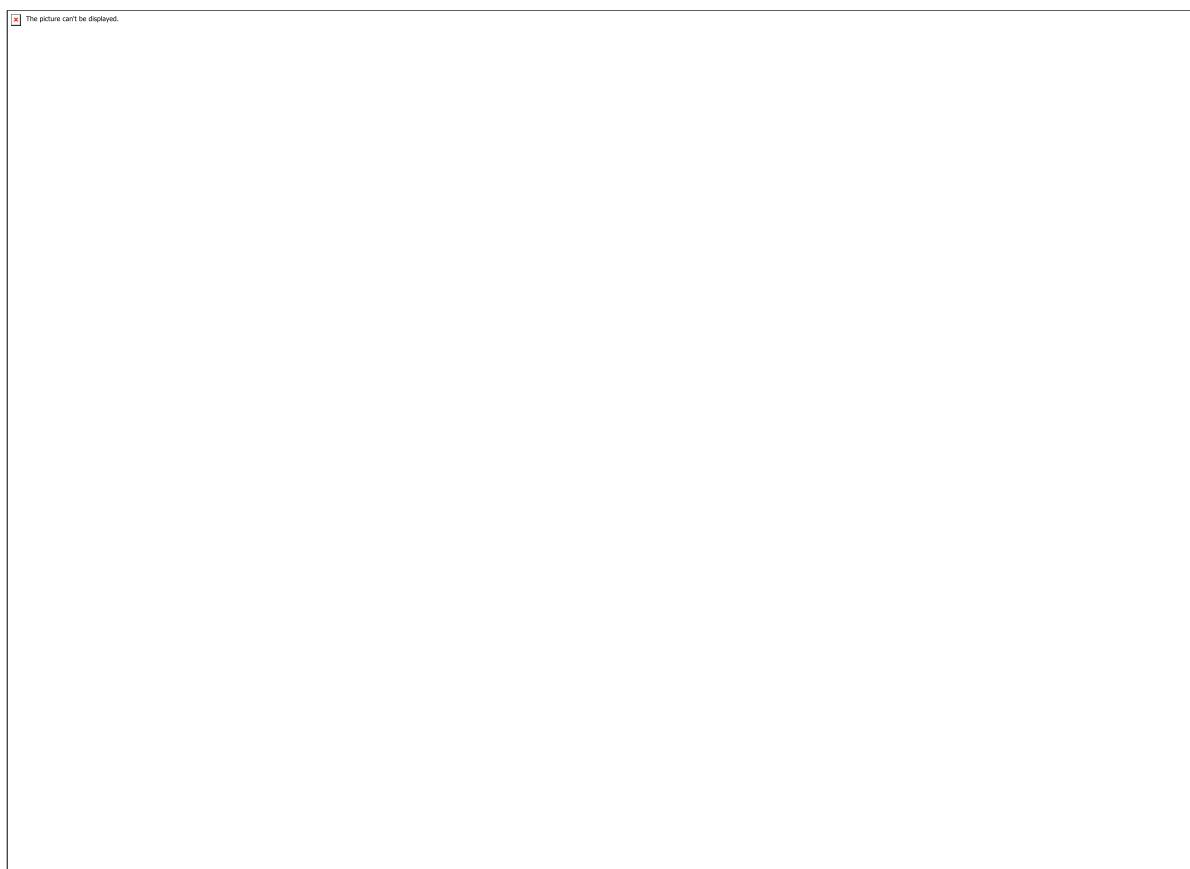


Figura 4

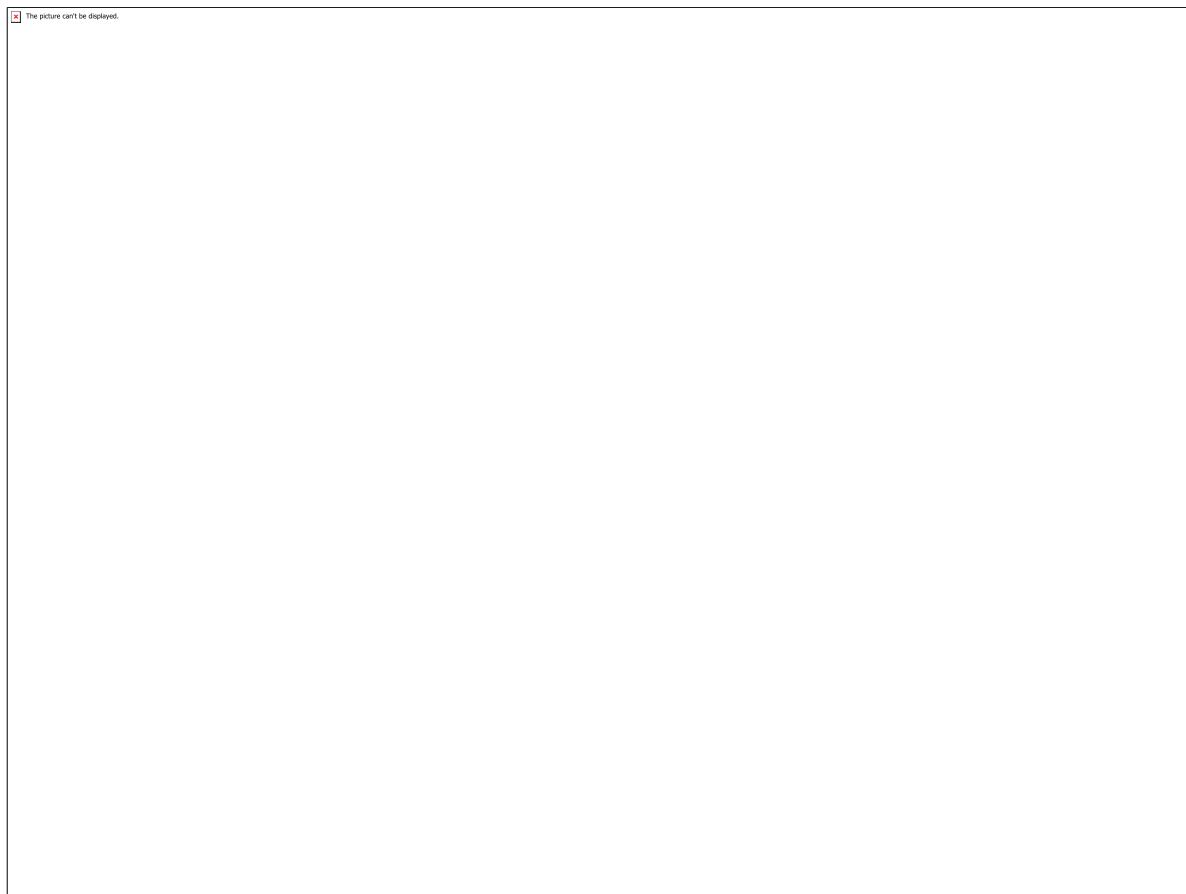


Figura 5

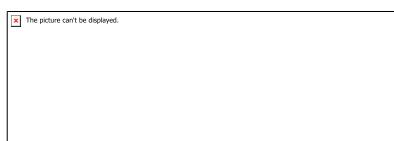


Figura 6



Formula 2



Formula 3

[The picture can't be displayed.]

matriz 1

[The picture can't be displayed.]

Figura 7

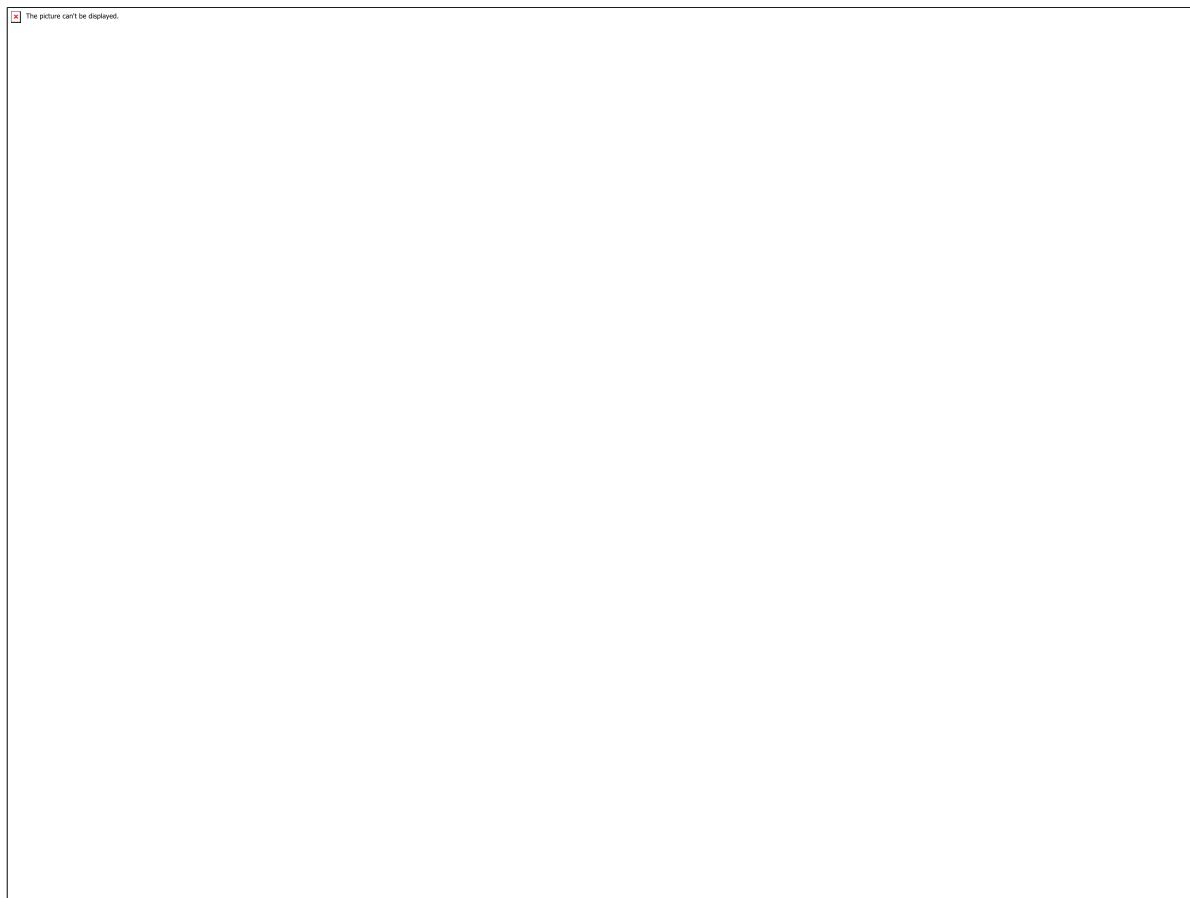


Figura 8

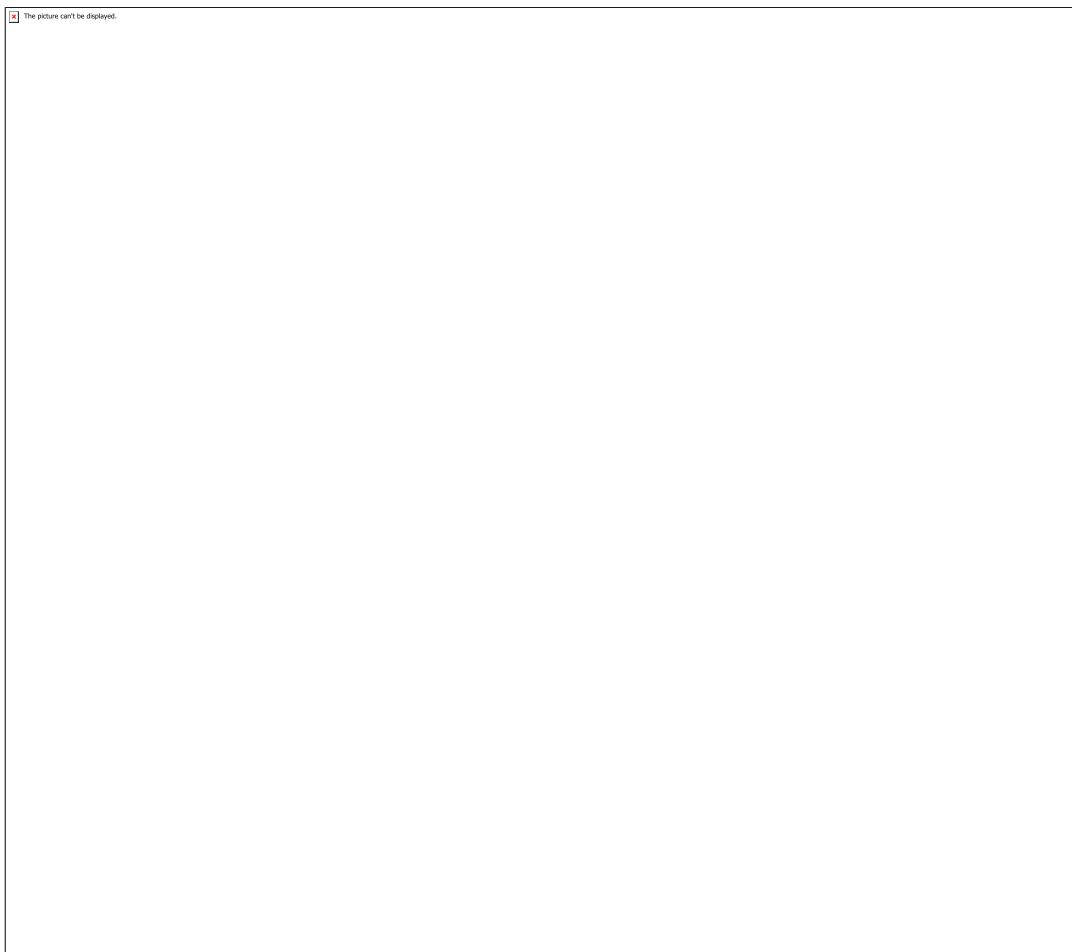


Figura 9



Figura 10



Figura 11

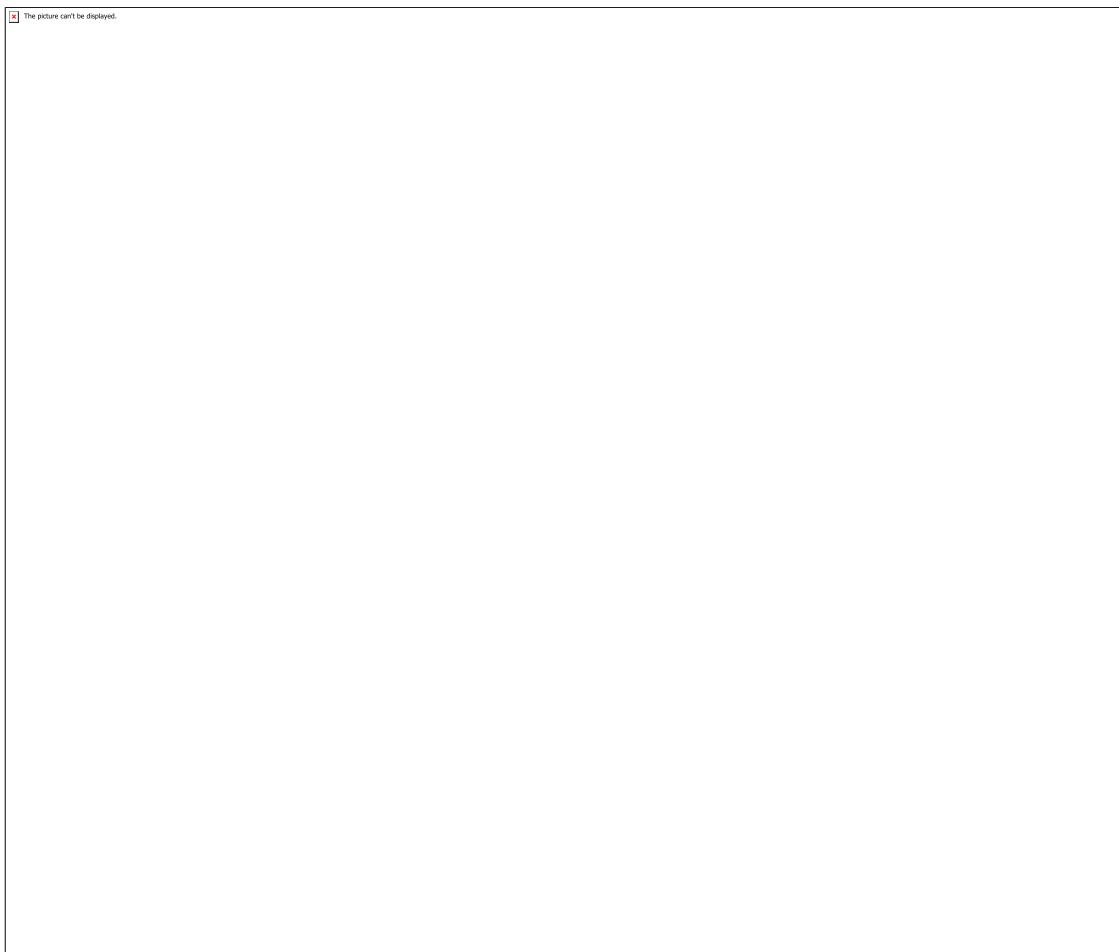


Figura 12

CÓDIGO: ET0146

AUTOR: PABLO PHILIPE DE AZEVEDO MASCENA FRANÇA

ORIENTADOR: ADRIAON DUARTE DORIA NETO

TÍTULO: Aprendizagem de Máquinas no Desenvolvimento de Algoritmos para Detectar e Diagnosticar Falhas em um Ambiente de Redes de Sensores Sem Fio

Resumo

O trabalho traz duas frentes de desenvolvimento, uma trata da construção de um circuito eletrônico e de uma estrutura mecânica que visa integrar um sensor de pressão real a um software simulador de processos e a outra que trata da modelagem, fazendo uso de redes neurais artificiais, do sistema que será utilizado para detecção e diagnóstico de falhas.

Palavras-chave: Redes Industriais, Sensores Sem Fio, Indústria 4.0, RNA

TITLE: Machine Learning in Algorithm Development to Detect and Diagnose Failures in a Wireless Sensor Network Environment

Abstract

This work brings two fronts of development, one deals with the construction of an electronic circuit and a mechanical structure that aims to integrate a real pressure sensor to a process simulator software and the other that deals with modeling, using artificial neural networks, a system that will be used for fault detection and diagnosis.

Keywords: Industrial Networks, Wireless Sensors, Industry 4.0, ANN

Introdução

A primeira parte do trabalho, que trata sobre a construção de um circuito eletrônico e de uma estrutura mecânica para integrar um sensor de pressão sem fio a um software simulador de processos, traz o desafio de converter um nível de tensão, gerado por um software, em um valor físico de pressão para ser medido pelo sensor sem fio e, após isso, ser inserido novamente no software de simulação. O trabalho foi realizado no LAMP (Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo), onde é utilizado um software para simulação de processos industriais e outro, este desenvolvido no próprio laboratório, para interligar o software de simulação às placas de aquisição, permitindo externar os valores da simulação para o ambiente real em níveis de tensão gerados pela placa de conversão D/A. Esse ambiente simulado é necessário, pois para que os resultados dos projetos se tornem soluções reais eles devem ter sido testados, e esses testes, a princípio, não podem ocorrer em plantas industriais reais, pois, por ainda não se conhecer seu comportamento, coloca em risco a produção e a segurança. A outra parte, que trata da modelagem do sistema fazendo uso de redes neurais artificiais, tem como objetivo modelar o sistema de dois tanques acoplados verticalmente utilizando algoritmos de redes neurais artificiais para que essa modelagem venha a ser utilizada como base em trabalhos sobre a detecção e diagnóstico de falhas em redes de sensores sem fio.

Metodologia

O circuito eletrônico e a estrutura mecânica precisavam converter um nível de tensão de 0 a 10V, entregue pela placa D/A do computador onde estava o software de simulação, em um nível de pressão a ser lido pelo sensor sem fio. Para isso foi utilizada como estrutura mecânica uma seringa, com o êmbolo acoplado mecanicamente a um parafuso preso ao rotor de um motor de passo, que conseguia gerar níveis de pressão de 0 a 35KPa. Este valor de pressão pode ser lido pelo sensor como uma faixa bem maior de valores de acordo como está configurado, fazendo assim com que se possa chegar a qualquer valor presente na simulação. Para que se soubesse precisamente o posicionamento do êmbolo e se pudesse coordenar sua movimentação de acordo com a pressão necessária na saída foi utilizado um encoder linear, uma placa com 6 colunas de contatos elétricos, onde cada coluna é formada por faixas de contato e ausência de contato elétrico. Todas são alinhadas de tal forma que nas linhas (pensando no formato de uma matriz) as faixas formem uma codificação digital binária. O código utilizado foi o código Gray que tem como característica principal a alteração de apenas 1 bit entre cada um de seus códigos. O encoder possui o tamanho 46x24mm, com a distância entre cada código de 1.25mm permitindo assim uma resolução de um código a cada 1.25mm. Com isso, o circuito eletrônico consegue determinar precisamente a posição do êmbolo da seringa e saber se o movimento ordenado por ela foi efetivamente realizado. O circuito eletrônico foi desenvolvido utilizando o microcontrolador PIC18F1320 (MICROCHIP), que recebeu o algoritmo de controle do motor de passo e utilizou como entradas o sinal de tensão vindo da placa D/A do computador e os sinais vindos do encoder. O desenvolvimento da parte que trata da modelagem do sistema utilizando redes neurais artificiais se deu pela aquisição de dados do sistema para que se pudesse fazer o treinamento da rede de acordo com seu funcionamento. O sistema utilizado é uma planta que consiste em dois tanques acoplados verticalmente com um reservatório de água abaixo deles. Uma bomba de água alimenta o tanque superior, que por sua vez possui um orifício em sua base que permite o fluxo da água para o tanque inferior. Além disso, o tanque inferior possui um orifício que permite a saída da água desse tanque de volta para o reservatório. Com isso, foram configurados vinte diferentes valores de tensão para alimentar a bomba de água do sistema. Para se observar o sistema e salvar os dados do seu funcionamento foi utilizado o sistema supervisório ScadaBR. Além disso, também foram configurados outros vinte diferentes valores, diferentes também dos primeiros vinte, para serem utilizados como teste de validação da rede neural artificial.

Resultados e Discussões

Os testes realizados com o circuito eletrônico, sem estar ligado a parte mecânica, mostraram resultados condizentes com o esperado. Ao aplicar certa tensão e simular um posicionamento do encoder nas entradas obteve-se, na saída, o comportamento esperado de acordo com o programado. Já com o circuito eletrônico ligado a estrutura mecânica não se conseguiu um movimento satisfatório do êmbolo da seringa. Os sinais de controle continuaram funcionando normalmente, porém o motor de passo não tinha força suficiente para mover o êmbolo como necessário, fazendo com que não se conseguisse uma variação adequada nos valores de pressão na saída da seringa. Tentou-se lubrificar o sistema para tentar fazer com que o êmbolo se movesse mais facilmente, mas, ainda assim, o sistema não funcionou de maneira adequada. Sendo assim, optou-se por desmontar a parte da estrutura mecânica para aplicar correções para que o sistema passe a funcionar de acordo com o que foi proposto. Para o sistema a ser modelado utilizando redes neurais artificiais, foi feita a obtenção de dados do sistema necessária para fazer o treinamento da rede neural artificial, porém não se

chegou a fazer o uso desses dados num algoritmo de redes neurais, ficando, assim, o treinamento e validação da rede neural artificial para o próximo passo. Em relação a obtenção de dados foram feitas três aquisições dos dados do sistema em funcionamento para cada um dos dois grupos de vinte valores de tensão. Assim, poderá se ter mais confiabilidade nos resultados que virão a ser obtidos quando os dados adquiridos forem utilizados como parâmetros no treinamento e na validação da rede neural artificial que modelará o sistema em questão.

Conclusão

De acordo com o mostrado pode-se observar que a continuação e término dos trabalhos aqui realizados é relevante para futuras contribuições na área e indispensável para a realização da proposta original do projeto.

Referências

- [1] Machine Learning, Kevin P. Murphy, The MIT Press, 2012 [2] M. S. Costa and J. L. M. Amaral. Análise de Redes Sem Fio Industriais - ISA100 x WirelessHART . InTech 140: 61-67, 2012. [3] I. Silva. Uma Metodologia para Modelagem e Avaliação da Dependabilidade de Redes Industriais Sem Fio . Federal University of Rio Grande do Norte: Doctoral Thesis, 2013. [4] Linear Technology Company (2013). Smartmesh WirelessHART Manager API Guide . Available: <http://cds.linear.com/docs/en/designnote/> SmartMesh WirelessHART Manager API Guide.pdf. [5] I. Silva, D. Lopes, A. D. Neto, L. A. Guedes, L. Aquino and K. Saito (2013). Tecnologias Emergentes para Redes Industriais Sem Fio: WirelessHART vs ISA100.11a. VII Rio Automation Congress.

CÓDIGO: ET0182

AUTOR: CYNTHIA DOS SANTOS ARAUJO

ORIENTADOR: REYMARD SAVIO SAMPAIO DE MELO

TÍTULO: Aplicação do Método Compare em habitação de interesse social

Resumo

O déficit habitacional brasileiro concentra-se na população de baixa renda. As habitações da faixa 01 do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) são consideradas Habitações de Interesse Social (HIS) e são destinadas à população de baixa renda para conter esse déficit. As HIS do PMCMV são criticadas pela baixa qualidade e pelo surgimento de patologias. As empresas alegam que as restrições de custo e a reduzida margem de lucro são as principais dificuldades enfrentadas em empreendimentos de HIS no Brasil, comprometendo a entrega de valor aos usuários. Através da realocação de custos é possível atender aos requisitos de valor dos usuários sem custo adicional. Dentro da chamada Engenharia de Valor (EV) existem ferramentas que auxiliam a tomada de decisão de realocação de custos, entre elas o método COMPARE. Este estudo tem como objetivo verificar a aplicabilidade das ferramentas da EV, especificamente do método COMPARE, para realocação de custos em HIS do PMCMV. O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso exploratório. O objeto de estudo o projeto de um condomínio de casas da faixa 1,5 do PMCMV com 250 unidades habitacionais localizado em Mossoró/RN. O resultado da pesquisa identificou um ambiente favorável à aplicação de ferramentas de EV, especificamente do gráfico COMPARE, para realocação de custos em HIS do PMCMV. Este estudo subsidia a aplicação da estratégia do Custo-Meta, por meio da realocação de custos, onde o valor unitário da edificação seria o valor alvo.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social. Método Compare. Realocação de Custos.

TITLE: Application of Compare Method in Social Housing

Abstract

The Brazilian housing deficit is concentrated in the low income population. The houses of the “Programa Minha Casa Minha Vida” (PMCMV) range 01 are Social Interest Housing (HIS) and are intended to contain this deficit. The HIS of PMCMV are criticized for its poor quality and the emergence of pathologies. The builders companies claim that are cost constraints and a short profit margin are the main issues faced in HIS ventures in Brazil, compromising the delivery of value to users. Cost reallocation can meet the value requirements of users at no additional cost. Within the Value Engineering (EV), there are tools that assist in the decision to reallocate costs, including the COMPARE method. This study aims to verify the applicability of EV tools, specifically the COMPARE method, for PMCMV HIS cost reallocation. The research method used was the case of exploratory study. The study object was a townhouse of range 01 of PMCMV with 250 houses located in Mossoró/RN. The research result identified a favorable environment the use of EV tools, specifically COMPARE chart, for cost reallocation in HIS of PMCMV.

This study subsidy the application of target costing, through the reallocation of costs, where the unit value of the building would be the target value.

Keywords: Social housing. Method compare. Cost reallocation.

Introdução

Historicamente o Brasil apresenta elevados índices de déficit habitacional e de demanda por habitação. Em 2017, o déficit habitacional era estimado em 7,77 milhões de unidades habitacionais, dos quais 91,7% estavam distribuídos na população com renda familiar de até 3 salários mínimos (ABRAINC, 2017).

Em 2009, o Governo Federal criou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) com o objetivo de reduzir o déficit habitacional por meio da produção e promoção da aquisição de habitações assim como através da requalificação de imóveis.

Atualmente, o PMCMV trabalha com quatro faixas, sendo a faixa 01 voltada para famílias com renda mensal até R\$ 1.800,00, a faixa 1,5 voltada para famílias com renda mensal até R\$ 2.600,00, a faixa 02 direcionada a famílias com renda mensal de até R\$ 4.000,00 e a faixa 03, voltada para famílias de renda até R\$ 7.000,00 (CAIXA, 2019).

No contexto da Habitação de Interesse Social (HIS), estudos têm criticado a produção habitacional brasileira pela falta de qualidade (MIRON, 2002; FERREIRA, 2012; CARDOSO, 2013). Além disso, o mercado imobiliário das HIS do PMCMV, isto é, dos empreendimentos da faixa 01, é economicamente desinteressante para os empresários que atuam no setor devido aos altos custos de construção em detrimento da margem de lucro reduzida (YOKOTA, 2015).

O estudo desenvolvido por Moraes e Granja (2016) aponta que a concepção do projeto, a qualidade da execução e as restrições de custo são as principais dificuldades enfrentadas em empreendimentos de HIS no Brasil, comprometendo a entrega de valor aos usuários.

A entrega de valor aos usuários é discutida como um objetivo a ser atendido; entretanto, está sempre associado a um aumento de custo de projeto (MORAES; GRANJA, 2016). Segundo Ruiz, Granja, Kowaltowski (2014), através da realocação de custos é possível atender aos requisitos de valor dos usuários sem custo adicional, conferindo maior valor final ao produto entregue.

A realocação de custos para aumentar a entrega de valor, a partir da percepção de usuários finais de edificações sem gerar impactos nos custos finais do empreendimento, envolve a comparação entre o que é valor desejado, necessidades relativas dos usuários e o consumo de recursos desprendido para atender tais necessidades. Segundo Moraes e Granja (2016), identificado o que é atributo de valor pelos usuários, é possível tomar decisões de projeto que incorporam os valores desejados. Desse modo, a realocação dos custos, garante uma parcela maior de recurso para atender às necessidades do usuário, implicando em um produto de maior valor.

A atual pesquisa é a continuação de um projeto de pesquisa iniciado em 2017. O resultado do primeiro ano da pesquisa foi a captação dos requisitos de valor dos usuários de HIS em Natal/RN e Região Metropolitana (RM).

Dentro da chamada Engenharia de Valor (EV) existem ferramentas que auxiliam a

tomada de decisão de realocação de custos, entre elas o método COMPARE.

Através do método COMPARE é possível identificar quais elementos podem ser retrabalhados nas HIS de modo a entregar mais valor ao usuário final, por meio da realocação de custos (MORAES, 2017). O método resulta em um gráfico baseado na Técnica de Mudge, com a inclusão do parâmetro custo (CSILLAG, 1995).

No Rio Grande do Norte (RN), Elali e Souza (2017) verificaram que os empreendimentos da faixa 01 do PMCMV apresentam baixa qualidade e o grau de satisfação dos usuários é pequeno. Além disso, existem poucos que visem verificar a viabilidade da aplicação de ferramentas e técnicas de EV em projetos de HIS. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo verificar a aplicabilidade das ferramentas da EV, especificamente do método COMPARE, para realocação de custos em HIS do PMCMV.

O presente estudo subsidia uma a aplicação do Custo Meta (CM), estratégia desenvolvida para melhorar a qualidade do produto, entregando maior valor ao consumidor, respeitando o de preço do mercado e controlando os custos (GUADANHIM, HIROTA e LEAL, 2011).

Metodologia

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso exploratório. Já anteriormente utilizado por Moraes (2017), Yokota (2015) e Ruiz, Granja, Kowaltowski (2014) em estudos da EV, este método pode ser considerado adequado, pois possibilita a realização de uma pesquisa bibliográfica e, posteriormente, experiências práticas acerca do problema abordado.

A fim de verificar a potencialidade de aplicação das ferramentas de EV para realocação de custos em HIS do PMCMV foi utilizado como objeto de estudo o projeto de um condomínio de casas da faixa 1,5 do PMCMV localizado em Mossoró/RN, disponibilizado por uma empresa colaboradora atuante nesse nicho de mercado na capital e no interior do Estado do Rio Grande do Norte.

O projeto de condomínio de casas, tido como objeto de estudo, conta com 250 unidades habitacionais em tipologia térrea distribuídas em 7 quadras, com área total de aproximadamente 80000m². A planta baixa das unidades habitacionais é apresentada na Figura 1.

Para o desenvolvimento deste trabalho o projeto estudado foi decomposto em 7 compartimentos e 1 espaço. Foram considerados como compartimentos as áreas internas do projeto da unidade habitacional (quarto 1, quarto 2, cozinha, banheiro, área de serviço, circulação, sala) e como espaço a praça de convivência, único elemento referente a uma espécie de área de lazer do conjunto habitacional.

A potencialidade aplicação das ferramentas de EV para realocação de custos em HIS do PMCMV será verificada através do gráfico COMPARE. Para a construção desse gráfico é necessária a obtenção de duas séries de dados, sendo a primeira relativa ao consumo de recursos de cada compartimento da edificação e segunda relativa as necessidades relativas de cada compartimento, obtida pela dinâmica de associação dos atributos de valor aos compartimentos/espaço e pela Técnica de Mudge.

Com o intuito de obter a série de dados relativa ao consumo de recursos de cada compartimento, foi realizada a análise da planilha orçamentária do nosso objeto de estudo. O valor do BDI (16%) foi retirado de todos os seus itens, sendo obtidos os custos permissíveis referentes a todos os materiais e serviços. A partir desta análise, pretende-se obter o custo de cada unidade habitacional e os valores empregados em cada etapa construtiva por compartimento.

Para a obtenção da série de dados relativa as necessidades relativas de cada compartimento, foi realizada uma reunião na empresa colaboradora, que é responsável pelo projeto e execução do nosso objeto de estudo. Essa reunião foi dividida em duas etapas: a primeira para realizar a dinâmica da associação dos atributos de valor aos compartimentos/espacô e a segunda para a realização da Técnica de Mudge.

Na reunião estiveram presentes funcionários da empresa responsável pelo projeto e execução do nosso objeto de estudo, que atuam em diversos setores, entre eles: projeto, orçamento e finanças, marketing, compras e estoque, execução, entre outros. Na primeira etapa da reunião foi apresentado aos participantes, o instrumento de captação dos requisitos de valor (baralho de cartas) utilizado por Araújo et. al. 2018 (Figura 2). Nesse momento, foi explicado qual foi a dinâmica aplicada aos usuários de HIS para a captação dos requisitos de valor.

Em seguida, foi entregue a equipe uma planilha, que relaciona os atributos de valor com os compartimentos da edificação, na qual esses atributos de valor são representados por seus códigos na linha superior e os compartimentos/espacô estão indicados na primeira coluna, conforme pode ser observada na Figura 3. Os códigos para cada atributo de valor estão representados na Figura 4.

O objetivo dessa planilha (Figura 3) é relacionar cada compartimento/espacô com cada atributo de valor. Para isso, papéis adesivos quadrados de cor azul e amarela foram entregues ao grupo. Caso os participantes entendessem que o compartimento tinha relação com o atributo de valor, inseria o adesivo azul no quadrado referente ao cruzamento da respectiva linha do atributo com a coluna do compartimento. Se o grupo não entrasse em consenso sobre essa relação, poderia inserir um adesivo de cor amarela. Caso o grupo entendesse que não havia relação, deixava o espaço em branco.

A segunda etapa da reunião consiste na realização da Técnica de Mudge. Esta técnica realiza todas as comparações possíveis de pares de funções a fim de determinar a cada momento qual delas é a mais importante, atribuindo-se a ponderação adequada (CSILLAG, 1995). Nesse sentido, foi entregue aos participantes uma planilha com os compartimentos e espaço presentes tanto na primeira linha quanto na primeira coluna, de forma que toda a planilha é percorrida, comparando-se inicialmente o item “A” com o item “B” e determinando-se qual é o mais importante (Figura 6). Se o item “B” for o escolhido, escreve-se a letra “B” no espaço correspondente à comparação AxB. Posteriormente, compara-se o item “A” com os demais itens (demais letras), depois se prossegue à linha de baixo e se compara o item “B” com os demais itens, e assim por diante.

O objetivo da realização da Técnica de Mudge é obter porcentagens relativas, a partir desses pesos, de cada função em comparação a todas as demais funções, isto é, obter uma hierarquização das funções e analisar suas inter-relações

A partir do resultado do consumo de recursos de cada compartimento, da dinâmica de associação dos atributos de valor aos compartimentos/espaço e da Técnica de Mudge, foi elaborado o gráfico COMPARE.

Resultados e Discussões

Conforme mencionado anteriormente, a construção do gráfico COMPARE utiliza duas séries de dados, sendo a primeira a série “consumo de recursos” e a segunda série “necessidades relativas”

O resultado da análise da planilha orçamentária foi o valor unitário da edificação e a primeira série de dados para a construção do gráfico compare. O valor unitário da edificação calculado é R\$ 48.797,58 e a primeira série de dados para a construção do gráfico COMPARE, isto é, os valor dos recursos consumidos em cada compartimento é apresentada na Figura 7.

Para obter segunda série de dados para a construção do gráfico COMPARE, isto é, a série de dados das necessidades relativas de cada compartimento da edificação é necessário tratar os dados obtidos na primeira e segunda etapa da reunião com os participantes. O resultado da primeira etapa da reunião é apresentado da Figura 8 e o resultado da segunda etapa é apresentado na Figura 9.

Observa-se que os atributos “gastos menores com transportes”, “local para guardar o carro”, “conjuntos menores com menos prédios” e “edifícios com aparência de casa” não foram associados a nenhum compartimento ou espaço.

De posse do resultado da associação dos atributos de valor aos compartimentos e do Diagrama de Mudge, é atribuído a cada compartimento/espaço uma pontuação para baseada em pesos. Os pesos foram calculado de acordo com o processo utilizado por Moraes (2017), isto é, por meio da comparação dos IGI's dos pares, onde é dividida a menor somatória de IGI pela maior somatória de IGI dos compartimentos comparados. Esse mesmo procedimento foi realizado para todas as comparações par a par, obtendo-se uma ponderação a partir dos valores das comparações entre os IGI's

Com base nos pesos calculados é realizado um procedimento de normalização (Figura 11), onde os pesos são então convertidos em valores de 1 a 4, resultando no diagrama de Mudge apresentado na Figura 12.

A coluna de “Necessidades Relativas” da Figura 12 foi calculada por meio da divisão da somatória de pontos do compartimento/espaço pelo total de pontos do estudo. A coluna de “Necessidades Relativas” representa a segunda série de dados necessária para construção do gráfico COMPARE.

Obtidas as séries de dados “consumo de recursos” e “necessidades relativas”, apresenta-se então o gráfico COMPARE (Figura 13).

Observa-se que o compartimento com maior necessidade relativa é o Quarto 2, com 22,2%, sendo aquele apontado com maior importância pela técnica de Mudge. É válido salientar que a Técnica de Mudge considerou os requisitos de valor dos usuários de HIS, por meio dos IGI's dos atributos de valor, e a comparação par-a-par, feita pelos participantes da reunião, em relação a percepção da empresa do que imaginavam seria preferência dos futuros usuários. O banheiro e a cozinha se destacam em seguida, com, respectivamente, 20% e 17,8%.

Por outro lado, tem-se que os compartimentos com menor necessidade relativa são: circulação (0,00%), Praça de Convivência (2,22%), Quarto 1 (11,11%) e Área de Serviço (11,11%).

A partir da análise do gráfico COMPARE, é possível verificar que o consumo de recursos nos compartimentos da edificação não é proporcional as necessidades relativas dos usuários.

A condição ideal é a superposição das curvas relativas à série de dados “consumo de recursos” e “necessidades relativas”, ou seja, o recurso consumido em cada compartimento da edificação fosse igual a necessidade e importância que este tem para o usuário. A partir do gráfico COMPARE, foi identificado que a sala, quarto 1 e a circulação são os compartimentos com gasto excessivo de recursos em relação a necessidade relativa que estes compartimentos têm para os usuários. Por outro lado, o quarto 2, cozinha, banheiro, área de serviço e praça de convivência são os compartimentos com consumo de recursos inferior a necessidade relativa que estes compartimentos têm para os usuários.

Conclusão

Pelo exposto, percebe-se a possibilidade de realocação dos custos dos ambientes com oportunidades de redução de custos (a sala, quarto 1 e circulação), e de aumento de custos (quarto 2, cozinha, banheiro, área de serviço e praça de convivência). Portanto, a presente pesquisa identifica um ambiente favorável à aplicação de ferramentas de EV, especificamente do gráfico COMPARE, para realocação de custos em HIS do PMCMV.

As informações geradas nesta pesquisa podem direcionar o desenvolvimento de novas pesquisas com o intuito de entregar mais valor ao usuário final, por meio do atendimento dos requisitos de valor, sem agregar novos custos. Nesse sentido, considerando as restrições de mercado enfrentado pelas empresas atuantes em HIS do PMCMV, este estudo subsidia a aplicação da estratégia do CM, por meio da realocação de custos, onde o valor unitário da edificação seria o custo-mota.

Referências

ARAUJO, C.S.; MELO, L.A.P.; CORNETTA, V.M.; SILVA, C.G.M.; NUNES, A.K.T.R.; REYMARD, S.S.M. Requisitos de valor dos usuários de Habitações de Interesse Social

no Rio Grande do Norte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORES IMOBILIÁRIOS. Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos. 2017.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. Demanda habitacional no Brasil - Caixa Econômica Federal. - Brasília: CAIXA, 2011.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. Programa Minha Casa, Minha Vida – Recurso FAR. Disponível em:<<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>.2019.

CARDOSO, A. L. O Programa Minha Casa, Minha Vida e seus efeitos territoriais. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013.

CSILLAG, J. M. Análise do valor: metodologia do valor. Atlas, 1985.

ELALI, G.A; SOUZA, N.C.L. A habitabilidade em HIS: Convergências e divergências entre a avaliação técnica e a percepção dos moradores. In: Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono, 4., 2017, Porto. **Anais...**Porto, 2017.

FERREIRA, J. S. W. Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano. Parâmetros de qualidade para a implementação de projetos habitacionais e urbanos. São Paulo: LABHAB; FUPAM, 2012.

GUADANHIM, S. J.; HIROTA, E. H.; LEAL, J. G. Análise da aplicabilidade do custeiometro na etapa de concepção de empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 39-56. 2011.

MIRON, L. Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção. 2002. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MORAES, A. F. S.; GRANJA, A. D. Abordagens de custo e valor em projetos de habitação de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

RUIZ, J. A.; GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Cost reallocation in social housing projects considering the desired values of end-users. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 4, n. 4, p. 352–367. 2014.

YOKOTA, Alessandra Akemi. **Aplicação do custeio-meta no processo de projeto em habitação de interesse social.** 2015. 172 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258730>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

Anexos



Figura 1: Planta baixa das unidades habitacionais

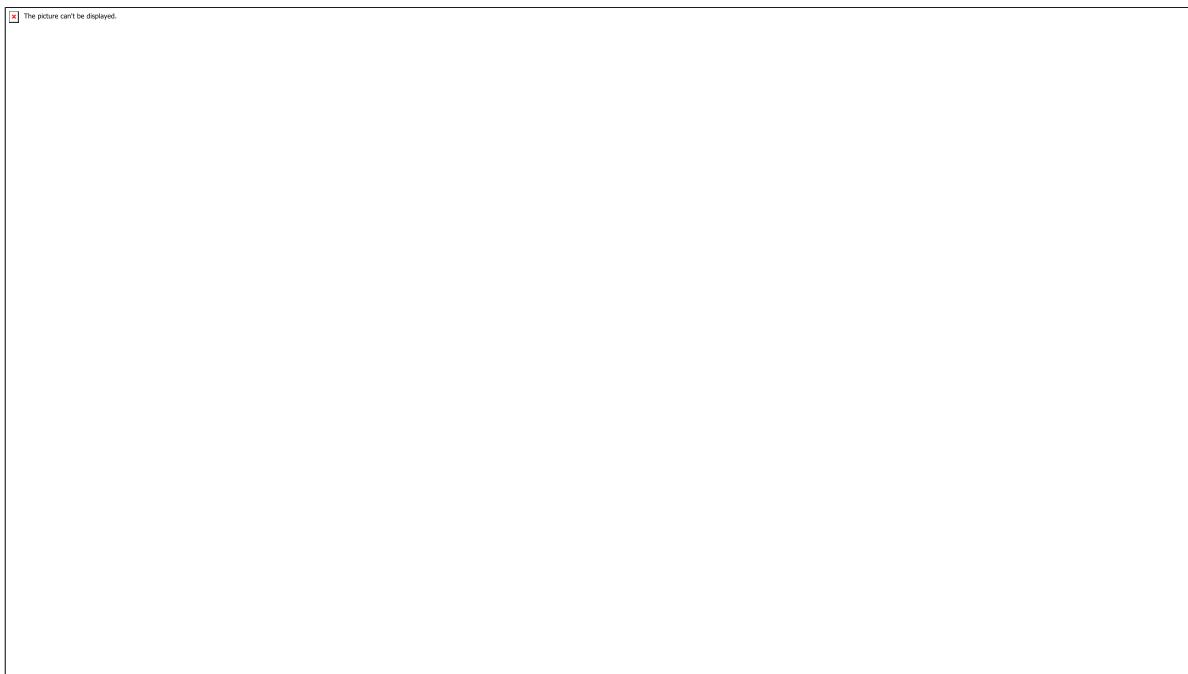
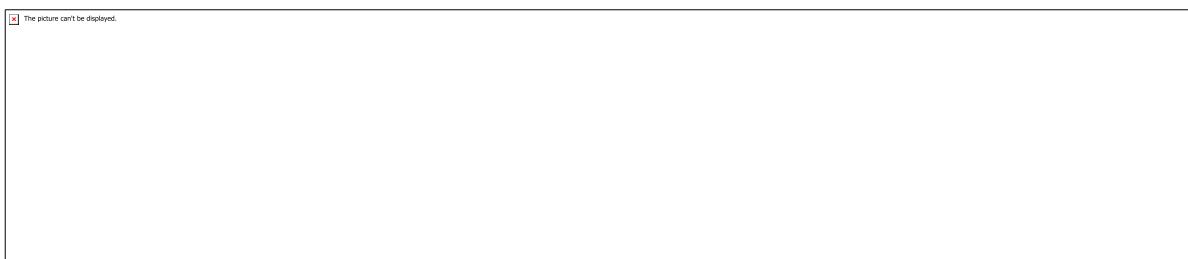


Figura 2: Apresentação do baralhos de cartas aos participantes



.Figura 3: Planilha compartimentos x atributos de valor

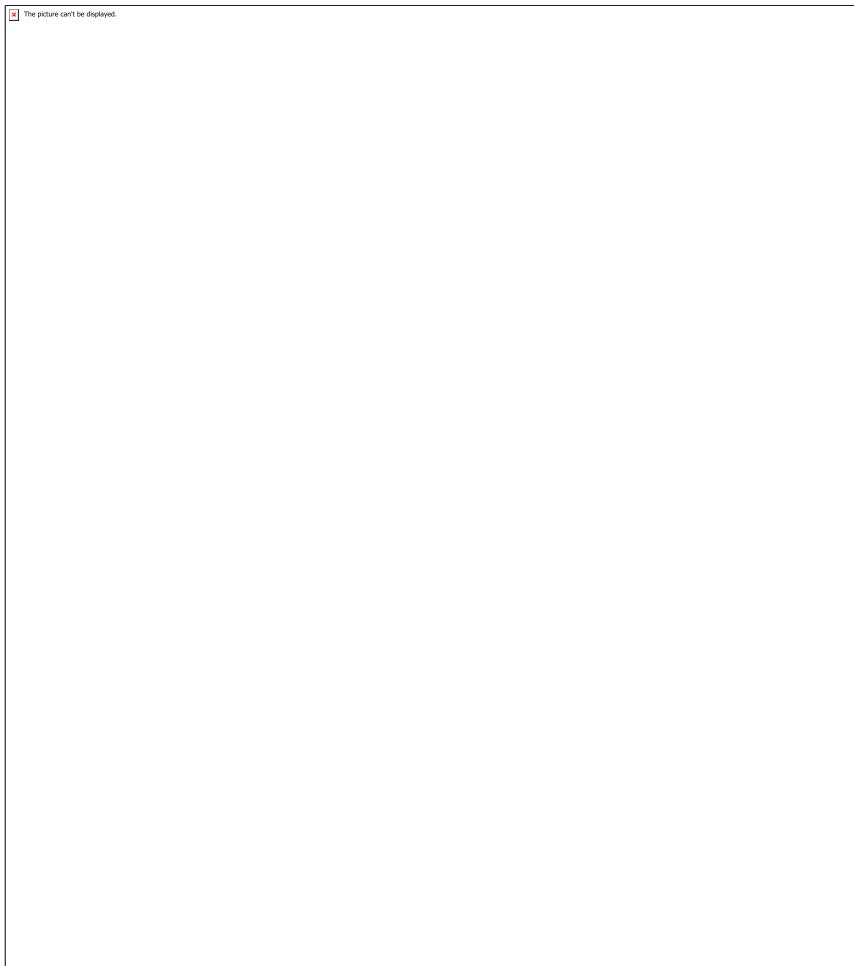


Figura 4: Quadro dos atributos de valor

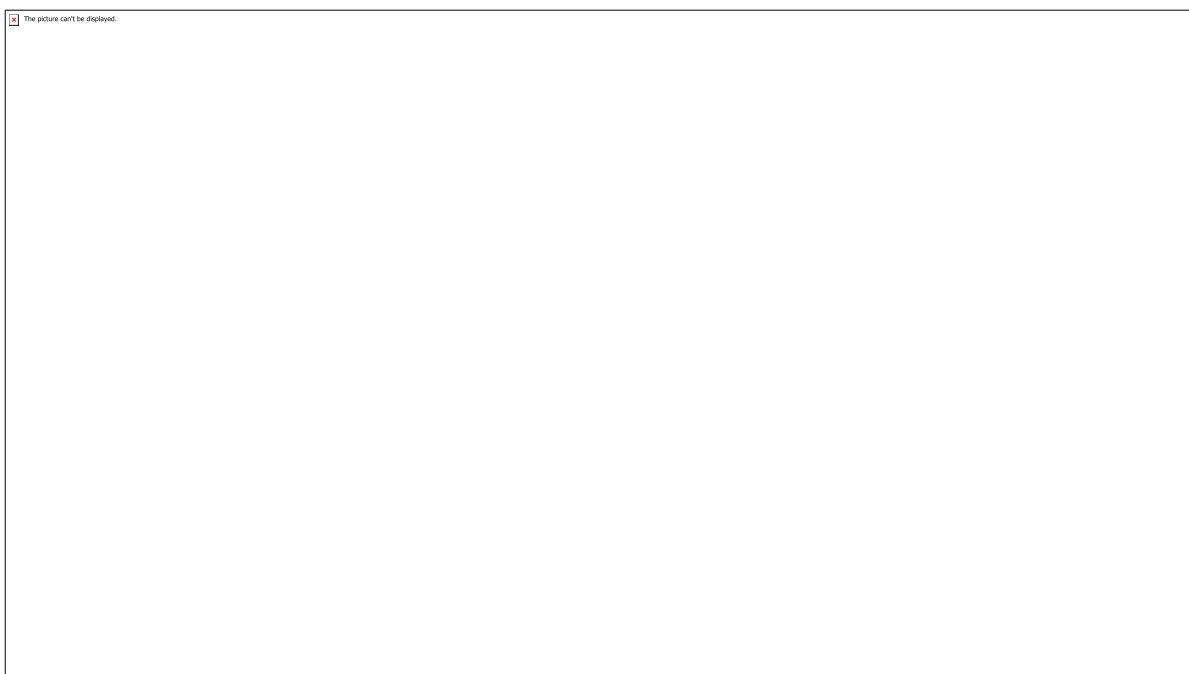


Figura 5: Aplicação da planilha compartimentos x atributos de valor na empresa construtora

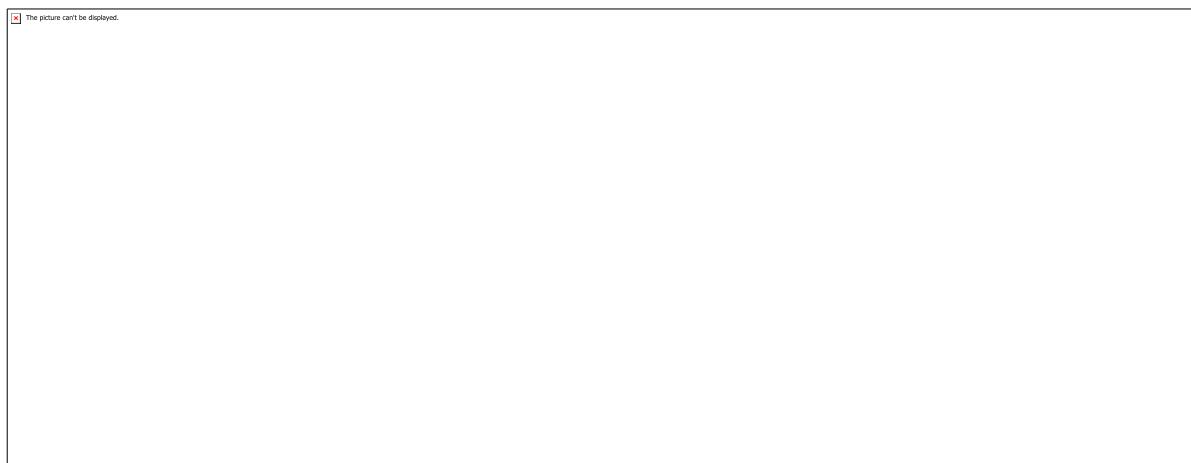


Figura 6: Planilha para preenchimento do Diagrama de Mudge do empreendimento

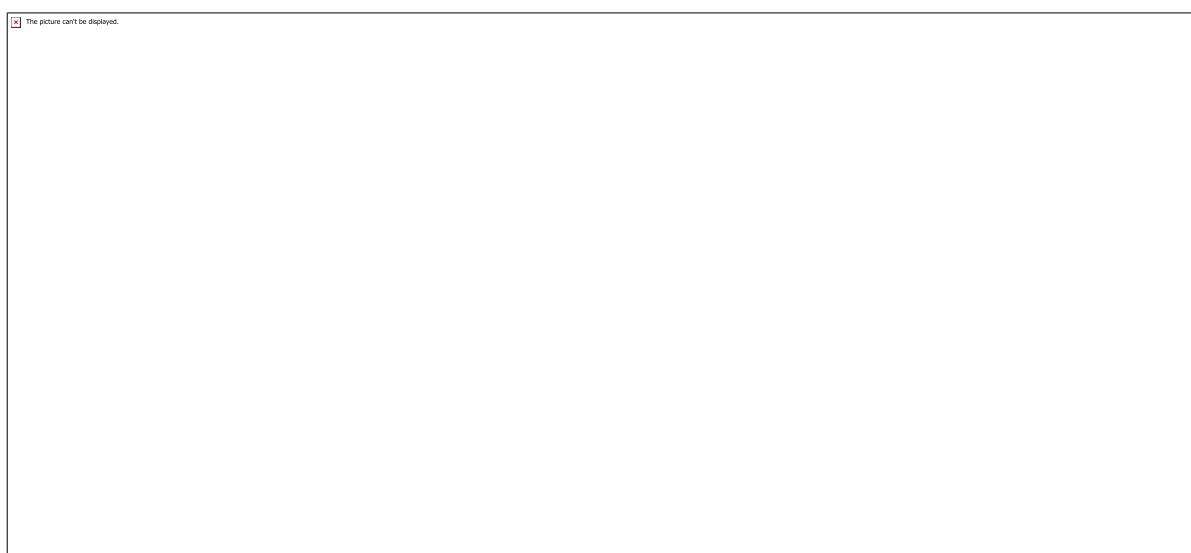


Figura 7: Custo por compartimento em uma unidade habitacional do objeto do estudo



Figura 8: Associação dos atributos de valor aos compartimentos da edificação

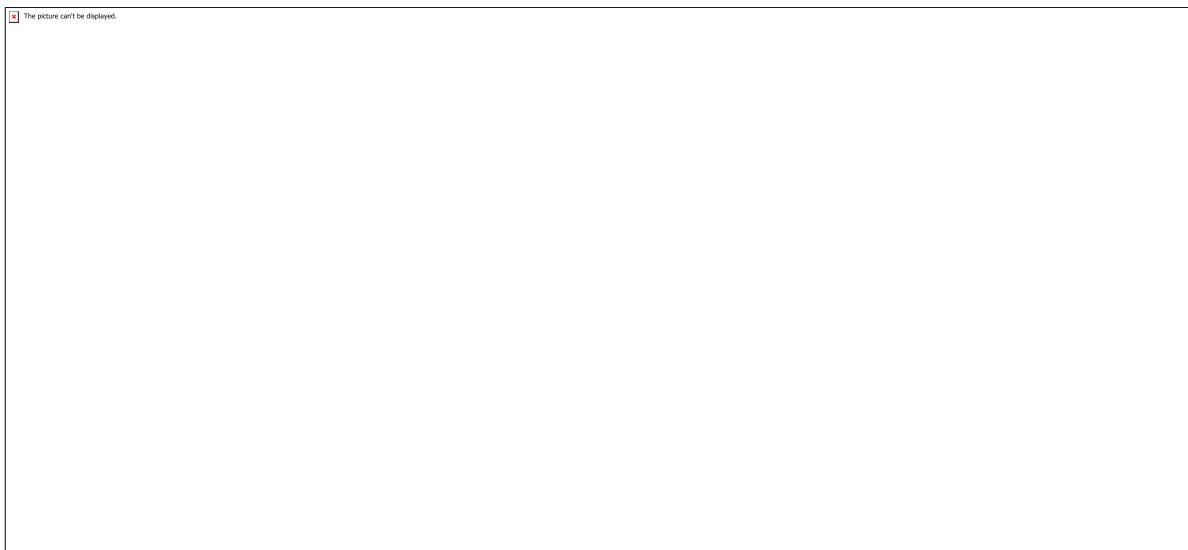


Figura 9: Diagrama de Mudge para o empreendimento

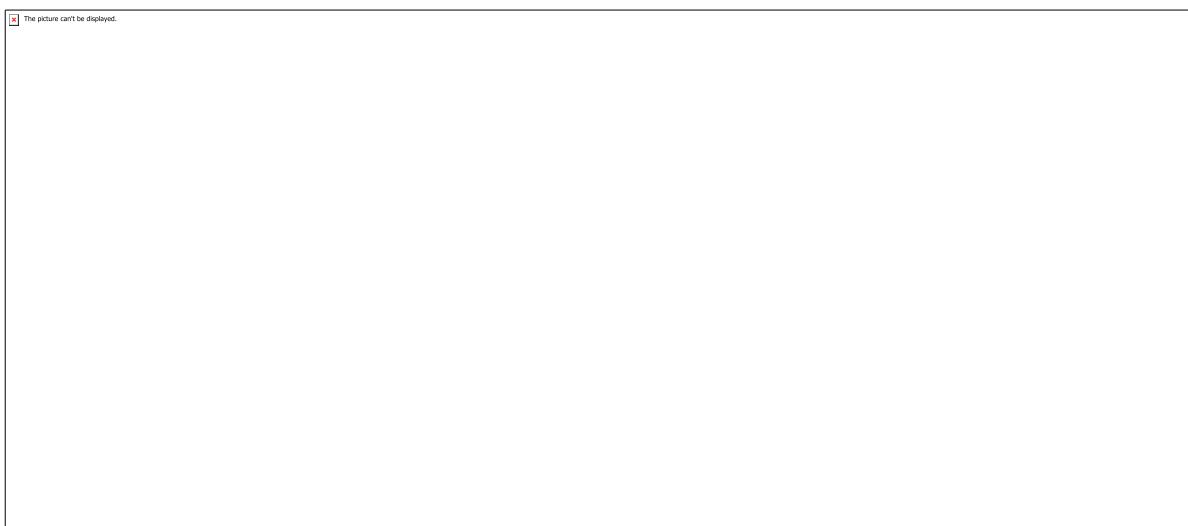


Figura 10: Comparação par a par com atribuição dos pontos segundo variação dos IGI's



Figura 11: Normalização dos pesos

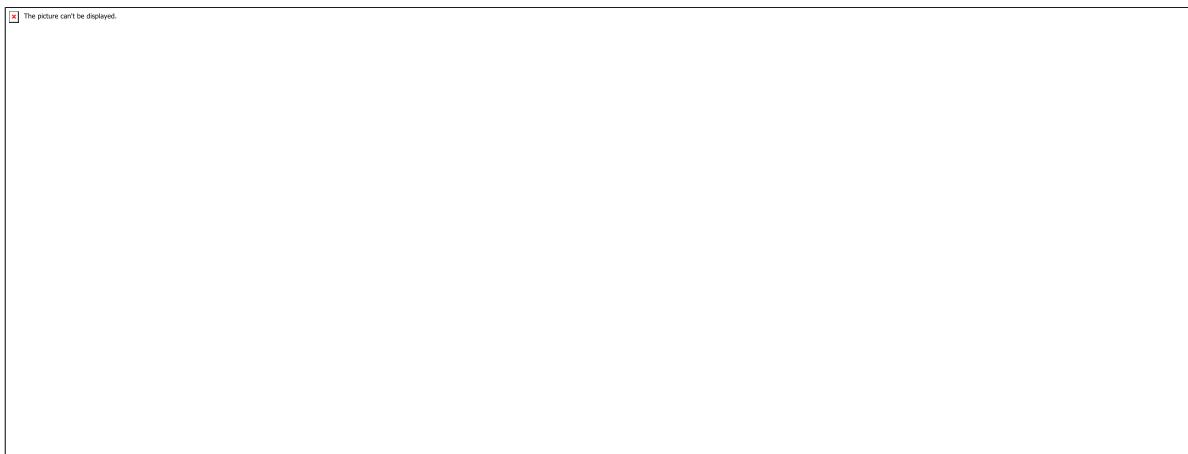


Figura 12: Diagrama de Mudge completo para o empreendimento

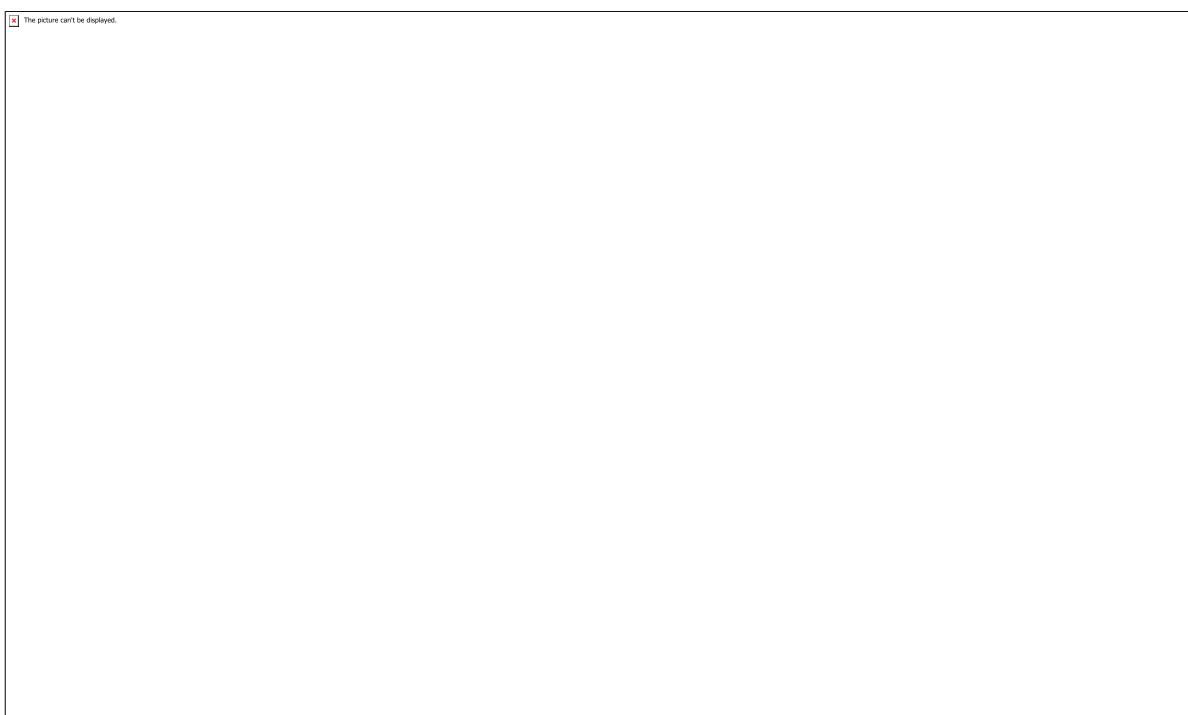


Figura 13: Gráfico COMPARE

CÓDIGO: ET0184

AUTOR: VICTOR LUIZ DE MELLO SENDIM
COAUTOR: JAILTON FERREIRA NASCIMENTO
COAUTOR: LEONARDO DOS SANTOS PEREIRA
COAUTOR: GABRIEL HENRIQUE MOREIRA GOMES
ORIENTADOR: OSVALDO CHIAVONE FILHO

TÍTULO: DETERMINAÇÃO DE DADOS DE EQUILÍBRIO DE FASES DO SISTEMA
ÁGUA + NaCl EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES ATÉ A SATURAÇÃO À
PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Resumo

O estudo do equilíbrio líquido-vapor (ELV) apresenta grande importância em decorrência de sua grande aplicabilidade no meio industrial. No interior das tubulações na produção de petróleo e gás natural estes são submetidos a pressões superiores a 20 bar e temperaturas inferiores a 30 °C, assim favorecendo a formação de hidratos de gás que causam obstrução das linhas de escoamento. Como forma de impedir esse bloqueio é utilizado o monoetilenoglicol (MEG), como inibidor termodinâmico. Este trabalho tem como objetivo a determinação de dados do ELV para o sistema Água + NaCl no Eboliômetro Othmer Modificado para aprimorar uma unidade de regeneração de monoetilenoglicol. A metodologia experimental foi conduzida de modo a recircular soluções aquosas em diferentes concentrações no eboliômetro à pressão atmosférica, sendo necessário aguardar um tempo suficiente para atingir o ELV, isto é, quando a temperatura do sistema e o fluxo de gotas se mantêm constantes por um período de meia hora, sendo a contagem das gotas realizada durante o período de um minuto com intervalo de 15 minutos entre cada cômputo. Os resultados foram comparados com os dados obtidos por Clarke e Glew (1985) na literatura para um sistema com água e NaCl e não houve afastamento significativo entre os mesmos.

Palavras-chave: Equilíbrio de fases. Inibidor termodinâmico. Regeneração do MEG.

TITLE: DETERMINATION OF WATER + NaCl PHASE BALANCE DATA IN DIFFERENT CONCENTRATIONS UNTIL SATURATION AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Abstract

The study of liquid-vapor equilibrium (ELV) is of great importance due to its great applicability in the industrial environment. Inside the pipelines in oil and natural gas production they are subjected to pressures above 20 bar and temperatures below 30 °C, thus favoring the formation of gas hydrates that cause flow line obstruction. As a means of preventing this blockage, monoethylene glycol (MEG) is used as a thermodynamic inhibitor. This work aims to determine the ELV data for the Water + NaCl system in the Modified Othmer Ebulliometer to improve a monoethylene glycol regeneration unit. The experimental methodology was conducted in order to recirculate aqueous solutions in different concentrations in the ebulliometer at atmospheric

pressure. It is necessary to wait a sufficient time to reach the ELV, that is, when the system temperature and the droplet flow remain constant for a period of half an one hour, and the droplets are counted over a period of one minute with an interval of 15 minutes between each calculation. The results were compared with data obtained by Clarke and Glew (1985) in the literature for a water and NaCl system and there was no significant departure between them.

Keywords: Phase balance. Thermodynamic inhibitor. Regeneration of Ethyleneglycol

Introdução

No processo de exploração petrolífera, os produtos são expostos a condições de temperatura e pressão que favorecem a formação de hidratos (GONZALEZ; VAN NESS, 1983), fator prejudicial às linhas de escoamento por causar obstrução do sistema, comprometendo as tubulações, a eficiência e segurança do sistema. Como forma de evitar a formação de tais hidratos é empregado o uso de inibidores termodinâmicos tal como o Monoetenoglicol (AMARAL-FILHO et. al, 2014), que ao ser injetado nos poços volta à superfície misturado com água e sais, sendo, portanto, totalmente relevante o estudo sobre regeneração deste diálcool.

A partir da recirculação de soluções contendo Água e Cloreto de Sódio (NaCl) em uma célula de equilíbrio é possível levantar dados de temperatura de bolha a pressão constante, que, juntamente com correlações sistemáticas e modelos matemáticos predizem propriedades do sistema importantes em processos de separação, como por exemplo, a separação flash da água no processo da regeneração do MEG.

Metodologia

Para este experimento faz-se necessário a utilização do Eboliômetro Othmer Modificado, Banho Termostático, Software ACQDATA para controle de aquecimento do sistema e coleta dos dados de temperatura e Controlador de Pressão Fisher System.

Inicialmente, como primeira parte da metodologia, deve-se realizar uma aferição do sistema quanto aos medidores de temperatura e pressão usando substâncias puras com pontos de ebullição conhecidos, sendo, neste caso, utilizada Água Deionizada e Acetona. Tais substâncias foram recirculadas no Eboliômetro de modo a obter a temperatura de bolha em pressões de 350, 450, 550, 650, 750, 850 e 1000 mBar.

Na segunda etapa, recircular soluções de Água e NaCl em diferentes concentrações a pressão atmosférica obtendo as temperaturas de Bolha conforme o efeito ebulioscópico aumenta, isto é, conforme a concentração de Sal aumenta. Para tal procedimento foram utilizadas soluções com 3, 6, 16 e 30% de NaCl, sendo o restante de Água. O banho termostático deverá operar com uma temperatura de 5°C. Para as condições de aquecimento foi convencionado que a chapa de aquecimento deverá operar a 270°C e a Manta de Aquecimento (200W, 230V) ajustada para 26% de sua capacidade de aquecimento, pois caso haja aquecimento elevado fornecido pela Manta em soluções com concentração de Sal acima de 9% é comum haver a incrustação do Sólido nas paredes do Boyler, por isso deve-se diminuir o aquecimento direto das paredes, compensando, no entanto, o aquecimento na Chapa.

Inserindo a primeira solução dentro do ebuliômetro, este é isolado pela respectiva válvula e o sistema de pressão é verificado com respeito a vazamentos. A pressão é estabelecida e o aquecimento do boiler acionado juntamente com o resfriamento nos condensadores. Após atingir o estado estacionário, que é próximo ao estado de equilíbrio, verificado quando a pressão, a temperatura e as gotas de condensado reciclado se mantêm constantes por cerca de 30min, são coletadas amostras da fase líquida e vapor condensado para análise da composição. Forma utilizados os métodos analíticos como: condutivimetria e densimetria.

Resultados e Discussões

Para a primeira etapa, referente a recirculação do sistema utilizando Água Deionizada, das constantes de Antoine fornecidas pelo Dortmund Data Bank (DDB, 1973), conforme a tabela 1, foi possível verificar o sistema quanto aos dados de Temperatura. Os dados apresentaram um erro relativo médio de 0,01% em relação aos dados da literatura e um desvio padrão médio de $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$.

Foi plotado um diagrama de Pressão em mBar por Temperatura em $^{\circ}\text{C}$ para observar a disposição dos dados da Água conforme mostra a Figura 1.

Para a aferição do sistema utilizando Acetona também foram utilizadas as constantes de Antoine fornecidas pelo Dortmund Data Bank (DDB, 1973) conforme a tabela 2.

Também foi plotado um diagrama de Pressão em mBar por Temperatura em $^{\circ}\text{C}$ para observar a disposição dos dados da Acetona conforme mostra a Figura 2.

Na segunda etapa, após a recirculação de soluções de 3 a 30% de NaCl foi verificado que os dados de temperatura apresentavam um erro relativo médio de 0,095% em relação aos dados presentes na literatura (CLARKE; GLEW, 1985), conforme a tabela 3. As concentrações mássicas das soluções foram calculadas a partir do seguinte modelo que relaciona a densidade ρ da amostra (em g/cm^3) a composição da mesma, conforme mostra a Equação 1.

Por conseguinte, foi possível calcular o Coeficiente Osmótico (Equação 2), que foi utilizado para a análise dos dados de equilíbrio por ser um parâmetro mais sensível às variáveis de temperatura, pressão e concentração, no qual o V representa o coeficiente estequiométrico do número de íons, que para o NaCl equivale a 2, a massa molecular da água (Máqua) é igual a 18,01534g/mol, m representa a molalidade e aw equivale a razão entre a Pressão experimental e a Pressão de Saturação da água (HUBERT et al., 1995).

O coeficiente osmótico é um parâmetro que mede o desvio do comportamento de um solvente em relação ao seu comportamento em condições ideais. Os dados foram comparados com os resultados da literatura obtidos por Clarke and Glew (1985) e reunidos na tabela 4.

Conclusão

Mediante ao exposto, foi observado que os resultados não mostraram afastamento significativo com base nos dados obtidos por Clarke e Glew (1985) presentes na literatura, permitindo a utilização dos dados de equilíbrio obtidos no processo de regeneração do Monoetilenoglicol (MEG).

Além disso, a correspondência entre os valores experimentais e literários para os três tipos de sistemas utilizados, isto é, Água Deionizada, Acetona e Água Deionizada + NaCl, valida a utilização dos equipamentos apresentados para estes experimentos.

Referências

GONZALEZ, C., VAN NESS, H. C. J., Excess Thermodynamic for Ternary System, Total-Pressure Data and GE for Water/Ethylene Glycol/Ethanol at 50 °C, *J. Chem. Eng. Data*, 28, 410-412 (1983).

AMARAL-FILHO, J. H.B. FAÇANHA, F. MATA, L.D. A utilização do monoetilenoglicol como agente inibidor da formação de hidratos aplicados na indústria do petróleo. *Cadernos de Graduação- Ciências Exatas e Tecnologia*. Ed. Universitária Tiradentes. P145- 154. Aracaju 2014.

Saturated Vapor Pressure. DORTMUND DATA BANK (DDB). 1973. Disponível em:<<http://ddbonline.ddbst.de/AntoineCalculation/AntoineCalculationCGI.exe?component=Water>>. Acessado em: 29 de Agosto de 2018.

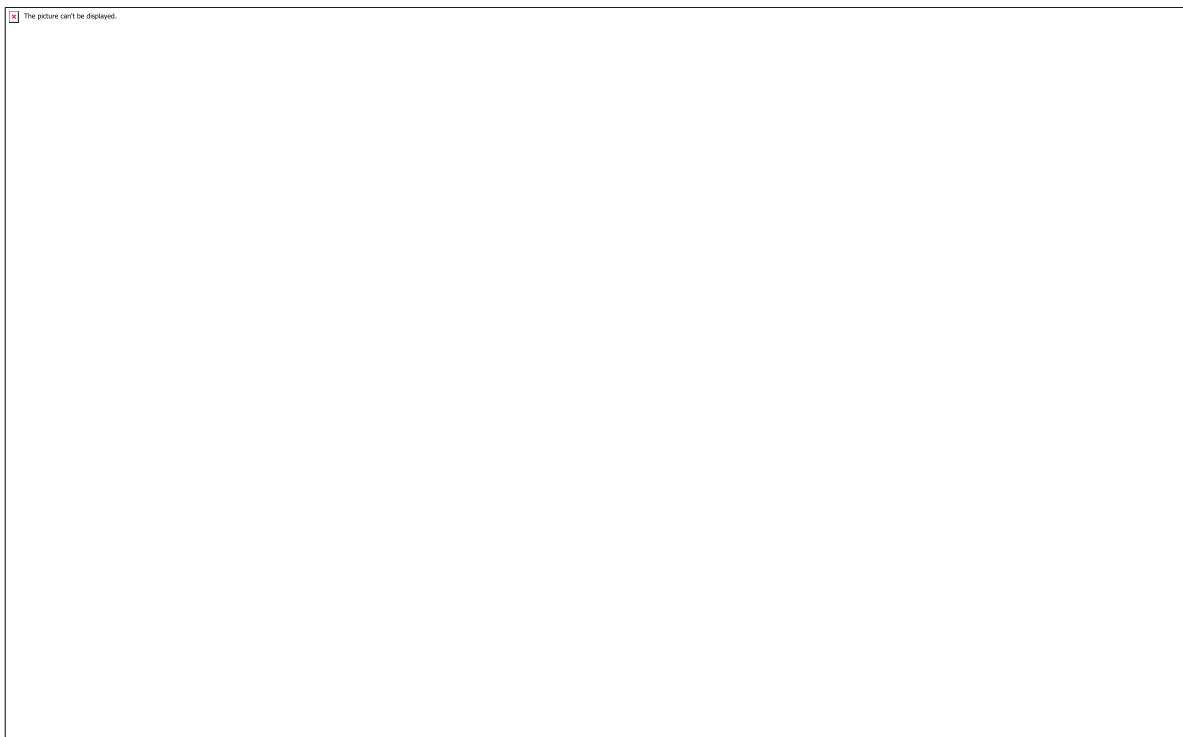
CLARKE, E. Colin W.; GLEW, David N.. Evaluation of the Thermodynamic Functions for Aqueous Sodium Chloride from Equilibrium and Calorimetric Measurements below 154 °C. Aip Publishing., p. 520-521. out. 1985. Disponível em: <<https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.555730>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

HUBERT, Nathalie et al. Vapor Preassure Measurements with a Nonisothermal Static Method between 293.15 and 363.15 K for Electrolyte Solutions. Application to the H₂O + NaCl System. *J. Chem. Eng.* França, p. 891-894. 1995.

Anexos



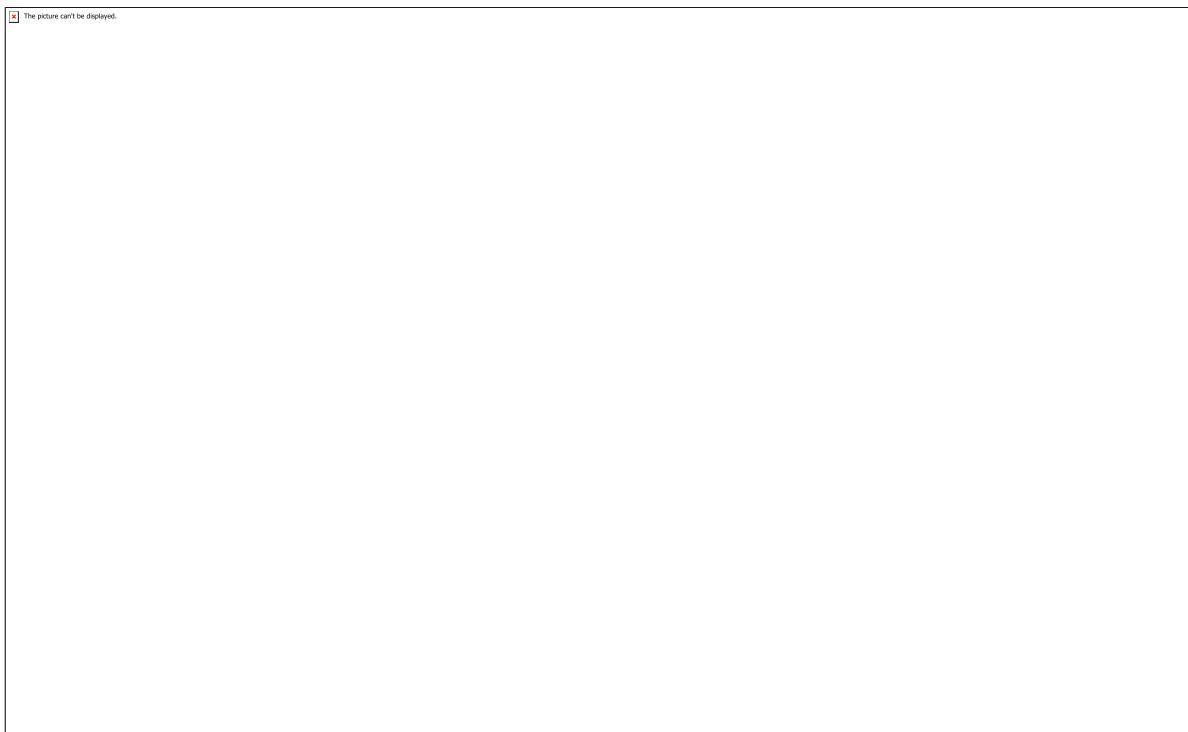
Anexo 1 - Constantes de Antoine para a Água Deionizada



Anexo 2 - Diagrama Pressão por Temperatura para Água Deionizada



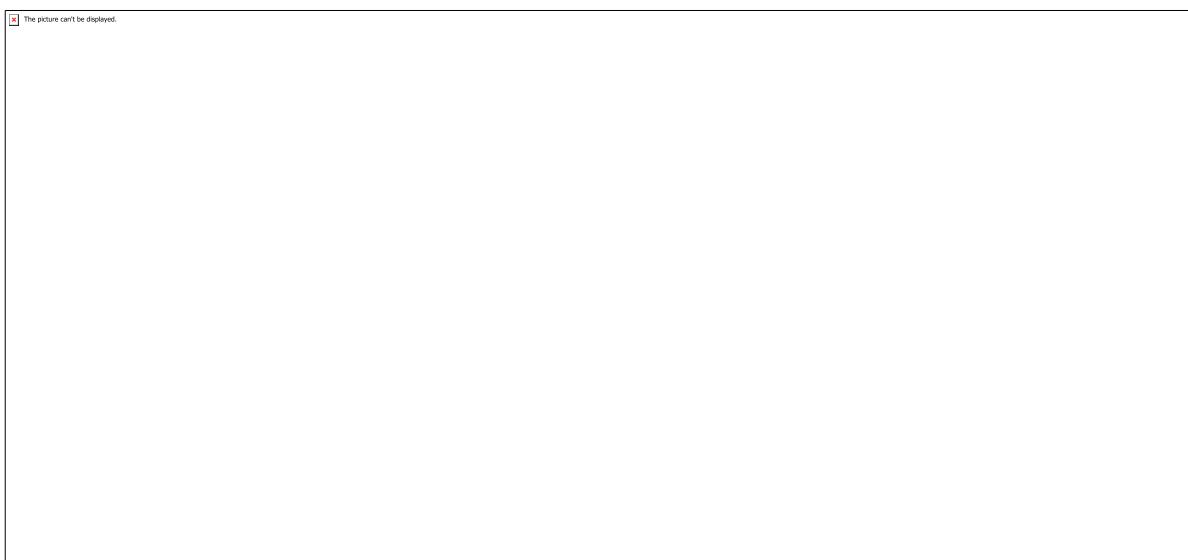
Anexo 3 - Constantes de Antoine para a Acetona



Anexo 4 - Diagrama Pressão por Temperatura para Acetona



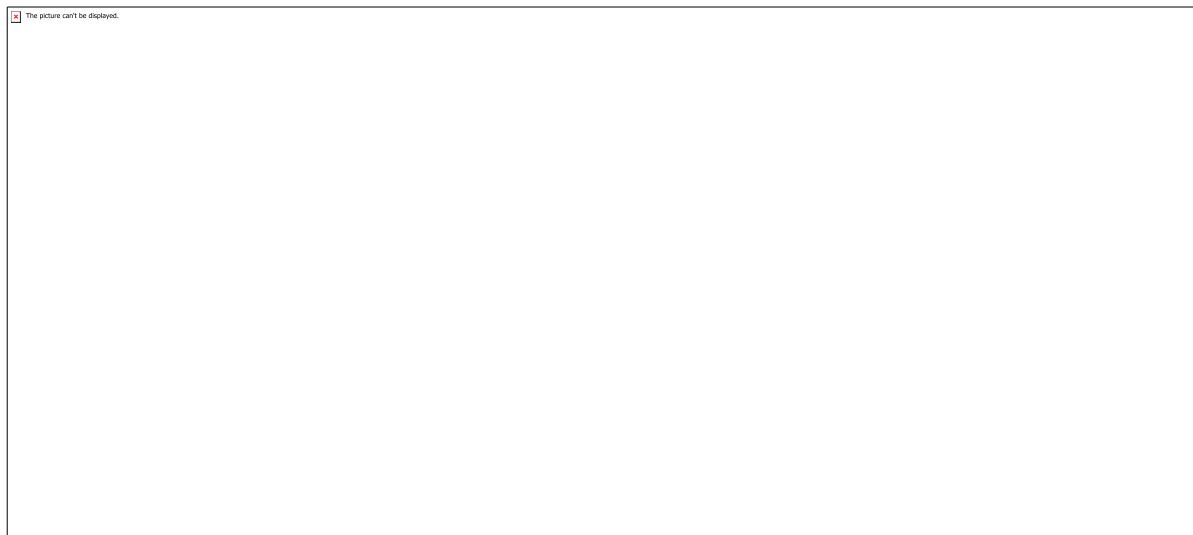
Anexo 5 - Equação 1



Anexo 6 - Composição mássica de NaCl, Temperaturas Experimentais e da Literatura
conforme a concentração e Erro relativo



Anexo 7 - Equação 2



Anexo 8 - Molalidade, Temperatura experimental, Coeficiente Osmótico Experimental e da Literatura e Erro relativo

CÓDIGO: ET0201

AUTOR: ISAAC DE SANTANA BEZERRA

ORIENTADOR: EDSON NORIYUKI ITO

TÍTULO: Avaliação de compósitos híbridos formado por polietileno/fibra de linter/argila montmorilonita

Resumo

O desenvolvimento de novos compósitos híbridos utilizando resíduos provenientes da agroindústria ou de processos industriais, como as fibras naturais, é um desafio constante, pois a demanda por materiais sustentáveis derivados de fontes renováveis continua a crescer. O objetivo deste trabalho foi produzir compósitos híbridos de polietileno com reforço de linter juntamente com nanoargila montmorilonita organicamente modificada e compatibilizante anidrido maléico, no intuito de avaliar a influência desses três diferentes tipos de cargas, e verificar o limite de incorporação de cargas no compósito híbrido, aferindo as composições de melhor sinergia entre cargas. Após preparar as formulações de variadas concentrações de linter, argila e compatibilizante, foram incorporadas e misturadas, logo após, processadas em uma extrusora de rosca simples com elemento de mistura maddock. Os corpos de prova foram moldados por injeção, para a realização dos ensaios mecânicos de tração, posteriormente foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Tanto os testes de tração quanto a morfologia, revelaram que a adição do linter aumentou o módulo de elasticidade em função da diminuição da deformação, enquanto a argila aumenta a elongação até a ruptura. O compatibilizante melhorou a adesão fibra-matriz, e por fim foi visível o limite de incorporação de cargas, pois em demasia diminuiu as propriedades, quando comparadas aos compósitos de linter ou argila de menor concentração.

Palavras-chave: Compósito Polimérico, Híbrido, Polietileno, Linter, Argila, Compatibil

TITLE: HYBRID COMPOSITE EVALUATION FORMED BY POLYETHYLENE / LINTER FIBER / MONTMORILONITE CLAY

Abstract

The development of new hybrid composites using waste from agroindustrial processes such as natural fibers is a constant challenge as the demand for sustainable materials from renewable sources continues to grow. The objective of this work was to produce linter reinforced polyethylene hybrid composites with the addition of Organically Modified Montmorillonite Nanoargyl and maleic anhydride compatibilizer, in order to evaluate the influence of these three different types of reinforcements and additive, and to verify the limit of their incorporation in the hybrid composite. Formulations of varying concentrations of linter, clay and compatibilizer were incorporated and mixed in a single screw extruder with maddock mixing element, after which the specimens were injection

molded. Mechanical tensile tests and subsequently analyzed by scanning electron microscopy (SEM). Both tensile tests and morphology revealed that the addition of linter increased the modulus of elasticity and decreased elongation at break, while addition of clay increased elongation. The compatibilizer improved the fiber-matrix adhesion, and the limit of reinforcement incorporation was noticeable, since the properties decreased too much when compared to the linter or clay composites with lower concentrations.

Keywords: Polymer Composite, Hybrid, Polyethylene, Linter, Clay, Compatibilizer.

Introdução

1 INTRODUÇÃO

O polietileno é um polímero flexível e inerte a produtos químicos, além de não ser tóxico em condições normais, por isso, é um material polimérico bastante utilizado, em diversas aplicações, sendo o setor de embalagens o mais predominante [1]. Entretanto algumas propriedades do polietileno podem ser melhoradas por meio do desenvolvimento de compósitos poliméricos, a partir de matriz de polietileno.

Os compósitos poliméricos são resultantes das propriedades tanto do elemento de reforço, quanto da matriz polimérica, assim como da interface reforço-matriz [2]. A interfase pode ser definida como uma região intermediária entre duas fases, no caso, o reforço e a matriz. Já a interface é uma região bidimensional onde interagem os componentes do compósito. A transferência de esforços mecânicos da matriz para o reforço aumenta na interface, entretanto se não houver boa adesão entre as fases, nesta, pode haver descolamento dos reforços resultando em vazios e na iniciação de falhas que comprometem o desempenho mecânico do material [2]

As fibras naturais usadas como reforços em compósitos poliméricos têm ganhado notoriedade na indústria para as mais diversas aplicações, pois suas propriedades mecânicas são comparáveis com as fibras sintéticas, tornando seu uso competitivo, devido sua abundância, biodegradabilidade e alto ciclo produtivo de forma sustentável [3,4]. A utilização de fibra de linter como carga, um rejeito comum da indústria do algodão, representa uma alternativa de compósito de baixo custo trazendo melhorias nas propriedades mecânicas. Contudo, por possuir uma estrutura oca, porosa, curta e crespa, a sua utilização é limitada, devido à sua absorção de umidade e à sua rápida degradação ao calor [5].

A adição de nanoargila montmorilonita organicamente modificada (MMT), aumenta a dispersão e melhora as propriedades tais como: módulo de elasticidade, aumento da resistência ao calor, diminuição da permeabilidade de gases e diminuição da inflamabilidade em comparação à argila comum e o polímero puro [6,7,8].

O uso de agentes compatibilizantes em compósitos poliméricos, como o polietileno enxertado com anidrido maléico (PE-g-MAH) tem como função o acoplamento entre as fases, possibilitando melhor adesão entre o reforço e a matriz, evitando o deslizamento entre fases, devido a um aumento da resistência da interface, aumentando a rigidez e a resistência à tração [9].

A hibridização tem por definição, a incorporação de dois ou mais reforços em matriz polimérica, dando origem aos compósitos híbridos que são uma combinação das

propriedades dos componentes individuais da qual a consistem [10,11]. Estudos recentes apontam sobre a hibridação de nanoargila com fibras naturais reforçando compósitos poliméricos, e esses materiais apresentaram melhores propriedades mecânicas e térmicas em comparação com compósitos poliméricos reforçados apenas com fibras naturais [12]. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência nas propriedades mecânicas e morfológicas de compósitos híbridos, constituídos por fibras de linter de algodão e nanocargas de argila MMT em matriz polimérica de polietileno reciclado, assim como, avaliar o efeito do uso do compatibilizante PE-g-MAH nos compósitos poliméricos.

Metodologia

2 EXPERIMENTAL

2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados foram: polietileno reciclado (Bemis S.A.), fibras de linter de algodão (Embrapa Algodão), argila montmorilonita Cloisite® 30B (Southern Clays) e compatibilizante PE-g-MAH (Chemtura).

O trabalho anterior elaborou e analisou formulações contendo apenas linter, e posteriormente um compósito híbrido com 1% de linter e 1% de argila, o qual revelou resultados promissores [1]. Foi dado continuidade ao trabalho com o estudo atual, contemplando formulações com variadas concentrações de cargas em matriz polimérica, avaliando sua influência nos compósitos híbridos. A Tabela 1 mostra as formulações utilizadas.

Tabela 1 – Formulações dos compósitos poliméricos.

2.2 Métodos

2.2.1 EXTRusão dos materiais

O processamento dos materiais (Tab. 1) foi realizado em duas etapas, uma fase de incorporação e outra de mistura, cada formulação passou duas vezes pelo processo de extrusão em uma extrusora de rosca simples, da empresa AX plásticos Máquinas Técnicas Ltda, contendo um elemento de mistura maddock, sendo o perfil de temperatura de (220/230/230 °C) da zona de alimentação até a matriz e a velocidade foi mantida a 40 rpm. Após a etapa de extrusão, as composições foram secas a 60°C em estufa a vácuo por 8h para a remoção de umidade residual do processo.

2.2.2 moldagem por injeção

Os corpos de prova do tipo I da norma ASTM D638 foram moldados por injeção em equipamento da marca Arburg modelo Allrounder 270 S, com perfil de temperatura de (210/220/230/230/220°C) da alimentação até o bico de injeção com temperatura do molde de 30°C e tempo de resfriamento de 45 s.

2.2.3 Ensaio mecânico sob tração

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina universal de ensaios da marca Shimadzu modelo AG- 300kN. O método de ensaio foi feito com velocidade inicial de 1mm/min até 0,5% de deformação, logo após aumentando a velocidade para 5mm/min até a ruptura segundo a norma ASTM D638.

2.2.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras foram crio-fraturadas, metalizadas e posteriormente foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um microscópio de modelo TM3000 da HITACHI.

Resultados e Discussões

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio mecânico sob tração

A Fig. 1 revela a deformação em função da tensão para todas as composições estudadas nesse trabalho, proporcionando a análise tanto de seu comportamento elástico, pelo qual é retirado seu módulo de elasticidade, quanto do seu comportamento plástico, obtendo sua deformação máxima até a ruptura, assim como sua tensão máxima, resultados esses, representados na Fig. 2.

Os resultados obtidos no ensaio mecânico viabilizaram a análise das diferenças provocadas pela inserção de cargas reforçantes na matriz polimérica.

Com a adição de linter foi constatado um aumento de tensão máxima como também do módulo de elasticidade e diminuição no alongamento na ruptura. Contudo, os compósitos sem compatibilizantes apresentaram resultados inferiores devido à baixa adesão entre a matriz polimérica e a carga. O aumento na concentração do linter na matriz polimérica levou à um menor alongamento na ruptura, isso pode ser devido a aglomeração do linter no corpo de prova, causada pela baixa dispersão à matriz, como também fazendo o papel de concentrador de tensão, tornando-o mais frágil.

A adição de argila mostrou diferentes comportamentos para as variações na concentração de argila na matriz polimérica. Para o acréscimo de 1% de argila houve um aumento considerável alongamento na ruptura e um leve aumento no módulo de elasticidade, já para o compósito com 3% de argila, houve o maior alongamento na ruptura, contudo houve diminuição no módulo de elasticidade, já para o compósito com 5% de argila, teve um pequeno aumento no módulo de elasticidade, porém com redução na deformação, isso provavelmente se deve também devido a aglomeração da argila na matriz, os resultados obtidos levam a pensar que acima de 3% de argila começa a formar aglomerados de argila, resultando em uma diminuição considerável do módulo de elasticidade, já para a formulação contendo compatibilizante houve uma melhora no alongamento na ruptura e uma diminuição no módulo de elasticidade.

O compósito híbrido, é composto pela adição de duas cargas, linter e argila. Quando colocados argila e linter em pequenas quantidades como é o caso da composição com 1% linter e 1 % argila, é visível a sinergia das cargas para com a matriz, aproveitando

as propriedades individuais das cargas adicionadas, aumentando com grande notoriedade seu módulo elástico sem perder muito sua deformação máxima, contudo as demais composições híbridas, nas quais havia maior concentração tanto de linter quanto de argila, não obtiveram tal sinergia, devido as amostras híbridas apresentarem propriedades inferiores às formulações dos compósitos tanto do linter quanto da argila com PE, como mostrado na Fig. 1, o que leva a pensar, que as concentrações das cargas nas formulações híbridas não é linear no aumento de suas propriedades, como também existe um limite na concentração de cargas que podem ser adicionadas, de maneira a manter tanto uma boa adesão quanto uma boa dispersão na matriz polimérica. É importante frisar que as formulações contendo o compatibilizante MAH, obtiveram maior deformação máxima quando colocado no composto híbrido.

3.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras foram submetidas a ensaio de tração até 70% de suas tensões máximas, crio-fraturadas e devidamente metalizadas, posteriormente foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), possibilitando sua análise morfológica. Estas imagens revelaram a relação do compatibilizante PE-g-MAH entre matriz, interface e cargas de reforço.

A formulação com 5% linter representada na Fig. 5a, mostrou uma baixa adesão fibra-matriz, devido o descolamento da fibra de sua matriz polimérica, revelando ter havido um rompimento na interface antes do rompimento da fibra, a qual tem a função de reforço. Contudo, ao ser adicionado o agente compatibilizante PE-g-MAH, foi possível notar uma melhora significativa na adesão, de forma à não descolar da matriz sob tração, rompendo antes do seu descolamento como mostrado na Fig. 5b.

A composição com 5% de argila de escala nanométrica foi analisada morfologicamente, apresentando baixa dispersão, revelada pelos aglomerados de argilas identificados nas composições com e sem compatibilizante expostas na Fig. 6, essa aglomeração pode ter sido devido ao incremento demasiado de carga, ultrapassando o limite de sua incorporação na matriz polimérica.

O compósito híbrido de 5% linter, 5% argila e 3% de compatibilizante PE-g-MAH, teve aglomerados de linter, como mostrado na Fig. 7, não havendo uma boa dispersão. Uma possível razão para a formação desse aglomerado seja a inserção demasiada de carga à matriz polimérica, diminuindo a sua dispersão, outro fator que pode ter relevância em sua baixa dispersão e grande aglomeração, seria a o processamento, o qual não conseguiu homogeneizar as cargas à matriz, uma possível solução para melhor dispersão seria processar essa mesma composição mais vezes, de forma a incorporar e misturar seus componentes de forma mais eficaz.

De forma geral o compatibilizante apresentou um aumento na adesão, assim como mostrado na Fig. 5b. Resultando em um maior alongamento até a ruptura, assim como mostrado na Fig. 5a.

A introdução de compatibilizante no PE processado, diminuiu os efeitos da degradação do processo, como também houve melhora nas propriedades no alongamento na ruptura quando junto da argila, assim como no compósito híbrido, contudo houve menor ganho de propriedades quando colocado junto do linter, tanto no módulo de elasticidade quanto no alongamento até a ruptura, provavelmente devido à má interação entre linter e o compatibilizante.

Conclusão

4 CONCLUSÃO

O compósito híbrido de polietileno com reforço de linter e argila, apresentou ótima sinergia e incorporação em baixas concentrações, resultando em melhora de suas propriedades individuais, com aumento do módulo de elasticidade sem perder muita sua resistência máxima, e na presença do compatibilizante melhora ainda mais as propriedades devido sua capacidade de aumentar a adesão entre as cargas à matriz. Os resultados mostraram a gama de possibilidades envolvendo esse novo composto híbrido em aplicações industriais que exijam maior módulo de elasticidade, sem altos valores de alongamento máximo, além do valor sustentável do material estudado.

Referências

6 REFERÊNCIAS

1. Duarte, I.D.; Alexandre, E.C.B.; Lira, M.N.S.; Damasceno, I.Z.; Reinaldo, J.S.; Ito, E.N. Avaliação preliminar do comportamento mecânico de compósitos híbridos polietileno/linter de algodão/argila montmorilonita. ABPOL-NE, setembro 2018
2. Kim, J.K.; Mai, Y.W. Engineered interfaces in fiber reinforced composites. Amsterdam: Elsevier, 1998.
3. Eichhorn, S.J.; Dufresne, A.; Aranguren, M.; Marcovich, N.E.; Capadona, J.R.; Rowan, S.J.; Weder, C.; Thielemans, W.; Roman, M.; Renneckar, S.; Gindl, W.; Veigel, S.; Keckes, J.; Yano, H.; Abe, K.; Nogi, M.; Nakagaito, A.N.; Mangalam, A.; Simonsen, J.; Benight, A.S.; Bismarck, A.; Berglund, L.A.; Peijs, T. Review: current international research into celulose nanofibres and nanocomposites. *J. Mater. Sci.* 45, 1p, 2010.
4. Dittenber, D.B.; GangaRao, H.V.S. Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 43, 1419p, 2012.
5. Sczostak, A. Cotton linters: An alternative cellulosic raw material, *Macromol. Symp.* 2009, 280, 45.
6. Arndt, A.; Sandrin, B.M.; Balderr, P.S.; Tavares, M.I.B.; Meier, M.M.; Pezzin, A.P. *T. Matéria*, 2017, 22.
7. Brito, G.F.; Oliveira, A.D.; Araújo, E.M.; Melo, T.J.A.; Barbosa, R.; Ito, E.N. *Polímeros*. 2008, 18, 170

8. Gopakumar, T.G.; Lee, J.A.; Kontopoulou, M.; Parent, J.S. Influence of clay exfoliation on the physical properties of montmorillonite/polyethylene composites. *Polymer* 2002;43:5483–91
9. Oliveira, H.N.; Mulinari, D.R. Avaliação do uso de agente compatibilizante em compósitos poliméricos. *Cadernos UniFOA*, Junho 2014
10. Gururaja, M.N; Hari Rao, A.N. A review on recent applications and future prospectus of hybrid composites. *Int. J. Soft. Comput. Eng.* 1, 352p, 2012.
11. Hossen, M.F.; Hamdan, S.; Rahman, M.R.; Rahman, M.M.; Liew, F.K.; Lai, J.C. *Fibers Polym.* 2015, 16,479
12. Jawaid, M.; Qaiss, A.K.; Bouhfid, R. *Nanoclay Reinforced Polymer Composites: Natural fibre/nanoclay hibrid composites*. Singapore. Springer Science, 2016, 301p.

Anexos

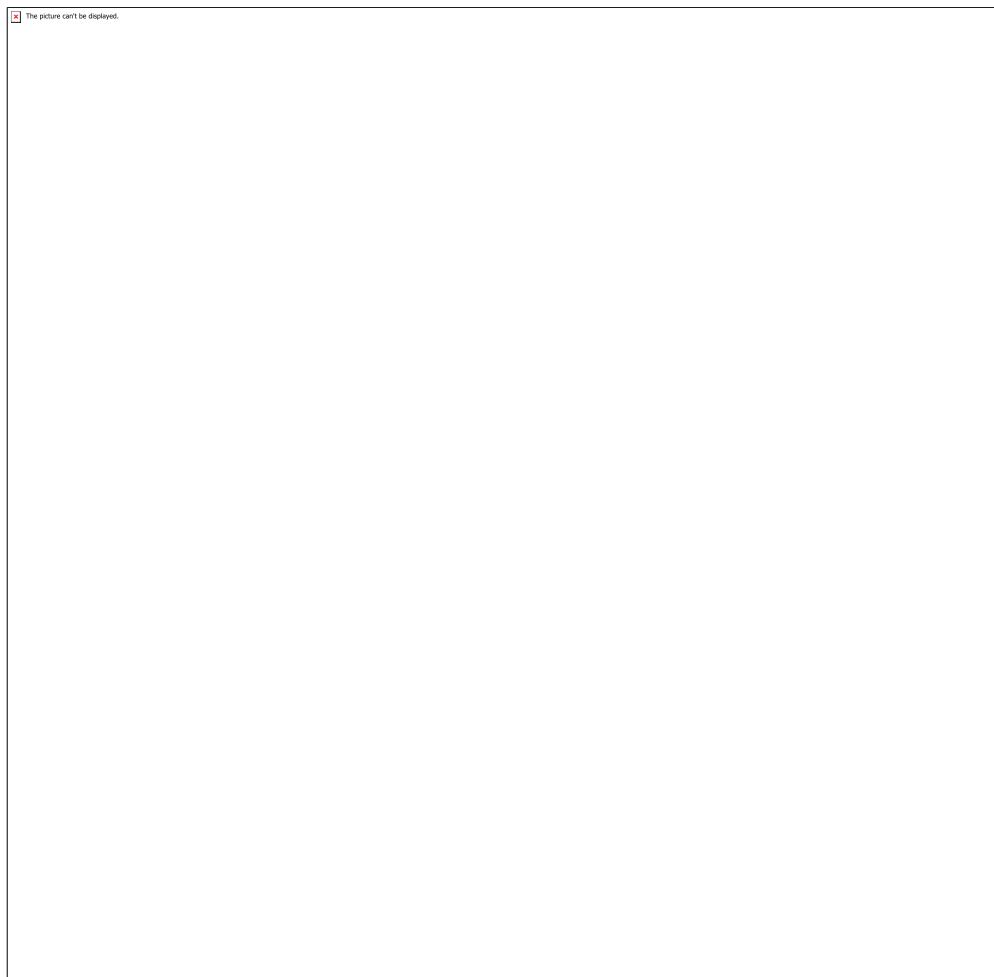


Tabela 1 – Formulações dos compósitos poliméricos.

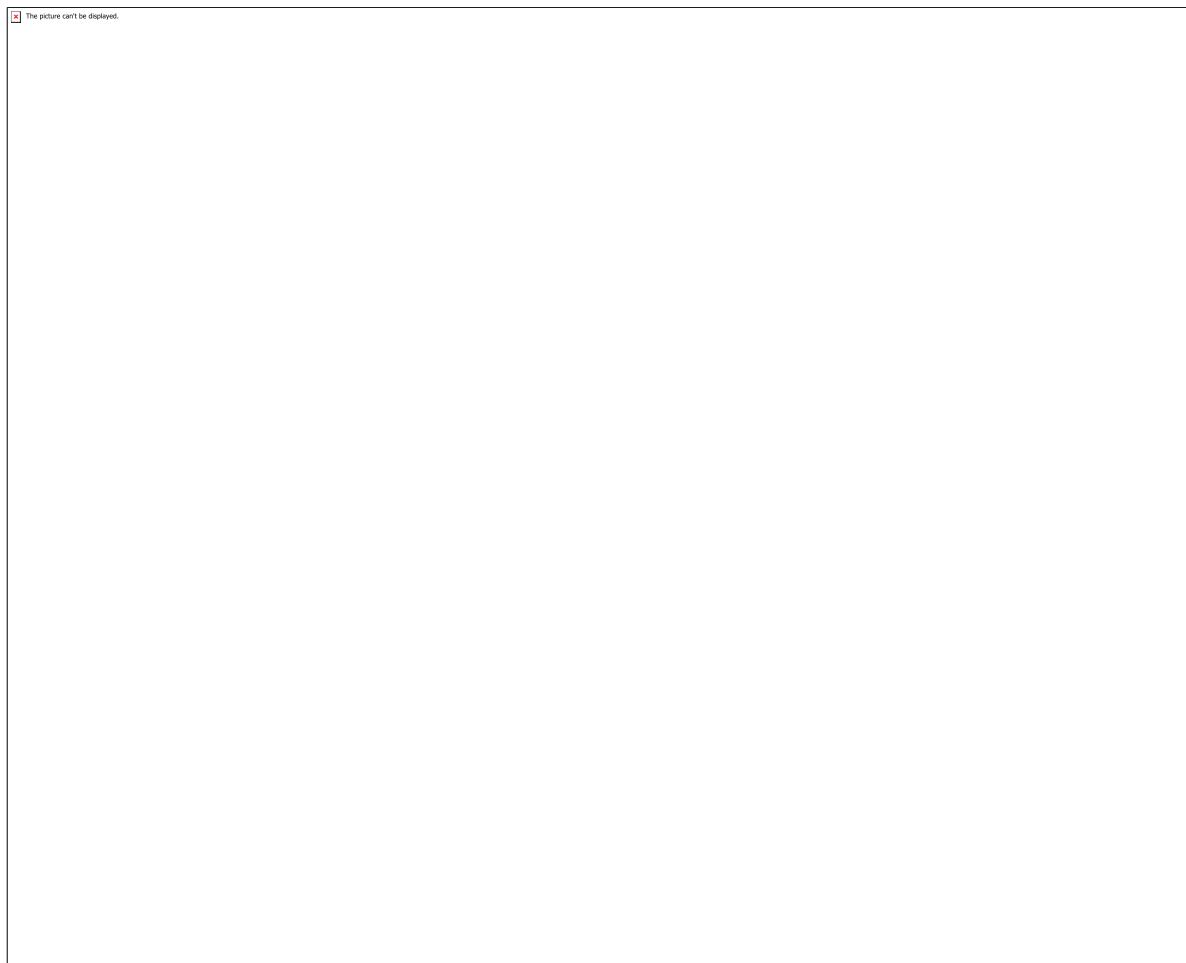


Figura 2 – Alongamento na ruptura dos polímeros puros e dos compósitos poliméricos.

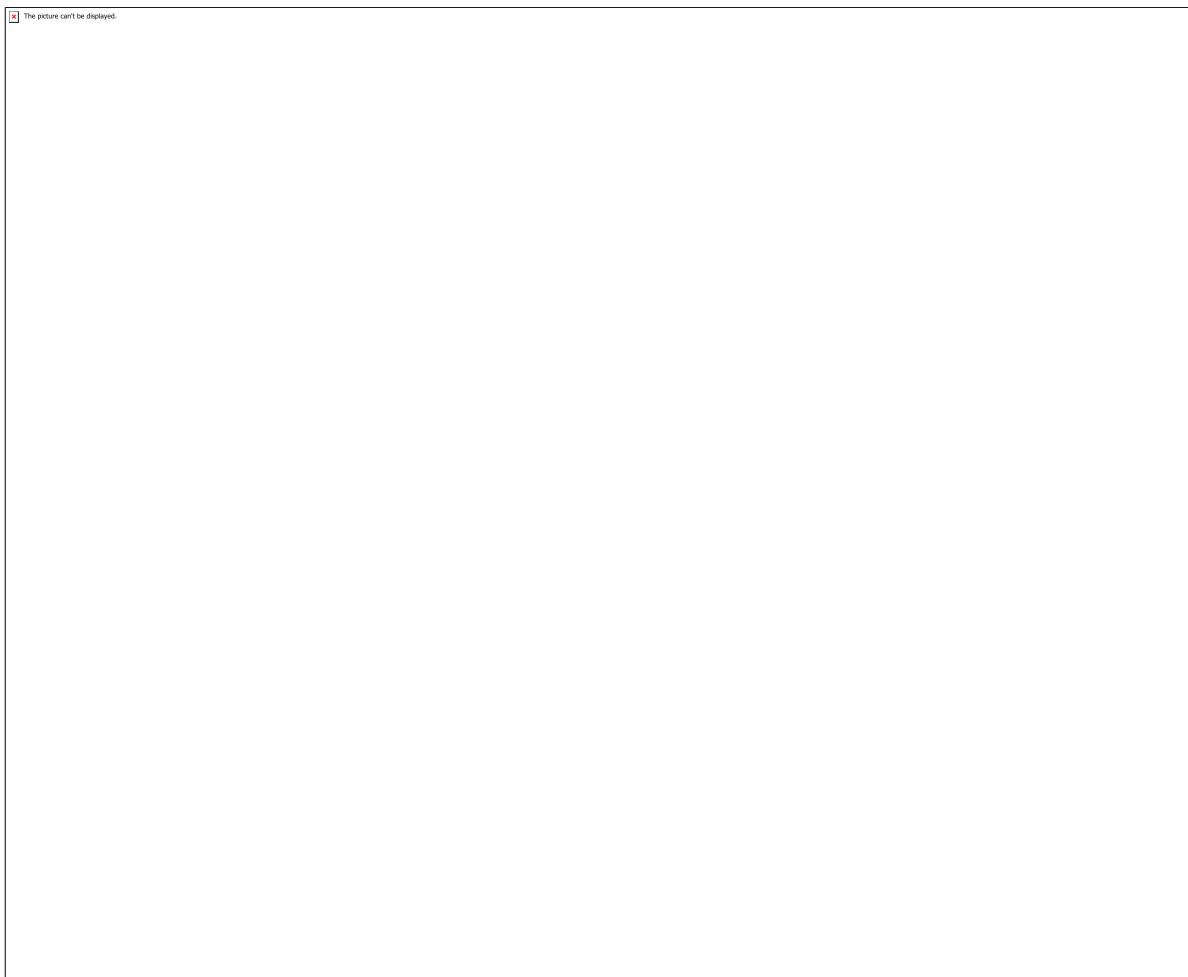


Figura 3 – Módulo de elasticidade dos polímeros puros e dos compósitos poliméricos.

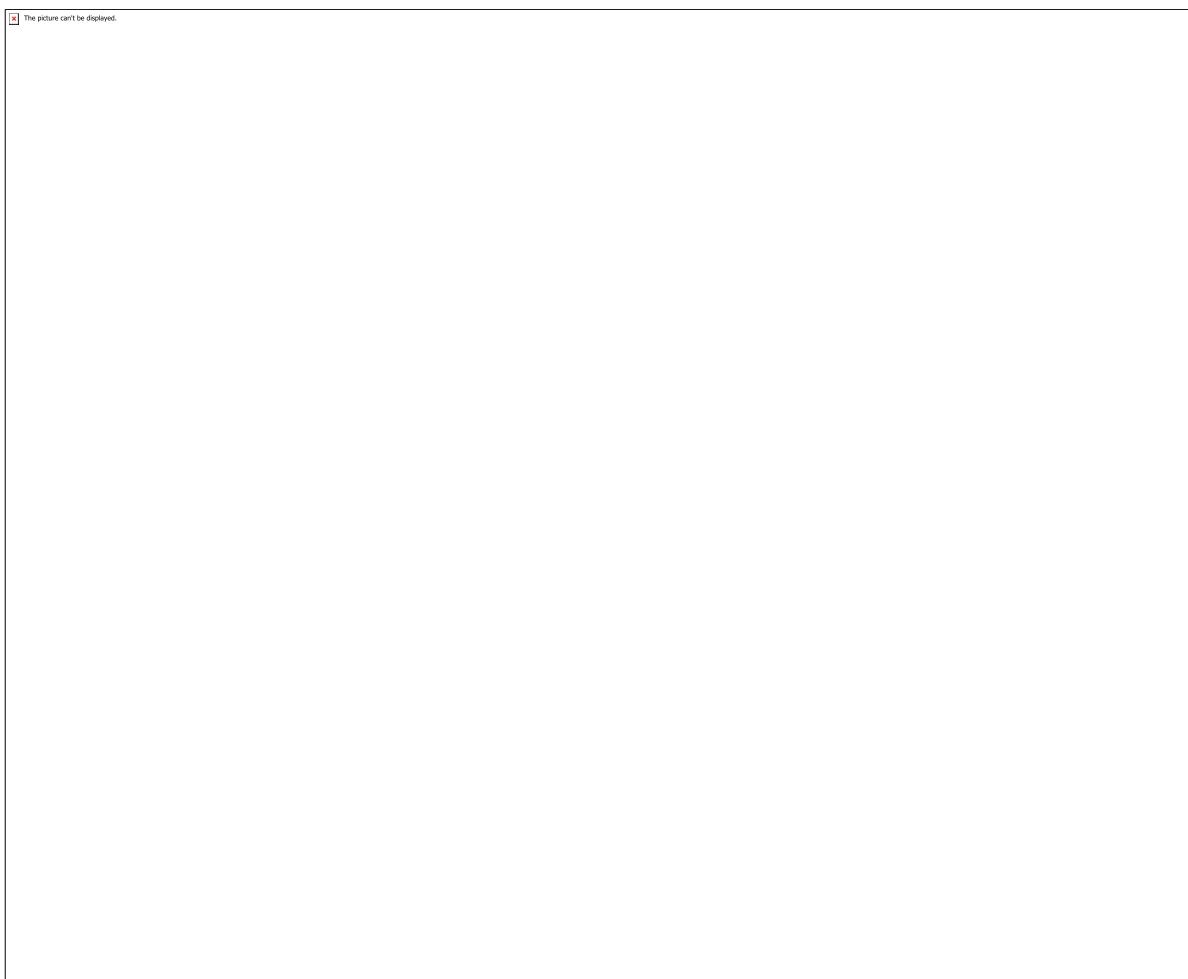


Figura 4 – Resistência máxima dos polímeros puros e dos compósitos poliméricos.

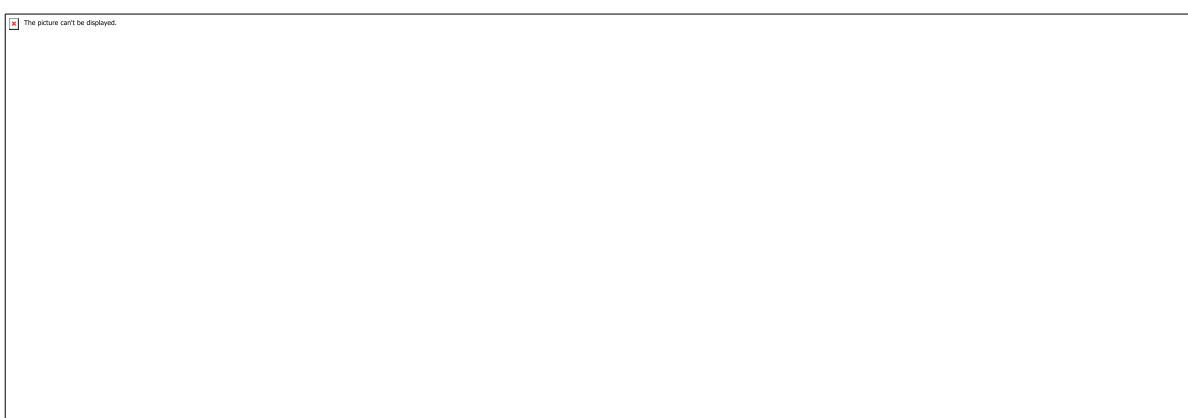


Figura 5 – Fotomicrografias do compósito PE com 5% linter obtidas por MEV. a) sem compatibilizante. b) com compatibilizante PE-g-MAH.

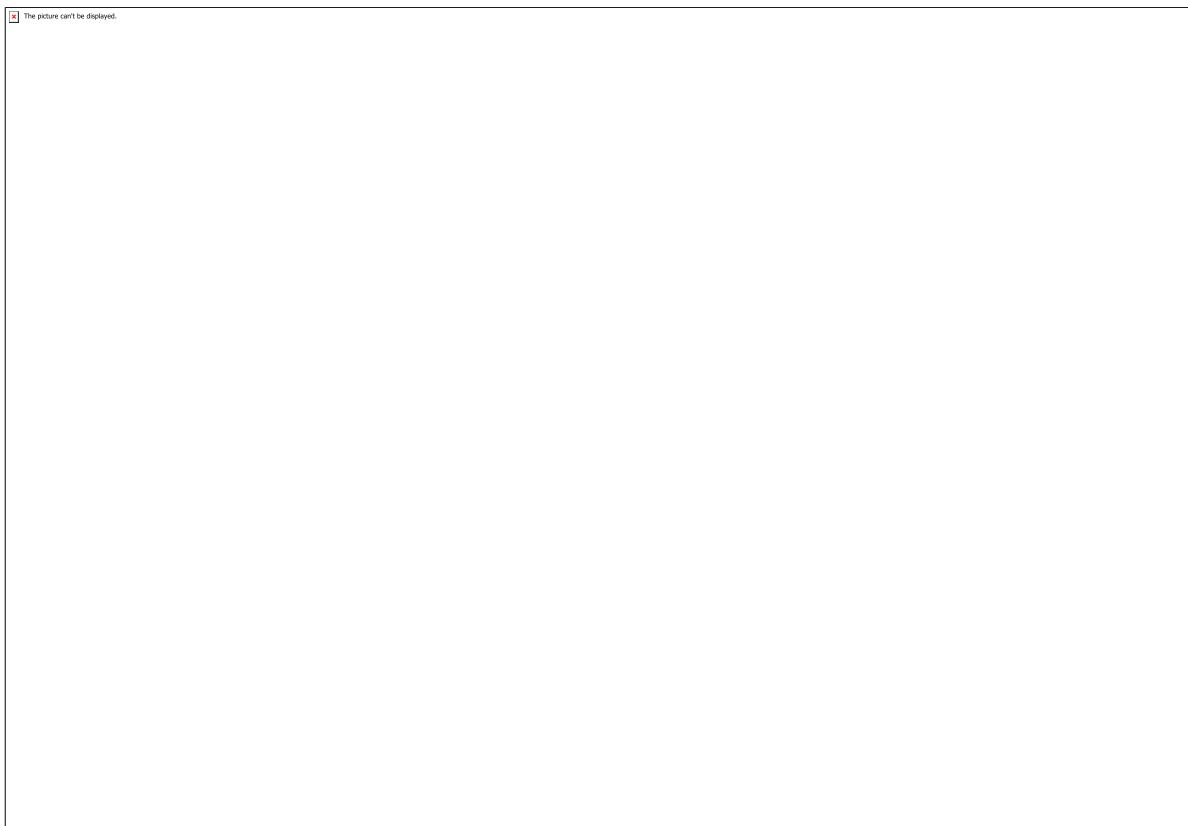


Figura 6 – Fotomicrografias do compósito PE com 5% de argila MMT obtidas por MEV. Sem compatibilizante a) com ampliação de 100x. b) com ampliação de 1000x. e

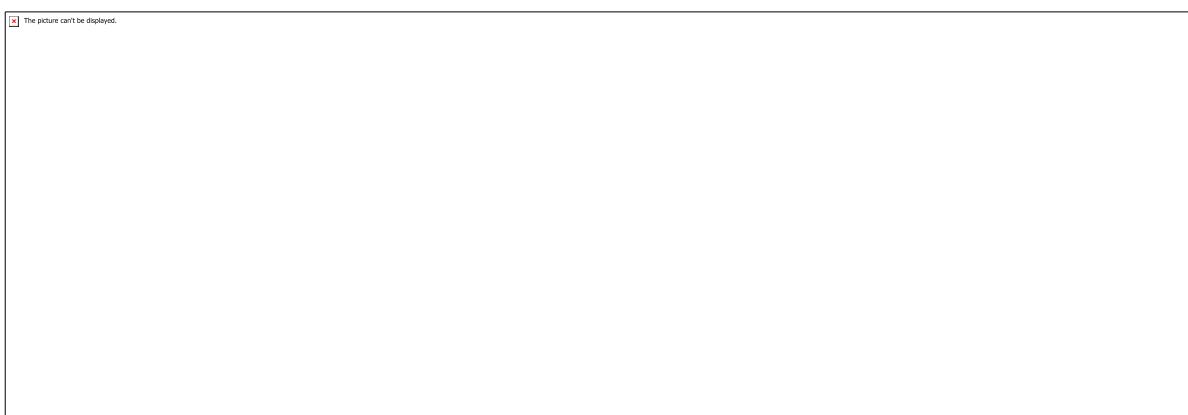


Figura 7 –Morfologias do compósito híbrido de PE com 5% linter, 5% de argila MMT e compatibilizante. a) com ampliação de 50x. b) com ampliação de 2000x.

CÓDIGO: ET0217

AUTOR: ISAC DE LIMA FELICIANO

ORIENTADOR: JOSE PATROCINIO DA SILVA

TÍTULO: Desenvolvimento de antenas imersas em substratos dielétricos cerâmicos para aplicação em aeronaves

Resumo

Ao longo do trabalho, são propostos novos projetos de antenas planares de microfita com a utilização de substratos metamateriais e PBG. O termo metamaterial é aplicado para definir uma nova classe de materiais artificiais. No caso em estudo, fez-se uso de arranjos de ressoadores de anel partido feitos em cobre e imersos no substrato da antena. Foram testados dois tipos diferentes de células dos anéis em arranjos 4x4. Dos modelos de células utilizados nos arranjos, um apresenta-se como um clássico na literatura e o outro foi proposto e testado, a fim de se confirmar se seu comportamento seria como o esperado de um metamaterial, pelo método de simulação de onda completa utilizando-se de um programa feito em Mat-Lab. Além do uso de substratos metamateriais, também foi aplicado aos protótipos de antenas simulados um PBG, que consiste na presença de furos no substrato em arranjo periódico. Todas as modificações propostas foram aplicadas em uma antena padrão de microfita projetada para a freqüência de 5.725GHz, a fim de se obter melhorias em seu ganho, perda de retorno, e obter-se uma antena multibanda, capaz de operar em várias faixas de freqüência. Esses protótipos de antenas são interessantes, pois se enquadram no objetivo da ONU para 2030 de fomentar a inovação, visto que no mundo atual tudo está conectado. Por isso, as antenas cumprem um papel fundamental para o desenvolvimento tecnológico e acessível para todos.

Palavras-chave: Antena de Microfita, Metamateriais, Anéis ressoadores, PBG

TITLE: Microstrip Antenna Design with Metamaterial Substrates with Arrangement of Split-Ring Resonators and PBG.

Abstract

Throughout the work, new designs of planar microphyte antennas are proposed using metamaterial substrates and PBG. The term metamaterial is applied to define a new class of artificial materials. In the case under study, arrangements of copper broken ring resonators immersed in the antenna substrate were used. Two different cell types, ring, were tested in 4x4 arrangements. Of the cell models used in the arrangements, one presents itself as a classic in the literature and the other was proposed and tested to confirm if its behavior would be as expected of a metamaterial by the full wave simulation method using from a program made in Mat-Lab. In addition to the use of metamaterial substrates, a PBG was also applied to the simulated antenna prototypes, which consists of the presence of holes in the substrate in periodic arrangement. All of the proposed modifications were applied to a standard micro-antenna antenna designed for the 5.725GHz frequency to improve gain, return loss, and a multiband antenna capable of operating over multiple frequency ranges.. These prototype antennas are interesting because they fit the UN's 2030 goal of fostering innovation, as in today's world everything

is connected. This is why antennas play a key role in technological development and are accessible to all.

Keywords: Microstrip Antenna, Metamaterials, Split-Ring Resonators, PBG

Introdução

Devido à alta conectividade do mundo de hoje, as comunicações sem fio experimentam um crescimento vertiginoso nos últimos anos. A necessidade de uma extensa largura de banda para suportar uma alta capacidade de demandada, a existência de várias freqüências de operação delimitadas e a necessidade de dispositivos cada vez mais compactos, levam os sistemas de comunicação sem fio a buscarem constantes avanços com objetivo de melhorar a sua performance [1]. As antenas de microfita apresentam uma grande facilidade para serem projetadas e fabricadas. Além disso, vêm sendo objeto de estudo em varias pesquisas devido as suas inúmeras vantagens, tais como: baixo peso, baixo custo de confecção, são fáceis de fabricar e podem ser feitas em circuitos impressos, podendo ser aplicadas em diversas áreas [2]. Entretanto, apesar dessas vantagens, as antenas de microfita possuem desvantagens que dificultam sua utilização. Dentre elas, pode-se citar o baixo ganho e estreita largura de banda, características que as tornam inconvenientes para algumas aplicações específicas. De modo a resolver, ou pelo menos diminuir, as desvantagens das antenas de microfita, muitas técnicas vêm sendo desenvolvidas, sendo essas os principais objetos de pesquisas com esse tipo de dispositivo. Em [3], o uso de PBG é aplicado, a fim de se obter melhorias na largura de banda das antenas, em seu casamento, como também em seu ganho. O PBG consiste em adicionar-se furos ao substrato de uma antena, em um arranjo periódico, movendo-se a freqüência de ressonância da antena para a direita devido a presença de ar no substrato o que modifica sua permissividade efetiva. Outra técnica que vem sendo aplicada ao substrato das antenas é a substituição dos materiais dielétricos convencionais por metamateriais, em sua composição. Os metamateriais são uma nova classe de materiais que consistem em se inserir, no substrato dielétrico, materiais condutores como o cobre [4]. Assim, observa-se uma mudança no modo como o campo magnético é incidido através da antena, o que gera mudanças nas freqüências de ressonância e no ganho da antena [4]. Em [5], utiliza-se células de Split-Ring Ressonator (SRR) padrão em arranjo 4x4 e 6x6, para se obter um substrato metamaterial para uma antena projetada para a freqüência de operação de 5.725 GHz. Com isso, observa-se que a antena se torna multibanda, e também apresenta incremento no seu ganho. Tendo em vista o que foi apresentado, o presente trabalho propõe-se a, utilizando-se de uma antena padrão projetada para 5.725 GHz, testar-se, em uma estrutura padrão de SRR em arranjo 4x4, o uso de PBG e seu efeito no desempenho da antena. Além disso, foi proposta uma nova estrutura de célula SRR, que foi testada pelo método computacional descrito em [6], a fim de se verificar se seu comportamento seria o esperado para um metamaterial. Com isso, foram feitos dois protótipos de antenas em arranjos 4x4 das células, com e sem PBG, para que se possa comparar todos os resultados obtidos. A comparação dos resultados desses protótipos tem por objetivo se obter antenas multibanda, com ganho e largura de banda elevados que possam ser aplicadas nas mais diversas áreas.

Metodologia

Para o dimensionamento da antena, foi utilizado o Método da Linha de Transmissão (LT) [7]. E os resultados foram obtidos por meio de simulações utilizando um modelo computacional baseado no método de elementos finitos (MEF). Esse método consiste em um modelo aproximado, mas é o suficiente para os objetivos desse estudo. O

material utilizado na antena padrão foi o FR4-Epoxi, como do substrato, com permissividade dielétrica relativa (ϵ_r) igual a 4,4. A largura do substrato (W) foi dimensionada igual a 28 mm, seu comprimento (L) 28 mm e a altura (h) escolhida foi de 3,1 mm. O material condutor que constitui plano de terra é o cobre e suas dimensões de largura e comprimento são às mesmas do substrato e espessura de apenas 0,017 mm. Para o elemento radiante (patch), o material também é o cobre de formato retangular e mesma espessura do plano de terra. A largura (Wo) do patch é de 16 mm e comprimento (Lo) de 11 mm. Para linha de alimentação o comprimento (g) foi 6.87 mm e largura (m) de 2.3 mm. A Fig. 1 mostra a estrutura usada como antena padrão nas dimensões mencionadas. Com base na antena padrão, foram propostos quatro protótipos de antenas, utilizando-se dois tipos de arranjos SRR 4x4, chamados aqui de tipo 1 e tipo 2. O tipo 1 apresenta anéis quadrados e é mais comumente visto na literatura [8]. Já o tipo 2 foi proposto durante o estudo, a fim de se averiguar sua eficiência nas antenas. Sobre os protótipos, os dois primeiros apresentam apenas o substrato metamaterial, com os dois tipos de SRR em estudo. Nos outros dois é acrescido um arranjo PBG ao substrato metamaterial, de modo que seja possível observar os efeitos dessa técnica nessa nova classe de materiais. O SRR tipo 1 pode ser visto na Fig. 02, onde os valores dos tamanhos são: "a" = 5.75 mm; "b" = 3.25 mm; "c" = 1 mm; "d" = 0.75 mm; e "f" = 1 mm. Vale ressaltar que o arranjo com as células está imerso no substrato, em cinza, na metade de sua altura. O SRR tipo 2 pode ser visto na Figura 03, onde: "a2" = 5.5 mm; "c2" = 0.75 mm; "f2" = 1 mm; "Ri" = 1.375 mm; e "Ro" = 1.875 mm. Essa estrutura apresenta como diferencial o anel interno circular, e foi proposta durante o estudo. O arranjo PBG aplicado nos dois tipos de metamateriais estudados pode ser visto na Fig. 04 em sua vista superior, onde: "RL" = 4.49 mm, e "RX" = 6.5 mm. O raio de cada furo é de 0.625 mm, e sua altura é de 3.1 mm, percorrendo todo o substrato. O arranjo dos furos é periódico, sendo o mesmo para os dois tipos de metamateriais. Na Fig. 05, observa-se a vista lateral do substrato, onde se percebe que os furos o atravessam, deixando as células de cobre intactas no centro.

Resultados e Discussões

Para todas as configurações da antena, padrão e configurações propostas no capítulo anterior, foram feitas simulações utilizando um software comercial, com o objetivo de se obter os valores de perda de retorno em função da frequência, largura de banda, diagrama de radiação e ganho. A Fig. 6 mostra a perda de retorno, parâmetro S11, para todas as configurações analisadas. Nela, observa-se que a presença de um substrato metamaterial permite que a antena ressoe em várias frequências exatamente como se esperava. Também se observa que a largura de banda do metamaterial tipo 2 é ligeiramente maior, portanto evidenciando a eficácia do modelo proposto. Na Tabela 01, observam-se três faixas de freqüências onde as antenas ressoaram com suas respectivas perdas de retorno e largura de banda. O ganho e o diagrama de radiação das antenas estudadas podem ser visto nas Figs. 7, 8, 9, 10 e 11. Observando-se as figuras, fica evidenciado uma leve diminuição no ganho das antenas se comparado com padrão. Porém o arranjo SRR tipo 2 apresentou uma redução menor no ganho, quando em um arranjo 4x4.

Conclusão

Nesse trabalho, foi dimensionada uma antena de microfita com patch para operar numa frequência de 5.725 GHz. Em seguida, o material do substrato foi substituído por duas estruturas de metamateriais diferentes com arranjos SRR 4x4. Além disso, aos substratos de metamaterial foi aplicado um arranjo PBG. Com isso, observou-se o

surgimento de novas frequências de operação. Isso permite que a antena possa ser usada em diversas faixas registradas de freqüência, além de permitir a miniaturização da antena, uma vez que algumas faixas de operação que surgiram estava abaixo da freqüência para qual a antena padrão foi projetada. Espera-se dar continuidade ao estudo testando-se diferentes tipos e arranjo SRR, com maior quantidade de células unitárias. Além disso, espera-se construir os protótipos simulados, para que seja possível confirmar os resultados obtidos.

Referências

- [1] J. P. P. Pereira, J. P. da Silva, and H. D. de Andrade, "A New Design and Analysis of a Hexagonal PBG Microstrip Antenna", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 57, No. 9, September 2015, pp. 2147-2151. [2] N. Sghaier, L. Latrach, N. Sboui, A. Gharsallah, and A. Gharbi, "Modelling the Interaction between the Antenna and the Human Head by the Technique of Artificial Neural Network", *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 8, No. 3, Jan 2015. [3] J.F. Almeida and C. L. da S. S. Sobrinho, "Influência do Posicionamento de uma Estrutura PBG sobre a Largura de Banda de uma Antena de Microfita", *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 2, No. 1, march 2004, pp. 25-30. [4] Smith D. R., Vier D. C., Koschny Th. and Soukoulis C. M. "Electromagnetic parameter retrieval from inhomogeneous metamaterials", *Physical Review E – Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, v. 71, no. 3, 2005. [5] H. C. C. FERNANDES e M. do B. L. de AQUINO. "Antenas de Microfita com Metamateriais", artigo, Departamento de Engenharia Elétrica, UFRN, doi: 59.078-970 [6] Numan A. B. and Sharawi M. S. "Extraction of material parameters for metamaterials using a full-wave simulator", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, v. 55, no. 5, pp. 202-211, October 2013. [7] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, 3rd ed, Wiley-Interscience, New Jersey, 2005, pp. 816-826. [8] D.R. Smith, J.B. Pendry, and M.C.K. Wiltshire, *Metamaterials and negative refraction index*, *Science* 305 (2004), 788–792.

Anexos

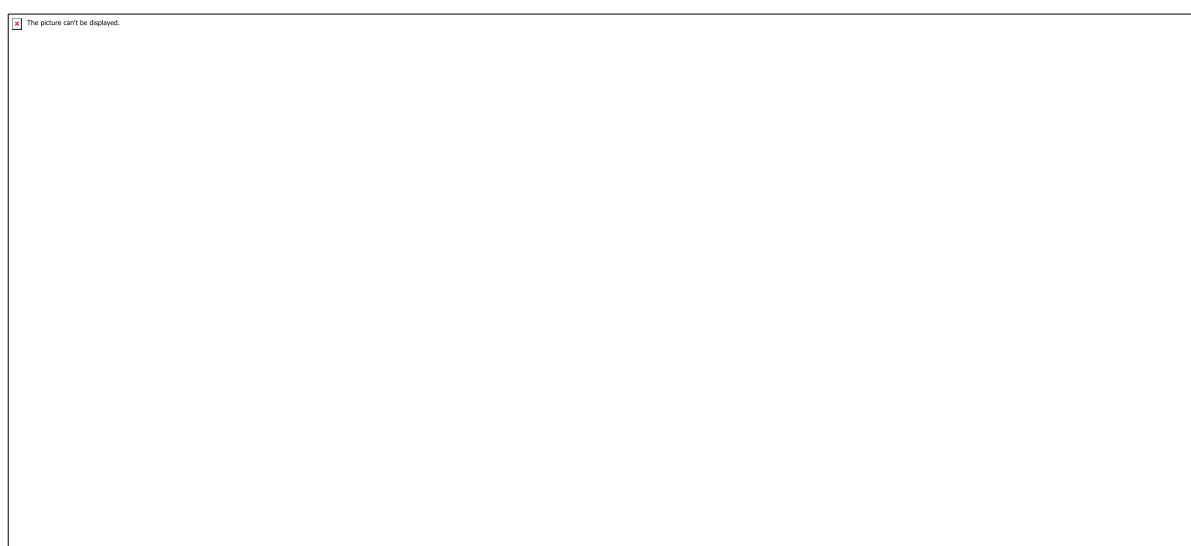


Fig. 1. Antena de microfita de referência (modelo padrão)

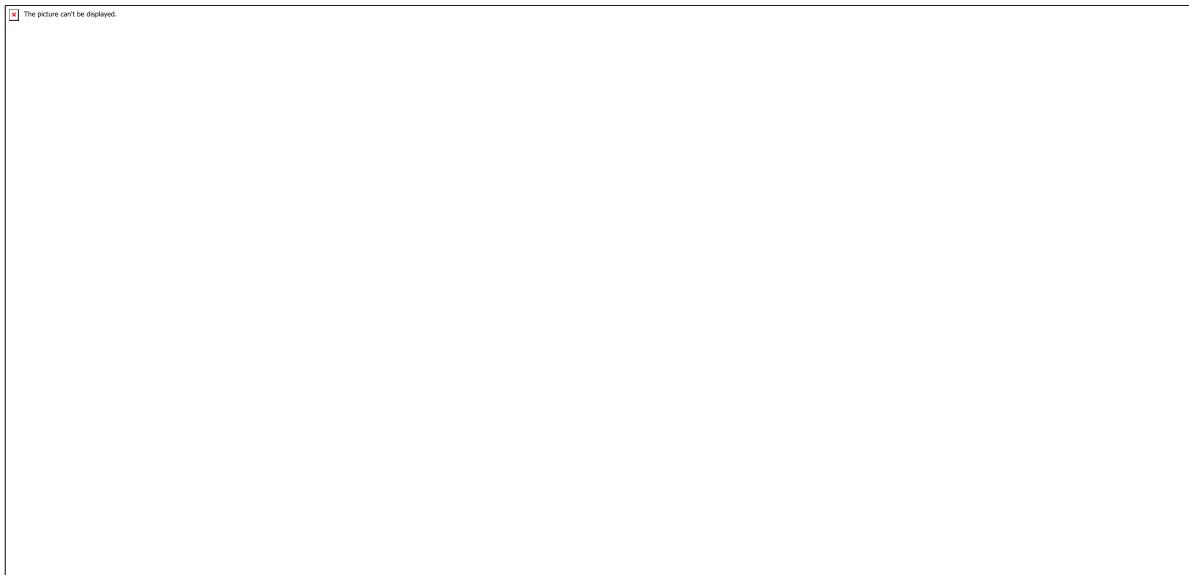


Fig. 2. Antena protótipo em arranjo 4x4 com SRR tipo1

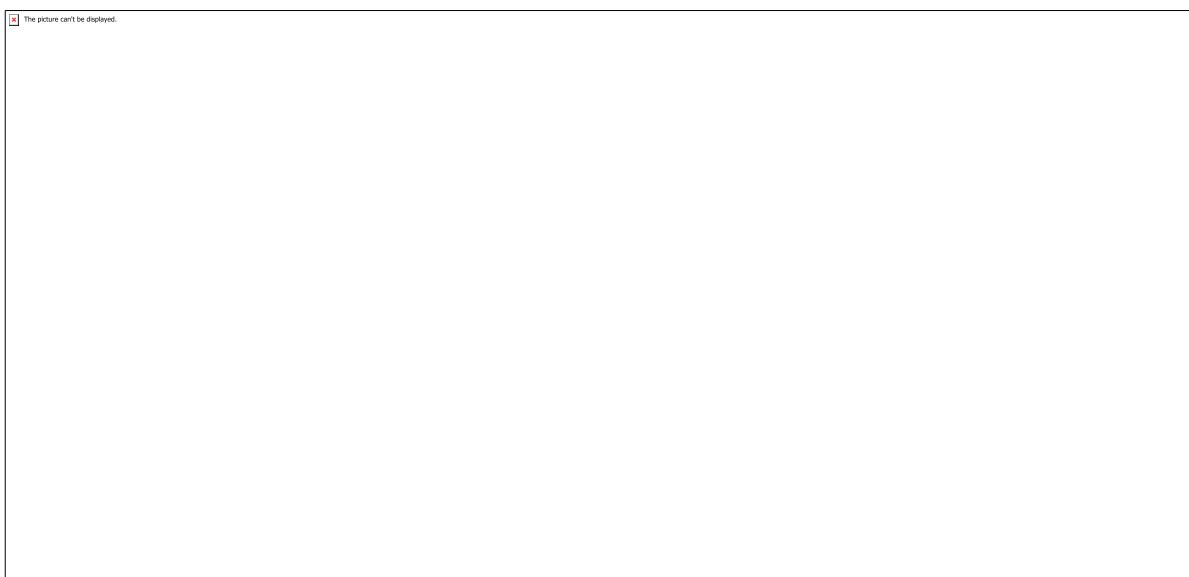


Fig. 3. Antena protótipo em arranjo 4x4 com SRR tipo2

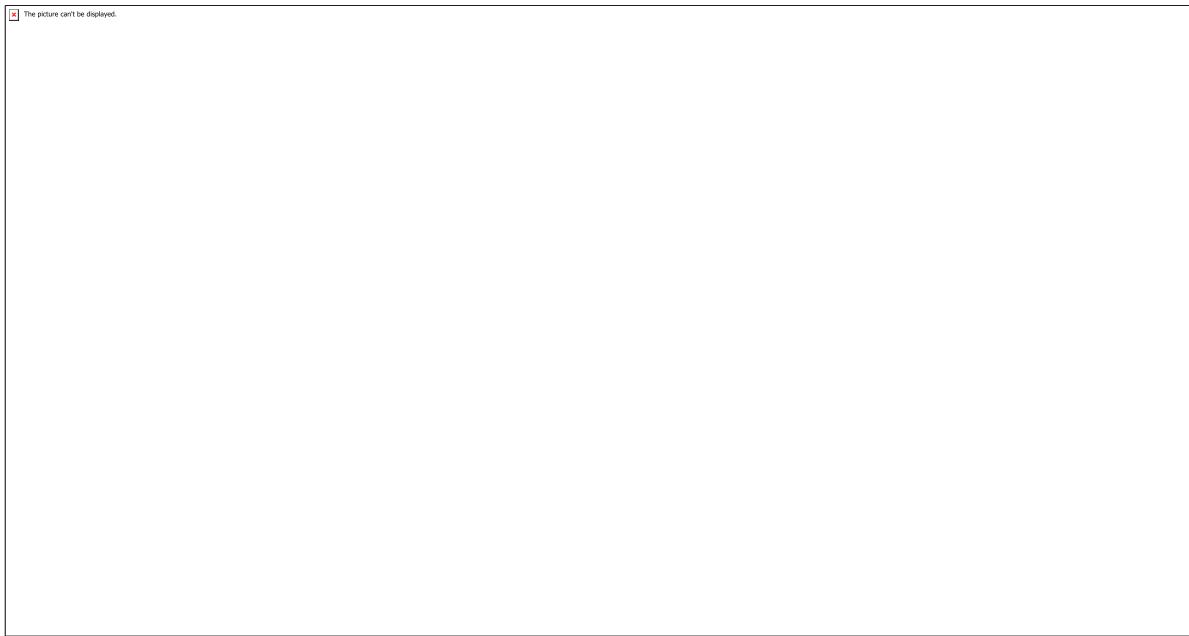


Fig. 4. Arranjo PBG vista superior

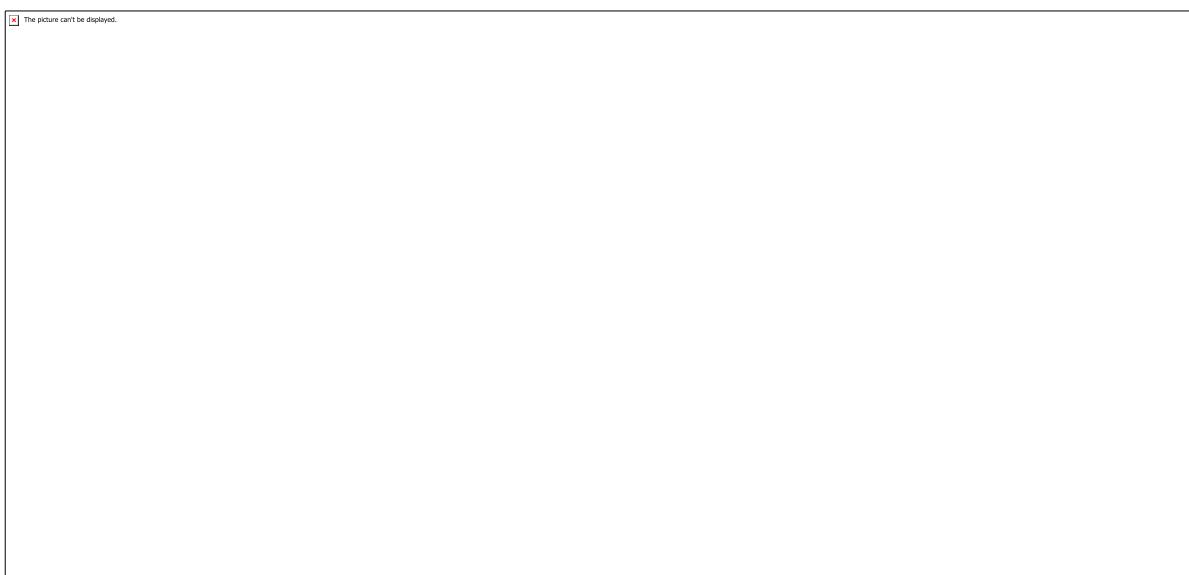


Fig. 5. Vista Lateral do substrato com arranjo PBG

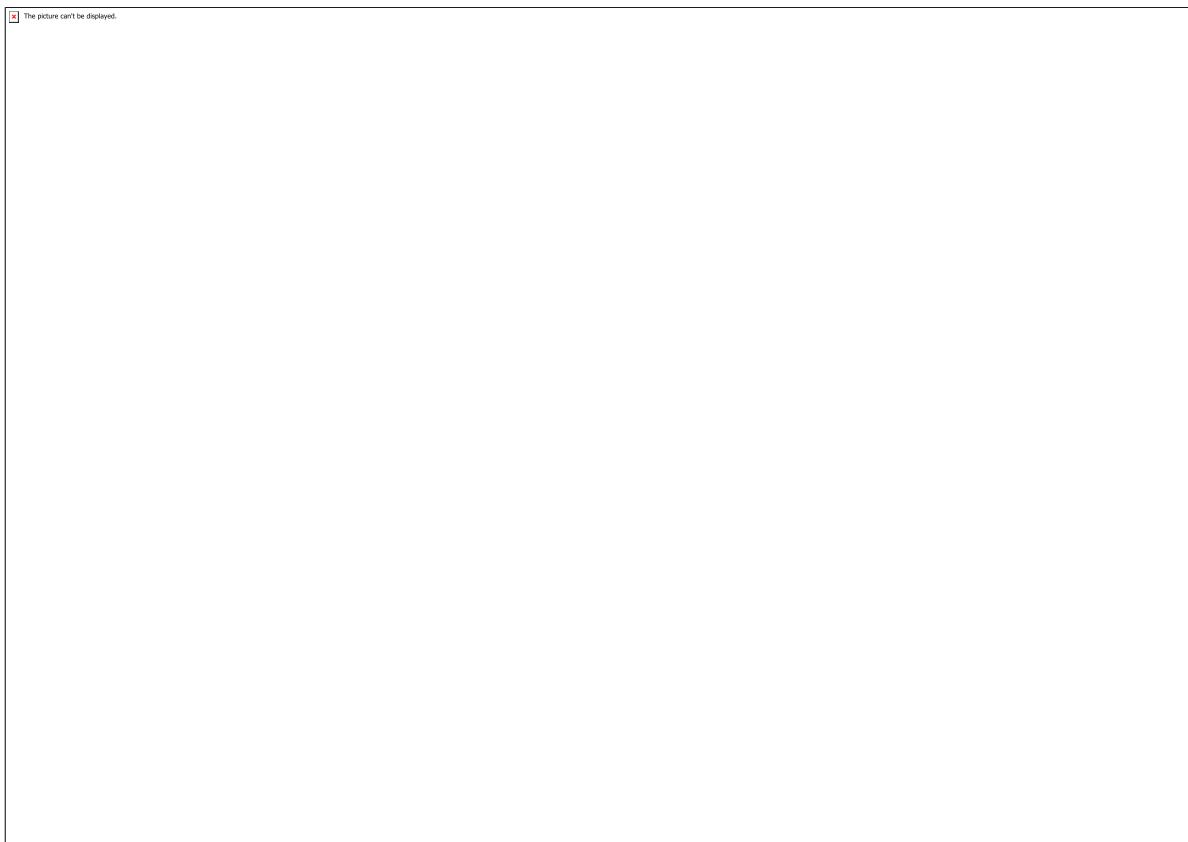


Fig. 6. Perda de Retorno

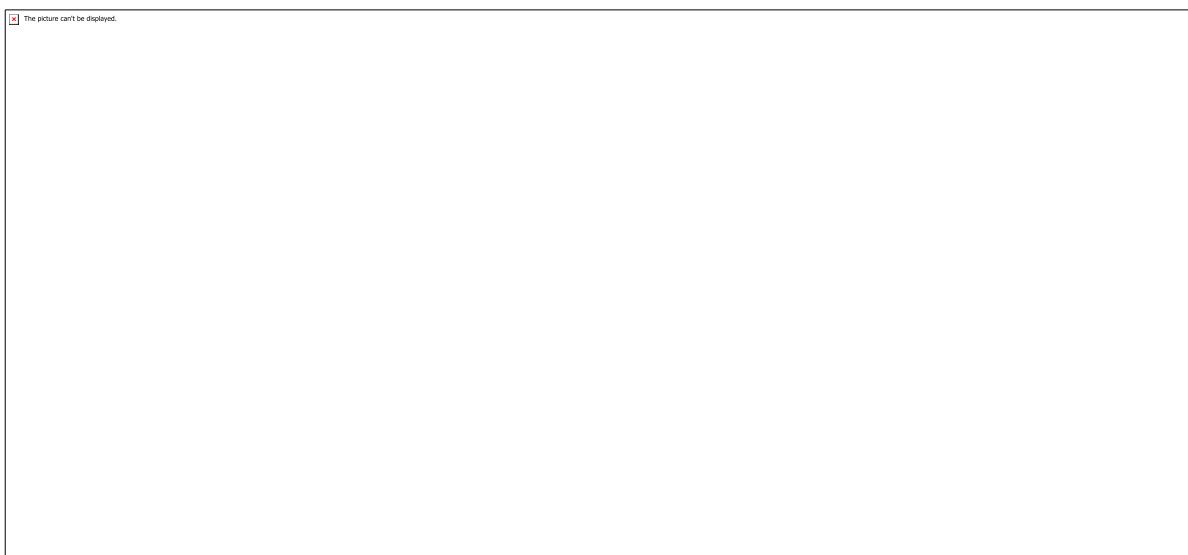


Fig. 7. Diagrama de radiação e ganho Antena Padrão

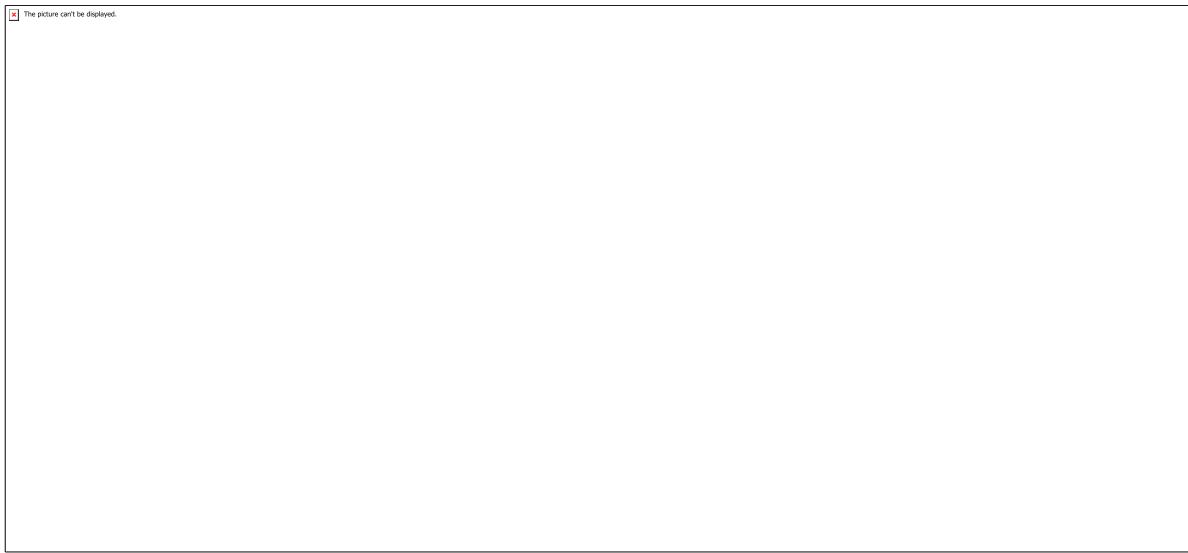


Fig. 8. Diagrama de radiação e ganho Antena SRR tipo 1

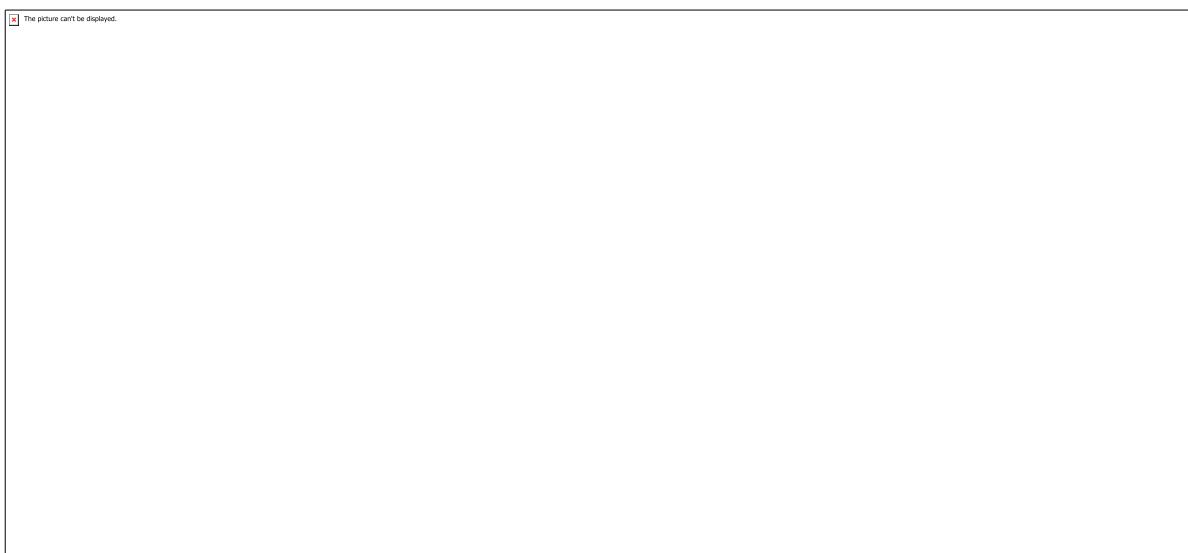


Fig. 9. Diagrama de radiação e ganho Antena SRR tipo 2

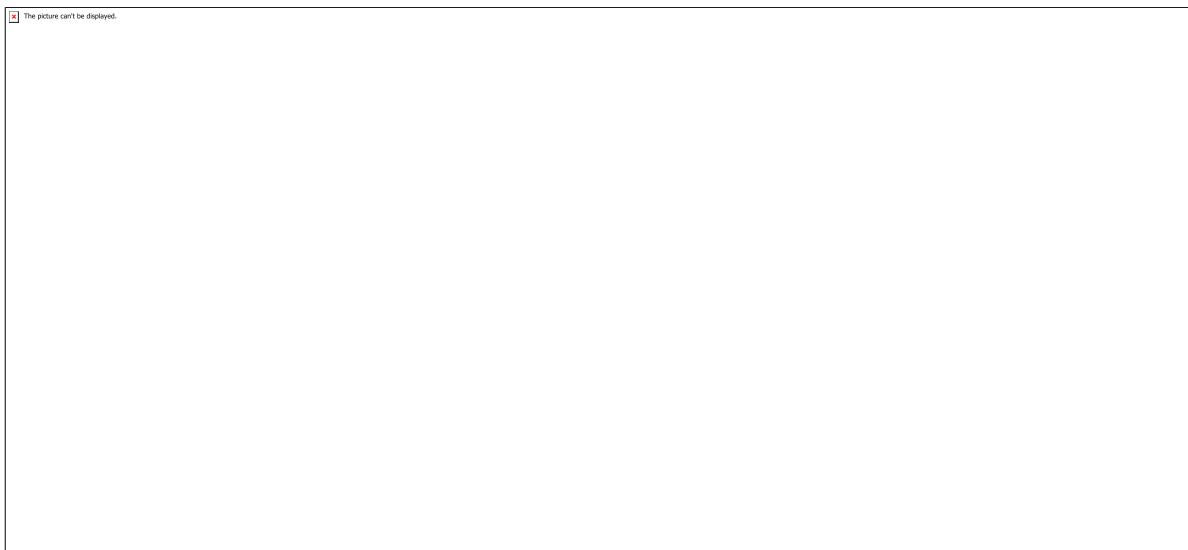


Fig. 10. Diagrama de radiação e ganho Antena SRR tipo 1 PBG

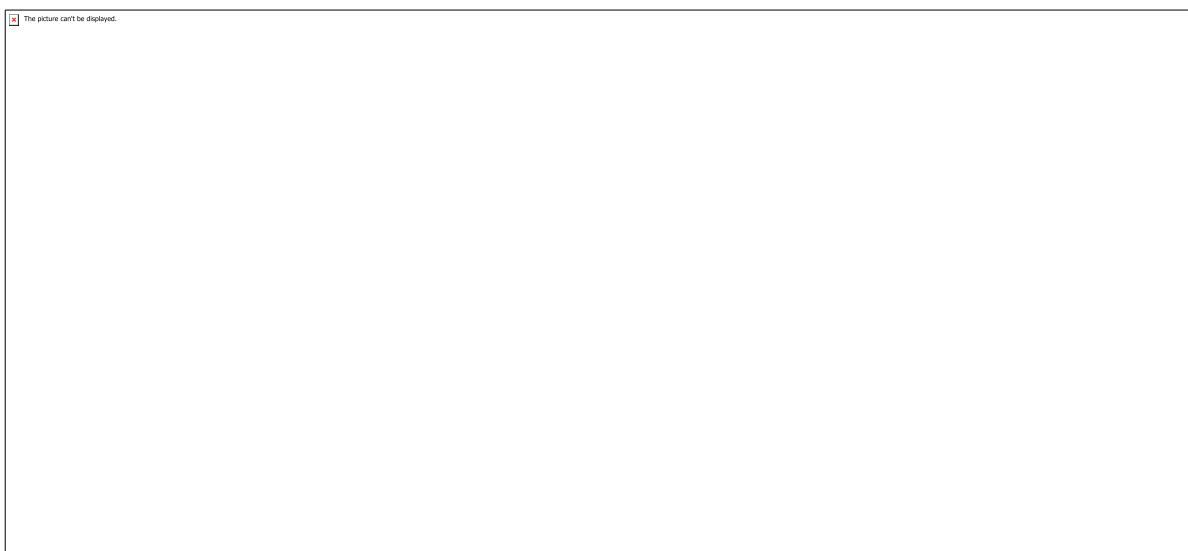


Fig. 11. Diagrama de radiação e ganho Antena SRR tipo 2 PBG

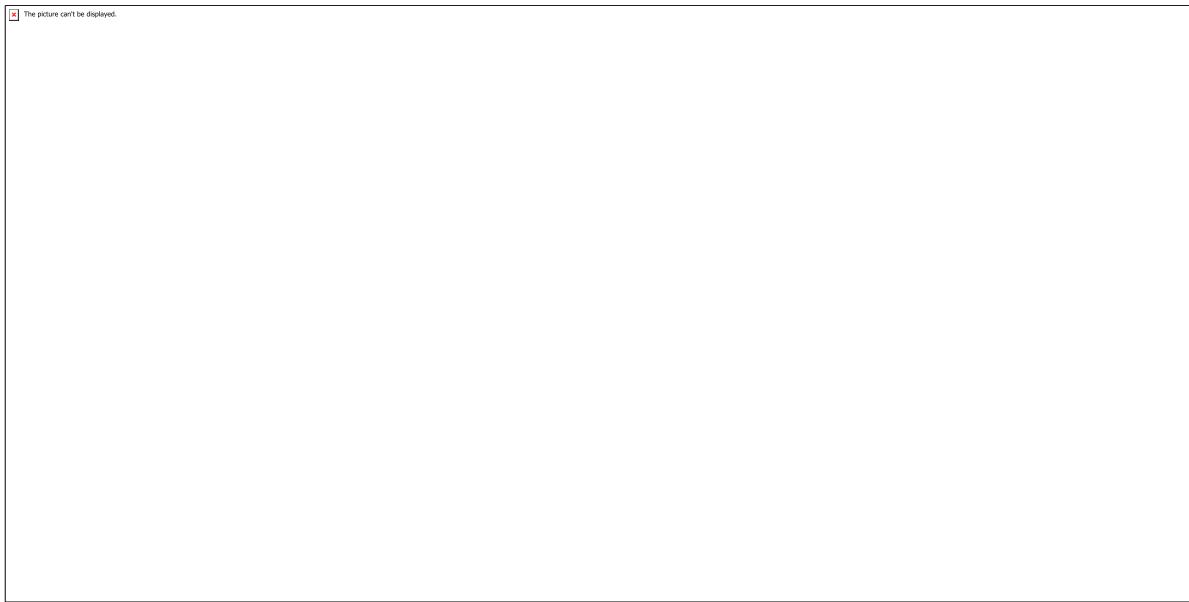


Tabela 01- Dados S11

CÓDIGO: ET0241

AUTOR: VICTOR MOURA DE BRITTO

ORIENTADOR: MARCOS ANTONIO DIAS DE ALMEIDA

TÍTULO: Implementação de Funções de Proteção de Sistemas Elétricos em um Controlador Digital de Sinais (dsPIC) para Acionamento de um Dispositivo de Seccionamento Automático de Circuitos de Baixa Tensão (BT)

Resumo

O trabalho em questão consiste em um quadro de energia residencial micro controlado em baixa tensão. Dessa forma, atua realizando o monitoramento de certas grandezas elétricas e ainda a proteção dos circuitos. O processamento dos dados e amostras acontece por meio de um Controlador Digital de Sinais (dsPIC) da Microchip, que por sua vez, julgando necessário, envia sinais a fim de acionar dispositivos e chaves para seccionar o circuito. Sendo assim, o projeto visa um maior controle e consequente uso inteligente da energia elétrica aliado à segurança, tanto de seres vivos quanto da própria instalação.

Palavras-chave: Proteção. Baixa Tensão. Sistemas Embarcados. dsPIC.

TITLE: Implementation of Protection Functions of Electrical Systems in a Digital Signal Controller (dsPIC) for Activation of an Automatic Switching Device in Low Voltage Circuits (LV).

Abstract

This project consists of a residential microcontrolled energy framework in low voltage. Thus, it performs the monitoring of certain electrical quantities and the protection of circuits. The processing of datas and samples is performed by the Microchip's Digital Signal Controller (dsPIC), which, if necessary, sends singnals to switching devices to turn off the circuits. So, the project aims a greater control and consequent intelligent use of electricity, allied to the safety of both living beings and the electrical installation itself.

Keywords: Protection. Low Voltage. Embedded Systems. dsPIC.

Introdução

A energia elétrica está cada vez mais inserida na sociedade, apresentando-se nas mais diversas tarefas e setores. A imprescindibilidade da energia elétrica e os impactos por ela causados tornaram necessárias novas fontes de recursos, além de uma busca por alternativas mais sustentáveis. Dessa forma, a diversificação da matriz energética e a aproximação do centro de geração e do consumidor vêm alterando fortemente as características de tensão e corrente da rede.

O projeto em questão é capaz de monitorar grandezas elétricas, possibilitando assim a atuação de controle e proteção de circuitos em diversos casos de anomalia ou perigo na rede. Para isso, um circuito eletrônico atua junto ao dsPIC visando digitalizar os valores amostrados e adequá-los ao dsPIC para que sejam processados.

Por fim, o uso de um dsPIC no quadro micro controlado permite ainda a implementação de funções complementares e incomuns à proteção em baixa tensão, bem como possibilita a reconfiguração rápida e eficiente dos parâmetros e níveis de atuação do sistema.

Metodologia

O projeto foi desenvolvido majoritariamente no Laboratório de Sistemas Embarcados, sala 303 do nPITI, e conta basicamente com o dsPIC, um circuito eletrônico auxiliar em protoboard, sensores, um quadro de proteção construído para essa tarefa específica, transformadores de potencial (TPs) de relação 250:7 e softwares para simulação e programação do controlador.

Na parte teoria foi necessário, antes de tudo, o estudo do próprio dsPIC. Em seguida, uma revisão de conceitos e dispositivos de análise de sistemas de potência e equipamentos de proteção, bem como de técnicas e algoritmos de processamento digital de sinais. Por fim, demandou-se um estudo prévio na análise de circuitos por meio de componentes simétricos.

Paralelamente à revisão e a busca de conhecimento teórico, realizou-se simulações dos algoritmos em MATLAB, a fim de testá-los e posteriormente reescrevê-lo em MPLAB, um software da própria microchip para programar o dsPIC.

Na parte prática utilizou-se a comunicação serial UART na própria IDE do Arduino para o monitoramento das grandezas junto ao quadro de proteção interligado ao dsPIC, eventualmente gerando anomalias na rede para o controlador realizar a proteção.

A rotina do sistema, por sua vez, pode ser dividida em três partes: (i) Pré-processamento, que inclui o sensoriamento, coleta de amostras e adequação dos níveis para o nível de trabalho do dsPIC, (ii) processamento, que inclui o tratamento dos dados pelo dsPIC, desde a digitalização e manipulação em níveis de bits, offsets e envio de comandos para atuadores e (iii) pós-processamento, o resultado da estimativa fasorial das grandezas físicas para controle e monitoramento e o consequente funcionamento adequado do sistema ou mesmo o seccionamento do circuito inteiro.

As funções de proteção foram inicialmente focadas em sobrecorrente e sobretensão, entretanto, funções como desequilíbrio de corrente, dispositivo DR e até mesmo controle de temperatura já foram adicionadas à lista.

Resultados e Discussões

Nessa secção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos, bem como problemas e impasses e respectivas sugestões e propostas futuras.

Estimação Fasorial

As grandezas elétricas mensuradas no projeto são todas modeladas por meio de fasores. Isto é, possuem um módulo e certo grau de defasamento em relação a um ângulo pré-estabelecido. A atuação de um algoritmo de estimação fasorial atua processando valores de amostras de um fasor (valores discretos) e retornando um fasor que se aproximar do original.

Diversos são os métodos de estimação fasorial, entretanto esse projeto utiliza o método da Transformada Discreta de Fourier.

Na simulação em MATLAB, foi criada uma onda senoidal de amplitude 220 e suas amostram foram jogadas no algoritmo de estimação fasorial, resultando nas formas de onda da Figura 1. Nota-se que o algoritmo leva certo tempo para estabilizar no valor real de fato, entretanto isso acontece em menos de dois ciclos.

Na parte prática, um resistor de $50\ \Omega$ foi conectado a uma tensão de 50 Vp, onde pela lei de Ohm, a corrente resultante deve possuir módulo de 1 A ou aproximado, devido a imperfeições nos materiais e equipamentos. Encontrou-se, dessa forma, o resultado presente na Figura 2.

Componentes Simétricas

Componentes Simétricas é um método desenvolvido pelo canadense Charles L. Fortescue, em 1918, no qual ele demonstra que qualquer conjunto de N fasores desequilibrados pode ser representando pela soma de N conjuntos equilibrados de fasores. Tal teorema é ainda hoje bastante utilizado para analisar sistemas trifásicos ou polifásicos desequilibrados.

Aplicando o teorema citado para um conjunto trifásico de correntes, por exemplo, têm-se as correntes de fase I_a , I_b e I_c , bem como as componentes simétricas I_1 (positiva), I_2 (negativa) e I_0 (zero). As correntes de fase se relacionam com as componentes simétricas por meio de uma matriz de transformação, como mostra a equação a seguir. Analogamente, as componentes simétricas se relacionam com as correntes de fase por meio da inversa da matriz de transformação, somo segue mais abaixo. O fator é um vetor que possui módulo 1 e fase 120 graus.

Uma vez realizada a estimação fasorial e encontrada as correntes de fase I_a , I_b e I_c , é possível encontrar as componentes simétricas em questão. Esse algoritmo foi implementado de início no MATLAB e testado.

Criou-se um conjunto trifásico desbalanceado de tensões previamente conhecidos, sendo ele:

$$[V_a, V_b, V_c] = [120 < 120^\circ, 380 < -90^\circ, 380 < 90^\circ]$$

Aplicando a (Eq.2) no sistema acima, obtém-se componentes de tal maneira que:

$$[V_{a0}, V_{a1}, V_{a2}] = [40 < 0^\circ, 260 < 0^\circ, 180 < 180^\circ]$$

Ao simular e plotar o gráfico das componentes no MATLAB, obteve-se os resultados relacionados a cada componente simétrica, representados pelas figuras 3, 4 e 5. Observa-se que realmente se encontram de acordo com a teoria:

- i) Componente zero, representada pela figura 3;
- ii) Componente positiva, representada pela figura 4;
- iii) Componente negativa, representada pela figura 5;

Por meio do cálculo das componentes simétricas, é possível incorporar a função de proteção de desequilíbrio de corrente, definida como a razão, em módulo, da componente negativa pela componente positiva. Essa função é capaz de indicar, por exemplo, a presença de condutor partido.

Tal função chegou a ser incluída na simulação, funcionando bem, mas ao chegar na prática, o comportamento foi diferente do esperado. Imagina-se que isso tenha ocorrido devido a uma falta de sincronização quanto à computação das fases.

Função DR

De início pensou-se em incluir a função DR diretamente da estimação fasorial das correntes em pontos de entrada e saída do circuito. O código foi escrito e simulado com sucesso, entretanto, ao partir para a prática, verificou-se que o sensor de corrente não possui precisão suficiente para a medida em questão.

A principal função do dispositivo DR consiste em evitar choques elétricos. Isto significa evitar a passagem de corrente elétrica pelo corpo humano. Porém, uma corrente de 50mA é suficientemente perigosa para o homem, sendo assim, a corrente residual nominal do DR é padronizada em 30mA, um valor muito baixo para a maioria dos sensores disponíveis.

Diante do impasse, surgiram como alternativas o estudo do componente ADE9000 para analisar a viabilidade dele na função DR, um estudo mais aprofundado do dispositivo DR para analisar uma possível confecção de um dispositivo similar mais simples e integrado e a amplificação dos sinais de corrente para atingir à sensibilidade dos sensores. Nesse último, recomendam-se cuidados extras a fim de não amplificar junto ao sinal os erros ou ruídos já existentes.

Conclusão

Tendo em vista os resultados e a teoria, constata-se que o projeto se desenrolou de maneira satisfatória, cumprindo com as funções básicas de monitoramento e proteção, bem como sugerindo avanços e implementações futuras.

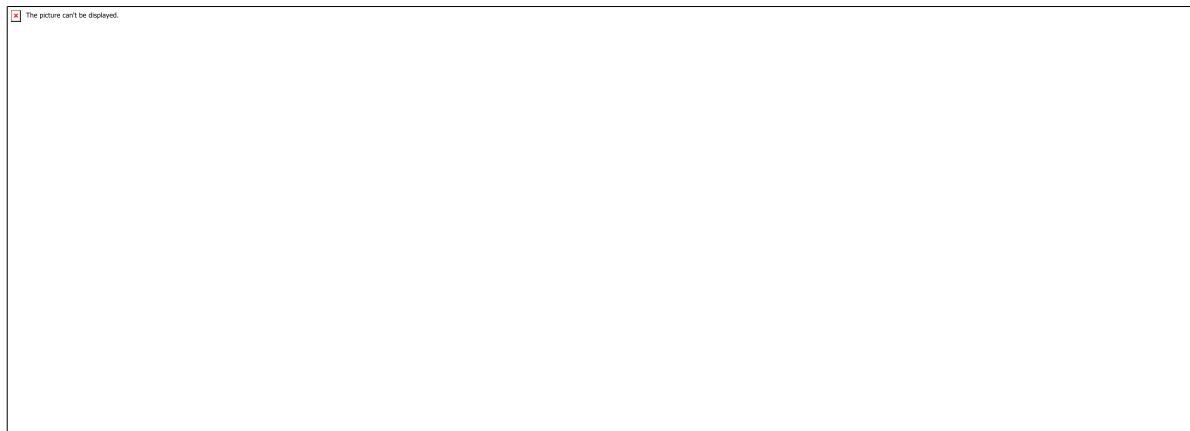
Enfatiza-se que a estimação fasorial é um processo de suma importância na conexão entre o mundo analógico e digital e a modelagem em componentes simétricas traz grandes vantagens na análise de sistemas de potência que ainda podem ser exploradas.

Sendo o projeto interdisciplinar, conta com enfoques em diferentes e importantes áreas da engenharia elétrica, como a eletrônica, potência e processamento de sinais. No mais, visa daqui em diante um aumento nas funções de proteção juntamente com a otimização do programa e algoritmos.

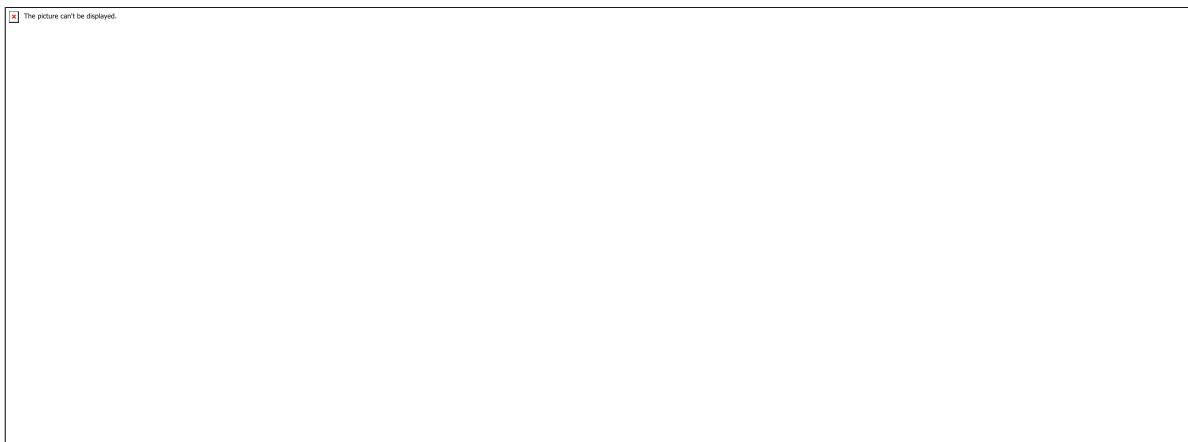
Referências

- [1] DANTAS NETO, José Raimundo. **Implementação de funções de proteção de sistemas elétricos em um controlador digital de sinais (dsPIC) para acionamento de um dispositivo de seccionamento automático de circuitos de baixa tensão (BT).** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica. UFRN, Natal, 2018.
- [2] OPPENHEIM, Alan V., Schafer, Ronald W.; **Discrete-time signal processing.** 3rd Edition. Prentice Hall, 2009.
- [3] SEDRA, SMITH. **Microeletrônica.** 5^a Edição. Pearson, 2007.
- [4] ROBBA, João Ernesto. **Introdução a sistemas elétricos de potência – componentes simétricas.** Edgard Blucher, 1972.
- [5] Microchip Technology. **DsPIC33F Family Data Sheet.** Disponível em <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70165a.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

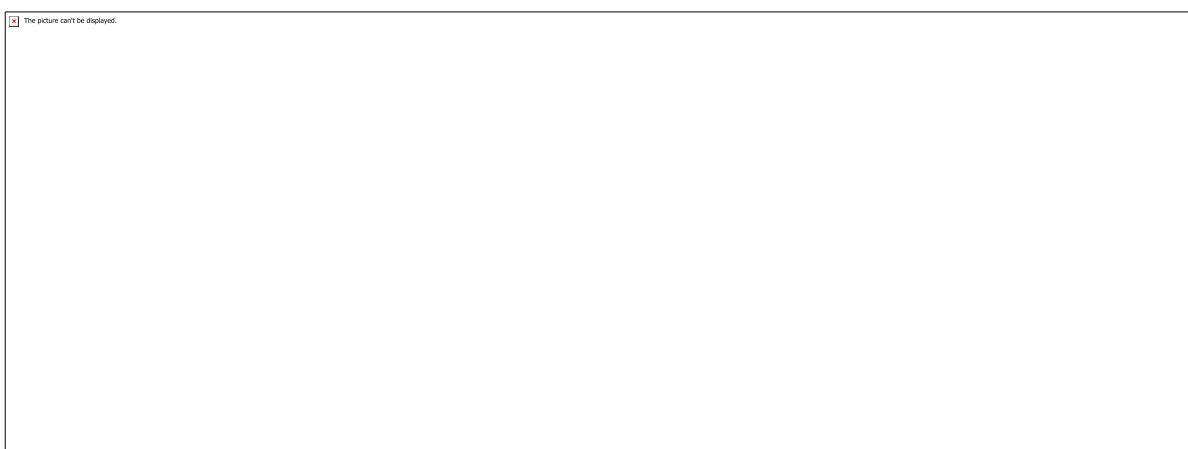
Anexos



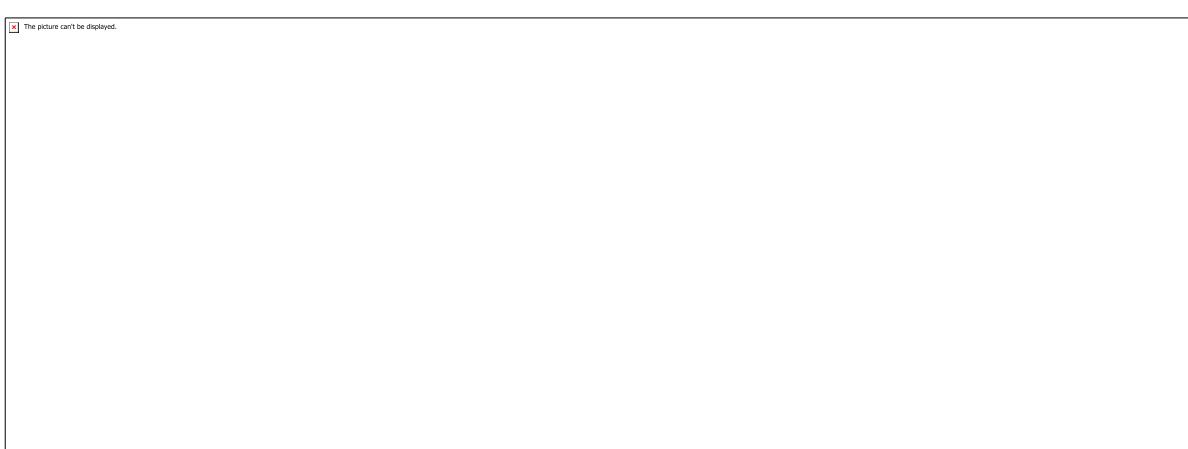
Estimação fasorial em MATLAB



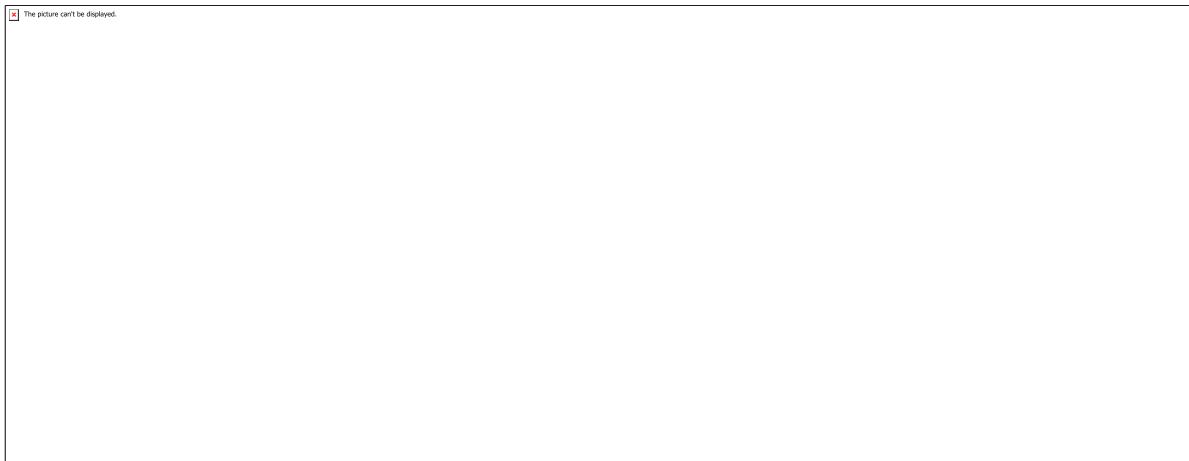
Estimação fasorial em um circuito de potência



Componente simétrica zero



Componente simétrica positiva



Componente simétrica negativa



Eq1



Eq2

CÓDIGO: ET0247**AUTOR:** PEDRO HENRIQUE MENDES FERREIRA**ORIENTADOR:** BISMARCK LUIZ SILVA

TÍTULO: Avaliação microestrutural da liga Sn-3%Ag-0,7%Cu (SAC307) submetida a tratamento térmico de envelhecimento

Resumo

Apesar de ainda serem poucos os estudos sobre ligas livres de chumbo (Pb), nos últimos anos algumas ligas alternativas foram estudadas, uma vez que a presença desse elemento representa uma ameaça à saúde do ser humano devido à sua alta toxicidade. Na busca por novas opções, as ligas Sn-Ag-Cu (SAC) estão entre as principais alternativas para brasagem de componentes eletrônicos devido à suas propriedades adequadas de molhamento, baixo ponto de fusão e propriedades mecânicas superiores às ligas eutéticas do sistema Sn-Pb. Nesse estudo foi realizada uma análise microestrutural em uma liga ternária Sn-2,0%Ag-0,7%Cu (SAC207) solidificada direcionalmente em condições transitórias de fluxo de calor, e submetida a tratamento térmico de envelhecimento. Os resultados mostraram uma microestrutura composta por uma matriz dendrítica rica em Sn (β -Sn) circundada por uma mistura eutética contendo as fases Sn, Ag₃Sn e Cu₆Sn₅. Para o arranjo eutético, o Ag₃Sn mostrou uma transição morfológica, onde para maiores valores de VL e TL, como nas posições de 5 e 20mm, as partículas são do tipo esférica, enquanto que para menores valores de VL e TL, como na posição de 90mm, o Ag₃Sn é do tipo fibroso. As condições de tratamento térmico de envelhecimento promoveram um aumento do tamanho do intermetálico Ag₃Sn. A dureza da liga SAC207 foi reduzida para posições mais afastadas e maiores tempos de tratamento térmico de envelhecimento.

Palavras-chave: Ligas Sn-Ag-Cu, Microestrutura, Tratamento Térmico de Envelhecimento.

TITLE: MICROSTRUCTURAL ASSESSMENT OF Sn-2wt.%Ag-0.7wt.%Cu SOLDER ALLOY (SAC207) SUBMITTED TO THERMAL AGING TREATMENT

Abstract

Although there are still few studies on lead-free alloys (Pb), in recent years some alternative alloys have been studied, since the presence of this element represents a threat to human health due to its high toxicity. In the search for new options, Sn-Ag-Cu (SAC) alloys are among the main alternatives for brazing of electronic components due to its adequate wetting properties, low melting point and mechanical properties superior to the eutectic alloys of the Sn-Pb system. In this study a microstructural analysis was performed on a ternary Sn-2,0% Ag-0,7% Cu (SAC207) solidified directionally under transient conditions of heat flow, and subjected to aging thermal treatment. The results showed a microstructure composed of a dendritic matrix rich in Sn (β -Sn) surrounded by a eutectic mixture containing the Sn, Ag₃Sn and Cu₆Sn₅ phases. For the eutectic arrangement, the Ag₃Sn showed a morphological transition, where for higher values of VL and TL, as in the 5 and 20mm positions, the particles are of the spherical type, whereas for smaller values of VL and TL, as in the position of 90mm, the Ag₃Sn is

fibrous. The aging heat treatment conditions promoted an increase in the size of the intermetallic Ag₃Sn. The hardness of the SAC207 alloy was reduced to farther positions and longer aging treatment times.

Keywords: Sn-Ag-Cu alloys, Microstructure, Aging Treatment.

Introdução

As ligas Sn-37% ou 40%Pb vêm sendo utilizadas em processos de brasagem de interconexões metálicas. O seu amplo uso na indústria eletrônica é devido ao seu baixo ponto de fusão (183°C), baixo custo e bom nível de molhamento em substratos metálicos [1]. Contudo, devido aos aspectos danosos do chumbo tanto ao homem quanto ao meio ambiente, várias restrições, por meio de leis ambientais, estão sendo continuamente implementadas, a fim de reduzir a utilização deste metal nestas aplicações da indústria eletrônica. A União Europeia (UE) foi particularmente agressiva na busca pela remoção do Pb em produtos eletrônicos, implementando em 2000, as diretrizes “the Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) e the Directive of the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances (ROHS)”. Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental acabou listando os 17 elementos químicos de maior ameaça para a saúde do ser humano, estando o Pb presente entre eles [2, 3]. Devido a nova demanda de ligas menos agressivas ao meio ambiente e ao homem, um grande número de ligas livres de chumbo surge com uma opção para substituir as ligas do sistema Sn-Pb. Abtew e Selvaduray [1] citam que as principais características para o uso de ligas de soldagem em equipamentos eletroeletrônicos são: temperatura de fusão ou da linha liquidus, molhamento, custo, viabilidade ambiental, disponibilidade, adequação aos processos atuais, possibilidade de controle de taxas de resfriamento em substratos de Cu e reciclagem. Ligas Sn-Ag-Cu (SAC) estão entre as primeiras ligas alternativas sem chumbo comercialmente disponíveis e aparece como uma escolha confiável para a brasagem de componentes eletrônicos, pois além de apresentarem propriedades adequadas de molhamento e baixo ponto de fusão, essas ligas possuem propriedades mecânicas superiores às ligas eutéticas Sn-Pb [3-7]. No mercado já se tem uma variedade de ligas de SAC com composições químicas com teores de prata (em peso) variando entre 1,0 e 4,0% e de cobre (em peso) entre 0,5 e 1,0%. Contudo, há uma preocupação quanto ao fato de essas ligas não serem tão competitivas em termos de custos, assim, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de diminuir o teor de prata das ligas de SAC sem comprometer as propriedades necessárias [8]. A composição eutética de ligas SAC é próxima a Sn-3,5%Ag-0,9%Cu, com uma temperatura eutética de 217°C [9,10]. Apesar do vasto número de trabalhos relatando características como microestrutura, propriedades mecânicas e físicas e interface de reação com diferentes substratos, poucos são os trabalhos que reportam o efeito dos ciclos térmicos (variação de temperatura e tempo) de envelhecimento associando parâmetros térmicos de solidificação como taxa de resfriamento e velocidade de solidificação. Diante deste panorama, nota-se que o efeito de tratamentos térmicos de envelhecimento em ligas SAC associado com parâmetros de processo como taxa de resfriamento e velocidade de solidificação, e suas respectivas escalas microestruturais ainda não escassas na literatura. Assim, investigações que correlacionem tais parâmetros de processo com temperatura e tempo para ligas SAC precisam ser realizados.

Metodologia

As etapas do procedimento experimental para a produção do lingote Sn-2%Ag-0,7%Cu (SAC207) consistiram em: I. Obtenção do lingote via solidificação direcional e das

variáveis térmicas de solidificação; II. Tratamento térmico de envelhecimento, III. Caracterização microestrutural e IV. Ensaio de microdureza. A etapa I foi realizada com o auxílio do Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar na pessoa do prof. José Eduardo Spinelli. A Figura 1 apresenta resumidamente o procedimento experimental.

2.1 OBTENÇÃO DO LINGOTE VIA SOLIDIFICAÇÃO DIRECIONAL A liga alternativa de brasagem Sn-2%Ag-0,7%Cu (SAC207) foi obtida a partir de um dispositivo de solidificação unidirecional vertical ascendente. A liga foi fundida dentro do dispositivo e quando a temperatura atingiu certo valor, a solidificação foi iniciada através do acionamento de um jato de água na parte inferior do molde. Assim, a solidificação se desenvolveu de forma vertical, de baixo para cima. Uma série de termopares do tipo J foi inserida no metal em diferentes posições ao longo da lingoteira para posterior análise da evolução térmica do processo. Estes dados foram armazenados na memória de um computador e posteriormente utilizados para levantamento das variáveis térmicas de solidificação como: velocidades da isoterma liquidus (VL) e taxas de resfriamento (\dot{T}). A partir do lingote SAC207, foram retiradas amostras para os ciclos térmicos e análises microestruturais detalhadas nas posições determinadas, como mostra a Figura 2. Tais posições foram definidas baseadas nos valores de taxa de resfriamento, que neste caso foram 9,90 °C/s, 1,30 °C/s e 0,15 °C/s, para as posições 5mm, 20mm e 90mm, respectivamente.

2.2 TRATAMENTO TÉRMICO DE ENVELHECIMENTO As amostras foram cortadas (total de 12 amostras) e separadas como: uma padrão para controle (sem tratamento) e três outras foram submetidas a tratamentos térmicos de envelhecimento em um forno de aquecimento tipo mufla da marca EDG equipamentos, modelo EDG3P-S (por resistências elétricas), com controle da taxa de aquecimento para ciclos térmicos com temperatura de 100°C em três tempos distintos, 10, 20 e 30 dias, como mostram as Figuras 3 e 4. O objetivo foi analisar o efeito dos diferentes ciclos térmicos sobre as características microestruturais da liga Sn-2%Ag-0,7%Cu (SAC207), de forma a simular possíveis condições de serviço de juntas brassadas.

2.3 CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL Após os cortes transversais e o tratamento térmico de envelhecimento, as amostras da liga Sn-2%Ag-0,7%Cu (SAC207) foram identificadas com a posição da superfície a ser analisada (5, 20 e 90mm) em relação à interface metal/molde para posterior análise metalográfica. Logo em seguida, iniciou-se o processo de preparação metalográfica das amostras. Na etapa de embutimento foi utilizada resina poliéster para embutimento do tipo a frio. As amostras embutidas foram lixadas sequencialmente por lixas de granulometria 150, 240, 320, 400, 600, 1200, 1500 e 2000 mesh em lixadeiras rotativas refrigeradas a água. Com as amostras lixadas e limpas, iniciou-se a etapa de polimento, na qual as amostras foram polidas manualmente com auxílio de uma politriz rotativa da marca Teclago, modelo PVVD, utilizando uma suspensão metalográfica de alumina de granulometria 1µm ou com suspensão de diamante (0,25µm, 1µm, 3µm ou 6µm). A revelação das microestruturas para análise via microscópio óptico foi feita mediante imersão das amostras em uma solução ácida de 100 mL de H₂O, 5g de FeCl₃ e 5mL de HCl por um intervalo entre 1 e 5 segundos. O registro das microestruturas foi realizado com auxílio do microscópio ótico da marca Nikon modelo Eclipse MA2000 do Laboratório de Caracterização Estrutural dos Materiais (LCEM-DEMAt-UFRN). Um novo ataque químico foi realizado, só que agora profundo (mais tempo de exposição), com a finalidade de revelar a morfologia e distribuição dos intermetálicos Ag₃Sn e Cu₆Sn₅. Utilizando a mesma solução ácida de 100mL de H₂O, 5g de FeCl₃ e 5mL de HCl, as amostras foram imersas por um tempo de 4 minutos. A análise foi realizada em um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca Zeiss modelo Auriga 40, situado no LCEM-DEMAt-UFRN, utilizando o detector de elétrons secundários (SE). Além da análise nas regiões interdendríticas e eutéticas, foram realizadas análises químicas pontuais por meio de espectroscopia de dispersão de energia (EDS) acoplada ao MEV. A solidificação com fluxo de calor transitório apresenta condições que podem gerar um crescimento dendrítico irregular, assim como

variações na morfologia e tamanho dos intermetálicos ao longo da estrutura do lingote. E por isso, após a aquisição de imagens da região eutética ternária, iniciou-se o processo de medição dos espaçamentos dendríticos e interfásicos através do programa Image J, como mostra a Figura 5. Foram realizadas 40 medições para cada amostra, retirando ao final uma média e um desvio padrão.

2.4 ENSAIO DE MICRODUREZA

A fim de estabelecer correlações entre os parâmetros microestruturais (espaçamentos dendríticos e interfásicos) e dureza ao longo do lingote SAC207, foram realizados ensaios de microdureza Vickers. Os ensaios foram realizados de acordo com a norma ASTM E384, em um microdurômetro da marca Future-Tech, modelo FM-810, nas seções transversais das amostras usando uma carga teste de 1000g e um tempo de permanência de 15 segundos. Para cada amostra, foram realizadas 10 medidas, obtendo-se assim uma média e um desvio médio. Os ensaios de dureza foram feitos de modo a englobar todas as fases presentes na microestrutura da liga Sn-2%Ag-0,7%Cu, ou seja, a dendrita rica em Sn (β -Sn) e o eutético ternário Sn+Ag₃Sn+Cu₆Sn₅.

Resultados e Discussões

Este trabalho é uma continuação do estudo realizado por Spinelli et al. [8]. Logo, alguns resultados obtidos por Spinelli e colaboradores [8] foram apresentados logo abaixo para uma melhor compreensão das condições térmicas do processo de solidificação e da identificação de fases ao longo do lingote da liga SAC207.

3.1 CURVA DE RESFRIAMENTO PARA A LIGA SN-2,0%AG-0,7%CU (SAC207)

A Figura 6 representa as curvas de resfriamento experimental do lingote Sn-2,0%Ag-0,7%Cu, considerando os termopares localizados em determinadas posições ao longo da lingoteira. Foram também inseridas no gráfico as temperaturas liquidus (TL) e eutética (TE) da liga SAC207. No geral, nota-se que as taxas de resfriamento para as posições mais próximas da base refrigerada foram maiores que aquelas observadas para as posições mais afastadas. Isso será melhor visualizado na Figura 7. Através dessas curvas mapeou-se a passagem da isoterma liquidus nos termopares, o que possibilitou fazer a relação entre a posição da frente e o tempo, em relação a interface metal/molde. Os gráficos das Figuras 7a e 7b representam a evolução da velocidade da isoterma liquidus e da taxa de resfriamento em relação a posição no lingote a partir da base refrigerada. No geral, devido às resistências térmicas incorporadas ao longo do processo de solidificação, que são camadas sólidas que se formam a partir da base do lingote, os valores desses parâmetros térmicos diminuem conforme o afastamento da interface metal/molde [8].

3.2 MICROESTRUTURA DE SOLIDIFICAÇÃO

A Figura 8 apresenta uma microestrutura típica da liga SAC207 em um corte transversal no lingote na posição de 90mm, obtida por microscopia óptica. A microestrutura observada ao longo do lingote SAC207 é constituída de matriz dendrítica rica em Sn (β -Sn) circundada por uma mistura eutética contendo as fases Sn, Ag₃Sn e Cu₆Sn₅. Esse padrão microestrutural foi notado para as amostras sem e com tratamento térmico, contudo com escalas microestruturais diferentes. Microestruturas similares foram observadas nos estudos de Spinelli et al. [8] e Xiao et al. [12]. As microestruturas obtidas através de microscopia ótica das amostras padrão (sem tratamento térmico) e das amostras pós-tratamento térmico referentes às posições 5mm, 20mm e 90mm, respectivamente, são apresentadas nas Figuras 9, 10 e 11. Considerando as amostras padrão, verifica-se que microestruturas mais refinadas e homogêneas estão presentes em regiões mais próximas à base refrigerada, como nas amostras das posições de 5 e 20mm, devido aos altos valores de taxa de resfriamento e velocidade de solidificação. À medida que se distancia da base refrigerada do lingote para posições mais distantes, como a posição de 90mm, onde a taxa de resfriamento e a velocidade de solidificação são menores, a microestrutura formada é mais grosseira, ou seja, dendritas maiores. Agora, levando em conta as microestruturas das amostras

tratadas termicamente, nota-se um aumento significativo nos valores de λ_1 para maiores tempos de tratamento térmico, ou seja, um crescimento na escala microestrutural. Esse crescimento é devido ao processo de difusão que promove a migração de átomos de prata (Ag) e estanho (Sn) dos contornos dendríticos em direção a outra dendrita adjacente. Esse resultado está de acordo com o reportado por Padilha [16]. Os resultados obtidos indicam que os tempos (10, 20 e 30 dias) e a temperatura de 100°C foram suficientes para promover tais condições termodinâmicas de crescimento microestrutural para todas as posições analisadas, mas principalmente para as posições 5mm e 20mm.

3.3 LEI DE CRESCIMENTO MICROESTRUTURAL

A Figura 12 mostra a evolução dos espaçamentos dendríticos primários (λ_1) em função da taxa de resfriamento (\dot{T}_L) para a liga Sn-2%Ag-0,7%Cu. Através das relações lineares entre os pontos foram determinadas leis experimentais de potência referentes ao crescimento dendrítico ao longo de todo o lingote. Os pontos nos gráficos representam a média do λ_1 que foi determinado experimentalmente, e seus respectivos desvios padrão. Nota-se um aumento do tamanho do arranjo dendrítico com o aumento do tempo de tratamento térmico, principalmente para as posições de 5mm e 20mm. O potencial de crescimento devido ao processo de difusão é maior para as amostras refinadas, uma vez que, quanto mais contornos de grão, maior a fração de sítios de difusão, conforme cita Padilha e Rios [16, 21]. A variação do espaçamento dendrítico primário em função da taxa de resfriamento para as amostras tratadas termicamente foi caracterizada por um expoente de -0,5, assim como nos estudos de Spinelli e Garcia [20]. Expoente este similar ao -0,55 utilizado para descrever a evolução λ_1 com \dot{T}_L para o estado bruto de fusão.

3.4 CARACTERIZAÇÃO VIA DRX E MEV/EDS

Através da análise via DRX pode-se observar a presença de picos que estão relacionados à fase β -Sn e aos intermetálicos Ag₃Sn e Cu₆Sn₅ nas posições examinadas a partir da base do lingote (interface metal/molde) para amostras padrão, de acordo com os resultados esperados pela literatura [8, 14]. Nota-se também, um ligeiro aumento na fração volumétrica do intermetálico Ag₃Sn para posições mais afastadas, assim como foi descrito no trabalho de Garcia [19]. A Figura 13 apresenta o difratograma de raios-x para a liga Sn-2,0%Ag-0,7%Cu. As Figuras 14, 15 e 16 representam as imagens MEV da liga Sn-2,0%Ag-0,7%Cu para as posições 5, 20 e 90mm, com foco nas regiões eutéticas, destacando as morfologias das partículas intermetálicas Ag₃Sn e Cu₆Sn₅ antes e após o tratamento térmico de envelhecimento. As imagens MEV e as análises por EDS auxiliam na confirmação da presença das fases identificadas pela técnica de Difração de Raios-X como β -Sn, Ag₃Sn e Cu₆Sn₅. Verifica-se que os tamanhos dos intermetálicos Ag₃Sn e Cu₆Sn₅ aumentam à medida que se afastam da base do molde (interface metal/molde), de acordo com o observado nos trabalhos de Xiao e Mysore [12, 13]. Os valores de espaçamento eutético para o intermetálico Ag₃Sn (λ_{Ag_3Sn}) inseridos nas Figuras 14, 15 e 16 revelam este crescimento. Com relação ao intermetálico Cu₆Sn₅, nota-se que sua morfologia não variou ao longo das posições do lingote (5, 20 e 90mm), permanecendo fibrosa antes e pós tratamento térmico de envelhecimento. Para todas as situações, o Cu₆Sn₅ apresenta um tamanho consideravelmente maior que o intermetálico Ag₃Sn. Entretanto, esse comportamento não acontece com o intermetálico Ag₃Sn, cuja morfologia sofreu variação ao longo do lingote. Pode-se observar que, para posições próximas à base do lingote (5 e 20mm), onde as taxas de resfriamento (\dot{T}_L) e velocidade de solidificação (VL) são maiores, há uma tendência maior em formar intermetálicos Ag₃Sn na morfologia esférica. Por outro lado, para posições mais distantes da base do lingote (90mm), onde \dot{T}_L e VL são menores, a morfologia fibrosa do intermetálico Ag₃Sn prevalece. Tais constatações também foram observadas nos estudos de Silva e coautores [6], Spinelli et al. [8], Xiao e colaboradores [12], e Garcia et al. [19]. O crescimento e dispersão do intermetálico Ag₃Sn estão relacionados ao princípio de Ostwald, fenômeno que reportado por alguns como Fu e Tian [15, 17]. Baseado nesse princípio, o processo de coalescimento e dispersão do intermetálico

pode ser descrito como pequenas partículas de Ag₃Sn sendo “dissolvidas” para liberar átomos de prata (Ag) e estanho (Sn), que se difundem através da matriz para a região em torno de dendritas maiores e então re-precipitadas facilitando o crescimento das partículas maiores. Uma vez que o mecanismo de Ostwald é um processo baseado em difusão, o uso de temperaturas de envelhecimento mais altas aumentou significativamente a taxa de engrossamento. A Tabela 1 resume a variação do $\lambda_{\text{Ag}3\text{Sn}}$ e morfologia do Ag₃Sn com a evolução dos parâmetros térmicos de solidificação como taxa de resfriamento (\dot{T}_L) e velocidade de solidificação (VL).

3.5 AVALIAÇÃO DA DUREZA

De acordo com a Tabela 2, nota-se que comparando os valores de dureza Vickers entre as três posições analisadas, para cada tempo condição microestrutural/tratamento térmico, a dureza praticamente não apresenta variação. Contudo, considerando uma mesma posição tendo o tempo de tratamento térmico como variável, observa-se que os valores de dureza Vickers diminuem com um aumento do tempo de tratamento. Isso está relacionado às microestruturas pós-tratadas que apresentam maior fração da fase β -Sn, que possui menor dureza que as regiões eutéticas e também ao maior tamanho dos intermetálicos Ag₃Sn nas regiões interdendríticas.

Conclusão

Com base nas análises microestruturais realizadas na liga ternária Sn-2,0%Ag-0,7%Cu antes e pós-tratamento térmico de envelhecimento, pode-se escrever as seguintes conclusões: 1. A microestrutura observada ao longo do lingote SAC207 é constituída de matriz dendrítica rica em Sn (β -Sn) circundada por uma mistura eutética contendo as fases Sn, Ag₃Sn e Cu₆Sn₅. Esse arranjo microestrutural foi observado para as amostras sem e com tratamento térmico; 2. As condições de tratamento térmico de envelhecimento impostas nas amostras retiradas das posições 5, 20 e 90mm da liga SAC207 foram suficientes para promover, por difusão, o crescimento do arranjo dendrítico. Verificou-se também que, considerando uma mesma posição examinada, os valores de λ_1 aumentaram com o aumento dos tempos de tratamento térmico, devido a fenômenos como os descritos por Ostwald; 3. Para o arranjo eutético, o Ag₃Sn mostrou uma transição morfológica, onde para maiores valores de VL e \dot{T}_L , como nas posições de 5 e 20mm, as partículas são do tipo esférica, enquanto que para menores valores de VL e \dot{T}_L , como na posição de 90mm, o Ag₃Sn é do tipo fibroso. Enquanto o Cu₆Sn₅ apresentou morfologia fibrosa para todas as posições e condições térmicas ao longo do lingote SAC207; 4. Considerando cada posição analisada individualmente, a dureza da liga SAC207 foi reduzida para maiores tempos de tratamento térmico de envelhecimento. Isso está associado a uma maior fração da fase dúctil β -Sn (menos dureza que as regiões interdendríticas) nas microestruturas finais tratadas e também ao aumento do tamanho das partículas intermetálicas Ag₃Sn.

Referências

- [1] ABTEW, M.; SELVADURAY, G. Lead-free Solders in Microelectronics. *Materials Science and Engineering*, v. 27, n° 5-6, p. 95-141, 2000.
- [2] FREAR, D.R. et al. Pb-free solders for flip-chip interconnects. *Journal of Materials (JOM)*, v. 53, n° 6, p. 28-33, 2001.
- [3] MA, H.; SUHLING, J.C. A review of mechanical properties of lead-free solders for electronic packaging. *Journal Materials Science*, v. 44, n° 5, p. 1141-1158, 2009.
- [4] GARCIA, A. Solidificação: Fundamentos e Aplicações. 2^a edição. Editora da Unicamp, Campinas, 399 p, 2007.

- [5] ABTEW, M.; SELVADURAY, G. Lead-free Solders in Microelectronics. *Materials Science and Engineering*, v. 27, n° 5-6, p. 95-141, 2000.
- [6] SILVA, B.L.; GARCIA, A.; SPINELLI, J.E. The Roles of Dendritic Spacings an Ag₃Sn Intermetallics on Hardness of the SAC307 Solder Alloy. *Microelectronics Reliability*, v. 54, p. 2929-2934, 2014.
- [7] EL-DALY, A.A.; HAMMAD, A.E. Development of high strength Sn-0,7Cu solders with the addition of small amount of Ag and In. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 509, n° 34, p. 8554-8560, 2011.
- [8] SPINELLI, J.E.; SILVA, B.L.; GARCIA, A. Assessment of tertiary dendritic growth and its effects on mechanical properties of directionally solidified Sn-0.7Cu-xAg solder alloys. *Journal of Electronic Materials*, v. 43, No. 5, p. 1347-1361, 2014.
- [9] LU, W.; SHI, Y.; LEI, Y. Effect of Aging Content on solidification cracking susceptibility of Sn-Ag-Cu solder joints. *Journal of Electronic Materials*, v. 39, n° 8, p. 1298-1302, 2010.
- [10] LOOMANS, M. E., FINE, M. E. Tin-Silver-Copper Eutectic Temperature and Composition. *Metallurgical and Materials Transactions A*, v. 31(A), p. 1155- 1162, 2000.
- [11] ARMSTRONG, W.D. et al. Aging and Creep Behavior of Sn3.9Ag0.6Cu Solder Alloy. *Electronic Components and Technology Conference*, p. 1325-1332, 2004.
- [12] XIAO, Q.; NGUYEN, L.; ARMSTRONG, W.D. Aging and Creep Behavior of Sn3.9Ag0.6Cu Solder Alloy," 2004 Proceedings. 54th Electronic Components and Technology Conference (IEEE Cat. No.04CH37546), v. 2, p 1325-1332, 2004.
- [13] MYSORE, K. et al. Aging-informed Behavior of Sn3.8Ag0.7Cu Solder Alloys. 11th Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, Orlando, FL, p. 870-875, 2008.
- [14] CAI, Z. Reduction of Lead Free Solder Aging Effects Using Doped SAC Alloys. Tese de Doutorado. Auburn University. 2012.
- [15] FU, N. et al. Investigation of aging induced evolution of the microstructure of sac305 lead free solder. ASME. 2017.
- [16] PADILHA, Angelo Fernando; SICILIANO, Fulvio. Encruamento, recristalização, crescimento de grão e textura. 3 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005. 232 p.
- [17] TIAN, Y. et al. Ag₃Sn Compounds Coarsening Behaviors in Micro-Joints. *Materials*, Basel, 2018.
- [18] DING, Y. et al. Influence of Aging Treatment on Deformation Behavior of 96.5Sn3.5Ag Lead-Free Solder Alloy During in Situ Tensile Tests. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 428, p. 274-285, 2007.
- [19] GARCIA, Leonardo R.; OSÓRIO, Wislei R.; GARCIA, Amauri. The effect of cooling rate on the dendritic spacing and morphology of Ag₃Sn intermetallic particles of a SnAg solder alloy. Elsevier, São Paulo, p. 3008-3012, 2010.
- [20] SPINELLI, J.E.; GARCIA, Amauri. Microstructural development and mechanical properties of hypereutectic Sn–Cu solder alloys. Elsevier, São Carlos, p. 195-201, 2013.
- [21] RIOS, P. R. Crescimento de grão e recristalização secundária. In: *Textura e relações de orientação*. TSCHIPTSCHIN, A. P. e outros. 2 ed, p. 85-106, IPEN, São Paulo, 2003.

Anexos



Figura 1 - Fluxograma do procedimento experimental.

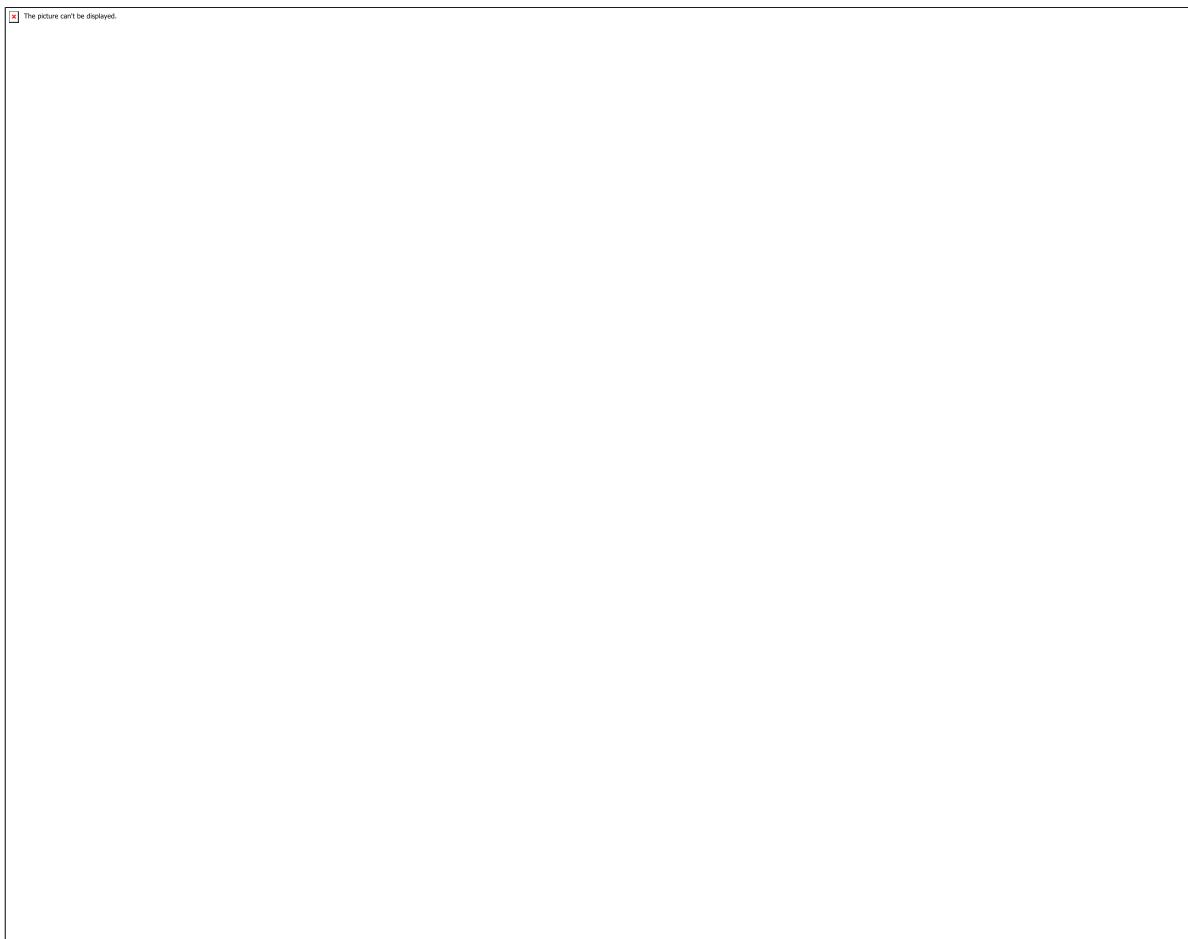


Figura 2 - Representação do lingote SAC207 obtido a partir do processo de solidificação direcional ascendente e as posições analisadas neste trabalho.

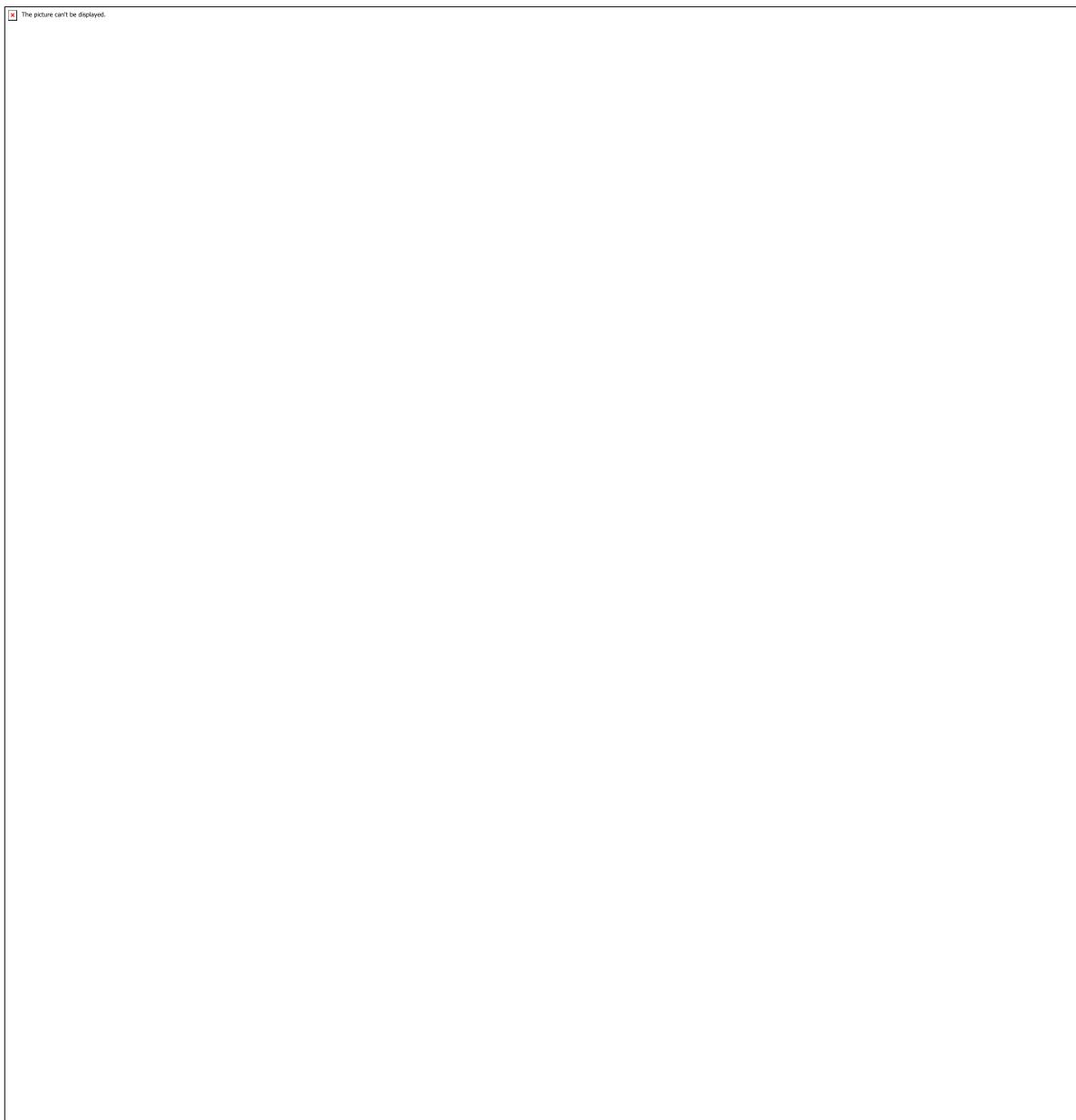


Figura 3 - Esquematização das retiradas das amostras com e sem tratamento térmico.

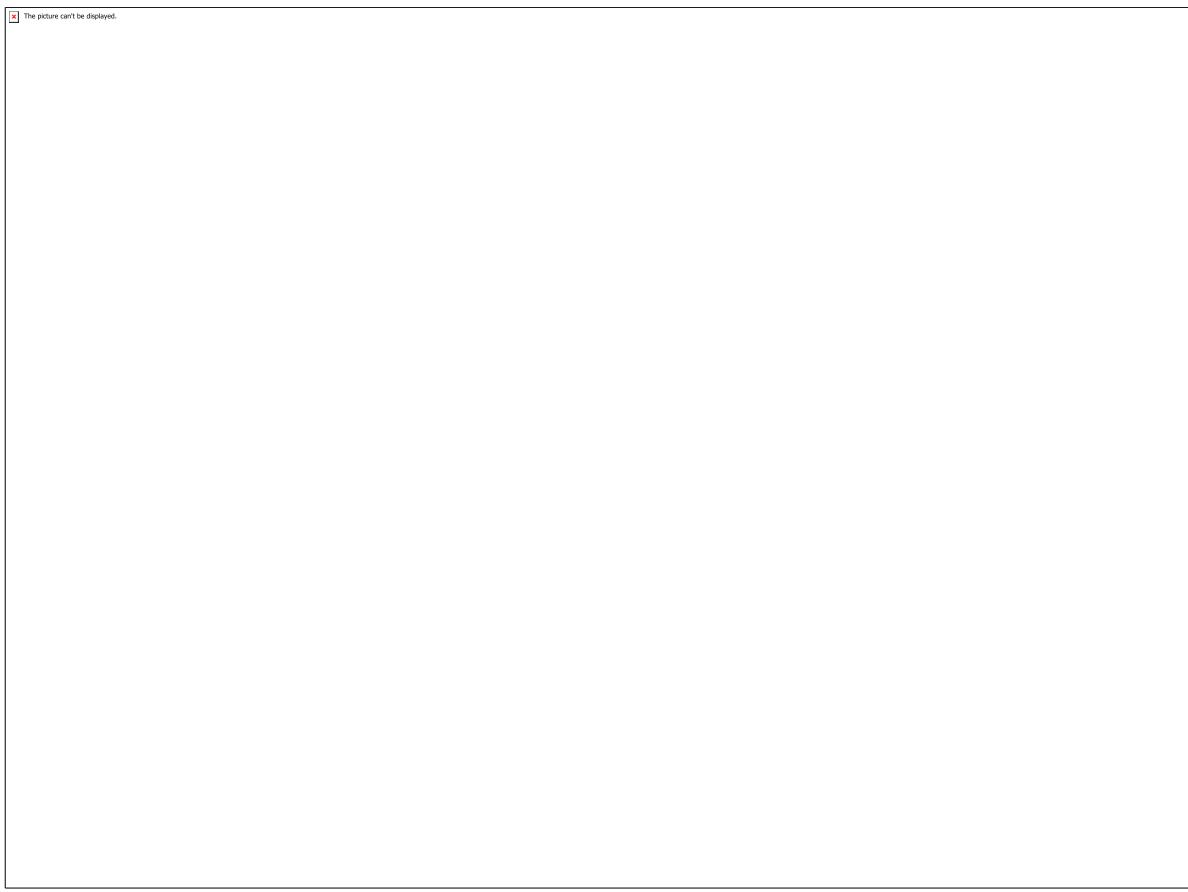


Figura 4 - Ciclo térmico utilizado nos tratamentos térmicos de envelhecimento para a liga SAC207.

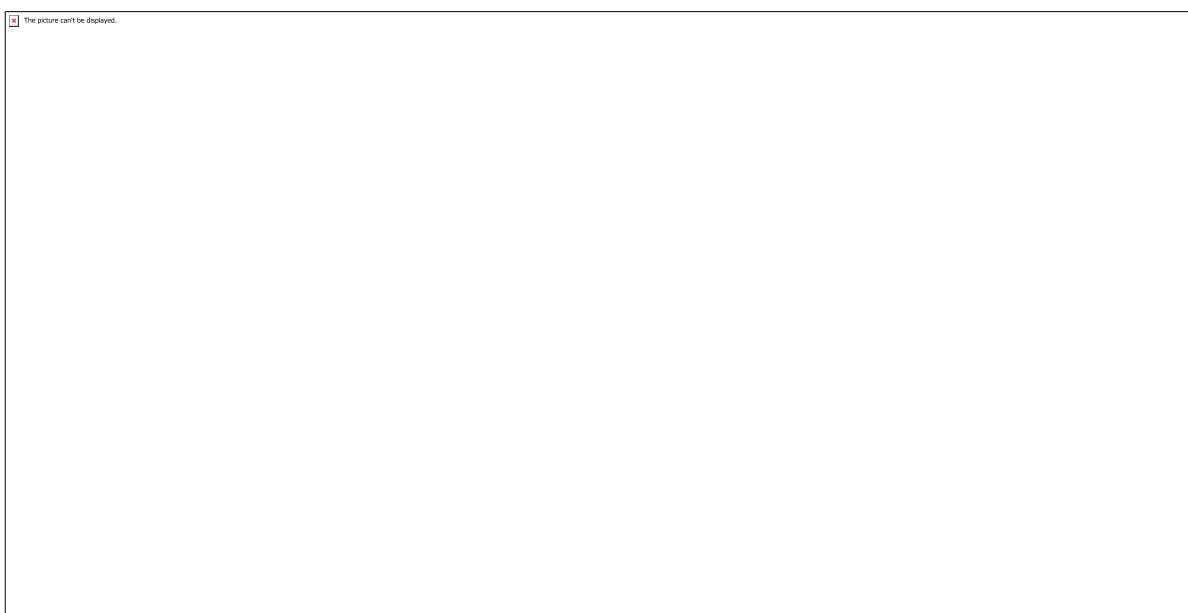


Figura 5 - (a) Representação dos métodos utilizados para medição (a) dos espaçamentos dendríticos primários e (b) interfásicos.

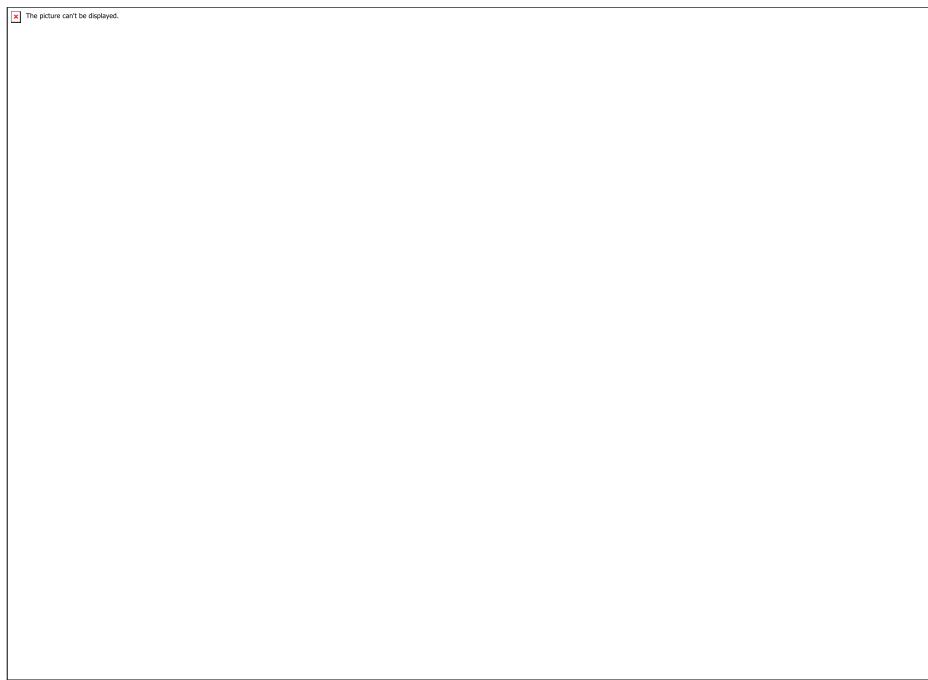


Figura 6 - Curvas de resfriamento da liga Sn-2,0%Ag-0,7%Cu (SAC207) obtidas em diferentes posições do molde durante a solidificação direcional ascendente [8].

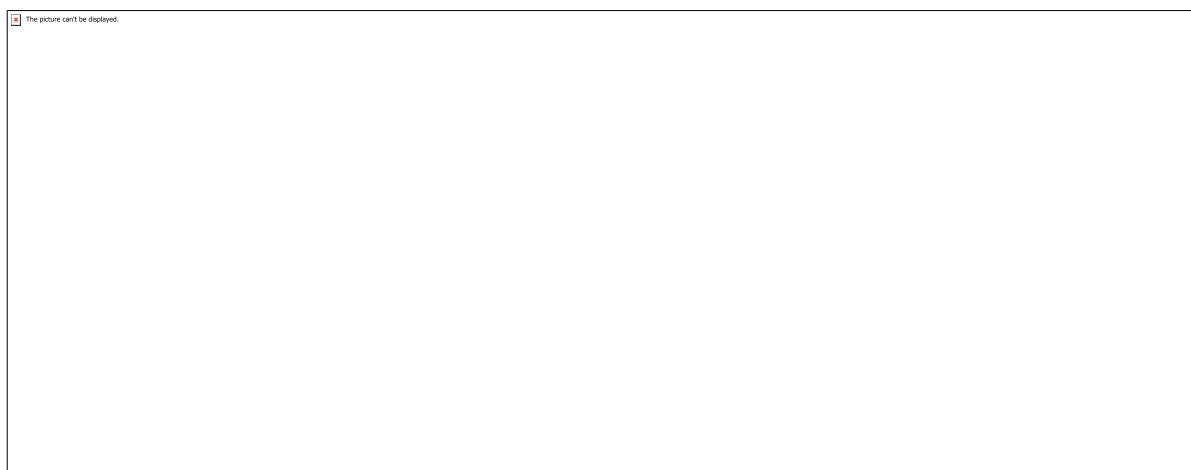


Figura 7 - Gráficos experimentais obtidos para a liga SAC207, no qual (a) representa a velocidade da isoterma em função da posição, (b) representa a taxa de resfriamento em função da posição [8].

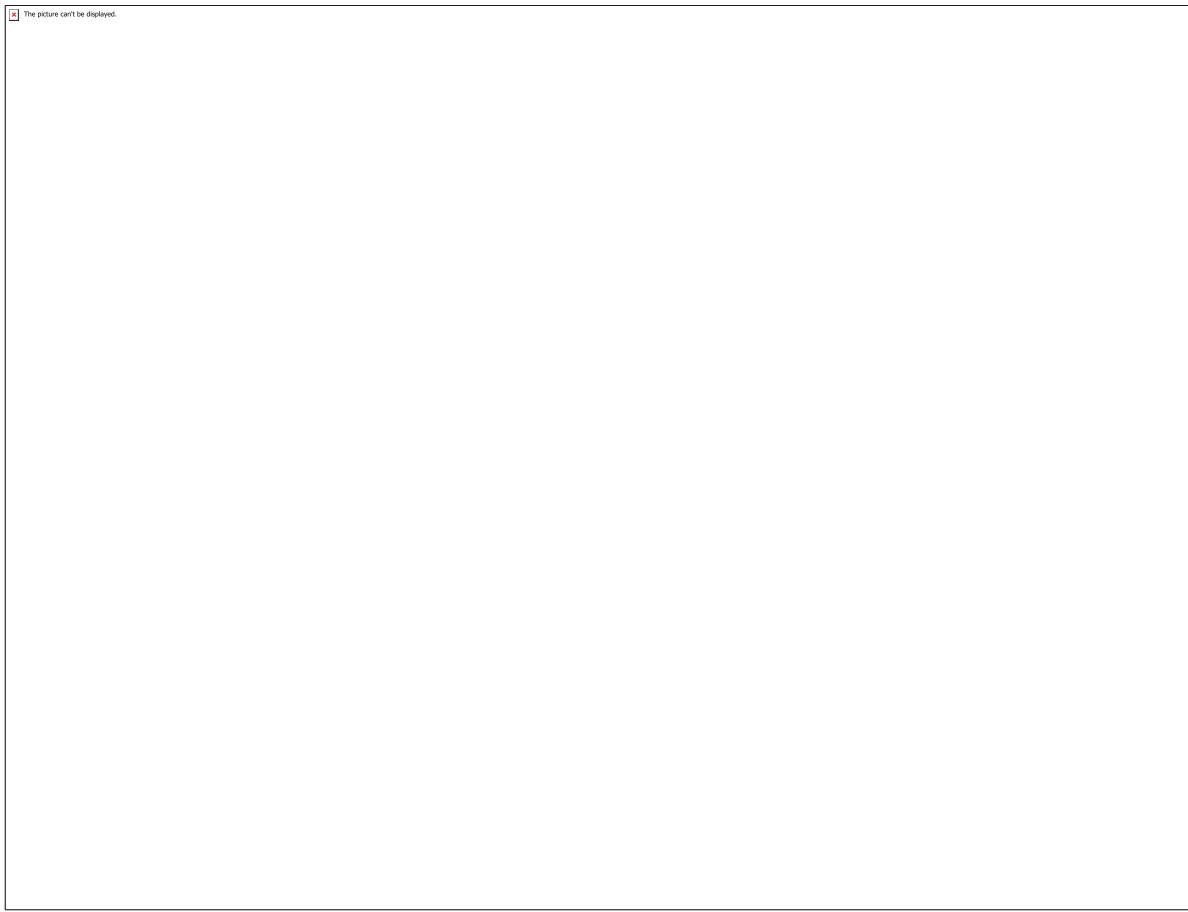


Figura 8 - Microestrutura típica da liga SAC207 (seção transversal, P=90 mm).

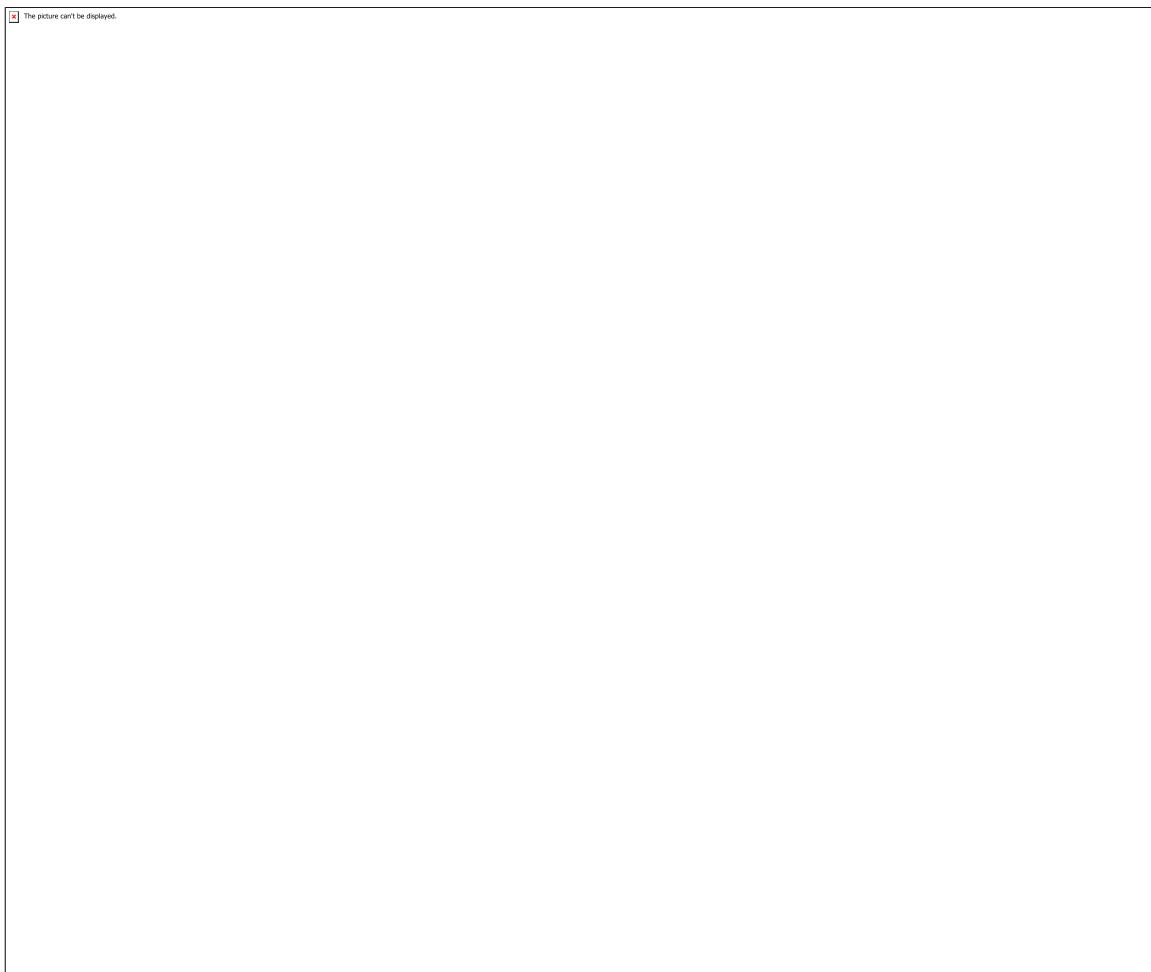


Figura 9 - Microestruturas transversais para a liga SAC207 na posição de 5mm, sendo, (a) padrão, (b) após 10 dias, (c) após 20 dias e (d) após 30 dias de envelhecimento a 100°C.

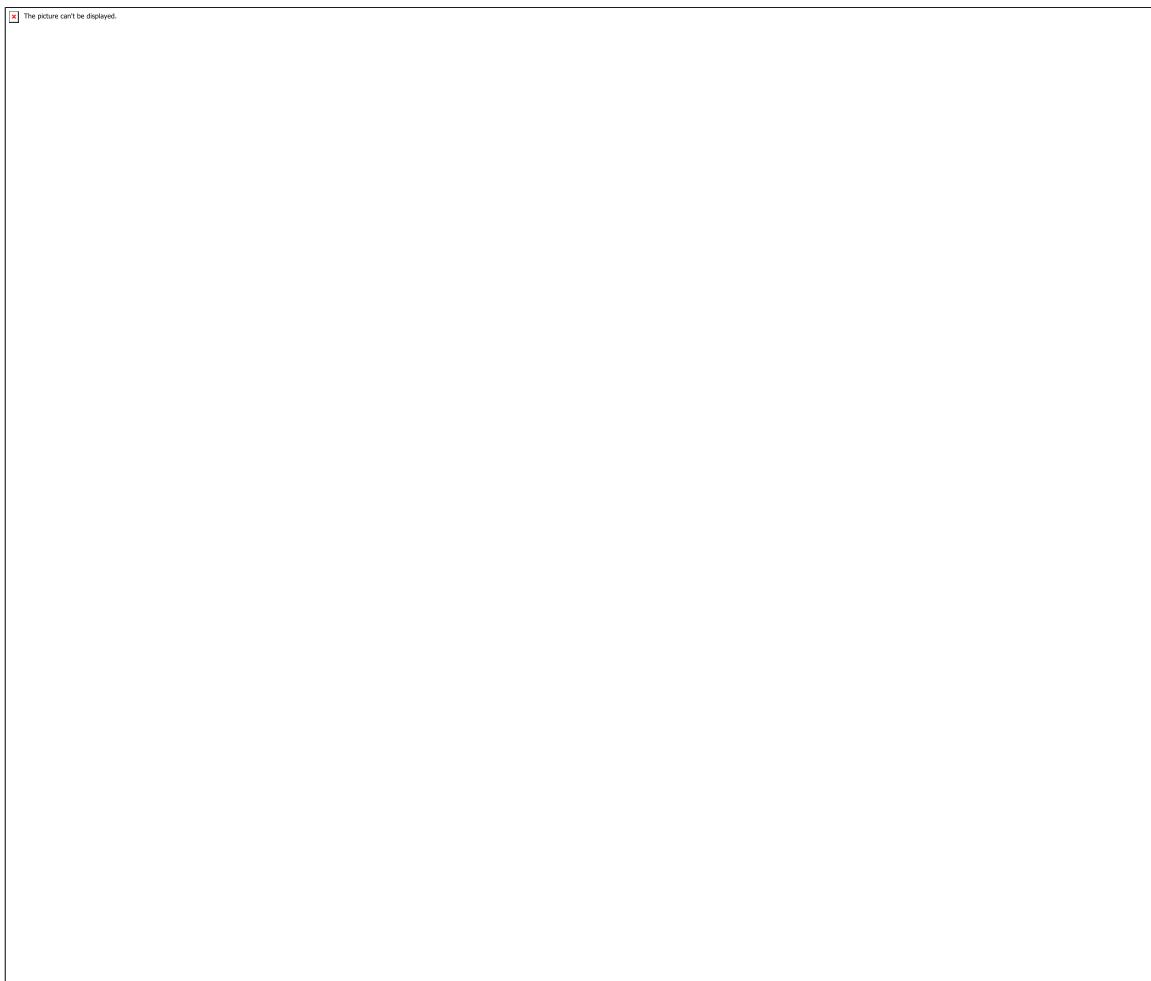


Figura 10 - Microestruturas transversais para a liga SAC207 na posição de 20mm, sendo, (a) padrão, (b) após 10 dias, (c) após 20 dias e (d) após 30 dias de envelhecimento a 100°C.

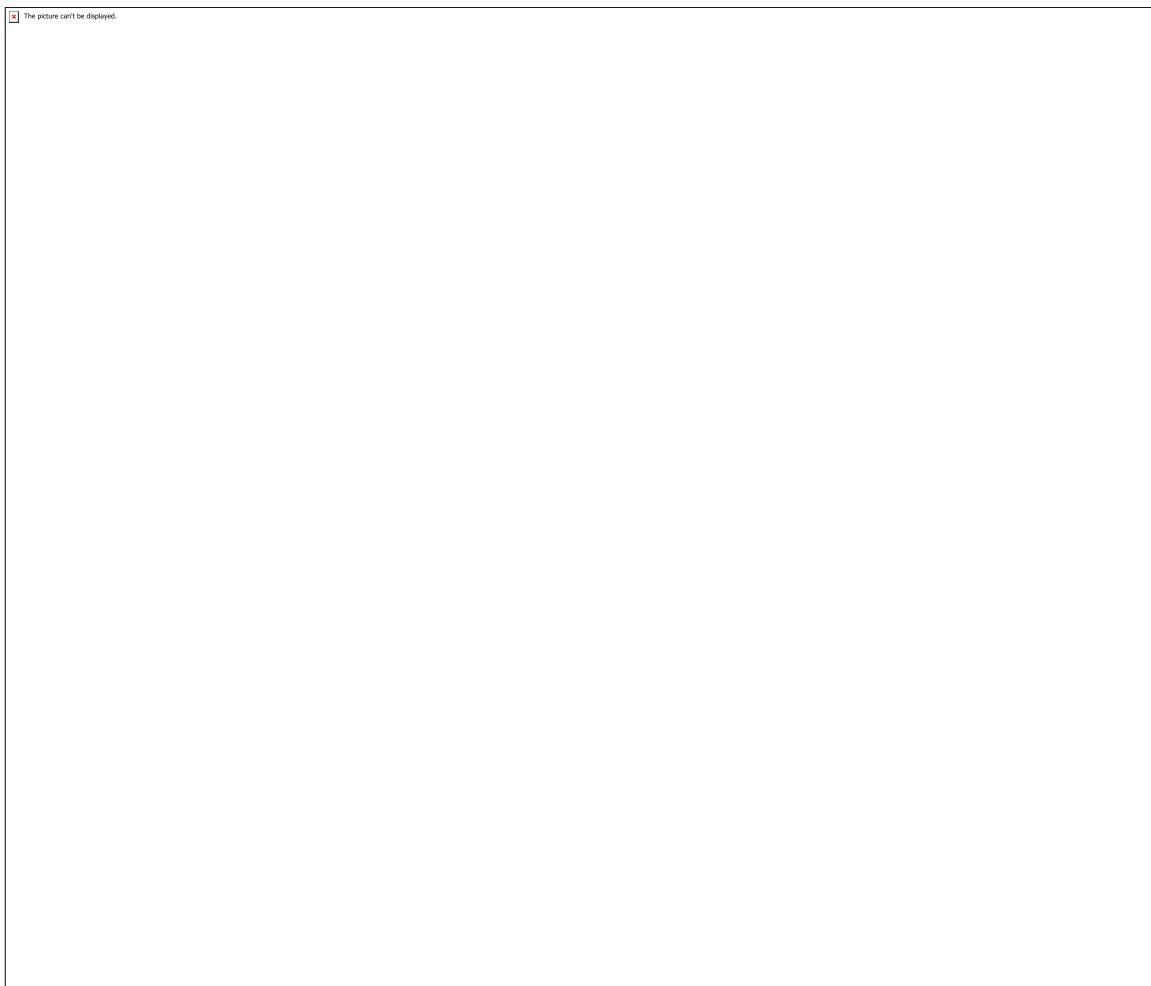


Figura 11 - Microestruturas transversais para a liga SAC207 na posição de 90mm, sendo, (a) padrão, (b) após 10 dias, (c) após 20 dias e (d) após 30 dias de envelhecimento a 100°C.

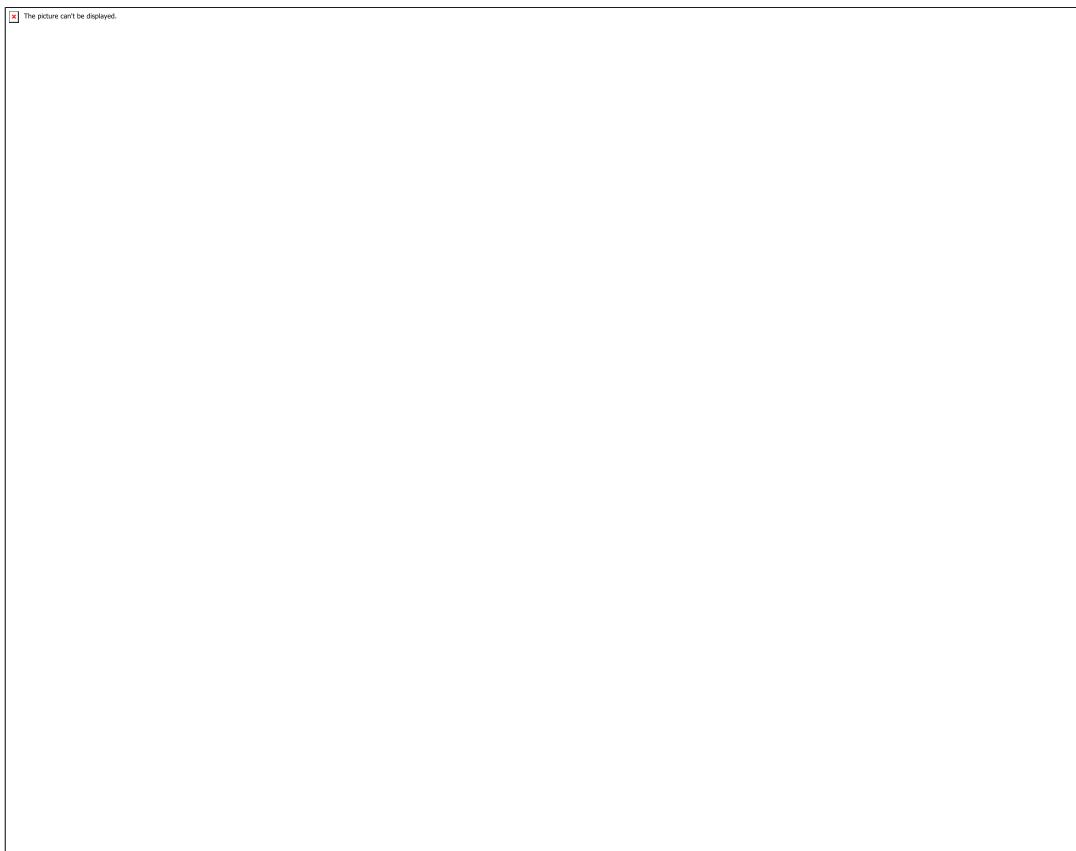


Figura 12 - Evolução dos espaçamentos dendríticos primários (λ_1) com a taxa de resfriamento (\dot{T}_L) para amostras tratadas e não tratadas termicamente do lingote SAC207.

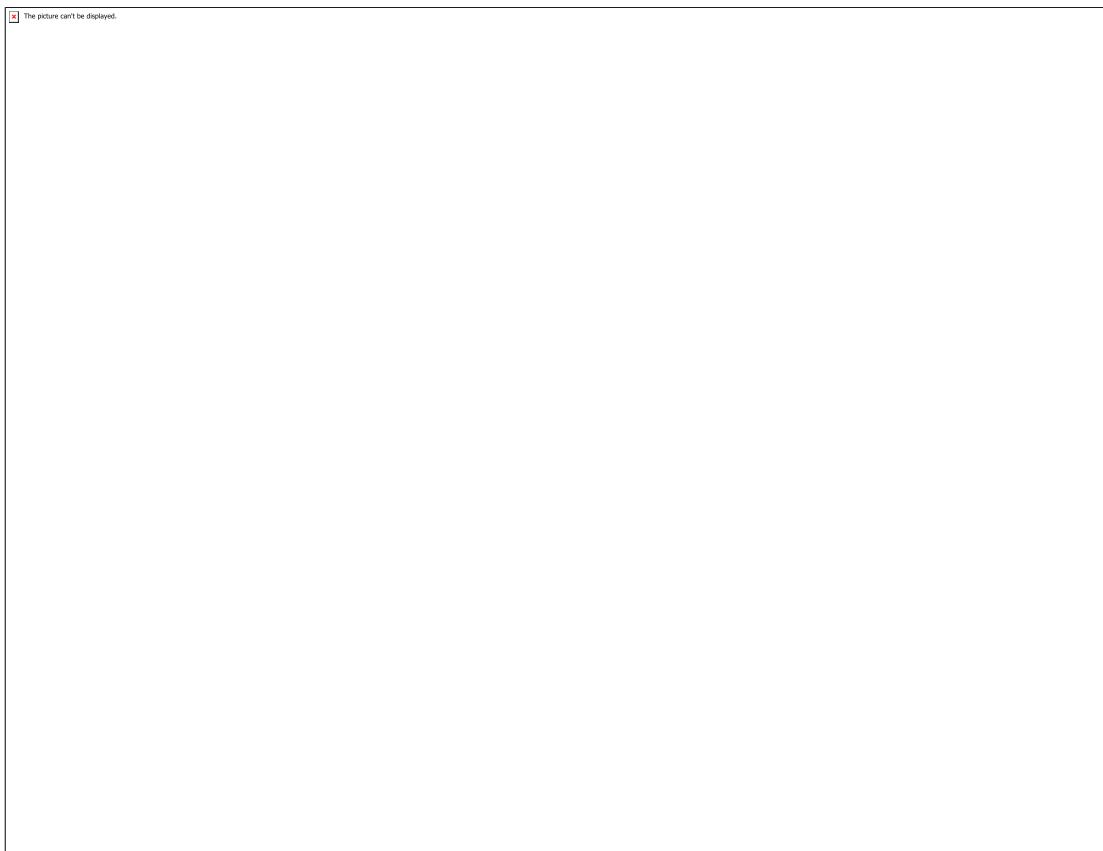


Figura 13 - Difratogramas de Raios-X da liga SAC207 para as diferentes posições analisadas ao longo do lingote [8].

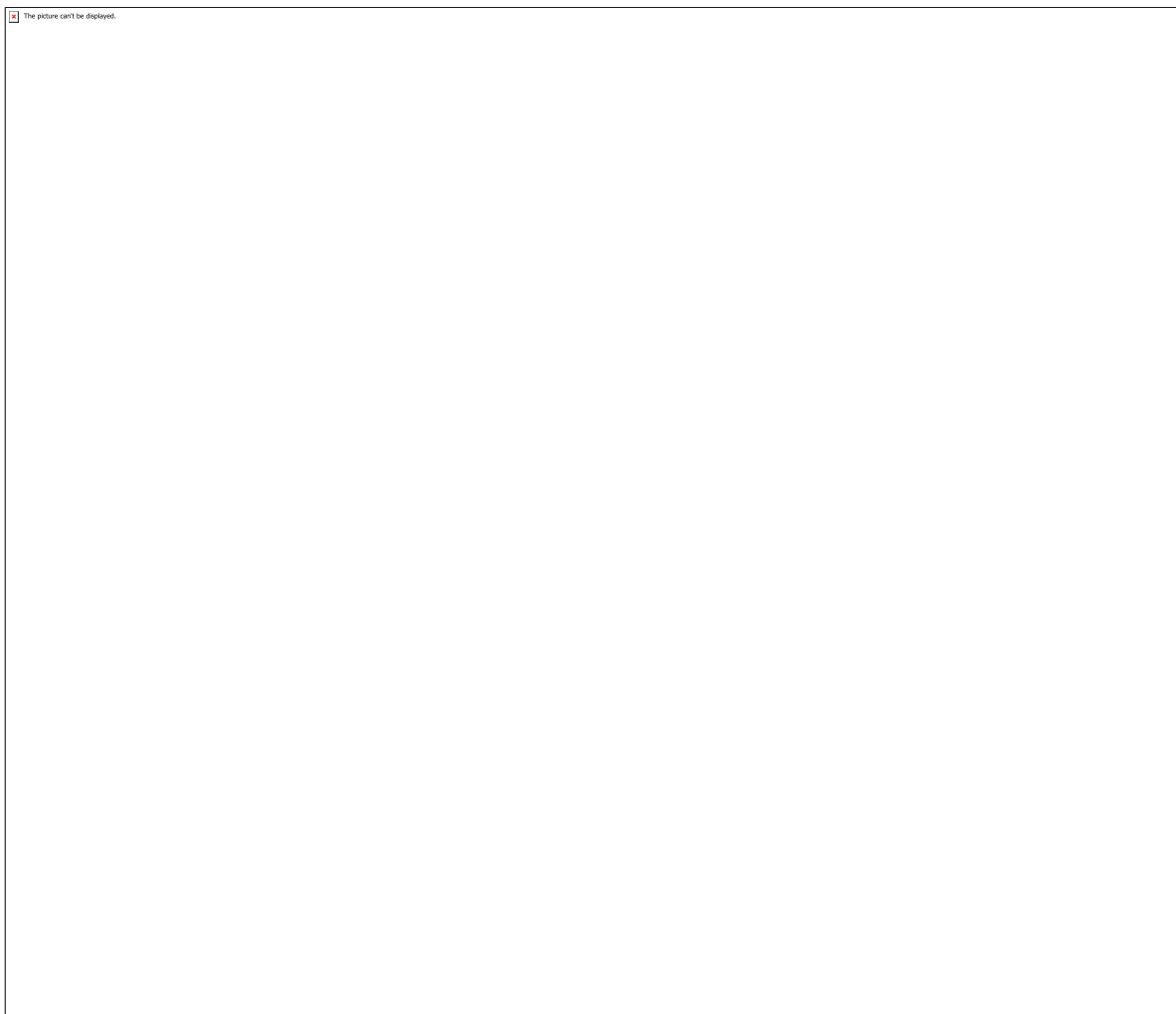


Figura 14 - Imagens MEV para a liga SAC207 na posição de 5mm, sendo, (a) padrão, (b) após 10 dias, (c) após 20 dias e (d) após 30 dias de envelhecimento a 100°C. A seta azul corresponde à matriz dendrítica rica em estanho, a seta vermelha corresponde ao i

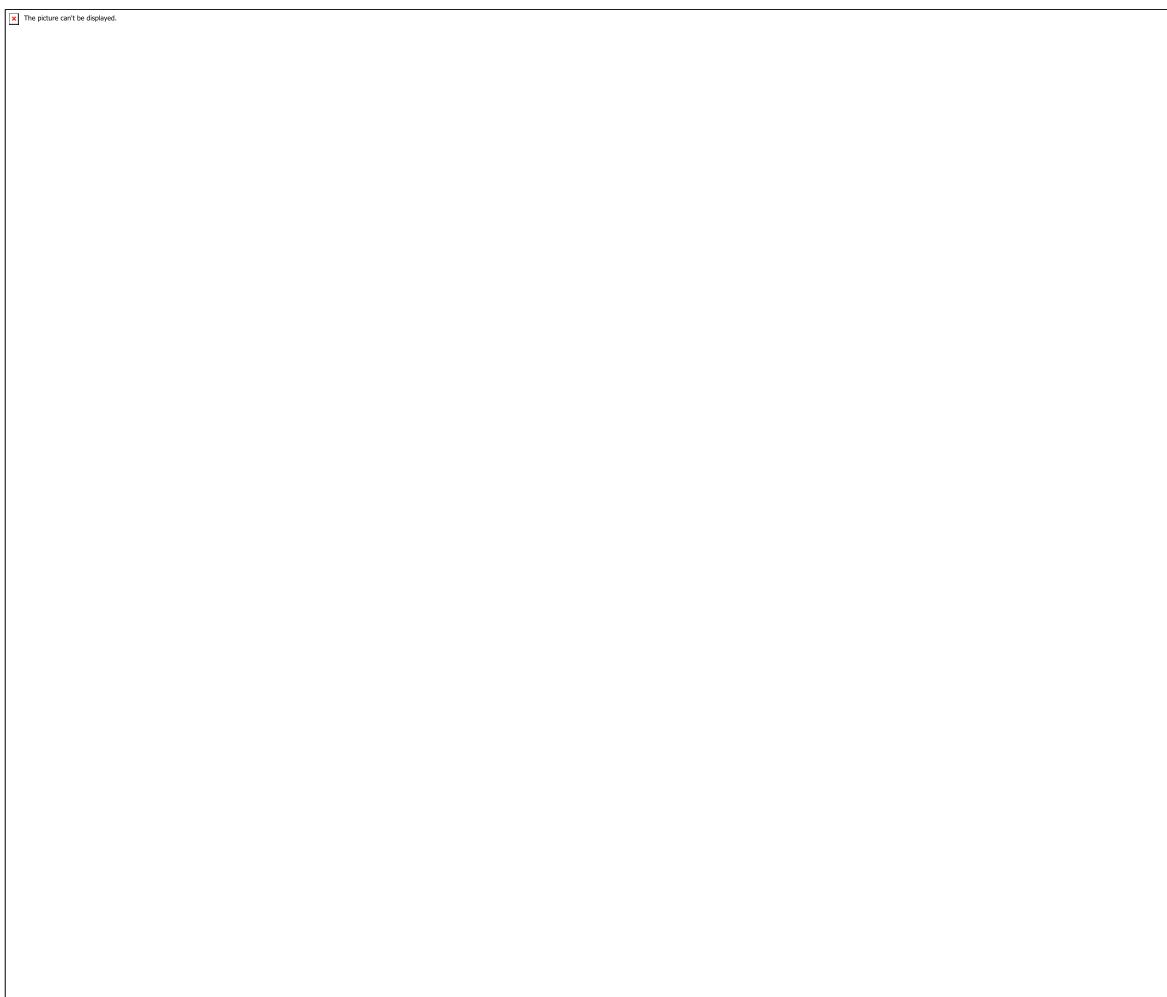


Figura 15 - Imagens MEV para a liga SAC207 na posição de 20mm, sendo, (a) padrão, (b) após 10 dias, (c) após 20 dias e (d) após 30 dias de envelhecimento a 100°C. A seta azul corresponde à matriz dendrítica rica em estanho, a seta vermelha corresponde ao

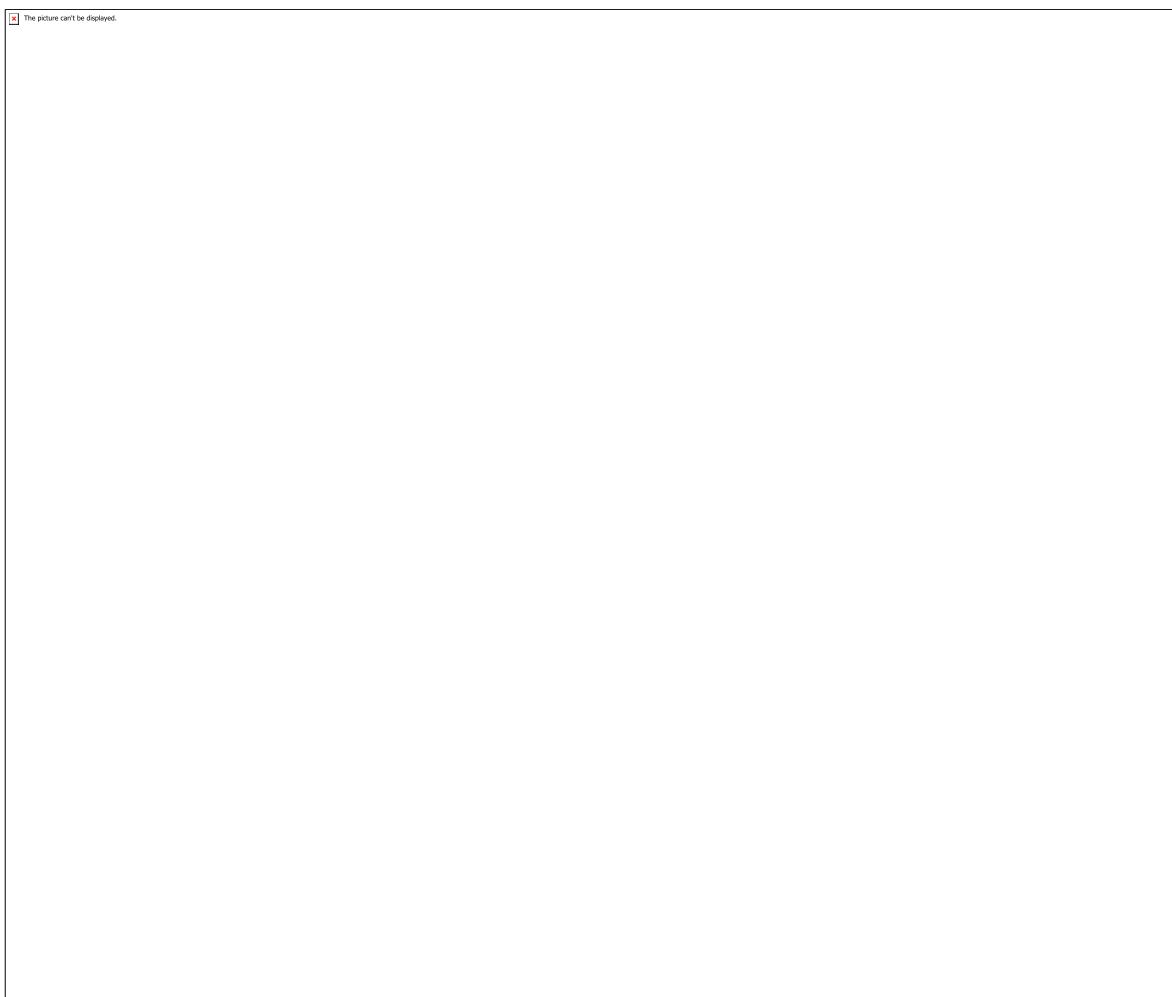


Figura 16 - Imagens MEV para a liga SAC207 na posição de 90mm, sendo, (a) padrão, (b) após 10 dias, (c) após 20 dias e (d) após 30 dias de envelhecimento a 100°C. A seta azul corresponde à matriz dendrítica rica em estanho, a seta vermelha corresponde ao

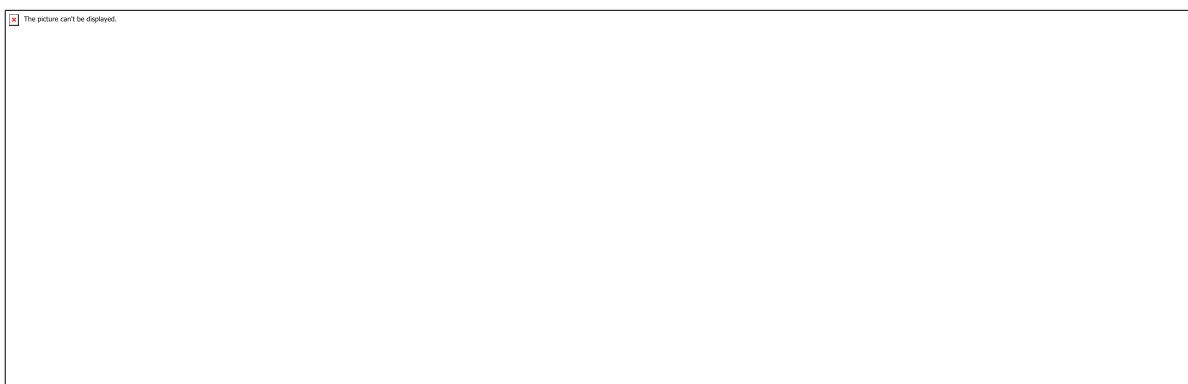


Tabela 1 - Parâmetros térmicos de solidificação (\dot{T}_L e VL), espaçamento eutético (λ_{Ag3Sn}) e morfologia do intermetálico Ag₃Sn para amostras sem e com tratamento térmico de envelhecimento.

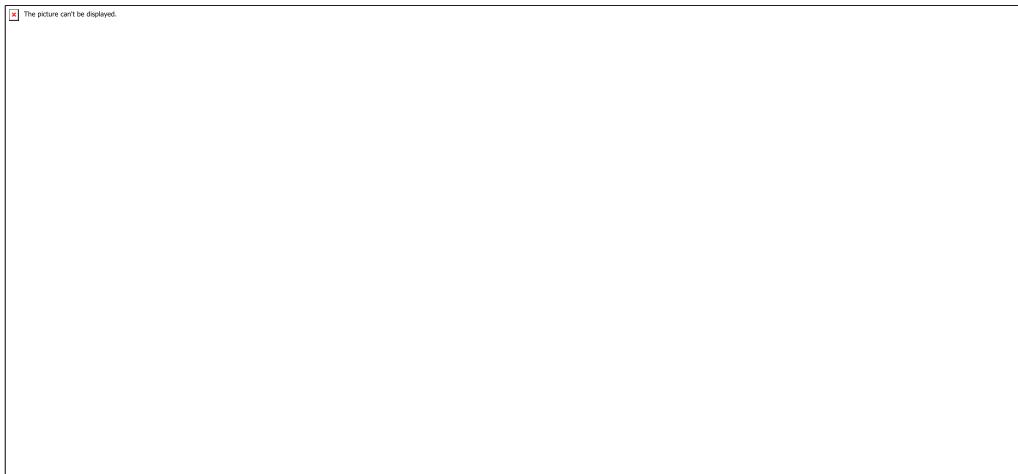


Tabela 2 - Valores de dureza Vickers (HV) para amostras com e sem tratamento térmico de envelhecimento.

CÓDIGO: ET0285

AUTOR: MAIRA RACHEL GERONIMO DE FRANCA

ORIENTADOR: EDUARDO LINS DE BARROS NETO

TÍTULO: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS NA FLOCULAÇÃO IÔNICA MICELAR

Resumo

Os impactos ambientais provocados por diversos setores industriais tornaram-se alvo de preocupação ecológica devido à liberação de dejetos que causam drásticos danos ao ecossistema. Dentre os dejetos que impactam negativamente o meio ambiente, tem-se os corantes, que fazem parte de uma série de substâncias orgânicas agressivas que degradam fortemente a natureza, sendo o setor têxtil uns dos principais segmento industrial responsável pela utilização e liberação desses componentes. Dessa forma, vale ressaltar a importância do tratamento desses efluentes antes de lançá-los em corpos de água para que, assim, reduza seus impactos agressivos provocados ao meio ambiente. Uns dos métodos bastante conveniente para a remoção desses componentes orgânicos é a utilização de tensoativos na extração por floculação iônica. Visando a redução dos impactos ambientais causados pelos corantes, este projeto tem como objetivo avaliar a eficiência do sabão base (conjunto de tensoativos aniónicos carboxilados de variada cadeia carbônica) na remoção do corante aniónico Acid Red pelo método da floculação iônica, analisando a influência da concentração do tensoativo e da alteração do pH do meio reacional na extração desse componente orgânico. Com essa técnica, foi possível a remoção do corante de até 92% com o aumento da concentração do tensoativo em até 2800ppm além da sua otimização com o aumento da acidez da solução inicial do Acid Red, tendo a máxima de remoção de 91% em pH igual a 1.

Palavras-chave: Corante. Tensoativo aniónico. Floculação iônica. Concentração. pH.

TITLE: EVALUATION OF METERS IN MICELAR ION FLOCCULATION

Abstract

The environmental impacts caused by various industrial sectors have become a matter of ecological concern due to the release of waste that causes drastic damage to the ecosystem. Among the wastes that negatively impact the environment are dyes, which are part of a series of aggressive organic substances that strongly degrade nature, being the textile sector one of the main industrial segment responsible for the use and release of these components. Thus, it is worth mentioning the importance of treating these effluents before discharging them into bodies of water so as to reduce their aggressive impacts on the environment. One of the most convenient methods for removing these organic components is the use of surfactants in ion flocculation extraction. Aiming at reducing the environmental impacts caused by the dyes, this project aims to evaluate the efficiency of the base soap (set of carboxylated anionic surfactants of various carbonic chain) in the removal of the Acid Red anionic dye by the ionic flocculation method, analyzing the influence of the concentration of the surfactant and the pH change of the reaction medium in the extraction of this organic component. With this technique, it was possible to remove dye up to 92% with increasing surfactant concentration up to 2800ppm and optimizing it with increasing acidity of the initial Acid Red solution, with a maximum removal of 91% in pH equal to 1.

Keywords: Dye. Anionic surfactant. Ionic flocculation. Concentration. pH.

Introdução

Conforme Cardoso (2012), o uso de corantes pela humanidade é bastante antigo, existindo relatos de hábitos de colorir tecidos no Egito há cerca de 3200 a.C e na Índia há 2000 anos a.C. A prática da utilização de corantes foi ampliada para diversos setores além de têxtil, ganhando aplicabilidade nas indústrias de cosméticos e alimentícias e de papel. Entretanto, devido à toxicidade e à baixa taxa de degradabilidade, os corantes têxteis são considerados os mais perigosos ao meio ambiente (Peixoto, Marinho & Rodrigues, 2013), sendo o processo de tingimento o responsável pela maior liberação desse contaminante na natureza, tendo a estimativa de 15% dos corantes produzidos mundialmente serem perdidos ao meio ambiente nessa aplicabilidade (Guaratini & Zanoni, 2000). Em meio a tal problemática, tem-se uma constante preocupação no tratamento desses efluentes têxteis devido à conscientização ambiental e à maior rigidez das leis. Com isso, diversas técnicas vêm sendo aplicadas para a remoção dos corantes em corpos de água, dentre as citadas por Melo (2015) são fotólise (UV), aplicação de peróxido, adsorção, processos biológicos, filtração, coagulação-flocação. Além dessas técnicas, o uso de tensoativos vem se difundindo para a remoção de corantes devido à sua característica apolar dada à sua cadeia carbônica e à característica polar de caráter iônico na cabeça do tensoativo. Esse duplo caráter permite-o ter finalidade com diversas substâncias, além de reduzir a tensão superficial da água. Uma das maneiras de usar o tensoativo para o tratamento de efluentes contaminados por corantes é a flocação iônica, que, segundo Melo (2015), consiste no uso de tensoativos aniónicos para a formação de flocos de tensoativos por meio da adição de cálcio no meio reacional, proporcionando a interação de compostos orgânicos com sua parte apolar, formando precipitados que podem ser separados por filtração ou sedimentação.

Metodologia

Para a análise da influência da concentração do tensoativo, foram pesadas as massas de sabão base para as concentrações de 100, 200, 3000, 400, 800, 1200, 1600, 2000, 2400 e 2800 ppm em beckeres e, com auxílio de uma pipeta milimetrada, foi adicionado 10ml de água destilada em cada massa e aquecido até 30°C e agitado em uma chapa aquecedora com agitador magnético até a sua solubilização completa. Após isso, adiciona-se a solução do tensoativo em uma proveta contendo 15ml de solução de 500 ppm do Acid Red 57 e agita a mistura no separador de extração Koehler Instrument Company Inc. por oito minutos a 30°C, com rotação de 140 rpm. Em seguida, adiciona-se a solução de cálcio em uma concentração 4:1 do tensoativo e agita-se novamente por dois minutos. Após esse procedimento, filtra-se a solução com um aparato composto de kitassato e bomba a vácuo, utilizando como meio filtrante papel filtro quantitativo faixa azul para a separação dos flocos e analisa-se a absorbância do filtrado no Espectrofotômetro, Varian UV-visível 50 Conc. Para a avaliação do pH na remoção por flocação iônica, foram utilizados soluções diluídas de ácido clorídrico e hidróxido de sódio para o ajuste do pH variando de 1 até 13 da solução inicial de do corante, seguindo o mesmo procedimento anterior após a obtenção do pH desejado para o estudo.

Resultados e Discussões

Conforme os resultados do Gráfico 1 e da Tabela 1, podemos analisar que os dados sobre a influência da concentração do sabão base são coerentes, indicando que, quanto

maior a sua concentração, maior a extração do corante Acid Red 57. Isso acontece devido a maior formação de flocos de tensoativo, tendo melhor eficiência na remoção do corante por aumentar a área e a quantidade de matéria no processo da floculação. Já no Gráfico 2 e na Tabela 2, avaliam a influência do pH do meio reacional na remoção do corante, obtendo a crescente remoção do Acid Red na diminuição do pH. Essas evidências são associadas à acidez natural do corante, na faixa de 4 a 5, indicando que aumento da acidez do meio torna-o mais reativo para se associar com os flocos de tensoativos, otimizando o processo com a remoção 91% de Acid Red 57 em uma concentração de tensoativo fixa de 100 ppm, enquanto que, na acidez natural do corante, a sua remoção utilizando a mesma concentração do tensoativo foi de 58%.

Conclusão

Os estudos dos efeitos da concentração do tensoativo e pH inicial do meio reacional no processo de remoção do corante Acid Red 57 por floculação iônica mostrou que a manipulação desses dois fatores influenciam no tratamento da extração do corante. Dessa forma, há a otimização desse processo ao aumentar a concentração de sabão base, formando mais flocos de tensoativo para auxiliar na remoção; e ao diminuir o pH do meio, tornando a solução do corante mais reativa para associar-se aos flocos. Portanto, conclui-se que a técnica da floculação iônica é eficiente para o tratamento de efluentes contaminados por corantes e que a manipulação de alguns fatores nesse processo auxiliam na máxima remoção desses componentes orgânicos.

Referências

MELO, Ricardo Paulo Fonseca. Remoção de corantes utilizando tensoativos: extração por ponto de nuvem e floculação iônica. 2015. 176f. TALENS-ALESSON, F. I.; SVABOVA, M.; SVAB, M. The role of mixing in high performance Adsorptive Micellar Flocculation. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* v. 355, p. 16-22, 2010. CARR, C. M. *Chemistry of textiles industry.* 1, ed. Great Britain: University Press, Cambridge, 1995, Capítulo 9, 276-332.

Anexos

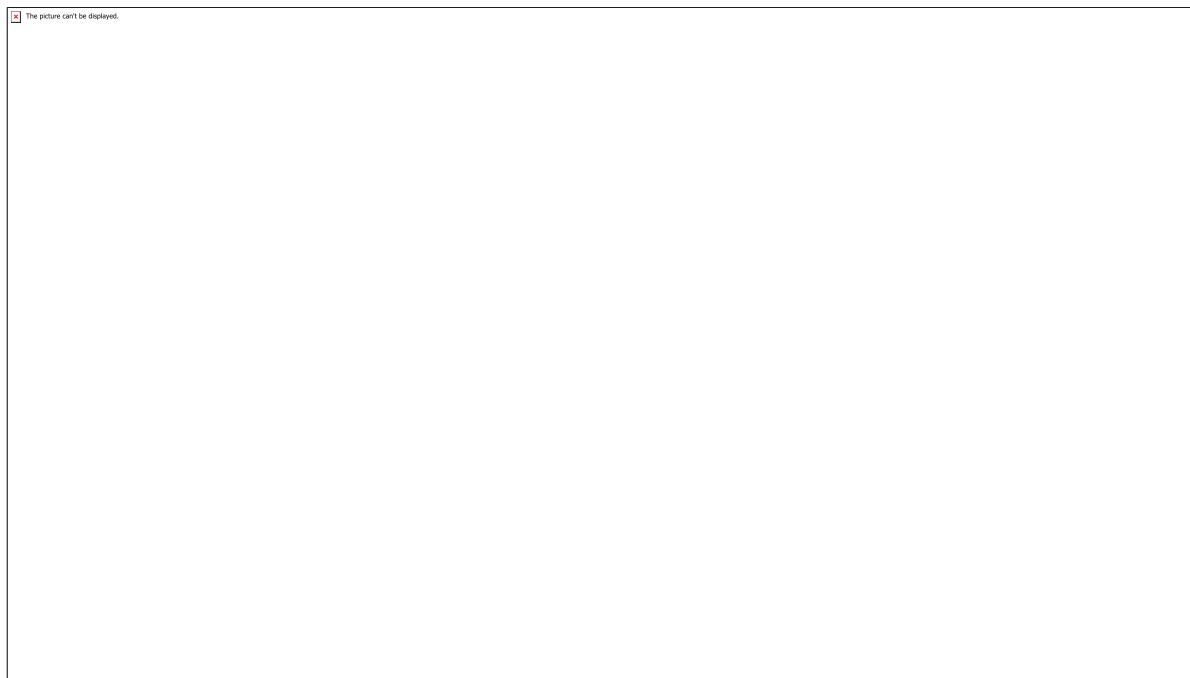


Gráfico 1

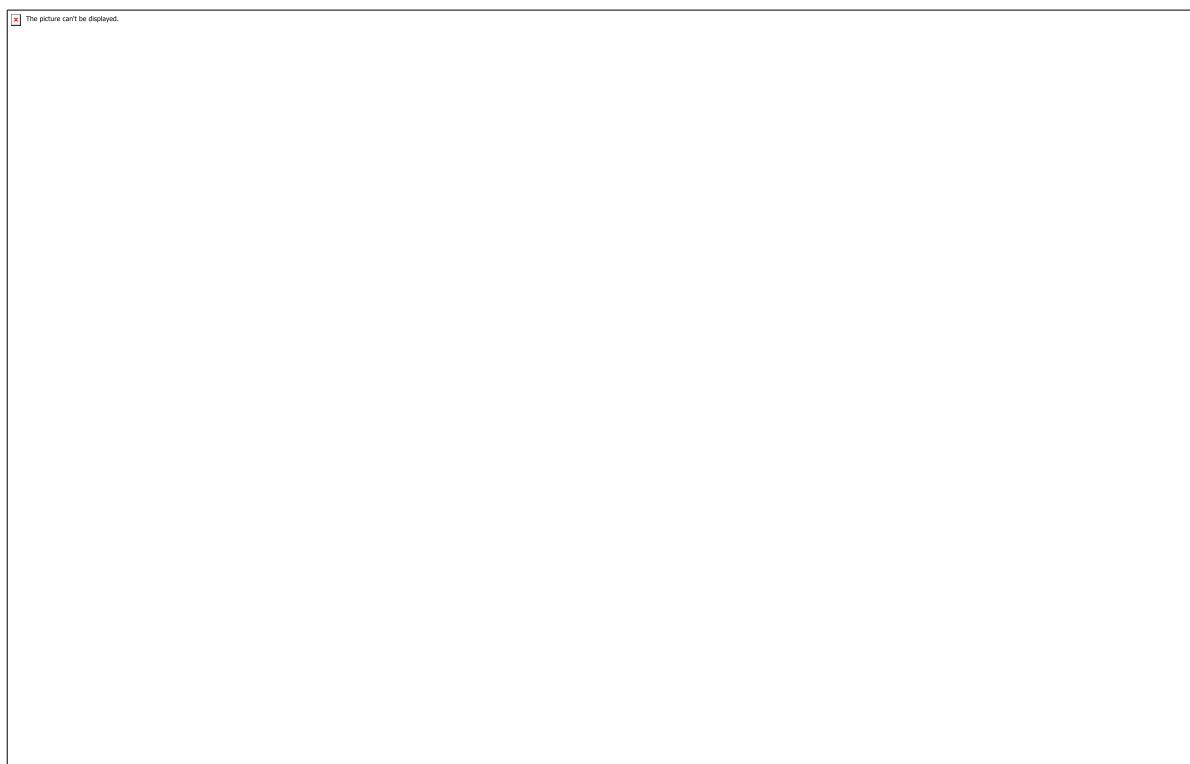


Gráfico 2

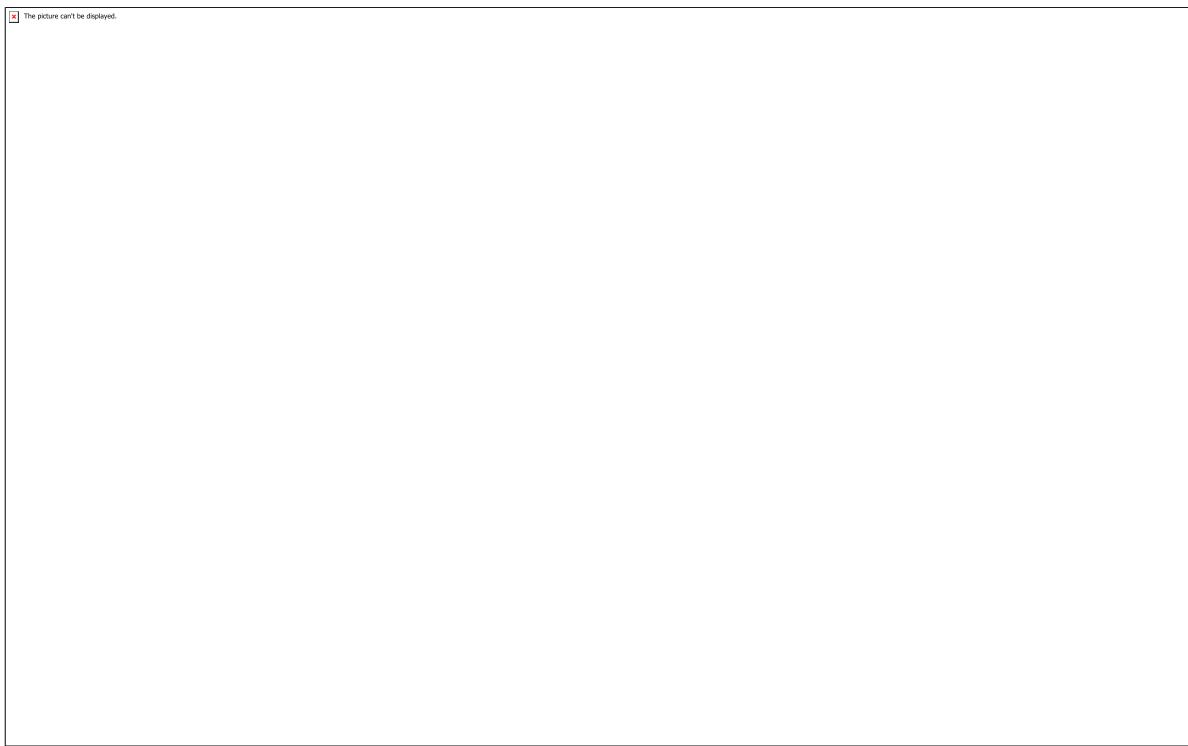


Tabela 1

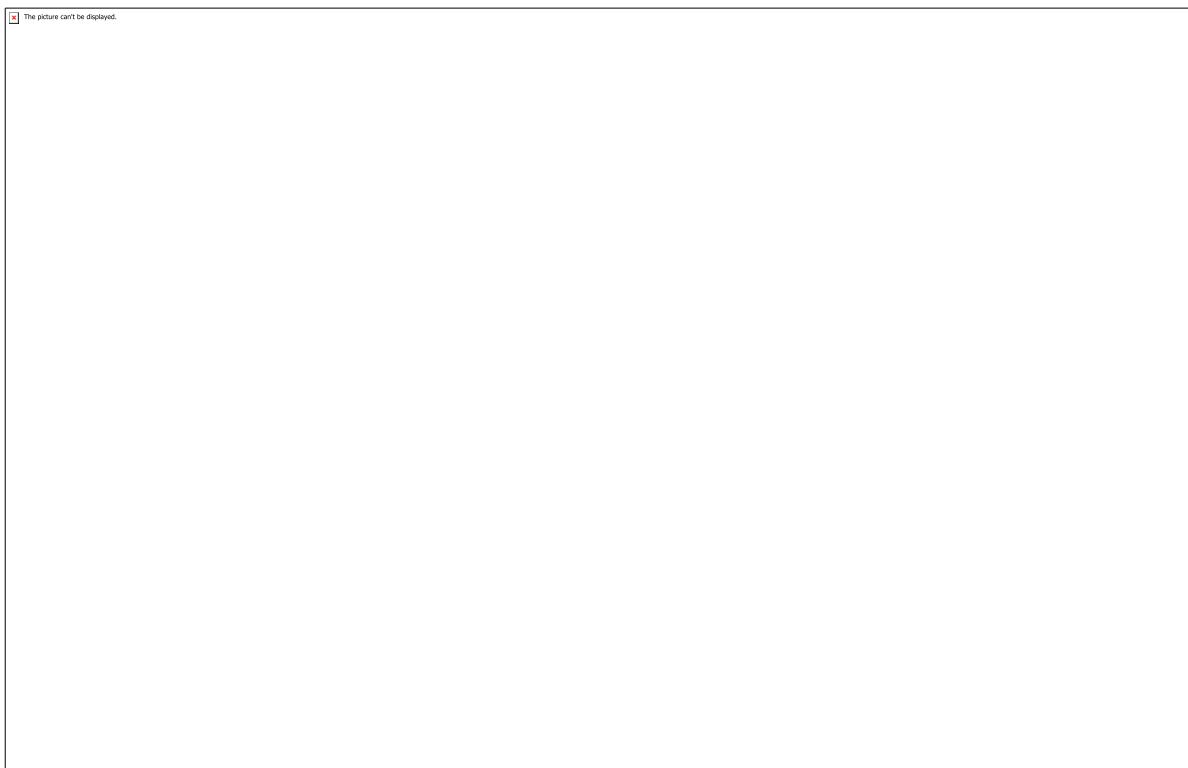


Tabela 2

CÓDIGO: ET0287

AUTOR: ALESON BELO DA SILVA

ORIENTADOR: JAMERSON VIEGAS QUEIROZ

**TÍTULO: USO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA GESTÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA DE INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS DE EDUCAÇÃO: UM ESTUDO DE
CASO NO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**

Resumo

Existe, atualmente, a necessidade de cuidar do ambiente e desenvolver tecnologias que possam beneficiar a relação do homem com a natureza, aproveitando os recursos existentes. O objetivo do projeto foi analisar o impacto da implantação dessa forma de energia, na melhoria das condições ambientais e no desenvolvimento tecnológico. O trabalho possui abordagem qualitativa, por não envolver um tratamento estatístico, mas utilizou-se de dados e observação para atingir os objetivos propostos. Os resultados evidenciaram a importância do uso de tecnologias limpas e aproveitamento das condições que existem nas regiões. Porém, ainda é pouco a quantidade de institutos que utilizam placas solares. A necessidade de agir em meio aos problemas vivenciados na sociedade fez com que o projeto fosse uma alternativa para mudar a problemática ambiental atual e otimizar os recursos.

Palavras-chave: IFRN, energia solar, Inovação tecnológica.

**TITLE: USE OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN MANAGEMENT AND
TECHNOLOGICAL INNOVATION OF BRAZILIAN EDUCATION INSTITUTIONS: A
CASE STUDY IN THE FEDERAL INSTITUTE OF RIO GRANDE DO NORTE**

Abstract

There is currently a need to take care of the environment and develop technologies that can benefit the relationship between man and nature, taking advantage of existing resources. The objective of the project was to analyze the impact of the implementation of this form of energy, the improvement of environmental conditions and technological development. The work has a qualitative approach, because it did not involve a statistical treatment, but it used data and observation to achieve the proposed objectives. The results showed the importance of using clean technologies and taking advantage of the conditions that exist in the regions. However, there are still few institutes that use solar panels. The need to act in the midst of the problems experienced in society has made the project an alternative to change current environmental issues and optimize resources.

Keywords: IFRN, Solar Energy, Technological Innovation

Introdução

Existe, atualmente, a necessidade de cuidar do ambiente e desenvolver tecnologias que possam beneficiar a relação do homem com a natureza, aproveitando os recursos existentes. Vê-se que as pessoas tem vivido uma geração de consumo desenfreado e isso tem gerado altos custos. Não obstante, novos meios têm sido pesquisados e

investimentos tem sido feito para que mudanças ocorressem. Uma forma de mudança e investimento a longo prazo é a energia solar, por meio de placas fotovoltaicas. A energia solar fotovoltaica já possui uma maturidade tecnológica suficiente para substituir outras fontes de energias não renováveis e atender à crescente demanda global de geração de energia sustentável e limpa (KAPOOR et al., 2014). A gestão pública tem buscado realizar ações visando a melhor utilização dos recursos tecnológicos. Torna-se assim, um elemento essencial para a sociedade que mostra cada vez mais interesse. É nesse panorama que as universidades e institutos federais estão inseridas e buscam melhorar sua gestão para cada vez mais conseguir atuar com os recursos que dispõem no atual momento, de muitas incertezas. Segundo Hasapis et al. (2017) um número significativo de universidades está planejando investimentos relevantes com intuito de melhorar a sustentabilidade a curtos e médio prazo. Desse modo, objetivando otimizar recursos, sobretudo nos últimos anos com a crise econômica e política instalada no Brasil. A questão central que norteou o trabalho foi: “como a adoção a energia solar fotovoltaica ajuda a redução de custos nas instituições brasileiras”.

Metodologia

Esse estudo teve uma abordagem qualitativa, por não envolveu um tratamento estatístico. O projeto apresentou uma natureza aplicada, por se tratar da geração de conhecimentos para aplicação prática e dirigidos a soluções de problemas específicos. Também foi classificada como causal, no intuito de compreender os fatores geradores de um dado comportamento, como uma variável interage com outra, encara-se um estudo causal (COOPER, D.R.; SHINDLER, 2003). Neste caso as variáveis são as políticas públicas interagindo com expansão do ensino superior brasileiro. Com relação aos procedimentos, esta pesquisa se classifica como estudo de caso, quando envolve um estudo profundo sobre um determinado assunto, de maneira que se adquira conhecimento detalhado a respeito do mesmo. Por realizar revisões da literatura existente se trata de uma pesquisa bibliográfica, ou seja, levantamento de referências teóricas já realizadas e publicadas cientificamente (COOPER, D.R.; SHINDLER, 2003). E devido à investigação é classificada como ex post facto, onde o experimento se realiza depois dos fatos. Primeiro foi realizado a pesquisa bibliográfica a fim de evidenciar os conhecimentos científicos e as discussões sobre Energia Renováveis, Energia Solar e Gestão Pública. Após a seleção bibliográfica, foi realizada a coleta e análise dos dados disponibilizados no banco de dados das instituições. Após a coleta de dados, ocorreu a Análise e interpretação dos dados e conclusão da pesquisa.

Resultados e Discussões

Foi apresentado o estudo de caso de implantação do sistema solar fotovoltaico no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), localizado na região Nordeste do Brasil. Após isso, foi realizado o resgate da origem e evolução do ensino superior (ES) no Brasil, sobre tudo dos Institutos Federais (IF's)e , também, realizado um levantamento Bibliográfico sobre Energias Renováveis; Energia Solar e Gestão Pública. O processo de implantação de energias renováveis foi mapeado, identificado e quantificado, buscando ver quantos Institutos de Ensino Superior (IES) possuem um sistema de energia solar fotovoltaica no Brasil. Os resultados encontrados foram analisados. f) Analisar os resultados, apontando as possíveis aplicações e expansões da adoção dessa tecnologia em outras instalações de Administração Pública Federal. Os resultados evidenciaram a importância do uso de tecnologias limpas e aproveitamento das condições que existem nas regiões. Porém, ainda é pouco a quantidade de institutos que utilizam placas solares.

Conclusão

A necessidade de agir em meio aos problemas vivenciados na sociedade fez com que o projeto fosse uma alternativa para mudar a problemática ambiental atual e otimizar os recursos. Porém, o custo inicial é alto e deve ser feito um estudo de viabilidade de implantação nas regiões. Apesar do curto período do projeto, os resultados deixados podem durar por muito tempo e garantir um ambiente saudável e equilibrado para as presentes e futuras gerações. A nível acadêmico, a formação de estudantes mais humanizados, que através da interdisciplinaridade, buscaram soluções para problemas.

Referências

- COOPER, D.R.; SHINDLER, P. S. Métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman, 2003. HASAPIS, D. et al. Design of large scale prosuming in Universities: The solar energy vision of the TUC campus. Energy and Buildings, v. 141, p. 39–55, 2017. IFRN ultrapassa 1MWp em geração solar fotovoltaica — Portal IFRN. Disponível em: <<http://portal.ifrn.edu.br/campus/reitoria/noticias/ifrn-ultrapassa-1mwpp-em-geracao-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 2 ago. 2017. KAPOOR, K. et al. Evolution of solar energy in India: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 40, p. 475–487, 2014.

CÓDIGO: ET0291

AUTOR: GIOVANNA MEDEIROS CAMILO

COAUTOR: TEREZA BEATRIZ OLIVEIRA ASSUNÇÃO

COAUTOR: LEONARDO GURGEL CORREIA DE AZEVEDO

ORIENTADOR: CUSTODIO LEOPOLDINO DE BRITO GUERRA NETO

TÍTULO: Escaneamento 3D de maxilares

Resumo

A técnica utilizada atualmente na odontologia para fazer moldagens traz grande incômodo para o paciente e demanda tempo do dentista, bem como espaço físico para produzir e armazenar a peça final. Com isso, foi pensado uma solução capaz de realizar o escaneamento de toda a arcada dentária, sem causar qualquer desconforto ao paciente, um scanner intra-oral 3D. Esse tipo de equipamento já existe no mercado, porém seu custo é altíssimo, logo a ideia foi desenvolver esse equipamento à um custo acessível. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica, a fim de entender o funcionamento de um scanner e analisar pontos relevantes para obter o resultado de maneira assertiva quanto a fidelidade do scanner, de modo mais econômico. O próximo passo é utilizar a revisão para criar um protótipo, que passará por testes e otimizações até que seja obtido um modelo ideal para o mercado odontológico.

Palavras-chave: scanner intra-oral, scanner 3D, moldes odontológicos

TITLE: 3D scan of jaws

Abstract

The technique currently used in dentistry to make moldings brings great inconvenience to the patient and demands time from the dentist, as well as physical space to produce and store the final part. Thus, a solution was designed to scan the entire dental arch without causing any discomfort to the patient, an intraoral 3D scanner. This type of equipment already exists in the market, but its cost is very high, so the idea was to develop this equipment at an affordable cost. Initially, a literature review was performed in order to understand the operation of a scanner and analyze relevant points to obtain the result in an assertive manner regarding the fidelity of the scanner, in a more economical way. The next step is to use the overhaul to create a prototype, which will undergo testing and optimization until an ideal model is obtained for the dental market.

Keywords: intraorally scan, 3D scan, dental molds

Introdução

Uma prática comum nos tratamentos odontológicos é a moldagem, procedimento que consiste em colocar uma moldeira carregada de material à boca do paciente, a fim de obter um molde. Posteriormente, esse molde é preenchido com gesso para obtenção de uma réplica da boca do paciente, evitando assim que o paciente precise estar presente durante o processo de produção de futuras próteses. Para aprimorar os resultados, há uma busca constante na área da odontologia por técnicas que consigam retratar de forma mais fidedigna a cavidade bucal. Com o passar dos anos, materiais e

procedimentos foram aperfeiçoados com objetivo de obter um modelo com melhores características [1]. Utilizando o método tradicional, citado anteriormente, percebeu-se, que, por vezes o material escoava da moldeira em direção a garganta do paciente. Notoriamente, isso é um problema que acarreta desconforto e incômodo aos pacientes, mas pode também levar a não realização do procedimento ou falhas no processo de moldagem.

Uma tecnologia capaz de auxiliar esse procedimento são os sistemas digitais de escaneamento, que surgiram na metade dos anos 80, e têm evoluído com o tempo [2]. Atualmente já estão disponíveis no mercado duas modalidades de sistemas: os sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design e Computer Aided Manufacture) e os sistemas de moldagem digital 3D. Porém ambos são extremamente caros inviabilizando seu uso nos consultórios odontológicos [3]. Sem dúvida esses sistemas apresentam modelos mais precisos que as moldagens tradicionais. Alguns consultórios odontológicos já o utilizam, porém, o custo para obtenção desta tecnologia é muito alto.

Com base nas dificuldades citadas, esse projeto visa alcançar, a baixo custo, a mesma resolução dos produtos já existentes no mercado para o procedimento de moldagem. A solução será construir um scanner intra-oral para mapear toda as partes da cavidade oral úteis para a confecção dos modelos. O dispositivo funcionará por meio de imagens, capturadas por uma câmera e digitalizadas no computador, permitindo uma visualização prévia do molde, que posteriormente poderá ser materializado por uma impressora 3D. Através desse método, outros problemas poderão ser solucionados, como o tempo de espera até que o modelo fique pronto, já que o dentista é responsável por todas etapas prévias da moldagem até o envio do molde negativo para um laboratório, onde será preenchido por gesso para obter o modelo da boca [1]. Existe ainda o risco de haver algum erro, sendo necessário produzir um novo negativo, submetendo o paciente novamente pelo mesmo incômodo. Outra questão que pode ser solucionada é o espaço físico, uma vez que os escaneamentos digitais podem ser armazenados em computadores, não seria mais necessário um espaço “extra” para alojar os modelos convencionais [4]. No quesito financeiro, o scanner intra-oral também traz benefícios, uma vez que haverá redução dos custos com materiais para moldagem, dos serviços laboratoriais e ainda de repetição do processo, já que é possível visualizar o modelo durante o escaneamento.

Com tudo, fica claro que a substituição da moldagem tradicional pelo escaneamento digital possui diversos pontos positivos, não só ao paciente, mas também agilizando o trabalho nas clínicas odontológicas.

Metodologia

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica baseada em artigos das plataformas Science Direct e Researchgate. Os critérios de busca utilizado, em sua maioria, foram por artigos recentes, de 2016 a 2018, abordando a temática scanner 3D. Obtendo assim 6 artigos, dois sobre o método de triangulação e os demais sobre scanners 3D em geral, lidos e analisados quanto aos detalhes que um scanner 3D deve possuir para que se obtenha a melhor representação possível e ainda assim, o que pode ser feito para que seu custo não seja alto. Já o segundo passo será o protótipo que consistirá em um scanner em formato que se assemelhará a uma caneta, capaz de captar os dados intra orais por meio de triangulação por raio laser e uma câmera. Com um modelo inicial, será

feita a validação do equipamento, tendo os resultados esperados, serão publicados artigos sobre todo o desenvolvimento.

Resultados e Discussões

Revisados os artigos, percebeu-se que os scanners 3D tiveram uma maior disseminação nos últimos anos, sendo possível obter os dados tridimensionais do objeto escaneado de duas formas, por contato ou sem contato. [5] O modelo que mantém contato físico com o objeto, resulta em uma melhor precisão, porém perde pontos quanto ao tempo de escaneamento, já que a aquisição ponto a ponto o torna muito demorado, além disto há o risco de que o objeto saia de sua posição original ou tenha materiais e formas muito complexas para se percorrer. [6] Já os scanners sem contato são mais ágeis e variam quanto a fonte de luz usada para obter os dados tridimensionais [6] [7]. A definição de qual o mais indicado vai depender da aplicação que se deseja, como medição, visualização tridimensional, “renderização”, animação, ou criação de modelos geométricos básicos. [8]

Para este trabalho foi selecionado o laser do tipo linha, pois tem um baixo custo e uma qualidade de imagem aceitável clinicamente, além disso é uma tecnologia que permite a aquisição de nuvens de pontos, um conjunto de coordenadas (x,y,z) [8]. Neste método, o objeto causa uma deformação no feixe de laser enquanto está sendo escaneado, é então esta deformação que será tratada para se obter as coordenadas do objeto por meio de triangulação. [5] Alguns erros, porém, podem estar ligados ao uso do laser, como erros sistemáticos do laser, iluminação inapropriada, falhas na angulação entre laser e câmera e superfícies reflexivas, que podem causar ruído. [5] [6]

Após a certificação de que os possíveis erros foram minimizados ao máximo, se inicia os passos para o escaneamento, onde o laser varrerá toda a superfície do objeto, acompanhado de uma câmera que registra frames únicos para cada região mapeada. Durante este processo o laser se deforma de acordo com a superfície, correspondendo ao parâmetro da profundidade, já uma dobra corresponde a uma mudança de plano e uma descontinuidade, significa uma falha física. [9]

De acordo com o estudo de [10] há dois algoritmos de importância para que esta coleta de dados obtenha sempre seu melhor desempenho, a calibração e o tratamento das imagens. A calibração deve ser feita antes do escaneamento, para que haja a certeza de que o equipamento está livre dos erros sistemáticos, seguindo os passos: Alinhamento vertical do laser; Alinhamento central do laser; Posicionamento da câmera para garantir o correto alinhamento da linha do laser no centro da imagem; Escanear o objeto de calibração e obter os parâmetros de mapeamento. Já o tratamento de imagens é necessário para que se consiga transformar as imagens capturadas em nuvem de dados, seguindo o procedimento recursivo: Receber número total de imagens; graus = 0, i = 0; Ler imagem i; Calibração; Filtragem de cor; Dilatação; Afinamento; Determinar contornos do laser; Interpolação; Mapeamento 3D; Salvar pontos 3D; Graus = Graus + 360/número de imagens; Repetir o processo para todas as imagens.

Conclusão

Feitas as revisões dos scanner 3D, o próximo passo é dar início à análise dos pontos positivos e redução dos pontos negativos dos atuais modelos de scanner, para montar o protótipo. De acordo com o estudado, a forma mais acessível de fazê-lo é por meio da associação de um laser de linha e uma câmera, levando em conta que as superfícies que serão escaneadas não podem ter a característica de reflexibilidade muito prevalecente. Além disso, cuidar para que a angulação entre o laser e a câmera sejam ideais, e ainda que a calibração seja feita de forma contínua.

Referências

OLIVEIRA, Liliane da Silva. Moldagem em prótese total – uma revisão de literatura. 2012. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

UEDA, Nathallie Campos. Sistema CAD/CAM como ferramenta na Odontologia. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

Zavanelli RA, Zavanelli AC, Magalhães JB, Paula WN, Cardoso LC, Lima GRB, et al. Técnicas convencionais e atuais de moldagem em próteses fixas. In: Associação Brasileira de Odontologia; Pinto T, Verri FR, Carvalho Junior OB, organizadores. PRO-ODONTO PROTÉSE E DENTÍSTICA Programa de Atualização em Prótese Odontológica e Dentística: Ciclo 7. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2016. p. 119-76. (Sistema de Educação Continuada a Distância; v. 2).

POLIDO, W. D. "Moldagens digitais e manuseio de modelos digitais: o futuro da Odontologia" Dental Press J Orthod, 2010, Sept-Oct; 15(5):18-22.

Genta, Gianfranco & Minetola, Paolo & Giulio, Barbato. "Calibration procedure for a laser triangulation scanner with uncertainty evaluation". Optics and Lasers in Engineering. 86 (2016) 11-19.

Mohammed A. Isa, Ismail Lazoglu "Design and analysis of a 3D laser scanner" Measurement, Volume 111, December 2017, Pages 122-133.

Hudaib, Amjad & AL-Azzam, Saad. "A Simple and Inexpensive 3D Scanning of Remote Objects by Robot". Modern Applied Science, vol. 12, no. 4, 2018.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Tecnologia 3D Laser Scanning: características, processos e ferramentas para manipulação de nuvens de pontos. In: SIGRADI 2011 - CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 15., 2011, Santa Fé. Anais eletrônicos... Santa Fé: SIGRADI, 2011.

T. H. Hoo and M. R. Arshad, "A simple surface mapping technique using laser triangulation method," presented at ICOLA, Jakarta, Indonesia, (2002).

WISPEL, W. ; MACHADO, R. ; LEGG, A. P. ; BAYER, F. M. . Um scanner 3D de baixo custo. In: XXXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E

PROCESSAMENTO DE SINAIS - SBrT2017, 2017, São Pedro. Um scanner 3D de baixo custo, 2017. p. 1203-1207.

CÓDIGO: ET0296**AUTOR:** PEDRO HENRIQUE MACIEL DA SILVA**ORIENTADOR:** BISMARCK LUIZ SILVA**TÍTULO:** Estudo da microestrutura envelhecida da liga ternária Sn-0,7%Cu-0,05%Ni**Resumo**

Estudos sobre o efeito de ciclos térmicos (variações de temperatura e tempo) nos aspectos microestruturais de ligas alternativas livres de Pb são preliminares na literatura. Desta forma, este trabalho objetiva realizar uma análise microestrutural da influência do tratamento térmico de envelhecimento ($T=100^{\circ}\text{C}$ com tempos de 10, 20 e 30 dias) na microestrutura da liga eutética Sn-0,7%Cu-0,05%Ni solidificada unidirecionalmente no sentido vertical ascendente em substrato de Cu contra chapa molde de aço 1020. Três diferentes níveis de taxa de resfriamento e velocidade de solidificação (V) foram considerados para análise, tendo como foco a morfologia, distribuição e tamanho das fases nas regiões dendríticas, celulares e eutéticas. Os resultados mostraram que uma microestrutura celular composta de uma matriz β -Sn circundada por uma mistura eutética Sn e intermetálico (Cu,Ni)6Sn5 prevaleceu ao longo do lingote Sn-0,7%Cu-0,05%Ni. Nas posições iniciais (até 6mm) do lingote foi possível observar alta taxa de resfriamento e regiões dendríticas. Notou-se que microestruturas mais refinadas foram encontradas para maiores valores de T e V . O intermetálico (Cu,Ni)6Sn5 apresentou morfologia de tipo fibrosa. Verificou-se que as condições impostas no tratamento térmico de envelhecimento não promoveram alterações significativas na microestrutura bruta de fusão (espaçamentos dendríticos primários- λ_1 e/ou celular- λ_C) da liga.

Palavras-chave: Solidificação; Liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni; Tratamento térmico**TITLE:** MICROSTRUCTURAL ASSESSMENT OF Sn-0.7wt.%Cu-0.05wt.%Ni SOLDER ALLOY SUBMITTED TO THERMAL AGING TREATMENT**Abstract**

Studies on the effect of thermal cycles (temperature and time variations) on microstructural aspects of Pb free alternative alloys are preliminary in the literature. Thus, this work aims to perform a microstructural analysis of the influence of aging heat treatment ($T = 100^{\circ}\text{C}$ with times of 10, 20 and 30 days) on the Sn-0.7% Cu-0.05% eutectic alloy microstructure Unidirectionally upwardly solidified Ni in Cu substrate against 1020 sheet steel plate. Three different levels of cooling rate and solidification speed (V) were considered for analysis, focusing on the morphology, distribution and size of the substrates. phases in the dendritic, cellular and eutectic regions. The results showed that a cellular microstructure composed;-Sn matrix surrounded by a Sn and intermetallic (Cu, Ni) 6Sn5 eutectic mixture prevailed along the Sn-0.7% Cu-0.05% Ni ingot. In the initial positions (up to 6mm) of the ingot it was possible to observe high cooling rate and dendritic regions. More refined microstructures were found for higher values of maiores and V . Intermetallic (Cu,Ni)6Sn5 presented fibrous morphology. It was found that the conditions imposed in the aging heat treatment did not promote significant changes in the crude fusion microstructure (primary dendritic and/or cellular dendritic

spacings) of the Sn-0.7% Cu-0.05% Ni eutectic alloy. The aging heat treatment promoted a slight increase in eutectic arrangement and intermetallic size.

Keywords: Sn-0.7%Cu-0.05%Ni alloy; aging treatment.

Introdução

Atualmente é possível observar uma crescente produção de dispositivos eletrônicos, os quais, em sua maioria, utilizam na soldagem das interconexões metálicas ligas à base de ligas Sn-Pb (37% ou 40% em peso de Pb). O seu amplo uso na indústria deve-se ao seu baixo custo, baixo ponto de fusão (183°C) e bom molhamento em substratos metálicos como cobre e níquel [1]. No entanto, devido aos aspectos danosos do chumbo aos seres humanos e ao meio ambiente, diversas diretrizes, principalmente no âmbito internacional, vêm sendo criadas e implementadas, a fim de minimizar os efeitos prejudiciais deste metal tóxico. Assim, surgem as ligas alternativas livres de chumbo (do inglês — Lead-Free Solder Alloys), com o objetivo de substituir as ligas tradicionais Sn-Pb [2, 3, 4-8]. Entre várias ligas disponíveis, as ligas do sistema Sn-Cu-(xNi) surgiram como opções promissoras para aplicações em dispositivos eletrônicos, principalmente em composições variando de 0,5 a 1,0% (% em peso) de Cu e de 0 a 0,1% de Ni, com ponto de fusão próximo de 227°C. A reação eutética acontece entre a fase não facetada β -Sn e o intermetalíco Cu₆Sn₅ (facetado). Esta liga tem recebido muita atenção na indústria e pesquisa em relação à outras devido ao seu baixo preço de produção quando comparada com outras ligas alternativas, que incluem o elemento de liga prata (Ag) em sua composição[12]. Sabe-se que a microestrutura, as propriedades mecânicas, a resistência térmica e elétrica e a molhabilidade da liga eutética de Sn-0,7%Cu podem ser alteradas pela adição de pequenas quantidades de alguns elementos de liga, como o níquel, e por condições de solidificação (taxa de resfriamento, velocidade de solidificação, segregação, coeficiente interfacial de transferência de calor) [11, 13, 15]. Ligas Sn-0,7%Cu-(xNi) são alternativas interessantes, contudo, investigações sobre o efeito de tratamentos térmicos de envelhecimento na microestrutura final ainda são escassos na literatura [10]. Estudos de Liu e Madeni [8], analisaram diferentes temperaturas e tempos de envelhecimento na camada de dissolução formada entre substrato de Cu e várias ligas livres de Pb. Concluiu-se que a formação da camada de intermetalícios junto à interface é um processo controlado por difusão e o aumento de temperatura e tempo de envelhecimento promovem o aumento da camada do intermetalíco. Li e coautores [14] estudaram o comportamento do intermetalíco (Cu,Ni)₆Sn₅ na camada de reação entre Sn-0,7%Cu-0,05%Ni e substratos revestidos com cobre quando a liga Sn-Cu-Ni foi submetida a ciclos térmicos de 60°, 100°, 140° e 180°C por 100h. Observou-se que houve o crescimento do intermetalíco (Cu,Ni)₆Sn₅ com o aumento da temperatura e também uma maior dispersão do intermetalíco dentro da fase β -Sn. O crescimento da camada de intermetalíco Cu₃Sn também foi observado para maiores temperaturas de envelhecimento [14,11].

Metodologia

2 METODOLOGIA **2.1 PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO** Na preparação da liga eutética Sn-0,7%Cu-0,05%Ni, primeiramente os metais puros (Sn, Cu e Ni) foram cortados e pesados em uma balança eletrônica de precisão. Em seguida, o estanho, cobre e níquel, respectivamente, foram decapados pelas soluções compostas de 10mL de HF+10mL de HNO₃+10mL de H₂SO₄+20mL de H₂O, 40mL HNO₃+10mL H₂O e 30 mL H₂SO₄ + 30 mL HNO₃ + 30 mL HF + 10 mL H₂O (SILVA, 2013). Em seguida foi utilizada uma centrífuga do tipo Titancast 700 VAC, da fabricante Linn High Therm de procedência alemã. A fusão foi realizada a vácuo o que minimizou a presença de óxidos

e as eventuais perdas de composição. Todos os sistemas desse tipo permitem operação a vácuo, além da conversão em ar, gás inerte, apenas vácuo ou vácuo com gás inerte. No caso das fusões das pré-ligas foram utilizados cadiinhos de alumina. O forno de indução utilizado para fusão das ligas é da marca Inductotherm VIP modelo power-trak 50-30 R. Nesse estágio o metal líquido é vertido em uma lingoteira, que se encontra acoplada ao dispositivo de solidificação, ocorrendo a solidificação espontânea do metal. Com o intuito de refundir o material, deve ser acionado o sistema de aquecimento do dispositivo através de resistências elétricas. Para garantir a total fusão da liga e a estabilização do líquido será aplicado um superaquecimento de aproximadamente 20% acima da temperatura eutética (TE). Quando a temperatura desejada é alcançada, o desligamento do dispositivo é acionado o sistema de refrigeração forçada de água na chapa do molde. O monitoramento e o registro são realizados por termopares inseridos e no interior da lingoteira e conectados a um sistema de aquisição de dados. A Figura 1 mostra o sistema de solidificação ascendente utilizado nos experimentos. A estrutura do forno desse sistema consiste em um tubo mecânico de aço carbono sem costura. Acoplado a base encontra-se o sistema de refrigeração, que utiliza água como fluido de refrigeração e também o sistema de acoplamento das lingoteiras. O forno utilizado no dispositivo de solidificação é constituído de resistências elétricas, montadas em uma peça refratária cilíndrica, com potência controlada, permitindo obter diferentes níveis de superaquecimento para o metal líquido [10]. No experimento de solidificação foi utilizada uma lingoteira de aço inoxidável AISI 310 com 60 mm de diâmetro interno, 157 mm de altura e 5 mm de espessura de parede. No presente trabalho uma chapa molde de cobre com 3 mm de espessura foi utilizada. A lingoteira possui furos de 1,5 mm de diâmetro para passagem dos termopares que registram a evolução das temperaturas do metal. No geral, foram utilizados seis (6) termopares nas posições: 4, 9, 26, 45, 60 e 75 mm a partir da interface metal/molde para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni. Foi realizada a pintura da parede interna da lingoteira, com um cimento refratário sílico-aluminoso para evitar possíveis extrações de calor na direção radial e facilitar a desmoldagem dos lingotes [10].

2.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS As variáveis térmicas de solidificação como velocidade da frente eutética (v) e taxa de resfriamento (\dot{T}) foram determinadas experimentalmente após obtenção de curvas de resfriamento durante a evolução do processo de solidificação. As velocidades experimentais da frente eutética (v), para todas as ligas analisadas são determinadas por meio de derivadas das funções $P=f(t)$, ou seja, $v=dP/dt$. As $P=f(t)$ são obtidas experimentalmente através de interpolações para os tempos de passagem da frente eutética para cada posição monitorada dos termopares. A taxa de resfriamento (\dot{T}), para cada posição dos termopares no lingote é obtida pelo resultado da leitura direta do quociente das temperaturas imediatamente antes e depois da TE e dos tempos correspondentes, ou seja, $\dot{T}=\Delta T/\Delta t$ [10].

2.3 CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL Para investigar as microestruturas brutas de solidificação (padrões) e as tratadas termicamente as amostras foram devidamente identificadas em relação à interface metal/molde e embutidas a frio com resina poliéster, posteriormente foram lixadas sequencialmente com lixas de granulometria de 150, 240, 320, 400, 600, 1200 e 2000 mesh em lixadeira manual refrigerada a água. Após esta etapa as amostras foram polidas manualmente em uma politriz de marca Teclago e modelo PVVD em pano metalográfico e suspensão de alumina de granulometria 1µm e água para remoção de arranhões provenientes da etapa de lixamento. A revelação microestrutural para análise em microscopia óptica foi feita pela imersão das amostras em solução aquosa de 100 mL H₂O, 1,5 e 2,5g FeCl₃ e 5 mL HCl por um tempo de entre 3 e 5 segundos. Os registros das micrografias foram realizados com auxílio do microscópio óptico da marca Nikon Eclipse MA2000 no Laboratório de Caracterização Estrutural (LCEM-DEMAt-UFRN). Após registrar as micrografias óticas, foram realizados alguns ataques profundos com o mesmo reagente químico, mas com concentração de 5g de FeCl₃ com intuito de visualizar a morfologia

e distribuição do intermetálico Cu₆Sn₅ presentes nas regiões intercelulares da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni. As amostras foram imersas em uma solução aquosa de 100 mL H₂O, 5g FeCl₃ e 5 mL HCl por 4 minutos. O microscópio eletrônico de varredura (MEV) utilizado é da marca Zeiss modelo Auriga 40 do LCEM-DEMat-UFRN, utilizando o detector de elétrons secundários (SE). **2.4 MEDIÇÕES DOS ESPAÇAMENTOS INTERFÁSICOS** O método do triângulo [16] foi utilizado para as medidas diretas dos espaçamentos celulares (λ_C) e dendríticos primários (λ_1), medidos com auxílio do software Image-J. Foram realizadas 40 medidas para cada posição selecionada, considerando as amostras tratadas e não tratadas termicamente, e ao final foi obtida uma média dos valores e intervalos de dispersão.

Resultados e Discussões

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES Este trabalho teve por objetivo dar continuidade ao estudo reportado por Silva e colaboradores intitulado “Sn-0.7wt%Cu-(xNi) alloys: microstructure-mechanical properties correlations with solder/substrate interfacial heat transfer coefficient” [11]. O presente estudo busca investigar os efeitos do tratamento térmico de envelhecimento na morfologia de crescimento microestrutural e no arranjo das fases presentes na mistura eutética, especialmente os intermetálicos Cu₆Sn₅. Foi observado também a influência dos parâmetros térmicos de solidificação como velocidade da frente eutética (v) e taxa de resfriamento (\dot{T}) na microestrutura final antes e pós tratamento térmico. **3.1 VARIÁVEIS DE SOLIDIFICAÇÃO** A Figura 3a mostra curvas de resfriamento durante a solidificação da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni, destacando as posições dos termopares ao longo do lingote. Notou-se que as posições mais próximas da interface metal/molde apresentaram maiores variações de temperatura no tempo (taxa de resfriamento). Estes dados térmicos foram utilizados para determinação das evoluções da velocidade da frente eutética (v) e da taxa de resfriamento (\dot{T}) em função da posição, conforme apresenta as Figuras 3b e 3c, respectivamente. Observou-se que tanto v quanto \dot{T} diminuem à medida que se afasta da interface metal/molde. Isso ocorre devido às camadas sólidas que são progressivamente formadas durante a solidificação direcional, funcionando assim como resistências térmicas para extração de calor. **3.2 ESTRUTURAS DE SOLIDIFICAÇÃO** Considerando as amostras 5 mm, 30 mm e 90 mm a partir da interface metal/molde do lingote Sn-0,7%Cu-0,05%Ni apresentadas nas Figuras 4 e 5 tratadas e não tratadas termicamente, verificou-se que uma microestrutura do tipo células eutéticas prevaleceu, havendo uma transição dendrítica/celular abrupta na posição 6 mm, indicando que apenas a posição 5 mm apresentou crescimento dendrítico, enquanto que 30 e 90mm, mostraram células eutéticas. Isto pode indicar que a microadição de Ni na liga eutética Sn-0,7%Cu pode estabilizar o crescimento celular mesmo para altas taxas de resfriamento ou velocidade da frente eutética [10, 11, 15]. Conforme demonstrado por Ventura e colaboradores [15], pequenas mudanças no teor de cobre associado a taxas de crescimento podem provocar o crescimento de diferentes morfologias para ligas Sn-Cu quase eutéticas. Esses autores propuseram a ocorrência de uma zona acoplada associada ao diagrama de fases Sn-Cu. A zona de instabilidade é bastante pronunciada com o conteúdo de 0,5 a 0,7% (em peso) de Cu desenvolvendo microestruturas não-eutéticas, especialmente se altas taxas de crescimento forem consideradas. Taxas de crescimento muito baixas parecem ser necessárias para permitir que uma microestrutura totalmente eutética seja desenvolvida na liga Sn-0,7%Cu. Com relação ao efeito do tratamento térmico de envelhecimento, notou-se que o mesmo não afetou a morfologia de crescimento microestrutural, permanecendo a posição 5mm com morfologia dendrítica e as posições 30 e 90 mm com arranjo celular eutético. Observou-se que o aumento do tempo de tratamento térmico promoveu um ligeiro aumento na posição 30mm, e um aumento mais

significativo nas posições 5 e 90mm, conforme mostram as Figuras 4 e 5, que destacam os valores de espaçamento dendrítico primário (λ_1) e celular (λ_C) em cada condição térmica investigada. A Figura 6 mostra a evolução dos espaçamentos dendríticos primários/celular ($\lambda_{1,C}$) em função da taxa de resfriamento (\dot{T}) para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni. Através das relações lineares entre os pontos foram determinadas leis experimentais de potência referentes ao crescimento dendrítico/celular ao longo de todo o lingote Sn-Cu-Ni. Os pontos nos gráficos representam a média do $\lambda_{1,C}$, que foi determinado experimentalmente, e seus respectivos desvios padrão. A variação dos $\lambda_{1,C}$ com \dot{T} foi caracterizada pelo expoente -0,55, como relatado por Rocha e coautores [17, 10] para o crescimento celular de ligas Sn-Pb solidificadas unidirecionalmente sob condições de fluxo de calor transitório. Este mesmo expoente também caracterizou a evolução do $\lambda_{1,C}$ em função da taxa de resfriamento para a liga Sn-Cu-Ni em seu estado bruto de fusão, segundo mostra a Figura 6.

3.3 CARACTERIZAÇÃO VIA DRX E MEV

Os difratogramas obtido para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni (7) mostraram que apenas as fases Sn puro (β -Sn) e o intermetálico ($(Cu,Ni)_6Sn_5$) estão presentes no lingote Sn-Cu-Ni, havendo em alguns casos a sobreposição de picos de ambos. Para as duas fases presentes na microestrutura, não há uma tendência de aumento ou diminuição da fração volumétrica. No do intermetálico ($(Cu,Ni)_6Sn_5$), os picos referem-se a fase alotrópica hexagonal, conforme descreveu Nogita [13]. A Figura 8, 9 e 10 apresenta as imagens MEV para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni nas posições 5 mm, 30 mm e 90 mm sem e com tratamento térmico de 30 dias, tempo mais longo adotado neste trabalho. Todas as imagens MEV mostraram a presença do intermetálico ($(Cu,Ni)_6Sn_5$) com morfologia fibrosa. Esta morfologia se manteve após o tratamento térmico de envelhecimento ao longo de todas as posições analisadas. O espaçamento interfásico ($\lambda_{(Cu,Ni)_6Sn_5}$) para todas as posições examinadas, apresentou um ligeiro aumento com o aumento do tempo de tratamento térmico, conforme a Tabela 1. Analisando apenas as amostras não tratadas em cada posição, verificou-se que este aumento de $\lambda_{(Cu,Ni)_6Sn_5}$ estar relacionado a diminuição gradativa dos parâmetros térmicos de solidificação como a taxa de resfriamento e velocidade da frente eutética à medida que se afasta da interface metal/molde. Com relação as amostras tratadas termicamente, notou-se que este aumento $\lambda_{(Cu,Ni)_6Sn_5}$ se deu pelo fenômeno de difusão de átomos de contorno de fibras ($(Cu,Ni)_6Sn_5$) para o centro de outro intermetálico adjacente, conforme fenômeno de crescimento. Tabela 1: Variação do espaçamento interfásico ($\lambda_{(Cu,Ni)_6Sn_5}$) em função da posição ao longo do lingote Sn-0,7%Cu-0,05%Ni e do tempo de tratamento térmico de envelhecimento.

Conclusão

4 CONCLUSÃO Com base nos resultados para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni, podem ser relatadas as seguintes conclusões: 1. As análises microestruturais mostraram que um crescimento celular prevaleceu ao longo da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni a partir da interface metal/molde, com regiões dendríticas apenas nas posições iniciais do lingote; 2. Considerando o tratamento térmico de envelhecimento realizado a 100°C nos períodos de 10, 20, e 30 dias, foi possível notar que não houve crescimento significativo nos arranjos celulares, nem mudança estrutural das mesmas quando comparadas com a microestrutura bruta de fusão. Todas as imagens MEV mostraram a presença do intermetálico ($(Cu,Ni)_6Sn_5$) com morfologia fibrosa. Esta morfologia se manteve após o tratamento térmico de envelhecimento ao longo de todas as posições analisadas. O espaçamento interfásico ($\lambda_{(Cu,Ni)_6Sn_5}$) para todas as posições examinadas, apresentou um ligeiro aumento com o aumento do tempo de tratamento térmico, conforme mecanismo descrito por Ostwald; 3. A variação dos espaçamentos celulares (λ_c) e dendríticos primários (λ_1), em função da taxa de resfriamento e da velocidade da

frente eutética para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni foi caracterizada por expoentes experimentais de -0,55 e -1,1, respectivamente. Uma diminuição gradativa dos espaçamentos dendríticos primários (λ_1) e celulares (λ_c) foi observada com o distanciamento da interface metal/molde; 4. Considerando cada posição analisada individualmente, a dureza da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni pouco variou devido a pequena variação no crescimento dos arranjos celulares.

Referências

REFERÊNCIAS [1] ABTEW, M.; SELVADURAY, G. Lead-free Solders in Microelectronics. Materials Science and Engineering, v. 27, nº 5-6, p. 95-141, 2000. [2]. FREAR, D.R. et al. Pb-free solders for flip-chip interconnects. Journal of Materials (JOM), v. 53, nº 6, p. 28-33, 2001. [3]. MA, H.; SUHLING, J.C. A review of mechanical properties of lead-free solders for electronic packaging. Journal Materials Science, v. 44, nº 5, p. 1141-1158, 2009. [4]. STEFANESCU, D.M. Science and Engineering of Casting Solidification, 2a. edição, p.244-262, 2009. [5]. YOON, J. et al. Intermetallic compound layer growth at the interface between Sn-Cu-Ni solder and Cu substrate. Journal of Alloys and Compounds, v. 381, nº 1-2, p. 151-157, 2004. [6]. NISHIKAWA, H.; PIAO, J.Y.; TAKEMOTO, T. Interfacial reaction between Sn-0.7Cu(-Ni) solder and Cu substrate. Journal Electronic Materials, v. 35, nº 5, p. 1127-1132, 2006. [7]. LIN, J. et al. A study of Sn-Bi-Ag-(In) lead-free solders. Journal of Materials Science, v. 38, p. 1269-1279, 2003. [8]. MADENI, J.C.; LIU, S. Effect of Thermal Aging on the Interfacial Reactions of Tin-Based Solder Alloys and Copper Substrates and Kinetics of Formation and Growth of Intermetallic Compounds. Soldagem e Inspeção, v. 16, nº 1, p. 086-095, 2011. [9]. GARCIA, A. Solidificação: Fundamentos e Aplicações. 2ª edição. Editora da Unicamp, Campinas, 399 p, 2007. [10] SILVA, B.L. Parâmetros Térmicos de Solidificação, Microestrutura e Resistência Mecânica de Ligas Eutéticas Sn-0,7%Cu-(Xni). 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Engenharia de Materiais). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2013. [11]. SILVA, Bismarck Luiz et al. Sn-0.7 wt% Cu-(xNi) alloys: Microstructure-mechanical properties correlations with solder/substrate interfacial heat transfer coefficient. Journal of Alloys and Compounds, v. 632, p. 274-285, 2015. [12]. ÇADIRLI, E. et al. Experimental investigation of the effect of solidification processing parameters on the rod spacing in the Sn-1.2wt%Cu alloy, Journal of Alloys and Compounds, v. 486, nº 1-2, p. 199-206, 2009. [13]. NOGITA, K. Stabilization of Cu₆Sn₅ by Ni in Sn-0.7Cu-0.05Ni lead-free solder alloys. Intermetallics, v. 18, nº 1, p. 145-149, 2010. [14]. YANG, Li et. al. Interfacial IMC Layer and Tensile Properties of Ni-Reinforced Cu/Sn-0.7 Cu-0.05 Ni/Cu Solder Joint: Effect of Aging Temperature. Transactions of the Indian Institute of Metals, v. 70, n. 9, p. 2429-2439, 2017. [15]. VENTURA, T. et al. Effects of solidification kinetics on microstructure formation in binary Sn-Cu solder alloys. Acta Materialia, v. 59, p. 1651-1658, 2011A. [16] GÜNDÜZ, M.; ÇARDILI, E.; Directional solidification of aluminium-copper alloys, Materials Science and Engineering A, v. 327, p. 167–185, 2002. [17]. ROCHA, O.L.; SIQUEIRA C.A.; GARCIA, A. Heat flow parameters affecting dendrite spacings during unsteady state solidification of Sn-Pb and Al-Cu alloys. Metallurgical and Materials Transaction A, v. 34, nº 4, p. 995-1006, 2003C.

Anexos

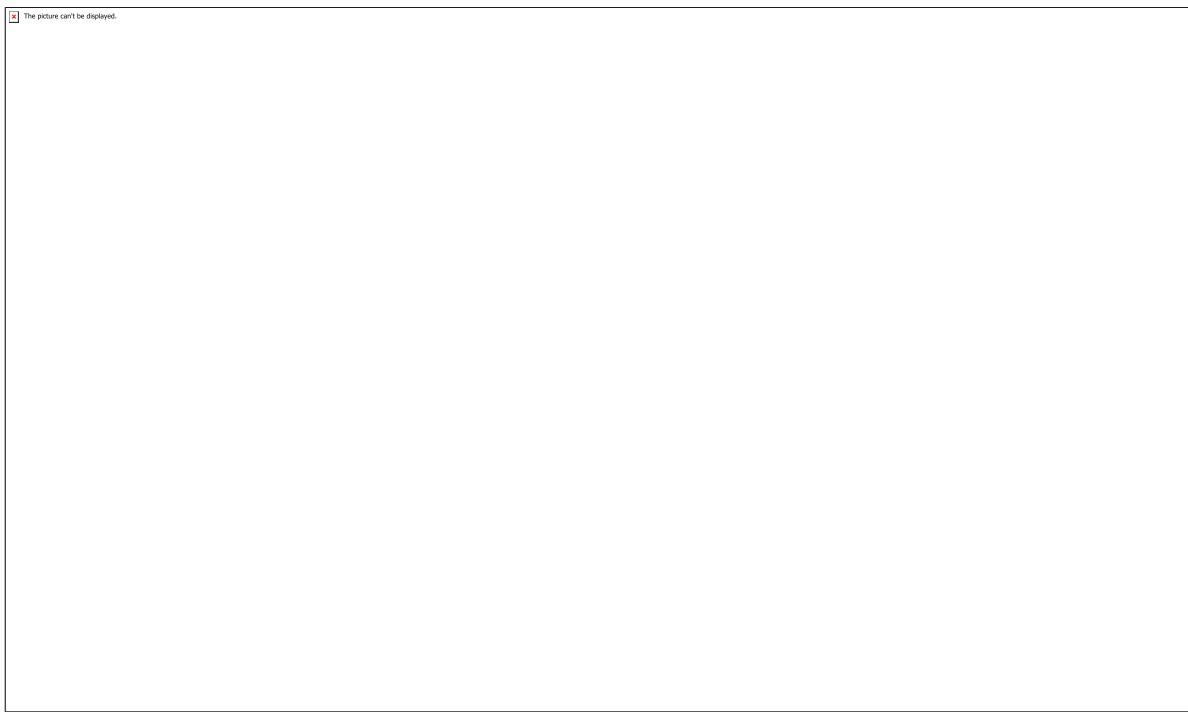


Figura 1: Aparato experimental para o experimento de solidificação unidirecional vertical ascendente da liga eutética Sn-0,7%Cu-0,05%Ni [10].

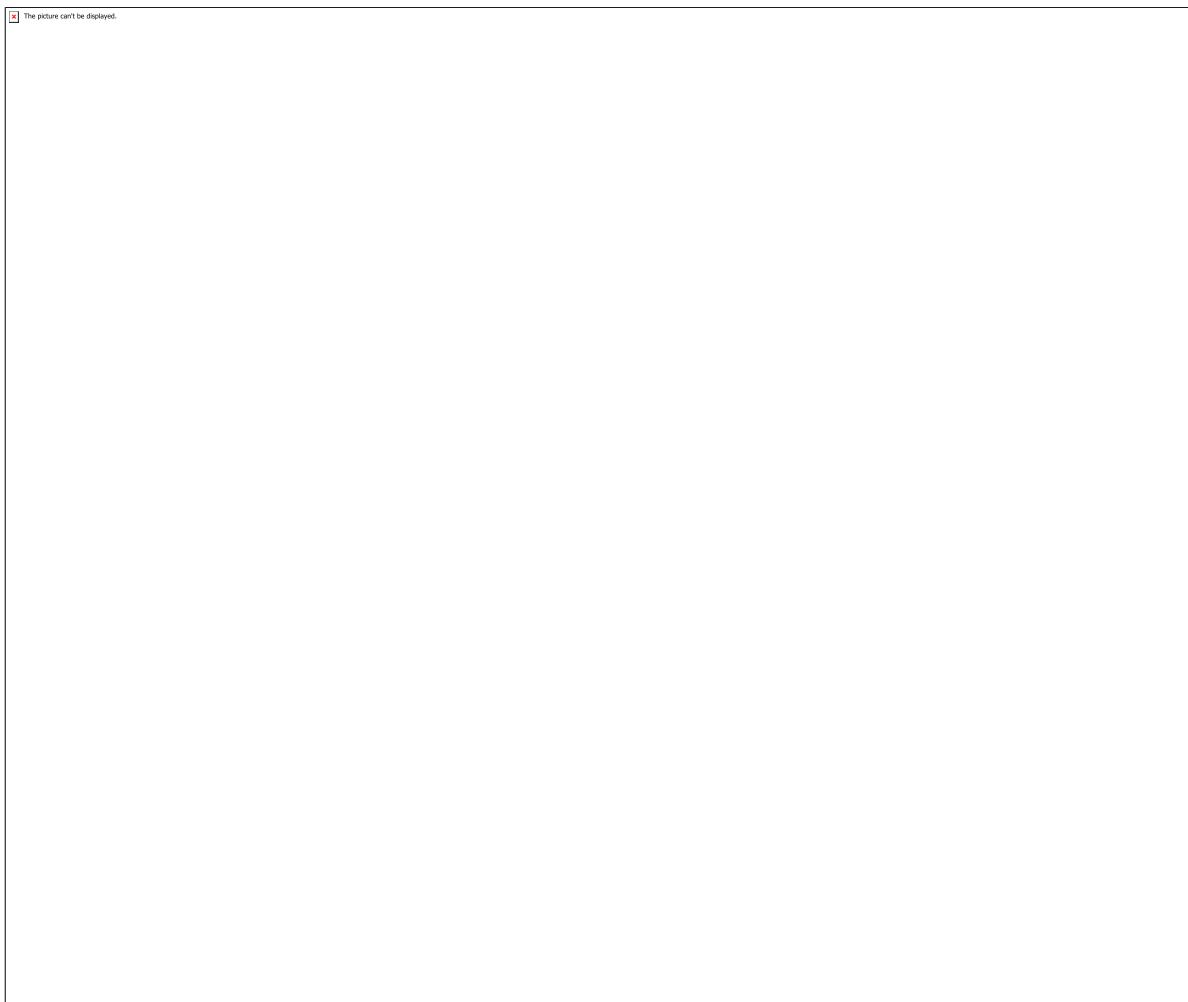


Figura 2: Lingoteira bipartida de aço inoxidável com pintura a base de sílica-alumina e chapa molde de aço carbono [10].

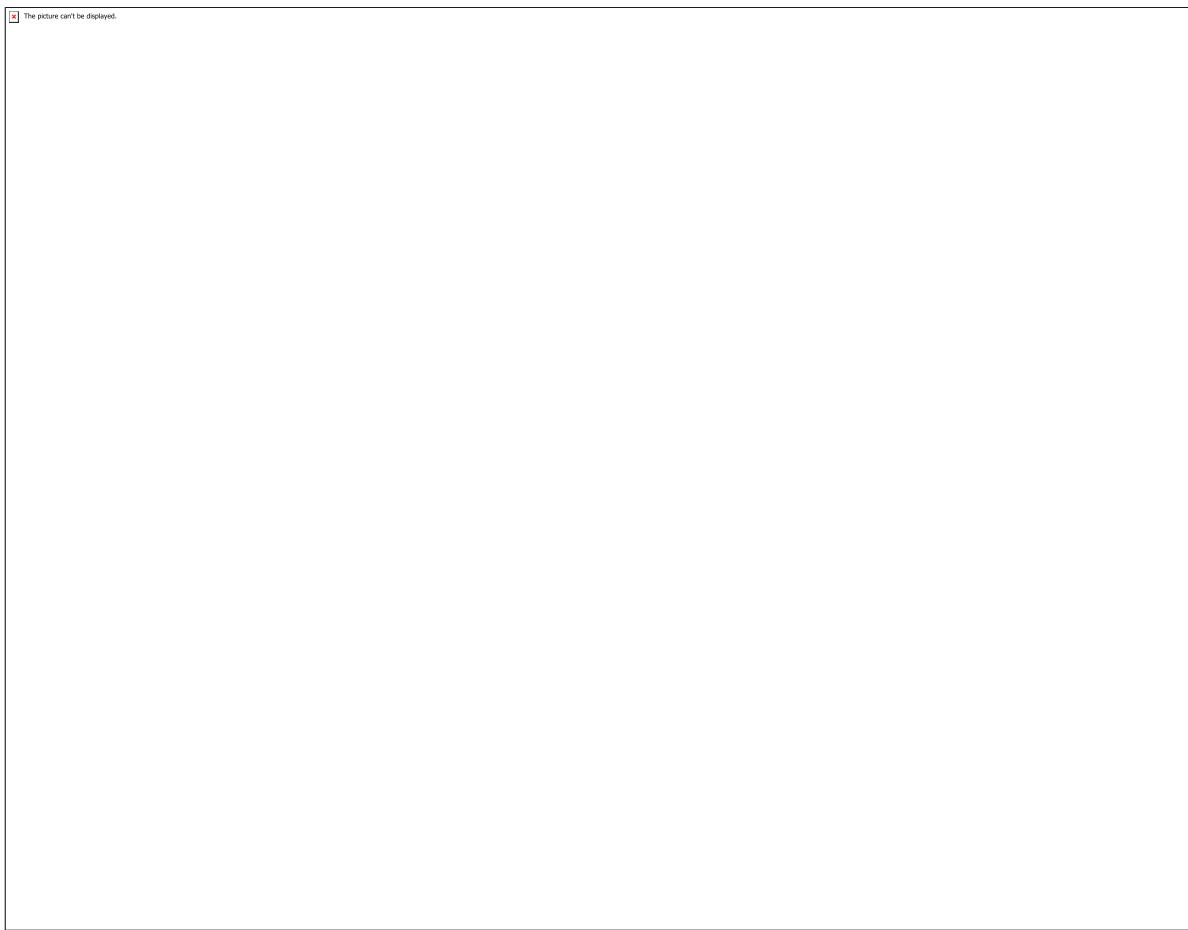


Figura 3: (a) Curvas de resfriamento experimentais; evoluções (b) da velocidade da frente eutética e (c) da taxa de resfriamento com a posição para a liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni [11].

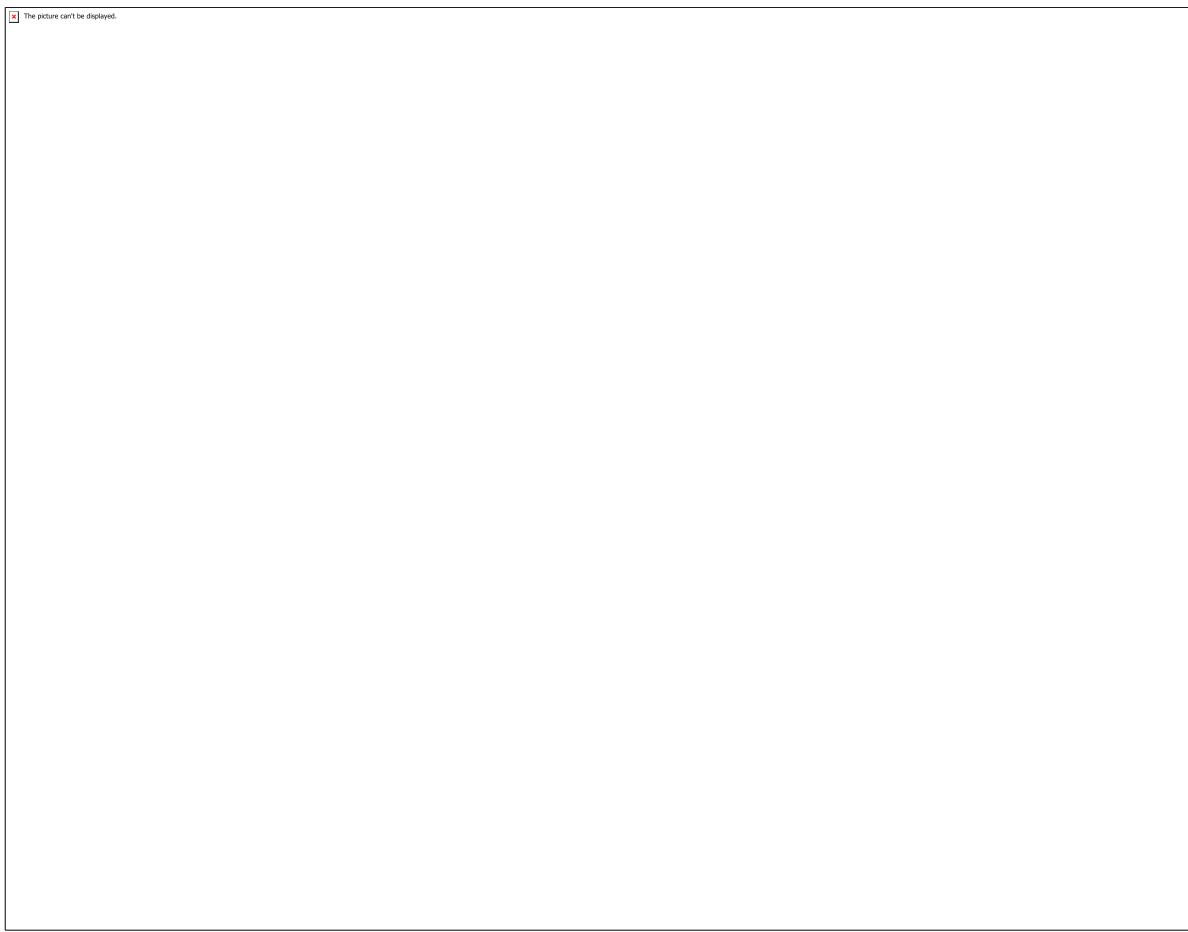


Figura 5: Microestruturas bruta de fusão e com tratamento térmico por 10, 20 e 30 dias a 100°C para a posição 90 mm da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni.

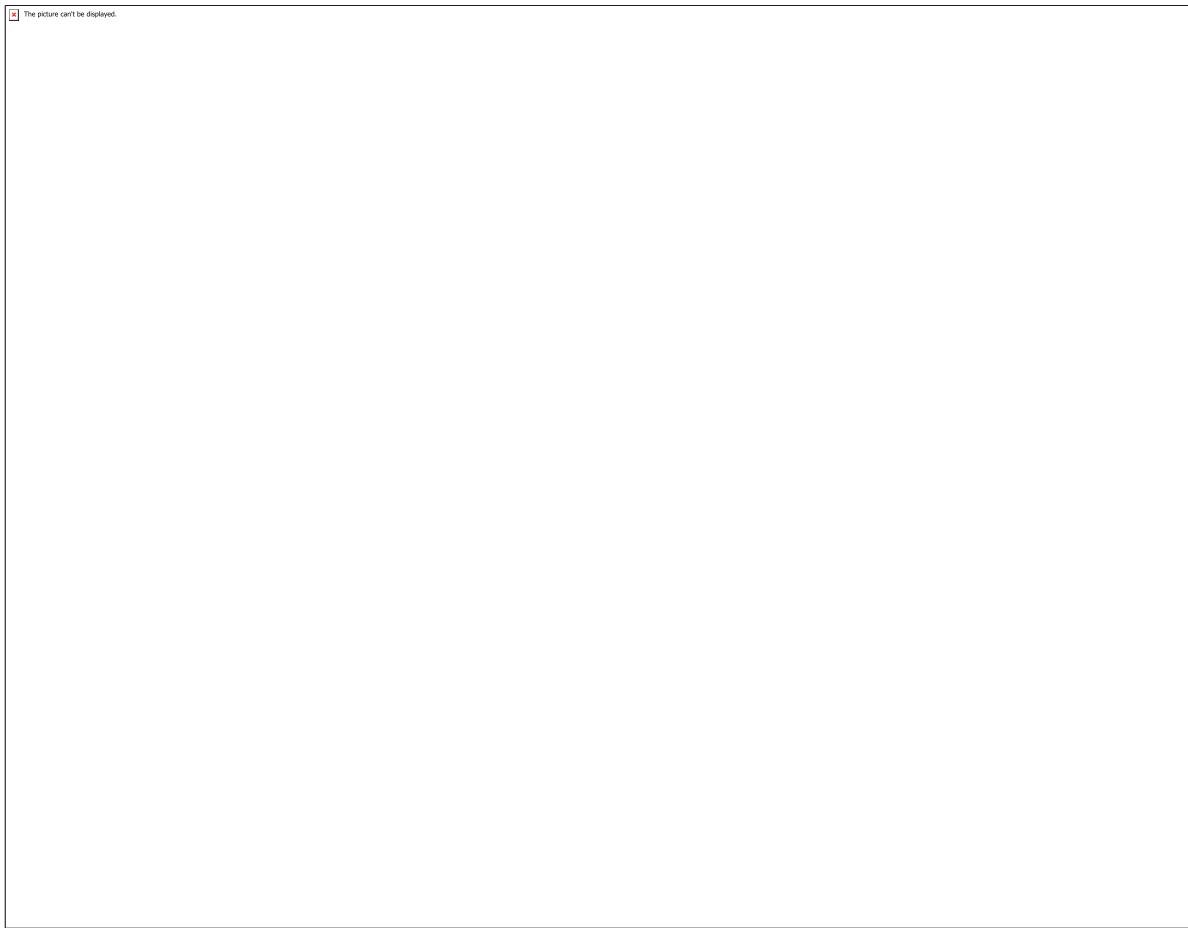


Figura 4: Microestruturas brutas de fusão e com tratamento térmico por 10, 20 e 30 dias a 100°C para as posições 5 mm e 30 mm da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni.

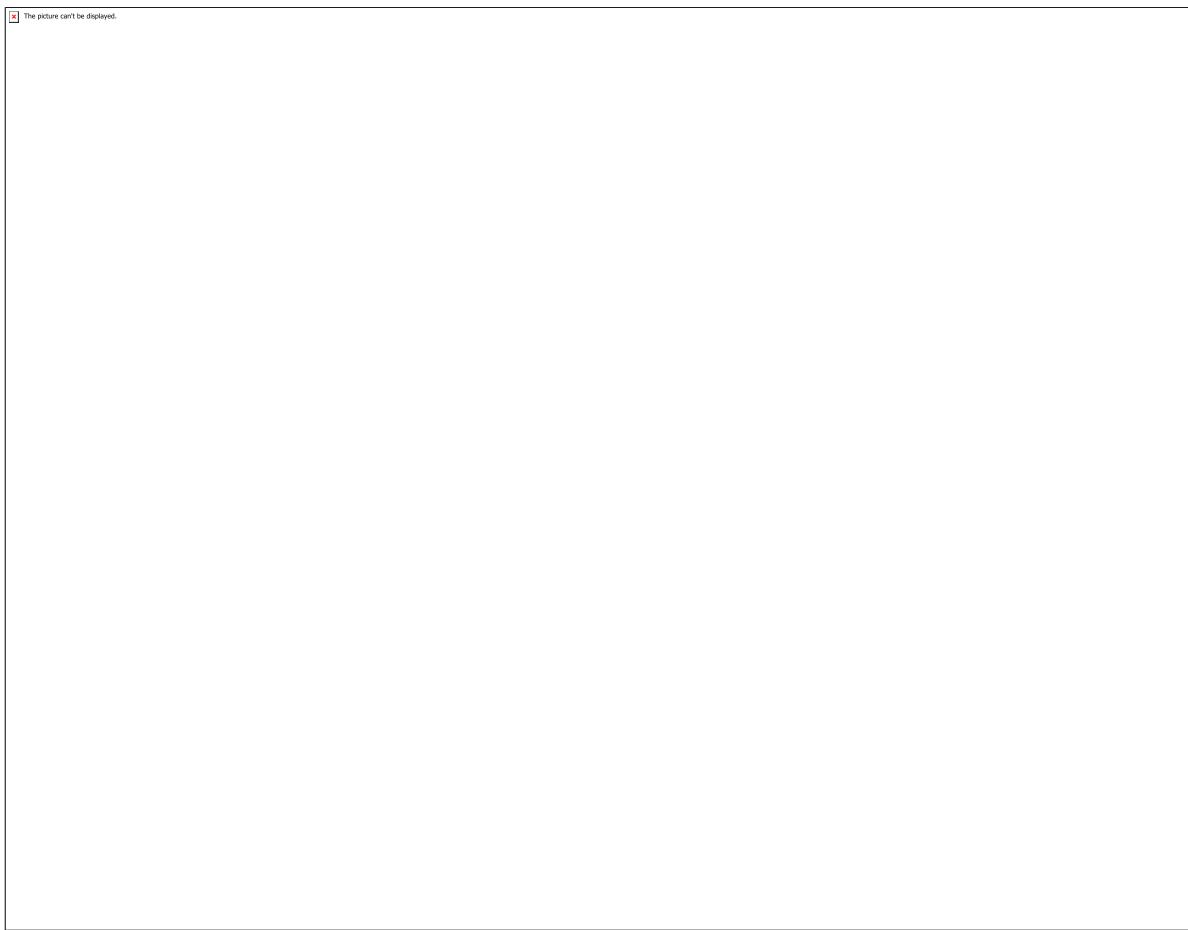


Figura 6: Evolução da taxa do espaçamento dendrítico primário λ_1 / celular λ_c com a taxa de resfriamento da liga Sn-0,7%Cu-0,05%Ni solidificadas unidirecionalmente em chapa molde de aço1020.

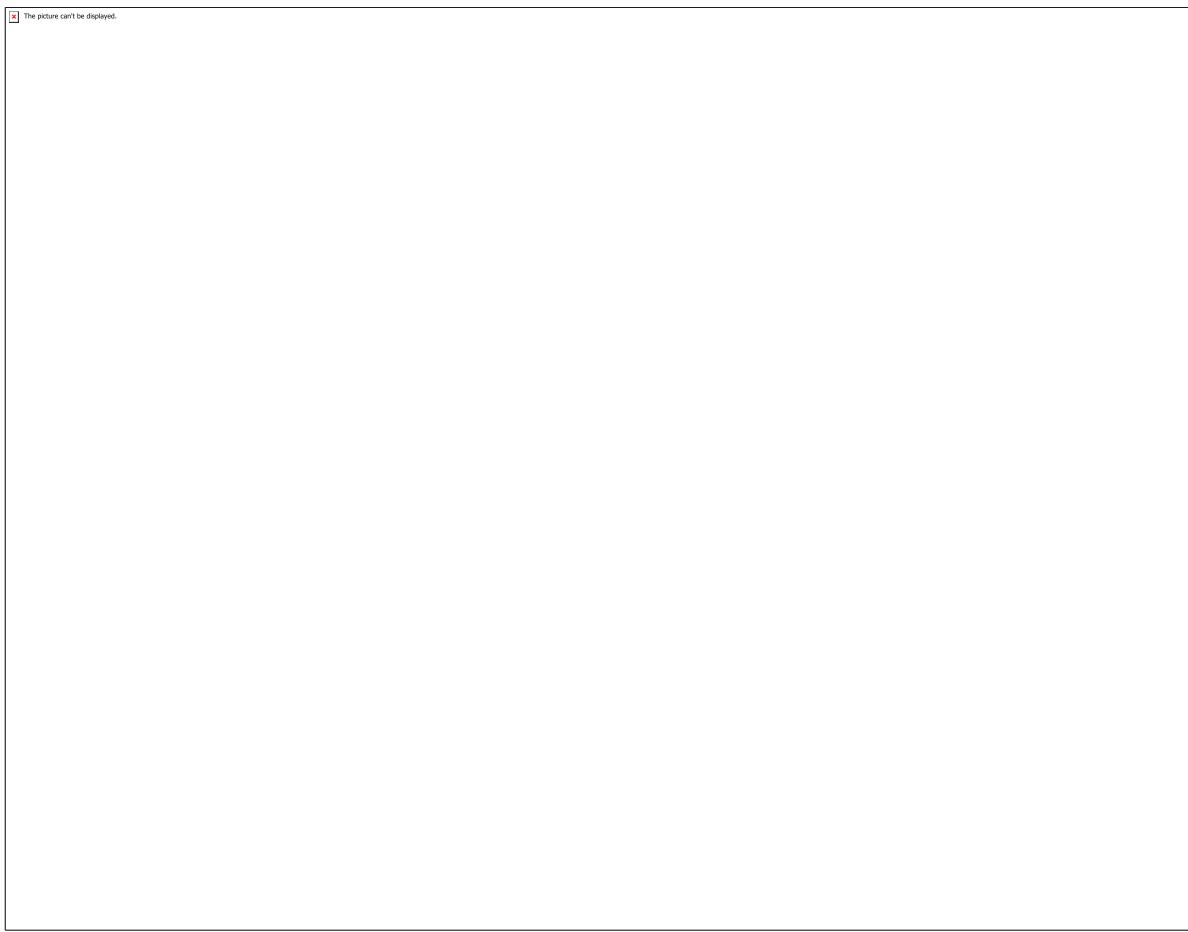


Figura 7: Difratogramas para diferentes posições ao longo do lingote Sn-0,7%Cu-0,05%Ni.

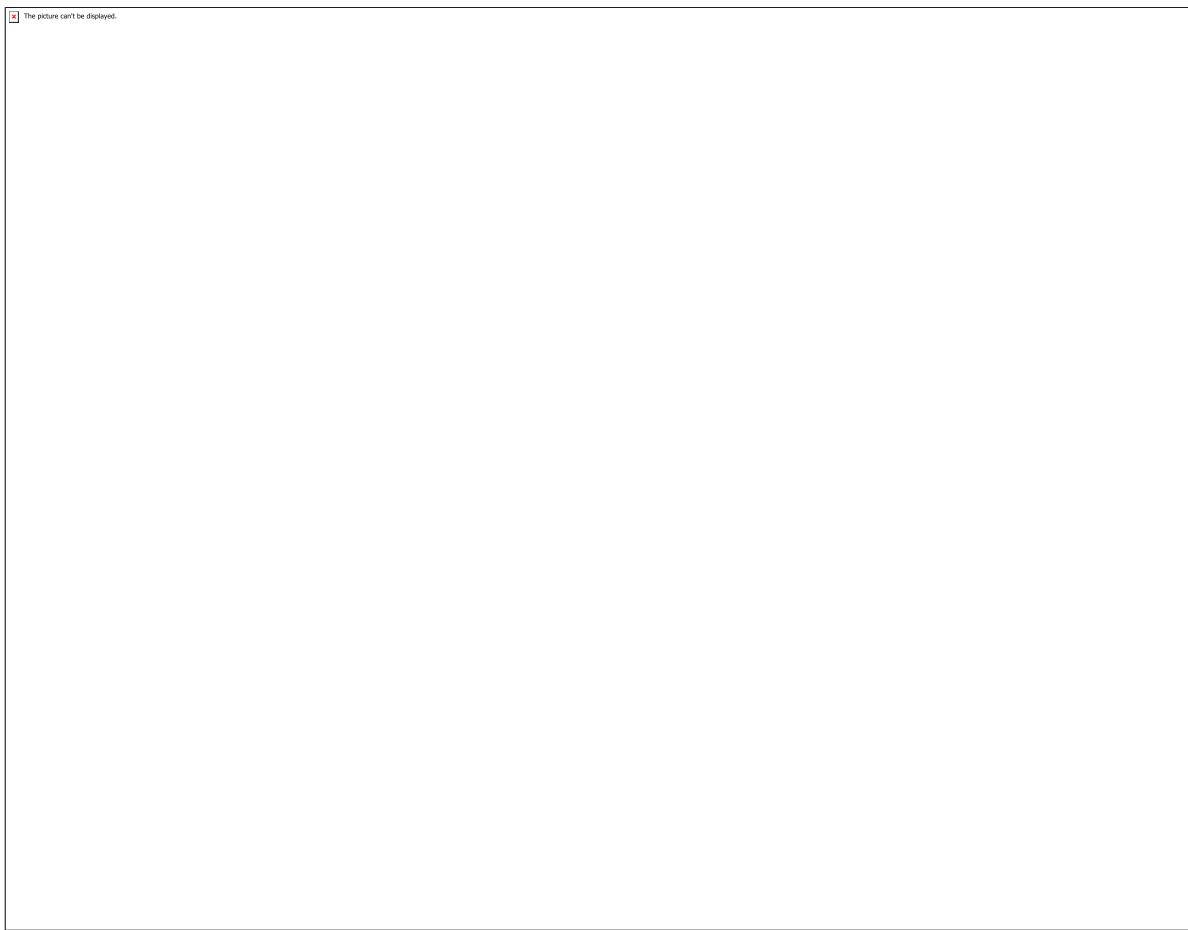


Figura 8: Imagens MEV das amostras (a,b) sem e (c,d) com tratamento térmico de 30 dias a 100°C para a posição 5 mm.

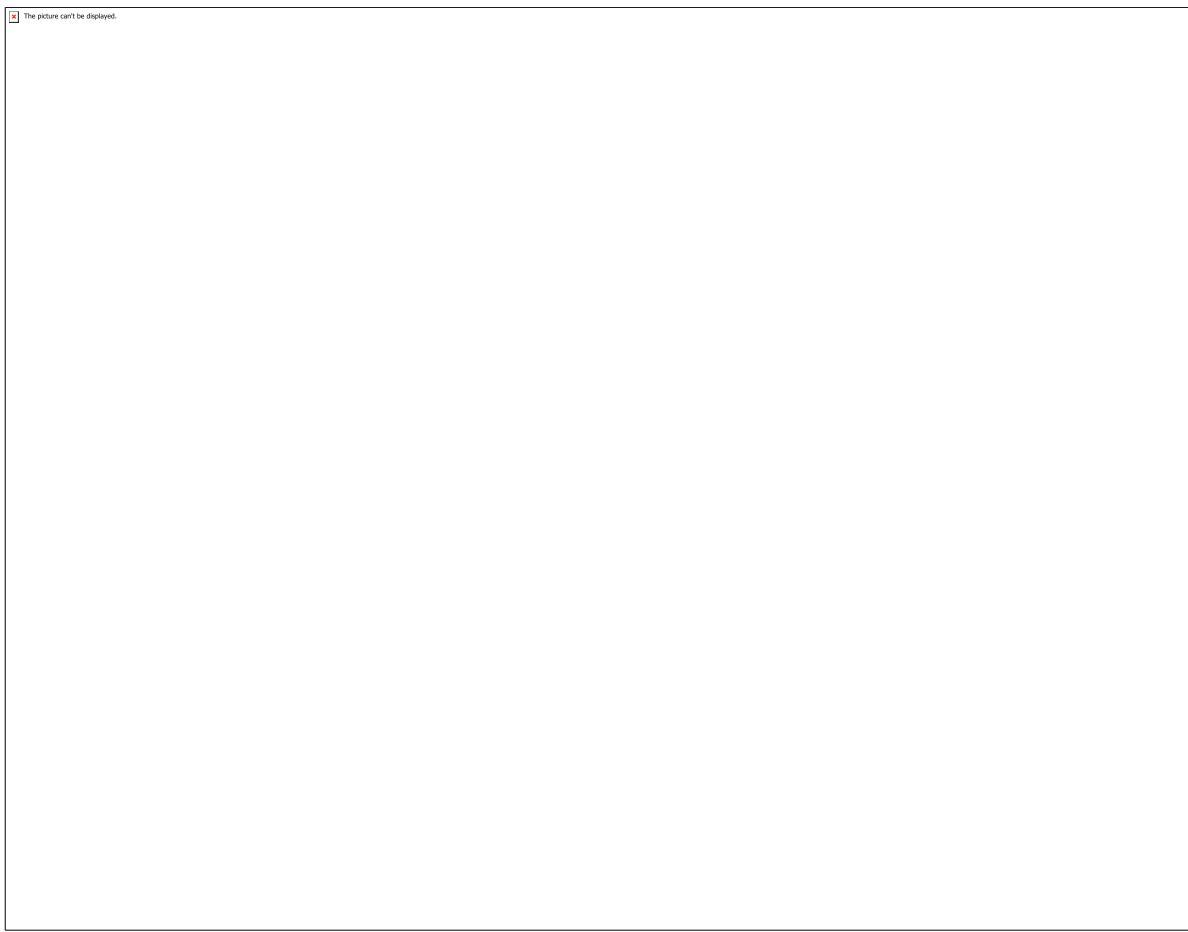


Figura 9: Imagens MEV das amostras (a,b) sem e (c,d) com tratamento térmico de 30 dias a 100°C para a posição 30 mm.

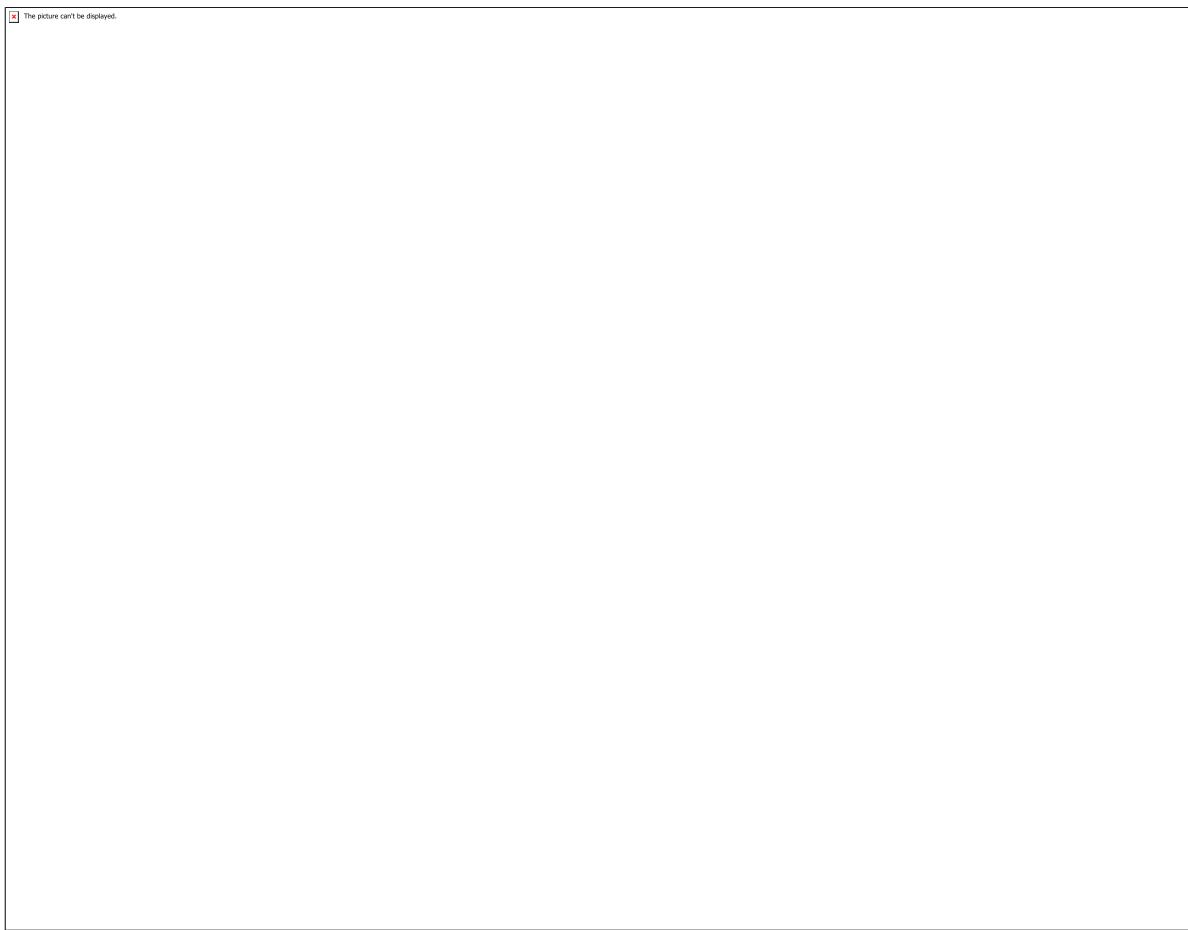


Figura 10: Imagens MEV das amostras (a,b) sem e (c,d) com tratamento térmico de 30 dias a 100°C para a posição 90 mm.

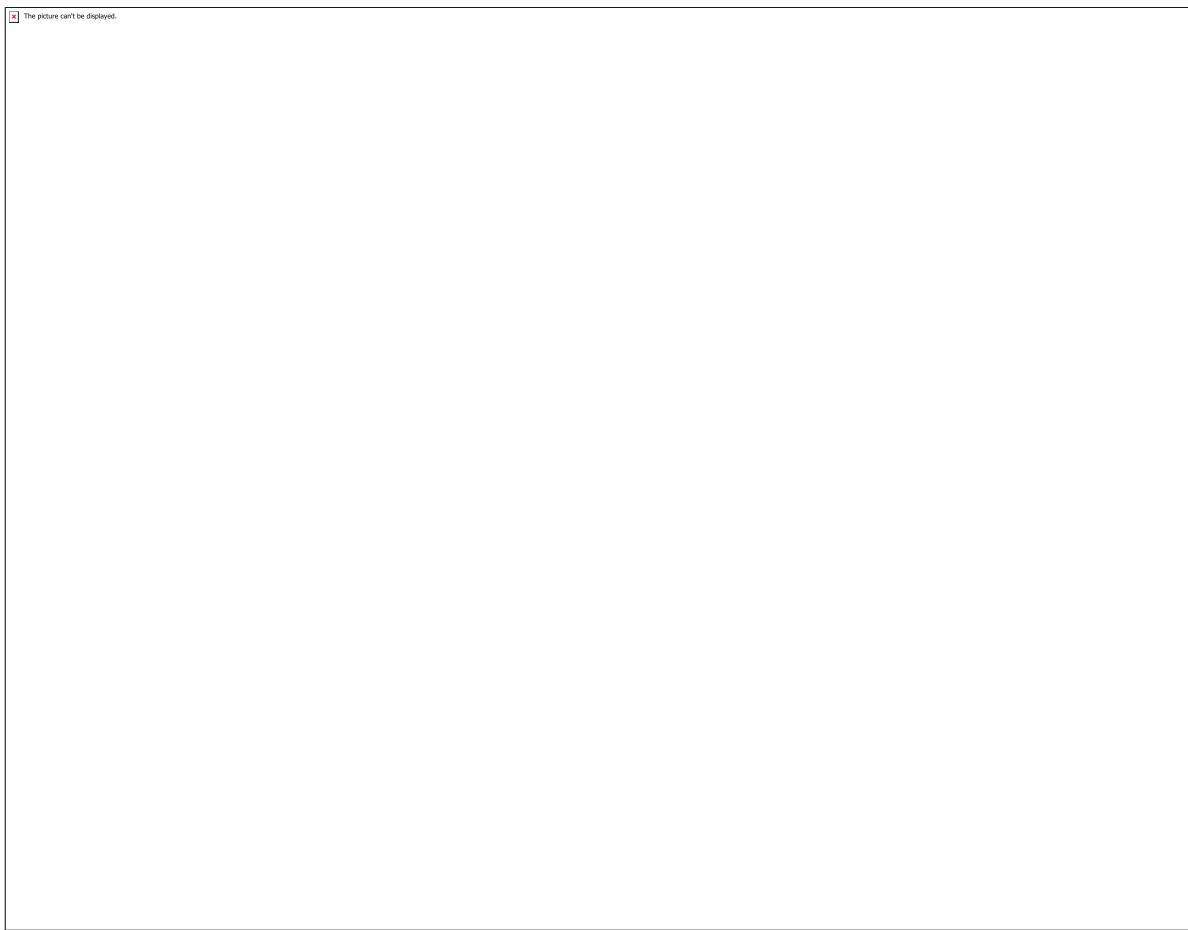


Tabela 1: Variação do espaçamento interfásico ($\lambda_{(Cu,Ni)6Sn5}$) em função da posição ao longo do lingote Sn-0,7%Cu-0,05%Ni e do tempo de tratamento térmico de envelhecimento.

CÓDIGO: ET0305

AUTOR: FELIPE AUGUSTO ARAUJO LEANDRO

ORIENTADOR: JOSE ALBERTO NICOLAU DE OLIVEIRA

TÍTULO: Computador de Bordo para Bicicletas Interconectadas - ampliado

Resumo

O projeto proposto busca desenvolver um sistema inteligente para bicicletas tendo como módulo principal a ser implementado um computador de bordo a ser embarcado em bicicletas e que, pela proposição, deve ser orientado à plataforma e construído a partir de um microcontrolador de baixo custo. Cabe a este computador de bordo, monitorar a partir de sensores específicos, todos os parâmetros e sinais que venham a ser incorporados ao sistema e, enviar alguns destes dados para um visor gráfico para conhecimento do ciclista. Este computador de bordo inclui também interfaces com um sistema de comunicação sem fio de baixa potência e alto alcance (LPWans) para enviar dados a uma plataforma em nuvem criando assim um ambiente favorável a interconexão de bicicletas. Tem-se, com isso, a implementação de um ambiente completo para se desenvolver novas propostas de mobilidade urbana em um contexto de smart cities.

Palavras-chave: Bicicleta Inteligente, Projeto Baseado em Plataforma, Microcontrolador

TITLE: On-Board Computer for Interconnected Bicycles

Abstract

This project aims to develop an intelligent system for bicycles that has as main module to be implemented a board computer embedded in bicycles. Following the proposition, it has to be platform-oriented and built in a low cost microcontroller. It is up to this board computer to monitor from specific sensors all the parameters and signals incorporated to the systems and to send some of this data to a graphic display accessible to the cyclist. This board computer also includes interfaces with a wireless, low power and long range communication system (LPWan) to send data to a cloud platform, thus creating a favorable environment to interconnect bicycles. Therefore, there is the implementation of a complete environment for develop new propositions of urban mobility in the context of smart cities.

Keywords: Smart-bikes, Platform Based Project, Microcontrollers

Introdução

Nas novas perspectivas da mobilidade urbana e sustentável, a bicicleta exerce um papel importante como modo alternativo de locomoção dentro das cidades. No Brasil, o uso e a exposição de bicicletas crescem visivelmente, apesar das condições de infraestrutura estarem muito aquém do ideal. No âmbito da mobilidade urbana, a construção ou a fixação de espaços para ciclovias ganha destaque em todas as administrações públicas, empresas, centros universitários, como acontece, por exemplo, no campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, numa clara sensibilidade aos potenciais efeitos benéficos, individuais e coletivos, advindos do uso da bicicleta seja para o esporte e lazer ou para a locomoção de pessoas para o trabalho, para a escola ou para outras diversas finalidades.

Outro aspecto a ser considerado é que, por testemunho de profissionais da saúde e de técnicos ambientais, o uso da bicicleta pode reduzir drasticamente os gastos com a saúde além da melhoria da qualidade de vida dos seus usuários. Os gastos com a infraestrutura necessária para implantação de ciclovias em pouco tempo são suplantados pela economia em saúde pública e benefícios ambientais. Em estudo realizado [9], para cada dólar gasto com a construção de ciclovias, as cidades podem economizar até 24 dólares, em virtude da redução de gastos com saúde, poluição e tráfego.

Esse sistema se insere ainda no âmbito das cidades inteligentes, permitindo um amplo monitoramento de uma atividade urbana (uso da bicicleta como meio de transporte), auxiliando na elaboração de ações para uma maior eficiência da gestão pública ou coletando dados ambientais, tendo em vista a área de transportes como um dos fatores chave para um desenvolvimento sustentável devido a seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

É neste contexto que este projeto de pesquisa é apresentado, consistindo no desenvolvimento de um sistema inteligente, embarcado em uma bicicleta, e projetado a partir de uma plataforma de hardware, de baixo custo, baseada em um microcontrolador. De forma resumida, o sistema incorpora um conjunto de sensores para medição de diversos parâmetros e os envia a um servidor que concentra e analisa os dados coletados. Os dados coletados pelo sistema inteligente colocado na bicicleta serão enviados a um servidor, por transmissores embarcados, baseados em Gateways de protocolos de comunicação RF de baixa potência e longo alcance. Estes estarão espalhados no percurso da ciclovia ou do tráfego geral de bicicletas, fixados, por exemplo, em estações de compartilhamento de bicicletas (bike-sharing). Uma das finalidades do servidor poderá ser de manter um banco de todos os parâmetros coletados do sistema. Cada bicicleta possuirá um identificador único e, quando a bicicleta estiver em contato com qualquer um dos gateways, ela poderá fazer o upload de seus parâmetros para o banco de dados. As funcionalidades a serem oferecidas pelo dispositivo inteligente dependem única e exclusivamente dos tipos de sensores colocados em cada bicicleta. Atualmente, são monitoradas e visualizadas: a velocidade da bicicleta; a distância total percorrida; data e hora atuais; a proximidade de obstáculos e/ou a aproximação de objetos; a velocidade máxima e as velocidades durante o percurso. Pretende-se expandir o número de funcionalidades existentes incluindo a velocidade de aproximação de obstáculos e objetos; a identificação de trechos mais utilizados por ciclistas conforme dias e horários; a relação entre o uso das bicicletas e a temperatura ambiente; os locais de destinos mais utilizados, o posicionamento das bicicletas; e outros tipos, considerados críticos ou essenciais tais como, a velocidade do vento, a poluição ambiental e a qualidade do ar respirado.

Acredita-se que, com o monitoramento e envio de todas estas informações, muitas aplicações podem surgir no âmbito da pesquisa, da gestão, da segurança individual e pública, da qualidade de vida e, até mesmo, da manutenção da vida do cidadão.

Metodologia

O projeto desenvolvido incorpora, em conformidade com os critérios e aspectos estruturais de uma boa investigação, métodos exploratórios, experimentais, bibliográficos e de divulgação de resultados, na busca de um produto de boa qualidade, com reais expectativas de mercado e com uso de tecnologias da informação muito

atuais.

Na fase de pesquisa bibliográfica foram estudadas três vertentes principais: a escolha dos sensores que compõem o sistema; uma pesquisa aprofundada do protocolo LoRaWan (Long Range Wide Area Network)[6] e o resgate de produções realizadas na base de pesquisa de sistemas embarcados, no tocante a projetos de sistemas orientados a plataforma.

Na fase exploratória, foram desenvolvidas também três frentes de estudo: uma primeira frente consistiu na exploração do protocolo LoRaWan, com o objetivo de nortear quais as melhores tecnologias a serem usadas na comunicação de dados entre os componentes do sistema; numa segunda frente, foi explorado o desenvolvimento de drives de dispositivos sensores ainda não trabalhados na base de pesquisa; numa terceira frente, foi explorado o desenvolvimento de interfaces gráficas amigáveis. Na fase experimental, propriamente dita, foi desenvolvido um protótipo do sistema, incorporando os sensores propostos, bem como um sistema de comunicação por protocolo LoRaWan.

Nas subseções que seguem, cada componente do sistema é detalhado: u núcleo da plataforma de aquisição de dados baseada em microcontrolador e os sensores utilizados.

2.1 Microcontrolador PIC

O PIC [5] é um microcontrolador RISC de arquitetura Harvard muito popular em projetos de sistemas embarcados de baixo custo. Apesar do baixo preço, é um dispositivo versátil e robusto, com uma vasta gama de periféricos e blocos programáveis. Para o desenvolvimento do projeto foi selecionado o microcontrolador PIC18F4520, que possui arquitetura de 8 bits, 32 kB de memória de programa (Flash) e 1536 bytes de memória de dados (SRAM).

2.2 Sensor de Velocidade

Para a medição de velocidade, foi utilizado um sensor de Efeito Hall em conjunto com um ímã fixado nos raios da roda dianteira da bicicleta. O sensor detecta a variação do campo magnético, alternando o nível lógico de saída de HIGH para LOW. De posse do valor de intervalo de tempo entre essas transições de nível de tensão e dos conhecimentos de conversão de mecânica rotacional e translacional, é possível determinar a velocidade da bicicleta.

2.3 Módulo Relógio de Tempo Real

O módulo de Relógio de Tempo Real (Real Time Clock - RTC) é utilizado para oferecer ao usuário as funcionalidades de exibição dos valores de data e hora atual, e de edição. O conhecimento dos valores de data e hora é importante também para o registro de eventos críticos relacionados ao ciclista, como o momento de uma colisão, por exemplo.

2.4 Sensor Ultrassônico

O sensor ultrassônico HC-SR04 é empregado na medição da distância entre a bicicleta e um possível veículo que trafegue atrás do ciclista. O funcionamento deste sensor se baseia na emissão e detecção de pulsos de ultrassom, e, a partir do intervalo de tempo entre tais pulsos, pode-se determinar a distância do objeto.

2.5 Sensor de Gases

O sensor de gases tóxicos MQ135 [20] é utilizado para realizar o monitoramento da qualidade do ar por onde a bicicleta trafega. Seu interfaceamento como o microcontrolador se dá via conversor Analógico-Digital (A/D), de forma que quanto maior a concentração do gás no ambiente, maior será a tensão na saída do sensor.

2.6 Acelerômetro

O módulo MPU-6050 [13] é um dispositivo de detecção de movimento que combina um acelerômetro de três eixo e um giroscópio de 3. Sua aplicação no projeto tem importância no quesito segurança do ciclista. Em conjunto com o sensor ultrassônico,

ele pode alertar momentos críticos da atividade ciclística, como uma queda ou colisão com veículos.

2.7 Módulo de comunicação LoRa
O módulo transceiver SX1276 [18] é responsável por estabelecer a conectividade sem fio do sistema, tanto entre bicicletas que podem interagir entre si quanto entre a bicicleta e a central de gerenciamento – gateway. Tal comunicação é realizada via modulação LoRa™[8], que pode atingir áreas de cobertura na faixa de 9 km com baixo consumo energético, ideal para aplicações IoT.

2.8 Hardware de Gerenciamento de Energia
Foi projetado um estágio de alimentação e regulação de tensão que inclui duas baterias de íon de Lítio 18650 (3,7 V) carregadas por um dínamo instalado na bicicleta. Entretanto, o sistema é composto por vários módulos, que operam em diferentes níveis de tensão; dessa forma é necessário fornecer diferentes níveis de tensão. Para o sistema proposto, são fornecidos os seguintes níveis de tensão: 12 VAC, 9 VDC, 5 VDC e 3,3 VDC.

2.9 Desenvolvimento de Placas de Circuito Impresso
Foi produzida uma nova versão da Placa de Circuito Impresso – PCI (PCB – Printed Circuit Board) do projeto SmartBike. Ao invés de seguir o viés da primeira versão, tendo uma só PCI com os sistemas de alimentação e de controle juntos, preferiu-se separar os sistemas em duas PCIs diferentes buscando diminuir a suscetibilidade à erros. Adicionou-se ao circuito um módulo LoRa para que seja possível implementar um sistema de comunicação entre as bicicletas. Além disso, procurou-se utilizar mais componentes Surface-Mount Devices (SMD) para reduzir ainda mais a área das placas e, consequentemente, a área por elas ocupada no protótipo. Para projetar tais PCIs, utilizou-se o CAD Eagle [4], sendo as Figuras 1 e 2 referentes aos layouts da placa do sistema alimentação e da placa do sistema de controle, respectivamente.

2.10 Desenvolvimento do Firmware
A aplicação foi implementada em linguagem C em uma abordagem orientada a registradores, levando o projeto a um nível de abstração mais próximo de assembly. A aplicação foi projetada seguindo o fluxo ilustrado na figura [3], em AsmChart,em que cada função a ser exibida ao usuário é selecionada por pushbuttons ou eventos específicos definidos em software.

Resultados e Discussões

3.1 Plataforma de Aquisição de Dados
Em relação à plataforma de aquisição de dados, os primeiros resultados obtidos originaram-se da etapa de validação do sistema a partir do uso da ferramenta de Electronic Design Automation (EDA), Proteus Design Suite [13], para simulação dos modelos dos dispositivos utilizados.

Com o uso do Proteus, é possível verificar o funcionamento do firmware embarcado no microcontrolador, em especial os drives desenvolvidos para comunicação com os sensores. Por exemplo, o Proteus fornece a ferramenta I²C debugger, em que é possível acompanhar em detalhes a sequência de bits gerada na comunicação e a partir daí, determinar se o código está ajustado. Foram simulados as seguintes dinâmicas de funcionamento da plataforma: sequenciamento de funcionalidades a partir do

pressionamento de botões; comunicação I²C entre microcontrolador e RTC; comunicação UART; interface entre microcontrolador e display LCD; interface entre microcontrolador e sensor ultrassônico; interface entre microcontrolador e sensor de velocidade – este não possui um modelo no ambiente computacional, então foi desenvolvida uma aproximação do seu funcionamento a partir da ferramenta de geração de sinais disponível.

Concomitante à simulação, foram desenvolvidas montagens em protoboard para testes em bancada de cada interface desenvolvida. Em seguida foram conectadas todas as interfaces e o sistema foi incorporado a uma bicicleta para testes ainda em ambiente controlado.

Após testes bem-sucedidos da montagem em protoboard, partiu-se para o primeiro projeto da PCI - placa de circuito impresso (PCB – Printed Circuit Board) da plataforma. Tal projeto foi desenvolvido também na ferramenta Proteus e a confecção foi realizada a partir do método de corrosão, cujo resultado é mostrado na Figura 4. A nova versão da PCB, citada na seção 2.9 não foi confeccionada fisicamente até a escrita desse relatório.

3.2 Análise de Resultados

Para o computador de bordo, os resultados foram analisados tendo como foco suas quatro principais funcionalidades – Medição de Velocidade, Exibição de Hora e Data, Distância percorrida e Proximidade de Obstáculos - como ilustrado na Figura [5]. Além disso, cada função principal possui algumas subfunções associadas – Exibição de Velocidade Máxima, Reset do valor da distância percorrida, Edição dos valores de data e hora e exibição da última aproximação perigosa de obstáculos. Todas as funções e subfunções foram testadas em simulação e em circuitos reais e validadas à medida que apresentavam o comportamento esperado. Também foi possível refinar algumas que possibilitaram uma melhor interação com usuário, por exemplo, a implementação em software de uma rotina de debouncing para os botões do computador de bordo. Além das funções projetadas para atender o usuário final, foram avaliadas também aquelas voltadas para o correto funcionamento interno do sistema, por exemplo, a comunicação serial pelo protocolo UART entre o computador de bordo e a plataforma de comunicação RF; a gravação de dados críticos em memória não-volátil (EEPROM) e; a comunicação entre microcontrolador e sensores;

A confecção da Placa de Circuito Impresso foi um processo que gerou resultados positivos. Com ela, o computador de bordo migrou de uma plataforma em protoboard para uma mais confiável e profissional. Todos os sensores foram conectados e testados com sucesso nessa nova plataforma e atualmente esse é o circuito que compõe o computador de bordo.

O driver de interfaceamento do sensor de gases foi parcialmente integrado à aplicação, faltando testes na placa.

Em relação ao driver do acelerômetro, foi estabelecida a comunicação entre o microcontrolador e o sensor via I²C, entretanto a aplicação principal não foi concluída até o momento da escrita deste relatório.

O driver para o módulo Lora está em processo de adaptação da linguagem de implementação; originalmente implementada em Arduino [2], é preciso convertê-lo para compatibilizar com o compilador utilizado no firmware do PIC, o XC8 [12].

Conclusão

Os resultados obtidos até o momento da escrita deste relatório mostraram-se satisfatórios à medida que todas as funcionalidades básicas do computador de bordo foram simuladas e validadas em ambiente controlado. Com isso, pode-se avançar ainda mais na consolidação do sistema proposto como uma ferramenta para fortalecer o uso da bicicleta como um elemento ativo para smart cities a partir da geração dos dados necessários ao gerenciamento da mobilidade urbana e qualidade de vida das pessoas. O sistema também pode se expandir para gerar uma melhor experiência de ciclistas com a bicicleta, desde um melhor conhecimento de sua performance, a partir dos dados gerados, até uma melhoria na segurança da atividade, a partir da funcionalidade de prevenção e gerenciamento de acidentes. Após testes bem sucedidos com a plataforma de aquisição de dados, deseja-se que com a continuidade do projeto de pesquisa seja possível expandir os testes para o sistema inteligente como um todo. Devem ser realizados testes de comunicação entre o computador de bordo e o sistema de comunicação, incluindo também o circuito de gerenciamento de energia. Devem-se realizar também testes de campo em ambiente mais próximo do real para validar o produto desenvolvido, bem como a finalização dos drivers incompletos. Como planos futuros para o projeto estão a confecção da segunda versão da Placa de Circuito Impresso, com aspecto mais industrial; a finalização do driver do acelerômetro; e a conversão do código do driver do chip LoRa. Com isso, enfim, o projeto inicialmente proposto estará completamente implementado.

Referências

1. A. GOLDSMITH, Wireless Communications. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
2. Arduino. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>.
3. BASTEN, Twan . GEILEN Marc. GROOT , Harmke de. Ambient Intelligence: Impact on Embedded System Design. Kluwer academic publishers. 2004.
4. Eagle – PCB Design Made Easy. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>>
5. F. GUSTAFSSON AND F. GUNNARSSON, Mobile positioning using wireless networks, IEEE Signal Processing Magazine, no. July 2005, pp. 41–53, 2005. Semtech, An1200.13: LoRa designer's guide, July 2013.
6. Get ready to see a new world of 8-bit PIC® MCUs. Disponível em: <<http://www.microchip.com/design-centers/8-bit/pic-mcus>>
7. HAMBLEN, James O. Rapid Prototyping of Digital Systems SOPC Edition. Springer. 2008
8. Lora Alliance. Disponível em: <https://lora-alliance.org/>.
9. MACMILLAN, Alexandra, et al. The societal costs and benefits of commuter bicycling: simulating the effects of specific policies using system dynamics modeling. Environmental health perspectives, 2014, 122.4: 335.
10. MARWEDEL, Peter. Embedded System Design. 1^a ed. Springer. 2006. VAHID, Frank and GIVARGIS, Tony. Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Approach. Wiley. 2002.
11. Miyadaira, Alberto Noburu. Microcontroladores PIC18 Aprenda e Programe em Linguagem C. Editora Ética. 2013.
12. MPLAB – XC Compilers. Disponível em: <

- [https://www.microchip.com/mplab/compilers>.](https://www.microchip.com/mplab/compilers)
13. MPU-6050 Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking™ DevicesMPU-6050 Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking™ Devices. Disponível em: <<https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>> .
14. N. SORNIN, M. LUIS, T. EIRICH, T. KRAMP, AND O. HERSENT, LoRaWAN specification v1.0, January 2015.
15. Pereira. Fábio. Microcontroladores PIC18 detalhado: hardware e Software. Érica. 2010.
16. PETTISSALO. On the coverage of LPWANS: Range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology. 2015.
17. Proteus Design Suite. Disponível em: <<https://www.labcenter.com>>
18. Semtech SX1276137 MHz to 1020 MHz Long Range Low Power Transceiver. Disponível em< <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1276>>.
19. SONG, H., Srinivasan, R., Sookoor, T., & Jeschke, S. (2017). Smart cities: foundations, principles, and applications. John Wiley & Sons.
20. Technical Data MQ-135 GAS SENSOR. Disponível em: <https://img.filipeflop.com/files/download/Sensor_de_gas_MQ-135.pdf>.
21. WILMSHURST, Tim. Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers, Elsevier Science, 2006.

Anexos

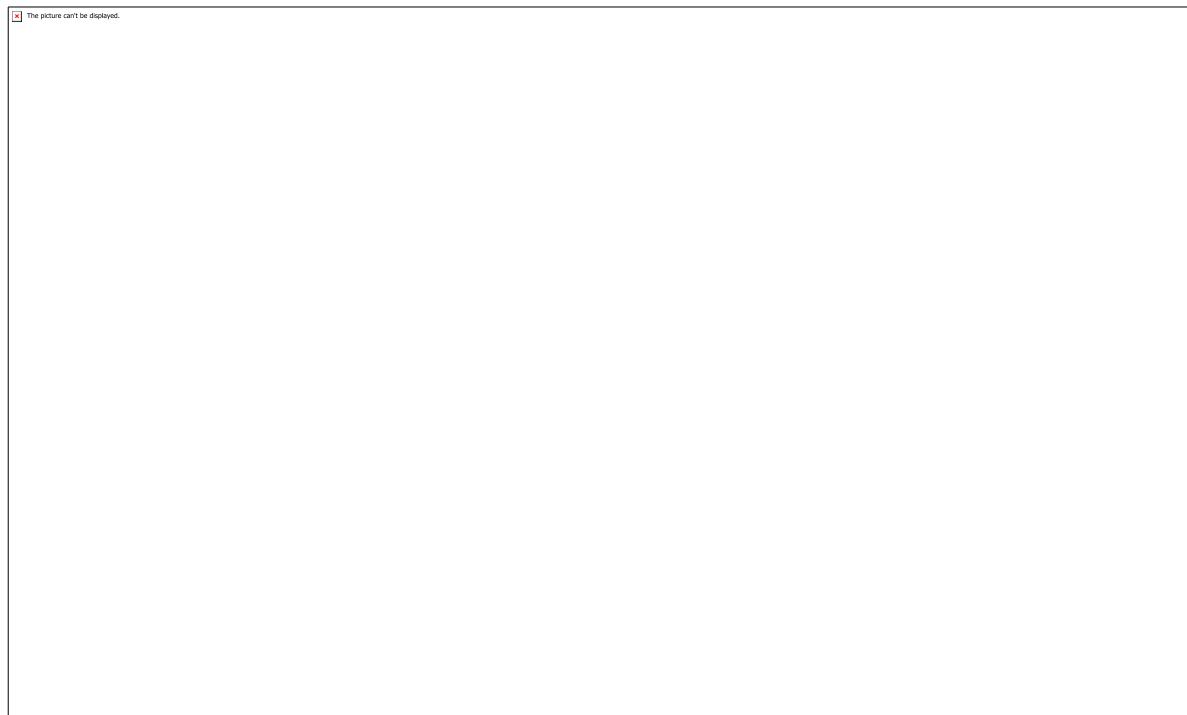


Figura 01: Layout de placa do Sistema de Potência

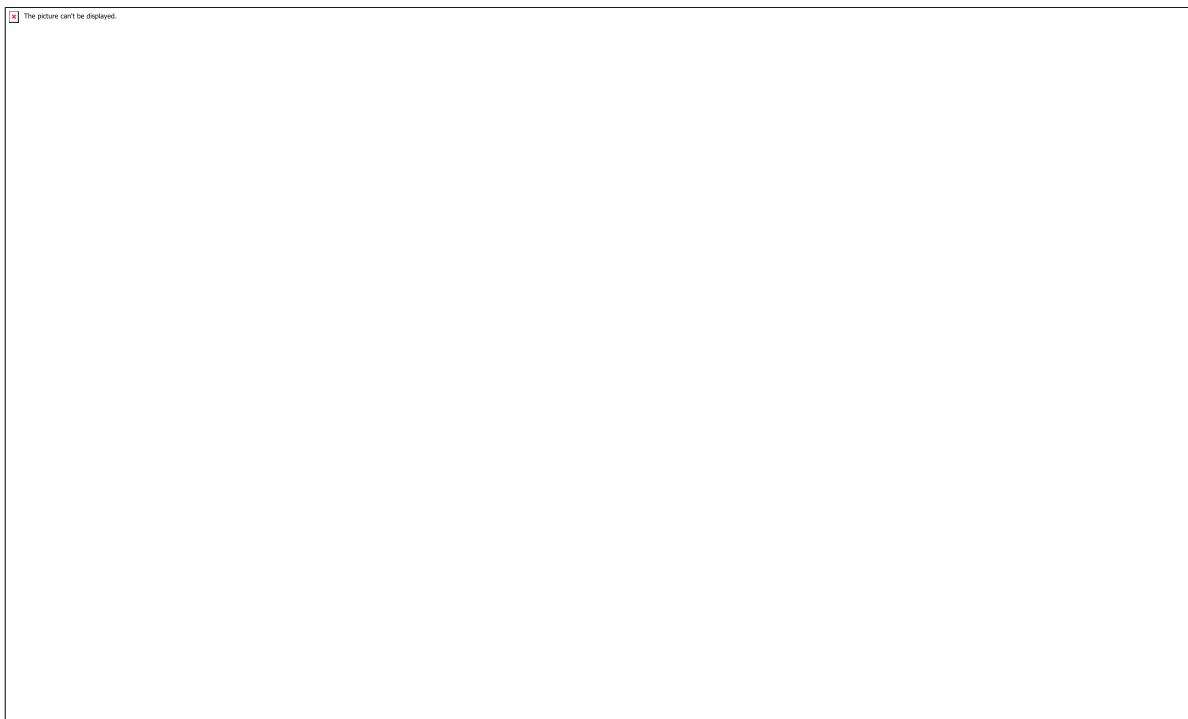


Figura 02: Layout de placa do Sistema de Controle

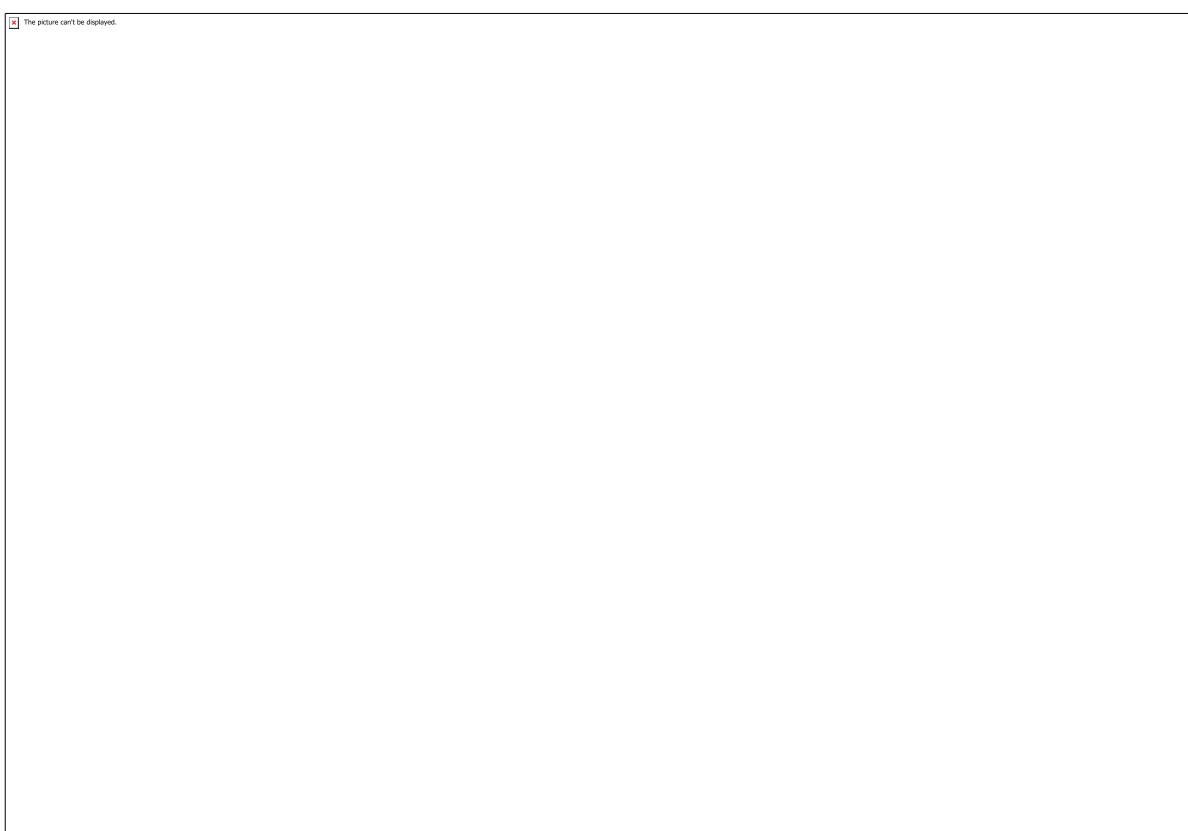


Figura 03: Fluxograma em AsmChart do firmware desenvolvido

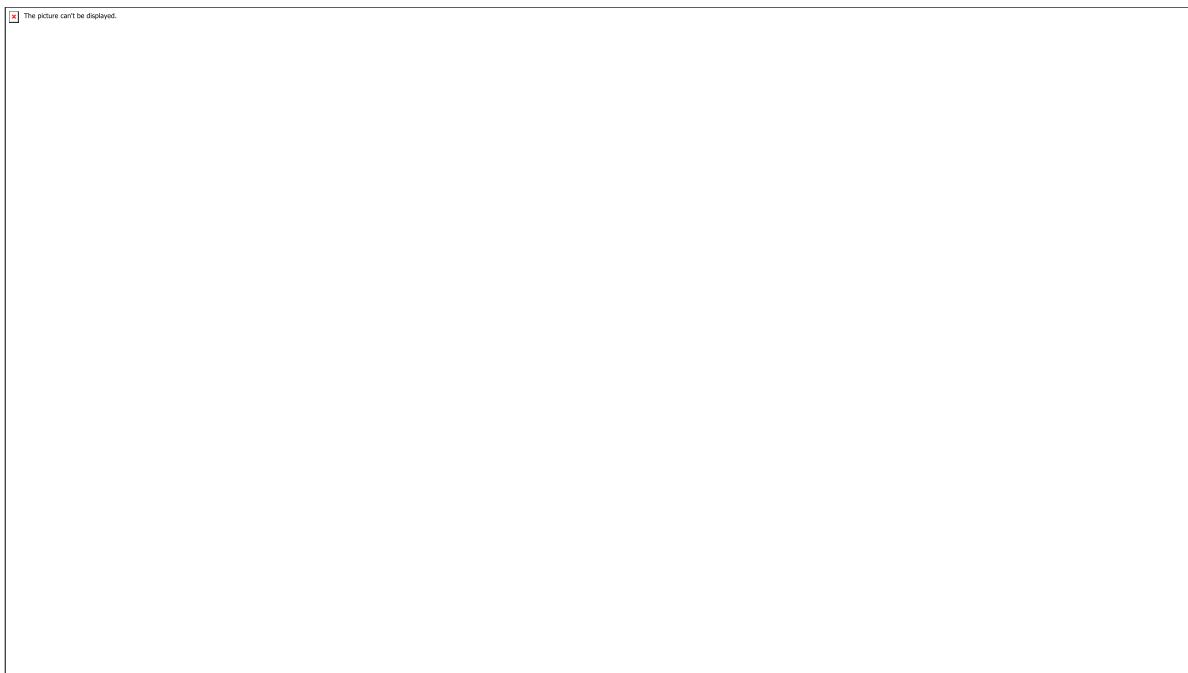


Figura 04: Imagem da primeira versão da PCI do sistema prototipado

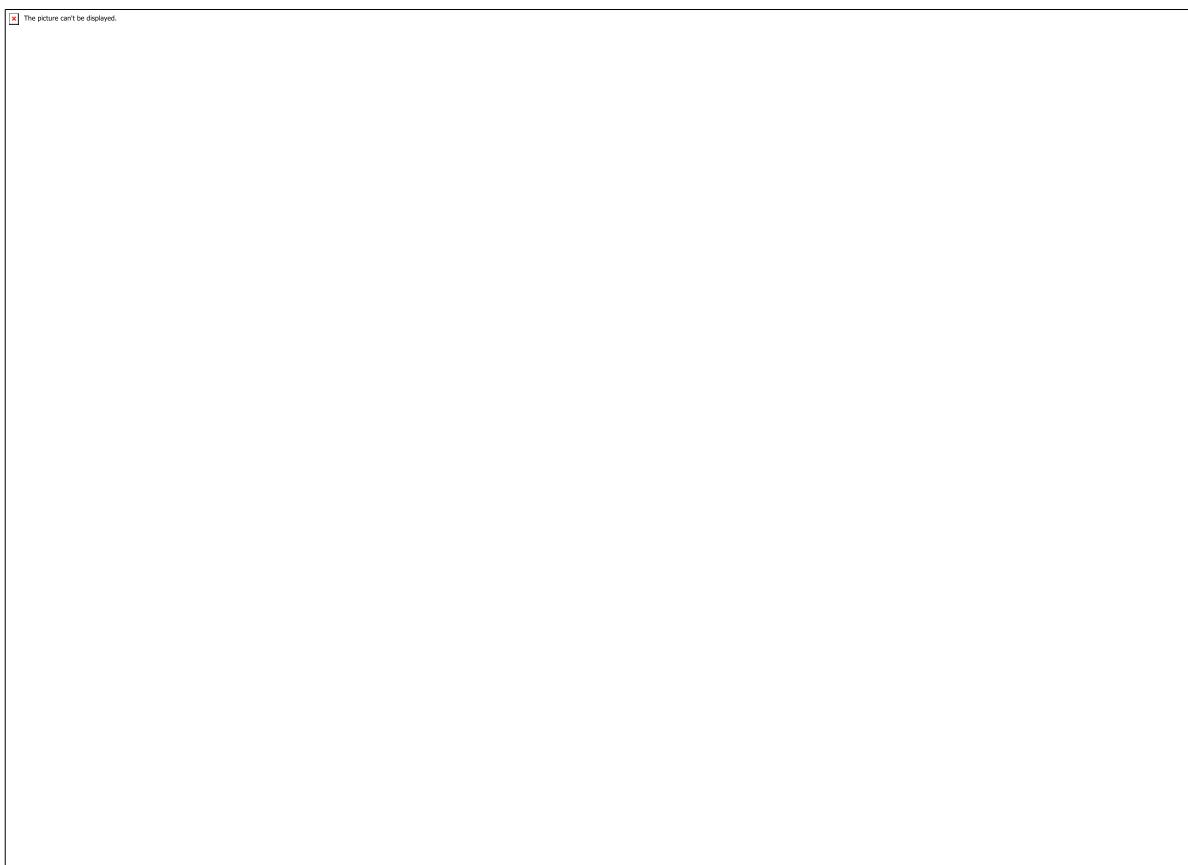


Figura 05: Diagrama das principais funcionalidades do Sistema

CÓDIGO: ET0330

AUTOR: CASSIA FERREIRA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: CILIANA REGINA COLOMBO

TÍTULO: Bolsista Projeto Resíduos de Grandes Geradores: qual sua composição e qual a destinação dada a eles

Resumo

A quantidade de resíduos produzida atualmente é muito grande, e sua destinação incorreta gera diversos problemas ambientais. Os resíduos sólidos possuem valor econômico e podem ser reutilizados e reciclados, para ser efetivo a separação deve ocorrer na fonte. Os grandes geradores produzem toneladas de resíduos diariamente. É importante a correta destinação para isso é necessário conhecer a composição dos resíduos gerados e as possibilidades de destinação, bem como elaborar um plano de gerenciamento de resíduos para estes locais. O estudo foi de múltiplos casos na cidade de Natal, RN, com um caráter quanti-qualitativo, em que utilizamos o método de quarteamento para análise dos resíduos gerados. Apesar de diversos contatos poucos foram os estabelecimentos que aceitaram participar da pesquisa. Os hotéis analisados possuem potencial para destinar seus resíduos recicláveis a coleta seletiva. Da quantia gerada diariamente pelos hotéis cerca de 25% é reciclável. Através de pequenas mudanças em suas instalações e atividade dos funcionários que foram orientadas através de plano de gerenciamento exclusivo para o estabelecimento os mesmos podem destinar corretamente seus resíduos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos.PGRS.Reciclagem.Meio ambiente.Hotel

TITLE: Large Generator Waste: what is its composition and what is its destination?

Abstract

The amount of waste produced today is very large, and its incorrect disposal generates several environmental problems. Solid waste has economic value and can be reused and recycled, to be effective separation must occur at source. Large generators produce tons of waste daily. Correct disposal is important so it is necessary to know the composition of the waste generated and the disposal possibilities, as well as elaborate a waste management plan for these locations. The study was of multiple cases in the city of Natal, RN, with a quantitative and qualitative character, in which we used the quartering method to analyze the generated residues. Despite several contacts, few establishments agreed to participate in the survey. The hotels analyzed have the potential to dispose of their recyclable waste for selective collection. Of the amount generated daily by hotels about 25% is recyclable. Through minor changes in their facilities and employee activity that have been guided through a unique management plan for the establishment they can properly dispose of their waste.

Keywords: Solid waste.PGRS.Recycling.Environment.Hotel

Introdução

Atualmente a destinação adequada dos resíduos sólidos é constantemente discutida, pois, hoje podemos caracterizar o descarte incorreto dos resíduos como um dos maiores problemas ambientais do nosso planeta. A quantidade de resíduo produzida atualmente atinge limites jamais vistos. Após a revolução industrial e com isso o aumento exponencial da produção e consumo de produtos houve uma massiva circulação de diversos resíduos, que antes não eram tão difundidos, principalmente provenientes de embalagens plásticas que são utilizados em um curto espaço de tempo e descartadas em sua grande maioria incorretamente. Com isso o consumo de produtos industrializados exercem forte pressão sobre o meio ambiente, desde a sua geração á disposição final. (MUCELIN & BELLINI,2008)

Os resíduos sólidos podem ser urbanos residenciais e comerciais, estes podem ser ou não potencialmente tóxicos. De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, podemos classificar os resíduos em, Classe I (perigosos), que em função de suas características intrínsecas geram perigo a saúde humana ou danos ambientais. Classe II (Inertes), resíduos que podem gerar algum dano ambiental ou a saúde humana por suas características como solubilidade, biodegradabilidade, combustibilidade ou Classe III (Inertes), suas características intrínsecas não oferecem riscos à saúde humana ou ao meio natural, mesmo se submetidos a diversas mudanças físicas e químicas. Estes são os resíduos gerados diariamente em centros urbanos, como vimos sua destinação incorreta pode gerar danos tanto ao humanos quanto aos ecossistemas naturais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instaurada em 2010, sob a lei 12.305 tem como principal objetivo, incentivar a correta destinação dos resíduos e rejeitos, atribuindo responsabilidades ao setor público, privado e a sociedade. Através de estratégias de curto, médio e longo prazo e acordos setoriais. Seu objeto também foi padronizar os termos utilizados na temática. Suas principais metas são o fim dos lixões do Brasil, implantar sistemas de logística reversa, apoiar cooperativas de catadores. Segundo a PNRS os resíduos sólidos possuem valor econômico e podem ser reutilizados e reciclados, para ser efetivo a separação deve ocorrer na fonte, destinando os resíduos sólidos para reciclagem e o rejeito para aterros sanitários.

Apesar da PNRS, os índices de coleta seletiva e destinação correta são baixos em nosso país, especialmente na região Nordeste. A cidade de Natal, Rio grande do Norte, segundo censo IBGE,2018 possui cerca de 3.479.010 habitantes, sendo o 16º estado mais populoso do Brasil, produzindo diversas toneladas de resíduos sólidos diariamente. De acordo com a SEMARH, 2015, Natal coleta 728,58 toneladas/dia de resíduos e cerca de 4,2 toneladas/dia de resíduos recicláveis, entretanto esse valor não representa a quantidade de resíduos recicláveis existentes.

O município de Natal movimenta sua economia principalmente por conta do turismo ambiental, com isso existem centenas de hotéis espalhados pela costa, estes geram grande volume de resíduos, exercendo assim forte pressão ao meio ambiente. A prefeitura de Natal, dispõe de lei municipal 4.748/96 que regulamenta a limpeza urbana no município, o Art. 4º especificamente sobre os grandes geradores, em que a coleta pela prefeitura é facultativa em estabelecimentos comerciais que excedem a produção de 500l ou 200 kg de resíduos em um período de 24 horas.

Diante disso o principal objetivo da pesquisa é conhecer a composição dos resíduos gerados em grandes geradores e as possibilidades de destinação dos componentes,

visando identificar o potencial de reciclagem e oferecer consultoria para elaboração e execução de um plano de gerenciamento de resíduos para atendimento à PNRS.

Metodologia

O estudo foi desenvolvido no período de agosto de 2017 a julho de 2019 em Natal/RN, na região sul da cidade, em 3 hotéis. Foram eles: o Best Western Premier Majestic (Arituba empreendimentos turísticos),Ponta Negra Flat e o Monza Palace Hotel.

Para realizar a pesquisa com os estabelecimento, houve um levantamento através do Google Maps, dos hotéis e comércios que seriam grandes geradores. Com estes dados entramos em contato através de telefone e/ou e-mail para o envio de carta convite para participação do projeto, nesta uma breve introdução e justificativa do projeto e como seria o plano de trabalho, após aceite iniciamos a pesquisa.

Foi um estudo de múltiplos casos, com um caráter quanti-qualitativo, pois, os estabelecimento geram diversos tipos de resíduos. Os dados foram coletados a partir de entrevistas com os funcionários, observações dos espaços do hotel como quartos, restaurante, escritórios, armazéns, e a quantificação dos resíduos através da segregação e pesagem dos resíduos produzidos no hotel no período de 24 horas. Para amostragem quantitativa utilizamos o método de quarteamento, em que dividimos a amostra total e analisamos somente parte desta. Após a separação dessas partes os materiais foram dispostos em lona plástica e separados com a utilização de EPI, como luvas, botas e máscara, os resíduos foram categorizados em:

- Plásticos: embalagens de alimentos, sacos plásticos, plástico filme, copos descartáveis, sacos, sacolas, garrafas de refrigerante e água, cápsulas de café, embalagens de bebidas, embalagens de roupas de cama limpas danificadas, embalagens de produtos de limpeza, tais como amaciante, sabão, água sanitária.
- Metais: latas de alumínio
- Vidro: copos quebrados, garrafas de bebidas
- Papelão: caixas de alimentos e caixas de produtos
- Embalagem multcamada: caixas de leite, sucos
- Orgânicos: restos alimentares de origem animal e vegetal como cascas de frutas, preparo da alimentação,cascas de ovos
- Óleos: óleo de cozinha utilizado
- Papel: limpeza das mãos e bancadas, revistas, jornais, cartões
- Isopor
- Rejeito: papel higiênico, absorventes higiênicos, fraldas descartáveis, guardanapo

- Eletroeletrônicos: lâmpadas queimadas (incandescentes, fluorescentes, led), pilhas, equipamentos (controle remoto, carregadores, ar condicionado, geladeira, computadores, etc).

Após a segregação dos resíduos, realizamos a pesagem das categorias e a estimativa de volume de resíduos, que posteriormente foram tabulados em Excel e transformadas em porcentagem.

A partir desses dados e observações criamos um plano de gerenciamento de resíduos específico para cada local. Depois dessa elaboração nos reunimos com a equipe do hotel para compreensão e adaptações do plano e durante a implementação do mesmo os pesquisadores ministraram palestras de capacitação para os funcionários.

Resultados e Discussões

A quantidade de resíduos do Hotel Ponta Negra Flat com ocupação de 100%, o equivalente a 52 apartamentos foi de 98,6 kg em um período de 24 horas, destes cerca de 45% é resíduo orgânico, 30% rejeito e 25% de recicláveis. Portanto o Flat Ponta Negra não é considerado um grande gerador. O Hotel recebeu o PGRS, mas até o momento não fez a implementação. A quantidade de resíduos é relativamente baixa por conta do perfil do hotel, que é corporativo além disso o hotel não dispõe de restaurante interno. No Majestic Hotel com base na ocupação de 45%, cerca de 63 apartamentos. Em 24 horas o total de resíduos foi de 491,82 kg, destes 40% é resíduo orgânico, 35% rejeito e 25% de recicláveis. O Hotel Majestic é considerado um grande gerador de resíduos, com menos de 50% de ocupação o peso e o volume dos resíduos já ultrapassam o estabelecido pela lei municipal 4.748/96, o mesmo recebeu o PGRS e iniciou a implantação.

De acordo com Conto et al., 2004 a maior parte dos resíduos são de matéria orgânica, independente da taxa de ocupação do hotel, a fração de matérias recicláveis tende a aumentar em períodos de festas como o Ano Novo e Natal, em que o consumo que bebidas alcoólicas é maior e consequentemente a geração de vidro. Durante a entrevista com os funcionários do Hotel Majestic os mesmos afirmaram que no período do Carnaval o número de garrafas nos quartos e consumo no hotel aumenta. Conto et al., 2004 também afirma que a quantidade de embalagens nos quartos aumenta de acordo com o motivo da viagem, em que hóspedes em viagens turísticas produzem mais resíduos do que viagens corporativas, corroborando com nossos dados analisados, onde o Flat Ponta Negra com seguimento corporativo e residencial produz proporcionalmente menos resíduos do que o Hotel Majestic, além da presença do restaurante o que aumenta a produção de resíduos orgânicos independente do segmento.

Durante a pesquisa entramos em contato com aproximadamente 60 estabelecimentos, apenas quatro aceitaram o convite, destes dois receberam o plano de gerenciamento de resíduos onde um deles atualmente está em fase de implementação, um hotel ainda irá receber o PGRS e o outro efetuamos a visita inicial mas não nos retornaram até o momento. Com isso analisamos que somente 2,4% aceitaram o desenvolvimento da pesquisa, fator preocupante, pois, a economia do município de Natal é movimentada pelo turismo ambiental, por conta das suas belezas naturais, se os estabelecimentos não se preocuparem com a preservação do meio ambiente em breve essa não poderá

ser a principal fonte de renda da cidade. Ferrari & Conto, 2003 afirmam que para a rede hoteleira brasileira ser movimentada e permanecer competitiva durante os próximos anos é necessário pensar na qualidade de vida tanto dos turistas, quanto dos funcionários, não apenas durante sua estadia. Portanto é urgente que esses grandes estabelecimentos se comprometam a preservar o meio ambiente gerenciando os problemas ambientais. Através de práticas como a destinação correta dos seus resíduos que envolvem desafios envolvendo a mudança de hábitos dos servidores e hóspedes mas que de antemão preservam o meio ambiente, pois a destinação correta dos resíduos aumenta o tempo de vida dos aterros sanitários, não contribui para a permanência dos lixões, evita a retirada de matéria prima virgem, diminui a emissão de poluentes e colabora socialmente com pessoas que estão em situação de vulnerabilidade, através das cooperativas de reciclagem.

Conclusão

Analisamos que os grandes geradores possuem uma grande parcela de seus resíduos que podem ser reciclados. A elaboração do PGRS permite que os resíduos sejam separados na fonte, contribuindo assim para a coleta seletiva. Notamos que eram necessárias pequenas mudanças para que o estabelecimento conseguisse de forma efetiva separar os materiais, não prejudicando o trabalho dos servidores e nem a estadia dos hóspedes. Infelizmente a quantidade de estabelecimentos interessados na pesquisa foi pequena, atribuímos isso à resistência para mudanças na rotina dos servidores e hóspedes do hotel, além da falta de fiscalização da prefeitura. Que possui lei municipal 4.748/96 específica, referente a grandes geradores e mesmo assim coleta de grande parte dos estabelecimento, dessa forma para os hotéis é cômodo continuar destinando incorretamente seus resíduos, pois não possuem prejuízos econômicos. Os grandes geradores também precisam pensar a longo prazo quais são os problemas que a falta de gestão ambiental em seus estabelecimento podem causar e a responsabilidade que possuem sobre isso.

Referências

ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004, de Novembro de 2004. Classificação de Resíduos sólidos.

BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

CONTO, M. BONATTO, G., FELDKIRCHER, E. & POSSER, L. Geração de resíduos sólidos em um meio de hospedagem um caso de estudo. ICTR, 2004. Florianópolis, SC.

FERRARI, P.; DE CONTO, S. Análise económica da reciclagem de resíduos sólidos gerados em meios de hospedagem: uma proposta de estudo. Seminário de pesquisa em turismo do Mercosul. UCS, Caxias do Sul, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. Censo Demográfico 2018 – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. 2018. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn>

MUCELIN, C & BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (1): 111-124, jun. 2008

NATAL (Rio Grande do Norte). Lei Nº 4.748, de 30 de abril de 1996 . Regulamenta a Limpeza Urbana do Município de Natal e dá outras providências.

SEMARH, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Panorama dos Resíduos Sólidos no Estado do Rio Grande do Norte - PERS/RN. Natal. 2015

CÓDIGO: ET0358

AUTOR: GESYA EMANUELLY SILVA DE FREITAS

ORIENTADOR: ROGERSON RODRIGUES FREIRE RAMOS

TÍTULO: Investigação teórica e prática sobre os mecanismos envolvidos no processo de formação de nanofibras por SBS

Resumo

Entre os assuntos de grande interesse, seja na pesquisa ou no âmbito industrial, o processamento de nanofibras ganha atenção, pois as mesmas podem ser aplicadas a diversos meios desde de próteses vasculares até a materiais estruturais que exige alta resistência mecânica. A técnica mais utilizada é a eletrofiação, porém por ser uma técnica que produz pequenas quantidades, a técnica de fiação por sopro em solução (SBS) vem sendo uma excelente alternativa para a substituição, pois seu custo é baixo, além de apresentar uma alta taxa de produção. Como as diferentes geometrias dessas nanofibras podem acarretar diferentes propriedades e ainda há uma certa dificuldade de controlar essas características em função da diminuição do diâmetro dessas fibras, esse trabalho sugere elementos para que se possa controlar esse diâmetro, pois diante disso é importante conhecer bem as relações entre as características do processo e comportamento da formação das nanofibras, incluindo a cristalização. Além disso esse trabalho explana assuntos que possuem correlação com o tema abordado: como simulação numérica, eletrofiação, nanofibras e modelagem ocupacional.

Palavras-chave: SBS; Eletrofiação; Nanofibras; Simulação numérica.

TITLE: Theoretical and practical research on the mechanisms involved in the process of SBS nanofiber formation.

Abstract

Among the topics of great interest, whether in research or industry, nanofiber processing gains attention, as they can be applied to a wide range of media from vascular prostheses to structural materials requiring high mechanical strength. The most commonly used technique is electroporation, but because it is a technique that produces small quantities, the solution blow spinning (SBS) technique has been an excellent alternative for replacement, because its cost is low, besides presenting a high rate of production. As the different geometries of these nanofibers can lead to different properties and there is still some difficulty to control these characteristics due to the decrease of the diameter of these fibers, this work suggests elements to control this diameter, because it is important to know the relationships well between process characteristics and behavior of nanofiber formation, including crystallization. In addition, this work explains subjects that correlate with the theme: such as numerical simulation, electropower, nanofibers and occupational modeling.

Keywords: SBS; Electrospinning; Nanofibers; Numerical simulation.

Introdução

Os materiais fibrosos nanoestruturados possuem propriedades únicas em função, principalmente, de sua área superficial elevada e grande razão de aspecto. Essas

características provocam modificações nas suas propriedades físico-químicas e biológicas, resultando em propriedades volumétricas diferentes das de materiais estruturados em macroescala [1,2]. A diminuição na dimensão do diâmetro das fibras, que podem ser compostas por vários polímeros de origem sintética ou natural, por exemplo, é fundamental para a otimização destas características, no entanto, há ainda uma grande dificuldade em controlar estas propriedades a partir das técnicas convencionais de produção [3,4]. Assim, estudos que contribuam para o entendimento dos processos de produção destes materiais são importantes devido suas inúmeras possibilidades de aplicações [5–7]. Desta forma, este trabalho propõe uma investigação teórica e prática sobre os mecanismos envolvidos no processo de formação de nanofibras por fiação por sopro em solução. Para isto o aluno com o auxílio dos professores, terá que preparar na bancada soluções poliméricas para produção de amostras utilizando um sistema de fiação por sopro em solução. Em seguida, deverá realizar análises térmicas por DSC e microscópicas por MEV, para caracterização das fibras e identificação de relações entre variáveis do sistema de alimentação e características estruturais das fibras como cristalinidade e diâmetro médio, comparando os resultados experimentais aos dados obtidos pelos modelos teóricos. Além disso essa pesquisa tem como objetivos a realização da simulação numérica da técnica de fiação por sopro em solução para identificação das relações entre a pressão do fluxo de ar comprimido, taxa de alimentação de solução polimérica e % de concentração de polímero em solução no diâmetro médio de nanofibras. A realização da simulação numérica de fiação por sopro em solução para identificar as relações entre pressão do fluxo de ar comprimido, taxa de alimentação de solução polimérica e % de concentração do polímero em solução no grau de cristalinidade das nanofibras. Tem como outros objetivos a produção de nanofibras a partir de diferentes configurações da técnica de fiação por sopro em solução para que os resultados obtidos numericamente, possam ser validados, contribuir para a compreensão dos mecanismos que envolvem a formação das nanofibras através do processo de fiação por sopro em solução e por último a caracterização térmica e morfológica das fibras, através do DSC e MEV.

Metodologia

Em relação a metodologia, no que diz respeito a essa pesquisa, serão avaliados tanto de maneira prática e teórica, a influência da pressão do fluxo de ar comprimido, taxa de alimentação de solução polimérica e % de concentração de polímero em solução no grau de cristalinidade e diâmetro médio das fibras, observados, respectivamente, por DSC e MEV. Desta forma, para a prática experimental as amostras em cada configuração do planejamento serão produzidas utilizando um equipamento de fiação por sopro em solução com as seguintes configurações:

- Preparo da solução: As soluções poliméricas utilizadas neste trabalho serão preparadas em clorofórmio sob branda agitação de barra magnética por 1 h em temperatura ambiente com concentrações variando entre de 8 e 20 % (m/v) de PLA em solução;
- Sistema de ejeção: Será utilizado um sistema multibicos de ejeção (com três bicos internos de mesma geometria e dimensões) para garantir a formação de um grande volume de fibras e assim otimizar o processo de aglomeração no sistema de coleta;
- Sistema de coleta: Será utilizado um coletor intermediário cônico (rotatório) para orientação e conformação das fibras em multicamadas, seguido de uma câmara de armazenamento constituída por uma tela parabólica para promover a dissipação do ar e aumentar a captura de fibras;
- Análise térmica: Análises de DSC serão realizadas em um equipamento TA60 da Shimadzu em atmosfera de nitrogênio a um fluxo de 50 ml/min com amostras entre 6 e 8 mg com duas corridas da temperatura ambiente à 200 °C a uma taxa de aquecimento e resfriamento de 5 °C/min para todas as amostras;
- MEV

(Microscopia Eletrônica de Varredura): O diâmetro médio e dispersão de diâmetros das fibras serão observados utilizando um microscópio eletrônico de varredura modelo Leo 1430 da Zeiss, com as amostras previamente metalizadas com duas camadas de ouro num “Sputter Coater” (plasma de argônio) da Emitech modelo KSSOX, durante 90 s. As medidas serão realizadas com o auxílio do software analisador de imagens “Image J”, National Institutes of Health, USA. Serão efetuadas 100 medidas aleatórias de três diferentes regiões, totalizando 300 medidas da amostra. • Para modelagem da turbulência serão utilizados o modelo padrão $k-\epsilon$, e de tensão cisalhante turbulenta (modelo tensão de Reynolds – Reynolds stress model (RSM)), comparando-os com resultados experimentais [3]. A simetria do campo de fluxo ao longo da linha central do sistema permitirá definir os volumes de controle e condições de contorno. O modelo obtido será resolvido usando o método de volumes finitos (Finite Volume Method - (FVM)). Seguem abaixo detalhes do procedimento [4]. (a) O algoritmo SIMPLE será usado para resolver o problema do acoplamento velocidade-pressão. (b) Uma malha escalonada (Staggered grid) será introduzida para eliminar a possibilidade de existir um padrão alternado nos perfis de velocidade e nos de pressão, permitindo assim que exista uma evolução no escoamento. (c) O esquema de lei de potência será adotado para interpolação. (d) O método TDMA será utilizado para resolver as equações dos volumes finitos. O volume de controle é um retângulo onde a origem da coordenada está no centro da cabeça da matriz. A direção x está ao longo do eixo da fieira. O comprimento (direção x) e largura (direção y) do domínio computacional são 200 mm e 60 mm, respectivamente. Existem 400 partições na direção x e 200 partições na direção y. Finalmente, com as simulações numéricas do campo de fluxo de jato de ar, a distribuição do componente x da velocidade do ar, e a temperatura do ar, ao longo do eixo x poderão ser encontradas para resolução do modelo.

Resultados e Discussões

Visto que nos últimos meses o laboratório que irá ser usado estava em construção, a início da pesquisa deu-se apenas com a pesquisa bibliográfica através de artigos. Porém com as conclusões das obras, a pesquisa dará continuidade com a produção e caracterização das amostras para que os resultados possam ser obtidos. Não esquecendo que pelos estudos de artigos, foi possível ver que será possível a obtenção de resultados satisfatórios com a produção dessas amostras de nanofibras.

Conclusão

Como a pesquisa teve inicio apenas com a pesquisa bibliográfica, devido aos problemas com o laboratório, a conclusão da pesquisa será possível após a produção e caracterização das amostras de nanofibras.

Referências

1. Andrade, A. L. *Science and Technology of Polymer Nanofibers*; 2008.
2. Yun, Y. J.; Hong, W. G.; Kim, W. J.; Jun, Y.; Kim, B. H. A novel method for applying reduced graphene oxide directly to electronic textiles from yarns to fabrics. *Adv. Mater.* 2013, 25, 5701–5705.
3. Medeiros, E. S.; Glenn, G. M.; Klamczynski, A. P.; Orts, W. J.; Mattoso, L. H. C. Solution blow spinning: A new method to produce micro- and nanofibers from polymer solutions. *J. Appl. Polym. Sci.* 2009, 113, 2322–2330.
4. Metera, A.; Wojaiński, M.; Ciach, T. Production of Polymer Fibres by Solution Blow Spinning. *Eur. Young Eng. Conf.* 2013, 1–6.
5. Sinha-Ray, S.; Sinha-Ray, S.; Yarin, A. L.; Pourdeyhimi, B.

Theoretical and experimental investigation of physical mechanisms responsible for polymer nanofiber formation in solution blowing. Polym. (United Kingdom) 2015, 56, 452–462. 6. Sabbatier, G.; Abadie, P.; Dieval, F.; Durand, B.; Laroche, G. Evaluation of an air spinning process to produce tailored biosynthetic nanofibre scaffolds. Mater. Sci. Eng. C 2014, 35, 347–353. 7. Lou, H.; Han, W.; Wang, X. Numerical study on the solution blowing annular jet and its correlation with fiber morphology. Ind. Eng. Chem. Res. 2014, 53, 2830–2838.

CÓDIGO: ET0381

AUTOR: FELIPE RODRIGUES SANTIAGO

COAUTOR: GABRIEL IVAN MEDINA TAPIA

ORIENTADOR: DEBORA MACHADO DE OLIVEIRA MEDINA

**TÍTULO: DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM DESTILADOR SOLAR
PARA TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERROS SANITÁRIOS**

Resumo

O constante crescimento da população, aliado ao forte processo de industrialização e a facilidade de acesso a bens de consumo, resultam em um alta geração de resíduos sólidos. No Brasil, o aterro sanitário é o destino da maior parte dos resíduos sólidos gerados, e embora este seja considerado uma técnica segura de tratamento, produz através de reações químicas e biológicas, emissões de gases e efluentes líquidos, chamados de lixiviados. O tratamento do lixiviado vem sendo um grande desafio, visto que o lixiviado pode causar danos ambientais como a contaminação do solo, lençóis freáticos e rios. Devido ao seu caráter poluidor, o lixiviado necessita de tratamento específico de modo a minimizar as suas características. Este trabalho teve como finalidade desenvolver e construir um destilador solar para o tratamento de lixiviado. A configuração do destilador foi definida através de levantamentos bibliográficos de artigos encontrados nos principais portais de pesquisas. A partir das referências pesquisadas, foi possível definir as principais características do destilador, bem como os materiais e a sua geometria. No desenvolvimento do destilador foi possível analisar e corrigir características de modo a tornar o destilador mais eficiente e alinhado com os principais estudos.

Palavras-chave: LIXIVIADO. EVAPORAÇÃO. DESTILAÇÃO. ENERGIA SOLAR.
DESTILADOR SOLAR.

TITLE: DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF A SOLAR DISTILLER FOR
LEACHATE TREATMENT PRODUCED IN LANDFILLS

Abstract

The constant population growth coupled with the strong industrialization process and the ease of access to consumer goods, result in a high generation of solid waste. In Brazil, most of all solid waste generated daily are disposed in landfills. Although this is considered a safe treatment technique, it demands the management of gas emissions and liquid the effluent- leachate - produced through chemical and biological reactions. The treatment of leachate has been a major challenge as this effluent can cause environmental damage such as soil, groundwater and rivers contamination. Due to its polluting character, leachate needs specific treatment in order to minimize its

characteristics. Therefore, this work aimed to develop and build a solar distiller for the treatment of leachate. The geometry and materials used to build the distiller were defined based on literature review. In the development of the distiller it was possible to analyze and correct features in order to make the distiller more efficient and aligned with the main studies.

Keywords: LEACHATE. EVAPORATION. DISTILLATION. SOLAR ENERGY. SOLAR DISTILLER.

Introdução

O consumo exacerbado de bens, estimulado e adotado pela sociedade, ocasiona a produção em larga escala de subprodutos ou rejeitos que necessitam de um gerenciamento e destinação correta.

A disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em aterros sanitários, forma mais usual e recomendada, requer grandes áreas, além de uma distância considerável dos grandes centros urbanos, de modo que não haja comprometimento da segurança e conforto da população. Apesar de possuir grandes vantagens como a absorção diária de altas quantidades de resíduos (LIMA, 2004), menores custos do que outras operações e a possibilidade de disposição de resíduos de naturezas diversas (CHEREMISINOFF, 2003), o aterro gera subprodutos, tais como gases e líquidos, que necessitam ser tratados adequadamente de modo a minimizar os impactos ambientais.

O lixiviado, líquido gerado pelo aterro sanitário, possui coloração escura, levemente ácido, de elevada DQO (Demanda Química de Oxigênio) e com elevado potencial poluidor, sua formação ocorre como consequência da percolação da água da chuva através dos resíduos, que carreiam os componentes orgânicos e inorgânicos solúveis, presentes nos resíduos (EL-FADEL et al., 2002) e também por processos bioquímicos que ocorrem dentro de cada célula, onde os resíduos são degradados por meio de processos aeróbios e anaeróbios, e também resultante da própria umidade dos resíduos.

O alto volume de produção de lixiviado aliado a seu elevado grau poluidor, requer um armazenamento e tratamento adequado visto que o lixiviado pode causar danos tanto ao meio ambiente quanto à saúde humana.

A inserção direta do lixiviado em corpos hídricos poderá causar danos ambientais como a redução de oxigênio dissolvido devido ao acréscimo de matéria orgânica ou a eutrofização do ambiente aquático caso haja uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal no lixiviado. Além disso, a presença de elementos que não possuem caráter de biodegradação, como os metais-traços, poderá promover a bioacumulação e/ou biomagnificação na cadeia alimentar (BAIRD, 1999).

O tratamento, para que seja eficiente, deverá levar em consideração, segundo D'Almeida e Vilhena (2000), as características do lixiviado, a presença de substâncias perigosas como compostos tóxicos e metais pesados, alternativas de disposição do efluente tratado de acordo com a legislação vigente, tecnologias disponíveis e custos para a implantação e operação. Além disso, Giust et al. (2007) acrescenta ainda que para a escolha da tecnologia mais adequada deverá ser levada em consideração os

seguintes fatores: a qualidade e características analíticas dos lixiviados, a qualidade esperada do efluente tratado, a quantidade a ser tratada e a disponibilidade de fontes de energia.

As principais técnicas utilizadas para o tratamento do lixiviado captado são a evaporação natural e a recirculação no próprio aterro, outros métodos também podem ser empregados, tais como a disposição em estações de tratamento de esgoto, tratamentos biológicos, biodegradação e usos de métodos físicos e químicos como oxidação química, adsorção e precipitação química.

O tratamento por evaporação natural consiste na disposição do lixiviado em tanques abertos, expondo o lixiviado a energia oriunda da radiação solar que, ao elevar a temperatura do ar, intensifica o processo de evaporação. Esse tratamento é ideal para regiões de clima tropical por possuírem alta incidência solar, favorecendo assim o processo. A evaporação apresenta como principal vantagem a redução do volume do resíduo líquido.

Visando compreender o processo de evaporação de lixiviado e avaliar a viabilidade de utilização deste tratamento em lixiviados de aterros de pequeno porte localizados na região nordeste, o presente estudo teve como objetivo projetar e construir um destilador solar para tratamento de lixiviados.

Metodologia

Nesta etapa, foi feito levantamento bibliográfico nos principais portais de pesquisas como o Periódicos CAPES, Google Acadêmico, Science Direct e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Foram pesquisados estudos mais recentes na temática “evaporação de lixiviado”, “destilação solar”, “leachate evaporation”, “Solar still” e “Solar desalination”, selecionando os estudos mais importantes para o projeto.

A partir dos artigos encontrados foi realizada uma análise geral entre os parâmetros de maior importância relatados nos trabalhos destacando os principais problemas e soluções encontradas. Com base nesses levantamentos definiu-se a configuração geométrica do evaporador, que propiciasse uma melhor condensação, e os materiais a serem empregados na construção, com base na disponibilidade e facilidade de compra do material na região, melhor custo-benefício e facilidade no manuseio.

Resultados e Discussões

A seleção dos principais estudos relacionados ao tema de evaporação de lixiviado e as características dos destiladores utilizados em cada estudo é apresentada no quadro 01.

Reservatório

A escolha do material do reservatório que irá comportar o lixiviado deve levar em consideração os possíveis efeitos corrosivos causados pelo lixiviado ao longo do tempo. A utilização de reservatórios feitos de cobre, ferro galvanizado, alumínio naval, aço

inoxidável e metais protegidos por anticorrosivo mostrou-se ineficazes devido o processo corrosivo, segundo MCCRACKEN & GORDES (1985) as reações químicas são aceleradas como o aumento da temperatura no reservatório, desse modo, o alumínio naval, que dura 20 anos no mar a 25º, duraria apenas um ou dois anos a 50º. Sá (2008) utilizou em sua pesquisa o alumínio revestido com silicone, pois, segundo a autora, a duração do reservatório pode ser ampliada para 10 a 15 anos.

Durante a pesquisa, foram encontrados diversos estudos com diferentes formatos de reservatórios, dentre eles os reservatórios com piso plano, mais usual e de fácil disponibilidade, côncavo e cilíndrico-parabólico. Minasian, Al-Karaghoubi e Habeeb (1995) realizaram estudos utilizando um dessalinizador solar com cilindro-parabólico e foi constatado uma eficiência de 25% - 35% maior que o reservatórios com piso plano. Kebeel (2009) desenvolveu um destilador usando um reservatório com base côncava com eficiência média de 30% e eficiência instantânea de 45%.

Por ser de fácil disponibilidade, uma fôrma de alumínio com 0,74 metros de comprimento e 0,49 metros de largura por 0,08 metros de altura será utilizada como um reservatório de piso plano para a disposição do lixiviado durante os estudos, essa fôrma foi instalada no interior da caixa de madeira (Figura 01) revestida internamente com uma camada de material isolante “Isopor” que possibilita uma diminuição das perdas de calor. A caixa de madeira será utilizada como suporte para a cobertura e para o reservatório, diminuindo assim o contato do lixiviado com o meio externo. A caixa contém dimensões de 0,55 metros de largura e 0,80 metros de comprimento por 0,15 metros de altura.

Cobertura

A cobertura é responsável por receber os raios solares e possibilitar a transmissão da radiação para dentro do destilador. Para que seja possível a refração dos raios solares a cobertura deve ser constituída de material transparente, como o vidro ou plástico. Luiz (1985) afirma que para a confecção da cobertura do destilador a melhor escolha é o vidro, pois este gera maior efeito estufa que o plástico, alta transmissão da radiação solar, baixa transmissão da radiação de baixa temperatura, umidade da água e alta estabilidade de suas propriedades mesmo após muitas horas de exposição. O vidro transparente tem a função quádrupla de permitir a passagem dos raios solares, impedir que o vapor escape do interior do sistema e fluir para a vizinhança, condensar o vapor e, por último, conduzir as gotas de destilado para as calhas laterais.

A definição da inclinação da cobertura influencia no processo de evaporação, Bezerra et al. (2005) estudaram as taxas de evaporação em um destilador simples efeito de duas águas que operou com coberturas de 20º e 45º, com a finalidade de verificar qual das duas inclinações poderia oferecer o melhor rendimento para as condições climáticas do Nordeste Brasileiro. Os autores afirmaram que a otimização do equipamento passa por utilizar a inclinação de 20º nas estações mais quentes e de 45º nas estações mais frias do ano. Maluf (2005) recomenda a utilização de uma inclinação entre 10º a 15º enquanto que Bezerra et al. (2005) aconselha um inclinação, que possibilite um aumento de eficiência, de no mínimo 20º.

Em experimentos realizados por Sá (2008) e Santos et al. (2017) o uso de destiladores com inclinação de 45º mostrou-se bastante eficaz, percebendo-se boas taxas de condensação.

Para os testes iniciais foi adotado uma cobertura com o formato prismático triangular reto, com duas águas e inclinação de 20º (Figura 02), o material adotado foi vidro comum com espessura de 4 milímetros tendo como dimensões de 0,38 metros de largura por 0,80 metros de comprimento. Além disso, canos de PVC de 3/4 de polegadas para águas frias foram utilizadas como calhas.

No teste realizado com água comum, a inclinação de 20º mostrou-se ineficiente pois não ocorreu o efeito wettability, que é a formação da lâmina de água escorrendo em direção as calhas. Durante o experimento ocorreu a formação de gotas de água que ficaram aderidas a superfície interna da cobertura (Figura 02), afetando o desempenho do destilador pois as gotas funcionam como espelhos, refletindo assim a radiação solar, além disso no decorrer do experimento percebeu-se que os canos de PVC, utilizados como calha, não suportaram o calor e acabaram deformados.

Princípio de Funcionamento do Destilador

O destilador simulará, com o lixiviado, o ciclo da água. De acordo com Carvalho e Silva (2006), para que ocorra a evaporação, é necessário a existência de uma fonte de energia, que pode ser a radiação solar, calor sensível da atmosfera ou da superfície evaporante e a existência de um gradiente de concentração de vapor, isto é, uma diferença entre a pressão de saturação do vapor na atmosfera à temperatura da superfície e a pressão parcial de vapor d'água na atmosfera.

A radiação solar é fonte energética necessária ao processo evaporativo, onde a incidência direta possibilita uma maior energia comparando-a com a difusa. Baseando-se nesses preceitos, o sistema será aquecido pela incidência solar direta, que incidirá na parte externa da cúpula, dispersando-se em todas as direções por dentro da cúpula, aquecendo tanto o lixiviado quanto o ar da parte interna do destilador, gerando vapores d'água que condensarão na superfície interna da cúpula de vidro. Devido a inclinação de 45º, parte do condensado cairá novamente sobre o lixiviado e outra parte escorrerá em direção as calhas, que coletarão esse líquido (Figura 03).

Tendo em vista o insucesso da cobertura de 20º foi construída uma nova cobertura de vidro temperado, por possuir maior segurança no manuseio, com 6 milímetros de espessura, e inclinação de 45º e dimensões de 0,38 metros de largura por 0,80 metros de comprimento (Figura 04). Além disso, também foram instaladas calhas de alumínio no comprimento da estrutura com dimensões de 0,73 metros de comprimento e 0,03 metros de largura.

Com as novas adequações, A cobertura do destilador solar construído entra em conformidade com os principais estudos realizados na área (Quadro 01). Com essa alteração espera-se poder coletar os destilados resultantes da evaporação do lixiviado e avaliar a viabilidade deste tipo de tratamento para lixiviados de aterros sanitários .

Conclusão

Os desafios enfrentados para a construção e funcionamento do projeto foram superados com a substituição de materiais, no caso da calha de pvc foi realizada a substituição por uma calha de alumínio. Quanto à cobertura de vidro, apesar dos principais estudos aconselharem uma cobertura com inclinação mínima de 20º para que ocorra o efeito

wettability, nos testes realizados foi possível constatar que, para o local de estudo, a inclinação foi ineficiente necessitando de uma readequação na cobertura, alterando a inclinação de 20º para 45º. A partir destes ajustes simples, espera-se com os novos testes, nos períodos de maior incidência solar, uma maior eficiência na produção de destilado, corroborando com os principais estudos analisados.

Referências

- BAIRD, C. Environmental Chemistry. New York: W. H. Freeman & Company, 1999.
- BENYOUCEF F.; MAKAN A.; EL GHMARI A.; OUATMANE A. Optimized evaporation technique for leachate treatment: Small scale implementation. *Journal of Environmental Management*, 170 (2016) p.131-135.
- BEZERRA M. A.S., MELO, J.L.S., MELO, H.N.S., JUCÁ, T.D.A. Estudo das taxas de evaporação em destilador solar duas águas com inclinação de 20º e 45º. XXI Congreso Interamericano Ingeniería Química. Lima. Peru, 2005.
- BEZERRA, A. M. Aplicação Térmica de Energia Solar. UFPB, João Pessoa, 2001.
- BEZERRA, M. A. S. Desenvolvimento de um destilador solar para tratamento de águas de produção de petróleo com vistas a sua utilização na agricultura e geração de vapor. 2004. Dissertação (Mestrado em engenharia química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
- BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. São Carlos: EESC/USP, 120p, 1999.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. da. Evaporação e transpiração. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Apostila de Hidrologia.
- CHEREMISINOFF, N. P. Handbook of solid waste management and waste minimization technologies. Burlington: Elsevier, 2003.
- D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2.ed. São Paulo: IPT, 2000. CEMPRE.
- EL-FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Management*, v. 22, p. 269-282, 2002.
- GIUST, E.; VISINTIN, D.; DEL PICCOLO. A combination of cogeneration, evaporation and membrane technique for landfill leachate treatment. ELEVENTH INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND LANDFILL SYMPOSIUM. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy. 1-5 October 2007, 12 p.
- KABEEL, A. E, "Performance of solar still with a concave wick evaporation surface", Energy. v. 34, p. 1504-1509, 26 july 2009.

LIMA, L. M. Q. Lixo: tratamento e biorremediação. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Hemus, 2004.

LOPEZ, R. A. Energia Solar para a Produção de Eletricidade. Artliber, São Paulo, 2012.

LUIZ, A. M., Como aproveitar a energia solar. 1º Edição, Editora Edgar Blucher, São Paulo, 1985.

MALUF, A.P., Destiladores Solares no Brasil: Universidade Federal de Lavras, Monografia (Departamento de Engenharia Mecânica), 2005.

MCCRACKEN, H.; GORDES, J., Understanding solar stills (inglês) Arlington/USA: VITA, 33p, 1985.

MINASIAN, A.N; AI-KARAGHOULI, A.A; HABEEB, S.K.. "Utilization of a Cylindrical Parabolic Reflector for Desalination of Saline Water". Energy Convers. v. 38, n. 7, p. 701-704, 2 Septembre, 1995.

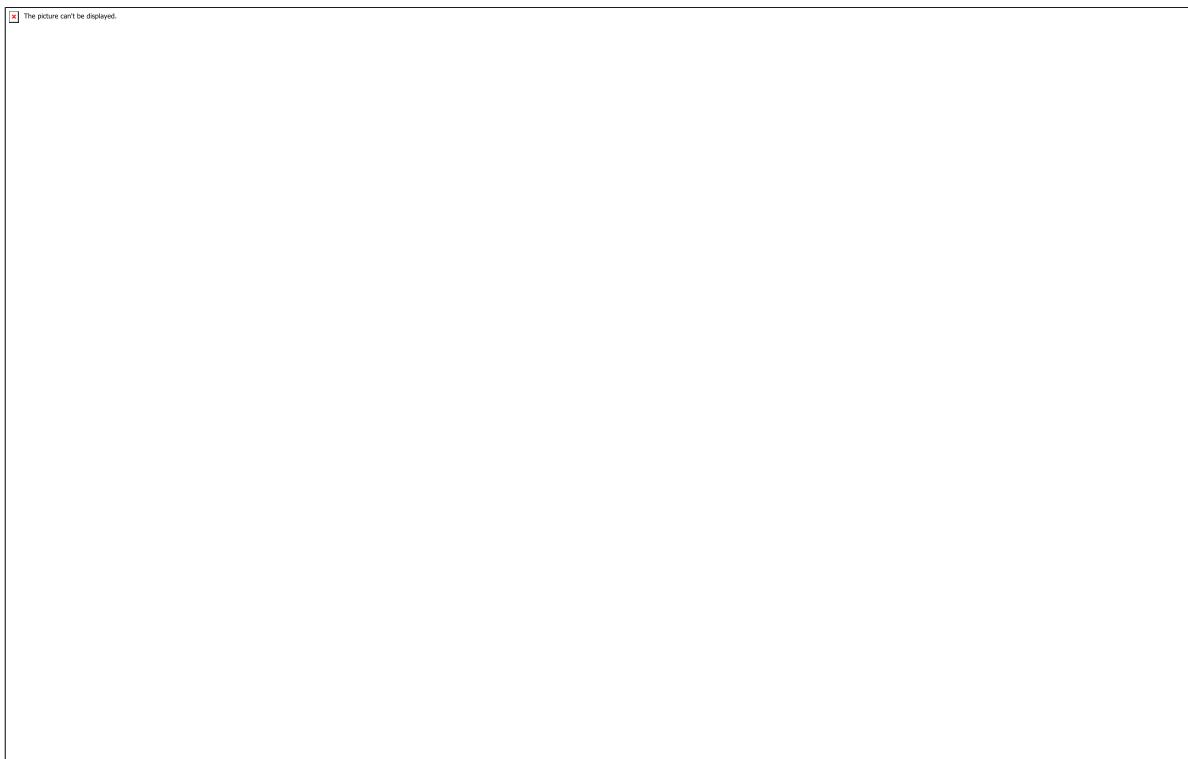
PEREIRA, E. B. (coord.); MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 1. ed. INPE, São José dos Campos, 2006.

PEREIRA, E. B. (coord.); MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. INPE, São José dos Campos, 2017.

SÁ, L. F. Evaporação natural do lixiviado do Aterro da Muribeca através de um destilador solar. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

Santos, Isadora Ferreira dos; Moreira, Fernando Augusto; Oliveira, Josiane Tamar de; Lima, Marley Beatriz Assis; "AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DO DESTILADOR SOLAR NO TRATAMENTO DO LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS", p. 1394-1404 . In: . São Paulo: Blucher, 2017.ISSN 2357-7592, DOI 10.5151/xveneeamb-141

Anexos



Quadro 01 - Resumo das principais características dos destiladores

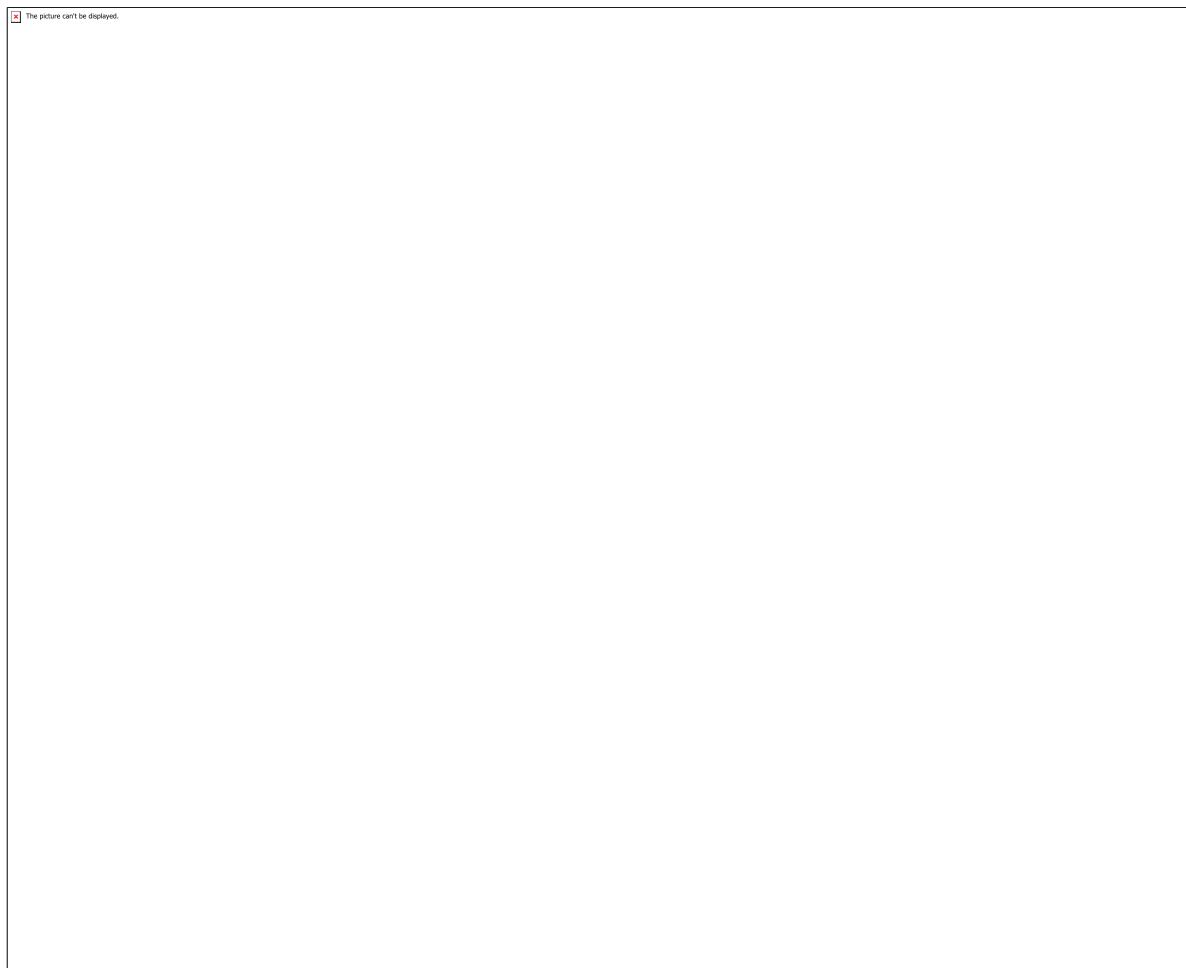


Figura 01 - Vista interna do reservatório do destilador

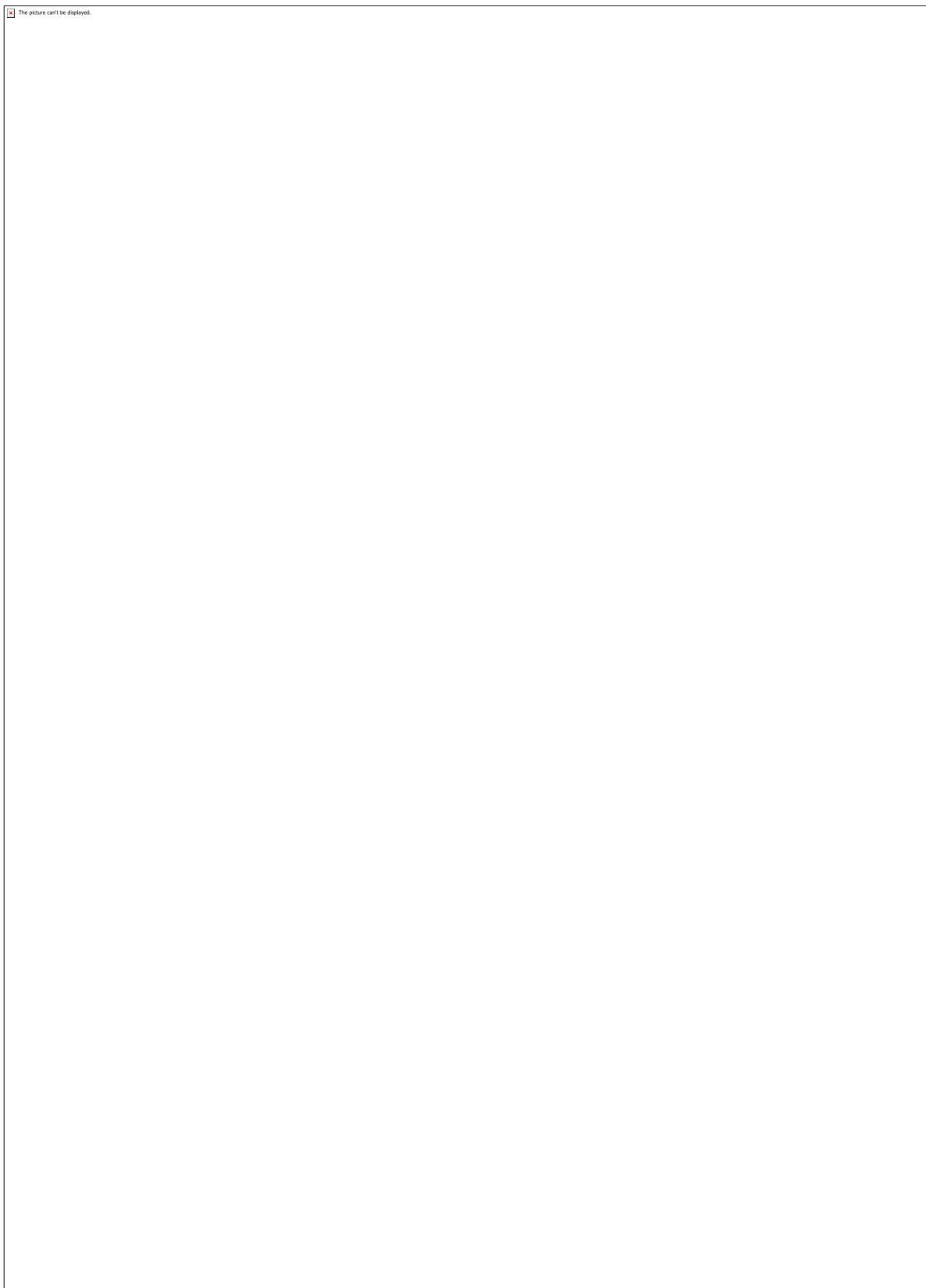


Figura 02 - Destilador solar com cobertura de vidro em inclinação de 20º.

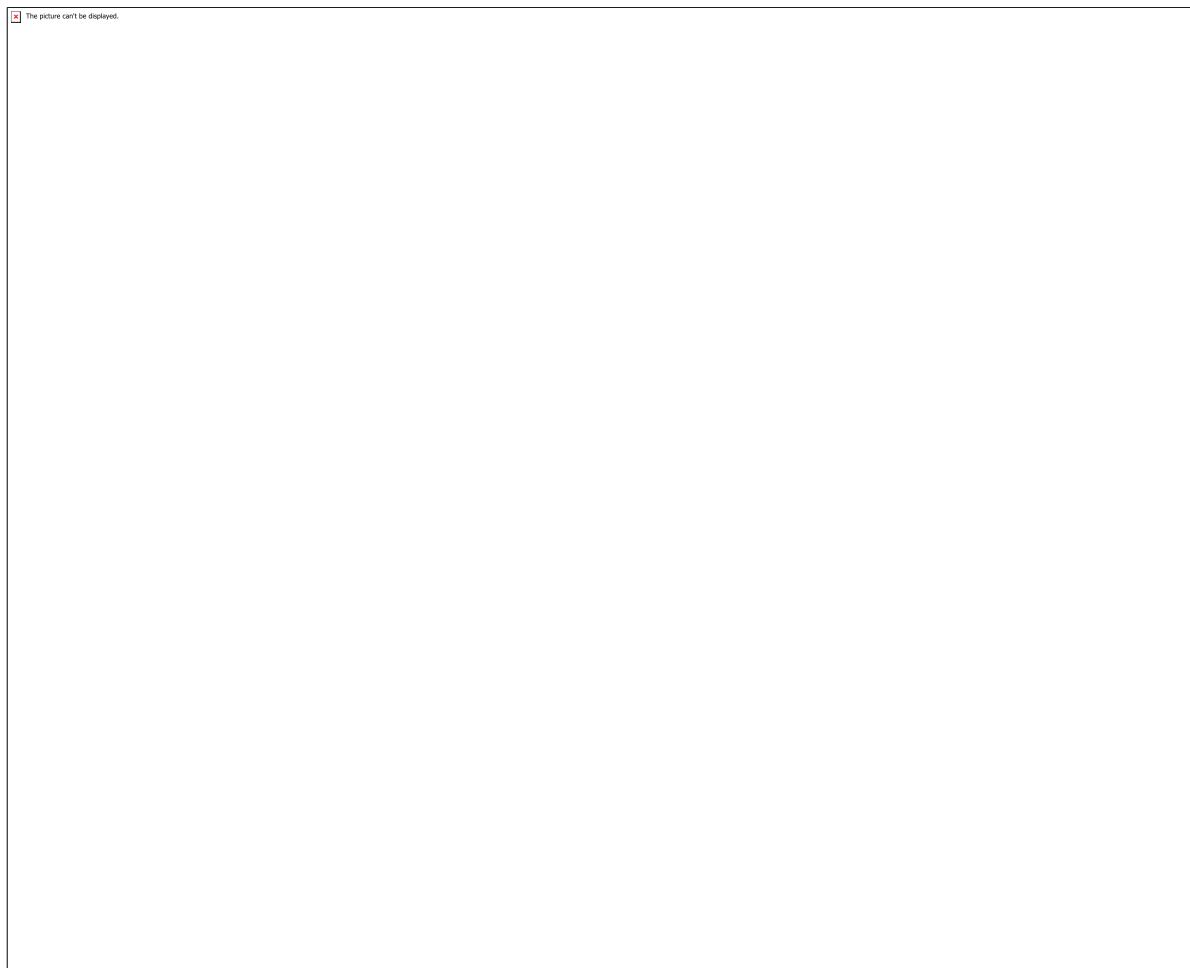


Figura 03 - Balanço de energia no destilador

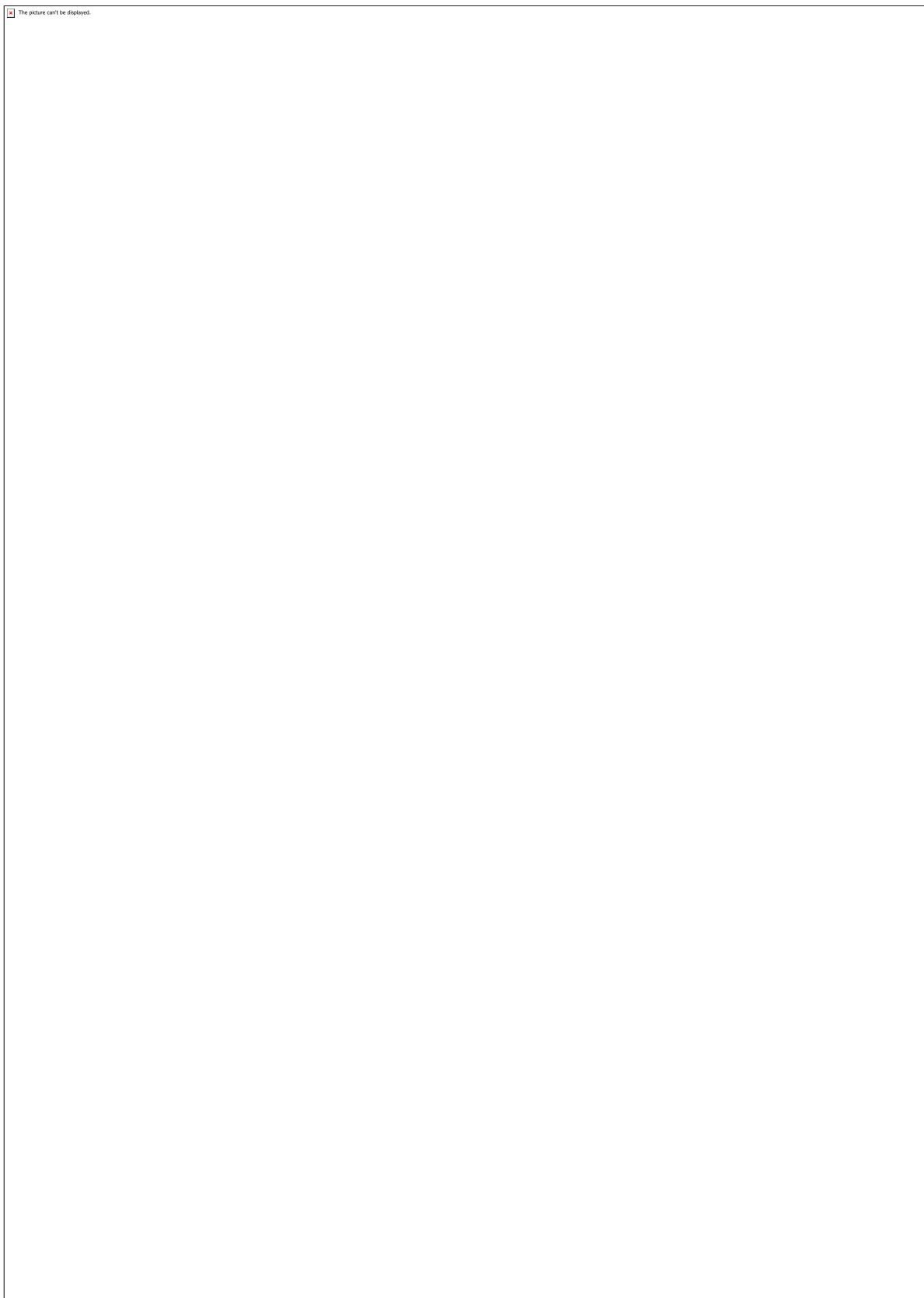


Figura 04 - Destilador solar com cobertura de vidro em inclinação de 45º.

CÓDIGO: ET0393

AUTOR: ANDERSON DOUGLAS SIMAO DOS SANTOS

COAUTOR: RAYANNE SAMARA DE SOUSA REINALDO

COAUTOR: CLEBER DA SILVA LOURENÇO

ORIENTADOR: FRANCINE ALVES DA COSTA

TÍTULO: ESTUDO DA SINTERIZAÇÃO DE COMPACTOS DE PÓS COMPÓSITOS Al₂O₃-10%Fe PREPARADOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Resumo

O compósito cerâmico de Al₂O₃-Fe vem sendo bastante estudado devido as suas boas propriedades. A fase cerâmica da alumina com sua alta dureza e resistência, aliada a fase metálica do ferro, possuidora de excelente trabalhabilidade, alta ductilidade e elevada tenacidade à fratura, o torna um forte candidato a substituir materiais convencionais como WC-Co. Desse modo, o presente trabalho investiga o efeito da moagem de alta energia na dispersão das fases Al₂O₃ e Fe, bem como a influência das condições de sinterização nas características microestruturais e na densidade dos compósitos Al₂O₃-Fe. Para isso, pós de Al₂O₃ e Fe na proporção de 10% em massa de Fe foram moídos. Os pós foram moídos por 30 horas, e amostras de pós coletadas em 5 e 30 horas. A razão empregada da massa pó para bolas foi de 1:4. Ao longo do trabalho serão apresentadas imagens de MEV para observação da forma e distribuição de tamanho de partícula dos pós moídos bem como observar a microestrutura dos corpos sinterizados a SPS. Medidas de densidade serão efetuadas pelo método geométrico (massa/volume) nos sinterizados. Além de Medidas de microdureza Vickers foram efetuados nos corpos sinterizados, nas quais variaram de 900 a 1600 HV.

Palavras-chave: Al₂O₃, Fe, Compósito, Metalurgia do Pó, SPS.

TITLE: Study of sintering of the compacts of composite powders Al₂O₃-10%Fe made by high energy milling

Abstract

The ceramic composite Al₂O₃-Fe has been well studied due to its good properties. The alumina's ceramic phase with its high hardness and strength, allied with the iron's metallic phase, which it presents excellent workability, high ductility and high fracture toughness, make it a strong candidate to replace conventional materials such as WC-Co. Therefore, the present work investigates the effect of high energy milling on the dispersion of Al₂O₃ and Fe phases, as well as the influence of the sintering conditions on the microstructural characteristics and the density of Al₂O₃-Fe composites. To achieve this goal, powders of Al₂O₃ and Fe in the proportion of 10% by mass of Fe were milled in the planetary mill Pulverisatte 7 of high energy. The powders were milled for 50

hours and powders's samples collected at 5 and 30 and 50 hours. The ratio of powder-ball was 1: 4. Throughout the work will be presented images of MEV to observe the shape and distribution of particle size of the milled powders as well as to observe the microstructure of the sintered bodies. Density measurements will be made by the geometric method (mass / volume) in sintered via SPS. In addition to measurements of Vickers microhardness were performed on the sintered bodies, in which ranged 900 to 1600 HV.

Keywords: Al₂O₃, Fe, composite, powder metallurgy, SPS

Introdução

A metalurgia do pó envolve uma sequência de processamento que permite fabricar diversos componentes a partir de pós metálicos. A rota de processamento mais empregada utiliza técnicas de compactação e sinterização, que visam, na maioria das aplicações, diminuir porosidade e elevar propriedades mecânicas. As principais vantagens destas técnicas são: propiciar a fabricação de componentes na forma quase final ("near net shape"), produzir componentes na qual a metalurgia do pó é a única rota de fabricação e possibilitar a automatização em linhas de produção de sinterizados.[1]

Um setor que tem explorado nos últimos anos, as potencialidades da Metalurgia do Pó é das Ferramentas de corte. Dentre os diversos materiais cerâmicos empregados nesse setor, existe a Alumina. Essa por sua vez possui propriedades de baixa densidade, baixa condutividade térmica, elevado módulo de elasticidade, cerca de 380 GPa, alta resistência a oxidação térmica e à abrasão. Aliada a isso possui excelentes propriedades de isolante elétrico e a capacidade de suportarem alta energia sem se deformarem. [2]

Contudo, algumas propriedades como baixa tenacidade à fratura e alta fragilidade acabam restringindo consideravelmente sua aplicação. Então, com a finalidade de melhorar a propriedade de tenacidade, muito tem sido estudado sobre a inserção de partículas de alumina com tamanho reduzido em uma fase metálica (Fe, Co, Mo, W e Cu) e seus resultados apontam para novas perspectivas na melhoria das propriedades a flexão tenacidade à fratura e resistência ao desgaste desses materiais compósitos[3]

Uma alternativa mais recente para a sinterização de cerâmicas é a sinterização por plasma (Spark Plasma Sintering - SPS) [3, 4]. O processo de SPS é caracterizado pela alta eficiência térmica devido ao aquecimento direto do molde de grafite e do pó a ser sinterizado pela passagem de altas correntes alternadas. O processo de SPS oferece várias vantagens em relação aos processos convencionais, tais como prensagem a quente (HP), prensagem isostática a quente (HIP) e sinterização sem pressão seguida de prensagem isostática a quente, incluindo a facilidade de operação, alta velocidade de sinterização, alta reproduzibilidade, segurança e confiabilidade, além de apresentar menor consumo energético, que é em torno de um terço a um quinto menor do que nos processos apresentados acima [5]. Devido às vantagens apresentadas por essa técnica é esperado que ocorra um aumento no uso do processo de SPS na fabricação de vários materiais, tais como: compostos intermetálicos, cerâmicas reforçadas com fibras, compósitos de matriz metálica e materiais nanocristalinos.

No presente trabalho amostras de alumina contendo 10% de Ferro foram sinterizadas utilizando-se o método de sinterização por plasma (SPS), com o intuito de verificar a evolução microestrutural, em dois tempos de moagem diferentes, 5 e 30 horas.

Metodologia

Para a produção do compósito foram utilizadas como matérias primas pós comerciais de Al₂O₃, fornecidos pela empresa ALCOA e o Ferro foi fornecido pela empresa METALPÓ. As caracterizações do pós iniciais de Alumina e Ferro foram feitas utilizando a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV). As figuras 1 e 2, que mostram o MEV dos pós iniciais da Alumina e do Ferro, respectivamente. (Anexo 1 e 2)

Em seguida, foi preparada meio de moagem alta energia. Os pós de Al₂O₃ e Fe na proporção de 10% em massa de Fe foram colocados em recipiente com bolas e metais duros. Um moinho Planetário (Fritsch Pulverisette 7) de alta energia foi empregado para efetuar os experimentos de moagem. A velocidade de moagem foi de 400 rpm. A razão massa pó para bolas usadas foi de 1:4. Foram, desse modo, coletadas amostras de pós de 5 e 30 horas.

Posteriormente, com a colaboração do Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV) localizado na UENF, foi possível realizar a sinterização por plasma. Os pós compósitos de Al₂O₃-10%Fe foram densificados na forma de discos com diâmetro de 5 mm, utilizando a técnicas de SPS, com taxa de aquecimento de 65°C/min até alcançar a marca de 1350 °C e uma pressão uniaxial de 40 MPa com tempo de isoterma de 5 min.

Por fim, as variáveis de sinterização foram avaliadas pela caracterização das amostras obtidas através da medida de densidade, microscopia eletrônica de varredura da superfície em um microscópio modelo TM3000, HITACHI e microdureza Vickers em um equipamento PANTEC Digital Microhardness Tester HVS-1000, em superfície polida das amostras.

Resultados e Discussões

Nas Figura 3 e 4 expõem as micrografias das amostras sinterizadas via SPS, a partir dos pós moídos por 5 e 30 horas, respectivamente. (ANEXO 3 e 4). Os corpos de Prova são compostos por uma matriz homogênea de Ferro. As partículas com coloração mais claras representam o ferro, enquanto que as partículas mais escuras representam a alumina.

Para o pó moído por 5 horas, é possível observar formação de pequenos lagos com diferentes formatos que no geral se assemelha muito com uma agulha (Figura 3). A homogeneidade do composto ainda é considerada baixa, principalmente quando se compara com a moída por 30 horas.

Para o pó de 30 horas (figura 4) há uma boa dispersão e homogeneidade da matriz metálica, em virtude do refinamento das partículas dos pós ocasionou uma maior uniformidade da microestrutura.

Na figura 5 (ANEXO 5) apresenta os valores de densidade para os compósitos de alumina com 10%Fe sinterizados por SPS. O que pode constatar com a figura é que com o aumento do tempo de moagem ocorreu uma elevação no valor da densidade relativa, obtendo valores de densidades próximas a 86%.

Na figura 6 (Anexo 6) mostra os valores adquiridos por meio do ensaio de microdureza Vickers das amostras de 5 e 30 horas sinterizadas por plasma. Semelhantemente ao de densidade, a microdureza também aumentou com o aumento de moagem, alcançando aproximadamente de 1600 HV.

Tanto o aumento da densidade como o da microdureza podem estar ligados ao fato do refinamento das partículas dos pós que proporcionam uma boa sinterabilidade, além de uma boa dispersão e homogeneidade da matriz do Fe, que ao se fundir acabou se espalhando por entre as partículas da alumina e produziu um melhor fechamento de porosidade e consolidação do material.

Conclusão

A pesquisa propiciou o desenvolvimento de novas habilidades procedimentais de preparação de pós através de moagem em moinho de alta energia assim como de consolidação ou densificação de compactos de pós na sinterização. Além disso, ela também desenvolveu habilidades procedimentais sobre a preparação metalográfica de corpos sinterizados bem como da caracterização de tais corpos. Dos principais aspectos da pesquisa, foi observado o quanto o tempo de moagem das partículas pode ser determinante para as propriedades finais do compósito.

Referências

- [1] NIIHARA, K; NAKAHIRA, A. Particulate strengthened ceramics nanocomposites.In: Vincenzini, P. (Ed.). Advanced Structural Inorganic Composites. Elsevier, p. 637, 1991.
- [2] BROOK, R.J; MACKENZIE, R. A. Composite Materials, jan.1993, 27. INOUE, A.and MASUMOTO, T. "Nanocrystalline alloys produced by crystallization of amorphous alloys". In: Y.Sakurai, Y.Masumoto, K.Shirae and K. Suzuki (Ed.)."Current Topics in Amorphous Materials:Physics and Technology." p. 177-184, 1993.
- [3] CHINELATTO, A.S.A. Evolução Microestrutural Durante a Sinterização de Pós Finos e de Alta Pureza de Alumina. 2002. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- [4] SUMITA, S., RHINE, W.E., BOWEN, K. Effects of Organic Dispersants on the Dispersion, Packing, and Sintering of Alumina. J. Am. Ceram. v. 74, p. 2189-2196, 1991.
- [5] B.D. Cullity, Elements of x-ray Difraction, 2 edição, Addison-Wesley publishing Company, canada,(1978)p.284-285.

[6] D. S. XUE*, Y.L. HUANG, Y. MA, P. H. ZHOU, Z. P. NIU, F. S. LI, Magnetic properties of pure Fe-Al₂O₃ nanocomposites, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE LETTERS 22, 2003, 1817 – 1820.

[7] Soren Linderoth and Michael S. Pedersen, FeAl₂O₃ nanocomposites prepared by high energy ball milling, J. Appl. Phys. 75, 5867 (1994); doi: 10.1063/1.355544.

Anexos

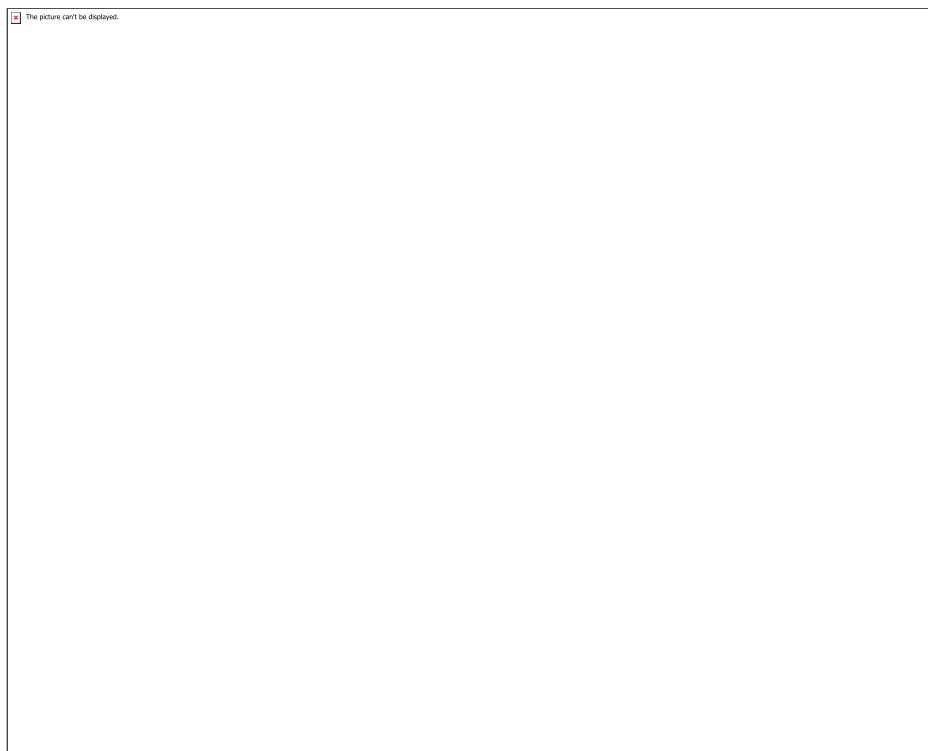


Figura 1: Pó inicial da Alumina

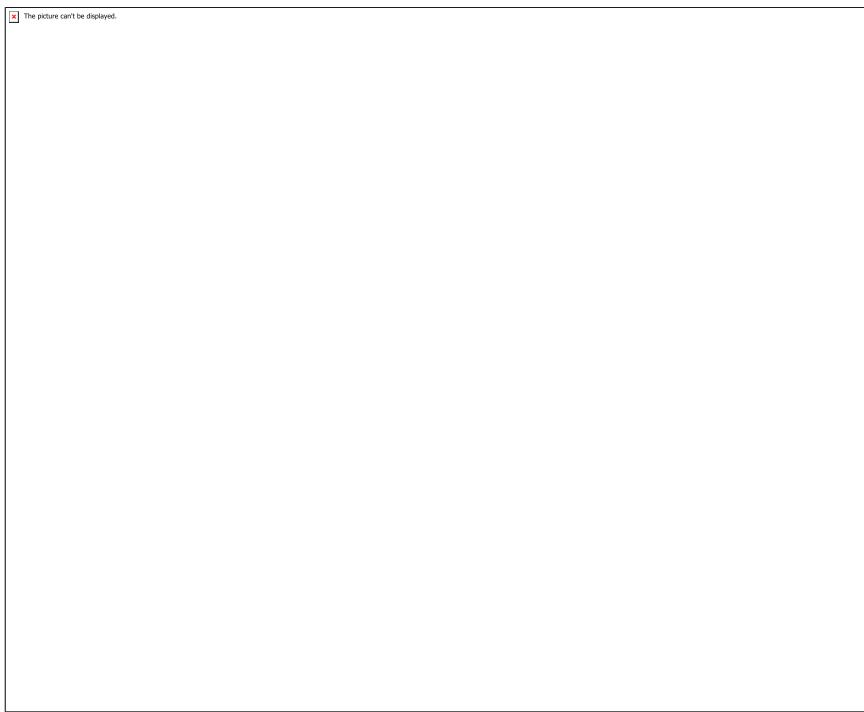


Figura 2: Pó inicial do Ferro

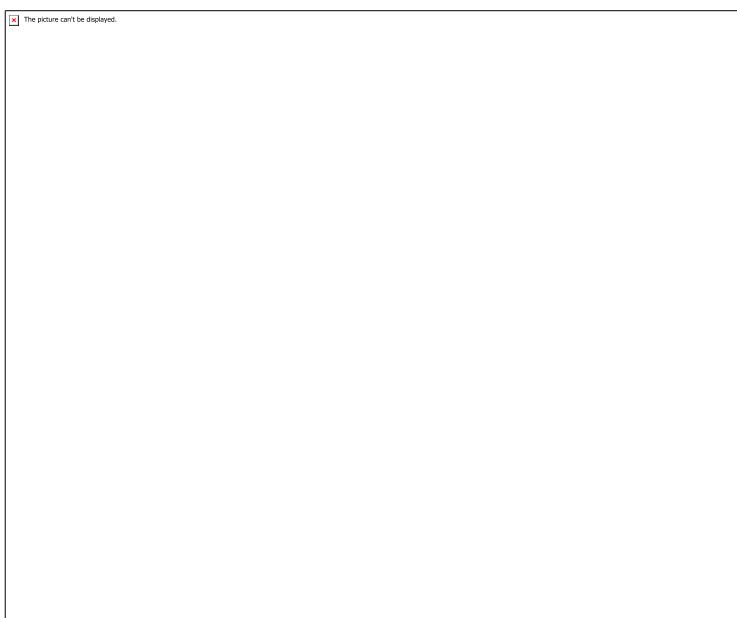


Figura 3: Micrografia Eletrônica de Varredura do pó moído por 5 horas sinterizado via SPS

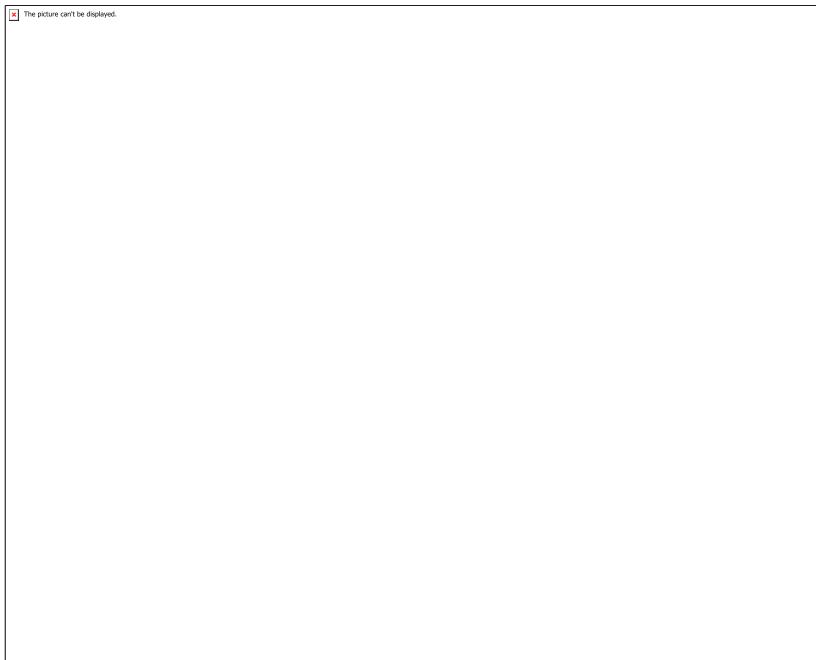


Figura 4: Micrografia Eletronica de Varredura do pó moído por 30 horas sinterizado via SPS

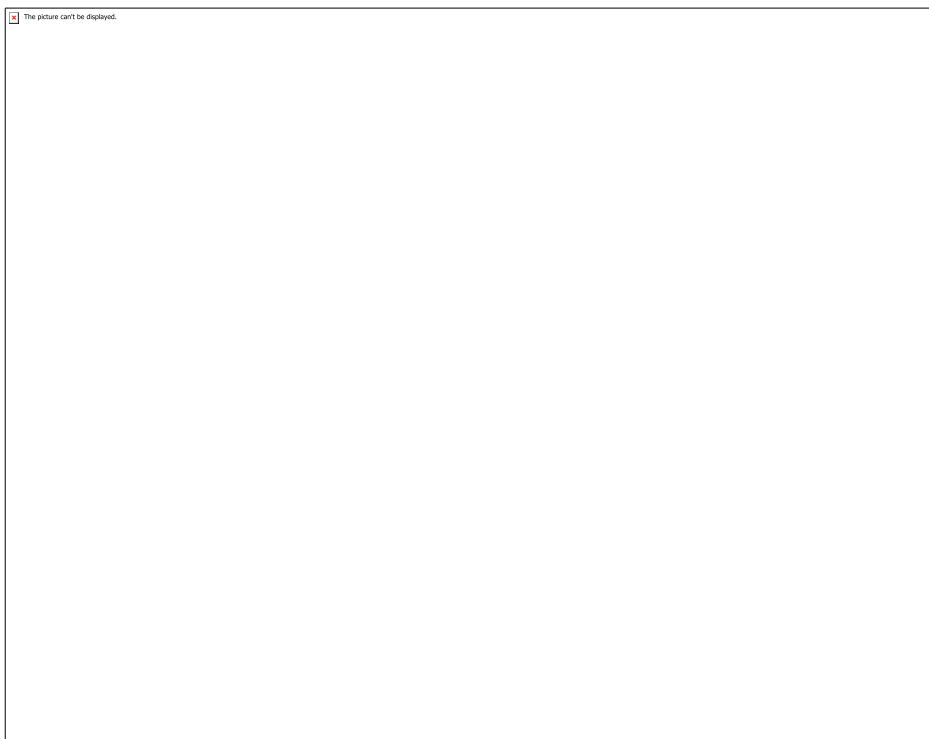


Figura 5: Densidade das amostras de alumina com 10% em massa de Fe com tempo de moagem de 5h e 30h

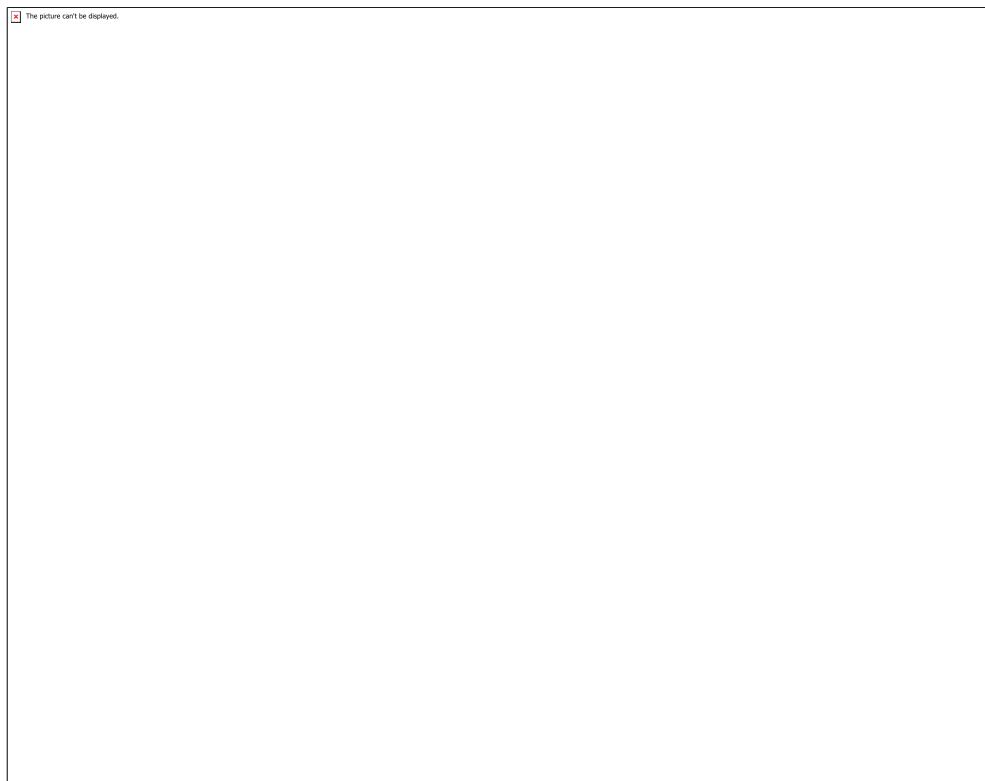


Figura 6: Microdureza da alumina com 10% em massa de Ferro sinterizados via SPS

CÓDIGO: ET0461

AUTOR: ANA BEATRIZ LIMA DE ARAUJO

ORIENTADOR: LUCIO FLAVIO FERREIRA MOREIRA

TÍTULO: Viabilidade financeira do uso da água de chuva em lavanderia hospitalar no semi-árido potiguar: Estudo de caso

Resumo

Os sistemas de aproveitamento da água de chuva (SAAC) têm se tornado uma alternativa interessante sobretudo em regiões com irregularidade na distribuição da chuva. A lavanderia hospitalar concentra a maior parte do consumo de água na unidade, e o uso da água de chuva aumenta consideravelmente a eficiência de lavagem. Além disso, a alta demanda da lavanderia sobrecarrega o abastecimento de água da rede, sobretudo em regiões com baixa disponibilidade hídrica. Neste cenário, este trabalho tem o objetivo de avaliar a viabilidade financeira de um sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC) visando abastecer lavanderias hospitalares nas cidades de Natal e Caicó. A metodologia usada consiste na modelagem do comportamento do SAAC em função da chuva (47 anos), da demanda hídrica e da área do telhado. Os resultados obtidos com as simulações permitiram definir diferentes cenários envolvendo o volume da cisterna, demanda hídrica e a viabilidade financeira do SAAC, onde foram usados o valor presente líquido e a relação custo-benefício.

Palavras-chave: aproveitamento de água de chuva, SAAC, lavanderia hospitalar, cisterna

TITLE: Financial viability of rainwater use in hospital laundry in semi-arid potiguar: case study

Abstract

Rainwater Harvesting (RWH) Systems have become an interesting alternative especially in regions with irregular rainfall distribution. The hospital laundry concentrates most of the unit's water consumption, and the use of rainwater considerably increases the washing efficiency. In addition, the high demand for laundry overloads the water supply of the network, especially in regions with low water availability. In this scenario, this project aims to evaluate the financial viability of a rainwater harvesting system to supply hospital laundries in the cities of Natal and Caicó. The methodology used is the modeling of RWH behavior as a function of rainfall (47 years), water demand and roof area. The results obtained with the simulations allowed to define different scenarios involving the tank volume, water demand and the financial viability of RWH, where the net present value and the cost-benefit ratio were used.

Keywords: rainwater harvesting, RWH, hospital laundry, cistern

Introdução

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva (SAAC) podem ser uma alternativa importante para aumentar a disponibilidade de água em locais que sofrem com problemas de escassez hídrica. Além do seu potencial de produzir benefícios ambientais, sociais e financeiros, esses sistemas possuem a vantagem de garantir a segurança hídrica em casos de quebra do modelo convencional de abastecimento de água. Muitos estudos que são desenvolvidos sobre o tema buscam avaliar o retorno financeiro da implementação desses sistemas baseando-se no preço da água da rede e na disponibilidade de chuvas da região, pois um dos principais benefícios dos SAAC é a economia de água principalmente em ambientes com uma grande demanda, como por exemplo em lavanderias.

Morales-Pinzón et al. (2014) analisou as vantagens econômicas do uso da água do SAAC em lavanderias num cenário de alto preço da água e da sua dureza, mostrando que a dureza da água é uma característica que deve ser considerada durante o planejamento dos SAAC porque ela afeta o valor presente líquido esperado. A dureza da água é causada pela concentração de íons de cálcio e magnésio os quais são responsáveis pelo consumo de sabão e pela formação de incrustações. Diferentes estudos revelam que a água da chuva possui uma dureza baixa (Fernandes et al., 2012) o que lhe garante vantagem em detrimento da água da rede, pois a água de chuva contribui para uma diminuição do consumo de água e detergentes e ainda garante uma maior vida útil a eletrodomésticos (Rygaard et al., 2011), tais como as máquinas de lavar roupas, tendo em vista que a solubilidade dos íons CaCO₃, presente em águas mais duras, diminui em temperaturas mais altas o que leva a precipitações.

Diante desse cenário, tendo em vista que o aumento da população urbana em muitos países produziu um aumento na demanda de água, o SAAC surge como uma solução que é capaz de aumentar a disponibilidade de água (Mun et al., 2012) para usos não potáveis, particularmente em regiões semiáridas, como algumas regiões do nordeste brasileiro, onde é crucial o bom manejo e aproveitamento de água potável devido a vulnerabilidade climática em que essas regiões estão inseridas (Tam et al., 2010).

A análise econômica de um SAAC requer o desenvolvimento de esquemas econômicos e a solução pode ser obtida por comparação entre diferentes alternativas de projeto (Corbitt, 1998). Esta pesquisa assumiu que o tanque de armazenamento do SAAC representa parte importante do investimento, em comparação com os outros componentes, e em geral as principais características desse tanque são as suas dimensões e materiais utilizados no revestimento.

Assim o objetivo deste trabalho é investigar a influência da condição climática na eficiência de custo de dois sistemas de aproveitamento de água de chuva usados para fornecer água para máquinas de lavar roupas em hospitais públicos. Para tanto, os SAACs estudados estão localizados em duas zonas climáticas distintas dentro do estado do Rio Grande do Norte (RN). O primeiro hospital, o Hospital Onofre Lopes – HUOL, está localizado em Natal, uma cidade litorânea e o segundo hospital, o Hospital Regional do Seridó – HRS, está localizado em Caicó, uma cidade do semiárido.

Numa última etapa os esquemas dos SAACs foram projetados para coletar a água da chuva e acumulá-las em um reservatório previamente dimensionado, conectado à instalação da lavanderia por meio de um sistema de abastecimento principal. O objetivo era abastecer a lavanderia com essas águas para se reduzir o uso da água da rede, reduzindo os custos.

Metodologia

Esta pesquisa considerou que um dos usos apropriados para a água de chuva era em máquinas de lavar roupas e serão calculadas as demandas de água necessárias nas lavanderias, bem como as condições climáticas em Natal e Caicó a partir de dados históricos sobre precipitação dos últimos 47 anos, provenientes da estação meteorológica da UFRN. Os dados foram utilizados para calcular os parâmetros estatísticos relevantes a respeito do volume de chuva anual e o tempo máximo sem chuva (precipitação inferior a 10 mm). O clima da cidade de Natal, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é o Clima Tropical (As) do Nordeste Oriental com temperatura média variando entre 21º C – 30,6 º C e 2900 horas de sol anual. Já a cidade de Caicó é caracterizada com clima semiárido (Bsh), com temperatura média de 21,5º - 37,1º C e 2800 horas de sol anual.

Os sistemas foram projetados considerando as instalações previamente construídas nos hospitais. O projeto dos SAACs são compostos por um sistema de coleta de águas (telhados), um primeiro dispositivo de descarte de água, um armazenamento parcialmente enterrado (cisterna) e os tanques elevados. Esses elementos são conectados por canos e calhas e o fluxo de água do sistema de coleta para a cisterna ocorre por gravidade. A transferência de água para o taque superior é feita por uma bomba hidráulica. O sistema público de abastecimento de água abastece a lavanderia sempre que o volume da cisterna estiver menor do que o nível mínimo. A figura 1 mostra os componentes básicos do SAAC.

Figura 1 - Componentes básicos do SAAC

A função do reservatório do SAAC é a de acumular a água de chuva para o uso futuro e na análise financeira, o custo desse reservatório justifica sua importância como componente de um SAAC. O custo da sua implementação é definido pelo seu volume e pelo material utilizado no seu interior. Teixeira et al. (2016) investigaram a viabilidade financeira de um reservatório revestido com uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD). Os resultados apontaram uma redução significativa no custo de investimento em comparação ao concreto. Assim, optou-se por um reservatório semienterrado revestido com uma membrana de PEAD incluindo uma cobertura de membrana de PEAD flutuante com o objetivo de impedir a entrada de contaminantes no reservatório.

Para o cálculo da demanda da água necessária nas lavanderias, de acordo com o Ministério da Saúde, num hospital geral, a troca de roupa dos leitos e dos pacientes deve ser feita diariamente, o equivalente a 4 kg/leito/dia. Ademais, adota-se que para cada kg de roupa seja necessário 30 L de água para realizar sua lavagem e para se conhecer o valor gasto pelo volume de água consumido é preciso ter o valor do metro cúbico da água da rede. No estado do RN, para uso mensal superior a 21 m³ (em 2017), o valor era R\$ 14,98/m³.

A simulação do SAAC foi feita baseando-se num modelo diário onde se tem os dados históricos de precipitação, as instalações do SAAC e as demandas de água da lavanderia em função do tempo. O modelo aplica a lei da conservação da massa para calcular os volumes de água de chuva fornecidos para a lavanderia e armazenados no reservatório. Como variável de entrada, a capacidade do reservatório foi usada para

investigar a efetividade do SAAC e em seguida, dados de simulação foram usados na análise financeira.

O volume de água produzida (P_t), em m^3 , foi determinado a partir da **Equação 1**.

Equação 1

Onde D_t é a demanda hídrica (m^3) e V_t o volume armazenado no tanque (m^3). Para o cálculo do volume de água armazenada (V_t) no tanque utilizou-se a **Equação 2**.

Equação 2

Onde $A_{telhado}$ é a área do telhado, R_t é a altura de precipitação e S é a capacidade máxima do tanque. Com esses valores calculados a quantidade de água consumida pela lavanderia foi determinada usando a **Equação 3**.

Onde $Cons(t)$ é o consumo de água total, $C_{concess}(t)$ é a quantidade de água consumida da rede (m^3) e C_{chuva} é a quantidade de água consumida do SAAC (m^3). O modelo assumiu uma condição de excedente Q_t sempre que P_t for maior que a capacidade de armazenamento do reservatório, seguindo a **Equação 4**.

Para a análise financeira do SAAC utilizou-se um balanço envolvendo os benefícios econômicos e a compensação de custos de capital. A análise considerou as seguintes variáveis: Taxa de Atratividade Mínima (TAM), Payback (PB), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Também se adotou a taxa de remuneração dos títulos públicos pós-fixados do governo federal, indexados ao IPCA com prazo de 20 anos. Para o Valor Presente Líquido (VPL) considerou-se uma taxa de desconto de 6%. As equações utilizadas, **Equação 5, 6 e 7**, estão representadas a seguir. Onde REC é a receita e o DESP é a despesa.

A análise financeira considerou o ciclo de vida da geomembrana de PEAD do reservatório (20 anos) sendo o critério para estabelecer o horizonte de projeto. O cálculo do VPL considerou o fluxo de caixa gerado pelas receitas do SAAC (redução no uso de água da rede) e os custos de manutenção. As simulações do SAAC consideraram diferentes condições de armazenamento e a análise financeira se baseou nesses resultados os quais condicionaram a escolha de um volume ótimo do ponto de vista financeiro.

Resultados e Discussões

Os dados históricos existentes sobre as precipitações nessas cidades foram utilizados para estimar os parâmetros estatísticos os quais são apresentados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 2 – Parâmetros estatísticos de precipitação mensal em Natal

Figura 3 – Parâmetros estatísticos de precipitação mensal em Caicó

Natal apresenta precipitação anual de 1622 mm, com período seco entre os meses de setembro e dezembro e período máximo sem chuva (precipitação inferior a 10 mm) de 42 dias, compreendendo 55,4% do período de dados históricos. A precipitação anual em Caicó é de 598 mm, com período seco entre os meses de junho e dezembro e o período máximo sem chuva é de 153 dias, compreendendo 81,5 % do período de dados históricos. Assim, percebe-se que o comportamento temporal da precipitação em Caicó revela uma condição potencial de vulnerabilidade climática.

Em seguida, por meio dos parâmetros estipulados pelo Ministério da Saúde, o volume de água demandada pelos hospitais em função do número de leitos foi calculado e o custo total da água da rede pôde ser obtido. O quadro 1 apresenta tais características dos SAACs de Natal e Caicó.

Quadro 1 – Dados dos SAACs projetados

Com os valores reais de demanda hídrica dos hospitais, uma análise preliminar foi realizada para que pudesse ser avaliado o desempenho de diferentes volumes de reservatórios de água de chuva a fim de se encontrar volumes ótimos que fossem financeiramente viáveis, pois a viabilidade financeira do SAAC foi avaliada tendo como elementos principais o volume do tanque e a capacidade do SAAC em produzir água. As simulações consideraram a eficiência em função de 3 volumes de demanda distintos e por meio dos gráficos é possível afirmar que a partir de um certo volume o ganho em eficiência em relação as dimensões dos reservatórios não justifica a sua execução, pois os gastos com a execução de reservatórios de grandes dimensões não seriam capazes de gerar o retorno financeiro desejado. Os gráficos resultantes das simulações são apresentados a seguir.

Figura 4 - Eficiência X Demanda HUOL

Figura 5 - Eficiência X Demanda HRS

Com as simulações realizadas para a demanda real de 10 m³ do HRS analisou-se volumes de tanques variando entre 80 m³ e 120 m³ e os resultados mostraram uma taxa bastante baixa de eficiência (variando entre 36,5 e 40,8 %) e VPL negativo, sendo esses conjuntos de variáveis inviáveis financeiramente. Esses mesmos valores de demanda e volumes foram aplicados ao HUOL e o resultado se mostrou positivo, tendo um reservatório de 120 m³ para uma demanda fictícia de 10 m³, uma eficiência muito superior ao do HRS, de 64,8%. O Quadro 2 a seguir resume esses resultados.

Quadro 2 – Simulação 1 com D=10 m³/d HUOL

Quadro 3 – Simulação 1 com D=10 m³/d HRS

As simulações foram mantidas e o objetivo era avaliar como o SAAC se comportava para volumes entre 500 m³ - 1000 m³ e demandas originais dos hospitais e com isso, observou-se que para o HUOL era inviável financeiramente a sua implementação. Já para o HRS, um valor de BCR = 1 foi obtido para um volume de 800 m³, tornando viável a construção desse reservatório.

Quadro 4 – Simulação 2 com D=33,6 m³/d HUOL

Quadro 5 - Simulação 2 com D=10 m³/d HRS

Outra simulação foi realizada para o HUOL a fim de suprir a demanda da lavanderia a partir de um reservatório de 1500 m³, no entanto mais uma vez a estrutura se mostrava inviável. Tendo em vista que as simulações não resultaram em alternativas viáveis para o HUOL a solução parecia apontar para duas hipóteses: aumentar o volume do SAAC ou reduzir a demanda da lavanderia. Uma simulação foi realizada com uma demanda menor, de 20 m³ para a lavanderia do HUOL, e como resultado um reservatório de 1000 m³ se mostrou viável financeiramente, com uma eficiência de 66%.

Quadro 6 -Simulação 3 com D=33,6 m³/d HUOL

Quadro 7 - Simulação 4 com D=20 m³/d HUOL

Conclusão

O trabalho teve como proposta avaliar a viabilidade financeira do uso da água de chuva em lavanderias hospitalares no semiárido potiguar a fim de garantir um abastecimento misto entre a água de chuva e da rede, gerando economia financeira e economia de água potável. Mediante as simulações realizadas, foi possível perceber que a partir de um certo volume de reservatório o acréscimo em eficiência do sistema não justifica a sua construção, sendo necessária a escolha de um volume ótimo que garanta um armazenamento adequado. Dentre as simulações para diferentes cenários, pode-se concluir que: para o HUOL, a área de coberta existente não atende à demanda de 33,6 m³/d do hospital e apenas com uma redução de demanda, para 20 m³/d, tornaria o investimento viável para um reservatório de 1000 m³ e eficiência de 66%; Já para o HRS a análise mostrou que para as condições locais (área de coberta existente e demanda) é necessário um reservatório de 800 m³ o qual resultou em uma eficiência de 63%.

Referências

PINZÓN, Tito Morales et al. Financial and environmental modelling of water hardness - Implications for utilising harvested rainwater in washing machines. *Science of The Total Environment* , Barcelona, Espanha, ano 2014, v. 470-471, p. 1257-1271, 1 fev. 2014. 1 Pen drive.

RYGAARD, M. Designing water supplies: Optimizing drinking water composition for maximum economic benefit. *Water Research*, ano 2011, v. 45, n. 12, p. 3712-3722, 2011.

CORBITT, R. A. Standard handbook of environmental engineering. 2 ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1998.

AM, Vivian W. Y. et al. Cost effectiveness and tradeoff on the use of rainwater tank: An empirical study in Australian residential decision-making. *Resources, Conservation and Recycling*, Austrália, ano 2010, v. 54, n. 3, p. 178-186, Janeiro 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/229216187_Cost_Effectiveness_and_Trade off_on_the_Use_of_Rainwater_Tank_An_Empirical_Study_in_Australian_Residential Decision-Making](https://www.researchgate.net/publication/229216187_Cost_Effectiveness_and_Trade_off_on_the_Use_of_Rainwater_Tank_An_Empirical_Study_in_Australian_Residential_Decision-Making)> Acesso em: 25 ago. 2019.

MUN, J.S. et al. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: Definition, sensitivity and verification. *Journal of Environmental Management*, Coreia do Sul, ano 2012, v. 93, n. 1, p. 147-153, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479711003410>> Acesso em: 25 ago. 2019.

FERNANDES, Ronan et al. Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efficiency and costs. *Resources, Conservation and Recycling*, Brazil, ano 2012, v. 65, p. 124-129, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912000857>> Acesso em: 25 ago. 2019.

Anexos

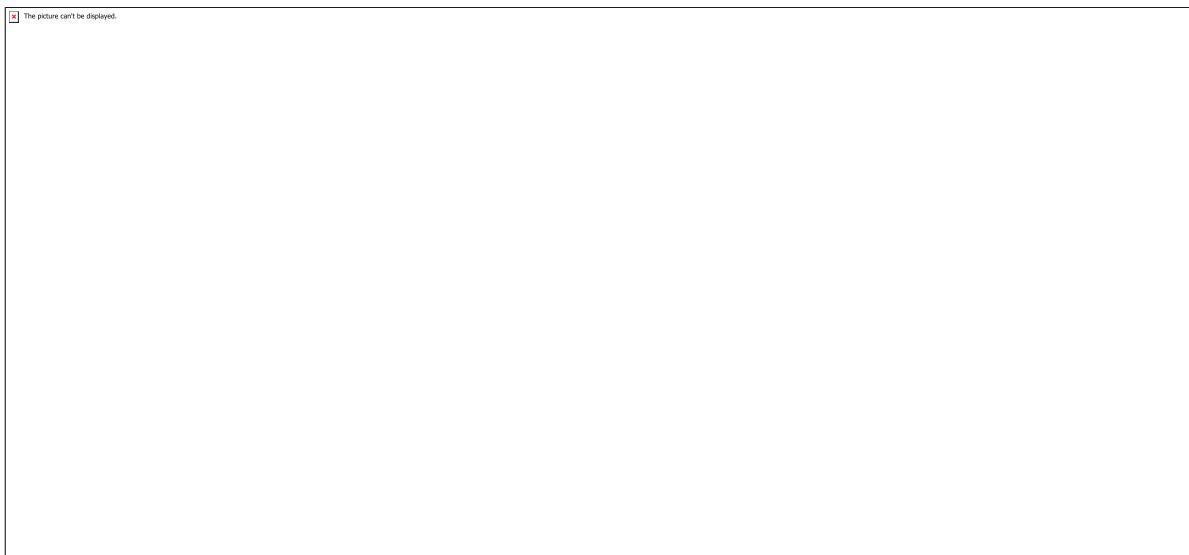
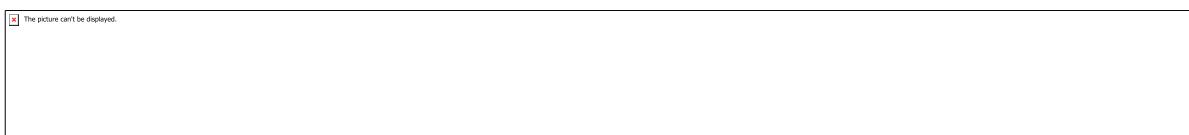


Figura 1 - Componentes básicos do SAAC



Equação 1



Equação 2



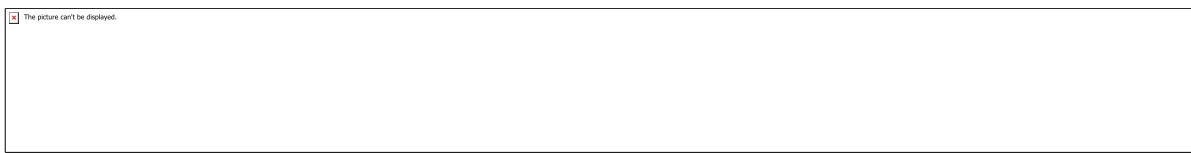
Equação 3



Equação 4



Equação 5



Equação 6



Equação 7

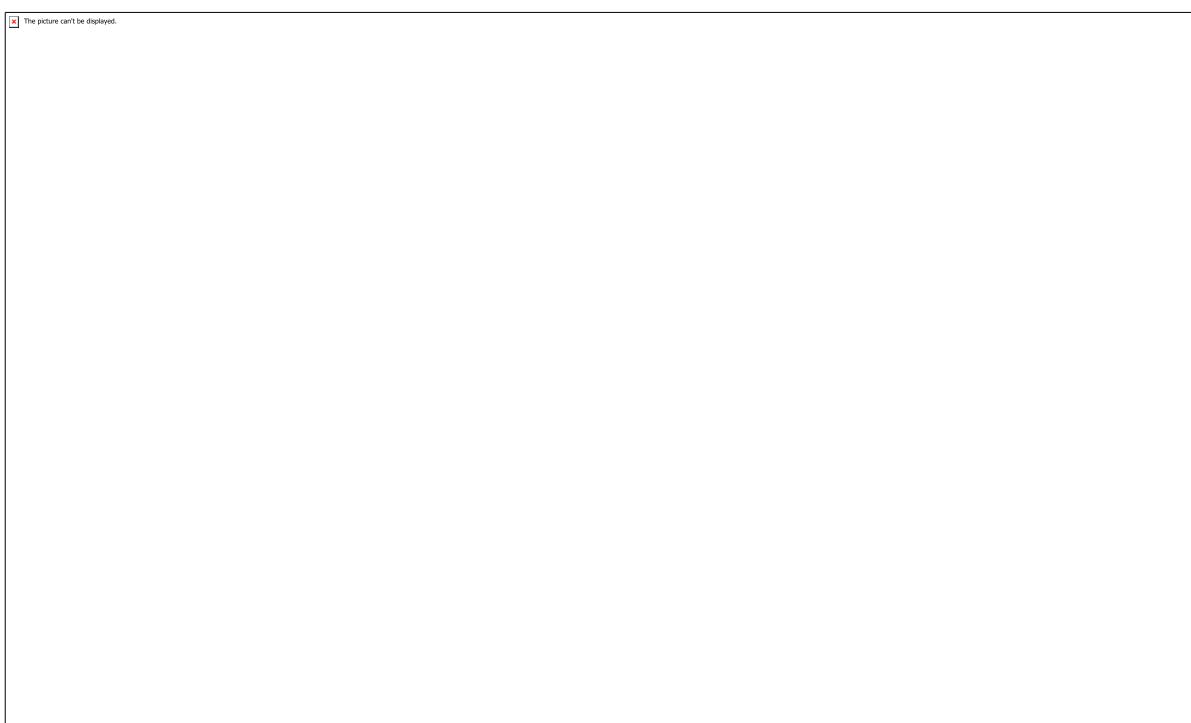


Figura 2 - Parâmetros estatísticos de precipitação mensal em Natal

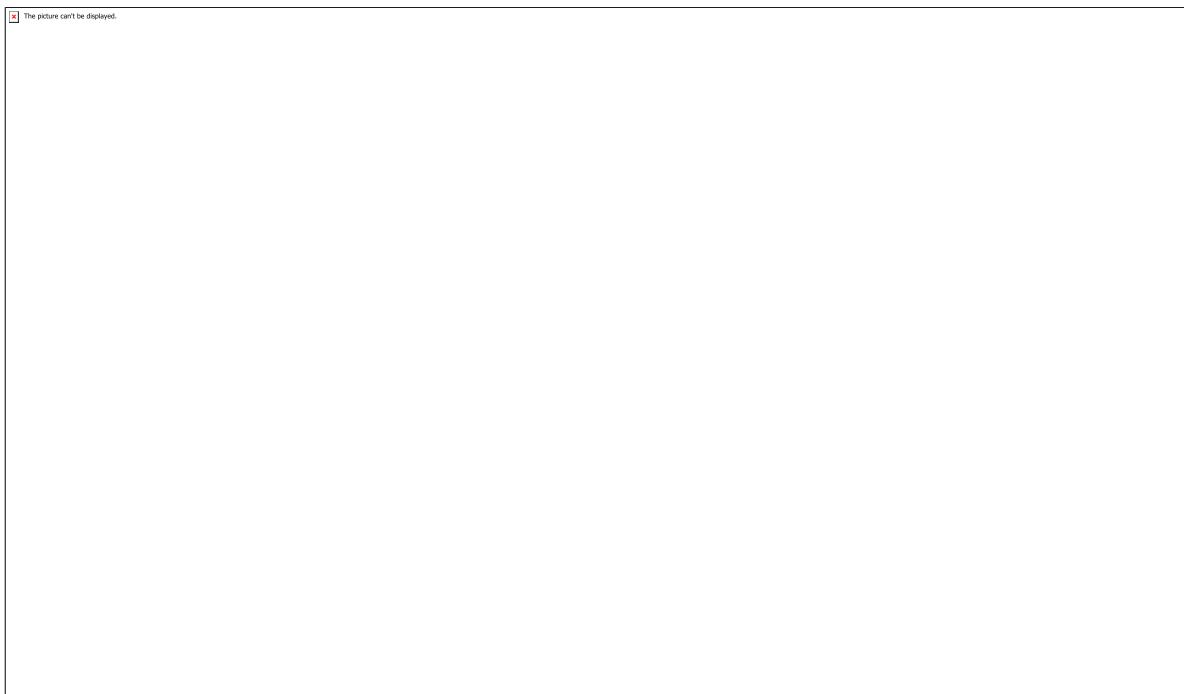
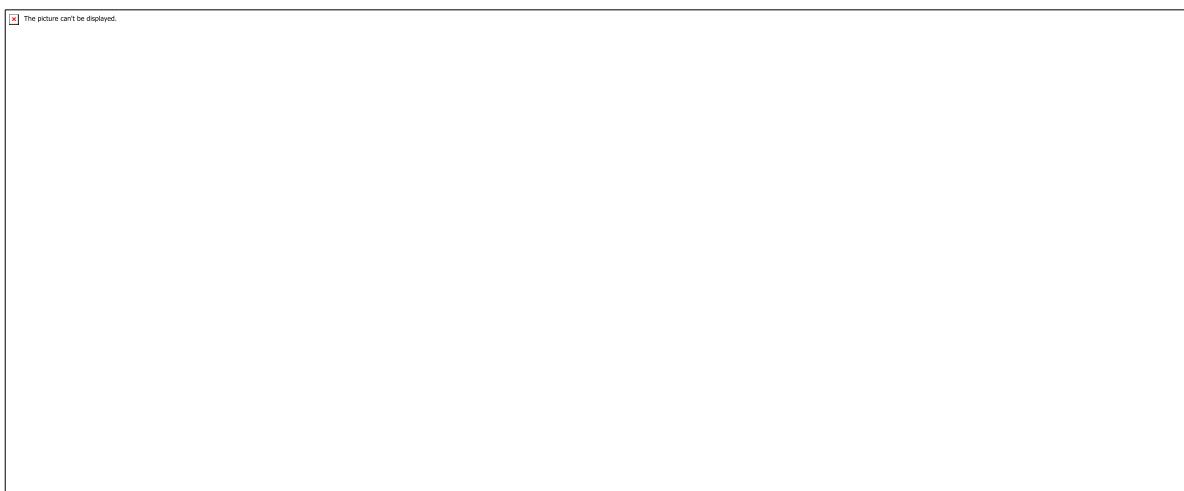


Figura 3 - Parâmetros estatísticos de precipitação mensal em Caicó



Quadro 1 - Dados dos SAACs projetados

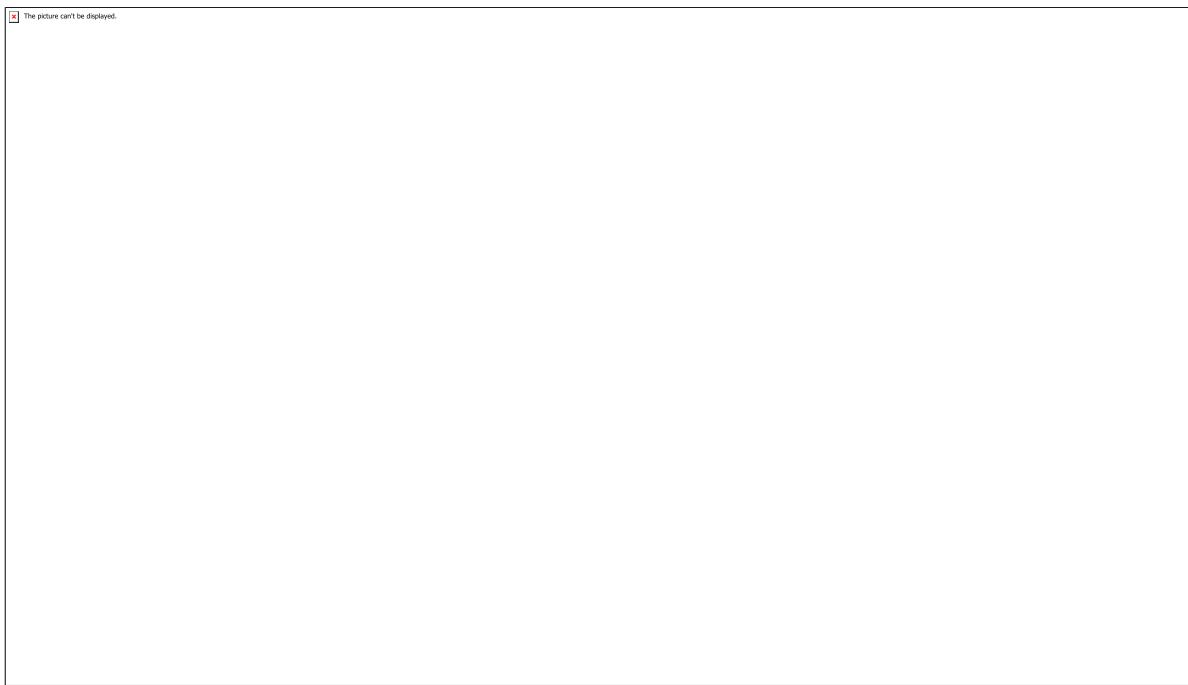


Figura 4 - Eficiência X Demanda HUOL

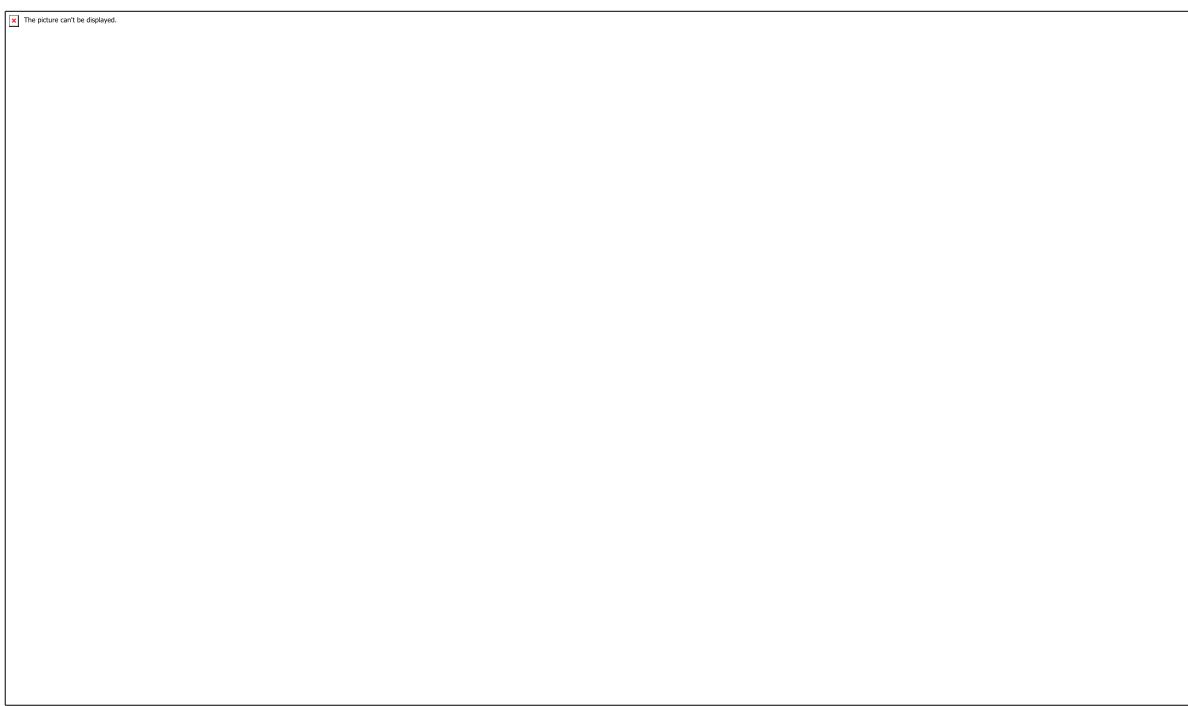
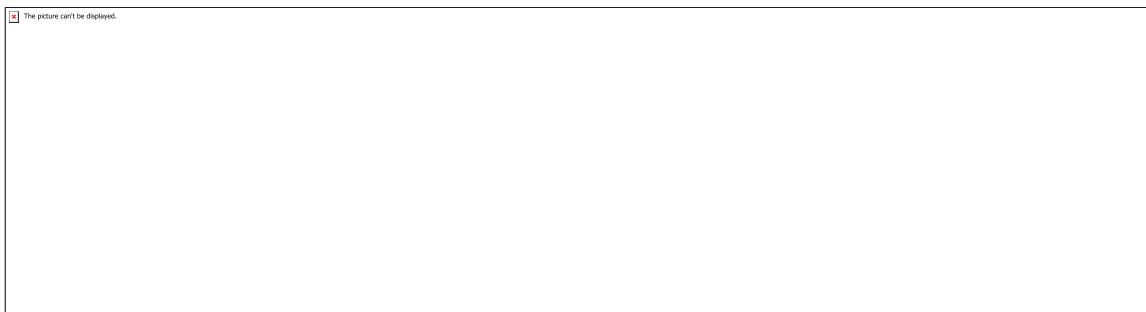
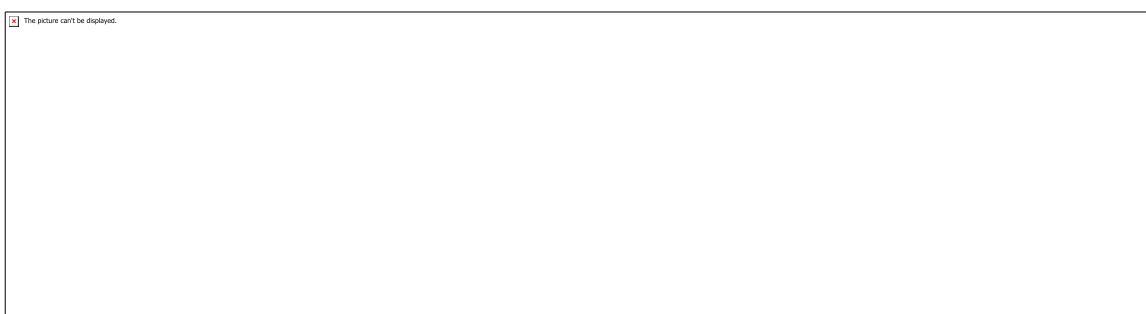


Figura 5 - Eficiência X Demanda HRS



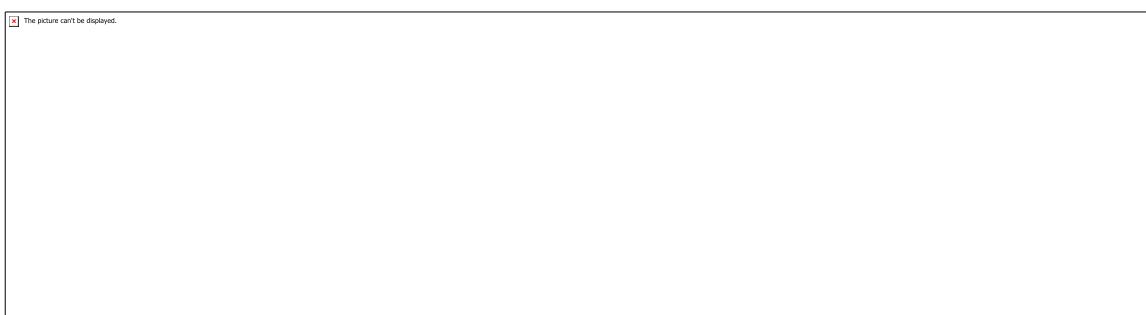
Quadro 2 - Simulação 1 com D=10 m³/d HUOL



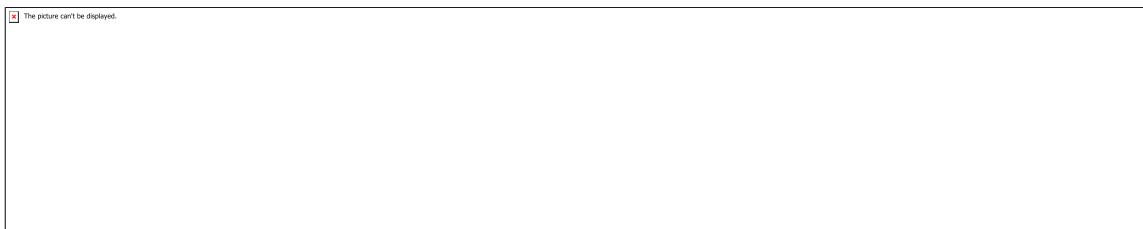
Quadro 3 - Simulação 1 com D=10 m³/d HRS



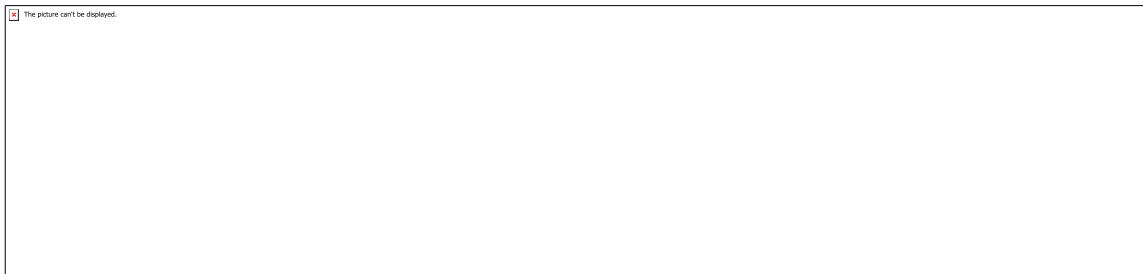
Quadro 4 - Simulação 2 com D=33,6 m³/d HUOL



Quadro 5 - Simulação 2 com D=10 m³/d HRS



Quadro 6 - Simulação 3 com $D=33,6 \text{ m}^3/\text{d}$ HUOL



Quadro 7 - Simulação 4 com $D=20 \text{ m}^3/\text{d}$ HUOL

CÓDIGO: ET0466

AUTOR: IANCA PEIXOTO MIRANDA

ORIENTADOR: JOANA DARC FREIRE DE MEDEIROS

TÍTULO: Impacto da seca nas vazões regularizadas em reservatórios do semiárido nordestino

Resumo

A região semiárida do Nordeste Brasileiro é susceptível a ocorrência de eventos extremos com episódios recorrentes de secas meteorológica. O presente trabalho analisou o efeito da ocorrência de um evento de seca prolongada sobre as vazões regularizadas com 90% de garantia para três reservatórios. Foi usado o modelo Chuva-Vazão Soil Moisture Accounting Procedure (SMAP) para simular as vazões afluentes, e as vazões regularizadas foram estimadas por balanço hídrico, desenvolvido em linguagem de programação Fortran. Foram simulados dois períodos: (i) antes do período de seca prolongada, ou seja, de janeiro/1963 a dezembro/2011; e (ii) considerando os 6 anos de seca, ou seja, de janeiro/1963 a dezembro/2017. Os resultados apontaram que eventos extremos podem reduzir as vazões regularizadas dos reservatórios em uma média de 24,5% do valor de vazão regularizada.

Palavras-chave: vazões regularizadas. SMAP. eventos extremos.

TITLE: Impacts of dry in regular flows in reservations of Northeast semiarid

Abstract

The Brazilian Northeast semiarid often has extreme winds with cases of meteorological dry. The present works analyzed the effects of occurrence in the prolonged drought event about regular flows with 90% guarantee in three reservations. It was used a model rain-flow Soil Moisture Accounting Procedure (SMAP) for simulate affluent flow rate and regular flow rate, that were estimated by hydro balance in Fortran programming language. For this, it was simulated two periods: (I) before the prolonged drying period, from January 1963 to December 2011; and (II) considering 6 years of drought, from Janeiro 1963 to December 2017. The results showed that extreme events can reduce the regular flow rate of reservoirs on average 24,5% of the regularized flow rate.

Keywords: Regular flows. SMAP. extreme events

Introdução

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta sazonalidade no regime pluviométrico, com alta variabilidade na ocorrência das precipitações (Zanella, 2014), altos índices de evapotranspiração potencial, e solos comumente rasos e pedregosos (Perreira et al., 2014). Estas características têm relação direta com o regime fluvial, gerando rios, em sua maioria, intermitentes ou efêmeros. Consequentemente dificultando a estimativa da disponibilidade hídrica e tornando o sistema mais vulnerável a eventos de cheias e secas. O nordeste brasileiro é uma das regiões com maior susceptibilidade a eventos extremos (Da Silva, 2004, José et al., 2017) e apresenta um histórico de recorrentes secas meteorológicas. No intuito de armazenar água nos períodos com grande volume chuvoso e, portanto, altas vazões afluentes, para uso nos

períodos secos, tradicionalmente tem sido construído barragens, para regularização das vazões. Assim, o semiárido nordestino se tornou uma das regiões mais acomodadas do mundo. No entanto, mesmo com a alta capacidade de armazenamento de água, a região constantemente sofre com escassez de recursos hídricos, decorrente de eventos de secas que interferem sobre as vazões afluentes aos reservatórios. Por consequência, é de se esperar que eventos prolongados de seca, como o que ocorreu entre 2012 e 2018, tenham impactos sobre a vazão regularizada dos reservatórios. Nesta perspectiva, este presente trabalho tem o objetivo de avaliar quantitativamente os impactos decorrentes de uma seca prolongada sobre a vazão regularizada com 90% de garantia em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte.

Metodologia

A área de estudo engloba as bacias hidrográficas dos reservatórios Marechal Dutra, Passagem das Traíras e Itans. Os três reservatórios estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Seridó, uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu (Figura 1). A bacia do Rio Seridó possui uma área total de 10.092 km², sendo 66% (6.645 km²) no Rio Grande do Norte (RN) e 34% (3.447 km²) na Paraíba (PB). Esta bacia está completamente contida no clima semiárido, com temperatura média entre 26 e 28°C e médias pluviométricas anuais menores do que 800 mm concentradas entre os meses de fevereiro e maio (Araújo, 2013).

Os reservatórios selecionados são considerados estratégicos pelo Plano de Recursos Hídricos do Piancó Piranhas-Açu (ANA, 2016), todos de usos múltiplos e com a principal demanda de água destinada a irrigação e abastecimento humano. A Tabela 1 mostra as principais características dos três reservatórios estudados.

Dados utilizados

Para obtenção das séries históricas de precipitação mensal nas bacias foram utilizados os postos pluviométricos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESÁ).

Inicialmente foi realizado o preenchimento de falhas pelo método da Ponderação Regional que consiste no preenchimento de lacunas em um determinado posto baseado na precipitação de pelo menos outros 3 postos vizinhos a ele com no mínimo 10 anos de dados, e pode ser usado em situações com regiões climáticas semelhantes (Collischonn e Dorneles, 2013).

Após o preenchimento das falhas foi usado o método de Thiessen (Tucci, 1993) para espacializar a precipitação na região e calcular a média mensal na bacia.

Ao todo foram selecionados 21 postos pluviométricos, levando em consideração sua distribuição espacial e disponibilidade de dados, como mostrado na Figura 2:

Os dados de evaporação foram retirados do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas - Açu (ANA, 2016). Este plano utilizou as informações de evapotranspiração oriundas do banco de dados FAOCLIM.

Vazões afluentes aos reservatórios

Para a geração das vazões afluentes foi usado o modelo determinístico chuva-vazão Soil Moisture Accounting Procedure - SMAP (Lopes et al., 1982) que converte os dados de precipitação em vazão.

Aplicando o modelo SMAP para períodos mensais que utiliza a equação de escoamento superficial no Soil Conservation Service (SCS, 1972) por apresentar um número menor de parâmetros e serem facilmente calibrados. Neste trabalho utilizou-se os parâmetros calibrados pelo PRH do Piancó Piranhas – Açu (Tabela 2) para as três bacias. O período de simulação foi de 55 anos de janeiro/1963 a dezembro/2017.

Geração das Vazões regularizadas

As vazões regularizadas dos reservatórios estudados foram obtidas com base no balanço hídrico (Equação 1).

As curvas cota-área-volume dos reservatórios estudados foram disponibilizadas na ficha técnica fornecida pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH/RN).

Foram simuladas as vazões regularizadas em dois períodos de tempo: (i) antes do período de seca prolongada, ou seja, de janeiro/1963 a dezembro/2011; e (ii) considerando os 6 anos de seca, ou seja, de janeiro/1963 a dezembro/2017.

Para operacionalizar o balanço hídrico foi desenvolvido um algoritmo em linguagem Fortran. A vazão regularizada com 90% de garantia para os dois cenários estudados foi obtida por otimização, utilizando o número de falhas como função objetivo.

Resultados e Discussões

Analizando as precipitações médias nas bacias hidrográficas dos reservatórios Itans, Marechal Dutra e Passagem das Traíras (Figuras 3, 4 e 5) verifica-se claramente que os seis últimos anos, entre 2012 e 2018, as precipitações estiveram sistematicamente abaixo das médias climatológicas, mostrando a ocorrência de uma seca prolongada no período.

Avaliando as vazões regularizadas com garantia de 90%, obtida para os três reservatórios estudados nos dois períodos simulados (Tabela 3). Pode-se observar que ocorreu uma redução média de 24,5% do valor de vazão regularizada, sendo a maior redução a do açude Marechal Dutra (33,8%) e a menor no açude Itans (15,4%).

Os resultados mostrados neste estudo só confirmam o vivenciado pela região entre 2011 e 2017, quando todo o semiárido passou por uma gradativa redução nas suas disponibilidades hídricas. As reduções observadas indicam que os eventos de seca severas podem afetar severamente a disponibilidade hídrica devido à redução e maior irregularidade das precipitações que afetam diretamente sobre as águas que chegam até o reservatório.

Comparando os resultados obtidos para vazões regularizadas com garantia de 90%, 95% e 99% obtidas por diferentes estudos (PRH Piancó Piranhas-Açu; Projeto de

Integração do Rio São Francisco - PISF; e Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande no Norte - PERH/RN) (Figuras 6, 7 e 8), observa-se a elevada incerteza na estimativa da disponibilidade hídrica destes reservatórios.

No presente trabalho utilizamos o mesmo modelo hidrológico e os mesmos valores dos parâmetros do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó Piranhas-Açu (ANA, 2016), no entanto, obtivemos valores significativamente diferentes, para as vazões com 90% de garantia, com erros percentuais na ordem de 16,36% para Passagem de Traíras, 30,77% em Itans e 77,46% para Gargalheiras. Esta diferença provavelmente se deu pela escolha dos postos pluviométricos, mostrando o quanto uma boa representação da precipitação influência nas vazões afluentes e posteriormente nas vazões regularizadas com diferentes garantias.

No caso do Reservatório Marechal Dutra, que apresenta a maior diferença comparada a do PRH Piranhas – Açu, o plano usou apenas 3 postos: Cruzeta (636001), Parelhas (636018) e Zangarelhas (636014) dos quais nenhum se encontram dentro da bacia hidrográfica. Na nossa simulação foram usados 7 postos distribuídos ao longo da bacia hidrográfica. No caso do reservatório Itans, o PRH Piranhas – Açu escolheu 5 postos com melhor representação da área de estudo, resultando na menor diferença entre o simulado no presente trabalho e o calculado pelo PRH Piranhas – Açu.

Conclusão

A seca meteorológica prolongada que afetou o semiárido nordestino nos últimos 7 anos, com consecutivos períodos de chuvas abaixo da média anual, impactou negativamente na redução das vazões regularizadas dos três reservatórios estudados, reduzindo em média 24,5% do valor das vazões simuladas com 90% de garantia, mostrando a vulnerabilidade hídrica do sistema frente as variações sazonais e eventos extremos de seca, podendo comprometer o abastecimento de água para os múltiplos usos. É necessário garantir uma gestão de recursos hídricos sensível às flutuações fluviais e possíveis mudanças no sistema de vazões decorrentes de eventos extremos de forma a garantir que as demandas sejam atendidas.

Referências

- ANA – Agência Nacional de Águas (2016). “Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu”. AESA – Agência executive de gestão das águas. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
- COLLISCHONN, W.; DORNELES, F. (2013). “Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais”. ABRH Porto Alegre- RS, 336 p.
- DA SILVA, V.D.R. (2004). “On Climate variability in Northeast Of Brazil”. Journal Of Arid Environments, 58, pp. 575-596.
- EMPARN – Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/>. Acesso em: 08 de julho de 2018.
- LOPES, J. E. G.; BRAGA, B. P. F.; CONEJO J. G. L. (1982). “SMAP – A simplified hydrological model, applied modelling in catchment hydrology”. Ed. V.P. Singh, Water Resources Publications.
- PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. (2014). “Efeito das atividades agropastoris sobre os atributos físico-químicos de três classes de solos de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro.” Bol. Goia. Geogr. v. 34, n. 1, pp. 169–188.

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/>. Acesso em: 24 de junho de 2018.

SCS - Soil Conservation Service (1972). "National Engineering Handbook" Sec. 4, Hydrology, U. S. Department of Agriculture, 630 p. TUCCI, C.E.M. (1993). "Hidrologia: Ciência e Aplicação". ABRH Porto Alegre- RS, 940 p.

ZANELLA, M.E. (2014) "Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino". Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, pp.126-142

Anexos



Figura 1: Localização dos açudes Passagem das Traíras, Marechal Dutra e Itans



Tabela 1: Principais características dos três reservatórios. Fonte:ANA, 2016



Figura 2: Disposição dos postos pluviométricos



Tabela 2: parâmetros calibrados SMAP. Fonte: ANA, 2016



Equação 1



Figura 3: Precipitação anual média na bacia hidrográfica Itans (1963-2017)



Figura 4: Precipitação anual média na bacia hidrográfica Marechal Dutra (1963-2017)



Figura 5: Precipitação anual média na bacia hidrográfica Passagem das Traíras (1963-2017)



Tabela 3. Comparação das estimativas de vazões regularizadas (com garantia de 90%) para os dois cenários simulados neste trabalho (1963 – 2011 e 1962 – 2017).



Figura 6. Estimativas das vazões regularizada para o reservatório Marechal Dutra (com garantia de 90%, 95% e 99%) de acordo com diferentes estudos.



Figura 7. Estimativas das vazões regularizada para o reservatório Itans (com garantia de 90%, 95% e 99%) de acordo com diferentes estudos.



Figura 8. Estimativas das vazões regularizadas para o reservatório Passagem das Traíras (com garantia de 90%, 95% e 99%) de acordo com diferentes estudos.

CÓDIGO: ET0485

AUTOR: VICTOR DA COSTA SILVA

COAUTOR: ERIBERTO DE SOUTO SILVA

ORIENTADOR: VICENTE ANGELO DE SOUSA JUNIOR

TÍTULO: Concepção e Análise de desempenho de funcionalidades dos sistemas IEEE para o 5G-mMTC

Resumo

As massive Machine-Type Communications (mMTC) podem dar um sentido muito abrangente as redes de comunicação, pois a comunicação entre máquinas automatizará ainda mais tarefas, promovendo customização, eficiência e redução de custo na indústria. Este artigo apresenta uma visão geral do protocolo 802.11ah, discutindo sua condição como alternativa para o caso de uso mMTC do 5G. São apresentadas as principais características das camadas PHY e MAC, assim como suas correspondentes implementações no simulador de rede ns-3. Por fim, é feita uma demonstração do uso do ns-3 como ferramenta de prototipagem dos sistemas 802.11ah por meio do recurso de visualização ahVisualizer do ns-3. A despeito da sua curva de aprendizagem, o ns-3 proporciona um arcabouço bem completo para concepção e teste de soluções para as redes 802.11 ah.

Palavras-chave: 5g. Halow. 802.11ah. IOT. ns-3.

TITLE: IEEE System Design and Performance Analysis for 5G-mMTC

Abstract

Massive Machine-Type Communications (mMTC) can give a very broad sense to communication networks because the communication between machines will automate even more tasks, promoting customization, efficiency and cost reduction in the industry. This paper gives an overview of the IEEE 802.11ah protocol discussing its condition as an alternative to the 5GMTC use case. The main characteristics of the PHY and MAC layers are presented, as well as their corresponding implementations in the ns-3 network simulator. Finally, a demonstration of the use of ns-3 as a tool of prototyping of the systems 802.11ah is made through the display feature ahVisualizer of ns-3. Despite its learning curve, ns-3 provides a very complete framework for designing and testing solutions for 802.11ah networks.

Keywords: 5g. Halow. 802.11ah. IOT. ns-3.

Introdução

1.1 802.11ah e o 5G Com a popularização das aplicações da Internet das Coisas (IoT), o número de dispositivos (sensores e atuadores) conectados a rede de comunicação cresce exponencialmente. De modo a atender essa e outras novas demandas para sistemas de comunicação sem fio, o 5G busca propor soluções de acordo com a necessidade da aplicação. O 5G possui três casos de uso: enhanced Mobile BroadBand (eMBB), Ultra-Reliable Low-Latency Communication (URLLC) e massive Machine-Type Communication (mMTC). O mMTC busca suportar pontos de acesso com cobertura extensa (10-15km), um número massivo de dispositivos conectados (densidade de um milhão por km²), com um baixo consumo energético, para que a bateria desses dispositivos durem de 10 a 15 anos. Os requisitos do caso de uso mMTC estão alinhados com as necessidades da tecnologia IoT. Uma comparação simples entre taxa de transmissão e cobertura de algumas tecnologias para IoT é mostrada na Figura 1, o 802.11ah busca misturar algumas características de outras tecnologias, podendo ser uma alternativa viável de solução para atender aos requisitos do mMTC.

1.2 Simuladores de Rede No caso do mMTC, a densa conectividade de dispositivos torna inviável a configuração e a análise de uma rede sem o auxílio de simuladores, devido ao alto custo de adquirir milhares de dispositivos e o difícil trabalho de configuração e teste da rede. O ns-3 é um simulador de redes gratuito, amplamente utilizado em pesquisas e em meios educacionais por possuir código aberto e uma comunidade ativa na solução de problemas e discussão de dúvidas. Ele possui módulos para diversos sistemas, como o 4G LTE e o Wi-Fi, que foi utilizado como base para o desenvolvimento do módulo do Halow, atendendo muitos requisitos. Diante da importância da simulação para o projeto e o aperfeiçoamento das redes mMTC, este trabalho apresenta um estudo do protocolo 802.11ah, bem como da sua implementação em ns-3.

2 IEEE 802.11ah O protocolo 802.11ah começou a ser desenvolvido pelo IEEE em 2010 no Task Group (TGah), e foi finalizado em 2016 com o lançamento da tecnologia comercialmente conhecida como 802.11ah . O protocolo surgiu com objetivo de ser capaz de prover conectividade em rede densa de dispositivos, assim como garantir cobertura extensa e eficiência energética. O TGah apresentou diversas novidades técnicas em relação ao Wi-Fi a fim de suportar esses requisitos. Esta seção descreve as principais características nessas duas camadas.

2.1 Camada PHY A camada física do 802.11ah herdou e adaptou as características das tecnologias 802.11ac e 802.11n de modo que pudesse atuar na banda de sub-1GHz, fazendo proveito desse artifício para obter um maior alcance devido à sua operação em baixas frequências. O 802.11ah possui largura de banda de canal de 1, 2, 4, 8 e 16 MHz, correspondentes a dez vezes menos que as larguras do protocolo 802.11ac .

2.2 Camada MAC Um desafio do 802.11ah é a conexão de um número expressivo de dispositivos. Essa característica, no entanto, influenciará na taxa de transmissão da informação útil devido a transmissão de mais sinalização. Os dispositivos devem otimizar a sua operação de modo a maximizar o tempo em repouso, quando não estiverem transmitindo ou recebendo informações. Essas funcionalidades estão alinhadas com as demandas específicas do mMTC, mas demandam uma verdadeira reformulação da camada MAC dos sistemas Wi-Fi. O TGah desenvolveu a hierarquia AID para organizar seus dispositivos, ilustrada na Figura 2. Assim como uma nova forma de acesso ao meio, o RAW, no qual as estações são agrupadas em diferentes RAWs, criando janelas temporais de acesso restrito, em que somente estações daquele RAW podem receber slots. Fora dos RAWs, o canal pode ser acessado por qualquer estação, a figura 3 mostra uma divisão RAW. A Tabela 1 lista outras funcionalidades da camada MAC do 802.11ah, resumindo o funcionamento e mostrando qual problema que cada uma busca solucionar.

Metodologia

3 Prototipando o 802.11ah no ns-3

Em 2016, Le Tian, da Universidade de Antwerp, lançou o módulo do Halow para o ns-3. O trabalho foi baseado no módulo do 802.11n, com modificações nas camadas MAC e PHY. O módulo suporta 10 MCSs (MCS0 até MCS9) e as larguras de bandas 1, 2, 4, 8 e 16 MHz. Os modelos de erro Nist e Yans foram modificados para suportar a modulação 256QAM. Há também a inclusão de modelos de propagação específicos definidos por Hazmi, sendo dois para ambiente outdoor e um para indoor. Enquanto o modelo indoor é o mesmo do 802.11n, os dois modelos outdoor assumem diferentes alturas da antena transmissora, um na altura do topo de um prédio, e o outro 15m acima. Foram implementados também: o Fast Association, um modelo de consumo de energia para os dispositivos, a distribuição dos STAs em hierarquias e o RAW, configurados por meio de uma interface de configuração dinâmica. Além da MCS10, o TWT (Target Wake Time) também não está implementado, mas os desenvolvedores planejam adicionar futuramente.

A Figura 4 ilustra as classes do módulo protocolo do Wi-Fi e suas interações. É dado destaque em cinza para os blocos que foram alterados (ou foram desenvolvidos) na construção do módulo 802.11ah.

Em 2018, foi lançado o ahVisualizer, uma interface gráfica para auxiliar na compreensão das simulações do módulo Halow do ns-3. Apesar de ser uma ferramenta a parte, não necessária para a utilização do módulo, seu uso é muito proveitoso para iniciantes no ns-3 e no sistema 802.11ah.

Resultados e Discussões

4 Instalação e teste do módulo 802.11ah do ns-3

O módulo 802.11ah do ns-3 está disponível em <https://github.com/imec-idlab/IEEE-802.11ah-ns-3>, sendo necessário a instalação de algumas dependências, conforme a descrição na página do GitHub. Após clonagem dos arquivos, caso queira compilar o código no modo debug, o seguinte comando de configuração deve ser usado (Este comando difere do que está no GitHub, mas foi sugerido pelos desenvolvedores do código em troca de e-mail com os autores deste artigo. Somente com esse comando foi possível debugar os exemplos do módulo: `CXXFLAGS="-std=c++11 -O0 -ggdb -g3" ./waf configure --disable-examples --disable-tests --build-profile=debug`).

Já a ferramenta ahVisualizer pode ser instalada a partir de <https://github.com/imec-idlab/ahVisualizer>. Também é necessário instalar o nodejs com o seguinte comando: `apt-get -y install npm`.

Um teste básico do módulo foi feito em um cenário com um AP localizado no centro de um círculo de raio de 200m, no qual 68 câmeras estão espalhadas aleatoriamente. Esse cenário foi escolhido por ser o exemplo padrão do módulo. A ferramenta ahVisualizer foi utilizada para visualizar e obter métricas da simulação. Para executar o exemplo, deve-se primeiro, a partir de um terminal, entrar no diretório "/IEEE-802.11ah-ns-

3/ahVisualizer/forwardsocketdata" e digitar "nodejs index.js". Em seguida, deve-se abrir um navegador e acessar o endereço <http://localhost:8080>, de forma a iniciar o ambiente de visualização. Em seguida, deve-se abrir um novo terminal, entrar no diretório do simulador e executar o seguinte comando `./waf --run test`. O navegador deverá mostrar a execução da simulação em tempo real. Note que, para esse exemplo, não foi feita nenhuma alteração de parâmetros.

A Figura 5 mostra dois resultados da simulação extraídos do ahVisualizer. A Figura 5a mostra o cenário, diferenciando o AP no centro e as câmeras distribuídas por todo o círculo. A Figura 5b mostra a variação da taxa de transmissão para uma câmera selecionada (também destacada na Figura 5a), os picos indicam os momentos que a estação enviou pacotes para o AP.

A Figura 6 mostra a comparação da latência média entre uma câmera distante e uma próxima ao AP. Pode-se verificar que essa diferença é bastante expressiva. Além da latência, estão disponíveis: consumo de energia, pacotes enviados, recebidos e perdidos, entre outras informações. Também mostra uma parte da tela principal do ahVisualizer, ilustrando a riqueza de informações disponíveis. É importante destacar que as configurações da simulação são feitas ao editar diretamente o código do ns-3 ou via passagem de parâmetros na linha de comando, e não no ahVisualizer.

Conclusão

Este artigo apresentou características do 802.11ah comparadas as tecnologias WPAN e LPWAN, bem como discutiu como o 802.11ah pode ser usado para atender o 5G mMTC. Foi apresentado o módulo ns-3 do 802.11ah, indicando as mudanças e comparando-o aos módulos do tradicionais Wi-Fi. Adicionalmente, um caso de uso do simulador foi mostrado, juntamente com a ferramenta ahVisualizer. Foi possível ilustrar a maturidade dos esforços dos desenvolvedores do ns-3 para disponibilizar uma modelagem de acordo com as especificações do 802.11ah, bem como ferramentas para facilitar a análise dos resultados de simulações mais simples.

Além de uma avaliação de desempenho de diferentes configurações da tecnologia 802.11ah, a concepção de soluções dinâmicas para ajuste autônomo de seus parâmetros é foco dos próximos trabalhos.

Referências

[Hazmi et al. 2012] Hazmi, A., Rinne, J., and Valkama, M. (2012). Feasibility study of IEEE 802.11ah radio technology for IoT and M2M use cases. In 2012 IEEE Globecom Workshops . 5

[ITU 2017] ITU (2017). ITU-R Rep. M.2410-0: Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s). 2

[Khorov et al. 2015] Khorov, E., Lyakhov, A., Krotov, A., and Guschin, A. (2015). A survey on IEEE 802.11 ah: An Enabling Networking Technology for Smart Cities. Computer Communications, 58, 4, 5

[Kraemer and Stephens 2010] Kraemer, B. and Stephens, A. (2010). Project Authorization Request (PAR) of Task Group 802.11ah. <http://www.ieee802.org/11/PARs/P802.11ah.pdf>. 3

[Leyva-Mayorga et al. 2018] Leyva-Mayorga, I., Rodriguez, M., Pla, V., Martinez-Bauset, J., and Tello Oquendo, L. (2018). Adaptive access class barring for efficient mMTC. 1

[Park 2015] Park, M. (2015). IEEE 802.11ah: Sub-1-GHz license-exempt operation for the internet of things. Communications Magazine, IEEE, 53:145–151. 3, 5

[Sljivo et al. 2018] Sljivo, A., De Poorter, E., Hoebke, J., Kerkhove, D., and Moerman, I. (2018). Interactive Web Visualizer for IEEE 802.11ah ns-3 Module. In WNS3 '18 Proceedings of the 10th Workshop on ns-3. 6

[Tian et al. 2016] Tian, L., Deronne, S., Latre, S., and Famaey, J. (2016). Implementation and validation of an IEEE 802.11ah module for NS-3. 2, 3, 5

[Tian et al. 2016] Tian, L., Famaey, J., and Latre, S. (2016). Evaluation of the ieee 802.11ah restricted access window mechanism for dense iot networks. In 2016 IEEE 17th International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks. 5

[Tian et al. 2018] Tian, L., Sljivo, A., Santi, S., De Poorter, E., Hoebke, J., and Famaey, J. (2018). Extension of the IEEE 802.11ah ns-3 Simulation Module. In WNS3 '18 Proceedings of the 10th Workshop on ns-3. 2, 5, 6

Anexos

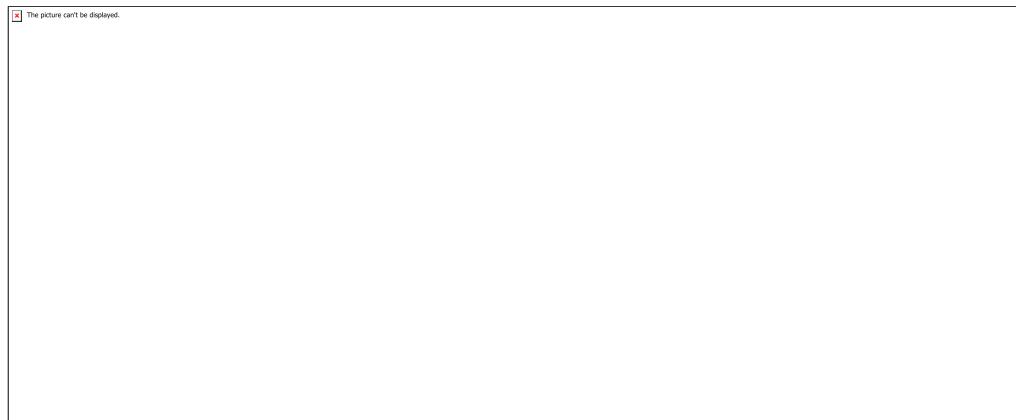


Figura 1

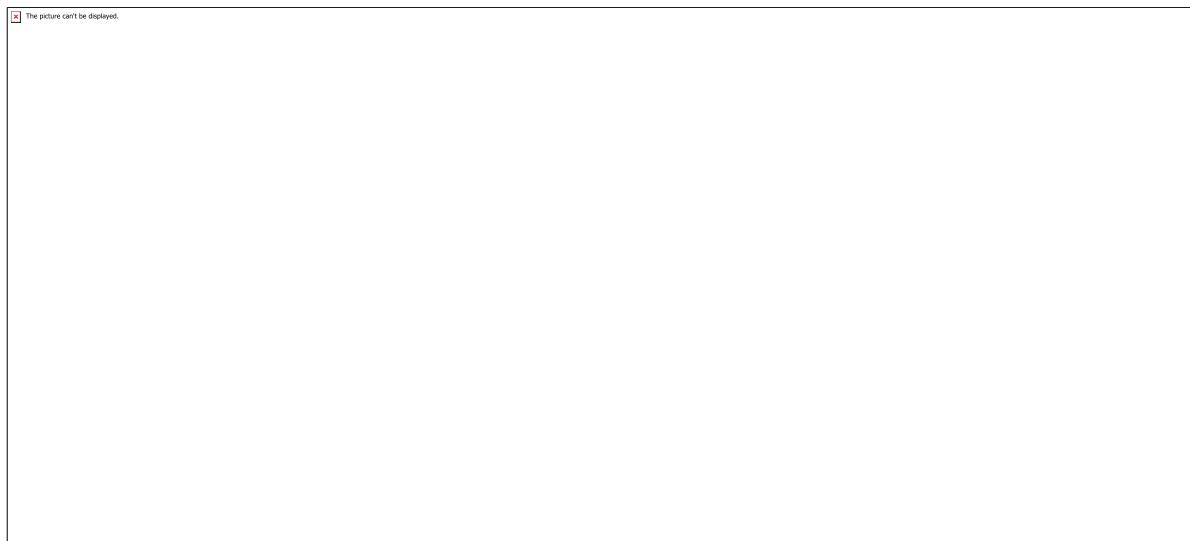


Figura 2

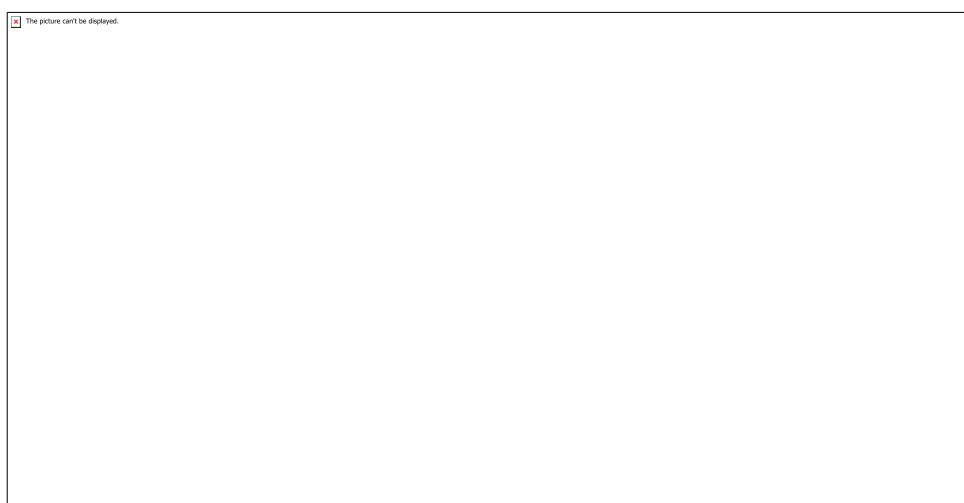


Figura 3

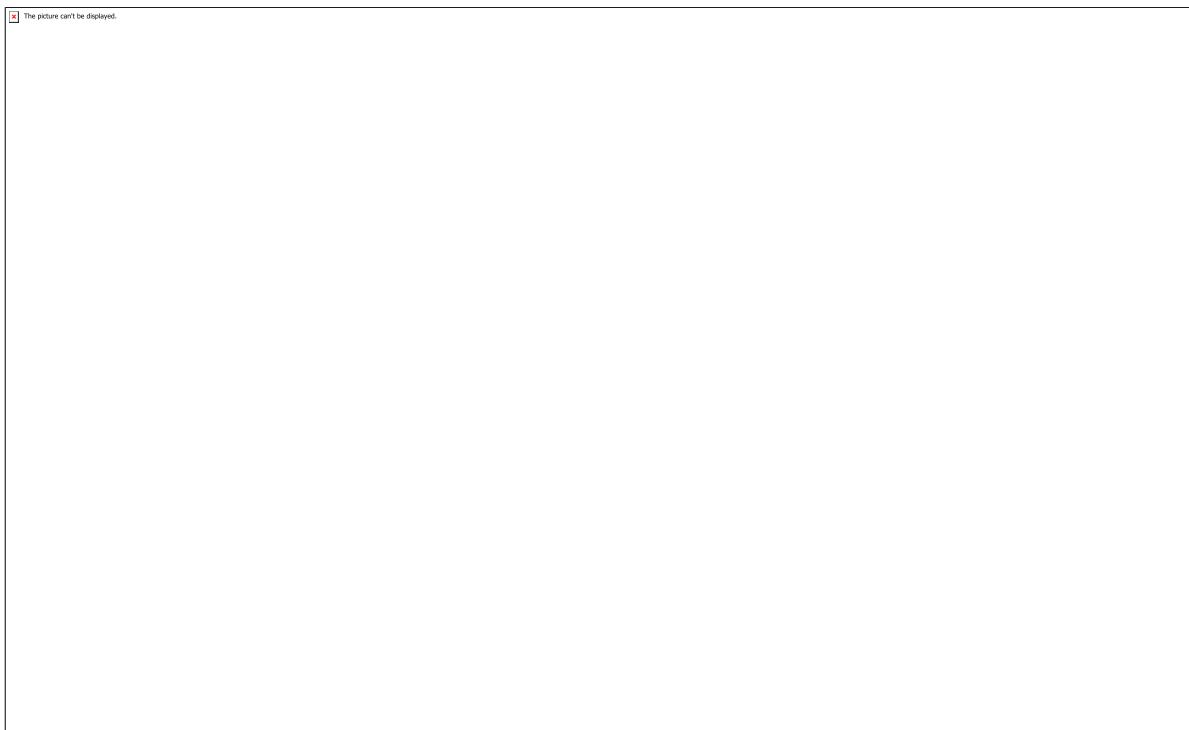


Figura 4

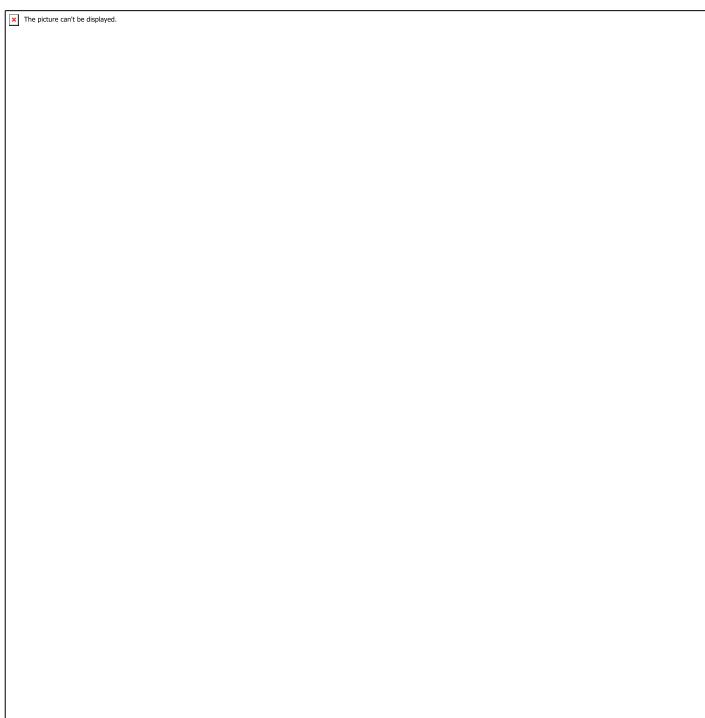


Figura 5a

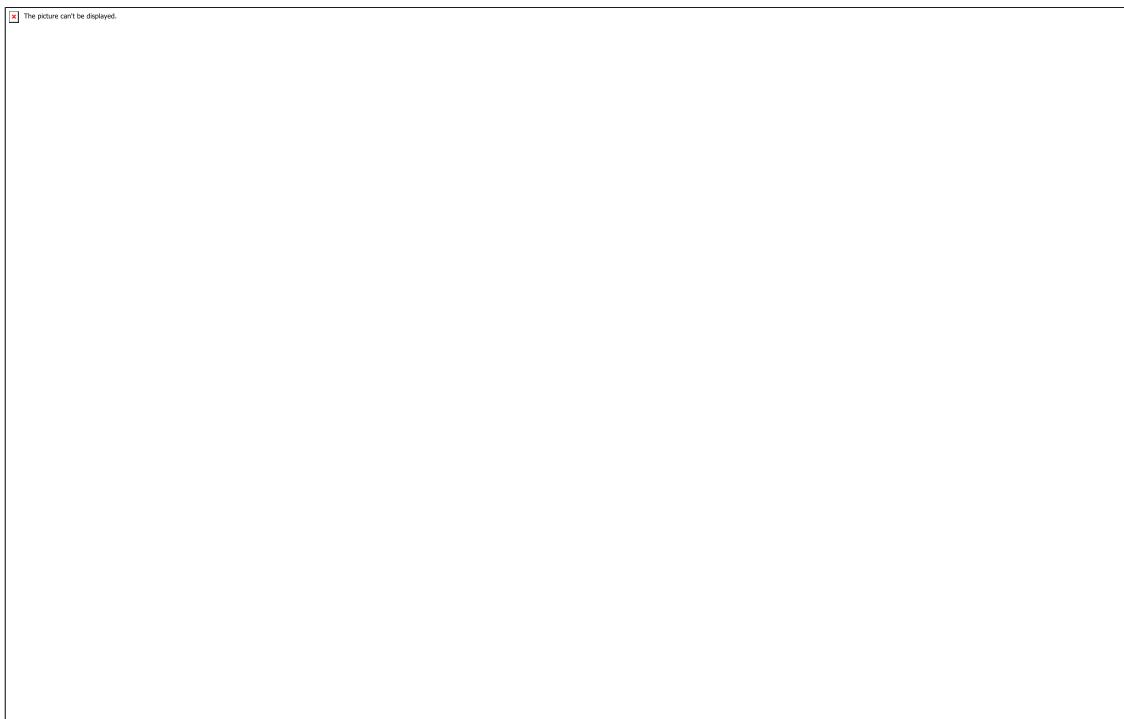


Figura 5b

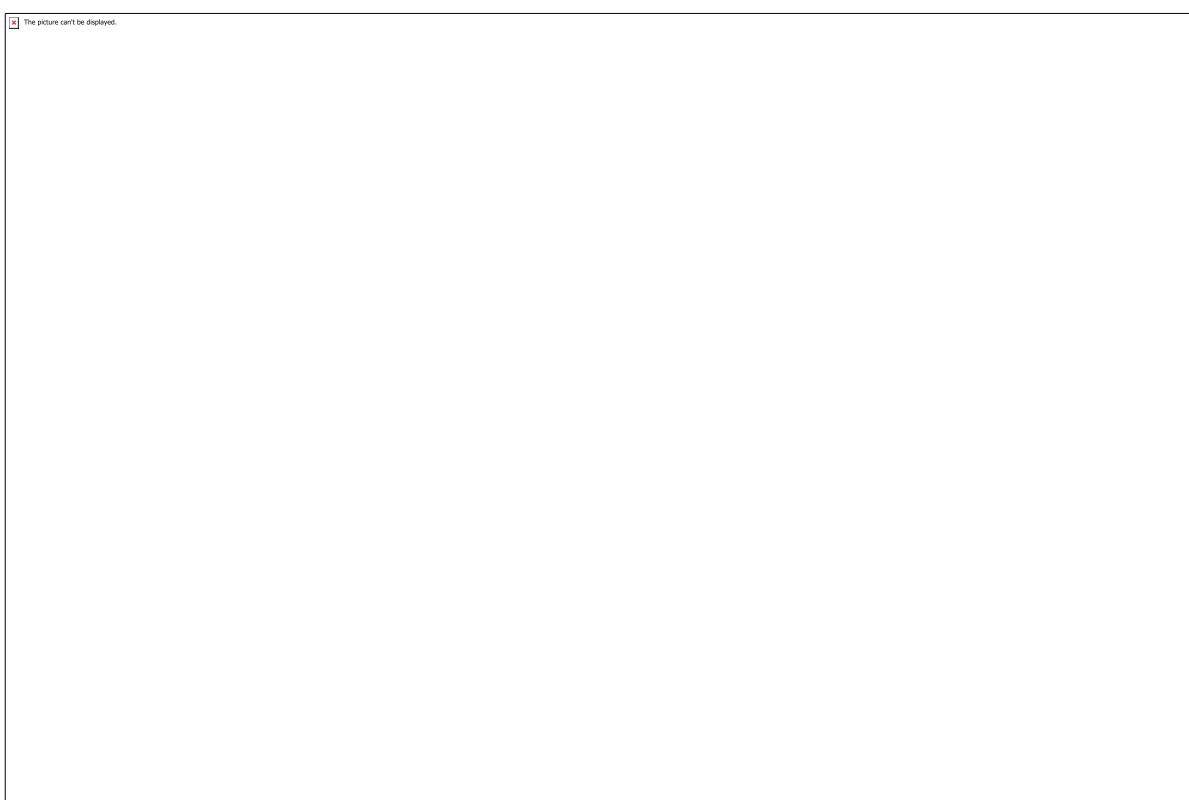


Figura 6

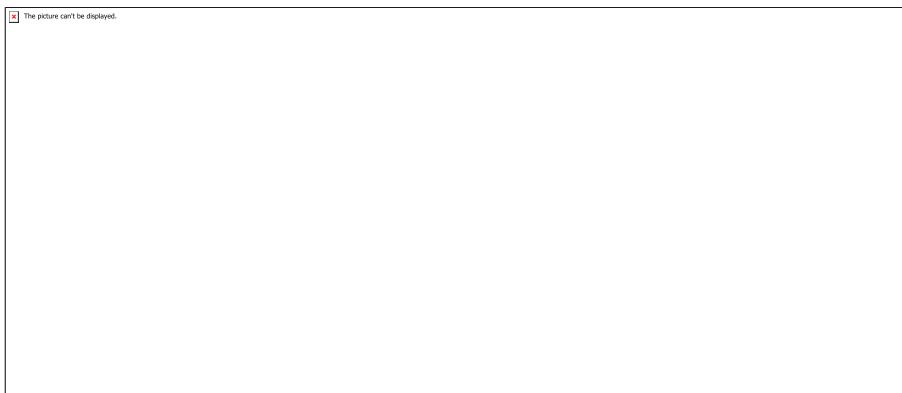


Tabela 1

CÓDIGO: ET0490

AUTOR: ALINE FERREIRA SCHON

ORIENTADOR: BISMARCK LUIZ SILVA

TÍTULO: Análise do eutético ternário na liga Sn-3%Ag-0,7%Cu (SAC307)**Resumo**

Nos últimos anos, ligas alternativas de solda sem chumbo foram pesquisadas para substituir as ligas pertencentes ao sistema Sn-Pb. Isto, devido à alta toxicidade do chumbo. Ligas de Sn-Ag-Cu são potenciais candidatas para substituição, mas estudos dos eutéticos ternários e suas relações com os parâmetros térmicos de solidificação ainda são escassos. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da influência da taxa de resfriamento (TE) e da velocidade de deslocamento da frente eutética (VE) na microestrutura da liga Sn-2%Ag-0,7%Cu (SAC207) solidificada direcionalmente em condições transitórias de fluxo de calor, especialmente no eutético ternário Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn. A caracterização das regiões eutéticas foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em conjunto com a técnica de Electron Backscatter Diffraction (EBSD) levando em consideração o tamanho, distribuição e morfologia das fases presentes no eutético ternário. Os resultados apontaram uma microestrutura composta por uma matriz dendrítica rica em Sn circundada por uma mistura eutética ternária constituída das fases β-Sn, Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn, além de partículas intermetálicas primárias de Cu₆Sn₅ distribuídas de forma heterogênea. Segundo as imagens MEV-EBSD e leis de crescimento microestrutural, estruturas eutéticas mais refinadas foram obtidas para maiores valores de VE, com um expoente de -1/2 descrevendo a variação dos espaçamentos interfásicos ($\lambda_{Cu_6Sn_5}$ e λ_{Ag_3Sn}).

Palavras-chave: Ligas Sn-Ag-Cu, Solidificação, Microestrutura, EBSD.**TITLE:** ASSESSMENT OF THE TERNARY EUTECTIC IN THE Sn-2wt.%Ag-0.7wt.%Cu ALLOY BY EBSD**Abstract**

In the last years, many alternative lead-free solder alloys have been researched to replace alloys to the Sn-Pb system. This is due to the high toxicity of lead. Sn-Ag-Cu alloys are candidate's potential for this substitution, but studies discussing the characterization of ternary eutectics and their interrelations with thermal parameters of solidification are still scarce in the literature. In this context, the present investigation aims to study the influence of the cooling rate (TE) and the growth rate (VE) in the microstructure of the directionally solidified Sn-2wt.%Ag-0.7wt.%Cu (SAC207) alloy under transient heat flow conditions, especially in the tertiary eutectic, Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn. The characterization of the eutectic regions was performed by Scanning Electron Microscopy (SEM) together with the Electron Backscatter Diffraction (EBSD) technique taking into account the size, distribution and morphology of the phases in the ternary eutectic. The results indicated a microstructure composed of a dendritic matrix Sn-rich surrounded by a ternary eutectic mixture constituted by β-Sn, Cu₆Sn₅ and Ag₃Sn phases, besides primary intermetallic particles of Cu₆Sn₅ distributed heterogeneously. According to the MEV-EBSD images and the laws of microstructural

growth, more refined eutectic structures were obtained for higher values of VE, with an exponent of -1/2 describing the variation of interphase spacings (λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn}).

Keywords: Sn-Ag-Cu alloys, Solidification, Microstructure, EBSD.

Introdução

O avanço tecnológico tem crescido exponencialmente nas últimas décadas, principalmente devido a utilização e produção de eletroeletrônicos, como: celulares, computadores, notebooks e diversos outros. No entanto, esse crescimento tecnológico vem acompanhado de uma problemática que é o descarte desses eletrônicos, que na maioria das vezes é feito em locais inapropriados. A parte mais grave da má gestão desse lixo é o conteúdo, que inclui metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio, além de outros elementos tóxicos, que se não forem tratados adequadamente podem causar danos à saúde e ao meio ambiente. O chumbo (Pb) está fortemente presente nos produtos eletrônicos e microeletrônicos, sendo o elemento químico mais preocupante com relação a sua utilização [17, 18]. As ligas do sistema estanho-chumbo têm sido extensivamente aplicadas, pois possuem excelentes propriedades para utilização como interconexão (solda) de dispositivos eletrônicos e microeletrônicos. Estas possuem baixo ponto de fusão, baixo custo, bom molhamento, propriedades mecânicas e características termofísicas (condutividade elétrica e térmica, coeficiente de expansão térmica, difusividade) [1,11]. No entanto, novas diretrizes comerciais foram estabelecidas no sentido de restringir/proibir o uso de Pb em processos de microcomponentes eletrônicos. A justificativa para tanto vem das características inerentes desse material, que possuem alta toxicidade, podendo causar consequências ambientais e à saúde [6,7]. As ligas Sn-Ag-Cu (SAC) se destacam como potenciais substitutas para as ligas Sn-Pb, principalmente em aplicações de média temperatura (200 a 230°C), pois apresentam excelentes propriedades mecânicas, baixo ponto de fusão e ótimo nível de molhamento em substratos metálicos como Cu e Ni [5,8,10]. Além disso, possuem composição química eutética ou bem próxima da composição eutética. As propriedades mecânicas estão fortemente ligadas às escalas dos arranjos dendríticos, celular e eutéticos, orientação cristalográfica e fases como os compostos intermetálicos Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn, provenientes ou não da reação eutética ternária Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn. A composição química ao longo da junta brasada e os parâmetros de processos são fundamentais na obtenção de uma microestrutura final isenta de defeitos e com as fases desejadas [7,13].

Metodologia

2.1 PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO Para preparação da liga foram utilizados estanho, prata e cobre, em sua forma comercialmente pura, pesados em quantidade correspondente a sua porcentagem (em peso) na liga de estudo. Com o objetivo de remoção de possíveis impurezas orgânicas ou óxidos, o estanho e o cobre foram decapados com uma solução composta de 10mL de HF, 10mL de HNO₃, 10mL de H₂SO₄ e 20mL de H₂O. Juntamente com a prata foram fundidos a vácuo em uma Centrífuga da Linn High Therm, modelo Titancast 700 VAC. Tal etapa foi necessária para evitar perdas dos elementos da liga na composição final. Após este processo, esta pré-liga Sn-Ag-Cu foi diluída em um banho de Sn até sua composição esperada, Sn-2%Ag-0,7%Cu. O forno utilizado para a fusão da liga foi o da marca Inductotherm VIP modelo power-trak 50-30R. O metal líquido foi vazado em uma lingoteira, encontrada junta ao dispositivo de solidificação (Figura 1), ocorrendo-se assim a solidificação espontânea do metal. As paredes da lingoteira foram revestidas com uma pasta refratária silico-aluminosa para amenizar o fluxo de calor radial e difusão de elementos

químicos para o interior do metal, para a vedação do conjunto lingoteira/chapa e para facilitação da remoção do lingote fundido. Com o objetivo de refundir o metal foram utilizadas resistências elétricas para o aquecimento do dispositivo. Para a fusão completa da liga metálica foi utilizado um superaquecimento cerca de 20% superior à temperatura eutética (TE). Logo, nesta temperatura o resfriamento da liga SAC207 foi iniciado a partir de um jato de água na parte inferior da chapa molde de aço carbono 1020, permanecendo até a solidificação completa do lingote. O acompanhamento e observações térmicas foram feitas por meio de 8 termopares, do tipo J, localizados ao longo da lingoteira, conectados a sistemas de aquisição de dados.

2.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS As variáveis térmicas de solidificação (V_E e \dot{T}_E) foram determinadas experimentalmente após a obtenção das curvas de resfriamento durante solidificação direcional da liga Sn-2%Ag-0,7%Cu, de acordo com os seguintes procedimentos: As velocidades de deslocamento da frente eutética (V_E) foram determinadas por meio das derivadas das funções $P=f(t)$, assim, $v=dP/dt$. As funções $P=f(t)$ foram obtidas experimentalmente através de interpolações para os tempos de passagem da frente eutética, para a posição monitorada dos termopares. Com os pares ordenados (P,t), foi possível traçar um gráfico experimental da posição da frente eutética em função do tempo. A partir deste gráfico, extrai-se uma lei de potência, cuja derivada fornece uma equação $v=f(t)$. Assim, pode-se observar a variação de V_E em função da posição ao longo de todo o lingote. A taxa de resfriamento (\dot{T}_E), para cada posição no fundido, é obtida pelo resultado da leitura direta do quociente das temperaturas imediatamente antes e depois da temperatura eutética (TE) e dos tempos correspondentes, isto é, $\dot{T}_E=\Delta T/\Delta t$.

2.3 CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL Após a obtenção dos perfis térmicos, o lingote obtido foi seccionado longitudinalmente (na direção de solidificação ou extração de calor). Com uma das metades do lingote, foram realizados cortes transversais nas posições 5mm, 20mm, 30mm, 50mm e 90mm, através da cortadeira metalográfica de precisão ISOMET 1000. Após os cortes nas posições previamente estabelecidas, houve o embutimento a frio com resina de poliéster. Na sequência, as amostras passaram pelo processo de lixamento utilizando lixas de granulometria 180, 360, 420, 600, 1200 e 2000 mesh, em lixadeiras manuais refrigeradas a água. Concluída essa etapa, as amostras foram polidas manualmente por meio de uma politriz TECLAGO PVVD, com suspensão de alumina e água, em um pano de granulometria 1µm. Um segundo polimento foi realizado, agora por imersão com auxílio de uma politriz automática GRINDER-POLISHER MINIMET 1000, numa suspensão de sílica coloidal, em um tempo de 24 horas, para se obter a melhor qualidade da superfície para as análises via EBSD. Por fim, as amostras foram levadas ao banho de limpeza ultrassom por dez minutos. Para obtenção das microestruturas da liga SAC207 foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV) marca Zeiss modelo Auriga 40, localizado no Laboratório de Caracterização Estrutural dos Materiais do Departamento de Engenharia de Materiais da UFRN. Sabendo-se que EBSD é uma técnica micro-analítica para microscópios eletrônicos de varredura (MEV), visando o estudo da estrutura cristalina e da orientação cristalina da superfície da amostra, análises de EBSD foram realizadas nas amostras transversais (posições 5mm, 20mm, 30mm, 50mm e 90mm) da liga Sn-2%Ag-0,7%Cu com o intuito de investigar o eutético ternário Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn presente na microestrutura final do lingote Sn-Ag-Cu. Características como tamanho e morfologia de intermetálicos foram examinadas.

2.4 MEDIÇÕES DOS ESPAÇAMENTOS INTERFÁSICOS As medições dos espaços entre os intermetálicos (λ) considerando os intermetálicos Ag₃Sn e Cu₆Sn₅ foram realizadas por meio do software ImageJ, utilizando o método do intercepto linear, que se baseia em calcular o valor de λ pela média das distâncias entre os intermetálicos adjacentes [9]. Foram efetuadas em média cerca de 40 medidas para cada posição selecionada e para cada intermetálico, obtendo dessa maneira uma média dos valores e um intervalo de dispersão.

Resultados e Discussões

Vale a pena ressaltar que os resultados a seguir são avanços do artigo intitulado “Assessment of tertiary dendritic growth and its effects on mechanical properties of directionally solidified Sn-0.7 Cu-xAg solder alloys (SPINELLI, J. E.; SILVA, B. L.; GARCIA, A., 2014)”. O uso da técnica de Electron Backscatter Diffraction-EBSD para um melhor entendimento da formação do eutético ternário Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn presente na liga Sn-2%Ag-0,7%Cu (SAC207) é uma nova ferramenta para a caracterização de ligas à base de Sn, especialmente ligas SAC.

3.1 VARIÁVEIS DE SOLIDIFICAÇÃO

Nas Figuras 2 e 3 podem ser vistas as evoluções da taxa de resfriamento (\dot{T} E) e da velocidade da frente eutética (VE) com a posição a partir da base refrigerada do lingote SAC207. Nota-se que os valores VE e \dot{T} E diminuem à medida que há o afastamento da interface metal/molde. Isso acontece porque camadas sólidas são formadas continuamente durante a evolução da solidificação direcional e tornando-se cada vez mais espessas, e gerando resistências térmicas que dificultam a extração de calor.

3.2 ESTRUTURAS DE SOLIDIFICAÇÃO

A Figura 4 mostra a macroestrutura e microestruturas para duas diferentes posições (5mm e 50mm) ao longo do lingote SAC207. A macroestrutura apresentou grãos colunares alongados na direção de solidificação, o que evidencia a eficácia do processo de solidificação direcional. Com relação as microestruturas, observa-se uma matriz predominantemente dendrítica rica em Sn (regiões mais claras) com a mistura eutética (regiões mais escuras) localizada nas regiões interdendríticas. Nota-se claramente que a escala microestrutural aumentou de 5mm para 50mm. Isso ocorre devido a redução significativa dos valores de taxa de resfriamento (\dot{T}) e velocidade de solidificação (VE), ou seja, saiu de 2,95 °C/s para 0,10 °C/s e de 0,32 mm/s para 0,15 mm/s, respectivamente. Por meio das microestruturas podem ser obtidas as evoluções dos espaçamentos interfásicos (λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn) como uma função da velocidade da frente eutética (VE), para a liga Sn-2%Ag-0,7%Cu (Figura 5). Os pontos nos gráficos representam a média dos espaçamentos microestruturais e as barras de erro, seus respectivos desvios padrão. Com o objetivo de indicar o ajuste das relações lineares com os valores de espaçamento microestrutural foi adicionado um coeficiente de correlação (R²) nos gráficos. As variações de λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn em função da velocidade da frente eutética (VE) foram caracterizadas pelos expoentes -1/2, como proposto por Jackson e Hunt (1966) para o crescimento de eutéticos. Outros trabalhos investigando a solidificação de ligas alternativas de brasagem como Sn-Bi (SILVA, 2016) e Sn-Mg (CRUZ, 2016) também utilizaram o expoente -1/2 para caracterizar as variações dos espaçamentos interfásicos. Observa-se que quanto maior a VE, menores são os valores de λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn. Maiores VE induzem um maior número de sítios de nucleação e crescimento durante a solidificação da liga SAC207, resultando assim em menores espaçamentos interfásicos.

3.3 IMAGENS MEV-EBSD

Os resultados obtidos pelo MEV-EBSD da liga SAC207, podem ser observados na Figura 6 para as amostras representativas nas posições 5mm, 30mm e 90mm, revelando com mais detalhes as regiões eutéticas. Com o auxílio da técnica de Electron Backscatter Diffraction foi possível obter mapas de IQ (Image quality), Figuras 6b, d, f, e mapas de fases, Figuras 6a, c, e. Os valores correspondentes aos parâmetros térmicos (VE e \dot{T} E) e aos espaçamentos interfásicos (λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn) também foram inseridos na Figura 6. É importante ressaltar que a qualidade do padrão de difração de elétrons retroespelhados (EBSP – Electron Backscattering Pattern) é função da presença de defeitos na rede cristalina. Quando uma região com baixa concentração de defeitos é analisada, o padrão apresenta boa qualidade. A presença de defeitos causa espalhamento dos elétrons difratados, reduzindo a qualidade do padrão. Em consequência desse comportamento, as regiões de contornos de grãos e

de intermetálicos (Cu_6Sn_5 e Ag_3Sn) apresentam-se como regiões escuras (baixo IQ) devido à presença de defeitos como discordâncias e átomos de soluto em maior concentração. Em contrapartida, as regiões dendríticas com menor concentração de soluto e de discordâncias, apresentam maior IQ, ou seja, são identificadas nos mapas como as regiões claras. A partir dos mapas de IQ é possível verificar o aumento dos espaçamentos interfásicos ($\lambda_{\text{Cu}_6\text{Sn}_5}$ e $\lambda_{\text{Ag}_3\text{Sn}}$) com a diminuição dos valores de VE e TE. A análise MEV-EBSD permitiu a identificação do tamanho, espaçamento e distribuição dos intermetálicos Cu_6Sn_5 e Ag_3Sn nas regiões interdendríticas da liga SAC207. Com essas informações foi possível confirmar a existência de um eutético ternário e levantar as leis de crescimento microestrutural, onde os espaçamentos interfásicos ($\lambda_{\text{Cu}_6\text{Sn}_5}$ e $\lambda_{\text{Ag}_3\text{Sn}}$) são relacionados com a velocidade da frente eutética (VE). Pode ser observado também uma clara distinção de partículas intermetálicas Cu_6Sn_5 consideradas primárias e aquelas constituintes do eutético ternário, conforme mostra a Figura 7.

Conclusão

Com base nos resultados para a liga SAC207, podem ser relatadas as seguintes conclusões: 1. A liga Sn-2,0%Ag-0,7%Cu (SAC207) apresentou ao longo de toda a extensão do lingote um crescimento dendrítico com uma microestrutura composta por uma matriz dendrítica rica em estanho (β -Sn) circundadas por regiões de mistura eutética ternária, $\text{Sn}+\text{Ag}_3\text{Sn}+\text{Cu}_6\text{Sn}_5$, e com partículas intermetálicas primárias de Cu_6Sn_5 dispersas de forma heterogênea; 2. Considerando a lei de crescimento microestrutural eutética, a evolução dos espaçamentos interfásicos ($\lambda_{\text{Cu}_6\text{Sn}_5}$ e $\lambda_{\text{Ag}_3\text{Sn}}$) com a velocidade de deslocamento da frente eutética foi caracterizada por um expoente de -1/2, como proposto por Jackson e Hunt (1966); 3. A técnica de EBSD auxiliou na identificação das fases constituintes do eutético ternário, $\text{Sn}+\text{Ag}_3\text{Sn}+\text{Cu}_6\text{Sn}_5$. Tanto a lei de crescimento eutética $\lambda=0,4(\text{VE})^{-1/2}$ quanto as imagens IQ (Image quality) e as imagens de phase map revelaram o aumento da escala eutética ternária para a liga SAC207.

Referências

- [1] ABTEW, M. and SELVADURAY, G. Lead-free Solders in Microelectronics. Materials Science and Engineering, v. 27, nº 5-6, p. 95-141, 2000. [2] CRUZ, Clarissa Barros da et al. Caracterização da microestrutura de solidificação da Liga Eutética Sn-Mg para soldagem e correlação com propriedades mecânicas. 2016. [3] GARCIA, Amauri. Solidificação: fundamentos e aplicações. Editora da UNICAMP, 2007. [4] JACKSON, K. A.; HUNT, J.D. Lamellar and Rod Eutectic Growth. Transactions of the Metallurgical Society of AIME, v.236, p.1129-1142, 1966. [5] KOTADIA, H. R.; HOWES, P. D.; MANNAN, S. H. A review: On the development of low melting temperature Pb-free solders. Microelectronics Reliability, v. 54, n. 6–7, p. 1253-1273, 2014. [6] LAURICELLA, C.M. Lead toxicity and its replacement in tin-lead alloys. Curso de Engenharia Universidade Paulista, São Paulo, Brasil. 2010. [7] MA, H.; SUHLING, J.C. A review of mechanical properties of lead-free solders for electronic packaging. Journal Materials Science, v. 44, nº 5, p. 1141-1158, 2009. [8] MACCARI, F. et al. Estudo da interação entre ligas de soldagem branca e substratos de Ni e Cu. 2016. 117p. Tese (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. [9] McCARTNEY, D.G.; HUNT, J.D. Measurements of Cells and Primary Dendrite Arm Spacing in Directionally Solidified Aluminium Alloys. Acta Metallurgica, v. 29, p. 1851-1863, 1981. [10] MENDES, L. T. F. Estudo experimental da migração eletroquímica em soldagem eletrônica Sn/Ag/Cu Lead Free. 2009. 68p. Tese (Doutorado em Engenharia)

- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009. [11] NATUME, R.Y; SANT'ANNA, F.S.P. Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: 3º International workshop advances in cleaner production, São Paulo. Anais... São Paulo, 2011. p.1-9. [12] SCHWARTZ, Adam J. et al. (Ed.). Electron backscatter diffraction in materials science. New York: Kluwer Academic, 2000. [13] SILVA, Bismarck Luiz; GARCIA, Amauri; SPINELLI, José Eduardo. The roles of dendritic spacings and Ag₃Sn intermetallics on hardness of the SAC307 solder alloy. Microelectronics Reliability, v. 54, n. 12, p. 2929-2934, 2014. [14] SILVA, Bismarck Luiz et al. Correlações entre parâmetros microestruturais, parâmetros térmicos e resistência mecânica de ligas Sn-Bi e Sn-Bi-(Cu, Ag). 2016. 206p. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2016. [15] SILVA, Bismarck Luiz et al. Parâmetros térmicos de solidificação, microestrutura e resistência mecânica de ligas eutéticas Sn-0, 7% Cu-(xNi). 2013. 132p. Tese (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2013. [16] SPINELLI, José Eduardo; SILVA, Bismarck Luiz; GARCIA, Amauri. Assessment of tertiary dendritic growth and its effects on mechanical properties of directionally solidified Sn-0.7 Cu-xAg solder alloys. Journal of electronic materials, v. 43, n. 5, p. 1347-1361, 2014. [17] TANAUE, A. C. B. et al. Lixo eletrônico: agravos à saúde e ao meio ambiente. Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 19, n. 3, 2015. [18] WU, C.M.L., YU, D.Q., LAW, C.M.T., WANG, L., Properties of lead-free solder alloys with rare earth elements additions. Materials Science and Engineering R, v. 44, n. 1, pp.1-44, April 2004.

Anexos

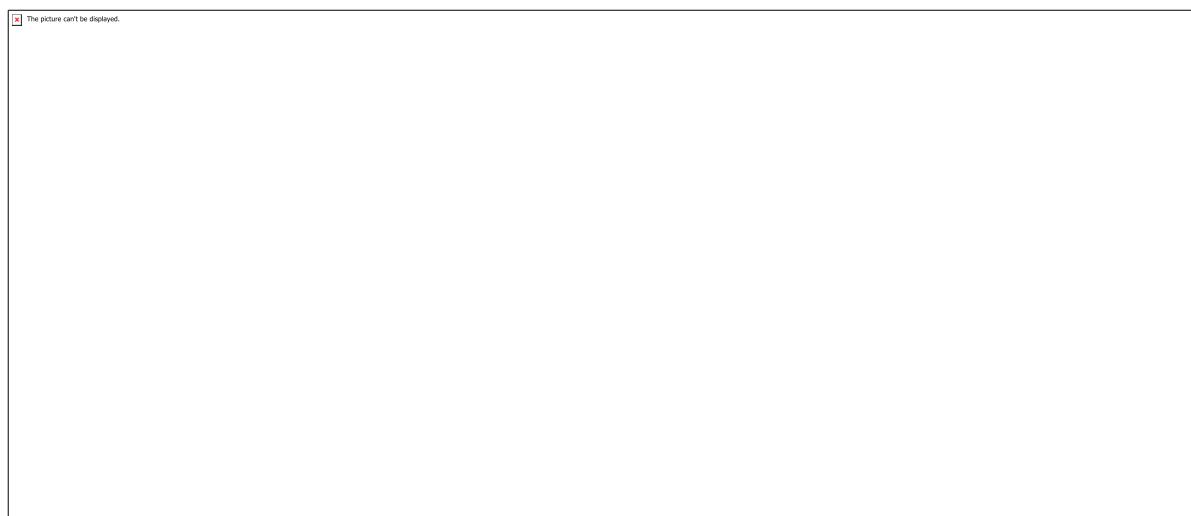


Figura 1 - Dispositivo de solidificação unidirecional vertical ascendente (refrigerado).

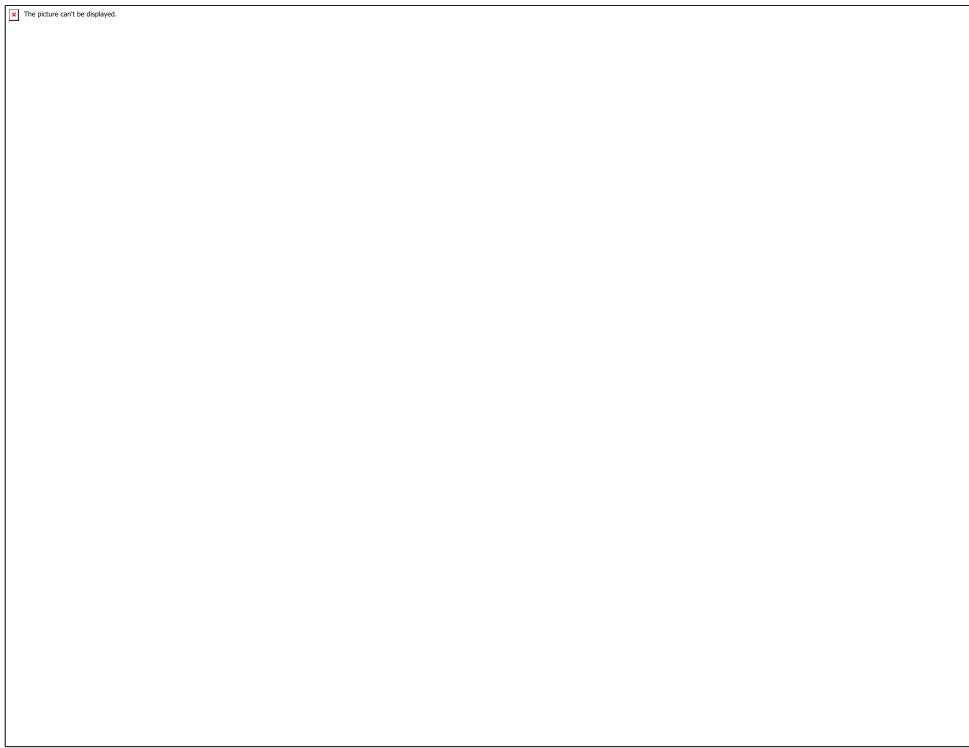


Figura 2 - Evolução da taxa de resfriamento na frente eutética (\dot{T}_E) com a posição ao longo do lingote SAC207.

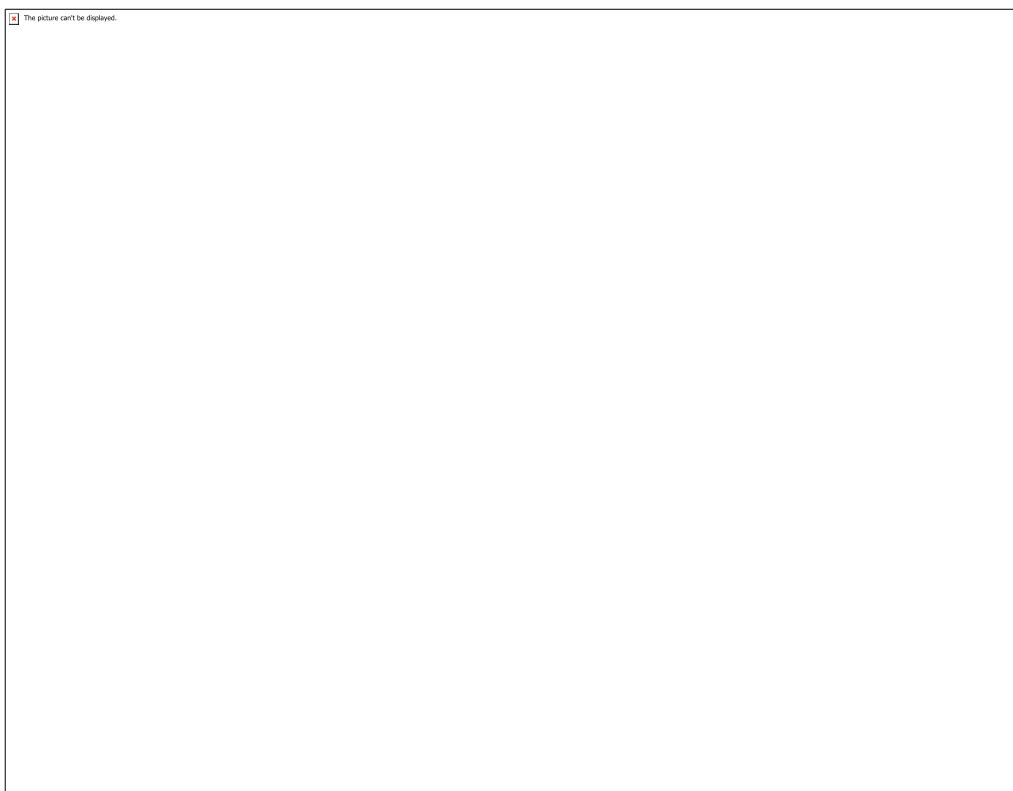


Figura 3 - Evolução da velocidade da frente eutética (VE) com a posição ao longo do lingote SAC207.

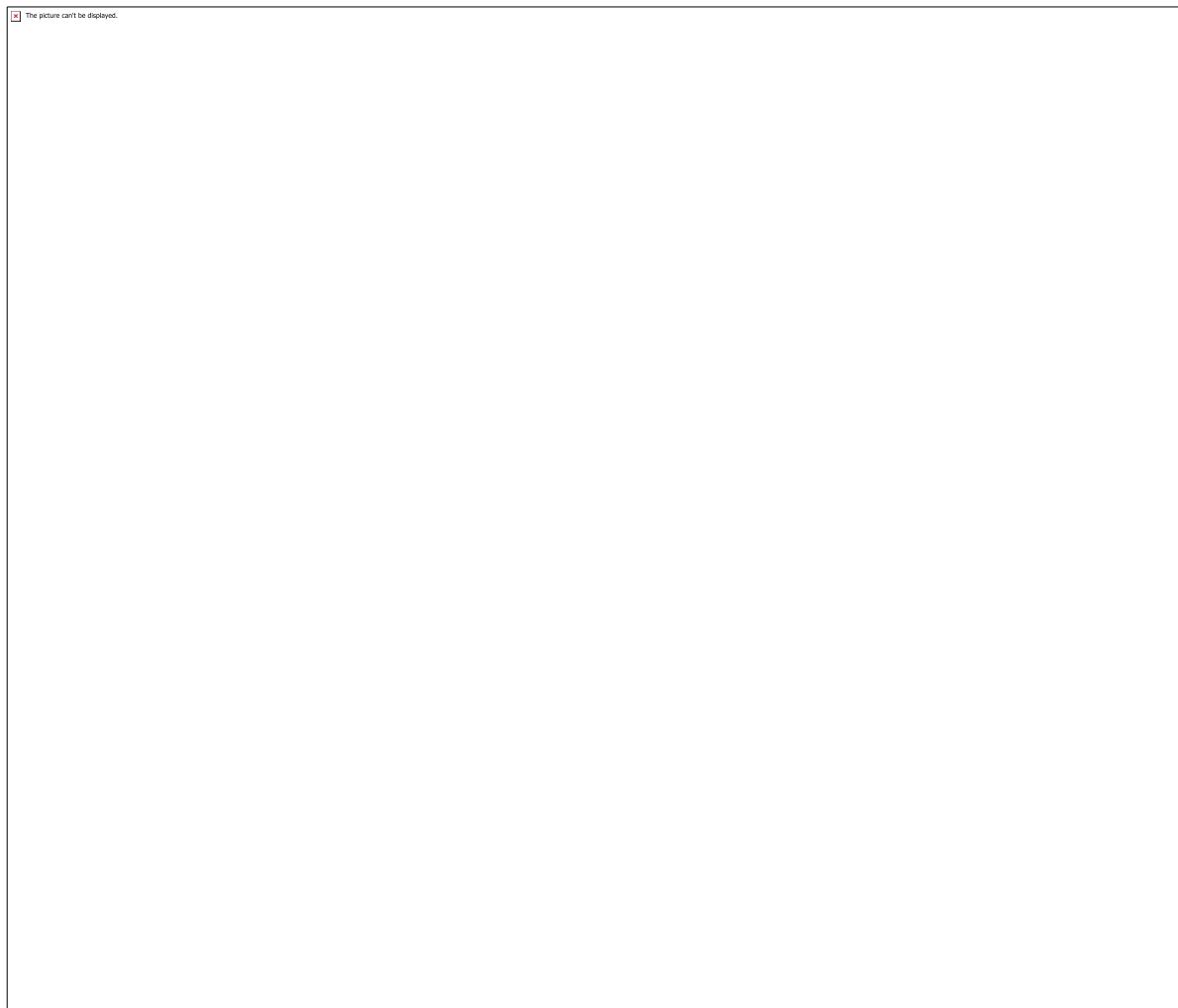


Figura 4 - Macroestrutura e microestruturas brutas de fusão nas posições 5 e 50mm a partir da interface metal/molde no lingote SAC207.

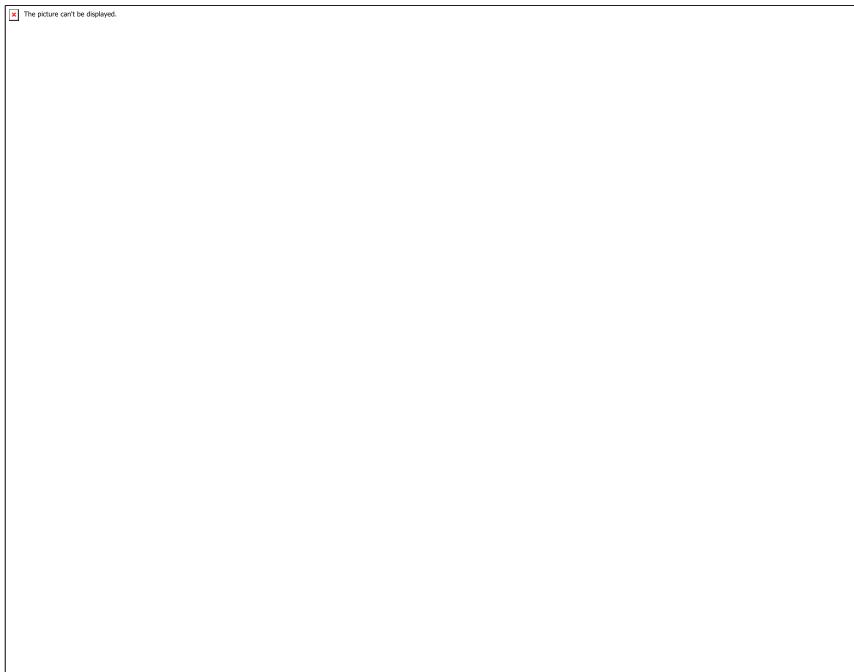


Figura 5 - Evolução dos espaçamentos interfásicos λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn} em função da velocidade da frente eutética (VE) para a liga SAC207. R2 é o coeficiente de correlação.

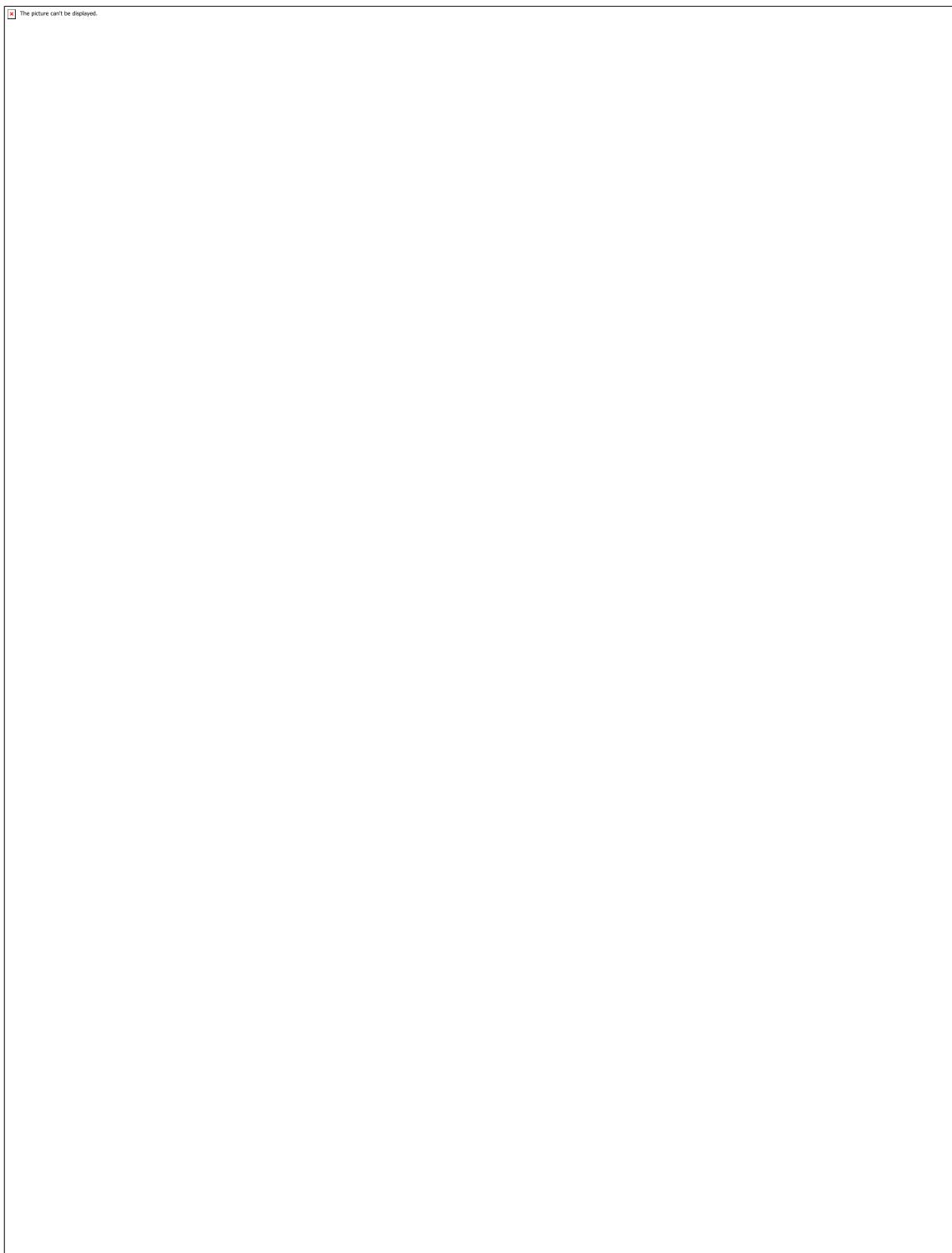


Figura 6 - Imagens MEV-EBSD obtidas com as ferramentas de Phase map e image quality para as posições (a,b) 5mm, (c,d) 30mm, (e,f) 90mm.

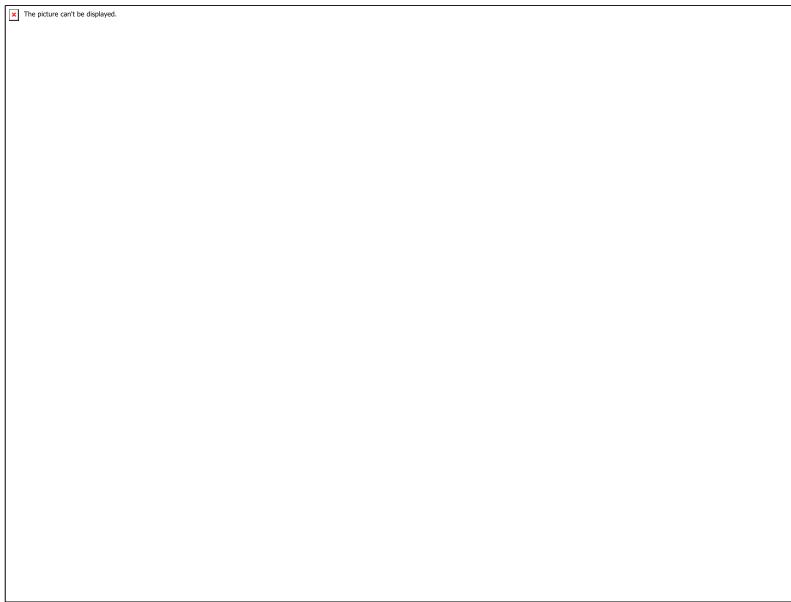


Figura 7 - Imagem do MEV-EBSD destacando o Cu₆Sn₅ primário e o eutético ternário presentes na microestrutura da liga SAC207.

CÓDIGO: ET0502**AUTOR:** VANUCCI DE MEDEIROS COSTA**ORIENTADOR:** BISMARCK LUIZ SILVA**TÍTULO:** ANÁLISE DO EUTÉTICO TERNÁRIO NA LIGA Sn-3%Ag-0,7%Cu (SAC 307)**Resumo**

Os efeitos dos parâmetros térmicos no processamento de juntas brasadas em componentes eletrônicos e especialmente na microestrutura final, é extensivamente reportado na literatura. Contudo, a caracterização de eutéticos ternárias presentes em ligas de brasagem livres de chumbo é algo escasso. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da influência da taxa de resfriamento (\dot{T}_E) e da velocidade de deslocamento da frente eutética (VE) na microestrutura da liga Sn-3%Ag-0,7%Cu (SAC307) solidificada direcionalmente em condições transitórias de fluxo de calor, especialmente no eutético ternário Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn. A caracterização das regiões eutéticas foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em conjunto com a técnica de Electron Backscatter Diffraction (EBSD) levando em consideração o tamanho, aspecto e morfologia das fases presentes no eutético. Os resultados apontaram uma microestrutura composta por uma matriz dendrítica rica em Sn circundada por uma mistura eutética ternária constituída das fases β -Sn, Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn, além de partículas intermetálicas primárias de Cu₆Sn₅ distribuídas de forma heterogênea. Segundo as imagens MEV-EBSD e as leis de crescimento microestrutural, estruturas eutéticas mais refinadas foram obtidas para maiores valores de VE, tendo um expoente de -1/2 descrevendo a variação de espaçamento interfásico ($\lambda_{Cu_6Sn_5}$ e λ_{Ag_3Sn}).

Palavras-chave: Solidificação, Ligas Sn-Ag-Cu, Microestrutura, EBSD.**TITLE:** ANALYSIS OF TERNARY EUTECTIC ON THE Sn-3wt.%Ag-0.7wt.%Cu ALLOY (SAC 307)**Abstract**

The effects of the thermal parameters on the processing of brazed joints in electronic components and especially in the final microstructure, is extensively reported in the literature. However, the characterization of ternary eutectics present in lead-free brazing alloys is something scarce. In this sense, the present work has as objective the study the influence of the cooling rate (\dot{T}_E) and the velocity of displacement of the eutectic front (VE) in the microstructure of the Sn-3%Ag-0,7%Cu (SAC307) alloy, directionally solidified under transient heat flow conditions, especially in the tertiary nutrient Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn. The characterization of the eutectic regions was performed by Scanning Electron Microscopy (SEM) together with the Electron Backscatter Diffraction (EBSD) technique taking into account the size, appearance and morphology of the phases present in the eutectic. The results indicated a microstructure composed of a dendritic matrix rich in Sn surrounded by a ternary eutectic mixture composed of the β -Sn, Cu₆Sn₅ and Ag₃Sn phases, besides primary intermetallic particles of Cu₆Sn₅ distributed heterogeneously. According to the MEV-EBSD images and the laws of microstructural growth, more refined eutectic structures were obtained for larger values

of VE, having an exponent of -1/2 describing the variation of interphase spacing (λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn}).

Keywords: Solidification, Sn-Ag-Cu alloys, microstructure, EBSD.

Introdução

Os meios de comunicação foram iniciados por meio dos avanços tecnológicos e do desenvolvimento científico dos aparelhos eletrônicos. No século XX esses produtos eletrônicos começaram a chegar em vários países do mundo. Com isso, a busca por eletrônicos aumentou e tende a aumentar ainda mais num futuro próximo. Com uma produção em alta escala um outro ponto também surge com certa relevância, o descarte desses eletrônicos. O lixo eletrônico contém metais pesados que com determinadas concentrações que podem acarretar riscos ao meio ambiente e aos usuários. Esse lixo é alocado em locais não apropriados, ou seja, não preparados para receber esse tipo de resíduo. Entre os metais pesados presentes nesses resíduos temos o mercúrio, o cádmio, o cromo, o chumbo. O último é um dos mais preocupantes devido a extensiva utilização de ligas de brasagem contendo esse elemento, como as ligas Sn-37%Pb ou Sn-40%Pb (Tanaue et al., 2015). As ligas a base de estanho e chumbo são as mais utilizadas quando se refere a ao processo de soldagem branda dos aparelhos eletrônicos. A utilização de ligas metálicas contendo chumbo nesses processos é devido a seu satisfatório grau de molhabilidade, às suas características termofísicas (condutividade elétrica e térmica, coeficiente de expansão térmica, difusividade), às propriedades mecânicas e ao baixo custo. Contudo, o uso desse elemento é insatisfatório do ponto de vista ambiental e de saúde, pois o chumbo apresenta significativos valores de toxicidade (Almeida et al., 2013; LAURICELLA, 2010; GARCIA, 2007). Diante da presente necessidade, as ligas de brasagem livres de chumbo (do inglês, lead-free solder alloys) surgem como uma alternativa interessante para substituição de ligas Sn-Pb. Dentre os vários sistemas disponíveis, principalmente à base de estanho, as ligas Sn-Ag-Cu (SAC) se destacam devido às excelentes propriedades mecânicas, baixo ponto de fusão e ótimo nível de molhamento em substratos metálicos como Cu e Ni (YASSIN, Amal Mohamed et al., 2017; SILVA, GARCIA, SPINELLI, 2014; MA, SUHLING, 2009). Várias ligas alternativas sem Pb, inclusive as SAC, possuem composição química eutética ou bem próxima da composição eutética. Seu potencial de variedade microestrutural dos eutéticos é enorme, e a microestrutura final de solidificação está diretamente ligada com os parâmetros térmicos do processo. Assim, o estudo dos efeitos térmicos do processo de solidificação é fundamental para se estabelecer correlações experimentais entre o processo e a microestrutura (GARCIA, 2007; SILVA, 2013). As ligas SAC tendem a apresentar boa resistência mecânica e ductilidade, características que são fortemente ligadas as escalas dos arranjos dendríticos, celular e eutéticos, orientação cristalográfica e fases como os compostos intermetálicos Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn, provenientes ou não da reação eutética ternária Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn. A composição química ao longo da junta brasada e os parâmetros de processos são fundamentais na obtenção de uma microestrutura final isenta de defeitos e com as fases desejadas (ARFAEI, 2010; ARFAEI; KIM; COTTS, 2012; KOTADIA; HOWES; MANNAN, 2014). O uso da técnica de EBSD em ligas à base de estanho é muito escasso na literatura. A grande variedade de microestruturas possíveis considerando apenas ligas SAC, abre um novo horizonte para aplicação da técnica de EBSD como ferramenta para caracterização de microestruturas finais em juntas brasadas presentes na indústria eletrônica. Esta permitirá, com maior detalhe e precisão, a identificação de orientação preferencial de crescimento durante o processo de solidificação direcional, das fases presentes na matriz de Sn e nas regiões interdendríticas/intercelulares, além da obtenção de imagens que tornam possível a quantificação dos espaçamentos

interfásicos, e consequentemente a seu efeito nas propriedades mecânicas de ligas SAC.

Metodologia

A metodologia experimental utilizada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu das seguintes etapas: I. Preparação da liga metálica e realização do experimento de solidificação direcional em condições transitórias de extração de calor; II. Determinação dos parâmetros térmicos de solidificação; III. Caracterização microestrutural; IV. Obtenção e análise de imagens (Microscopia Eletrônica de Varredura/EBSD). As etapas I e II foram realizadas com a colaboração do grupo M2PS/DEMA (Microestrutura e Propriedades em Processos de Solidificação) no Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar, sob a coordenação do Prof. José Eduardo Spinelli. A etapa III e IV foram realizadas no Departamento de Engenharia de Materiais da UFRN, nos laboratórios de Caracterização dos Materiais e de Caracterização Estrutural dos Materiais. O esquema na Figura 1 apresenta as etapas acima citadas detalhadamente.

2.1 Determinação Dos Parâmetros Térmicos As variáveis térmicas de solidificação (VL e \dot{TL}) foram determinadas experimentalmente após a obtenção das curvas de resfriamento durante solidificação direcional da liga Sn-3%Ag-0,7%Cu, de acordo com os seguintes procedimentos: As velocidades experimentais da isotermia liquidus (VL) ou da frente eutética (v) para as ligas analisadas, são determinadas por meio das derivadas das funções $P=f(t)$, assim, $v=dP/dt$. As funções $P=f(t)$ são obtidas experimentalmente através de interpolações para os tempos de passagem da frente eutética ou da isotermia liquidus, quando for o caso, para a posição monitorada dos termopares. Com os pares ordenados (P,t), é possível traçar um gráfico experimental da posição da frente eutética em função do tempo ou da posição da isotermia liquidus em função do tempo. A partir deste gráfico, extrai-se uma lei de potência, cuja derivada fornece uma equação $v=f(t)$. Assim, pode-se observar a variação de “ v ” em função da posição ao longo de todo o lingote (SILVA, 2016). A taxa de resfriamento (\dot{TL}), para cada posição no fundido, é obtida pelo resultado da leitura direta do quociente das temperaturas imediatamente antes e depois da temperatura liquidus TL ou temperatura (TE) e dos tempos correspondentes, isto é, $\dot{TL}=\Delta T/\Delta t$.

2.2 Procedimento Metalográfico As amostras examinadas foram retiradas do lingote Sn-3%Ag-0,7%Cu a partir de cortes transversais nas posições 5mm, 20mm, 30mm, 50mm e 90mm (Figura 3). A escolha destas posições foi baseada nos valores de taxa de resfriamento e nas microestruturas resultantes. Os cortes foram realizados com a utilização da cortadeira metalográfica de precisão ISOMET 1000. Em seguida o procedimento continuou com o embutimento a frio com resina de Poliéster. Assim, as amostras foram lixadas com a seguinte sequência de lixas granulométrica: 150, 240, 320, 600, 1200 e 2000 mesh em lixadeiras manuais refrigeradas por água. Após serem lixadas, as amostras foram polidas manualmente por meio de uma politriz TECLAGO PVVD, utilizando um pano de polimento metalográfico com uma suspensão granulométrica de alumina de $1\mu m$ e água. As amostras passaram por um segundo polimento com auxílio de uma politriz automática GRINDER-POLISHER METASERV 250, utilizando uma suspensão metalográfica de diamante de granulometria $1\mu m$. Logo após este último polimento, as amostras foram levadas ao banho de limpeza ultrassom por cinco minutos. A fim de obter imagens de maior qualidade na análise via EBSD, as amostras foram submetidas ao terceiro polimento, agora em uma politriz automática GRINDER-POLISHER MINIMET 1000 por 2 horas. A Figura 4 mostra um resumo esquemático da sequência de etapas para a análise por EBSD. O EBSD é uma técnica micro-analítica para microscópios eletrônicos de varredura (MEV), visando o estudo da estrutura cristalina e da orientação cristalina da superfície da amostra. O EBSD fornece informações sobre a orientação cristalina local,

fases, caracterização da morfologia do grão, limites de grão, bem como textura de orientação. (Schwartz, A. J.; Kumar M.; Adams B.; 2000). Neste contexto, análises de EBSD foram realizadas nas amostras transversais (posições 5mm, 20mm, 30mm, 50mm e 90mm) da liga Sn-3%Ag-0,7%Cu com o intuito de investigar o eutético ternário Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn presente na microestrutura final do lingote Sn-Ag-Cu. Características como orientação e estrutura cristalina, tamanho e morfologia de intermetálicos foram examinadas. O equipamento utilizado é da marca Zeiss modelo Auriga 40, do LCEM-DEMat-UFRN. 2.3 Medições Dos Espaçamentos Interfásicos As medições dos espaçamentos interfásicos (λ) considerando os intermetálicos Ag₃Sn e Cu₆Sn₅ foram realizadas por meio do software ImageJ, utilizando o procedimento proposto por McCartney e Hunt (McCartney, 1981), método do intercepto linear (Figura 5), que se baseia em calcular o valor de λ pela média das distâncias entre os intermetálicos adjacentes. Foram efetuadas em média cerca de 40 medidas para cada posição selecionada e para cada intermetálico, obtendo dessa maneira uma média dos valores e um intervalo de dispersão.

Resultados e Discussões

O presente trabalho tem por objetivo dar continuidade ao estudo desenvolvido por Silva e colaboradores no artigo intitulado “Assessment of tertiary dendritic growth and its effects on mechanical properties of directionally solidified Sn-0,7 Cu-xAg solder alloys (SPINELLI, J. E.; SILVA, B. L.; GARCIA, A., 2014)”, como também relata o uso da técnica de Electron Backscatter Diffraction-EBSD para uma melhor entendimento da formação do eutético ternário Sn+Cu₆Sn₅+Ag₃Sn presente na liga Sn-3%Ag-0,7%Cu (SAC307). Assim, visando um melhor conhecimento da microestrutura (Figura 6), dos parâmetros térmicos (Figuras 7a e 7b), das leis de crescimento microestrutural (Figura 8), dos difratogramas (Figura 9) e do eutético ternário através de imagens de EBSD/MEV (Figuras 10 e 11), foram reportados os seguintes resultados. 3.1 Estudo Da Microestrutura E Parâmetros Térmicos A Figura 6 mostra a macroestrutura e microestruturas para duas diferentes posições (5mm e 50mm) ao longo do lingote SAC307. A macroestrutura apresentou grãos colunares alongados na direção de solidificação, o que evidencia a eficácia do processo de solidificação direcional. Com relação a microestrutura, observa-se uma matriz predominantemente dendrítica rica em Sn (regiões mais claras) com a mistura eutética (regiões mais escuras) localizada nas regiões interdendríticas. Nota-se claramente que a escala microestrutural aumentou de 5mm para 50mm. Isso ocorre devido a redução significativa dos valores de taxa de resfriamento (\dot{T}) e velocidade de solidificação (VE), ou seja, saiu de 2,95 °C/s para 0,10 °C/s e de 0,32 mm/s para 0,15 mm/s, respectivamente. A Figura 7 (a e b) mostra as evoluções da taxa de resfriamento (\dot{T} E) e da velocidade da frente eutética (VE) com a posição a partir da base refrigerada do lingote SAC307. Nota-se que os valores VE e \dot{T} E diminuem à medida que há o afastamento da interface metal/molde. Isso ocorre devido às novas resistências térmicas (camadas sólidas são formadas continuamente durante a evolução da solidificação direcional e tornam-se cada vez mais espessas) que são incorporadas ao longo do processo de solidificação, dificultando a extração de calor. A Figura 8 apresenta as evoluções dos espaçamentos interfásicos (λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn) como uma função da velocidade da frente eutética (VE), para a liga Sn-3%Ag-0,7%Cu. Através das relações lineares entre os pontos foram determinadas leis experimentais de potência referentes ao crescimento interfásico presente no lingote SAC307. Os pontos nos gráficos representam a média dos espaçamentos microestruturais e seus respectivos desvios padrão. Com o objetivo de indicar o ajuste das relações lineares com os valores de espaçoamento microestrutural foi adicionado um coeficiente de correlação (R^2) nos gráficos. As variações de λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn em função da

velocidade da frente eutética (VE) foram caracterizadas pelos expoentes -1/2, como proposto por Jackson e Hunt (JACKSON, K. A.; HUNT, J.D., 1966) para o crescimento de eutéticos. Outros trabalhos investigando a solidificação de ligas alternativas de brasagem como Sn-Bi (SILVA, 2016) e Sn-Mg (CRUZ, 2016) também utilizaram o expoente -1/2 para caracterizar as variações dos espaçamentos interfásicos. Observa-se também que quanto maior a VE, menores são os valores de λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn} . Maiores VE induzem um maior número de sítios de nucleação e crescimento durante a solidificação da liga SAC307, resultando assim em menores espaçamentos interfásicos. Os difratogramas de raios-X (DRX) para a liga SAC307 revelam a presença da intensidade dos picos associados aos intermetálicos Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn, e da fase β -Sn referentes às posições examinadas da interface metal/molde, conforme apresentado na Figura 9. 3.2 Imagens MEV-EBSD As imagens do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) da liga SAC307 para as posições em estudo 5mm, 20mm, 30mm, 50mm e 90mm são apresentadas na Figura 10, revelando com mais detalhes as regiões eutéticas. Com o auxílio da técnica de Electron Backscatter Diffraction foi possível obter mapas de IQ (Image quality), Figuras 10 (b,d,f,h e j), e mapas de fases, Figuras 10 (a,c,e,g e i). Os valores correspondentes aos parâmetros térmicos (VE e TE) e aos espaçamentos interfásicos (λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn}) também foram inseridos nas figuras. Os mapas de IQ são apresentados em escala de cinza, variando-se de preto (baixo IQ) a branco (alto IQ). É importante ressaltar que a qualidade do padrão de difração de elétrons retroespalhados (EBSP – Electron Backscattering Pattern) é função da presença de defeitos na rede cristalina. Quando uma região com baixa concentração de defeitos é analisada, o padrão apresenta boa qualidade. A presença de defeitos causa espalhamento dos elétrons difratados, reduzindo a qualidade do padrão. Em consequência desse comportamento, as regiões de contornos de grãos e de intermetálicos (Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn) apresentam-se como regiões escuras (baixo IQ) devido à presença de defeitos como discordâncias e átomos de soluto em maior concentração. Em contrapartida, as regiões dendríticas com menor concentração de soluto e de discordâncias, apresentam maior IQ, ou seja, são identificadas nos mapas como as regiões claras. A partir dos mapas de IQ é possível verificar o aumento dos espaçamentos interfásicos (λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn}) com a diminuição dos valores de VE e TE, citado na Figura 20. O uso da técnica de EBSD, neste trabalho, auxiliou na identificação do tamanho, espaçamento e distribuição dos intermetálicos Cu₆Sn₅ e Ag₃Sn nas regiões interdendríticas da liga SAC307. Com essas informações foi possível confirmar a existência de um eutético ternário na liga SAC307 e levantar as leis de crescimento microestrutural, os espaçamentos interfásicos (λ_{Cu6Sn5} e λ_{Ag3Sn}) são relacionados com a velocidade da frente eutética (VE). Tratam-se de resultados ainda não reportados na literatura especializada em ligas de brasagem livres de Pb, especialmente para ligas Sn-Ag-Cu (SAC) resultando na melhoria dos resultados diante as análises das imagens obtidas pela microscopia eletrônica. Outro importante ponto, foi a distinção de partículas intermetálicas Cu₆Sn₅ consideradas primárias e aquelas constituintes do eutético ternário, conforme mostra a Figura 11.

Conclusão

De acordo com os resultados do estudo do eutético ternário na liga Sn-3,0%Ag-0,7%Cu solidificada direcionalmente, os seguintes se destacam: 1. O lingote Sn-3,0%Ag-0,7%Cu (SAC307) apresentou ao longo de toda sua extensão um crescimento dendrítico com uma microestrutura composta por uma matriz dendrítica rica em estanho (β -Sn) circundadas por regiões de misturas eutéticas ternárias (Sn+Ag₃Sn+Cu₆Sn₅), e com partículas intermetálicas primárias de Cu₆Sn₅ dispersas de forma heterogênea; 2. Considerando a lei de crescimento microestrutural eutética, a evolução dos

espaçamentos interfásicos (λ Cu₆Sn₅ e λ Ag₃Sn) com a velocidade de deslocamento da frente eutética foi caracterizada por um expoente de -1/2, como proposto por Jackson e Hunt; 3. A técnica de EBSD auxiliou na identificação das fases constituintes do eutético ternário, Sn+Ag₃Sn+Cu₆Sn₅. Tanto a lei de crescimento eutética $\lambda=0,58(VE)-1/2$ quanto as imagens IQ (Image quality) e as imagens de phase map revelaram o aumento da escala eutética ternária para a liga SAC307.

Referências

- ALMEIDA, Cecilia Maria Villas Bôas de et al. Substitution of tin-lead solders in manufacturing: impacts on workers' health and on the environment. Gestão & Produção, v. 20, n. 1, p. 46-58, 2013. ARFAEI, B.; KIM, N.; COTTS, E. J. Dependence of Sn grain morphology of Sn-Ag-Cu solder on solidification temperature. Journal of Electronic Materials, v. 41, n. 2, p. 362-374, 2012. CRUZ, Clarissa Barros da et al. Caracterização da microestrutura de solidificação da Liga Eutética Sn-Mg para soldagem e correlação com propriedades mecânicas. 2016. DONADONI, Bruno et al. Tailoring of Microstructures and Tensile Properties in the Solidification of Al-11Si (-xCu) Brazing Alloys. Metals, v. 8, n. 10, p. 784, 2018. GARCIA, AMAURI. Solidificação: fundamentos e aplicações. Editora da UNICAMP, 2007. JACKSON, K. A.; HUNT, J.D. Lamellar and Rod Eutectic Growth. Transactions of the Metallurgical Society of AIME, v.236, p.1129-1142, 1966. KOTADIA, Hiren R.; HOWES, Philip D.; MANNAN, Samjid H. A review: On the development of low melting temperature Pb-free solders. Microelectronics Reliability, v. 54, n. 6-7, p. 1253-1273, 2014. LAURICELLA, C.M. Lead toxicity and its replacement in tin-lead alloys. Curso de Engenharia Universidade Paulista, São Paulo, Brasil. 2010. MA, Hongtao; SUHLING, Jeffrey C. A review of mechanical properties of lead-free solders for electronic packaging. Journal of materials science, v. 44, n. 5, p. 1141-1158, 2009. REYES, Rodrigo André Valenzuela et al. Influência da microestrutura na resistência mecânica de ligas hipereutéticas Al-Si solidificadas direcionalmente. 2017. SCHWARTZ, Adam J. et al. (Ed.). Electron backscatter diffraction in materials science. New York: Kluwer Academic, 2000. SILVA, Bismarck Luiz et al. Parâmetros térmicos de solidificação, microestrutura e resistência mecânica de ligas eutéticas Sn-0, 7% Cu-(xNi). 2013. SILVA, Bismarck Luiz; GARCIA, Amauri; SPINELLI, José Eduardo. The roles of dendritic spacings and Ag₃Sn intermetallics on hardness of the SAC307 solder alloy. Microelectronics Reliability, v. 54, n. 12, p. 2929-2934, 2014. SILVA, Bismarck Luiz et al. Correlações entre parâmetros microestruturais, parâmetros térmicos e resistência mecânica de ligas Sn-Bi e Sn-Bi-(Cu, Ag). 2016. SILVA, Bismarck Luiz et al. Effects of solidification thermal parameters on microstructure and mechanical properties of Sn-Bi solder alloys. Journal of Electronic Materials, v. 46, n. 3, p. 1754-1769, 2017. SPINELLI, José Eduardo; SILVA, Bismarck Luiz; GARCIA, Amauri. Assessment of tertiary dendritic growth and its effects on mechanical properties of directionally solidified Sn-0.7 Cu-xAg solder alloys. Journal of electronic materials, v. 43, n. 5, p. 1347-1361, 2014. TANAUE, Ana Claudia Borlina et al. Lixo eletrônico: agravos a saúde e ao meio ambiente. Ensaios e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 19, n. 3, 2015. YASSIN, Amal Mohamed et al. Structure analysis and enhancement of creep resistance and thermal properties of eutectic Sn-Ag lead free solder alloy by Ti and Cd-addition. 2019.

CÓDIGO: ET0505

AUTOR: WILDSON BERNARDINO DE BRITO LIMA

COAUTOR: CATHERINE TEIXEIRA DE CARVALHO

ORIENTADOR: GORETE RIBEIRO DE MACEDO

TÍTULO: Aproveitamento do soro do queijo coalho como substrato para produção de beta-galactosidase e etanol por fermentação submersa utilizando a *Kluyveromyces marxianus* ATCC 36907

Resumo

No Brasil, a produção anual do soro de queijo é estimada em cerca de 7,4 milhões de toneladas e mundialmente em cerca de 190 milhões de tonelada. Uma vez que esse resíduo tem alta concentração de matéria orgânica, sendo a lactose o seu componente mais abundante, e, por conseguinte, alta demanda bioquímica de oxigênio, seu aproveitamento como substrato se torna interessante pois contribui para a obtenção de produtos de alto valor agregado, ao mesmo tempo que diminui seu impacto ambiental. Neste contexto, o presente estudo teve como finalidade avaliar a coprodução de β-galactosidase e etanol em fermentação submersa por *Kluyveromyces marxianus* ATCC 36907 utilizando o soro do queijo coalho como substrato. A razão de carbono e nitrogênio (C/N) foi usado como parâmetro de otimização, utilizando soro do queijo coalho desproteinizado rico em lactose como fonte de carbono e o sulfato de amônia e extrato de levedura como fontes comerciais de nitrogênio. Os resultados encontrados mostraram que a melhor razão C/N para a coprodução é a 1,5:1, com produção de β-galactosidase com atividade de 1,399 U/mL e 3,126 g/L de etanol em 16 h de cultivo em incubador rotativo. Para o cultivo em biorreator, a produção de etanol atingiu um máximo de 4,640 g/mL em 24 h, porém a atividade enzimática da enzima não teve bom resultado

Palavras-chave: beta-Galactosidase, Etanol, Soro de queijo, Lactose, Resíduo Industria

TITLE: Exploitation of cheese whey as substrate for the production of beta-galactosidase and ethanol by submerged fermentation using *Kluyveromyces marxianus* ATCC 36907

Abstract

In Brazil, the annual production of whey is estimated at about 7.4 million tons and worldwide at about 190 million tons. Since this residue has a high concentration of organic matter, with lactose being its most abundant component and, consequently, high biochemical oxygen demand, its exploitation as substrate becomes of interest because it contributes for the production of high aggregate value products while reducing its environmental impact. In this context, the present study aimed to evaluate the production of β-galactosidase and ethanol in submerged fermentation by *Kluyveromyces marxianus* ATCC 36907 using the cheese whey as substrate. Carbon and nitrogen (C/N) ratio were used as optimization parameter, using lactose rich deproteinized whey as the carbon source and ammonium sulfate and yeast extract as a commercial source of nitrogen. The results showed that the best C/N ratio for coproduction was 1,5:1, with production of β-galactosidase with activity of 1,399 U/mL and 3,126 g/L of ethanol in 16 h of cultivation in orbital shaker. For the cultivation in bioreactor, the ethanol production

reached a maximum of 4,640 g/mL in 24 h, but the enzymatic activity of the enzyme didn't have a good result.

Keywords: beta-Galactosidase, Ethanol, Milk Serum, Lactose, Industrial Waste.

Introdução

O soro de queijo, subproduto proveniente da produção de queijo, tem notável importância devido seu grande volume de produção. O queijo apresenta uma produção anual estimada em 20,586 milhões de toneladas no mundo, dos quais o Brasil contribui com 770 mil toneladas do total (USDA/FAS, 2019), e a produção de 1-2 kg de queijo rende de 8-9 kg de soro (BALDASSO; BARROS; TESSARO, 2011). Dessa forma, a produção de soro fica em torno de 185 milhões de toneladas mundialmente e 7 milhões de toneladas só no Brasil.

Aproximadamente 50% da produção mundial de soro de queijo é tratada e transformada em vários alimentos e rações. Cerca de metade dessa quantidade é usada diretamente na forma líquida, 30% como soro de queijo em pó, 15% como lactose e seus subprodutos e o restante como concentrados de proteína de soro de queijo (SPĀLĀTELŪ, 2012).

O grande volume não tratado do soro de queijo é um problema ambiental de alto impacto para a indústria de lacticínios devido ao seu alto teor de demanda bioquímica de oxigênio, variando de 35 g/L a 60 g/L. O soro de queijo é composto principalmente de água, proteína e lactose. A fração proteica pode ser removida por ultrafiltração e aplicada na indústria alimentícia, enquanto a fração de lactose, obtida como permeado (com uma concentração de lactose de 50 ± 60 g/L), pode ser usada para produção de etanol por fermentação (YOU et al., 2017).

Embora várias leveduras tenham demonstrado a capacidade de metabolizar a lactose presente no soro, as cepas pertencentes ao gênero *Kluyveromyces* têm sido as melhores, caracterizadas por sua capacidade de utilizar a lactose como fonte de energia, com cepas de *Kluyveromyces marxianus* sendo exploradas e estudadas devido seu potencial em bioconversão de soro em etanol (FONSECA et al., 2008; GABARDO; RECH; AYUB, 2012; RUBIO-TEXEIRA, 2006). O uso de subprodutos industriais para obter etanol está sendo extensivamente estudado para aumentar a produção deste importante biocombustível, reduzindo custos e impactos ambientais (GABARDO; RECH; AYUB, 2012).

A enzima β -galactosidase (EC 3.2.1.23) é muito utilizada na indústria de lacticínios e alimentos devido sua função de hidrolise de lactose (YOU et al., 2017). A enzima, conhecida como lactase, promove a hidrólise da lactose em D-glucose e D-galactose. Esse fator é de especial importância para a indústria alimentícia que a utiliza para adocicar alimentos que contêm lactose. Além disso, essa enzima permite a produção de produtos livre de lactose adequados para pessoas intolerantes à lactose. Uma porcentagem significativa da população adulta global é afetada pela intolerância à lactose devido à deficiência de β -galactosidase. Esta deficiência resulta em má absorção de lactose, que pode causar vários sintomas indesejáveis, como cólicas abdominais, inchado, diarreia ou flatulência (BHATNAGAR; AGGARWAL, 2007; SILVÉRIO et al., 2018). Na literatura, alguns trabalhos já constataram o potencial da *K. marxianus* para produção de β -galactosidase intracelular (BOUDJEMA et al., 2016; FONSECA et al., 2008).

Diante do exposto, o presente estudo justifica-se pela necessidade do desenvolvimento de um processo biotecnológico para agregação de valor do resíduo de laticínios na produção de bioprodutos de interesse industrial (bioetanol e a β -galactosidase) por fermentação submersa com *Kluyveromyces marxianus*.

Metodologia

Soro de Queijo

O soro do queijo coalho foi proveniente de pequeno produtor de queijo artesanal, localizado no município de Ceará-Mirim, interior do Rio grande do Norte, e mantido a -20°C até uso.

Caracterização do soro de queijo

Análises físico-químicas foram realizadas para determinação dos componentes do soro de queijo in natura. Estes valores serviram como referência nas etapas posteriores do experimento. Os parâmetros avaliados foram: acidez em graus Dornic (oD), pH, gordura, sais minerais (cinzas), densidade, concentração de lactose e teor de proteínas, avaliados pelos métodos descrito por INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

Preparação do soro rico em lactose

Foi utilizado o método de precipitação ácida e coagulação térmica, adaptado de metodologia de KOUSHKI; JAFARI; AZIZI (2012) e FLORÊNCIO et al. (2013). O soro de queijo foi aquecido em Erlenmeyer de 250 mL durante 15 minutos a 85°C. Então adicionou-se ácido cítrico a 10% m/v para a diminuição do pH até o ponto isoelétrico das proteínas (4,6) e aqueceu-se até 90°C para que essas proteínas coagulassem. Após a precipitação e coagulação proteica, o coágulo formado foi separado por meio de processo de filtração à vácuo e o sobrenadante rico em lactose foi usado na fermentação. Ao final desta etapa as análises físico-químicas foram refeitas.

Fermentação para coprodução de β -galactosidase e etanol

Microrganismo

Para realização do experimento de fermentação alcoólica foi utilizada *Kluyveromyces marxianus* ATCC 36907, proveniente da coleção de cultura da Universidade Federal do Ceará (UFC). A cultura foi armazenada em glicerol 30% (v/v) a -20°C.

Preparo do inóculo

A cultura foi cultivada em placa de Petri com meio YEPD Ágar (1% extrato de levedura, 2% dextrose, 2% peptona e 3% ágar em água destilada) durante 24 hs, à 30°C. Após, 3 alçadas da cultura preparada na placa de Petri foram transferidas para 50 mL do meio de inóculo contendo (em g/L): 10 lactose, 5 K₂HPO₄, 1,2 NH₄SO₄, 0,4 MgSO₄.7H₂O e 1 extrato de levedura em tampão de fosfato de potássio (0,2 M, pH=5,5). O meio foi esterilizado em autoclave a 121° por 15 minutos anteriormente a adição da cultura. O inóculo foi incubado a 30 °C e 180 rpm por 16 h.

Determinação da melhor razão carbono nitrogênio (C/N)

A coprodução foi avaliada em fermentação submersa em incubador rotativo com Erlenmeyer, para otimizar o processo, e em biorreator na melhor condição otimizada. A razão carbono nitrogênio é a razão mássica da lactose pela fonte de nitrogênio total (sulfato de amônia e extrator de levedura). As razões C/N avaliadas foram 1,5:1, 2,5:1 e 3,5:1.

Para a avaliação da razão 1,5:1 foi utilizado meio composto por 1,3 g/L de sulfato de amônia, 12g/L de extrato de levedura, 5 g/L KH₂PO₄, 0,4 g/L MgSO₄.7H₂O, 20 g/L de lactose em tampão de fosfato de potássio (0,2 M, pH 5,5). Para a avaliação da razão 2,5:1 foi utilizado meio composto por 1,6 g/L de sulfato de amônia, 14,4 g/L de extrato de levedura, 5 g/L KH₂PO₄, 0,4 g/L MgSO₄.7H₂O, 40 g/L de lactose em tampão de fosfato de potássio (0,2 M, pH 5,5). Para a avaliação da razão 3,5:1 foi utilizado meio composto por 1,7 g/L de sulfato de amônia, 15,4 g/L de extrato de levedura, 5 g/L KH₂PO₄, 0,4 g/L MgSO₄.7H₂O, 20 g/L de lactose em tampão de fosfato de potássio (0,2 M, pH 5,5).

A única fonte de carbono (lactose) utilizada em todos os ensaios foi o soro de queijo desproteínizado descrito no item 2.3 e 10% (v/v) do volume final do meio de cultivo foi proveniente do inóculo do item 2.4.2. O meio, o biorreator e os Erlenmeyer foram esterilizados em autoclave a 121°C por 15 min anteriormente à adição do inóculo e o soro de queijo foi adicionado através de membrana esterilizadora de 0,22 µm.

Durante intervalos regulares, amostras do cultivo foram retiradas para avaliação da concentração celular, de lactose, de etanol e de atividade enzimática da β -galactosidase.

Incubador rotativo

O cultivo em incubador rotativo (modelo TE-241, Tecnal, Brasil) foram conduzidos em Erlenmeyer de 250 mL com 50 mL de meio de cultivo, à 30°C e 180 rpm.

Biorreator

A melhor condição do item 2.4.3.1 foi avaliada em biorreator de 2 litros (modelo Biostat B, B-Braun, USA) com 1,5 litros de meio de cultivo. O experimento foi realizado na seguinte condição: 30°C, pH 5,5 (controlado pelo biorreator com soluções de 1,0 M HCl e 1,0 M NaOH), 200 rpm de agitação e aeração de 2 L/min.

Extração da enzima β -galactosidase intracelular

As células foram submetidas ao processo de rompimento celular após o cultivo. Conforme descrito por BRAGA; LEMES; KALIL (2014), o procedimento foi realizado em frascos de 50 mL contendo 25 mL de suspensão celular (40 mg/mL em tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 6,6, e MnCl₂.4 H₂O 0,1 mM) e 27,5 g de pérolas de vidro (diâmetro que varia de 0,95 a 1,05) e agitado num Vortex durante 20 min, com intervalos em banho de gelo. A suspensão foi então centrifugada a 5200×g durante 10 min a 4°C (modelo CT-5000R, Solab, Brasil); o extrato enzimático foi coletado e mantido a -20°C até uso.

Métodos analíticos

A concentração de biomassa foi estimada por medida de absorbância ($\lambda = 620$ nm) em

espectrofotômetro e conversão em concentração celular usando um fator de conversão obtido de curva de calibração de massa seca versus absorbância.

A atividade enzimática da b-galactosidase foi avaliada por espectrografia utilizando o-nitrofenil-b-D-galactopiranósideo (ONPG). A unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima que produz 1 µmol de O-nitrofenol por minuto à 37°C.

A concentrações de etanol e lactose foram quantificadas por cromatografia líquida de alta performance (HPLC; modelo Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific, USA) utilizando a coluna Shim-Pack (modelo SCR-101H, Shimadzu Co., Japan) com detector de índice de refração – DIR a uma temperatura de 40°C. A solução de ácido sulfúrico 0,005 M foi utilizada como fase móvel sob fluxo de 1 mL/min.

Resultados e Discussões

Caracterização do soro de queijo

O soro do queijo coalho in natura tem alto teor de proteínas (10,39%, Tabela 1), o que justifica o processo de desproteinização para diminuir a influência do conteúdo proteico no cultivo, bem como para a recuperação da proteína, já que a mesma tem diversos usos em produtos alimentício, sendo considerado produto valioso (DE WIT, 1998; MADUREIRA et al., 2010; SPĀLĀTELU, 2012). O processo de desproteinização também tem como objetivo o aumento do teor de lactose (de 2,70 para 4,40 %, Tabela 1), o que vem a ser conveniente para o design do processo que faz uso do mesmo. O alto teor de lactose e proteína, o pH e a humidade obtidos da caracterização (Tabela 1) são similares aos apresentados em trabalhos de revisão realizado por SPĀLĀTELU (2012) e PRAZERES; CARVALHO e RIVAS (2012), sendo características pertinentes do mesmo.

Coprodução de etanol e β-galactosidase em incubador rotativo

Esse experimento foi realizado visando a avaliação da fermentação usando o soro do queijo como única fonte de lactose. Devido a importância da razão C/N no processo fermentativo (DEL PILAR ANZOLA-ROJAS et al., 2015; KIM et al., 2013; WANG et al., 2012; YOU et al., 2017) foram analisadas 3 razões (3,5:1, 2,5:1 e 1,5:1) visando a otimização da coprodução de β-galactosidase e etanol por *K. marxianus* ATCC 36907.

Na Figura 1 é possível observar a influência que a razão C/N teve no processo fermentativo. É observado que o aumento da razão C/N tem impacto negativo no consumo de lactose, onde, para a razão 1,5:1, 2,5:1 e 3,5:1, o consumo total de lactose é de 97,68, 83,91 e 37,63%, respectivamente. Isso possivelmente se deve ao fenômeno de inibição pelo substrato uma vez que o crescimento celular ocorre de forma mais lenta com o aumento da razão, sugerindo que houve essa influência na levedura. GRUBB (1991) já havia reportado esse fenômeno que também pode ser observado em trabalho realizado por ARIYANTI e HADIYANTO (2013), em condição que pode ser considerada uma razão C/N de 8,36:1, onde a concentração de biomassa atinge valor próximo de 4,43 g/L em 16 h, menor que o do ensaios realizado no presente trabalho nas razões C/N 3,5:1, 2,5:1 e 1,5:1 que, no mesmo tempo, chegaram a 6,096, 10,199 e 14,550 g/L, respectivamente. Um análise posterior pode ser encontrada em trabalho realizado por DAS et al. (2016), em condição que pode ser considerada razão C/N 30:1, no qual tal fenômeno se perpetua.

Em termos de coprodução, os melhores resultados se encontram na Tabela 2. O ensaio com razão 1,5:1 demonstrou o melhor resultado, tendo as maiores atividade enzimática dos três ensaios, 1,484 e 1,399 U/mL em 20 h e 16 h, respectivamente, e a segunda maior concentração máxima de etanol produzida, 3,126 g/L em 16 h. Os outros três ensaios demonstraram deficiência na produção ou de etanol ou de atividade enzimática. O ensaio com razão 2,5:1 teve atividade enzimática de 1,208 U/mL em 20 h mas não produziu níveis apreciáveis de etanol comparado aos outros dois experimentos. Já o ensaio com razão 3:1 teve a maior concentração máxima produzida de etanol de todos os ensaios, 5,763 g/L em 20 h, mas não produziu níveis apreciáveis de atividade enzimática comparado aos outros dois experimentos. Pode ser observado também que a razão C/N não teve influencia no tempo em que a β -galactosidase da *K. marxianus* apresenta atividade enzimática máxima, ocorrendo todos em 20 h. A única influencia é no valor máximo atingido. MANERA et al. (2008) estudaram extensivamente a influência das concentrações de lactose, extrato de levedura e sulfato de amônia na produção de atividade da β -galactosidase de uma cepa de *K. marxianus* CCT 7082. A autora aponta que todos tem influência, sendo que o extrato de levedura é o que tem maior. Em condição otimizada dos três componentes, a autora conseguiu enzima com atividade de 10,7 U/mL em 120 h. Os resultados obtidos neste trabalho junto aos apresentados por MANERA et al. (2008) sugere que apenas a análise da razão C/N não traduz bem a influência sofrida na produção de β -galactosidase para cepas da *K. marxianus*, devido à baixa influência que a concentração de lactose apresentou. Já para o etanol, nos trabalho citados anteriormente realizado por ARIYANTI e HADYANTO (2013) e DAS et al. (2016) os autores conseguiram uma produção de 8,64 g/L de etanol em 16 h e 43,71 g/L em 68 h, respectivamente, usando cepas da *K. marxianus*, o que sugere que pode existir uma tendência de aumento de produção de etanol com aumento da razão C/N, apesar disso não se traduzir também em aumento de produção de atividade enzimática da β -galactosidase.

Coprodução otimizada em biorreator

A razão C/N 1,5:1 foi a escolhida para ensaio em biorreator por apresentar os melhores resultados de coprodução, que é o maior interesse do presente estudo.

O perfil de concentração, comparado ao ensaio em incubador rotativo, permaneceu o mesmo (Figura 02). O crescimento celular foi prejudicado, tendo seu valor máximo de 11,826 g/L menor que todos os observados nos ensaios em incubador rotativo (15,327, 13,897 e 14,445 para as razões C/N 1,5:1, 2,5:1 e 3,5:1, respectivamente) e maior lentidão para atingir a concentração máxima comparado ao mesmo ensaio em incubador rotativo, de 20 h para 24h. Esses resultados demonstram que a *K. Marxianus* ATCC 36907 não se adaptou bem às condições realizadas no ensaio em biorreator. Houve também retardamento do tempo de produção máxima de etanol, de 16 para 24 h, porém acompanhado de aumento da concentração, de 3,126 para 4,640 g/L. Para o processo, isso se traduziu em aumento de produtividade, de 0,167 para 0,182 g/L.h. Em relação a atividade enzimática, os valores não apresentaram crescimento, atingindo um máximo de 1,392 U/mL em 20 h de fermentação. A coprodução em biorreator teve o seu melhor resultado com produção de 3,320 g/L de etanol e 1,392 U/mL de atividade enzimática em 20 h. É necessário que se faça um estudo posterior para identificar quais parâmetros influenciaram negativamente a levedura no ensaio em biorreator de forma que seja possível minimizá-los afim de descobrir seu verdadeiro potencial.

Conclusão

Com a levedura K. Marxianus ATCC 36907 foi possível a coprodução de etanol e β -galactosidase. A razão C/N que demonstrou os melhores resultados foi a 1,5:1, onde, em incubador rotativo, foi obtido 3,126 g/L de etanol e enzima com atividade de 1,399 U/mL em 16 h de fermentação. Porém, a levedura não se adaptou tão bem às condições propostas para o ensaio em biorreator, o que resultou em produção de 4,640 g/L de etanol e enzima com atividade de 1,179 U/mL em 24 h de fermentação. É necessário que se faça um estudo posterior para identificar quais parâmetros influenciaram negativamente a levedura no ensaio em biorreator de forma que seja possível minimizá-los afim de descobrir seu verdadeiro potencial.

Referências

- ARIYANTI, Dassy; HADIYANTO, Hadiyanto. Ethanol Production from Whey by Kluyveromyces marxianus in Batch Fermentation System: Kinetics Parameters Estimation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 179–184, 2013. Disponível em: <<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/bcrec/article/view/4044>>
- BALDASSO, C.; BARROS, T. C.; TESSARO, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. *Desalination*, [s. l.], v. 278, n. 1–3, p. 381–386, 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916411004681>>
- BHATNAGAR, Shinjini; AGGARWAL, Rakesh. Lactose intolerance. *BMJ*, [s. l.], v. 334, n. 7608, p. 1331–1332, 2007. Disponível em: <www.bmjjournals.org/lookup/doi/10.1136/bmj.39252.524375.80>
- BOUDJEMA, Khaled et al. Production of intracellular β galactosidase using a novel Kluyveromyces marxianus DIV13-247 isolated from an Algerian dairy product. *Research Journal of Biotechnology*, [s. l.], v. 11, n. 6, p. 35–43, 2016.
- BRAGA, Anna Rafaela Cavalcante; LEMES, Ailton Cesar; KALIL, Susana Juliano. Single Chromatographic Step for β -Galactosidase Purification: Influence of Salt and Elution Parameters. *Separation Science and Technology*, [s. l.], v. 49, n. 12, p. 1817–1824, 2014. Disponível em: <www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01496395.2014.902960>
- DAS, Bipasha et al. Studies on production of ethanol from cheese whey using Kluyveromyces marxianus. *Materials Today: Proceedings*, [s. l.], v. 3, n. 10, p. 3253–3257, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2016.10.006>>
- DE WIT, J. N. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. *Journal of Dairy Science*, [s. l.], v. 81, n. 3, p. 597–608, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75613-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75613-9)>
- DEL PILAR ANZOLA-ROJAS, Mélida et al. The use of the carbon/nitrogen ratio and specific organic loading rate as tools for improving biohydrogen production in fixed-bed reactors. *Biotechnology Reports*, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 46–54, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2014.10.010>>

FLORÊNCIO, Isanna M. et al. Produção de etanol a partir de lactosoro industrial. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s. l.], v. 17, n. 83, p. 1088–1092, 2013.

FONSECA, Gustavo Graciano et al. The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential. Applied Microbiology and Biotechnology, [s. l.], v. 79, n. 3, p. 339–354, 2008.

GABARDO, Sabrina; RECH, Rosane; AYUB, Marco Antônio Záchia. Performance of different immobilized-cell systems to efficiently produce ethanol from whey: Fluidized batch, packed-bed and fluidized continuous bioreactors. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, [s. l.], v. 87, n. 8, p. 1194–1201, 2012.

GRUBB, Christopher Francis. Inhibition of the Lactose to Ethanol Fermentation Of *Kluyveromyces Marxianus* Y113 and Attempts at Its Alleviation Through Media Improvement. 1991. Massey University, [s. l.], 1991.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos. 4a ed. [s.l.] : Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KIM, Kyochan et al. A novel fed-batch process based on the biology of *Aurantiochytrium* sp. KRS101 for the production of biodiesel and docosahexaenoic acid. Bioresource Technology, [s. l.], v. 135, p. 269–274, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412016483?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

KOUSHKI, Mohammadreza; JAFARI, Mojtaba; AZIZI, Mohammadhossein. Comparison of ethanol production from cheese whey permeate by two yeast strains. Journal of Food Science and Technology, [s. l.], v. 49, n. 5, p. 614–619, 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s13197-011-0309-0>>

MADUREIRA, A. R. et al. Invited review: Physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. Journal of Dairy Science, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 437–455, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2566>>

MANERA, Ana Paula et al. Optimization of the culture medium for the production of β -galactosidase from *Kluyveromyces marxianus* CCT 7082. Food Technology and Biotechnology, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 66–72, 2008.

PRAZERES, Ana R.; CARVALHO, Fátima; RIVAS, Javier. Cheese whey management: A review. Journal of Environmental Management, [s. l.], v. 110, p. 48–68, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>>

RUBIO-TEXEIRA, Marta. Endless versatility in the biotechnological applications of *Kluyveromyces* LAC genes. Biotechnology Advances, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 212–225, 2006. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0734975005001242>>

SILVÉRIO, Sara C. et al. New B-galactosidase producers with potential for prebiotic synthesis. Bioresource Technology, [s. l.], v. 250, p. 131–139, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.045>>

SPĂLĂTELU, Constanța. BIOTECHNOLOGICAL VALORISATION OF WHEY. Innovative Romanian Food Biotechnology, [s. l.], v. 10, p. 1–8, 2012.

USDA/FAS. Cheese Production and Consumption: Summary For Selected Countries. [s.l: s.n.]

WANG, Xiaojiao et al. Optimizing feeding composition and carbon–nitrogen ratios for improved methane yield during anaerobic co-digestion of dairy, chicken manure and wheat straw. Bioresource Technology, [s. l.], v. 120, p. 78–83, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412009625?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

YOU, Shengping et al. Development of a novel integrated process for co-production of β-galactosidase and ethanol using lactose as substrate. Bioresource Technology, [s. l.], v. 230, p. 15–23, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.019>>

Anexos

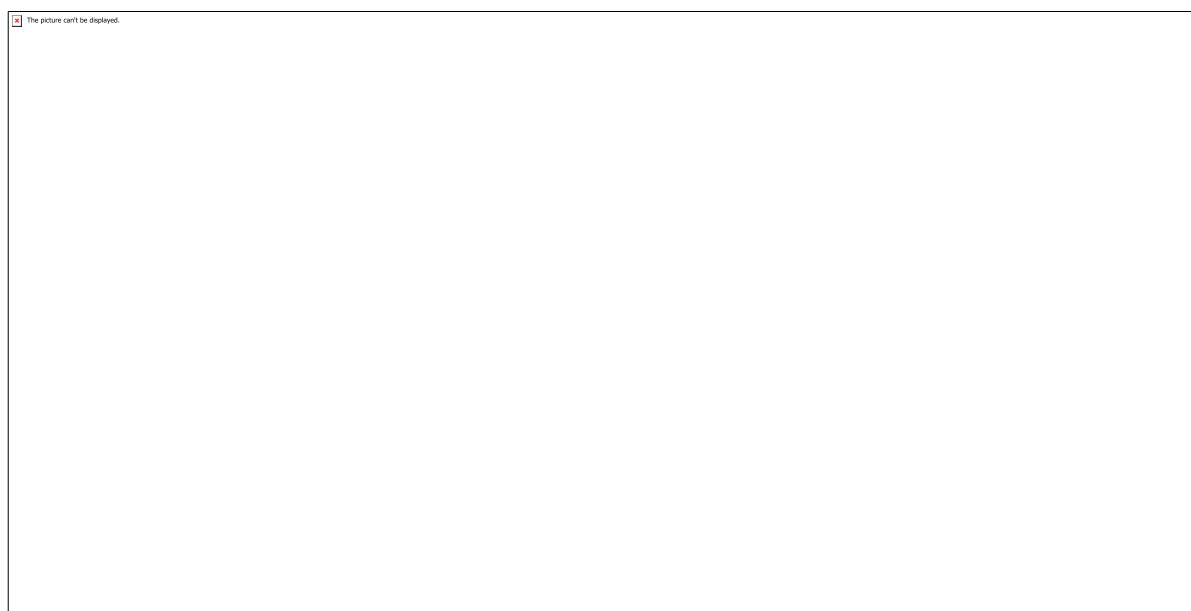


Tabela 1. Parâmetros físico-químico do soro de queijo coalho in natura e após o processo de desproteinização.



Tabela 2. Melhores resultados de coprodução em incubador rotativo

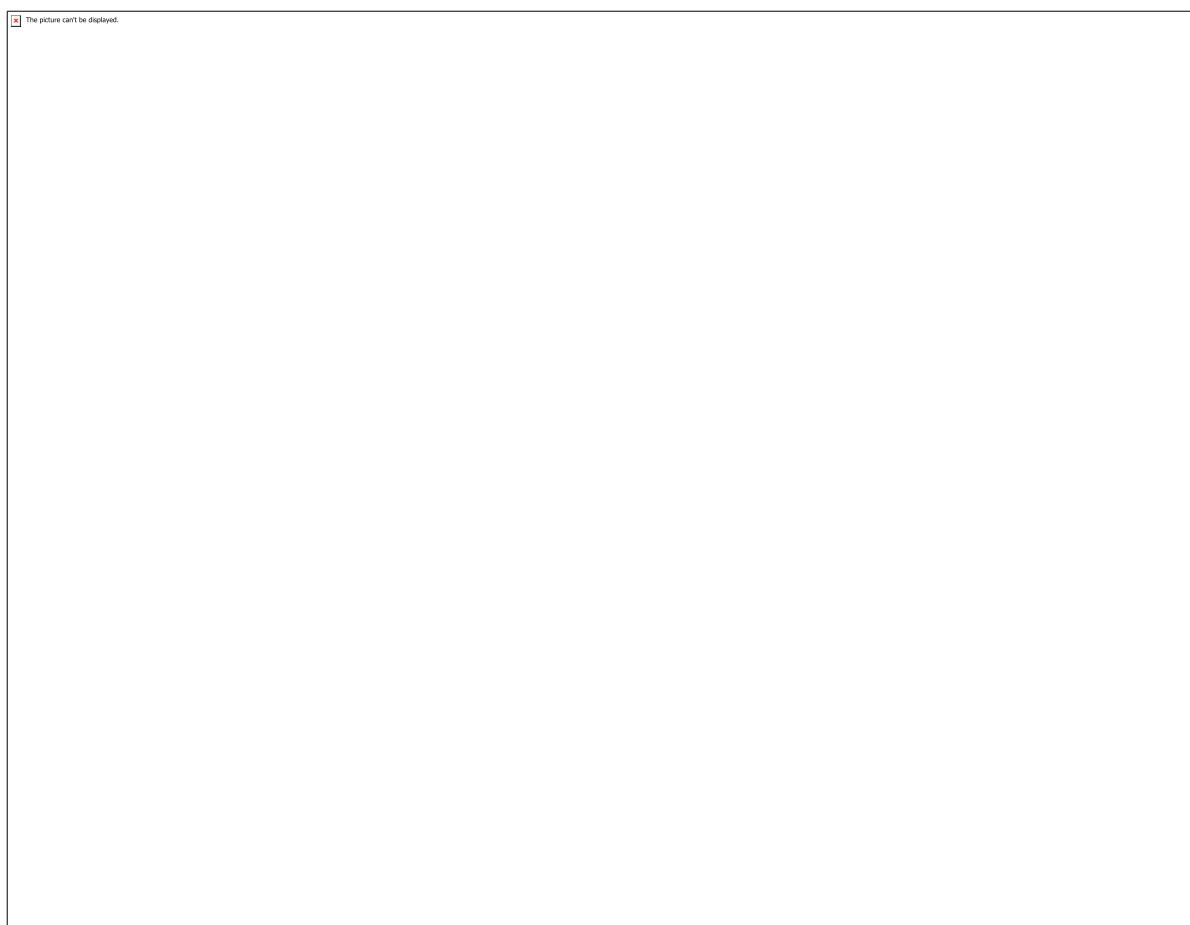


Figura 1. Perfil de concentração e atividade enzimática das fermentações em incubador rotativo nas razões C/N (A) 1,5:1; (B) 2,5:1; (C) 3,5:1.

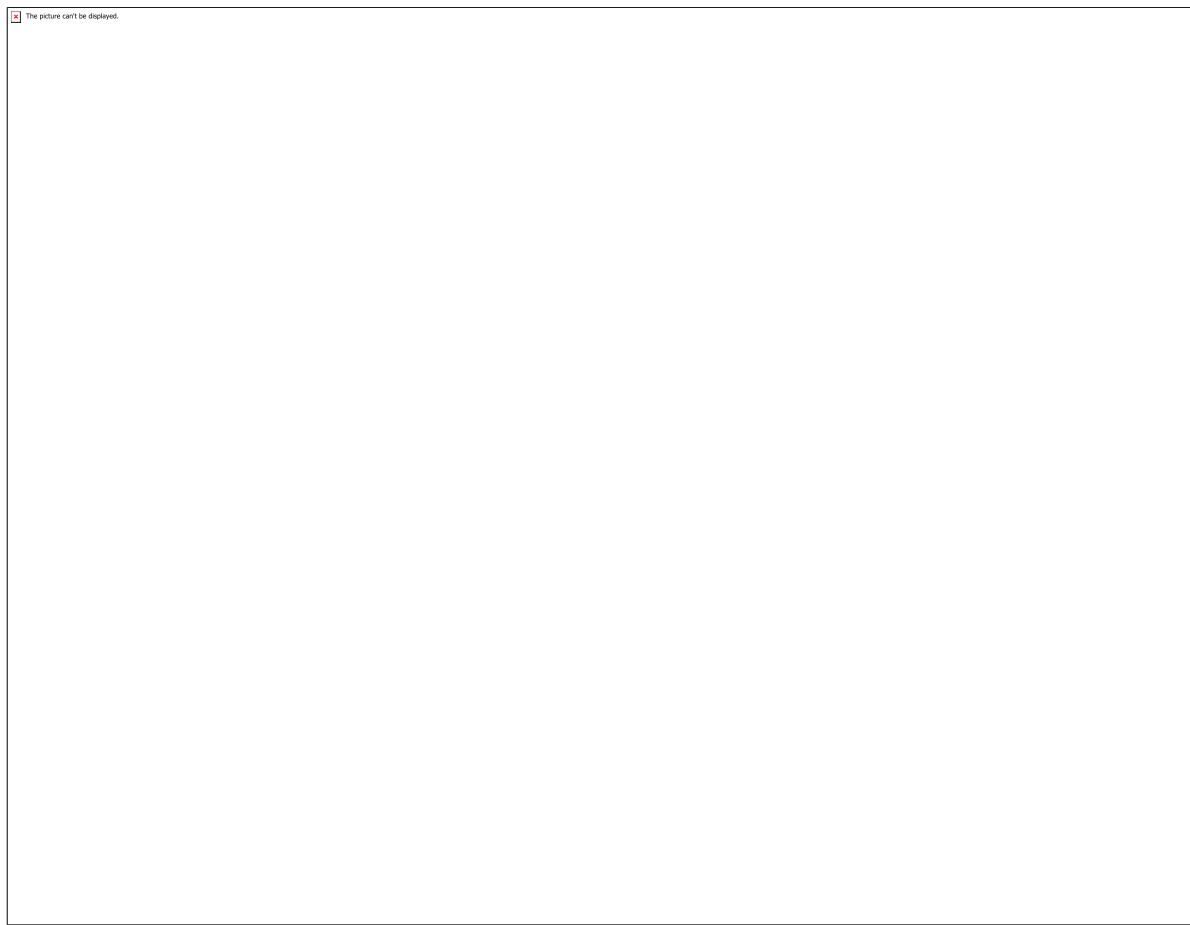


Figura 1. Perfil de concentração e atividade enzimática das fermentações em incubador rotativo nas razões C/N (A) 1,5:1; (B) 2,5:1; (C) 3,5:1.

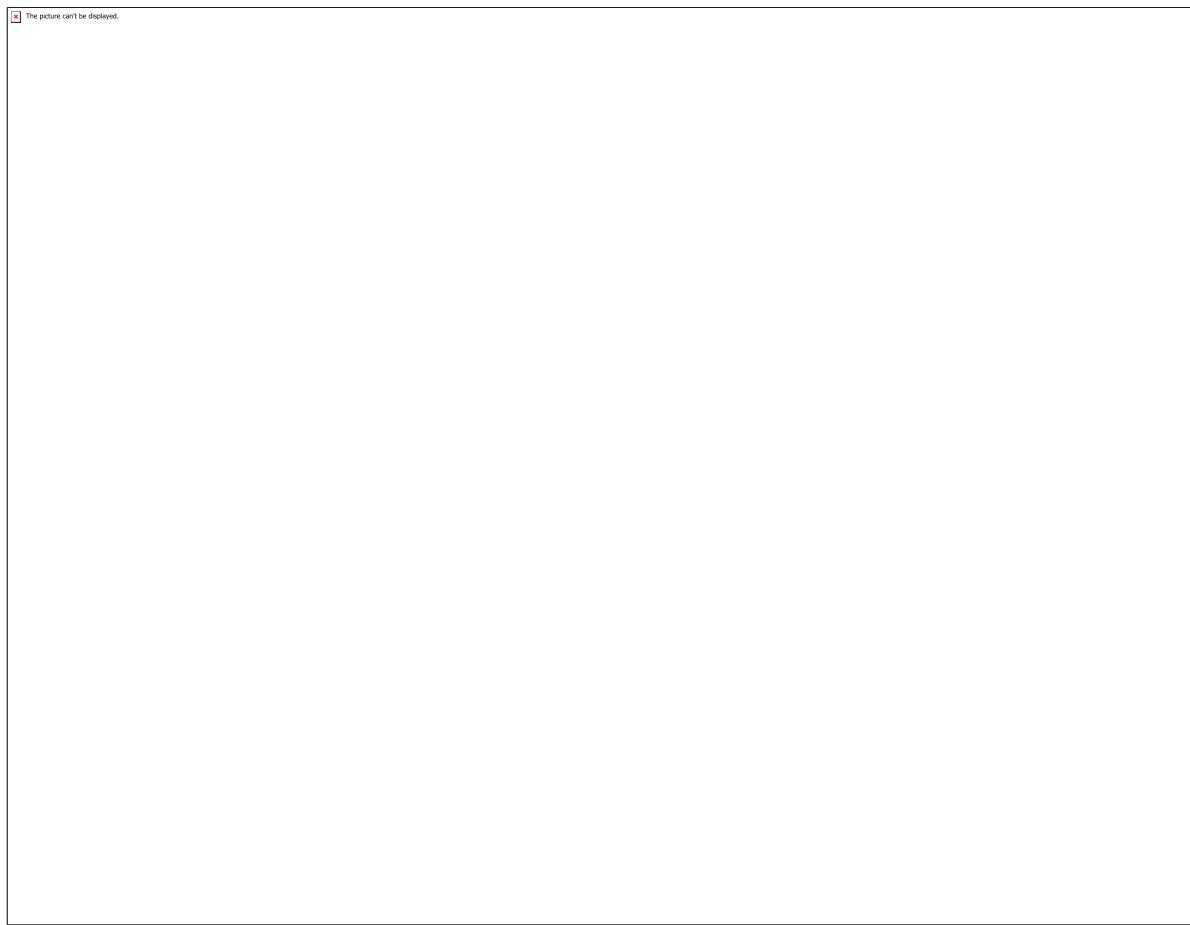


Figura 1. Perfil de concentração e atividade enzimática das fermentações em incubador rotativo nas razões C/N (A) 1,5:1; (B) 2,5:1; (C) 3,5:1.

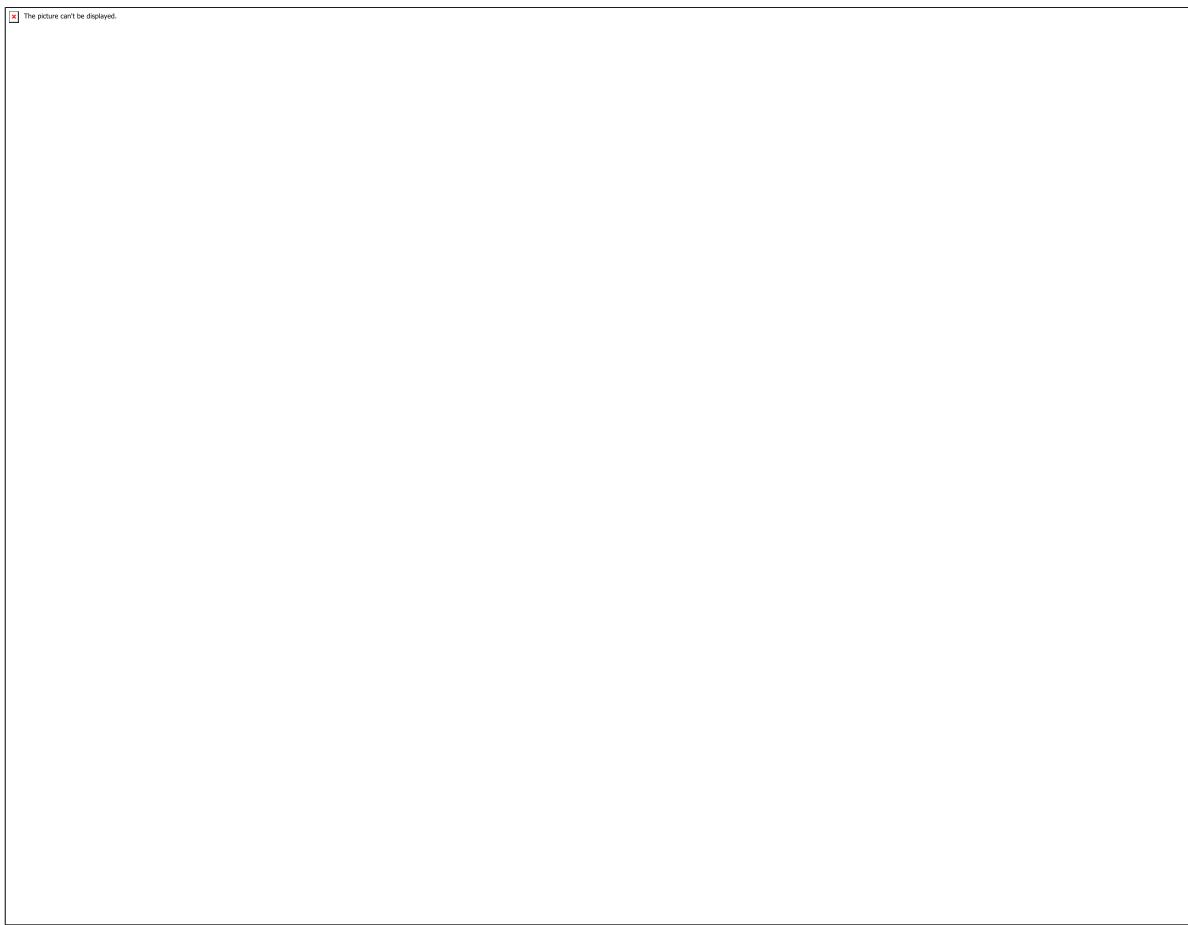


Figura 2. Perfil de concentração e atividade enzimática da fermentação em biorreator na razão C/N 1,5:1.

CÓDIGO: ET0513**AUTOR:** THERESA BEATRIZ OLIVEIRA NUNES**ORIENTADOR:** FABIANA VILLELA DA MOTTA**TÍTULO:** Estudo das propriedades fotocatalíticas de filmes finos multicamadas de TiO₂-CeO₂**Resumo**

Neste trabalho, filmes finos multicamadas de TiO₂/CeO₂ foram depositados pelo método de spin coating e calcinados em 500 e 700°C. Os filmes finos foram caracterizados por difração de raios-X (DRX), microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (FE-SEM), microscopia de força atômica (AFM) e espectroscopia de reflectância difusa. As propriedades fotocatalíticas foram estimadas através da variação da concentração do corante azul de metileno, quando iluminados por radiação UV. Os resultados de DRX mostram que as temperaturas de 500 e 700°C foram eficazes para obtenção das fases de TiO₂ e CeO₂, sem interação química entre as camadas para formar uma nova fase intermediária. As micrografias indicaram que os filmes finos de TiO₂ são mais homogêneos que os de CeO₂ e que o aumento da temperatura de calcinação gera filmes mais espessos devido ao aumento no tamanho dos grãos. A diferença na homogeneidade dos filmes de TiO₂ e CeO₂ fica evidente nos resultados de AFM, onde os filmes apresentam rugosidade média de 2.013 e 5.262 nm, respectivamente. Os filmes finos multicamadas TiO₂/CeO₂ obtidos em 700°C apresentaram a melhor atividade fotocatalítica, reduzindo aproximadamente 80% a concentração de MB, enquanto que os filmes puros de CeO₂ e TiO₂ obtidos em 700°C reduziram apenas 20 e 29%, respectivamente. O teste de reuso mostrou ainda que os filmes finos mantêm sua atividade fotocatalítica mesmo após 4 ciclos, sem a necessidade de tratamento térmico.

Palavras-chave: Spin coating; filmes finos; TiO₂ /CeO₂; fotocatálise.**TITLE:** Study of the photocatalytic properties of TiO₂-CeO₂ multilayer thin films**Abstract**

In this work, TiO₂/CeO₂ multilayer thin films were deposited by the spin coating method and calcined at 500 and 700 ° C. The thin films were characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy by field emission (FE-SEM), atomic force microscopy (AFM) and spectroscopy of diffuse reflectance. The photocatalytic properties were estimated by of the methylene blue dye concentration when illuminated by UV radiation. The XRD results show that temperatures of 500 and 700 ° C were effective for obtaining the TiO₂ and CeO₂ phases, without chemical interaction between the layers. At micrographs indicate that thin films of TiO₂ are more homogeneous than those of CeO₂ and that the increase in the calcination temperature generates thicker films due to increase in grain size. The difference in the homogeneity of TiO₂ films and CeO₂ is evident in AFM results, where the films show roughness average of 2,013 and 5,262 nm, respectively. TiO₂/CeO₂ multilayer thin films obtained at 700°C showed the best photocatalytic activity, reducing approximately 80% the MB concentration, while CeO₂ and TiO₂ pure films obtained at 700 ° C reduced only 20 and 29%, respectively. The

reuse test showed that thin films maintain their photocatalytic activity even after 4 cycles, without the need for heat treatment.

Keywords: Spin coating; thin films; TiO₂ /CeO₂; photocatalysis.

Introdução

A combinação de diferentes materiais para otimização de suas propriedades vem sendo um assunto amplamente estudado. A interação entre os diferentes íons promove efeitos de sinergia, gerando propriedades não alcançadas pelas fases isoladas. A obtenção de tais materiais pode ocorrer tanto em materiais particulados, na forma de core-shell ou compósitos, como em filmes finos, quando depositadas camadas alternadas. A utilização de filmes finos se destaca em comparação a materiais particulados devido a não geração de resíduos secundários após o tratamento, bem como na facilidade de serem reutilizados. Os filmes finos podem ser obtidos por vários métodos, como deposição de camada atômica, dip-coating, spin-coating e spray-pirólise. O método de spin coating se destaca por permitir o recobrimento eficaz de superfícies, por ser de baixo custo e por produzir filmes uniformes. Devido essas características, o spin-coating é utilizado para deposição de filmes finos de diversos materiais para aplicações photocatalíticas. O TiO₂ é amplamente estudado para fotocatálise, pois possui elevada estabilidade química e capacidade de degradar corantes orgânicos. O CeO₂ também é muito estudado devido sua facilidade na mobilidade e armazenamento de oxigênio, e devido a fácil conversão entre os estados de oxidação Ce³⁺ em Ce⁴⁺. A síntese de filmes multicamadas de TiO₂ e CeO₂ possibilita o aprimoramento das propriedades dos óxidos isolados, onde o CeO₂ atua de modo a aumentar a estabilidade química e reduzir a taxa de recombinação dos portadores de carga através das heterojunções formadas. Neste trabalho, filmes finos multicamadas de TiO₂ e CeO₂ foram obtidos por spin coating e calcinados nas temperaturas de 500 e 700°C. Os filmes finos foram caracterizados por difração de raios-X (XRD), microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (FE-SEM), microscopia de força atômica (AFM) e espectroscopia de reflectância difusa. A atividade photocatalítica dos filmes foi estimada pela capacidade de diminuição da concentração do corante azul de metileno, quando iluminado por radiação UV. O reuso photocatalítico dos filmes finos foi investigado pela realização de quatro ciclos seguidos, onde após cada ciclo os filmes foram secos ao ar.

Metodologia

Neste trabalho, nitrato de cério, isopropóxido de titânio, ácido cítrico, etilenoglicol e água desionizada foram utilizados para obtenção das resinas poliméricas pelo Método dos Precursors Poliméricos (MPP). A resina de CeO₂ foi obtida dissolvendo primeiramente o nitrato de cério em água sob agitação constante a uma temperatura de 60°C. Em seguida, o ácido cítrico foi adicionado à solução e o citrato metálico foi formado. Logo após a formação do citrato de cério, o etilenoglicol foi adicionado e a solução continuou em agitação até atingir uma viscosidade de 25 cps. A resina de TiO₂ foi sintetizada a partir da dissolução do isopropóxido de titânio em água. A solução foi mantida em agitação constante sob uma temperatura de 60°C. Após completa dissolução, o ácido cítrico foi adicionado para formação do citrato metálico. Por fim, o etilenoglicol foi adicionado e a resina permaneceu em agitação até obtenção da viscosidade de 25 cps. O procedimento experimental de preparação dos filmes e, após a produção das resinas de TiO₂ e CeO₂, dividiu-se basicamente em quatro etapas: aplicação da resina, espalhamento da mesma por spin coating, secagem e por fim a cristalização dos filmes. Tal processo foi repetido até a obtenção do número de camadas desejadas. Para uma deposição eficaz, foi necessário inicialmente a limpeza do substrato utilizado. As resinas

foram depositadas em um substrato de silício (100). A limpeza do substrato foi dividida em duas etapas. Na primeira, os substratos foram lavados com água e sabão neutro. Em seguida, foram mantidos em banho ultrassônico por 15 minutos em álcool isopropílico e 15 minutos em água deionizada. Na segunda etapa, os substratos foram imersos em uma solução de 15 ml de água deionizada, 3 ml de hidróxido de amônio e 3 ml de peróxido de hidrogênio, mantida à uma temperatura de 70°C durante 15 minutos. A secagem dos substratos ocorreu em temperatura ambiente. A deposição dos filmes ocorreu logo em seguida. As resinas foram depositadas em um substrato de silício (100). A limpeza do substrato foi dividida em duas etapas. Na primeira, os substratos foram lavados com água e sabão neutro. Em seguida, foram mantidos em banho ultrassônico por 15 minutos em álcool isopropílico e 15 minutos em água deionizada. Na segunda etapa, os substratos foram imersos em uma solução de 15 ml de água deionizada, 3 ml de hidróxido de amônio e 3 ml de peróxido de hidrogênio, mantida à uma temperatura de 70°C durante 15 minutos. A secagem dos substratos ocorreu em temperatura ambiente. A deposição dos filmes ocorreu logo em seguida. Os filmes foram depositados pelo método de spin coating, com velocidade de rotação de 7000 rpm durante 20 segundos. Após a deposição, o filme foi colocado em uma placa de aquecimento a 70°C durante 15 minutos. Logo em seguida o mesmo foi calcinado em duas temperaturas, 500 e 700°C, a um patamar de 1%/min por 2 horas. O processo foi repetido de forma a obter o filme fino composto de 4 camadas. Os filmes multicamadas foram obtidos com as camadas de CeO₂ e TiO₂ de forma intercalada, variando o óxido que fica na primeira camada. Após o processo de preparação dos filmes, os mesmos foram caracterizados estruturalmente e morfológicamente. A atividade fotocatalítica foi estimada pelo ensaio de espectroscopia na região do UV- Visível. A partir das análises realizadas, foi possível estudar as estruturas formadas em cada filme e comparar a eficiência fotocatalítica dos mesmos.

Resultados e Discussões

-Difração de Raios-X Os picos característicos do CeO₂ foram referentes a carta ICSD 88759, de sistema cúbico e grupo espacial Fm-3m enquanto que os picos característicos do TiO₂ foram referentes da carta ICSD 24276, de sistema tetragonal, grupo espacial I41/amd caracterizado pela fase anatase. Foram verificados os ângulos característicos do CeO₂ e do TiO₂ em 2θ=28,5° e 25,37°, respectivamente. Através da Lei de Bragg e das relações de distância interplanar para as estruturas cúbica e tetragonal, os parâmetros de rede foram calculados a partir dos resultados obtidos na análise do DRX. Através dos resultados, percebe-se que as temperaturas de 500 e 700°C são eficazes para obtenção de filmes de CeO₂ e TiO₂ sem a formação de fases secundárias. Para melhor investigação sobre o efeito da temperatura no tamanho do cristalito, utilizou-se da equação Debye Scherrer, que relaciona a largura de altura média do pico (FWHM) com o tamanho de cristalito. A calcinação realizada na temperatura de 700°C proporciona mais energia disponível para o crescimento dos cristalitos, gerando picos mais intensos e bem definidos. A maior energia no sistema devido a temperatura de calcinação implica na necessidade das partículas aumentarem seu tamanho para reduzir a relação energética entre área superficial e volume. -Microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (FE-SEM) Foi verificado que quando a camada superior é formada por TiO₂ os filmes apresentam morfologia regular, com pequena porosidade. Enquanto que ao utilizar CeO₂ como camada superior, os filmes apresentam maior porosidade. -Microscopia eletrônica de força atômica (AFM) Para maiores informações a respeito da superfície dos filmes finos, medidas de AFM foram realizadas. Micrografias 3D foram obtidas por AFM para os filmes finos multicamadas TiO₂/CeO₂ e CeO₂/TiO₂, obtidos em 500 e 700°C. O aumento da temperatura

proporciona o crescimento dos grãos na superfície dos filmes. O crescimento dos grãos altera a rugosidade dos filmes, que foi investigada e os valores são apresentados na tabela 5. De acordo com os valores de rugosidade apresentados, tem-se que os filmes finos de CeO₂ apresentam rugosidade aparente maior que do TiO₂, bem como quando CeO₂ está na camada superior. O tamanho médio das partículas dos filmes de CeO₂/TiO₂ e TiO₂/CeO₂ a 500 e 700°C é mostrado nos histogramas. Pode-se perceber que o aumento da temperatura de calcinação acarretou no crescimento do tamanho das partículas, concordando assim com os resultados obtidos anteriormente.

- Espectroscopia na região do UV-Visível A banda de gap (Egap) dos materiais é associada a barreira energética encontrada pelos elétrons ao migrarem da banda de valência para a banda de condução. Tais valores dependem de vários fatores, como níveis intermediários entre as bandas e defeitos. Para os filmes finos obtidos neste trabalho, utilizou-se da metodologia de Wood e Tauc para estimar a Egap. Os resultados indicaram que os filmes finos tiveram sua Egap reduzida com o aumento da temperatura de calcinação, ou seja, o TiO₂ teve sua Egap diminuída de 3.0 eV para 2.77 eV, enquanto o CeO₂ reduziu de 3.13 para 2.99 eV. A Egap de materiais particulados geralmente está associada ao tamanho de suas partículas, onde partículas menores possuem maiores Egap. De acordo com os resultados, os filmes multicamadas de TiO₂-CeO₂ não apresentaram variação significativa com a variação da ordem das camadas. Os valores de Egap obtidos para os filmes finos estão de acordo com o encontrado na literatura.

-Atividade fotocatalítica A atividade fotocatalítica dos filmes finos foi estimada pela variação da concentração do corante azul de metileno (MB), quando submetidos a radiação UV-Vis. Antes do ensaio fotocatalítico, os filmes finos permaneceram por 1 hora em contato com o corante para eliminar possíveis efeitos de adsorção. Os resultados mostram as curvas para os filmes finos de TiO₂ e CeO₂ obtidos em 500 e 700°C. Primeiramente, tem-se que o aumento da temperatura de cristalização dos filmes finos, de 500 para 700°C, aumenta a atividade fotocatalítica. Os filmes finos de TiO₂, quando calcinados em 500°C reduzem aproximadamente 4% da concentração de MB após 150 minutos, enquanto que os filmes obtidos em 700°C reduzem aproximadamente 29%. Os filmes finos de CeO₂ obtidos em 500°C reduzem cerca de 17% da concentração de MB após 150 minutos, enquanto que os filmes finos de CeO₂ obtidos em 700°C reduzem aproximadamente 20%. Analisando o aumento da atividade fotocatalítica dos filmes, conforme se aumente a temperatura de calcinação, tem-se um aumento mais significativo para os filmes finos de TiO₂. O aumento da atividade fotocatalítica de filmes finos está diretamente relacionado com o aumento de sua área superficial. Como mostrado, o aumento da temperatura de cristalização aumenta a rugosidade média superficial dos filmes finos, contribuindo assim para o aumento de sua área de contato com as moléculas do MB. A maior atividade fotocatalítica do filme de TiO₂, obtido em 700°C, está de acordo com trabalhos encontrados na literatura, onde filmes finos de TiO₂ com a fase anatase apresentam atividade fotocatalítica superior a filmes finos de CeO₂. O aumento da temperatura de cristalização também favorece a atividade fotocatalítica dos filmes finos multicamadas. Os filmes finos de CeO₂/TiO₂ e TiO₂/CeO₂ obtidos em 700°C apresentam elevada atividade fotocatalítica após 150 minutos, onde os filmes finos de CeO₂/TiO₂ reduzem aproximadamente 80% da concentração do MB e os filmes finos de TiO₂/CeO₂ reduzem 65%. Heteroestruturas de CeO₂/TiO₂ possuem maior atividade fotocatalítica e estabilidade química na degradação de corantes orgânicos pois a heterojunção formada entre as camadas de CeO₂ e TiO₂ possui maior faixa de absorção de luz que os compostos de fase única, fazendo com que a luz seja sofra múltiplas reflexões e amplie seu caminho de propagação, aumentando a utilização da luz incidente. A obtenção de heteroestruturas de CeO₂ e TiO₂ proporcionam a otimização das propriedades dos óxidos isolados, onde se consegue maior resposta de fotocorrente e conversão fotoelétrica. A utilização de fotocatalisadores na forma de filmes finos é amplamente estudada devido a não geração

de resíduos secundários, que precisariam de posterior tratamento, como no caso de materiais na forma de pó. Assim, além da elevada propriedade photocatalítica, a capacidade de o filme ser reutilizado é de grande importância. A capacidade de reutilização do filme fino leva em consideração sua estabilidade química e a manutenção de propriedade photocatalítica com a sequência de ciclos que é submetido. Assim, a capacidade de reuso na atividade photocatalítica dos filmes finos produzidos neste trabalho foi investigada através da utilização dos mesmos filmes em quatro ciclos, sem realização de tratamento térmico. Os resultados apresentam as curvas de reuso para os filmes finos de fase única e os multicamadas. De acordo com as curvas apresentadas, tem-se que a atividade photocatalítica dos filmes finos de fase única mantém sua atividade photocatalítica mesmo após os quatro ciclos testados. Fato este que também é observado para os filmes finos formados por camadas alternadas. A manutenção da propriedade photocatalítica após os quatro ciclos indica que os filmes finos são quimicamente estáveis sob radiação UV.

Conclusão

O método de spin coating se mostrou eficiente para deposição dos filmes finos de forma uniforme. As temperaturas de 500 e 700°C foram suficientes para obtenção dos filmes de TiO₂ e CeO₂, puro e multicamadas, sem a formação de fases secundárias. O aumento da temperatura de cristalização proporcionou crescimento no tamanho de cristalito e na espessura dos filmes finos, além de aumentar a rugosidade aparente média dos filmes. O aumento na rugosidade e porosidade dos filmes proporciona maior área superficial para o contato com o corante, proporcionando maior atividade photocatalítica. O efeito sinérgico faz com que os filmes multicamadas possuam propriedade photocatalítica superior aos filmes dos óxidos isolados, onde o filme multicamadas com a camada superior de TiO₂ reduziu aproximadamente 80% da concentração do azul de metileno após o tempo de 150 minutos, sendo um bom candidato para utilização no tratamento de efluentes têxteis.

Referências

- Al-Bastaki, N. M. (2003). Treatment of synthetic industrial wastewater with UVTiO₂ and RO using benzene as a model hydrocarbon. *Desalination*, 156(1-3), 193-197. Alves, Oswaldo Luiz., Ronconi, Célia Machado., Galembeck, André. "Decomposição de precursores metalorgânicos: uma técnica química de obtenção de filmes finos." *Química Nova* (2002). Bensouici, F., Bououdina, M., Dakhel, A.A., Tala-Ighil, R., Tounane, M., Iratni, A., Souier, T., Liu, S. and Cai, W, Optical, structural and photocatalysis properties of Cu-doped TiO₂ thin films, *Applied Surface Science*, 395 (2017) 110-116. Bleicher, Lucas; Sasaki, José Marcos. INTRODUÇÃO À DIFRAÇÃO DE RAIOS-Xem CRISTAIS. Universidade Federal do Ceará, p. 1-20, 2000. Bonamartini, C., Bondioli, F., Ferrari, A. M., & Manfredini, T. Synthesis and characterization of nanosized ceria powders by microwave-hydrothermal method. *Materials research bulletin*, v. 41, n. 1, p. 38-44, 2006. Botha, S.T., Surface Properties and Bio-Acceptability of Ti₂O₃ Surfaces. *Materials Science & Engineering*, 1998. Chaki, S. H., Mahato, K. S., Malek, T. J., & Deshpande, M. P. CuAlS₂ thin films – Dip coating deposition and characterization, *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 2 (2017) 215-224. Dai, K., Chen, Z., Lu, L., Zhu, G., Liu, Z., & Liu, Q., Superhydrophilic zinc oxide film prepared by controlling ZnO microrods growth and its attractive recyclable photocatalytic performance, *Thin Solid Films*, 539 (2013) 23-28. De Haart, L. G. J.; De Vries, A. J.; Blasse, G. Affiliation: AA (Solid ... *Journal of Solid State Chemistry*, Volume 59, Issue 3, p. 291-300. Publication Date: 10/1985. Di Mauro, A., Fragala, M. E., Privitera, V., & Impellizzeri, G. ZnO for application

in photocatalysis: From thin films to nanostructures, Materials Science in Semiconductor Processing, 69 (2017) 44-51. Diebold, U. (2003). The surface science of titanium dioxide. Surface science reports, 48(5-8), 53-229. Echendu, O. K., Werta, S. Z., Dejene, F. B., & Craciun, V. Electrochemical deposition and characterization of ZnOS thin films for photovoltaic and photocatalysis applications, Journal of Alloys and Compounds, 769 (2018) 201-209. ELEUTERIO FILHO, Sebastião. Magnetron Sputtering planar construção e aplicação. 1991. [128] f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin, Campinas, SP. Emami, M., & Goodarzi, R., Optoelectronic correlations for gold thin films in different annealing temperature, Optik, 171 (2018) 397-403. Esch, F.; Fabris, S.; Zhou, L.; Montini, T.; Africh, C.; Fornasiero, P.; Comelli, G.; Rosei, R. Electron Localization Determines Defect Formation on Ceria Substrates. Science, v. 309, p. 752-755, 2005. FEIL, Adriano Friedrich. Deposição e caracterização de filmes finos de TiO_x formados por DC Magnetron Sputtering reativo : estudo de transição estrutural. 2006. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Ferreira, D. C., & Krambrock, K. Síntese e Caracterização de Nanopartículas de CeO_{2-x} e Avaliação de sua Atividade Catalítica. Doutorado, Departamento de Física Universidade Federal De Minas Gerais, Programa de Pós graduação em Física, 2013. Ferreira, Reginaldo. Síntese e caracterização de cerâmicas à base de céria duplamente dopada. 2011. 65 f. Tese submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais – Universidade Federal do Paraná, 2011. Furlan, Lígia; Longhinotti, Elisane; Laranjeira, Mauro C. M.; Fávere, Valredo T. De. Adsorção de azul de metileno e croconato amarelo pelo biopolímero quitina. Química Nova, v. 19, n. 3. 1996. GALEMBECK, André. Aplicação da técnica de decomposição de precursores metalorgânicos (MOD) a obtenção de filmes finos de óxidos e heteroestruturas planares óxido/polímero condutor. 1998. 165f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP. Garcia, Laurenia Martins Pereira. Estudo da atividade fotocatalítica dos filmes finos de TiO₂/In₂O₃ obtidos por spin coating. (2016). Tese(Doutorado) - Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Garcia, L. M. P., M. T. S. Tavares, NF Andrade Neto, R. M. Nascimento, C. A. Paskocimas, E. Longo, M. R. D. Bomio, F. V. Motta. Photocatalytic activity and photoluminescence properties of TiO₂, In₂O₃, TiO₂/In₂O₃ thin films multilayer, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 29 (2018) 6530-6542. Han, C., Yan, L., Zhao, W., & Liu, Z. , TiO₂/CeO₂ core/shell heterojunction nanoarrays for highly efficient photoelectrochemical water splitting, International Journal of Hydrogen Energy, 42 (2017) 12276-12283. Herrmann, J.M.; Ramaroson, E.; Tempere, J.F.; Gcilleux, M.F. Semiconductivity Study of Ceria-Supported Nickel Related to its Methanation Catalytic Activity. Applied Catalysis, v. 53, p.117-134, 1989. Herrmann, J. M. (1999). Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants. Catalysis today, 53(1), 115-129. Hoffmann, Michael R., et al. "Environmental applications of semiconductor photocatalysis." Chemical reviews, 95.1 (1995): 69-96. Jing, L., Zhou, J., Durrant, J.R., Tang, J., Liu, D. and Fu, H., Dynamics of photogenerated charges in the phosphate modified TiO₂ and the enhanced activity for photoelectrochemical water splitting, Energy & Environmental Science, 5 (2012) 6552-6558. Jones, T. A.; Forth, J. G.; Mann, B. The effect of oxygen on the electrical conductivity of some metal oxides in inert and reducing atmospheres at high temperature. Sensors and Actuators, v. 8, p. 281-306, 1985. Kang, M., Kim, S. W., & Park, H. Y. , Optical properties of TiO₂ thin films with crystal structure, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 123 (2018) 266-270. Kavil, J., Alshahrie, A., & Periyat, P. CdS sensitized TiO₂ nano heterostructures as sunlight driven photocatalyst, Nano-Structures & Nano-Objects, 16 (2018) 24-30. Kumar, E.; Selvarajan,P.; Balasubramanian, K. Preparation and studies of cerium dioxide (CeO₂) nanoparticles by

microwave-assisted solution method. Recent Research in Science and Technology, v. 2, p. 37-41, 2010. Kumar, P., Ahmad, B., Chand, F., & Asokan, K. , Magnetic and electronic structures of Co ion implanted CeO₂ thin films, Applied Surface Science, 452 (2018) 217-222. Kuo, C. N., Chen, H. F., Lin, J. N., & Wan, B. Z. (2007). Nano-gold supported on TiO₂ coated glass-fiber for removing toxic CO gas from air. Catalysis Today, 122(3-4), 270-276. Laureto, Edson, et al. "A técnica de fotoluminescência aplicada à investigação de imperfeições estruturais em poços quânticos de materiais semicondutores." Artigo. Semana de Ciências Exatas e Tecnológica. UEL (2005). Lee, S. Y., & Park, S. J. (2013). TiO₂ photocatalyst for water treatment applications. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 19(6), 1761-1769. Li, B., Zhang, B., Guan, Q., Chen, S., & Ning, P. Activity of Ni/CeO₂ catalyst for gasification of phenol in supercritical water, International Journal of Hydrogen Energy, 43 (2018) 19010-19018. Li, Y., Song, W., Liu, J., Zhao, Z., Gao, M., Wei, Y., ... & Deng, J., The protection of CeO₂ thin film on Cu-SAPO-18 catalyst for highly stable catalytic NH₃-SCR performance, Chemical Engineering Journal, 330 (2017) 926-935. Lin, L. Y., Lin, H. Y., Hong, W. L., & Lin, L. Y. Influences of core morphology on electrocapacitive performance of NiCo₂O₄-based core/shell electrodes, Thin Solid Films, (2018). Liu, C., Tai, H., Zhang, P., Yuan, Z., Du, X., Xie, G., & Jiang, Y. , A high-performance flexible gas sensor based on self-assembled PANI-CeO₂ nanocomposite thin film for trace-level NH₃ detection at room temperature, Sensors and Actuators B: Chemical, 261 (2018) 587-597.

Anexos

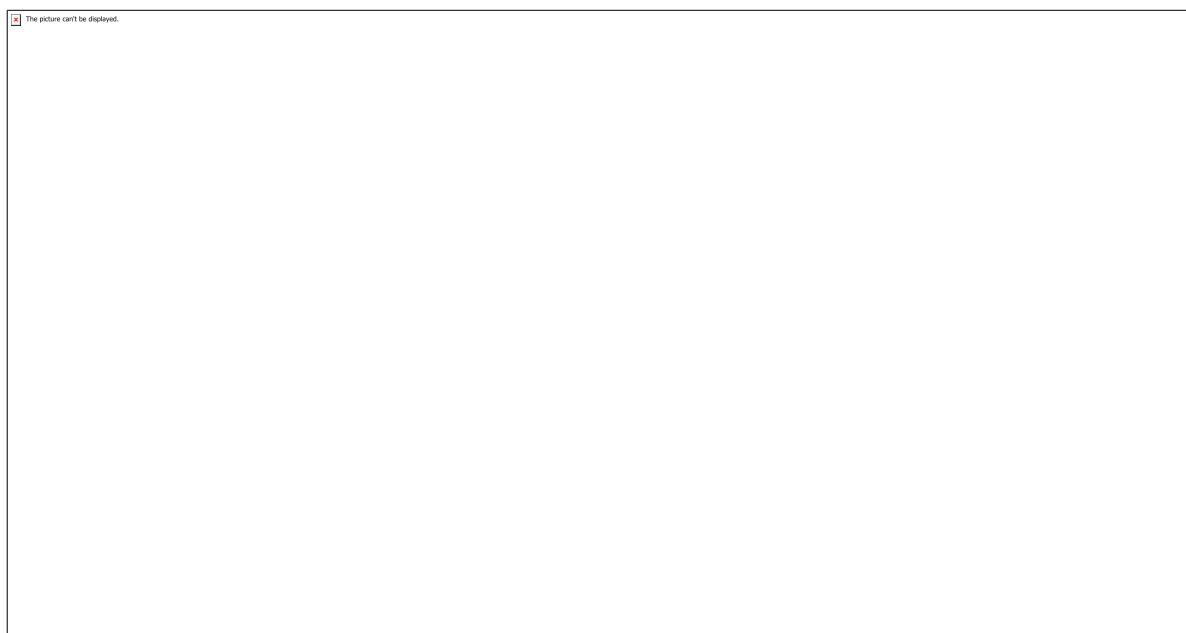


Figura 1 - Representação das bandas de condução e valência nos materiais (Adaptado de DE HAART, 1985).

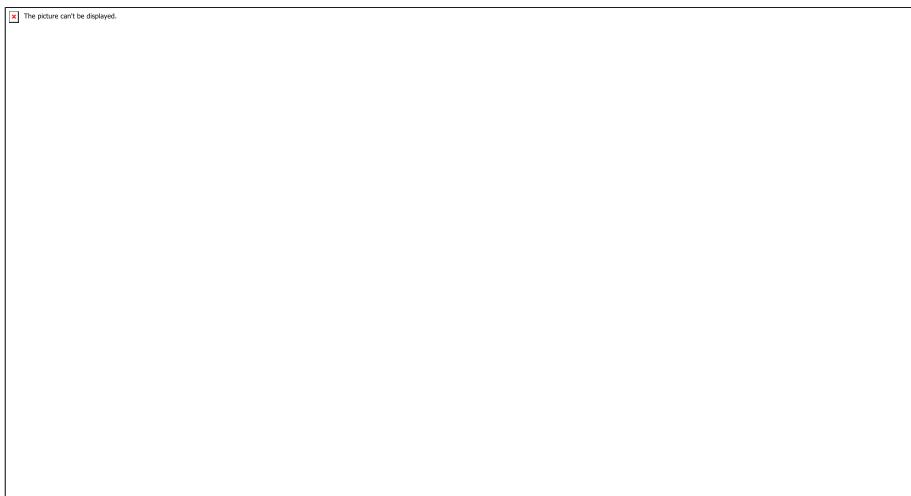


Figura 2 - Representação esquemática da estrutura fluorita (FERREIRA, 2011).

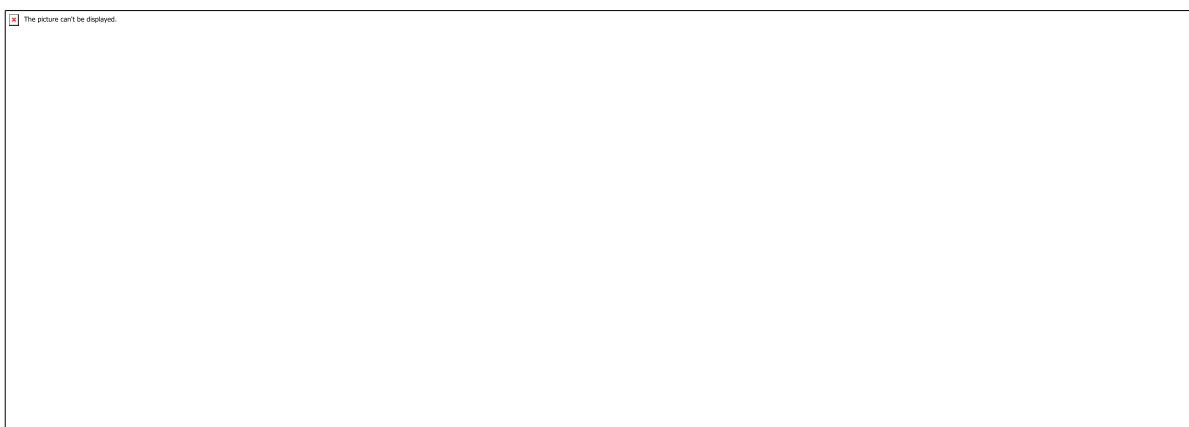


Figura 3 - Ao lado direito, a estrutura cristalina do dióxido de cério sem defeitos e ao lado esquerdo, a estrutura dopada. A esquerda, dois átomos de Ce⁴⁺ são substituídos por íons trivalentes surgindo uma vacância de oxigênio entre eles (FERREIRA, 2013).

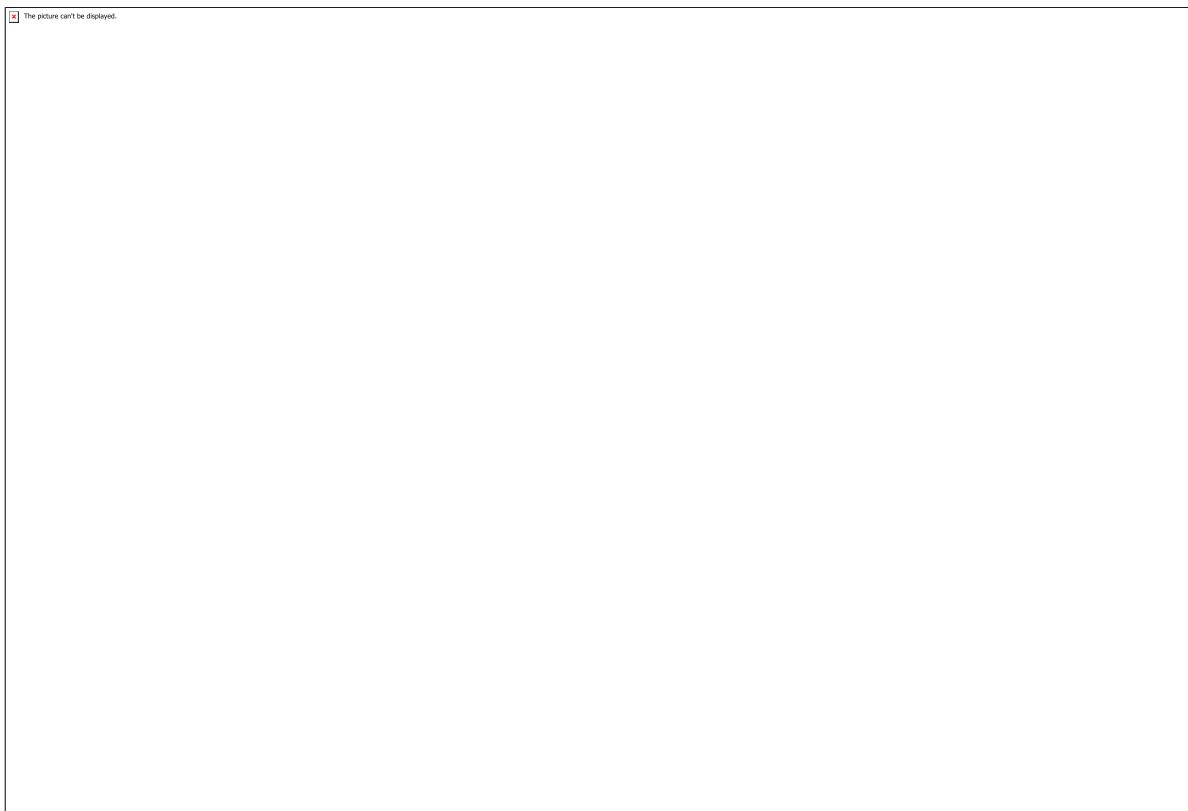


Figura 4 - Estruturas cristalinas do TiO₂: (a) rutilo , (b) anatase e (c) broquite (Adaptado Diebold, 2003).

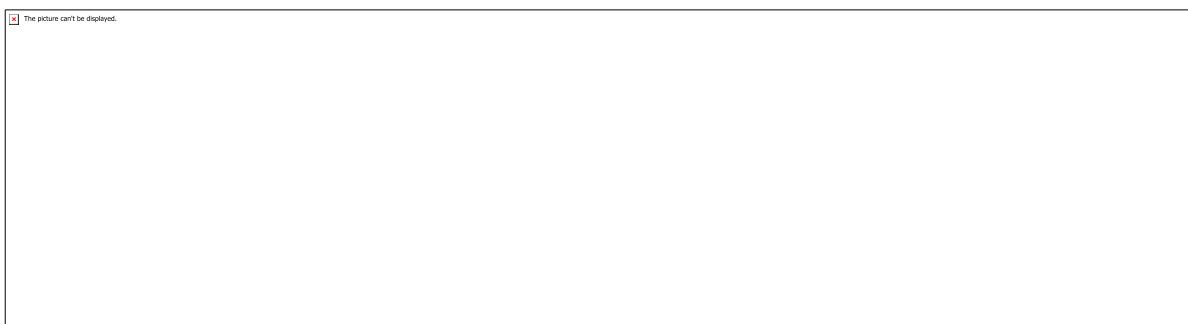


Tabela 1 - Propriedades físicas do TiO₂ (Adaptado de Diebold, 2003).

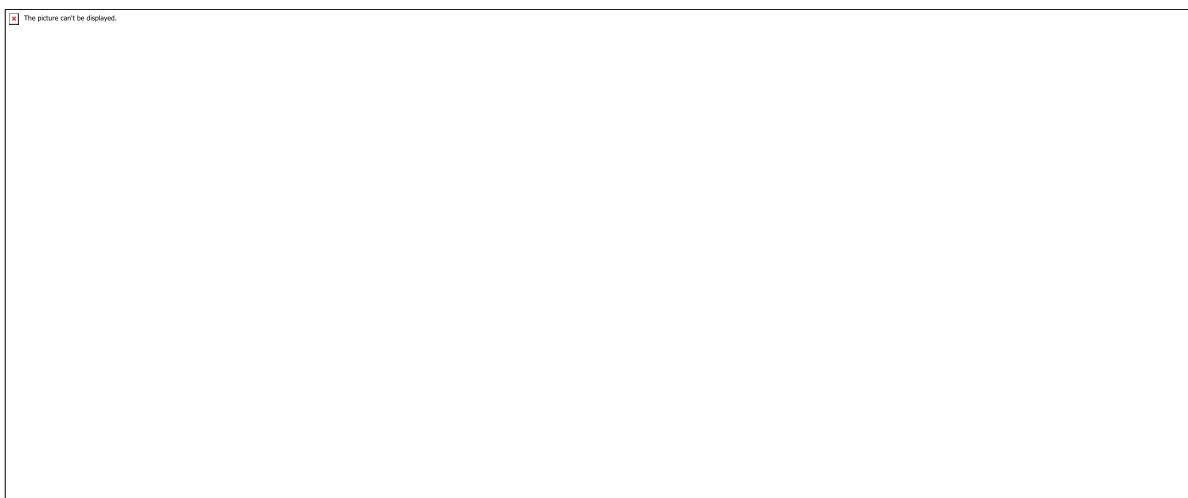


Figura 5 - Reações envolvidas no método dos precursores poliméricos (Adaptado de OLIVEIRA, 2014).

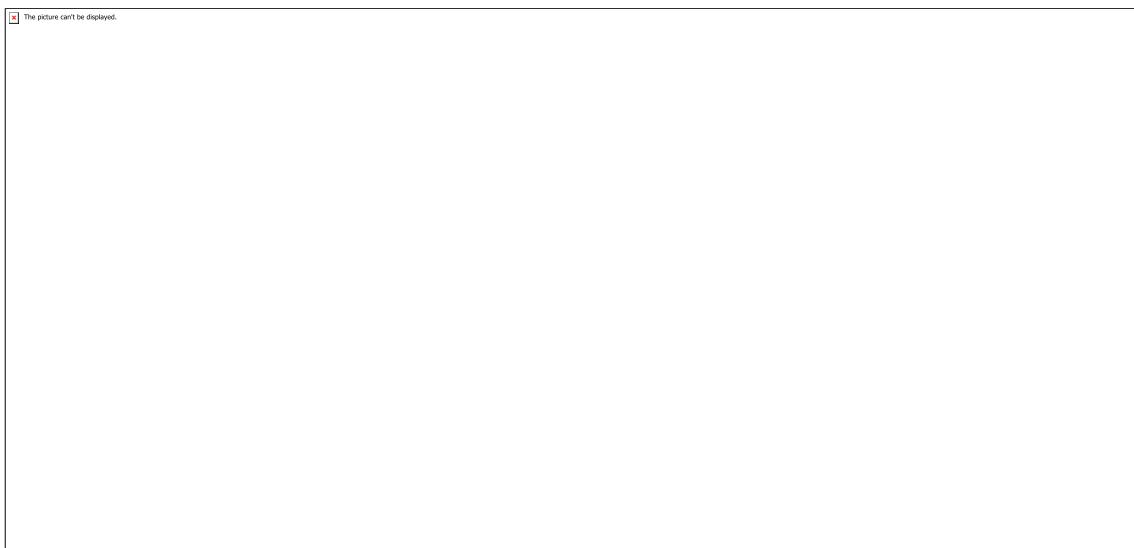


Figura 6 - Técnica de spin coating (Adaptado de NASSAR, 2003).



Tabela 2 - Reagentes utilizados no MPP e suas respectivas purezas (Autora).

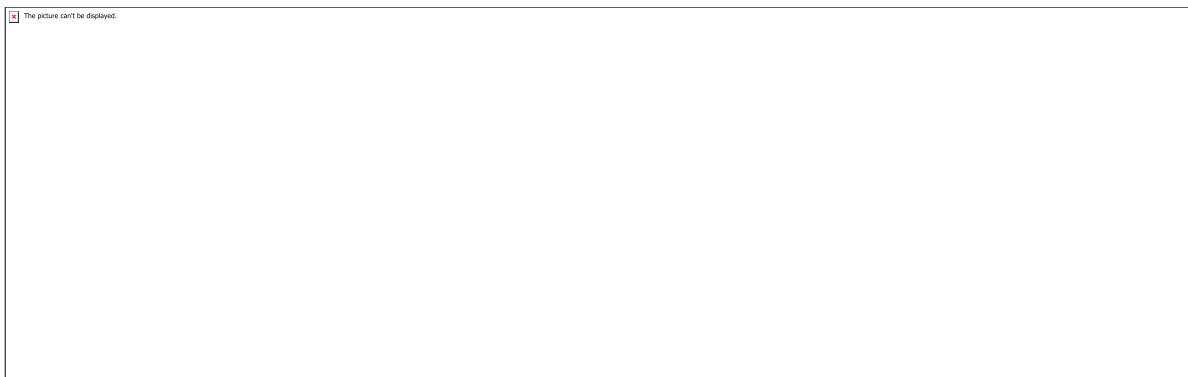


Figura 7 - Processo de preparação dos filmes de TiO₂/CeO₂ (Autora).

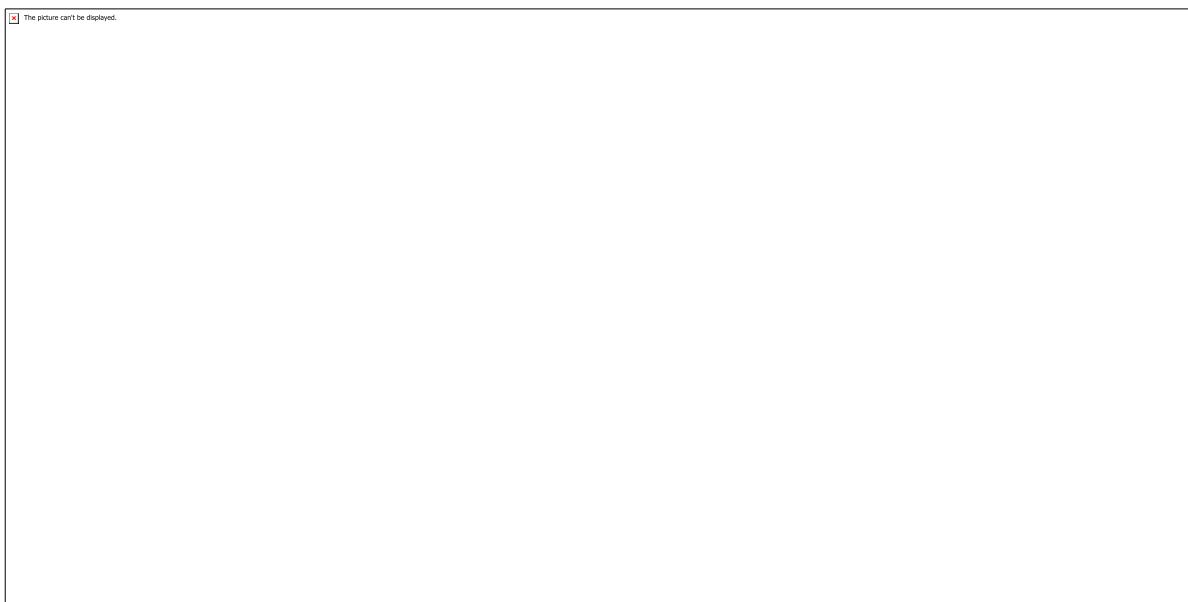


Figura 8 – Vista esquemática dos filmes finos multicamadas variando a camada superior (Autora).

Figura 9 - Difratogramas obtidos para os filmes finos obtidos em (a) 500 e (b) 700°C.



Tabela 3 – Parâmetros de rede do CeO₂ e TiO₂ (Autora).

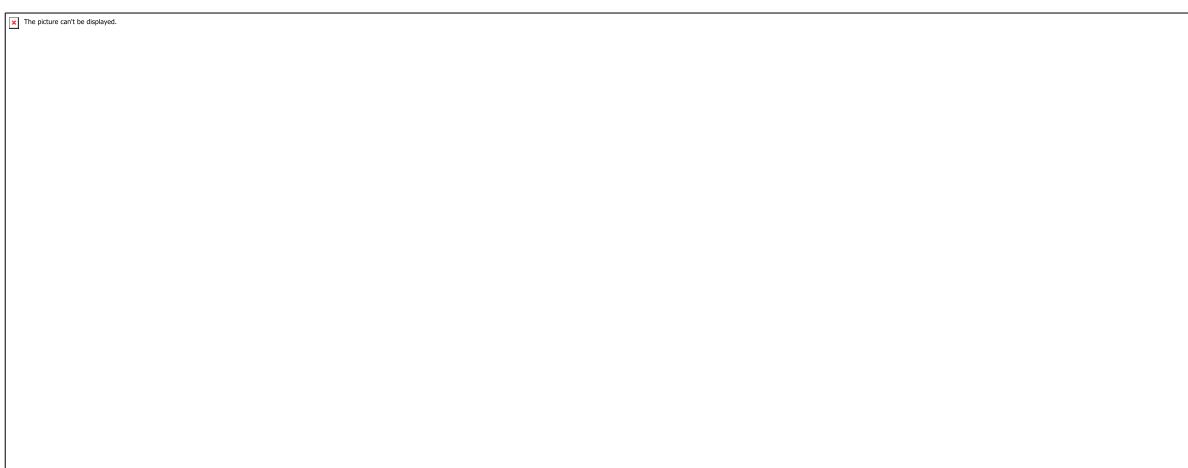


Tabela 4 - Tamanho de cristalito dos filmes finos obtidos em 500 e 700°C (Autora).

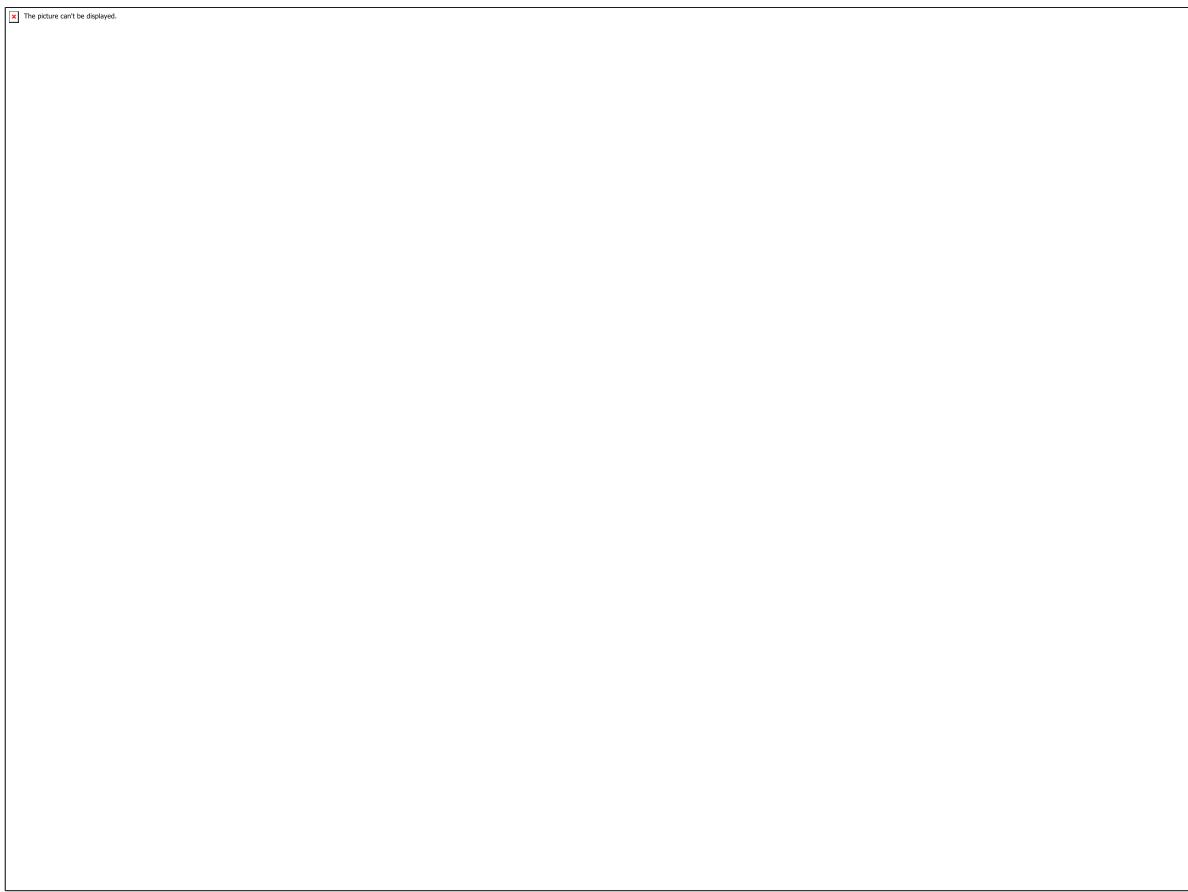


Figura 10 - Imagens superior e seção transversal obtidas por FE-SEM para os filmes finos multicamadas CeO₂/TiO₂ (a) 500°C e (b) 700°C e TiO₂/CeO₂ (c) 500°C e (d) 700°C.

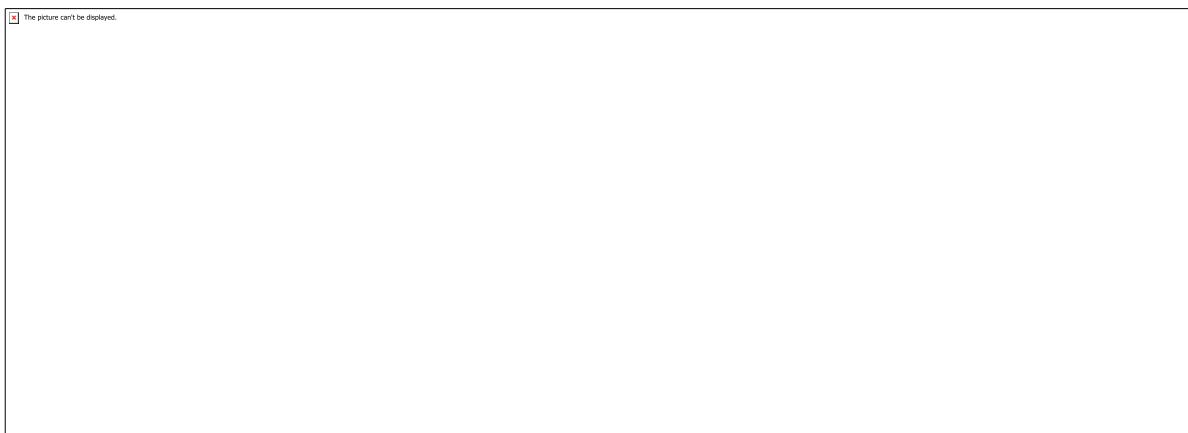


Tabela 5 – Espessura e rugosidade dos filmes finos obtidos em 500 e 700°C (Autora).

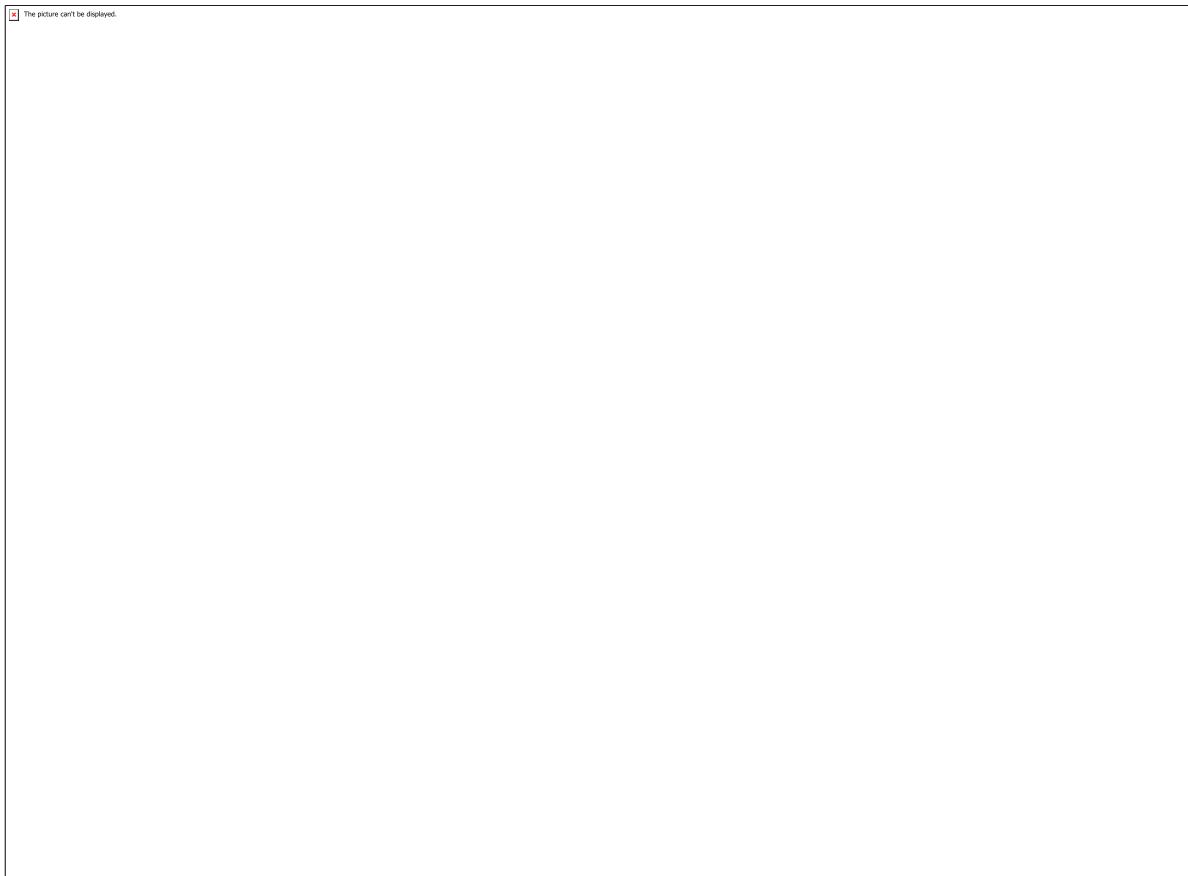


Figura 11 - Micrografias 3D obtidas por microscopia de força atômica para os filmes finos multicamadas TiO₂/CeO₂ (a-b) e CeO₂/TiO₂ (c-d) obtidos em 500 e 700°C, respectivamente.

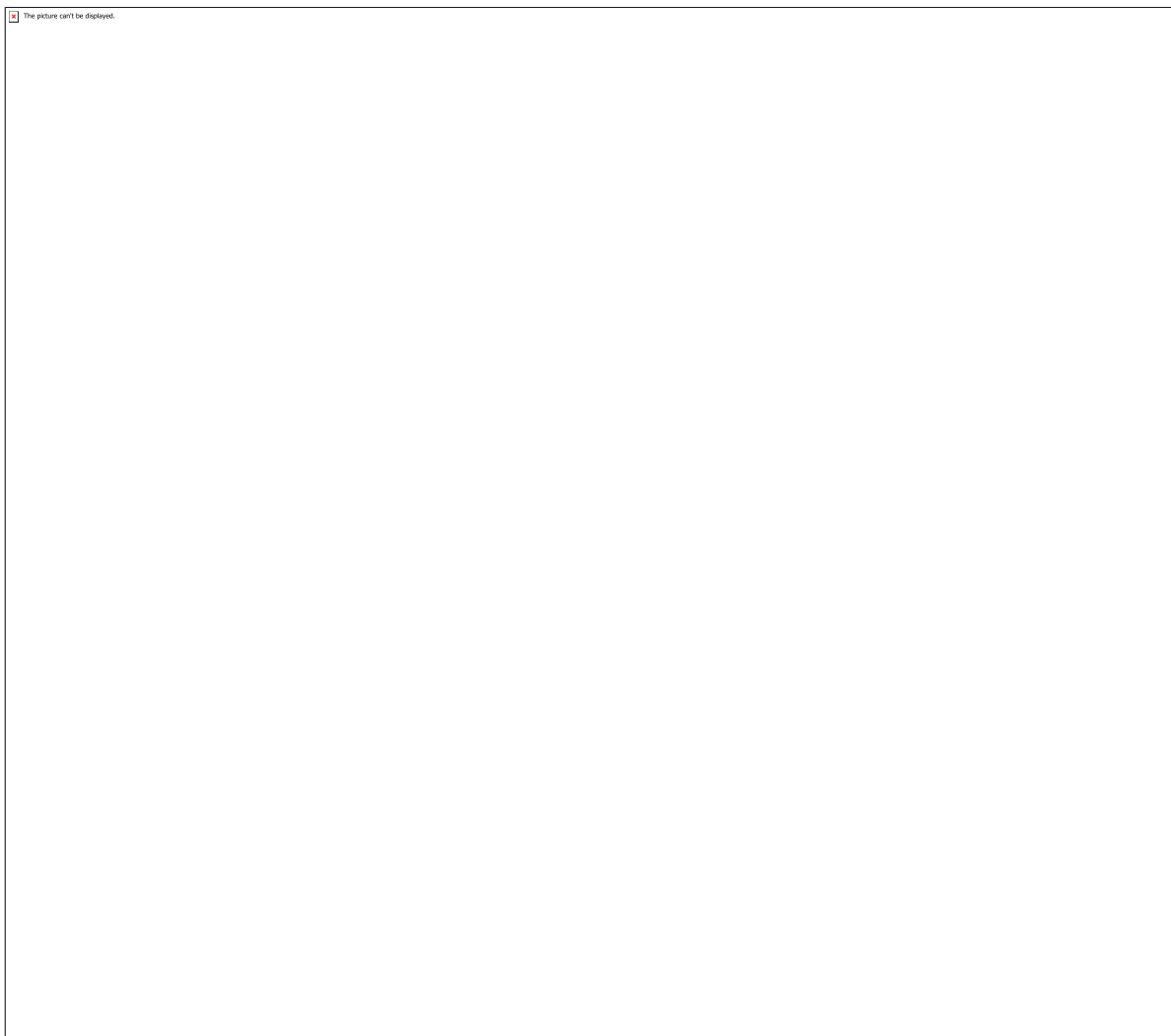


Figura 12 - Histograma da distribuição do tamanho de partículas e imagens da superfície dos filmes de CeO₂/ TiO₂ com 4 camadas alternadas depositados sobre o substrato de silício e calcinados a 500°C e 700°C.

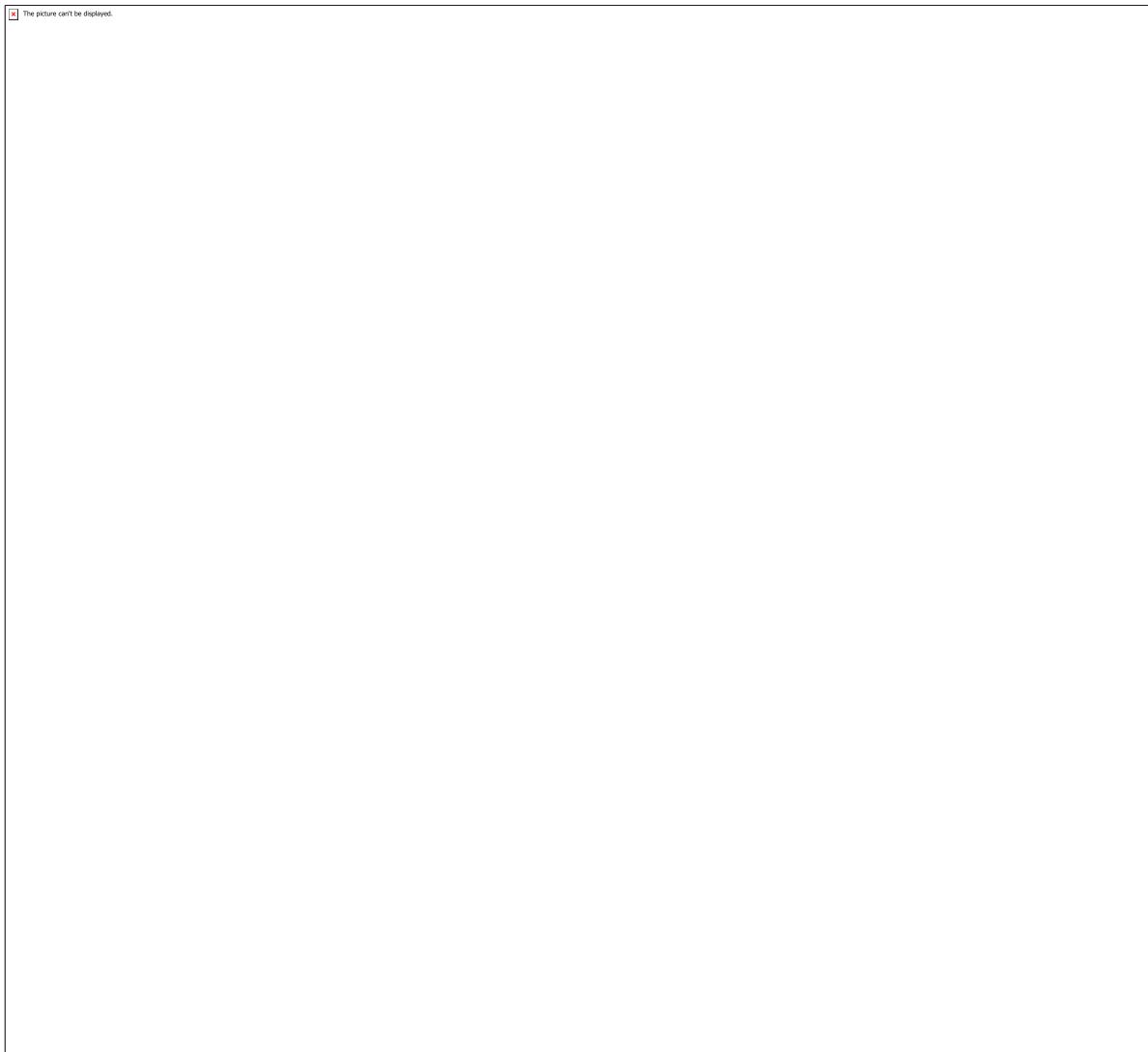


Figura 13 - Histograma da distribuição do tamanho de partículas e imagens da superfície dos filmes de TiO₂ /CeO₂ com 4 camadas alternadas depositados sobre o substrato de silício e calcinados a 500°C e 700°C.

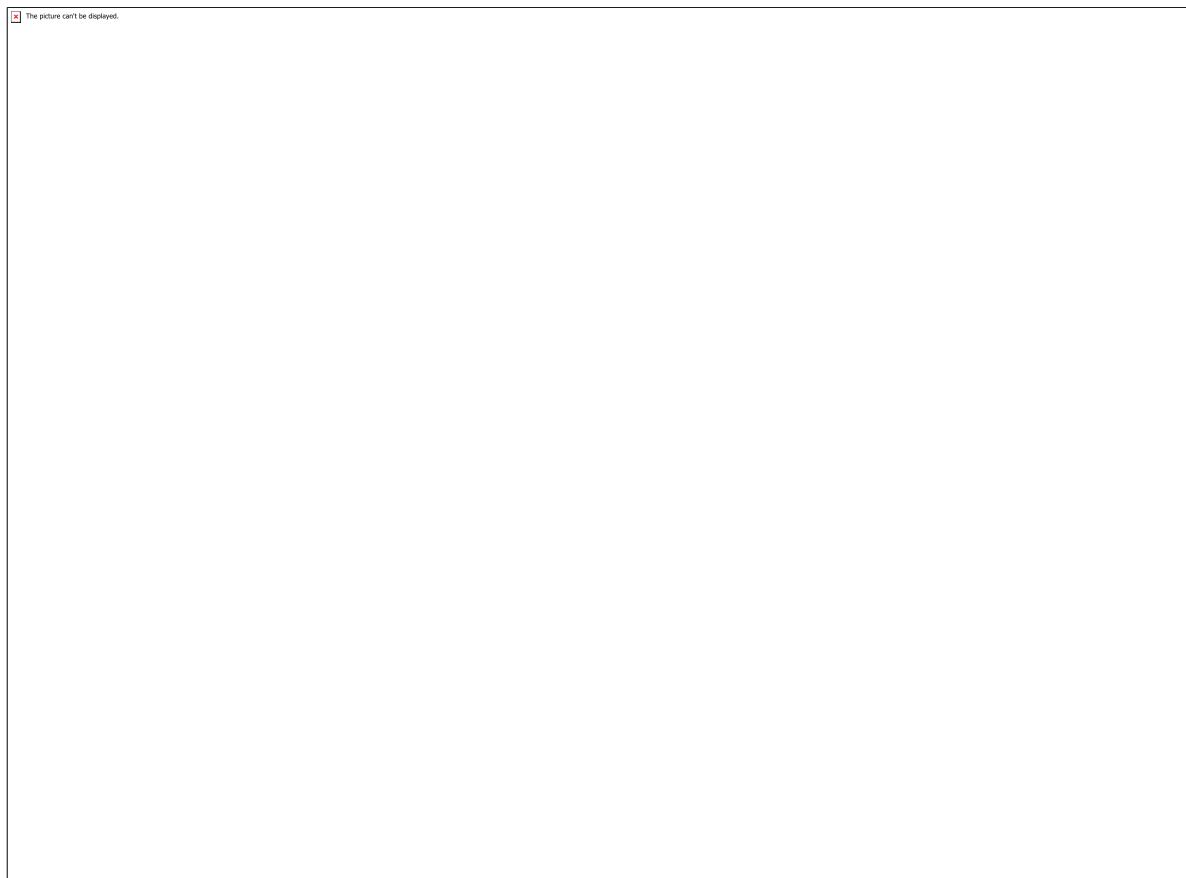


Figura 14 - Extrapolação da porção linear da curva de absorção para estimação da Egap dos filmes finos de (a-b) CeO₂/TiO₂ e (c-d) TiO₂/CeO₂ obtidos em 500 e 700°C.

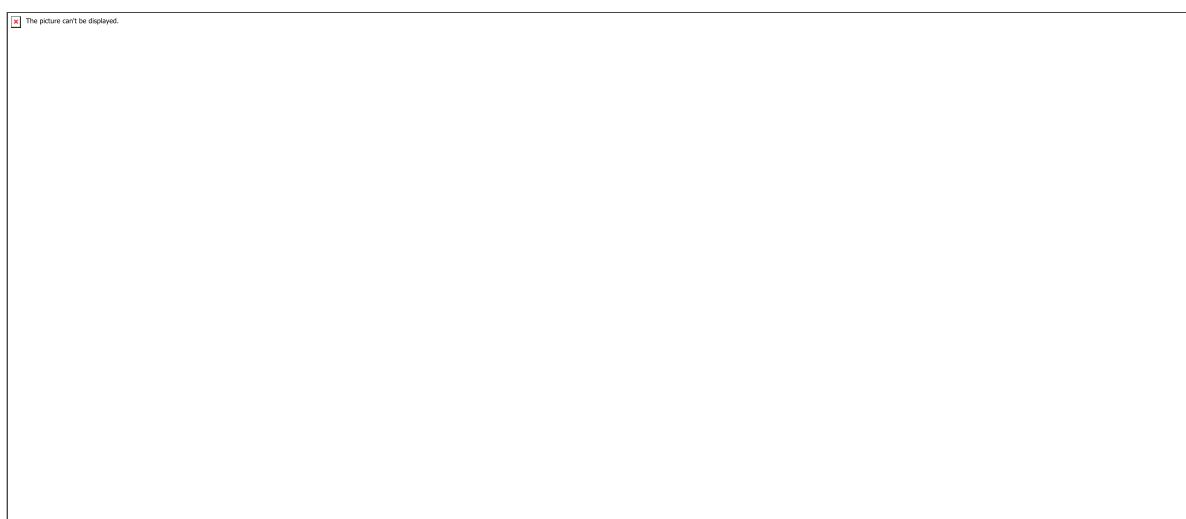


Figura 15 - Variação da concentração do azul de metileno para os filmes finos obtidos por spin coating.

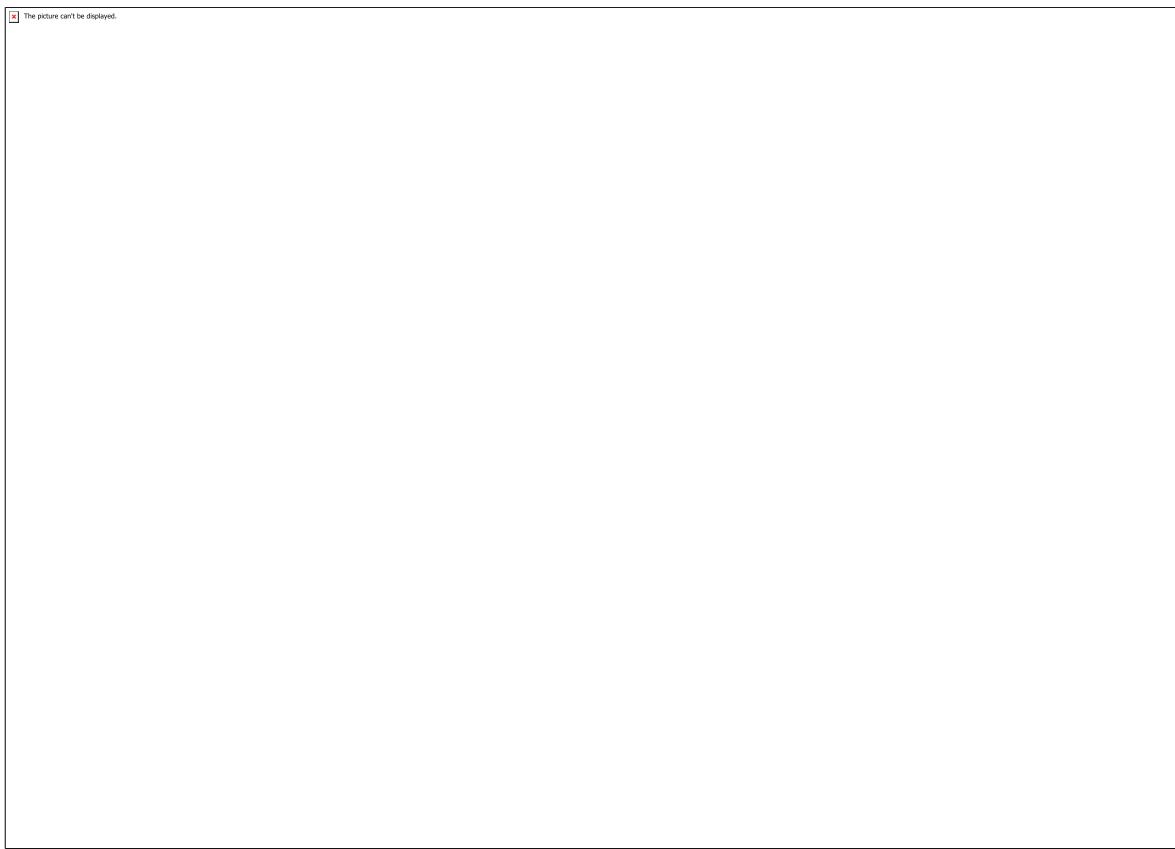


Figura 16 - 4 ciclos de reuso para os filmes finos de (a-b) CeO₂ e (c-d) TiO₂ obtidos em 500 e 700°C (Autora).

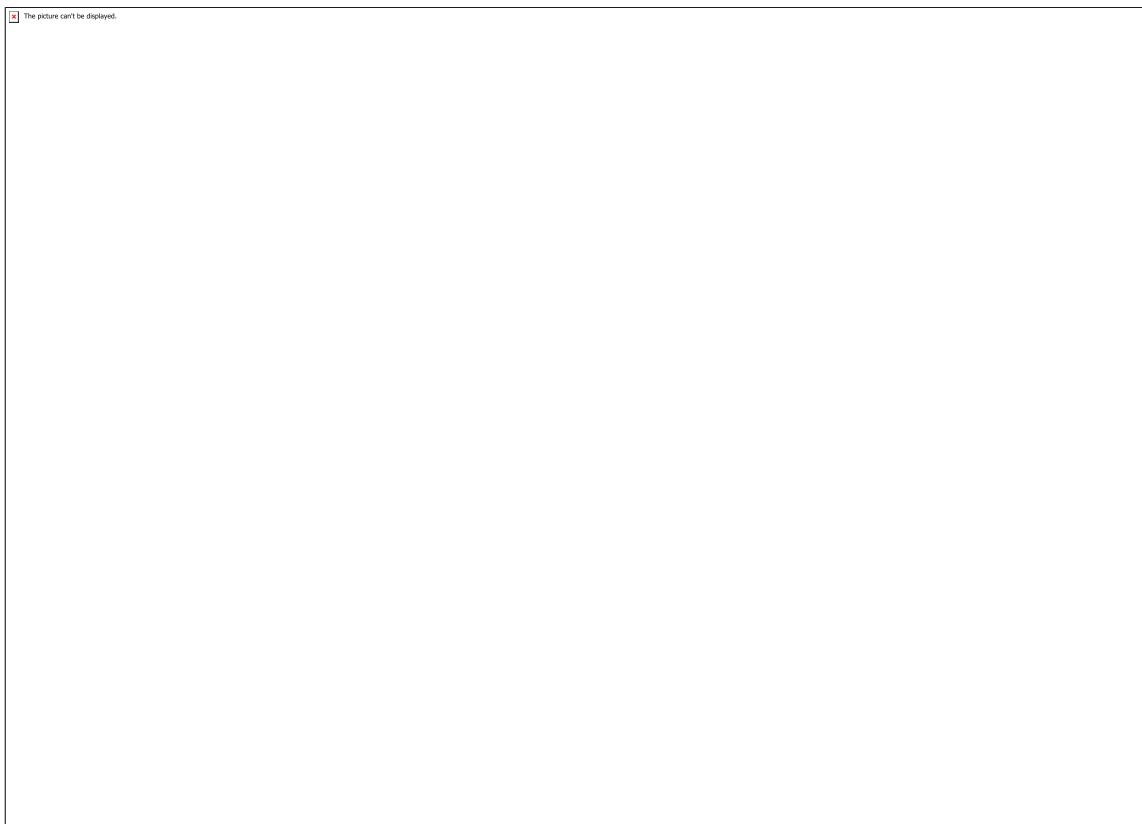


Figura 17 - 4 ciclos de reuso para os filmes finos de (a-b) CeO₂/TiO₂ e (c-d) TiO₂/CeO₂ obtidos em 500 e 700°C (Autora).

CÓDIGO: ET0531

AUTOR: JORDAO PAULINO CASSIANO DA SILVA

ORIENTADOR: RICARDO FERREIRA PINHEIRO

TÍTULO: Adequação de Plataforma Instrumental visando o Estudo experimental do Balanço de Energia em Sistema de Geração de Eletricidade Utilizando o Regulador Eletromagnético de Frequência (REF)

Resumo

O presente projeto visa a realização de aprimoramentos na plataforma de instrumentação do protótipo 01 do Regulador Eletromagnético de Frequência (REF) afim de possibilitar estudos futuros de balanço de energia através do monitoramento em tempo real e obtenção de relatório de dados de ensaios com REF. Os aprimoramentos foram realizados no sistema supervisório e consistiram no projeto de circuitos, desenvolvimento e manutenção de módulos de sensores para aquisição de variáveis de tensão, corrente e velocidade a partir da integração da plataforma de aquisição de dados e o software computacional LABVIEW. Na execução do projeto, deu-se início, em decorrência dos aprimoramentos obtidos, ao estudo de modelagem em coordenadas de fase do protótipo 01 do REF. Através das melhorias realizadas foi possível a realização de ensaios para obtenção de parâmetros da máquina, para estudo de balanço de energia e obteve-se então uma plataforma apta a realização de ensaios posteriores dentro da base de pesquisa.

Palavras-chave: REF, Instrumentação, Máquinas Elétricas, Labview, Ensaios

TITLE: Adequacy of Instrumental Platform aiming the experimental study of the Energy Balance in Electricity Generation System Using the Electromagnetic Frequency Regulator (REF)

Abstract

This project aims to make improvements in the instrumentation platform of prototype 01 of the Electromagnetic Frequency Regulator (REF) in order to enable future studies of energy balance through real-time monitoring and reporting of test data with REF. The enhancements were made to the supervisory system and consisted of circuit design, development and maintenance of sensor modules for the acquisition of voltage, current and speed variables from the integration of the data acquisition platform and the LABVIEW computer software. In the execution of this project, it was initiated, as a result of the improvements obtained, the study of phase coordinate modeling of prototype 01 of REF. Through the improvements made it was possible to perform tests to obtain machine parameters, to study energy balance and then obtained a platform to perform further tests within the research base.

Keywords: REF, Instrumentation, Electrical Machines, Labview, Testing

Introdução

No intuito de manter estudos direcionados à inovação tecnológica em geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, a base de pesquisa em OTIMIZAÇÃO E SUPERVISÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS E INDUSTRIAS (GCG016-95) está recuperando o protótipo 01 do Regulador Eletromagnético de Frequência, REF. O REF permite a adoção de filosofias em sistemas de geração híbrida, o que lhe dá um grande potencial na geração de energia elétrica quando fontes primárias diversas estejam disponíveis, especialmente onde estiver presente a energia eólica. Dentre os vários trabalhos já realizados com o REF, cita-se o estudo pioneiro feito em uma tese de doutorado, na qual demonstrou-se a viabilidade do seu uso para geração eólica. Pode-se citar, ainda, um trabalho de Mestrado que apresentou um projeto para um sistema híbrido solar fotovoltaico/eólico dimensionado para utilização no campus da UFRN em Macau, destinado a operação em smart-grid. Vários artigos foram publicados em congressos e Revistas. Os estudos complementares do protótipo 01 do REF, aqui propostos, são para realizar medições, nas condições de operação as mais diversas, e avaliar o rendimento obtido. É necessário identificar a gama de utilização vantajosa do REF, isto é, os casos em que o equipamento proporcionará maior rendimento, melhor qualidade da energia, facilidades de controle e contribua para aumentar o rendimento de Sistemas Híbridos de Geração de Energia (SHGE). Paralelamente, está-se empenhando esforços em aperfeiçoar as medições dos parâmetros do equipamento e em criar modelos mais adequados de simulações cujos resultados se aproximem ao máximo dos resultados obtidos experimentalmente. Para isso, fez-se necessária o desenvolvimento e adequação da plataforma instrumental de monitoramento do REF.

Metodologia

Foi realizado o projeto e construção placas de interfaceamento visando permitir o monitoramento em tempo real de todas as variáveis elétricas envolvidas. Estas placas foram projetadas com sensores de acordo com a necessidade de aquisição das variáveis elétricas ainda não obtidas (tensão e corrente), seus circuitos foram implementados em matriz de contatos e, com a obtenção de sua versão final, foram prototipadas em placas de circuito impresso. Realizou-se, então, uma renovação da plataforma de supervisão, visando proporcionar mais precisão e confiabilidade nos estudos laboratoriais do REF, tendo em vista que apesar da sua já existência haviam algumas variáveis envolvidas ainda não monitoradas. Também foi introduzido o interfaceamento adequado para a medição das velocidades de entrada e saída do REF, através de módulos físicos compostos de um sensor eletrônico ótico e um disco encoder no rotor e armadura do REF e saída do gerador. Com a utilização do software computacional LABVIEW, realizou-se uma implementação no sistema supervisório para a obtenção das potências envolvidas, através do método das potências instantâneas, permitindo, assim, o posterior estudo de energia da máquina. Através da plataforma de instrumentação também foram realizados ensaios para obtenção de parâmetros de seus circuitos equivalentes, a partir das variáveis elétricas adquiridas, que possibilitarão um estudo mais preciso da sua modelagem. Uma vez obtidas as variáveis elétricas (tensão, corrente e potência) e mecânica (velocidade) pôde-se exportar esses dados, através do LABVIEW, para um software de cálculo numérico, o MATLAB, que tornou possível a obtenção de gráficos referentes aos valores lidos e que permitiram um estudo aprofundado do comportamento da dinâmica do sistema. Além da realização desses aprimoramentos na área de eletrônica, deu-se início ao estudo da modelagem da máquina em coordenadas de fase com o objetivo de se obter um modelo mais preciso, face as metodologias existentes, para simulações dinâmicas. Este estudo de modelagem será aprofundado na pesquisa que sucederá esse projeto.

Resultados e Discussões

Ao fim do projeto de aprimoramentos e adequações, obteve-se uma plataforma de monitoramento mais apropriada para os estudos de balanço de energia com o REF que não somente pode ser utilizada para o monitoramento do REF como também para outros sistemas elétricos desde que sejam realizadas as devidas adaptações. Foram então realizados diversos ensaios com o seu auxílio, uns para a validação de seu funcionamento, alguns para obtenção de seus parâmetros intrínsecos e outros para o estudo de energia. Observa-se que a sua utilização será de grande proveito para estudos vindouros, como o estudo de modelagem dinâmica da máquina que inicou-se ainda durante esse projeto, que culminarão na construção de um novo protótipo do REF ainda mais avançado e semelhante ao que estima-se em seu funcionamento real na geração de energia renovável. Notou-se também, que o desenvolvimento de uma plataforma de instrumentação como essa, inteiramente idealizada e projetada pelos integrantes do projeto de pesquisa, apresentou-se como sendo de baixo custo quando comparada com soluções integradas presentes no mercado, indicando que outros projetos de pesquisa nessa área poderão vir buscar o desenvolvimento próprio de sua plataforma de instrumentação a evitar altos custos.

Conclusão

O desenvolvimento deste projeto possibilitou a compreensão aprofundada de especificidades presentes no processo de geração de energia e as ferramentas instrumentais que o envolvem, bem como trouxe à tona mais uma vez a efetividade do REF no que se propõe a fazer; atuar com um solução eficaz para a regulação de frequência na geração de energia elétrica renovável em, principalmente, aerogeradores para o caso do estado do Rio Grande do Norte. Também representou um passo adiante no estudo do protótipo 01 do REF, permitindo que, diante do intento da construção de um novo protótipo, sejam validadas suas características e avaliados possíveis pontos fracos a serem corrigidos em sua próxima versão.

Referências

- [1] - Paul Gipe, "Wind Power, Revised Edition: Renewable Energy for Home, Farm, And Business", Chelsea Green, 2004; [2] - Siegfried Heier, "Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems", Wiley, 2006; [3] - Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, "Wind Energy Handbook", Wiley, 2011; [4] – Bernard Adkins, "The General Theory of Electrical Machines", Chapman & Hall Ltd, segunda impressão, 1959; [5] - Ricardo Barros de Mendonça, "Modelagem de Usinas Eólicas através de um Processo de Markov e Técnicas de Confiabilidade para a Estimativa Anual da Energia Produzida", dissertação de Mestrado, dezembro de 2009, PPGEEC-UFRN (34); [6] - Paulo Vitor Silva, "Implementação Experimental de Filtro Ativo Paralelo de Potência com Aplicação a Gerador de Indução Trifásico", dissertação de Mestrado, junho de 2010, PPGEEC-UFRN (35); [7] - Daniel Wanderley Honda, "Controlador Adaptativo por Posicionamento de Pólos e Estrutura Variável Aplicado ao Controle de Geradores Eólicos Baseados em Máquina de Indução Duplamente Alimentada", dissertação de Mestrado, setembro de 2013, PPGEEC-UFRN (36); [8] - Paulo Vitor Silva, Ricardo Ferreira Pinheiro, Marcos V. Aguiar, Luciano P. Junior, Andres Ortiz Salazar and Caio D. Cunha, "Implementation Of A Shunt Active Filter Using The Theory Of Generalized Instantaneous Power", XI

Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência (COBEP), 11-15 de setembro de 2011 (45); [9] - Paulo V. Silva, Ricardo F. Pinheiro, Marcos V. Aguiar, Luciano P. Júnior, Andrés O. Salazar e Caio D. Cunha, "Implementação de um Filtro Ativo Paralelo de Potência Utilizando a Teoria Generalizada das Potências Instantâneas", IX Congresso Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica (CBQEE), 31/07-03/08/2011 (46); [10] – Paulo Vitor Silva, "Regulador Eletromagnético de Frequência aplicado no controle de velocidade de geradores eólicos", tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia elétrica e de Computação, UFRN, 11 de maio de 2015. [11] - P. V. Silva, R. F. Pinheiro, A. O. Salazar and J. D. Fernandes, "Performance analysis of a new system for speed control in wind turbines", International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15), La Coruña (Spain), 25 a 27 de março, 2015. [12] - P. V. Silva, R. F. Pinheiro, A. O. Salazar, L. P. Júnior, e C. C. Azevedo, "A Proposal for a New Wind Turbine Topology Using an Electromagnetic Frequency Regulator", IEEE Latin America Transactions, vol. 13, no. 4, abril 2015. [13] - P. V. Silva, R. F. Pinheiro, A. O. Salazar and J. D. Fernandes, "Título: Performance Analysis of a New System for Speed Control in Wind Turbines ", International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'15) - La Coruña (Spain), 25th to 27th March, 2015 (47); [14] - P. V. Silva, R. F. Pinheiro, A. O. Salazar and J. D. Fernandes, "Performance Analysis of a New System for Speed Control in Wind Turbines", Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ), ISSN 2172-038 X, No.13, April 2015 (48); [15] - P. V. Silva, R. F. Pinheiro, A. O. Salazar, L. P. Júnior, and C. C. Azevedo, "A Proposal for a New Wind Turbine Topology Using an Electromagnetic Frequency Regulator", IEEE Latin America Transactions, vol. 13, no 4, april 2015 (49); [16] - Silva, P.V., Pinheiro, R.F., Salazar, A.O., Santos Jr., L.P., e Fernandes, J.D., "Um Novo Sistema para Controle de Velocidade em Aerogeradores Utilizando o Regulador Eletromagnético de Frequência", Revista Eletrônica de Potência, SOBRAEP, Campo Grande, vol. 20, no 03, p. 254-262, jun-ago, 2015 (50); [17] - Costa, D. A., Pinheiro, R. F. e Medeiros Jr, M. F., "Projeto de um Sistema Híbrido de Geração de Energia Elétrica Conectado à Rede, Incluindo o Regulador Eletromagnético de Frequência - Ref", VI Congresso Brasileiro de Energia Solar – Belo Horizonte, 04 a 07 de abril de 2016 (51); [18] - Costa, D. A., Pinheiro, R. F. e Medeiros Jr, M. F., "Dimensionamento e Diretrizes para o Despacho da Geração de um SHGE Acoplado Através de Regulador Eletromagnético de Frequência", VI Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos – SBSE, 22 a 25 de maio de 2016, Natal, RN (52); [19] - WWEA (2014), World wind energy report, Relatório técnico, World Wind Energy Association. [20] - Sharma, S., "Simulation and analysis of DFIG system with wind turbine implementing fuzzy logic controller", Non Conventional Energy (ICONCE), 2014 1st International Conference, pp.154,159, 16-17 Jan. 2014. [21] – Cunha, C. D., Araújo, A. D., Mota, F. C. – "Controlador em Modo Dual Adaptativo Robusto para Plantas com Grau relativo Arbitrário", 2009, ISSN: 01031759. [22] - Djagarov, N.; Grozdev, Z.; Bonev, M.; Djagarova, J., "Operation study of wind permanent magnet synchronous generator," Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2013 12th International Conference, pp.522,528, 5-8 May 2013. [23] - Zanchettin, Marcos Guilherme (2012), Análise da inserção de geração eólica com aerogeradores de indução, Dissertação de mestrado, UNIOESTE, 2012. [24] - Ragheb, A.; Ragheb, M., "Wind turbine gearbox technologies," Nuclear & Renewable Energy Conference (INREC), 2010 1st International, pp.1,8, 21-24 March 2010. [25] - Nunes, M.V.A, Avaliação do Comportamento de Aerogeradores de Velocidade Fixa e Variável Integrados em Redes Elétricas Fracas, Tese de Doutorado, UFSC, 2003. [26] - Jammal, A.; Rong, Y., "Wind turbine gearbox dynamics," Assembly and Manufacturing (ISAM), 2013 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.330,333, July 30 2013-Aug. 2 2013. [27] - Pereira, H.A.; Liu, S.Y.; de Lima Ramos, M.C.; Mendes, V.F.; Silva, S.R., "A comparative analysis of wind turbine technologies in focus on the grid integration," Industry Applications (INDUSCON), 2010 9th IEEE/IAS International, pp.1,6, 8-10 Nov. 2010. [28] - Daneshi-Far, Z.; Capolino, G. -A; Henao, H.,

"Modeling and simulation of planetary gearbox effects on a wound rotor induction machine," Industrial Electronics (ISIE), 2012 IEEE International Symposium, pp.1234,1239, 28-31 May 2012. [29] - Xikai Sun; Ming Cheng; Ying Zhu; Longya Xu, "Application of Electrical Variable Transmission in Wind Power Generation System," Industry Applications, IEEE Transactions on, vol.49, no.3, pp.1299,1307, May-June 2013. [30] - Garcia-Hernandez, R.; Garduno-Ramirez, R., "Modeling and Control of a Wind Turbine Synchronous Generator," Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA), 2011 IEEE, vol., no., pp.222,227, 15-18 Nov. 2011. [31] - Liu, Silas Yunghwa, Controle direto de potência em gerador de indução duplamente alimentado, Dissertação de mestrado, UFMG, 2011. [32] - Santos, T. H.; Goedtel, A.; Silva, S. O.; Suetake, M., "Controle Escalar do Motor de Indução usando a Técnica Sensorless Neural", Eletrônica de Potência – SOBRAEP, v. 19, n.1, p.024-035,dez.2013/fev.2014. [33] - Shuxi Liu; Shan Li; Huihui Xiao, "Vector Control System of Induction Machine Supplied by Three-Level Inverter Based on a Fast SVPWM Algorithm," Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA), 2010 International Conference, vol.2, pp.810,813, 13-14 Oct. 2010. [34] - Jacobina, C. B.; Lima, Antonio Marcus Nogueira. Estratégias de Controle Para Sistemas de Acionamento Com Máquina Assíncrona. SBA. Sociedade Brasileira de Automática, São Paulo, v. 7, n.1, p. 15-28, 1996. [35] - Lu Pengfei; Wang, W. "Principle, structure and application of advanced hydrodynamic converted variable speed planetary gear (Vorecon and Windrive) for industrial drive and wind power transmission," Fluid Power and Mechatronics (FPM), 2011 International Conference on , vol., no., pp.839,843, 17-20 Aug. 2011. [36] - Camargo, R. F. "Método de Sincronização Aplicado a Conversores PWM Trifásicos", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Julho de 2006.

CÓDIGO: ET0534

AUTOR: REINALDO AGOSTINHO DE SOUZA FILHO

ORIENTADOR: SAMUEL XAVIER DE SOUZA

TÍTULO: Um Parser de OpenMP para GAP8

Resumo

A tecnologia da informação está em constante crescimento. As tecnologias embarcadas e IoT como um todo demandam uma quantidade de recursos computacionais que pode estar chegando a um limite. Para suprir isso são buscados recursos para alternativos para melhoria computacional. Uma tecnologia a ser utilizada é o paralelismo. O paralelismo nos dá o poder para fazer operações simultâneas economizando tempo ou energia dependendo da aplicação. Uma das barreiras para ele é a falta de bons programadores preparados para encarar o paradigma. Para diminuir essa limitação a Application programming interface(API) Open Multi-Processing (OpenMP) vem para facilitar o entendimento e uso dos programas. Outro recurso a ser visto é a implementação de novas arquiteturas voltadas ao baixo consumo energético, um produto disponibilizado em 2018 foi o GAP8 gapping board projeto da (Parallel Ultra Low Power) PULP. O GAP8 tem um cluster de 8 cores e tem como principal característica o baixo consumo energético. Fazer programação paralela com o GAP8 é um avanço computacional mas sua recente implementação e ausência de um SO robusto para manipular threads dificulta a implementação de APIs como OpenMP. Esse projeto implementa um parser que interpreta uma versão simplificada do OpenMP com devidas restrições de um microcontrolador manipulando os cores diretamente. Os resultados obtidos neste trabalho apresentam uma redução no tamanho dos códigos de entrada, comprovam a eficácia do projeto.

Palavras-chave: Programação Paralela. OpenMP. PULP. GAP8. API. Parser.

TITLE: An OpenMP parser for GAP8

Abstract

Information technology is constantly growing, embedded technologies and Internet of Things(IoT) as a whole demand a lot of computing resources that may be reaching a limit.

To provide this, research on technological alternatives are in progress to computational improvement. An important feature to be used in computing is parallelism. Parallelism gives us the power to do simultaneous operations saving time or energy depending on

the application. One of the great barriers to parallelism is the lack of good programmers prepared to face the paradigm. To reduce this limitation the Open Multi-Processing (OpenMP) Application Programming Interface (API) comes to facilitate the understanding

and usability of the programs. Another feature to be seen is the implementation of new architectures aimed at low energy consumption, a product made available in 2018 was the GAP8 Gapuino board project of Parallel Ultra Low Power (PULP). The GAP8 has a 8-cores cluster and has as main characteristic the low energy consumption. Parallel programming with GAP8 is a computational breakthrough, but its recent implementation and lack of a robust OS to handle threads prevents implementation of OpenMP APIs. This project implements a parser that interprets a simplified version of OpenMP with constraints of a microcontroller manipulating the cores directly. The results obtained in this work shows a reduction of the code size, proving the efficiency of the project to ease the programming of GAP8.

Keywords: Parallel Programming. API. GAP8. OpenMP. Multi-Processing. Parser.

Introdução

Uma grande evolução tecnológica vem ocorrendo ao longo dos anos, desde o início do século 20 tivemos a ascensão de robótica, genética, computação, telecomunicação entre

outros. Com a internet se popularizando nos anos 90 a demanda de informação cresceu, esse aumento de dados a serem processados requerem hardwares e métodos mais robustos.

De acordo com a lei de Moore a complexidade dos componentes duplicavam a cada 18 meses. Nesse aspecto pode-se pensar que a tecnologia evoluiria indefinidamente mas é

observado que a densidade dos componentes do circuito aumentam a dissipação de calor

limitando esse crescimento da complexidade do hardware. Apesar disso a internet das coisas (IoT) aumentam a demanda para melhores hardwares. IoT é a definição de tudo que pode ser conectado, desde uma simples cadeira com sensores que a adaptam para melhor experiência, sistemas embarcados, computadores, estatísticas de internet a serem

processadas, smartphones, entre outros além da internet usual. De acordo com a revista IoT technologies [IoT-analytics 2018] o número de dispositivos conectados ultrapassou 17

bilhões em 2018 e tende a crescer, os aplicativos e dispositivos terão como barreira a limitação na lei de Moore. Para melhorar a transferência de dados e processamento o paralelismo vem como novo paradigma computacional onde um processo pode ser rodado

paralelamente a outro economizando possivelmente tempo ou energia. Essa é uma forma

sustentável de melhorar a performance utilizando múltiplos códigos ao mesmo tempo, assim as aplicações podem evoluir causando menos impacto ambiental. Uma tecnologia que vem inovando é a arquitetura de conjunto de instrução(ISA) baseado em reduced instruction set computer (RISC) RISC-V, criada pela universidade de berkeley em 2015 é uma tecnologia opensource ou seja aberta para o público desenvolver e com arquitetura reduzida o que gera maior velocidade de execução que uma arquitetura de conjunto de

instrução complexa(CISC) [Raveendran et al. 2016]. Em 2015 a universidade de Berkley desenvolve o processador GAP8 baseado em RISC-V utilizando a plataforma parallel ultra low power (PULP) é um processador multicore focado em ter baixíssimo consumo energético [Greenwaves-Technologies 2018], com esse processador pode-se fazer de uma forma sustentável computação de alto desempenho diminuindo o consumo. Um dos maiores empecilhos para se programar para o GAP8 é que ele não roda um sistema operacional(SO) robusto como um Linux, até então ele foi para o mercado com o microcontrolador multicore Gapuino disponibilizado em 2018 [GreenWaves-Technologies 2018] e roda 3 Real Time Operating System (RTOS) PULPOS MBEDOS e FreeRTOS, nenhum deles trabalha com threads multicore, deixando a cargo do programador a tarefa de distribuir os processos pelos cores, além de ter uma linguagem bem específica para lidar com os componentes da arquitetura como o acesso ao cluster de 8 cores. Para sanar a dificuldade de se programar em GAP8 é interessante que Application programming interfaces (APIs) que tornam a programação paralela mais fácil de se lidar para o programador seja portadas para essa plataforma. Open MULTiprocessing (OpenMP) lida com multithreading com grande apreço pela comunidade, é uma API que trabalha com C, C++ e Fortran [Board 2013] que pode facilitar a programação de GAP8. O problema de se usar OpenMP é que o compilador do GAP8 não possui suporte para o OpenMP original e nem mesmo manipulação de threads multicore por padrão. A proposta desse projeto é criar um parser para ler o programa com OpenMP e passar para um código rodável no GAP8.

Metodologia

Para a criação desse parser é criado um algoritmo em python, utilizando de Expressões regulares e suas ferramentas de busca com a biblioteca "re"(de regular expressions) temos

a capacidade de ler uma fragmentos estratégicos do código para fazer as manipulações necessárias.

As diretivas e cláusulas implementadas são as seguintes:
1. parallel
2. for
3. parallel
4. for
5. critical
6. single
7. num_threads
reduction

O planejamento da funcionalidade do parser é seguido no fluxograma da Figura 1. Utiliza-se a função "search" para buscar as expressões regulares(regex) para cada diretiva/cláusula. O GAP8 possui um cluster de 8 cores separado do core mestre como pode ser

visto na Figura 2, o código a ser paralelizado, para isso é utilizado funções específicas

disponíveis no kit de desenvolvimento de software para o GAP8 [GreenWaves-Techologies 2018].

Assim podemos disparar funções diretamente para o cluster. Figura 2: Arquitetura do GAP8

Desse modo as regex capturam a região da diretiva e crio uma função para ser disparada

referenciando essa diretiva.
4.1 Parallel Directive.

Nessa diretiva um grupo de threads é recrutado para trabalhar com a região

determinada, que se aplica a la totalidad de los factores que intervienen en el desarrollo de la enfermedad.

podendo assim cada thread trabalhar com uma cópia da região paralela. O código

gerado por esse parser copia a região diretamente para os cores por não trabalharmos com a

manipulação das threads pelo SO. É necessário tomar cuidado com todos os possíveis modos de se fechar uma região paralela sendo com chaves ou sem chaves de bloco de código.

Em uma região paralela é possível dividir as iterações de um laço de repetição entre os processadores.

Em uma região paralela é possível dividir as iterações de um laço de repetição entre as threads, fazendo que um `for` acabe muito mais rapidamente se não houver dependência de dados. Nesse parcer é substituído na região paralela a linha que determina a

de fer, cada cor terá uma linha que funcionará especificamente para ela. Segundo a

des algoritmos de my first i. e. my last i, como segue nas equações 1 e 2:

dos algoritmos do `my_first_i` e `my_last_i` como segue nas equações 1 e 2.
`my_first` = `stater` + `number_of_iterations.core_id`
`number_of_cores`

(1) — —

`my_last_number_of_cores` = `number_of_iterations.(core_id)` + 1)

(2)

³ See also the discussion of the relationship between the Sino-Soviet split and the Sino-Tibetan conflict in the following section.

Os valores que são gerados de um possível resto da divisão do my_last são distribuídos

entre os cores um para cada até que se acabe o resto da divisão, para que não seja desbalanceado o trabalho das threads.

4.3 Parallel For Directive.
A diretiva parallel for é simplesmente uma abstração das duas diretivas parallel e for, fazendo que a zona paralela seja somente o for a ter suas iterações divididas. Nesse parcer.

não é possível subdividir as iterações divididas no `omp for` ou `omp parallel for`.

Nessa diretiva só se permite que uma thread por vez rode o bloco de código, nesse parser é utilizado uma espécie de mutex específica do GAP_SDK EU_Mutex_Lock e Unlock que trava e destrava no final da execução de cada core. Critical é essencialmente

importante para evitar erros de condições de corrida onde um core concorreria para rodar

um bloco de código que pode já estar sendo rodado por outro tomando valores incoerentes.

4.5 Single Directive.
Na diretiva single somente a primeira thread disponível para rodar o código irá rodar-lo, para implementar-la foi utilizado uma flag que mudará o seu valor ao acessar, é feito um condicional se o valor é o valor inicial, se for se incrementa o valor e roda o código, senão

ignora, também é utilizado um mutex para garantir que não haja condição de corrida na alteração do valor da flag. Ao final o valor é zerado da flag para que possa ser utilizado novamente a diretiva single.

4.6 A cláusula num_threads.

É passado como argumento o número de threads a ser trabalhada naquela região paralela. Nesse parser ao ser capturado esse valor é atualizado dentro do parser não do

codigo final um vetor para guardar quantos cores trabalharão naquela região podendo também passar variáveis já que trata-se de conversão de strings. Assim na chamada do código é disparado para a função mestre a quantidade de cores para cada região. Caso não seja declarada a cláusula o valor default 8 cores é utilizado.

4.7 A cláusula reduction.

A ideia dessa cláusula é que no final da execução seja feito uma operação de cada core para uma variável comum a todas as threads. Nesse tradutor é feito a captura do operador

do reduction e o nome da variável, temos uma variável global e uma privada a operação será aplicada ao valor inicial da global acrescida do operadorando com o valor de cada core por exemplo um somatório de uma variável com valores diferentes em cada core sendo

somado na variável global para o cluster.
4.8 A cláusula shared.

Essa cláusula define que todas as variáveis assim declaradas são tratadas como compartilhadas pelo cluster, ou seja se uma thread modifica o seu valor todo o conjunto de

6 threads atualizarão seu valor. Nesse parser é declarado uma estrutura global guardando todas as variáveis declaradas como global podendo então ser "vistas" por todo o cluster.

4.9 A cláusula `prvate`.
Essa cláusula define que as variáveis ali declaradas sejam uma cópia para cada thread do grupo. Para esse parser as variáveis também são guardadas na estrutura global que foi guardou as variáveis compartilhadas porém no início de cada código do core é feito uma cópia da estrutura global com outro nome diferenciando então as variáveis privadas e compartilhadas.

4.10 Funções auxiliares OpenMP
As funções `omp_get_thread_num()` e `omp_get_num_threads()` retornam o id da thread do grupo e a quantidade de threads recrutadas para aquela região respectivamente

para a implementação da função `omp_get_thread_num()` é utilizada a função `core ID()` para retornar o id do core. A função `omp_get_num_threads()` é declarada

uma variável externa à que é modificada para cada região. (Vale salientar que não se recebe valores de entrada no microcontrolador).

Resultados e Discussões

Para avaliar a funcionalidade do parser foi feita a implementação de algoritmos disponibilizados

no source do livro An introduction to Parallel Programming [Pacheco 2011] podemos assim comparar o número de linhas de um código que tem exata mesma funcionalidade

em OpenMP e sua implementação no para o GAP8. Foram feitos o algoritmo de estimativa do valor de pi omp_pi.c, a integração trapezoidal omp_trap2a.c, o hello world omp_hello.c e dois códigos de testes que foram auxiliares utilizando todas as diretivas de hello_cru.c e o que foi utilizado para testar a divisão de iterações de um for paralelo hello_for.c.

Tabela	1:	lines	comparison	in	codes
códigos	nro	original	de linhas	linhas	do código
omp_pi.c			40	135	70%
omp_trap2a.c			98	265	63%
omp_hello.c			22	79	72%
omp_for.c			24	121	80%
hello_cru.c			49	266	81%

Os códigos além da diminuição expressiva do número de linhas mantiveram a mesma funcionalidade não sendo observada perda de desempenho, isso é importante pois temos

uma economia energética grande com o GAP8 visto que ele tem consumo máximo de 60mW

pode ser comparado a outros sistemas embarcados é um valor muito baixo, e mais mérito

por ser paralelo. O parser proporciona uma facilidade considerável para o programador poder desenvolver suas aplicações ao despertar interesse no GAP8. A maior dificuldade para implementar um projeto como esse é imaginar todas as maneiras que um programador pode implementar seu código, saindo da zona de conforto

de ter seu próprio estilo de programação e passando a se preocupar em todas as possíveis

falhas que alguém que desenvolve pode cometer.

Conclusão

Para desenvolver aplicações modernas em um mundo tão conectado é necessário que se

despreze atenção para um desenvolvimento sustentável, GAP8 é um projeto que tem a preocupação de manter alto desempenho demandando baixo consumo energético, apesar

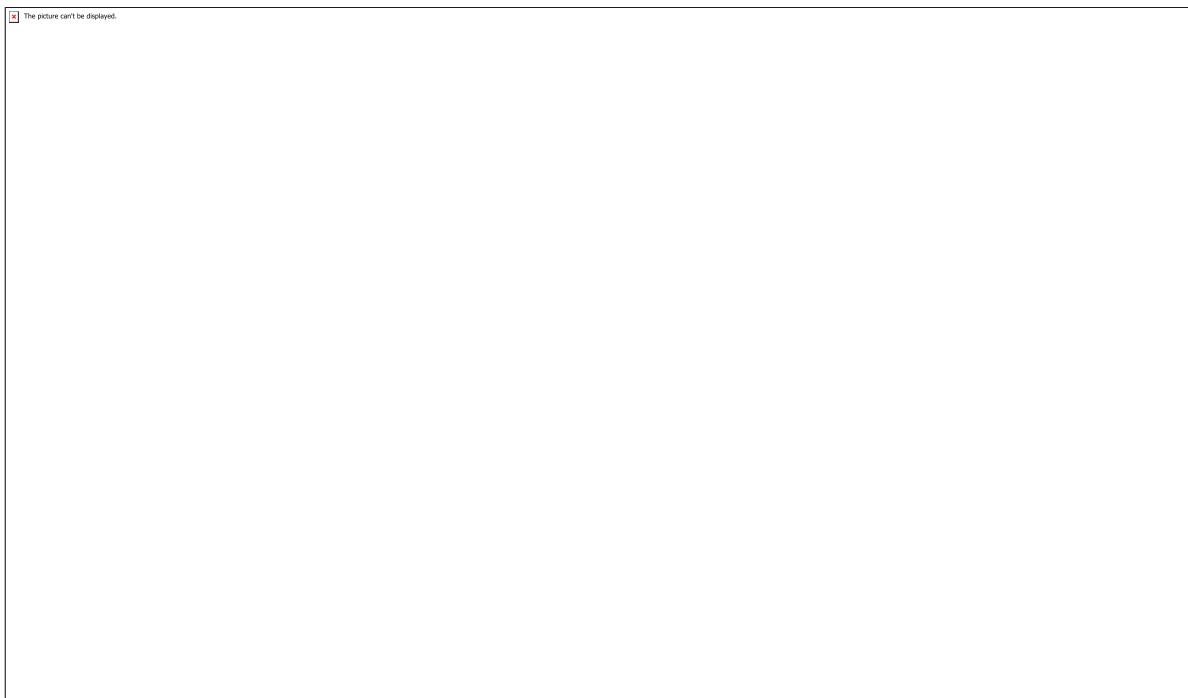
da dificuldade inicial de aprender novos paradigmas específicos para sua programação

paralela o parser desenvolvido nesse projeto nas devidas limitações de sua implementação tem resultados funcionais que podem fazer não só facilitar o trabalho de um programador mas possivelmente popularizar o próprio GA8 bem como os projetos futuros PULP e a arquitetura RISC-V cada vez mais consolidada na comunidade. Os códigos aqui testados demonstram a veracidade do projeto ao perceber a diminuição da complexidade e particularidade de se programar paralelamente com total funcionalidade.

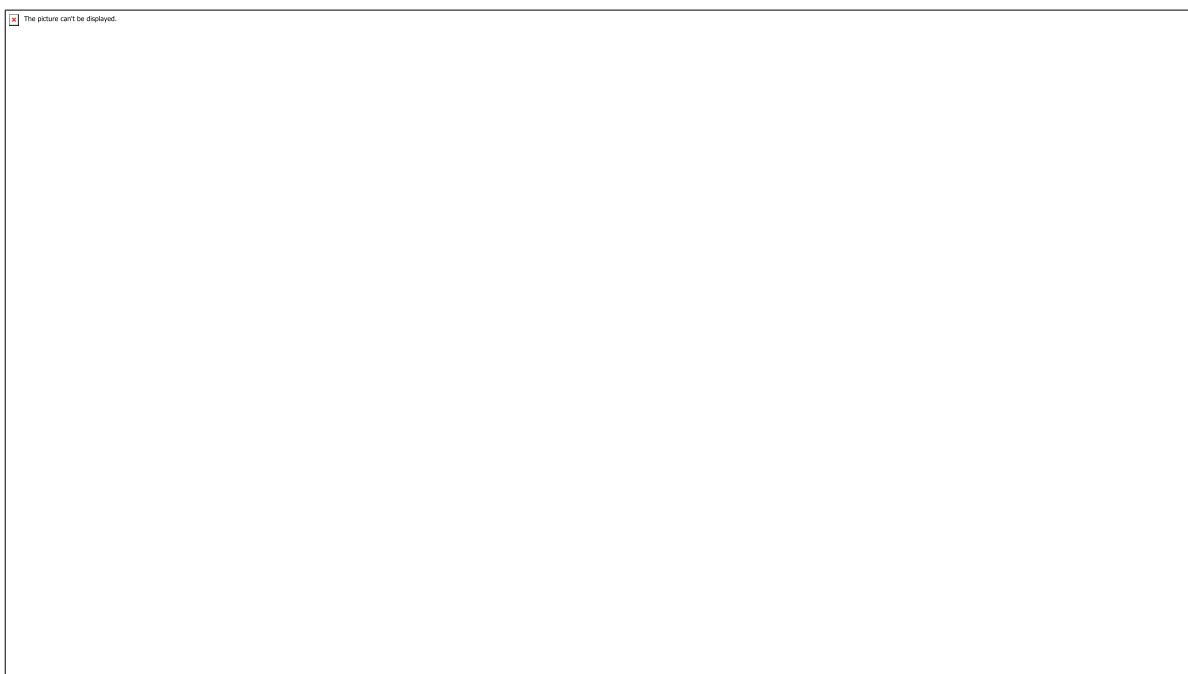
Referências

- [Board 2013]BOARD, O. A. R. OpenMP4.0.0. [S.I.], 2013. [Online; accessed 12-June-2019].
- [Greenwaves-Technologies 2018]GREENWAVES-TECHNOLOGIES. GAP8 Reference Manual. [S.I.], 2018. 18-19 p. Disponível em: <https://gwt-website-files.s3.amazonaws.com/gap8_datasheet.pdf>.
- [GreenWaves-Technologies 2018]GREENWAVES-TECHNOLOGIES. GreenWaves Technologies Announces Availability of GAP8 Software Development Kit and GAPuino Development Board. 2018. Disponível em: <<https://greenwaves-technologies.com/gap8-softwaredevelopment-kit-and-gapuino-development-board/>>. Acesso em: 13-June-2019.
- [GreenWaves-Technologies 2018]GREENWAVES-TECHNOLOGIES. Software Development Kit. [S.I.], 2018. Disponível em: <<https://greenwaves-technologies.com/manuals/BUILD/HOME/html/index.html>>.
- [IoT-analytics 2018]IOT-ANALYTICS. State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating. [S.I.], 2018. Disponível em: <<https://iot-analytics.com/stateof-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/>>.
- [Pacheco 2011]PACHECO, P. An Introduction to Parallel Programming. [S.I.]: Morgan Kaufmann, 2011. ISBN 9780123742605 0123742609.
- [Raveendran et al. 2016]Raveendran, A. et al. A risc-v instruction set processor-microarchitecture design and analysis. In: 2016 International Conference on VLSI Systems, Architectures, Technology and Applications (VLSI-SATA). [S.I.: s.n.], 2016. p. 1–7.

Anexos



estrutura do parser



arquitetura do gap8

CÓDIGO: ET0553

AUTOR: CLARA BEATRIZ FERREIRA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: REYMARD SAVIO SAMPAIO DE MELO

TÍTULO: Engenharia de valor em habitação de interesse social

Resumo

Custeio meta (CM) é uma estratégia que permite melhorar a qualidade do produto entregando ao cliente com uma maior perspectiva de valor, mantendo a referência de preço do mercado com os custos estritamente controlados. Sabendo que a construção civil é muito suscetível a atrasos em obras que acabam gerando prejuízos, gastos excessivos e retrabalho, o custeio-meta pode ser utilizado de forma adaptada para impactar beneficamente esse ramo com enfoque em redução de custos e desperdícios e aumento de valor agregado ao produto. O presente trabalho apresenta uma análise da aplicabilidade do custeio-meta na concepção de Habitações de Interesse Social (HIS). Com os resultados de uma pesquisa realizada em dois empreendimentos do Minha Casa Minha Vida (MCMV) faixa 1 com pessoas residentes há um ano ou mais sobre utilizando cartões ilustrados de valor. Com isso, foi analisado a percepção de valor do usuário para que, com o auxílio da técnica de Mudge, fosse obtida as necessidades relativas de cada compartimento da casa. Com a associação da técnica de Mudge ao consumo de recursos, foi possível a construção do gráfico compare para que fosse identificado oportunidades de realocação de custos para o produto final tivesse um maior valor para o usuário.

Palavras-chave: Realocação de custos; Habitação de Interesse Social

TITLE: Value engineering in social housing

Abstract

Target costing (CM) is a strategy that enables you to improve product quality by delivering to the customer with a greater value perspective while maintaining the market price benchmark with strictly controlled costs. Knowing that civil construction is very susceptible to delays in works that end up causing losses, excessive spending and rework, the target cost can be used in a manner adapted to beneficially impact this industry with a focus on reducing costs and waste and increasing value added. to the product. This paper presents an analysis of the applicability of target costing in the conception of Social Interest Housing (HIS). From the results of a survey conducted on two My House My Life (MCMV) track 1 ventures with people residing a year or more ago using illustrated value cards. Thus, the user's perception of value was analyzed so that, with the aid of Mudge's technique, the relative needs of each room in the house were obtained. By associating the Mudge technique with resource consumption, it was possible to construct the compare graph so that cost reallocation opportunities were identified for the final product to have greater value for the user.

Keywords: Costs reallocation; Social Interest Housing

Introdução

Nas últimas décadas, o Brasil vem apresentando grandes mudanças no aspecto habitacional. Segundo aspectos demográficos atuais do Brasil, a partir do início do

éxodo rural na década de 60 a população urbana ultrapassou a rural e, nos anos 2000, passou a representar mais de 80% da população do país (CAIXA, 2011). Esse grande crescimento pressionou os maiores centros urbanos causando uma expansão desordenada. O Brasil atualmente possui um déficit habitacional de 7,757 milhões de moradias (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2015). Visando a melhoria das condições habitacionais do Brasil, o governo Federal criou um programa chamado Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que tem como intuito oferecer condições atrativas para financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda. Neste programa são contempladas quatro faixas de rendas, sendo elas: faixa 01 para famílias com renda até R\$1.800,00, faixa 02 para famílias com renda até R\$2.600,00, faixa 03 para famílias com renda até R\$4.000,00 e faixa 04 para famílias com renda até R\$7.000,00. O presente estudo tem como foco a faixa 1 do PMCMV, que é considerada Habitação de Interesse Social (HIS) e também existe uma certa dificuldade para atuação das construtoras. Essa dificuldade se dá pelo fato de existirem requisitos mínimos de projeto (BRASIL, 2018), é fixado um valor subsidiado pelo governo e são definidas faixas aceitáveis para taxas de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) (BRASIL, 2013). Sendo assim, o orçamento se torna bastante restrito, especialmente nessa faixa de renda (JESUS, 2014), fazendo com que muitas vezes as empresas deixem de lucrar. Segundo Guadanhim, Hirota e Leal (2011) e Granja et al. (2011), essa faixa é um campo fértil para investigação, na medida em que há características favoráveis à implementação da teoria do CM, proporcionando melhorias na produção da habitação, apesar da existência de algumas dificuldades previsíveis. Devido ao fato de que o CM é um sistema inovador para a indústria da construção civil, que garante o atendimento dos requisitos de valor desejado aos clientes e proporciona um controle de custos, sem alterar a qualidade e funcionalidade do produto (COOPER; SLAGMULDER, 1997). Além disso, o processo de projeto dentro do CM torna a qualidade das soluções arquitetônicas condicionada à criatividade da equipe de projeto em interpretar os requisitos locais e suas mudanças, e não às restrições de custo, de forma que os valores dos clientes não são sacrificados (PENNANEN; BALLARD; HAAHTELA, 2011). Dentro do CM está a Metodologia de Valor (MV), utilizada para atingir as reduções e realocações de custos necessárias, através de um exame sistemático e interdisciplinar dos fatores que influenciam o custo de um produto, garantindo seu padrão de funcionalidade e qualidade (COOPER; SLAGMULDER, 1997). Na manufatura há diversas técnicas dentro da MV, entre elas estão: Análise de Função, Casa da Qualidade, Workshops, Diagrama FAST, Técnica de Mudge, Método Compare Um estudos realizado por Moraes (2017) tem como objetivo desenvolver um método para realocação de custos em produtos residenciais dentro da lógica do CM e da MV, foi desenvolvido em um projeto de conjunto habitacional formado por blocos de edifícios, onde a média de salário dos moradores era de até sete mil reais. Não foram considerados níveis de habitação diferentes, como a faixa 1 do PMCMV, que atende faixas de renda de no máximo 3 salários mínimos (LUANE ...). Além disso, a autora sugere como uma futura linha de pesquisa a Análise de Função, que é vista como o coração da MV (DELL' ISOLA, 1997), em seu método. A recomendação é que essa análise de função seja realizada após a decomposição do produto em subprodutos (denominados compartimentos nesse trabalho-os quartos, cozinha, banheiro e etc.). Portanto, nesta pesquisa, será aplicada o método proposto por Moraes (2017) em um projeto que pertence à faixa 1 do PMCMV, com a adição da etapa de Análise de Função.

Metodologia

O desenvolvimento do método desta pesquisa está sendo baseada nas cinco etapas identificadas como a decomposição da Design Science, para as quais são definidas as respectivas etapas da pesquisa e seus resultados:

- Conscientização do problema: Identificação de um problema relevante e prático e seu entendimento de uma perspectiva mais ampla;
- Sugestão: Processo criativo para desenvolvimento do artefato para a solução dos problemas;
- Desenvolvimento: Constituição do artefato - Desenvolver e executar a solução do problema;
- Avaliação: Verificação da solução e avaliação de sua funcionalidade;
- Conclusão: Avaliar as contribuições teóricas da solução.

Essas recomendações foram propostas por Lukka (2013) e Vaishnavi e Kuechler (2007).

Houveram cinco encontros entre a equipe de pesquisa com seis colaboradores da construtora. Esses encontros serviram para nortear a aplicação e adaptação do modelo sugerido:

Encontro 1: Workshop para introduzir e nivelar sobre os conceitos do CM e MV. Foram mostrados os principais conceitos do CM e da MV através de uma simulação proposta por Munankami (2012), o Marshmallow Game. Além de mostrar o como será feito a aplicação do CM/MV na empresa.

Encontro 2: Coleta de informações do processo de projeto na empresa, além das restrições orçamentárias e legais do PMCMV, presença de terceirização e principais fornecedores.

Encontro 3: Foram realizadas três processos com o Grupo Focal 1: avaliação dos requisitos de valor através da Técnica da Preferência Declarada utilizando o instrumento do baralho de cartas; Aplicação da dinâmica para associação dos atributos de valor aos compartimentos da edificação; Aplicação da Técnica de Mudge.

Encontro 4: Apresentação do Gráfico COMPARE e das funções definidas para os compartimentos. Em seguida, realização do Grupo Focal 2: Discussão para definir as realocações de custo através da redução, melhoria, adição ou retirada de funcionalidades; Avaliação da etapa de associação dos atributos de valor para cada compartimento; Avaliação do Técnica de Mudge.

Encontro 5: Avaliação do método como um todo.

Com o resultado das entrevistas iniciais realizadas com moradores do PMCMV faixa 1 os resultados foram analisados estaticamente gerando uma variável chamada de índice Geral de Importância (IGI). Esse índice é utilizado para hierarquização dos requisitos do usuário, a fim de se definir os aspectos que devem ser priorizados durante o processo de projeto (RUIZ, 2011; MORAES, 2017).

Em seguida, foi utilizada a Técnica de Mudge, também conhecida como “Avaliação numérica de relações funcionais”. Essa técnica realiza todas as comparações possíveis de pares de funções a fim de determinar a cada momento qual delas é mais importante, atribuindo a ela a ponderação adequada (CSILLAG, 1995). Essa ponderação é feita utilizando o sistema de pesos que variam de acordo com o grau da importância

comparativa entre as funções. O objetivo final desses pesos é obter porcentagens relativas de cada função em comparação com as demais funções, ou seja, obter uma hierarquia das funções e analisá-las entre si.

Foi possível então a execução do método COMPARE. Esse método se trata de um gráfico onde são comparadas duas séries, sendo elas: A “Necessidade Relativa das Funções”, obtida previamente pela técnica de Mudge, e o “Consumo de Recursos das Funções”, obtido através de uma tabela onde os recursos (custo, área, quantidade de materiais, etc.) dos componentes são relacionados às funções. A partir do gráfico COMPARE, podem ser identificadas as funções chave cuja redução de custos pode ser trabalhada por ser mais relevante na visão do cliente e não ter funções básicas prejudicadas (RUIZ; GRANJA; KOWALTOWSKI, 2014).

A realocação de custos será feita em funções que possuem disparidade relevante entre o consumo de recursos e a respectiva necessidade relativa, pois o ideal é que exista um equilíbrio entre essas duas grandezas. Dessa forma, é possível uma realocação de custos que agregue maior valor ao cliente final.

Resultados e Discussões

Para realizar uma análise da aplicabilidade do CM na empresa construtora, foi realizada uma entrevista com o sócio diretor e responsável técnico, realizada com base em um questionário com os fatores de Cooper e Slagmulder (1997). Esse questionário possui foco na faixa 1 do PMCMV, que é considerada HIS, entretanto, a empresa atua na faixa de mercado do PMCMV 1(faixa 1,5).

No **ENCONTRO 1** foram introduzidos os conceitos relacionados ao CM e MV com a aplicação de uma simulação proposta por Munankami (2012), o Marshmallow Game. Trata-se de um ambiente sem risco para a introdução dos princípios do CM para indivíduos envolvidos na indústria da construção com pouco ou nenhum conhecimento prévio, permitindo o entendimento da mentalidade dos participantes (MELO, 2015).

A simulação prevê que são necessários times compostos por projetistas e construtores. O objetivo final é a projetação e construção de uma torre de exatamente 50 cm, autoportante, que não tenha qualquer fixação auxiliar na bancada e que seja capaz de suportar um marshmallow em seu topo. Devido a presença de apenas cinco participantes da empresa no referido encontro, foi formado apenas um time composto por dois projetistas e três construtores.

Antes do início da construção da torre, o cliente informa seu requisito de valor, que é a necessidade de a torre ser um marco da cidade de Natal. Em seguida, foi entregue para os projetistas uma folha com a foto dos materiais contendo informações sobre suas respectivas dimensões além de um material para desenho (lápis, borracha, papel milimetrado e caneta).

A confecção do projeto é realizada logo na primeira rodada, feito sem qualquer contato com os materiais além de não haver interação com os construtores, simulando o processo tradicional de projeto onde o custo é resultado do projeto. Dessa forma, os projetistas concebem o projeto e, assim que aprovado pelo cliente, a folha de projeto é passada para os construtores.

Finalizada a construção, é calculado o custo da torre de acordo com os preços estabelecidos para cada material seguido de uma discussão com os participantes. O time projetou e construiu a torre em 29 minutos (dentro do tempo estipulado de 30 minutos), e a torre teve o custo de UM\$ 25,50.

Na segunda rodada, é simulado o processo de projeto com a abordagem do Custo Meta. Sendo assim, o custo se torna um parâmetro definido previamente. Foi adotado um custo para a torre tomado com UM\$ 21,00 também adotado por Oliva, Melo e Granja (2015). Nesta rodada, os construtores e projetistas trabalharam em conjunto devendo projetar e construir dentro das restrições indicadas atendendo ao requisito de valor proposto pelo cliente. Após o término da rodada, foram realizadas novas discussões.

Ao final da segunda rodada, a torre custou UM\$ 11,50. Além da considerável diminuição do custo, os projetistas puderam pensar mais na construtibilidade pelo fato de trabalharem conjuntamente com os construtores melhorando a facilidade de compreensão do projeto. Em se tratando do fato de haver um custo meta, houve uma busca mudança no pensamento na hora de realizar o projeto fazendo com que fosse utilizada a criatividade para atender todas as exigências do cliente e do custo.

ENCONTRO 2

O encontro 2 faz referência ao passo 2 do método utilizado para a pesquisa. Nesse encontro, o objetivo principal foi entender o processo de projeto da empresa. Os principais pontos levantados foram: sistema construtivo, possíveis reduções de custo e o cliente final.

Uma informação relevante levantada durante o encontro foi o processo de escolha da construtora feita pelo PMCMV faixa 1. De acordo com Brasil (2018a), as empresas podem levar à CAIXA as propostas de projeto a qualquer tempo e essas propostas são encaminhadas mensalmente para uma seleção ao Ministério das Cidades. O Ministério das Cidades abre esses processos seletivos e avalia as propostas a partir de uma portaria específica. O projeto precisa atender aos requisitos mínimos das portarias publicadas pelo Ministério das Cidades. Essas portarias são constantemente atualizadas pela CAIXA a medida que vão surgindo problemas nas obras anteriormente entregues.

Em relação ao sistema construtivo, todos os participantes relataram que, nenhuma obra chegou a dar prejuízo utilizando o sistema de alvenaria convencional. No entanto, algumas dessas obras foram executadas com um custo que retornou pouco lucro para a empresa. Para o participante nº6, a principal dificuldade está relacionada ao terreno visto que, para esses tipos de empreendimentos, as áreas dos terrenos são amplas e a investigação do solo não é feita em tantos pontos. Tal fato acarreta em problemas durante e após a execução, por exemplo: infiltrações em sumidouros de algumas quadras e fissuração das casas.

Em relação aos custos, o participante nº5 afirmou a dificuldade de grandes alterações no projeto pois o projeto é “engessado” e a existência de formas prontas devido ao sistema construtivo ser paredes de concreto moldadas in loco. Além disso, o mesmo participante relatou que no momento da construção a empresa consegue uma redução significativa dos custos fazendo com que o orçamento executivo tenha um custo menor em relação ao orçamento analítico apresentado à CAIXA.

Na visão de um dos participantes os clientes da empresa não é o futuro proprietário da casa, mas sim a CAIXA visto que ela que lhe gera o lucro. Sendo assim, o foco da empresa é o próprio banco e não o interessa concentrar seus esforços no usuário da casa mas sim atender as restrições que a CAIXA propõe. Todos os participantes concordaram que se não fosse faixa 1, o foco é diferente e existe uma preocupação maior com os requisitos de valor para o cliente.

CONSUMO DE RECURSOS

O projeto estudado foi decomposto em 7 compartimentos e 1 espaço. As áreas internas da unidade habitacional foram consideradas como compartimentos e a praça de convivência foi considerada como espaço.

A empresa disponibilizou a planilha orçamentária e o valor do BDI foi retirado de todos os itens. Dessa forma, foi obtido os custos permissíveis de cada material e serviço. Os custos foram reorganizados e alocados os custos referentes a cada compartimento. Da mesma forma que em Moraes (2017) os custos indiretos não foram realocados, totalizando o valor de R\$6.263,40 referentes a atividades preparatórias e temporárias, serviços de limpeza final e descarte de resíduos.

Com o custo referente a cada compartimento, foi possível o cálculo da série de consumo de recursos que foi obtida através da representatividade do custo do compartimento em relação ao valor total dos custos alocados.

ENCONTRO 3

Realizou-se uma dinâmica com os participantes do encontro, que formaram um grupo com 5 pessoas, onde os mesmos associaram a cada atributo um determinado compartimento. Eles discutiram entre si e foram preenchendo uma tabela com adesivos de cor azul até chegarem ao seguinte resultado.

Neste encontro, os participantes realizaram o preenchimento da planilha de Mudge. Em cada célula da mesma foi colocado a letra correspondente ao compartimento visto com maior importância na comparação par a par. Feito isso, foi atribuída uma pontuação para cada compartimento a partir de pesos. Esses pesos foram atribuídos utilizando os IGI's correspondentes a cada item, de acordo com o processo realizado por Moraes (2017). Feito isso, obteve-se a coluna referente às "Necessidades Relativas" que foi calculada a partir da divisão da somatória dos pontos de determinado compartimento pela somatória de pontos do estudo.

Percebe-se então que o compartimento que possui maior necessidade relativa, o quarto 2 (correspondente ao quarto do casal), é o mesmo que possui maior importância pela técnica de MUDGE.

GRÁFICO COMPARE

O gráfico COMPARE é uma ferramenta que permite a visualização de uma possível realocação de custos a partir da identificação de ambientes que possuem maior oportunidade de redução ou de aumento de custos de acordo com suas respectivas necessidades relativas. Ou seja, quanto maior a necessidade relativa de um cômodo, maior deve ser o seu custo enquanto que, quanto menor a necessidade relativa, menor deve ser seu custo.

Esse método é apenas um auxílio para a identificação de oportunidades para realocação dos custo pois existem custos que são impossibilitados de serem reduzidos e também podem refletir um atributo de valor não visto pelo usuário final (MORAES, 2017).

SEPARAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS E ESPAÇOS EM FUNÇÕES E CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES

O pilar da Metodologia de Valor é a análise de função e, o estudo acerca do produto deve ser baseado quanto às suas respectivas funções para que assim possa ser realizada a realocação de custos. Dessa forma, a inovação deste trabalho é expandir o método proposto por Moraes (2017) adicionando a etapa do desdobramento dos compartimentos e espaços em funções, para discussão de soluções de projeto e realocações de custo.

As funções desse estudo foram definidas com base na legislação aplicada ao PMCMV do empreendimento e também com as denominações apropriadas, de acordo com a bibliografia da MV (MILES et al., 1984; CSILLAG, 1995; DELL' ISOLA, 1997). A classificação também foi definida pela nomenclatura proposta por Dell'Isola (1997), que divide as funções em Básicas, Secundárias Necessárias e Secundárias.

Definida as classificações de cada função, o foco do trabalho foi a redução dos custos nas Funções Secundárias, pois são vistas como as menos essenciais. Para o aumento de recursos, não existia uma função que tinha um foco principal.

ENCONTRO 4

No encontro 4 foi realizada uma revisão nas etapas do método proposto até o momento. Após isso, foi apresentado o gráfico COMPARE podendo assim ser feita a identificação de quais compartimentos devem receber ou doar recursos. Em seguida, foi explicado o desdobramento dos compartimentos em funções e a importância de pensar primeiro nas funções antes de começar as soluções de projeto.

Dessa forma, apresentou-se as primeiras alterações no projeto aos colaboradores da empresa e os mesmos puderam opinar de acordo com a realidade e necessidades da empresa. Todas as alterações feitas e sugeridas estavam conforme os requisitos mínimos requeridos pela caixa, o plano diretor de Mossoró e as funções de cada compartimento.

ENCONTRO 5

O encontro 5 foi dividido em algumas etapas. Na primeira etapa, apresentou-se uma nova proposta de projeto, já levando em consideração as alterações e propostas de melhorias definidas no encontro 4.

Em seguida, foi realizada a associação dos atributos de valor aos compartimentos proposta pelo método de Moraes (2017). Tal avaliação seguiu critérios preconizados por March e Smith (1995) para instâncias: eficiência, eficácia e impactos do artefato no respectivo ambiente e em seus usuários.

Feito isso, foi realizada a avaliação da técnica de Mudge. Como já foi citado acima, tal avaliação seguiu os critérios de March e Smith (1995) para instâncias: eficiência, eficácia e impactos do artefato no respectivo ambiente e em seus usuários.

Realizou-se também a avaliação do ciclo de realocação dos custos. Essa avaliação foi baseada nos critérios de operacionalidade, facilidade de uso, eficiência e generalidade.

Além disso, foi elaborado a proposta final de projeto. Percebe-se então que, além de realocar os custos, essa proposta de projeto gera uma economia de R\$ 594,67 por unidade habitacional.

Assim, houve a avaliação do método com o grupo do encontro onde foram feitas algumas perguntas e pode-se entender a opinião dos colaboradores da empresa.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi incorporar a análise de funções ao método proposto por Moraes (2017). Foi desenvolvido então um novo método baseado nas referências bibliográficas do Custo Meta e da Engenharia de Valor juntamente com sua aplicação em um projeto da faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida, campo não explorado para possível aplicação de métodos do Custo Meta ou Engenharia de Valor em pesquisas anteriores.

A principal dificuldade da aplicação do método na faixa 1 foi que o projeto da empresa já havia sido elaborado de acordo com as especificações mínimas estabelecidas, logo, a margem para reduções de custos era pequena. Outra dificuldade encontrada foi na obtenção dos custos dos compartimentos após as mudanças propostas no projeto. A utilização de ferramentas 2D acaba tornando o processo lento e, até mesmo, sujeito a erros. Sendo assim, a utilização do BIM em pesquisas futuras, juntamente com a integração dos projetos com o orçamento, facilitará a geração dos custos após as alterações projetuais.

Referências

BRASIL. Ministério das Cidades. Gabinete do ministro. Portaria nº 363 de 12 de Agosto de 2013. Dispõe sobre as diretrizes gerais para aquisição e alienação de imóveis com recursos advindos da integralização de cotas do Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 Ago. 2013. p. 77.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. Programa Minha Casa, Minha Vida – Habitação Urbana. FAR. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: jun/2019.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. Caderno de Orientação Técnica. Brasília, 2015. Disponível em:<http://www.caixa.gov.br/Downloads/credenciamento-terceiros-engenharia/COT_AnalEmprFAReMercado_FEV2015.pdf> Acesso em: jun/2019.

CSILLAG, J. M. Análise do valor: metodologia do valor. Atlas, 1985

DELL'ISOLA, A. Value Engineering: Practical Applications for Design, Construction, Maintenance and Operations. Kingston, Mass: RSMeans, 1997

COOPER, R.; SLAGMULDER, R. Target Costing and Value Engineering. Portland, Or.: Montvale, N.J: Productivity Press, 1997.

GUADANHIM, S. J.; HIROTA, E. H.; LEAL, J. G. Análise da aplicabilidade do custeio-mota na etapa de concepção de empreendimentos habitacionais de interesse social. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 39-56. 2011.

JESUS, P. M. Vivienda social de mercado: confluencia entre Estado, empresas constructoras y capital financiero Infonavit, L. Shimbo. UAEMEX, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, México (2012), 247. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, v. 2016, p. 168-170, 2014.

LUKKA, K. The constructive research approach. Case study research in logistics. Turku School of Economics and Business Administration, p. 83-101, 2003

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. Decision Support Systems, v. 15, p. 251-266, 1995

MELO, R. SMELO, R. S. S.; GRANJA, A. Interorganizational cost management and its implications for target costing in construction. In: Annual conference of the International Group for Lean Construction, 20., San Diego, 2012. Proceedings... San Diego, 2012.

MELO, R. S.S. Guidelines for target costing introduction in the real estate products development process. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015

MILES, L. D.; STUKART, H. L.; MACHLINE, C.; MARMALDO, D. AV/EV: Análise de Valor/Engenharia de Valor. Itaipava, RJ: Intercultural, 1984:

MORAES, A.F.S. Realocação de custos para o aumento do valor entregue no desenvolvimento de produtos residenciais. 2017. 194p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017

MUNANKAMI, M. Development and Testing of Simulation (Game) to Illustrate Basic Principles of Integrated Project Delivery and Target Value Design: A First Run Study. 2012. Tese de Doutorado. Texas A&M University, Texas, 2012

RUIZ, J. A. Engenharia de valor na construção de edifícios : simulação de aplicações. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 139 p. 2011.

RUIZ, J. A., GRANJA, A. D., KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Cost reallocation in social housing projects considering the desired values of end-user. Built Environment Project and Asset Management. Vol. 4 Iss: 4, pp.352 – 367. 2014.

PENNANEN, A.; BALLARD, G.; HAAHTELA, Y. Target costing and designing to targets in construction. Journal of Financial Management of Property and Construction, v. 16, n. 1, p. 52-63, 2011.

OLIVA, C.; MELO, R.S.S.; GRANJA, A.D. Target Value Design na gestão do processo de projeto por meio de simulação: difusão de conceitos e reflexões teóricas. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 6, n. 1, p. 4-15, jan./mar. 2015. ISSN 1980-6809

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. Design Science Research Methods and Patterns Innovating Information and Communication Technology. Taylor & Francis Group, 244p, chapter 2, 2007

YOKOTA, A. A. et al. Abordagem da Engenharia de Valor como estratégia de redução de custos em projetos habitacionais de interesse social. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., Canela, 2010. Proceedings...Canela, 2010.

YOKOTA, A.A. Aplicação do Custo-Meta no processo de projeto em habitação de interesse social. 2015. 202p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

Anexos

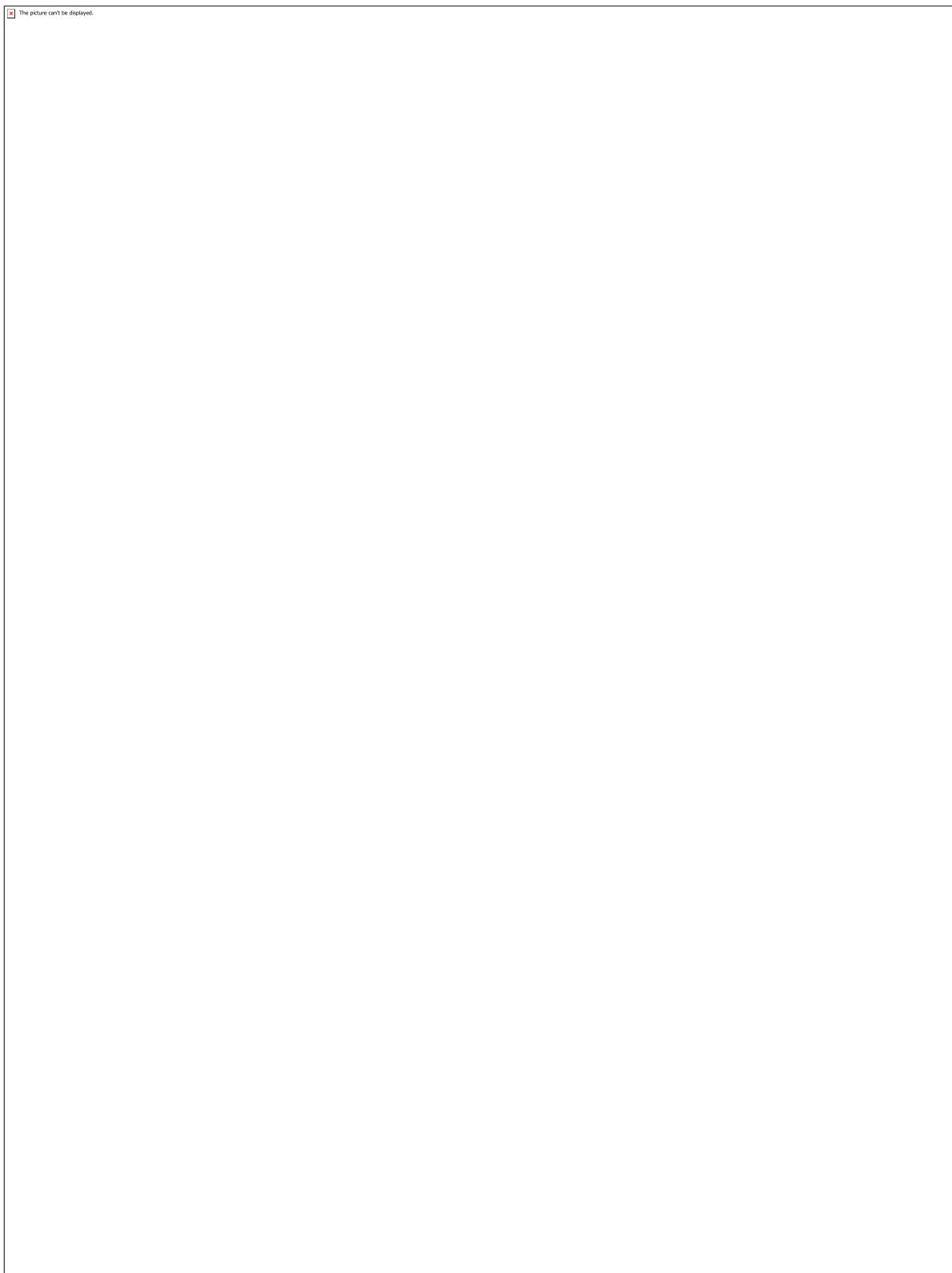


Figura 1: Material que foi entregue aos projetistas

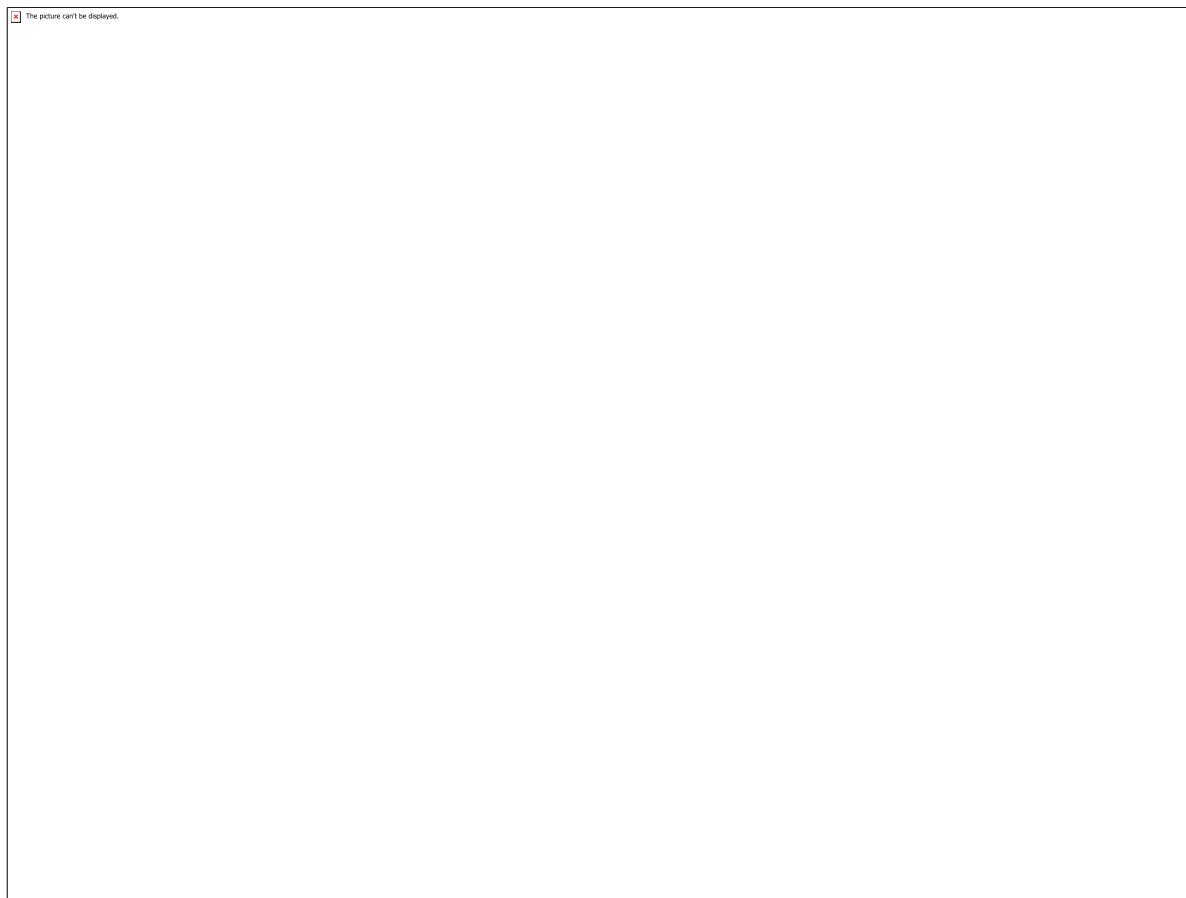


Figura 2: Kit de fabricação das torres

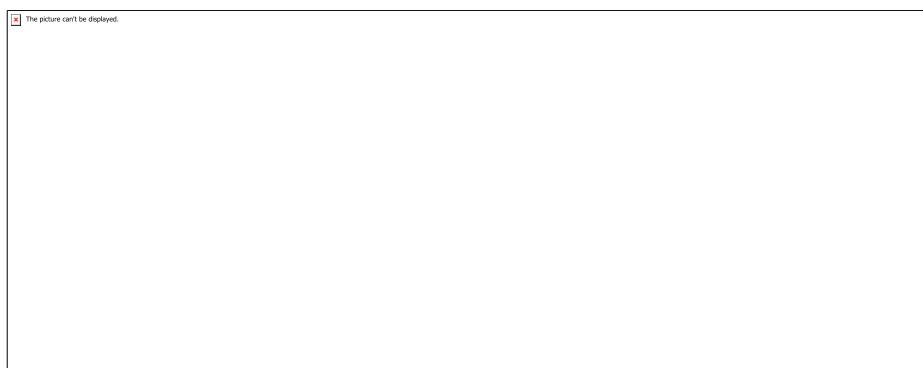


Figura 3: Tabela de custos dos materiais

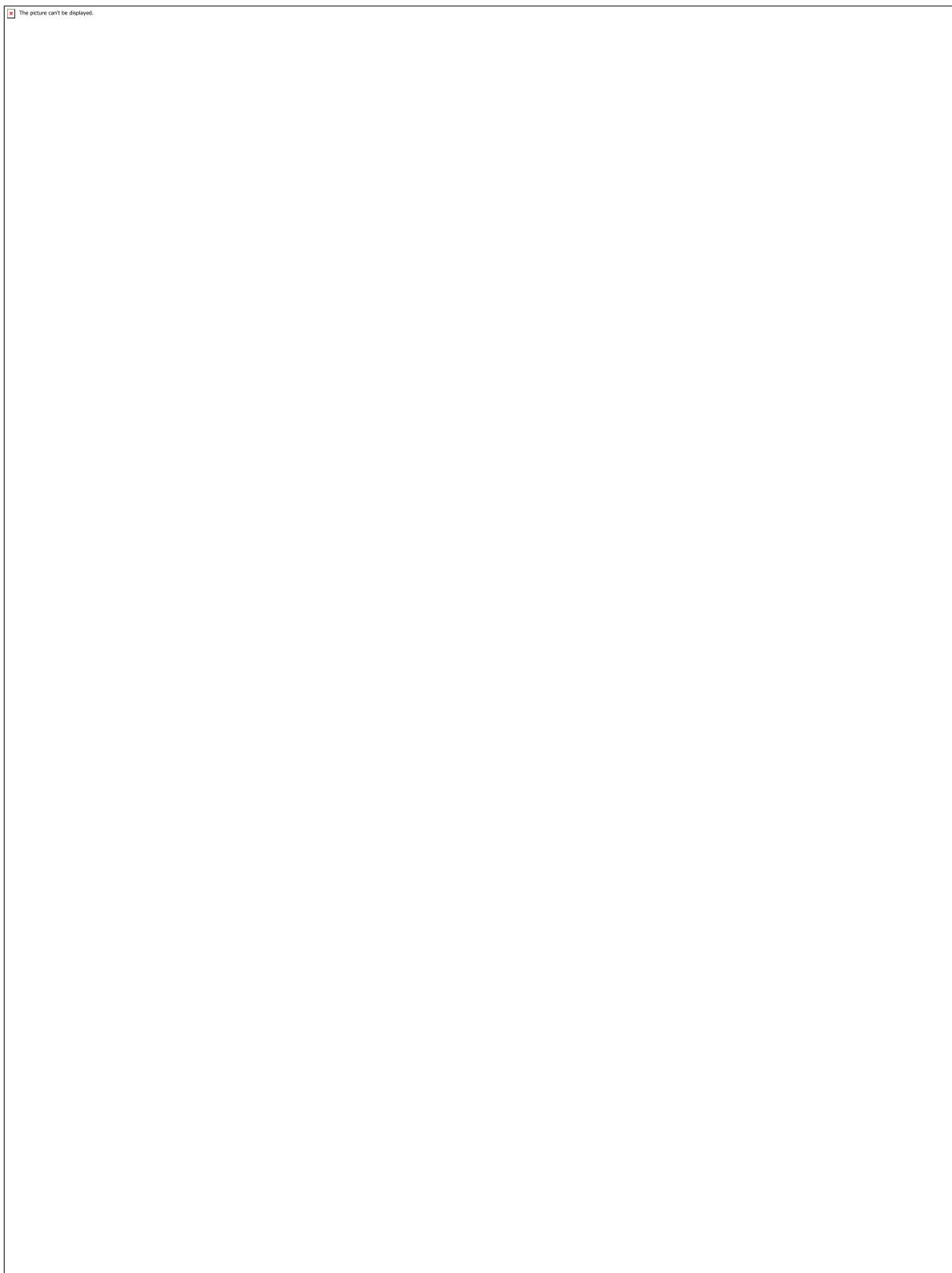


Figura 4: Torre da primeira rodada

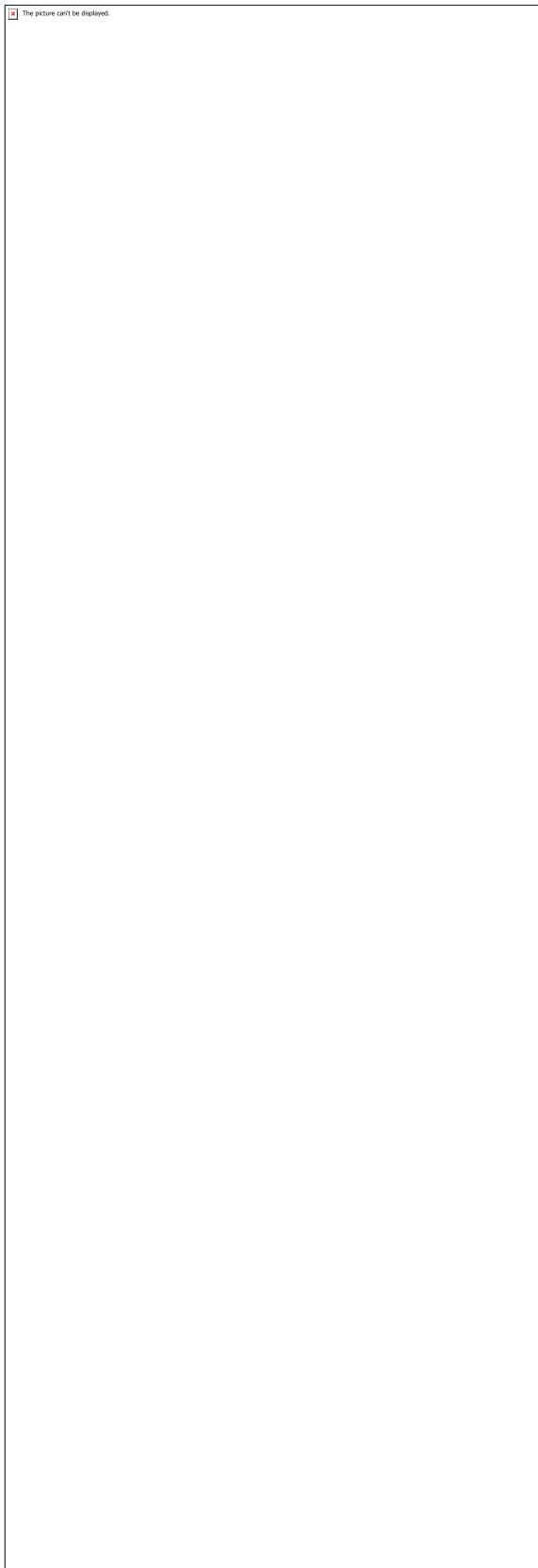


Figura 5: Torre da segunda rodada

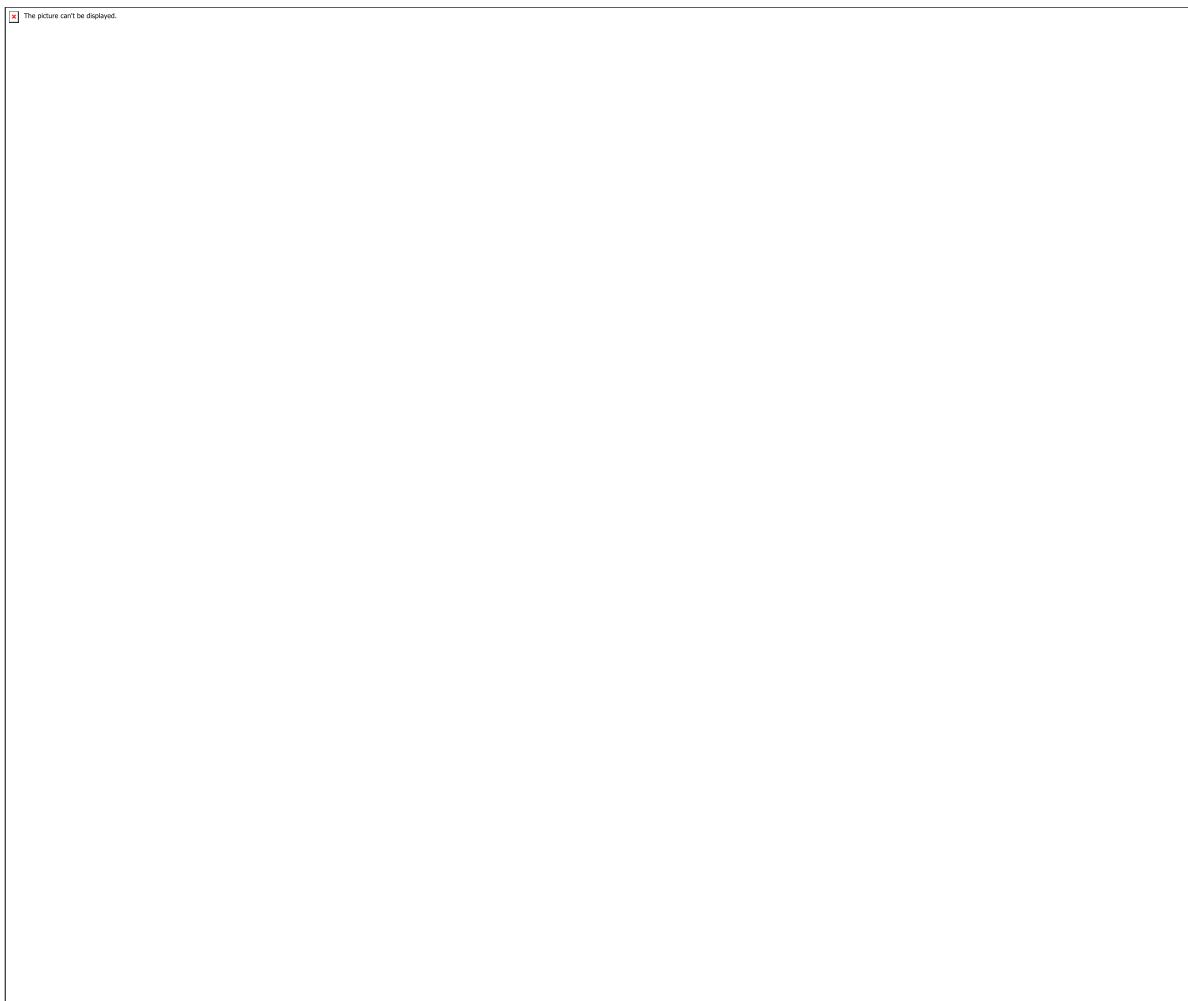


Figura 6: Divisão dos compartimentos da casa

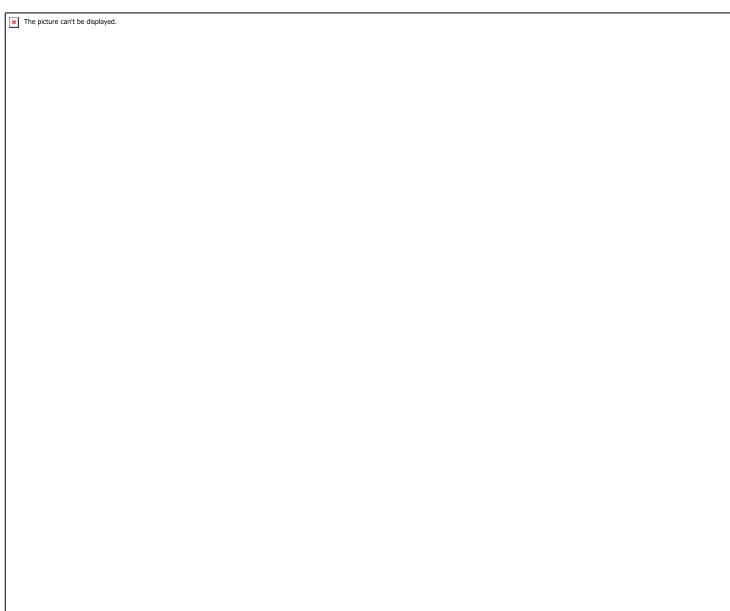


Figura 7: Custos por compartimento

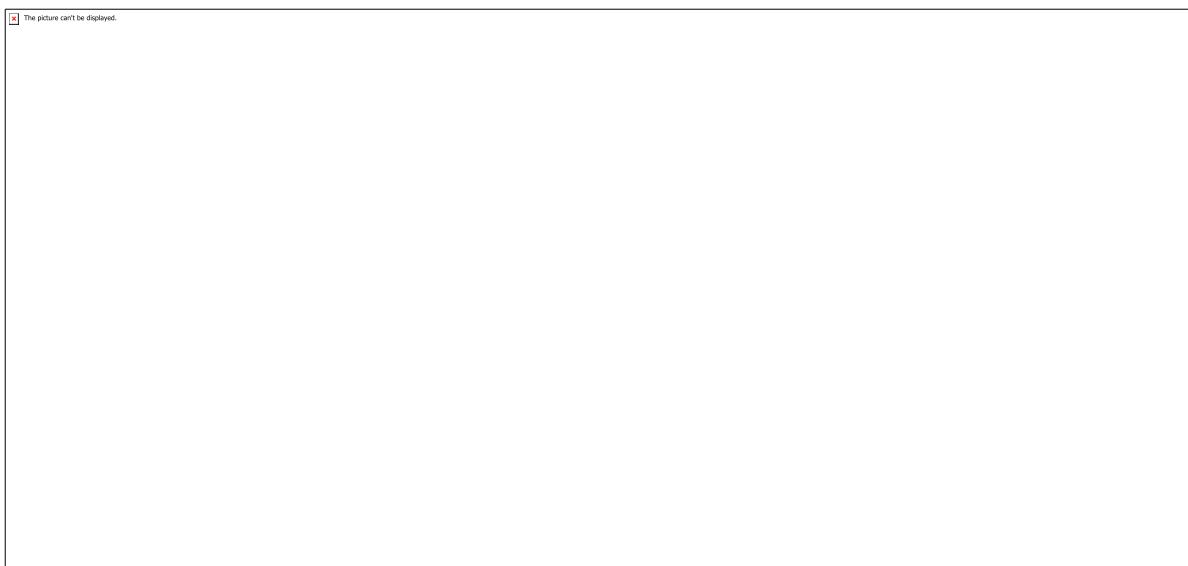


Figura 8: Comparação par a par dos compartimentos

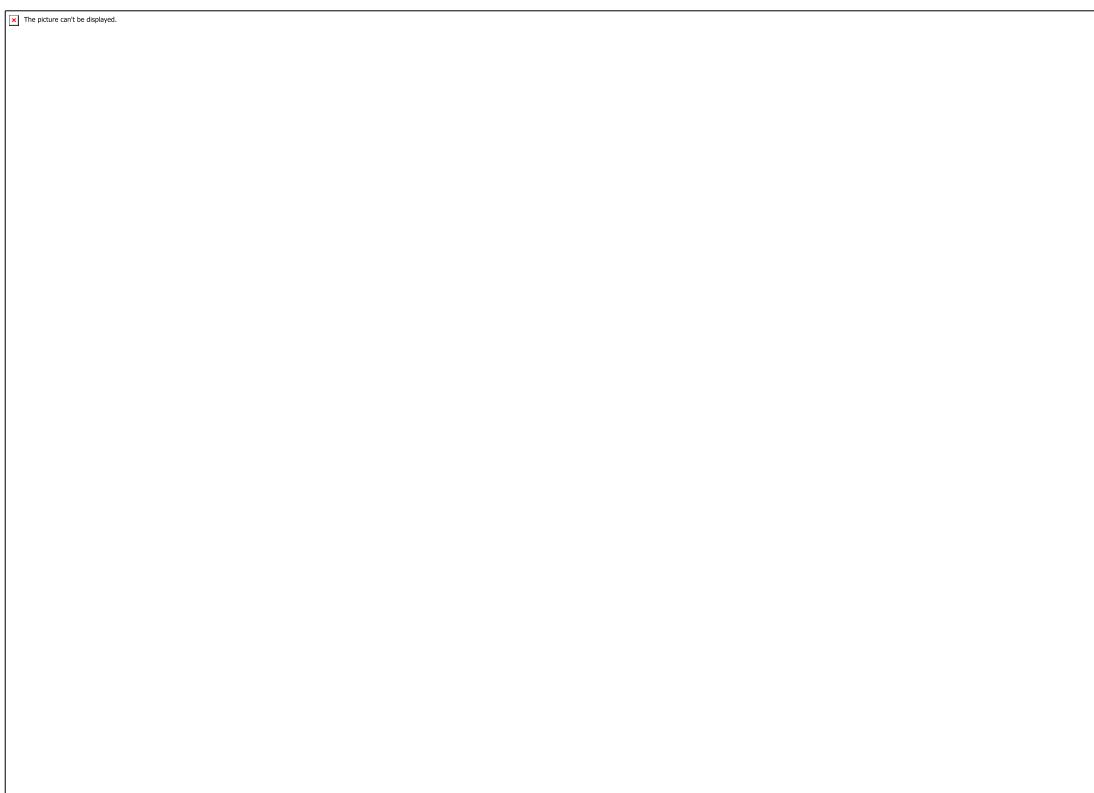


Figura 9: Tabela consumo de recursos e necessidades relativas

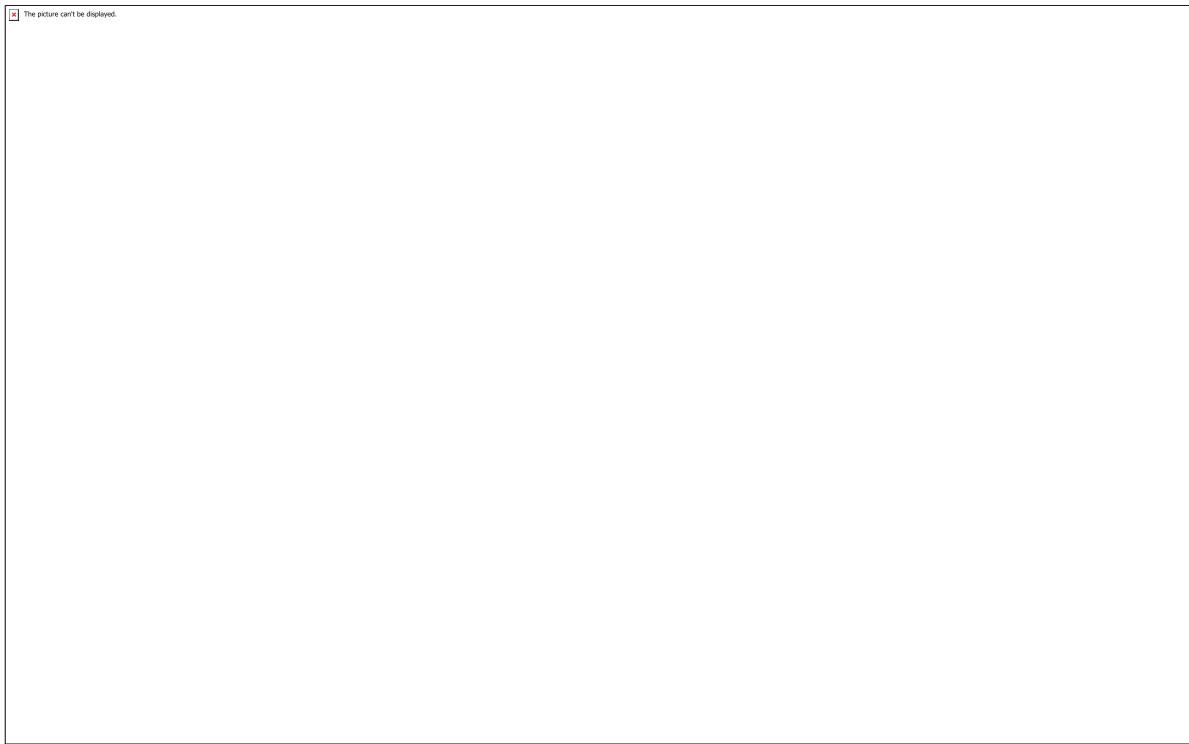


Figura 10: Resultado gráfico COMPARE



Figura 11: Diagnóstico Financeiro

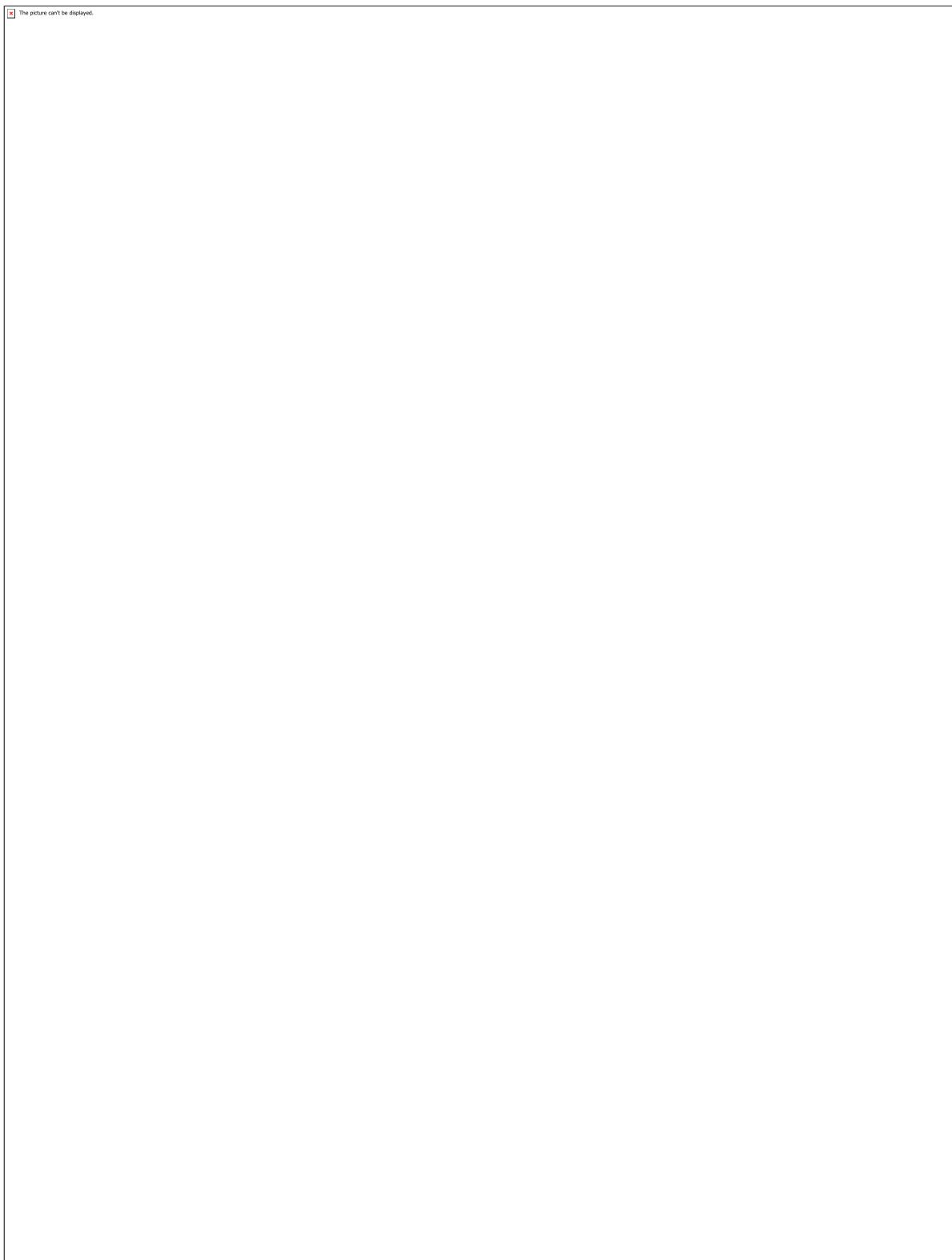


Figura 12: Projeto final adaptado

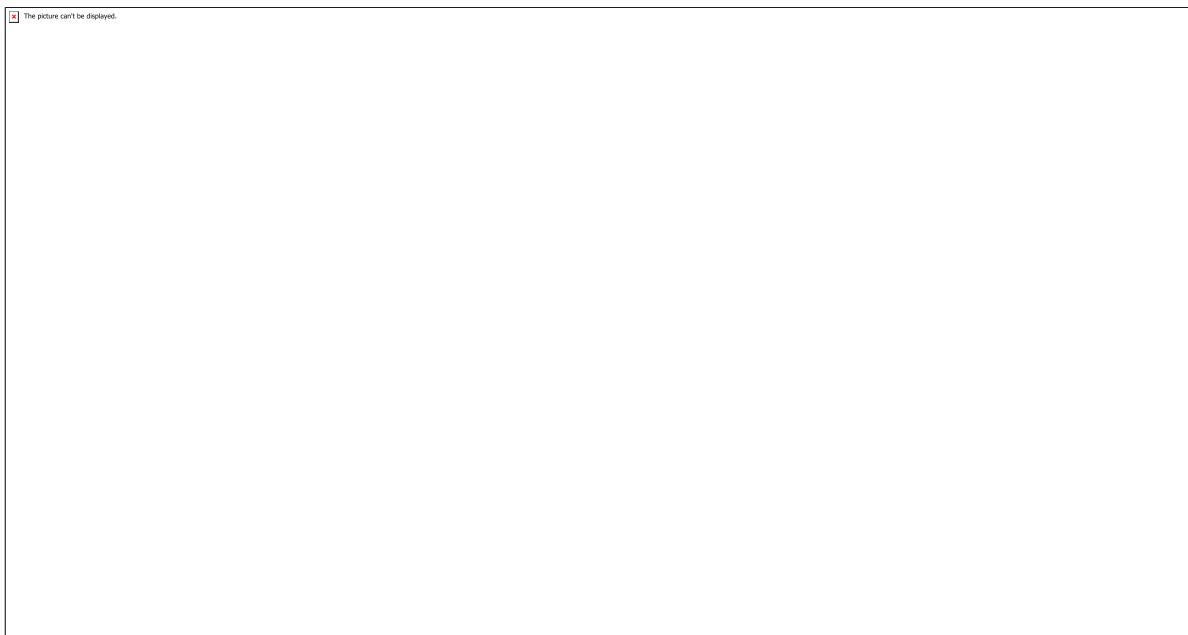


Figura 13 : Custo dos compartimentos do projeto final

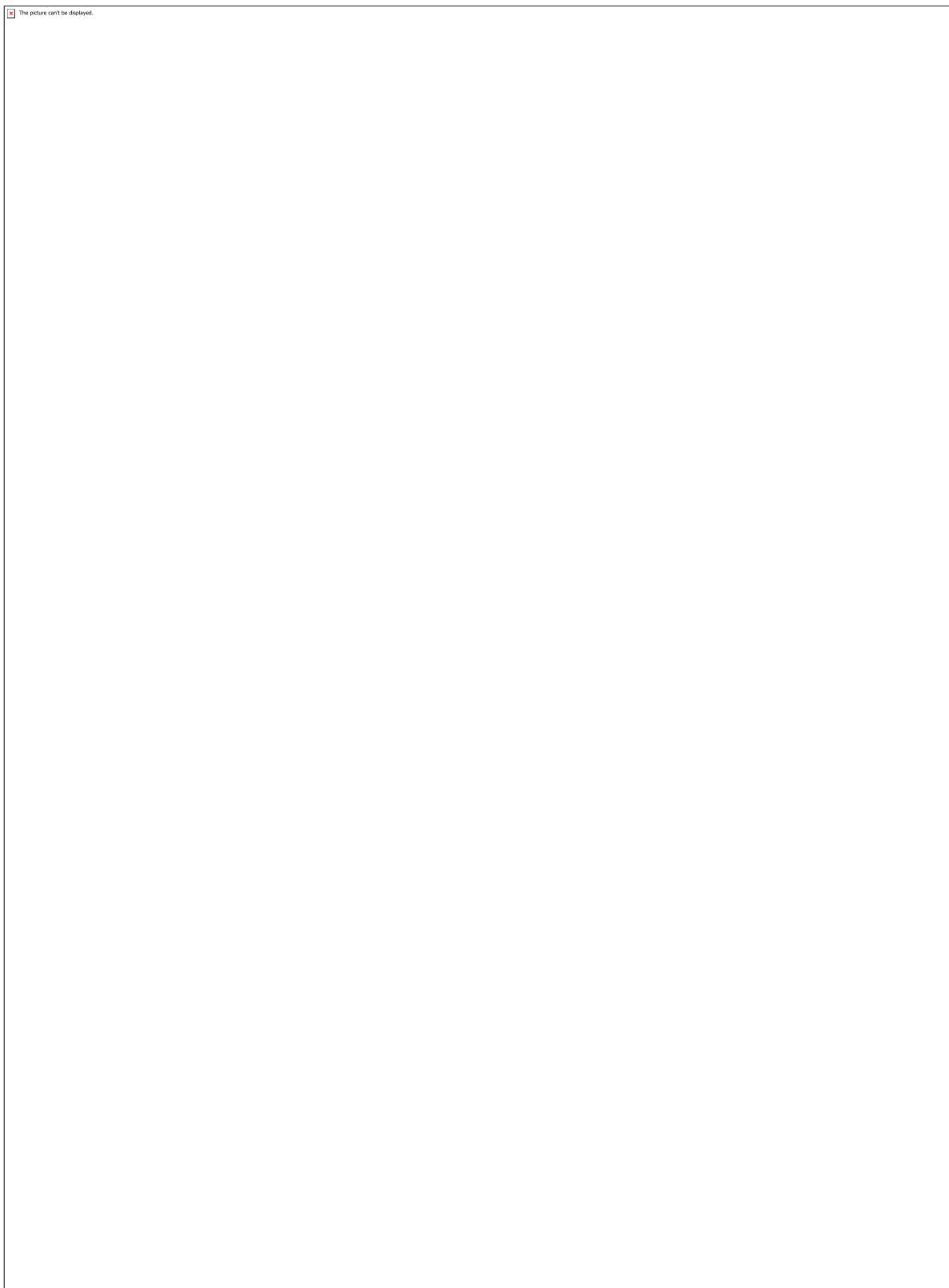


Figura 14: Método para realocação de custos com inclusão da análise de funções

CÓDIGO: ET0575**AUTOR:** ELIDA MEDEIROS MACEDO**ORIENTADOR:** MAURICIO ROBERTO BOMIO DELMONTE**TÍTULO:** Síntese e estudo das propriedade fotocatalíticas do PbMoO₄**Resumo**

A pesquisa é uma oportunidade de conhecer, descobrir e entender um determinado material. A Ciéncia dos Materiais no âmbito da pesquisa propõe a interpretação dos dados, para assim podermos determinar as propriedades de um determinado material e sua aplicabilidade. Novos materiais são estudados a várias décadas, destacam-se a família dos molibdatos, com fórmula geral AMoO₄ e uma estrutura tipo scheelita, estes constituem uma classe importante de materiais funcionais nas áreas de conversão de energia e armazenamento, com aplicações fotocatalíticas. Neste relatório, foi investigado o molibdato de chumbo (PbMoO₄) como importante material óxido com propriedade óptica incluindo a fotoluminescência, aplicações determinantes para investigação sobre o composto puro. Os cristais de PbMoO₄ foram sintetizados pelo método de coprecipitação (CP) em diferentes temperaturas (10°C, 25°C, 40°C). Os mesmos foram caracterizados estruturalmente por intermédio de técnica de difração de raio x (DRX) e suas propriedades ópticas foram investigadas por intermédio das técnicas de espectroscopia de ultravioleta visível (UVVis) e de fotoluminescência (FL). As imagens de microscopia eletrônica de varredura de campo induzido (MEV-FEG) foram empregadas para observar as morfologias dos materiais. Medidas de UV-Vis evidenciaram um aumento nos valores de band gap (3,38 eV a 3,41 eV) com a diminuição da temperatura no processamento.

Palavras-chave: Fotoluminescência; Molibdato de chumbo; Coprecipitação.**TITLE:** Synthesis and study of photocatalytic properties of PbMoO₄**Abstract**

Research is an opportunity to know, discover and understand a certain material. The science of materials in the scope of the research proposes the interpretation of the data, so we can determine the properties of a particular material and its applicability. New materials have been studied for several decades, the family of Molybdates, with a general formula AMoO₄ and a scheelite type structure, constitute an important class of functional materials in the areas of energy and storage conversion, with Photocatalytic applications. In this report, lead molybdate (PbMoO₄) was investigated as an important optical-property oxide material including photoluminescence, determinant applications for research on the pure compound. The PbMoO₄ crystals were synthesized by the Coprecipitation method (CP) at different temperatures (10°C, 25°C, 40°C). They were structurally characterized by the technique of X-ray diffraction (XRD) and their optical properties were investigated by means of visible ultraviolet spectroscopy (UVVis) and photoluminescence (FL) techniques. The electron microscopy images of induced field scanning (SEM-FEG) were employed to observe the morphologies of the materials. UV-Vis measurements showed an increase in band gap values (3.38eV to 3.41eV) with decreased temperature in processing.

Keywords: photoluminescence; Lead molybdate; Coprecipitation.

Introdução

Nos últimos anos, muitos pesquisadores têm destinado seus estudos para as propriedades fotoluminescentes em diferentes materiais, tanto orgânicos quanto inorgânicos, os quais despertam interesse da comunidade científica. O estudo, a investigação e descoberta de materiais semicondutores com propriedades ópticas ativas, tais como: fotoluminescência (FL), eletroluminescência (EL) e propriedades ópticas não lineares, podem levar ao desenvolvimento de novos dispositivos eletroeletrônicos com desempenho superior aos atuais. [1-3]

Aumentar estas propriedades é de grande importância para as grandes companhia da área de eletrônicos, devido à crescente demanda de gerar novas tecnologias e de aumentar a eficiência de dispositivos ou de equipamentos que possam suprir as necessidades da sociedade moderna.

A preparação de materiais por novas rotas pode acarretar na descoberta de características morfológicas distintas, que podem interagir e mudar as propriedades destes materiais, pois novas rotas químicas de preparação e processamento podem acarretar em uma redução na temperatura e no tempo de processamento, quando comparados com métodos convencionais. [4-5]

Para a obtenção de materiais cerâmicos, suas sínteses, normalmente envolvem tratamentos térmicos em temperaturas elevadas. Uma das possibilidades que pode ser utilizada é a rota de síntese em solução, que tem se mostrado um caminho adequado para a fabricação de materiais cerâmicos avançados com formas e tamanhos desejados. [6]

Deste modo, o método de síntese por coprecipitação tem se mostrado uma rota potencialmente atrativa para a produção de pós cerâmicos. [7] Nos últimos anos a coprecipitação para a síntese de materiais tem chamado atenção devido, principalmente, a sua versatilidade e baixo consumo de energia.

Neste trabalho foi estudado a obtenção do molibdato de chumbo ($PbMoO_4$), por coprecipitação, processando-o em diferentes temperaturas, avaliando suas propriedades estruturais, microestruturais, ópticas e photocatalíticas.

Metodologia

2.1) Síntese de Pós de Molibdato de Chumbo

Os sistemas propostos neste trabalho foram sintetizados pelo método de coprecipitação e tratados termicamente em um reator. Os reagentes utilizados para a síntese dos pós cerâmicos de molibdato de chumbo ($PbMoO_4$) e suas especificações encontram-se descritos na figura 1.

O procedimento experimental empregado para a síntese dos pós de $PbMoO_4$ foi realizado como demonstrado na Figura 2. Foram dissolvidos 5×10^{-3} mols de ácido molibídico [H_2MoO_4] (85% de pureza, Synth) e 5×10^{-3} mols de nitrato de chumbo [$(Pb(NO_3)_2)$] (99,5% de pureza, Merck) em 75 ml de água deionizada. Em seguida, 5 ml

de hidróxido de amônio (NH_4OH) (30% de NH_3 , Synth) foram adicionados à solução até o valor de pH estabilizar-se em 11. Após a estabilização do pH, a solução foi mantida sob agitação por intermédio de um equipamento de ultrassom durante o período de 30 min em temperatura ambiente.

2.2) Caracterização dos pós de molibdato de chumbo

2.2.1) Difração de raios X.

Dentre as técnicas de caracterização de materiais, a técnica de difração de raios X (DRX) é a mais indicada na determinação das fases cristalinas presentes nos materiais, permitindo acompanhar a evolução das fases e possibilitando a determinação de sua estrutura cristalina. As medidas de raios X foram realizadas por intermédio de um difratômetro. O equipamento foi operado sob as condições de 40kV e 150mA. A radiação utilizada para as medidas foi Cuk α ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$) e a taxa de varredura empregada foi de 0,02°/min para o intervalo de 2θ de 10° a 80°. Os difratogramas obtidos foram comparados com os padrões do arquivo JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) do material estudado.

2.2.2) Espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV-VIS)

As análises de espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) dos pós foram realizadas com um equipamento da marca Varian Cary, modelo 5G, com um comprimento de onda na faixa de 200 a 800 nm e programado para o modo de refletância difusa. O óxido de magnésio(MgO) foi adotado como material de referência. A partir dos resultados obtidos dos espectros de reflectância dos pós de PbMoO₄ foi possível estimar o valor de energia do “band gap” óptico desses materiais.

2.2.3) Cálculo do “Band Gap” Óptico

O “band gap” (Egap) foi calculado pelo método de Wood e Tauc [8]. Nesse método Egap está relacionado com a absorbância e a energia dos fótons e tem sido largamente empregado no estudo de novos compostos.

2.2.3) Fotoluminescência (FL)

A técnica de fotoluminescência é utilizada para analisar a distribuição espectral da radiação emitida por uma amostra após excitá-la com feixe de luz monocromático, geralmente um laser. Com o uso dessa técnica obtém-se informações sobre níveis eletrônicos e sobre a qualidade cristalina da amostra. Todavia, a técnica apresenta também uma alta sensibilidade que resulta do fato de que os fótons emitidos da amostra são observáveis diretamente, e um grande número de detectores, incluindo o olho humano, pode responder a um pequeno número de fótons. Experimentalmente, os espectros de fotoluminescência foram obtidos a temperatura ambiente em um monocromador Monospec 27 (Thermal Jarrel Ash, USA) acoplado a uma fotomultiplicadora R446 (Hanramatsu, Japan) com um laser de Argônio (Coherent Innova 90 K, USA) ($\lambda = 350,7 \text{ nm}$). Todas as medidas foram feitas à temperatura ambiente.

2.2.6) Medidas das atividades photocatalíticas

Os pós de molibdato de chumbo (PbMoO_4) sintetizados neste trabalho foram submetidos a testes de fotocatálise para que as suas propriedades fotocatalíticas fossem avaliadas mediante a utilização do corante rodamina B (RhB) [$\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{ClN}_2\text{O}_3$] (99,5% de pureza, Mallinckrodt,) para a degradação sob iluminação ultravioleta (UV). Neste caso, foram pesados 50 mg dos pós de PbMoO_4 usados como catalisador e adicionados em um bêquer (capacidade máxima de 250 mL) onde, em seguida, foi acrescentado 50 mL da solução de rodamina B (RhB - 1×10^{-5} mol / L), com pH = 4.

Antes do processo de iluminação ultravioleta, as suspensões foram colocadas em agitação por 10 min em um ultrassom modelo 1510 (Branson, EUA - frequência de 42 kHz) e deixadas no escuro durante 5 minutos, a fim de permitir a absorção de RhB nos catalisadores.

Na sequência, a solução foi colocada dentro da caixa de fotodegradação a 20°C e iluminada por seis lâmpadas UV (Philips TUV, 15 W - intensidade máxima a 254 nm). Foram retirados 3 mililitros destas soluções em intervalos de 20 minutos, colocados em tubos de plástico (Falcon) e centrifugados a 9000 rpm durante 10 minutos para separar o precipitado (cristais de PbMoO_4) da fase líquida. Por último, foram realizadas medidas de absorção na região do ultravioleta visível (UV– vis) destas soluções a fim de monitorar as variações na banda de absorção máxima das mesmas, usando um espectrofotômetro, marca JASCO V-660.

Resultados e Discussões

3.1) Difração de Raios X

A técnica de difração de raios X possibilitou acompanhar a formação das fases cristalinas do molibdato de chumbo (PbMoO_4) e sua cristalização de acordo com a temperatura de processamento. Os padrões de difração de raios X das amostras sintetizadas pelo método de coprecipitação são apresentados na Figura 3. Todas as difrações detectadas foram indexadas como estrutura cristalina tetragonal do tipo scheelita o qual está de acordo com o respectivo “Joint Committee on Powder Diffraction Standards” (JCPDS) No. (44-1486).

Os fortes e intensos picos de difração indicam que os pós de PbMoO_4 são cristalinos, apresentam uma periodicidade em suas estruturas cristalinas sugerindo, desta forma que o material é estruturalmente ordenado a longa distância.

3.2) Espectroscopia na região do Ultravioleta Visível (Uv – Vis)

Foram realizadas medidas de espectroscopia de (Uv – Vis) no modo de Refletância Difusa para determinar a energia de “gap” (Egap) dos pós de PbMoO_4 em função do aumento da temperatura, e da análise da resposta da intensidade da emissão fotoluminescente. Os dados de refletância foram convertidos para absorbância, obtendo-se então um gráfico de absorbância versus energia (eV) mostrados nas figuras 4 (10°C, 25°C, 40°C). O “band gap” óptico (Egap) foi estimado pelo método de Wood e Tauc, pois, de acordo com os autores, o “band gap” óptico é associado com a absorbância e a energia do fóton. Neste caso, os valores (Egap) para os pós de PbMoO_4 foram calculados extrapolando a região linear da curva.

Os resultados obtidos de band gap dos materiais de molibdato de chumbo, sintetizados por coprecipitação em diferentes temperaturas, estão em acordo com trabalhos publicados na literatura. Na própria literatura está bem definido que os valores correspondentes a Egap estão associados à presença de níveis intermediários de energia dentro do band gap dos materiais. Esses níveis de energia são dependentes do grau de ordem e desordem na sua rede. Portanto, o aumento na organização estrutural leva a uma redução dos níveis intermediários de energia e consequentemente aumentando o valor da Egap, que está relacionada a outros fatores tais como:

- método de preparação,
- forma do material; (por exemplo, um filme ou pó),
- morfologia da partícula,
- tratamento térmico,
- tempo de processo.

Todos esses demais fatores podem resultar em diferentes defeitos estruturais (vacâncias de oxigênio, distorções nas ligações, ângulos e diedros, defeitos intrínsecos superficiais ou interfaces, dentre outros), que apresentam capacidade de promover a formação de estados intermediários de energia dentro do “band gap” resultando em uma diminuição do mesmo. Deste modo, os resultados obtidos neste trabalho indicam que os pós de $PbMoO_4$ são estruturalmente ordenados a longa e a curta distância, o qual está em acordo com os resultados de DRX.

3.3) Fotoluminescência

Nas amostras de molibdato de chumbo foram realizadas medidas de fotoluminescência (FL) à temperatura ambiente. A Figura 5 ilustra o espectro de fotoluminescência (FL) para os pós de $PbMoO_4$ em temperatura ambiente sintetizados pelo método coprecipitação, em diferentes temperaturas, utilizando o comprimento de onda de excitação de 350,7 nm de um laser de íon argônio.

Observa-se nos espectros (Figura 5) que, à medida que a temperatura foi modificada nas sínteses, ocorreram variações na resposta luminescente (intensidade e região de intensidade máxima), que são atribuídas aos tipos de defeitos, assim como às diferentes densidades de defeitos, característicos para cada material, resultantes das condições reacionais.

A desordem em um material pode se manifestar de diversas maneiras, alguns exemplos são a desordem vibracional, a de spin, a de orientação (todas essas relacionadas à periodicidade da rede). A fotoluminescência aparece como uma poderosa técnica para mensurar certas nuances que surgem nas diversas escalas organizacionais.

3.4) Propriedades photocatalíticas do molibdato de chumbo

Os pós de molibdato de chumbo sintetizados neste trabalho foram submetidos a testes de photocatálise para que suas propriedades fossem avaliadas utilizando o corante rodamina B e iluminação ultravioleta (UV), em que foi medida a taxa de degradação do mesmo em relação ao tempo de exposição à luz.

Para os testes photocatalíticos, a fase inicial é muito importante e ela é uma técnica extremamente versátil para a degradação de contaminantes orgânicos. Neste processo, antes da luz ultravioleta atingir a fase líquida contendo a rodamina B (RhB) com os cristais de PbMoO₄, é necessário uma boa dispersão para o sistema.

Deste modo quando adicionou-se os 50 miligramas de PbMoO₄ e 50mL de Rodamina B (RhB) a um bêquer, em seguida, é levada ao ultrassom durante 10 minutos, para passar pelo processo de dispersão, acredita-se ser este o passo fundamental para que se adquira um perfeito equilíbrio de adsorção e dessorção no sistema. Em seguida a caixa de fotocatálise em que foi mantida a solução em agitação durante 20 minutos, ressaltando que a mesma se encontra sem nenhuma luz no interior da caixa, e ao passar dos 5 minutos a primeira alíquota de 3 ml foi coletada.

Durante todas as fases, a solução de RhB foi mantida a 20 ° C por meio de um banho termostático. Após este procedimento as seis luzes ultravioletas foram acionadas para o início da fotocatálise. A partir do momento que o sistema passa pelo processo de irradiação ultravioleta, ocorre a excitação dos cristais de PbMoO₄, acarretando na absorção das moléculas da rodamina B nas superfícies dos cristais.

As figuras a seguir, apresentam o progresso da degradação photocatalítica do corante rodamina B (RhB) sobre a iluminação ultravioleta (UV), em que os microcristais de PbMoO₄ processados em diferentes condições, são empregados.

Todas as Figuras revelaram uma redução significativa do espectro de absorção máxima de rodamina B (RhB) durante o processo de fotodegradação. Antes da irradiação, a (N,N,N', N' - tetraetil rodamina - RhB) apresenta uma banda com o máximo de absorção em 554 nm. A descoloração do corante RhB ocorre devido a um ataque oxidativo por uma das espécies de oxigênio ativo no grupo N-etílico. [8]. Nenhum deslocamento na absorção máxima foi verificado no espectro, o que sugere que não há a formação de produtos secundários durante o processo de fotodegradação, tais como: N,N,N' trietil rodamina $\lambda = 539$ nm),, a N,N dietil rodamina ($\lambda = 522$ nm), a N-etil rodamina ($\lambda = 510$ nm) e a Rodamina ($\lambda = 498$ nm) [9]. Deste modo, acredita-se que uma elevada porcentagem de RhB foi destruída ou fotodegradada sob iluminação com luz UV para todos os sistemas testados com os diferentes pós de PbMoO₄ utilizados.

As figura 7 ilustram os melhores tempos de degradação para o molibdato de chumbo. Foi verificado se o sistema apresentava fotólise da rodamina B, ou seja, à dissociação de moléculas orgânicas complexas através da iluminação ultravioleta baseando-se no maior tempo de degradação para as amostras de molibdato de chumbo, sendo que nesse caso foi o tempo de 100 minutos para o sistema PbMoO₄ sintetizado na temperatura de 25°C e 40°C, assim a rodamina B foi coletada de 20 em 20 minutos até o tempo total de 100 minutos. A degradação mostrou que não houve grande concentração no sistema que praticamente se manteve constante.

Conclusão

Os Pós de molibdato de chumbo com estrutura do tipo scheelita foram obtidos pelo método de coprecipitação em diferentes temperaturas (10°C a 40°C), sem a adição de surfactantes.

Suas propriedades estruturais foram analisadas e mostraram que o molibdato de chumbo, apresentou ordenamento a longa e curta distância, independente do método de obtenção assim como da temperatura de processamento.

A análise das suas propriedades ópticas indicou que o material apresenta a presença de níveis de energia intermediários dentro do “band gap”.

E com base nos mecanismos fotocatalíticos, assume-se que os defeitos na superfície do cristal e a estrutura eletrônica dos clusters distorcidos e ordenados que o PbMoO_4 apresenta, desempenham um papel importante para o processo de catálise e para suas propriedades fotocatalíticas.

Referências

- [1] G. BLASSE., B. C. GRABMAIER. Luminescent Materials, Vol. único, 1a. ed. editora., Springer, Berlin, 1994.
- [2] D. Kan, et al. Blue luminescence from electron-doped SrTiO_3 . Appl. Phys. Lett. 2006, 88.
- [3] T. HASEGAWA, et al. Localizing nature of photo-excited states in SrTiO_3 J. Lumines. 87-9, 2000, 1217.
- [4] F. MONTONCELLO, et al. Near-infrared photoluminescence in titania: evidence for phonon-replica effect. J. Appl. Phys. 94, 2003, 1501.
- [5] S. OKAMOTO., H. YAMAMOTO. Luminescent properties of praseodymium-doped alkaline-earth titanates. J. Lumines. 2003, 102, 2003, 586.
- [6] A.P.A.MARQUES, et al. Photoluminescence properties of BaMoO_4 amorphous thin films. Solid State Chem. 178, 2005, 2346.
- [7] T. Thongtem, A. Phuruangrat, S. Thongtem, Mater. Lett. 62 2007, 454.
- [8] Y. Zhao, et al. Highly enhanced degradation of dye with well-dispersed TiO_2 nanoparticles under visible irradiation. J. Alloys Compd. 440, 2007, 281.

Anexos

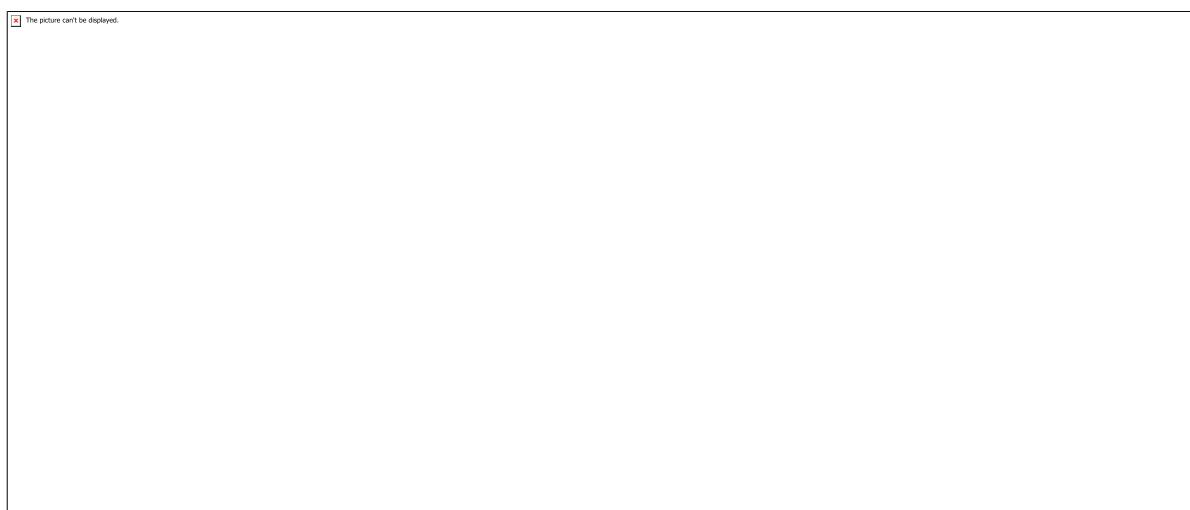


Figura 1: Especificações dos reagentes utilizados na preparação dos pós de PbMoO_4 .

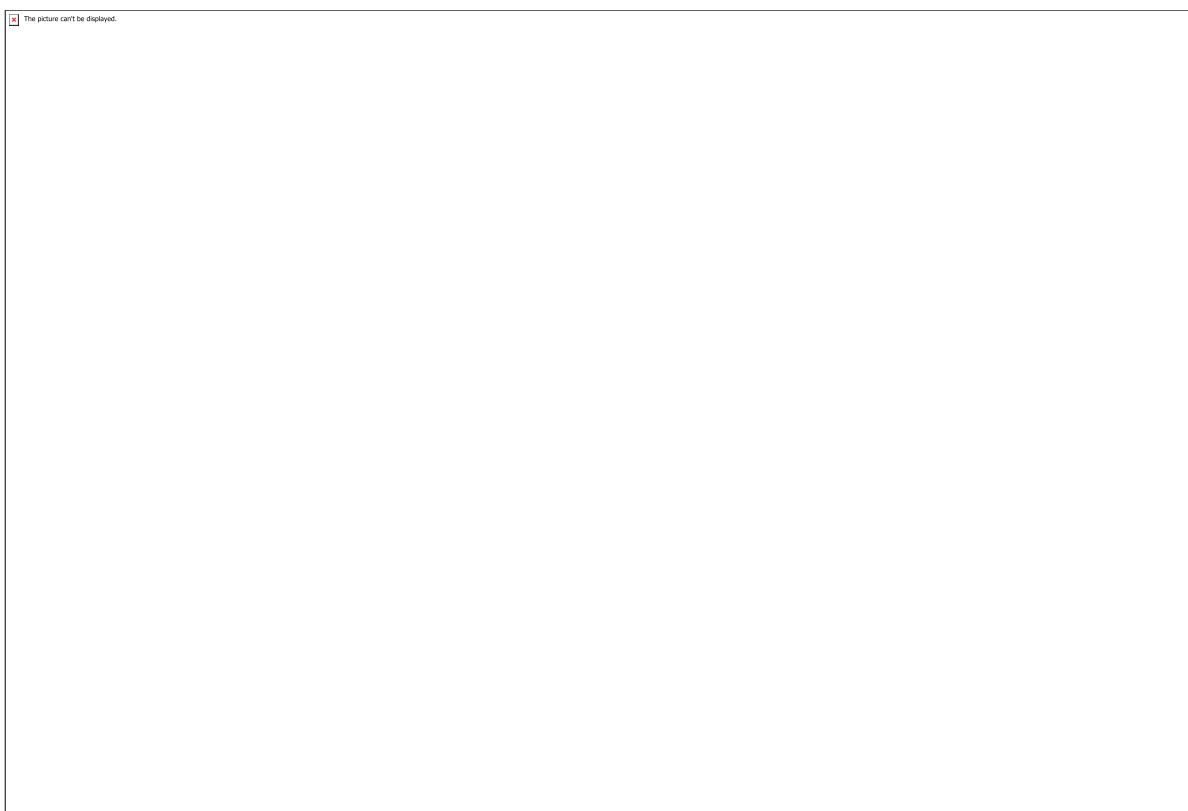


Figura 2: Fluxograma de preparação dos pós cerâmicos molibdato de chumbo.

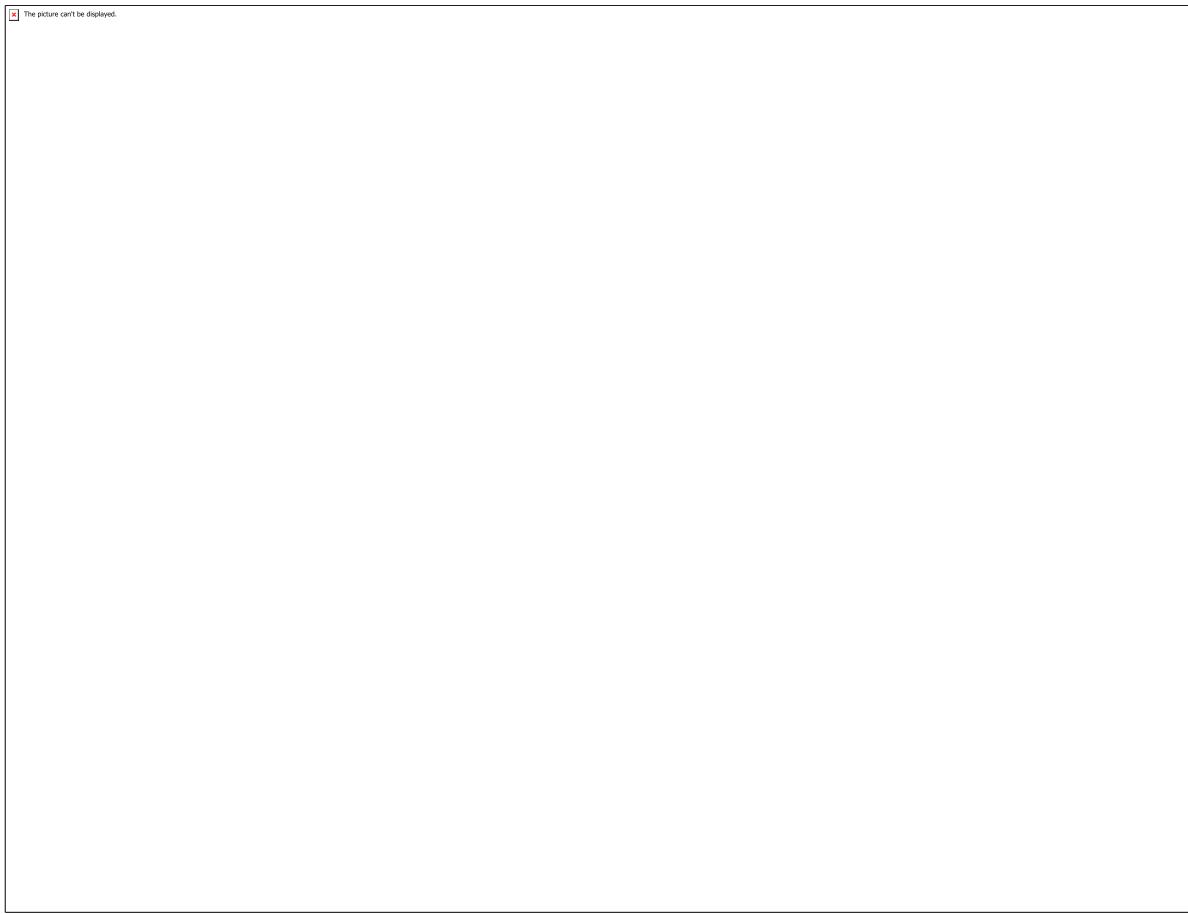


Figura 3: Difratograma de raios X dos materiais de PbMoO_4 sintetizados pelo método de coprecipitação.

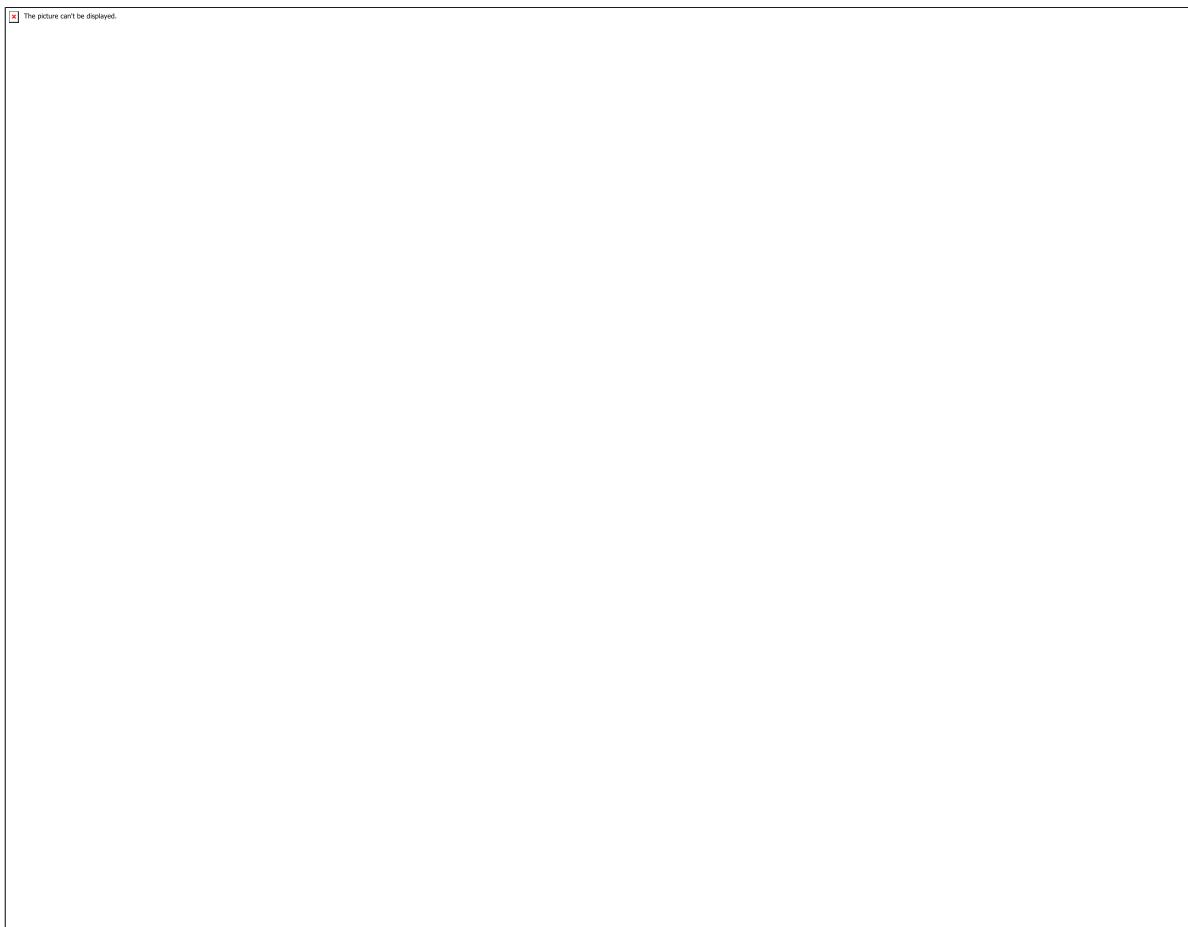


Figura 4: Espectros de absorbância x energia (eV) do “Gap” óptico experimental obtidos pelo método de Wood e Tauc dos compostos de PbMoO_4 obtidos por coprecipitação, em diferentes temperaturas.

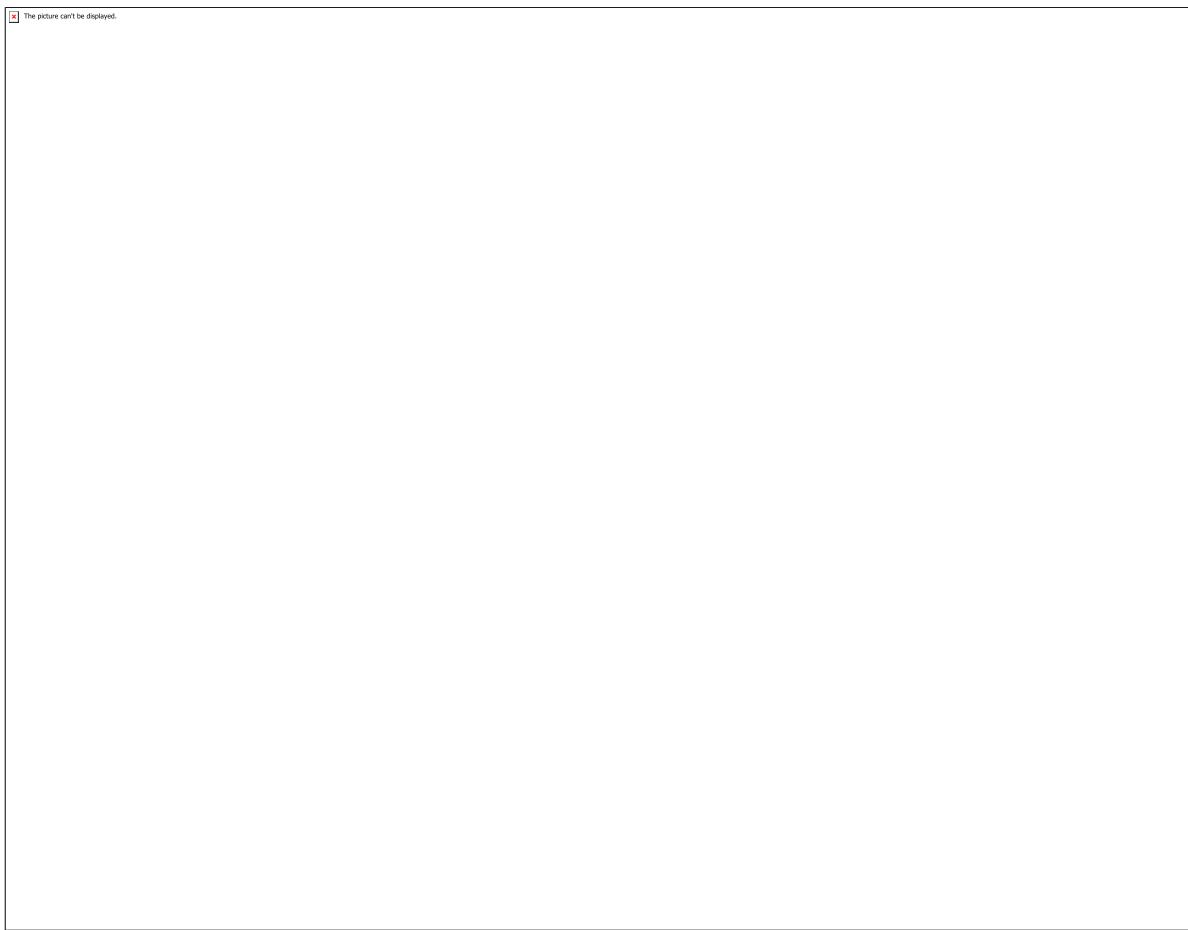


Figura 4: Espectros de absorbância x energia (eV) do “Gap” óptico experimental obtidos pelo método de Wood e Tauc dos compostos de PbMoO_4 obtidos por coprecipitação, em diferentes temperaturas.

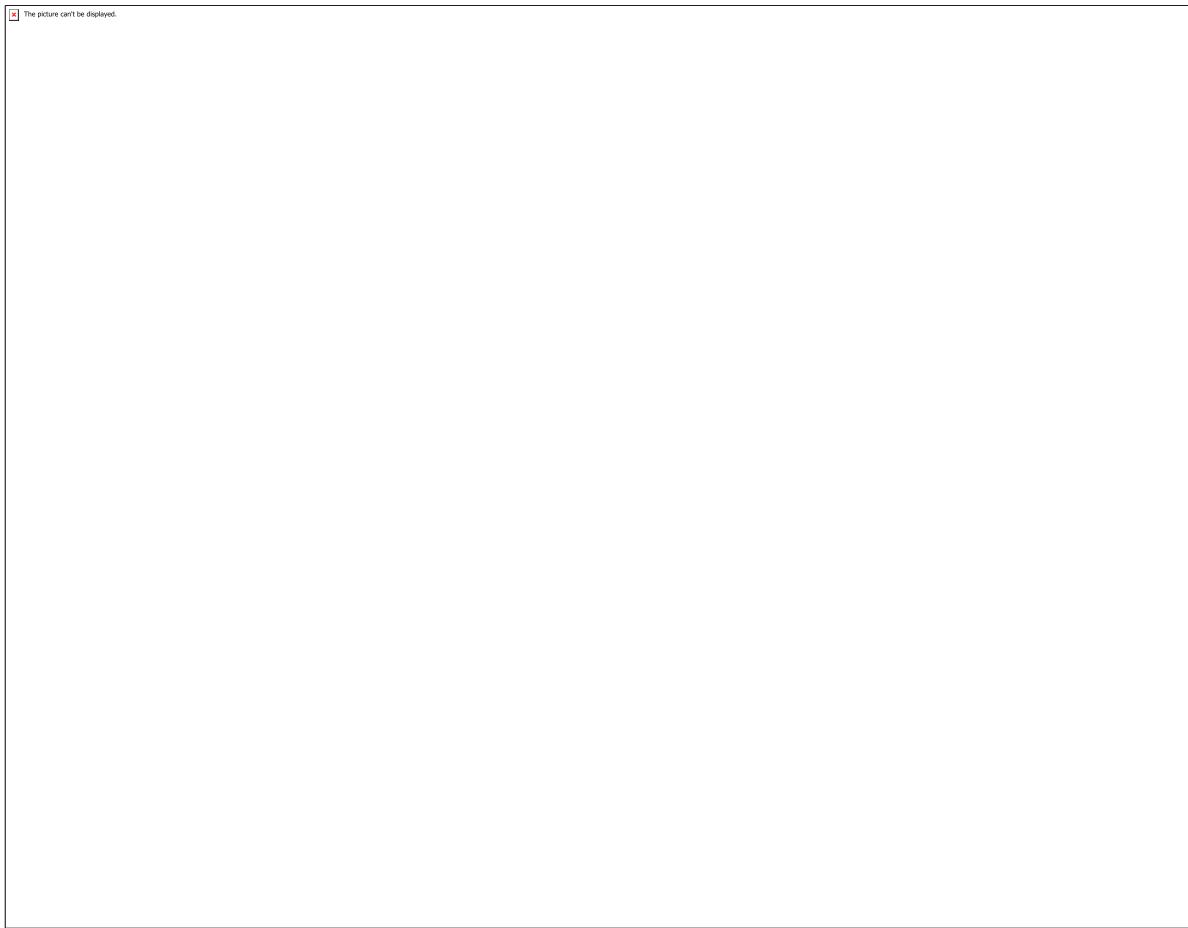


Figura 4: Espectros de absorbância x energia (eV) do “Gap” óptico experimental obtidos pelo método de Wood e Tauc dos compostos de PbMoO_4 obtidos por coprecipitação, em diferentes temperaturas.

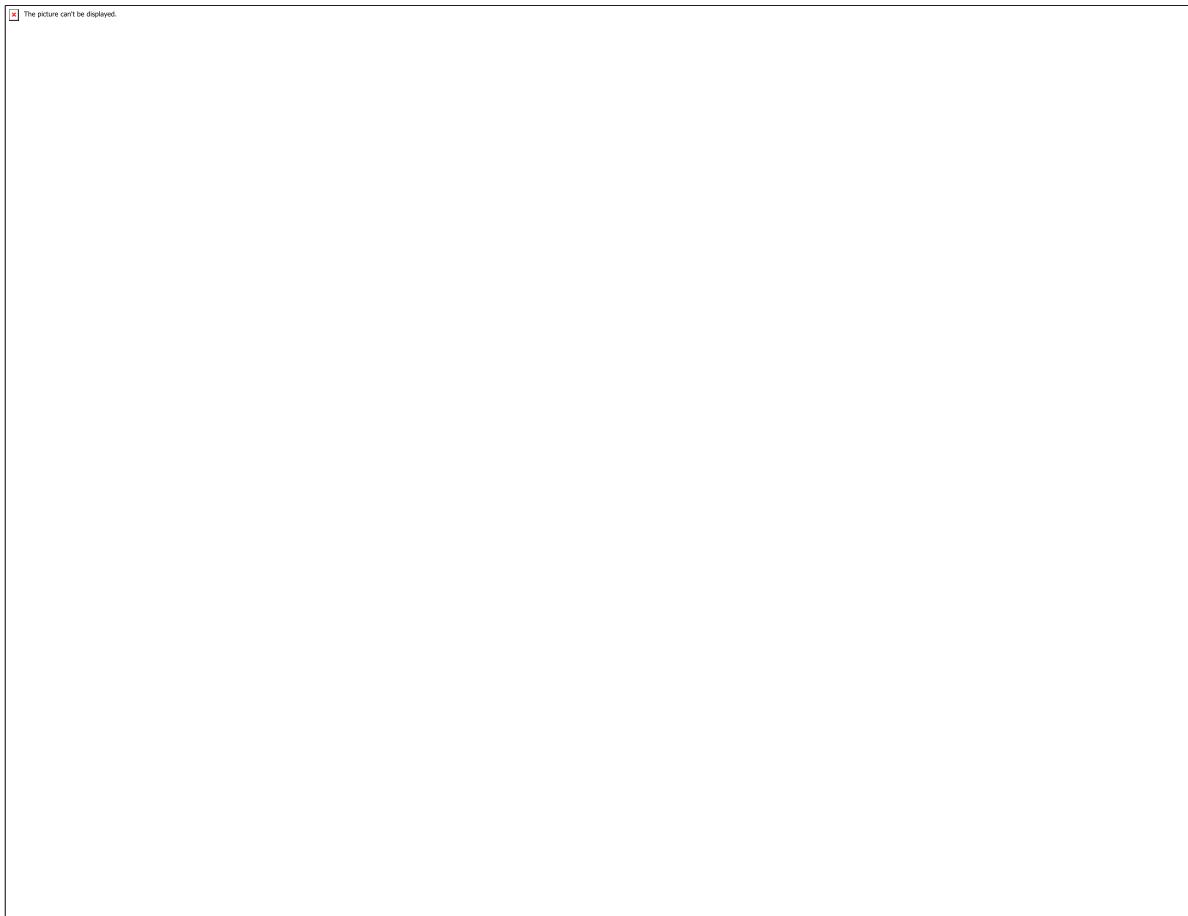


Figura 5: Espectros de FL para os pós de PbMoO_4 por coprecipitação, com excitação no comprimento de onda de 350,7 nm.

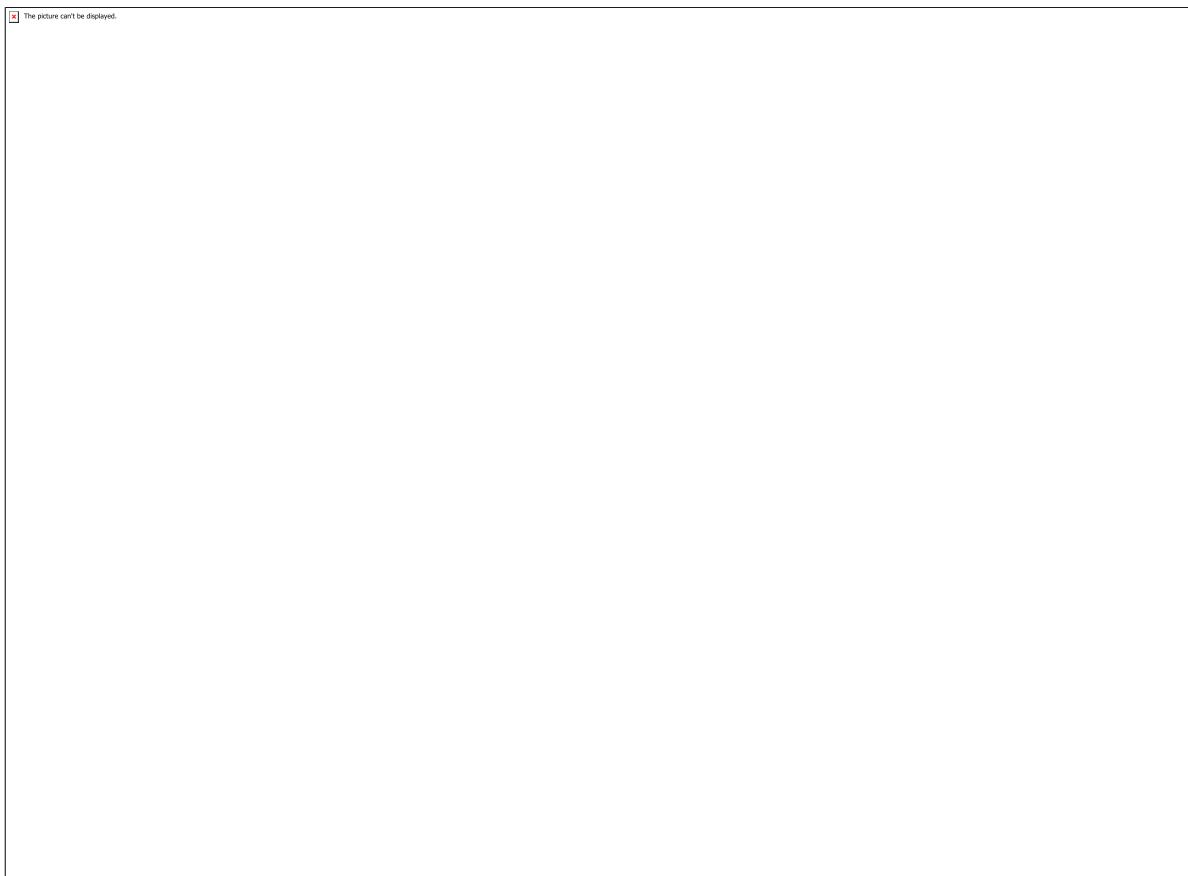


Figura 6:(25°C, 40°C, 10°C) evolução do progresso de degradação fotocatalítica do corante rodamina B (RhB) para os pós de PbMoO₄.

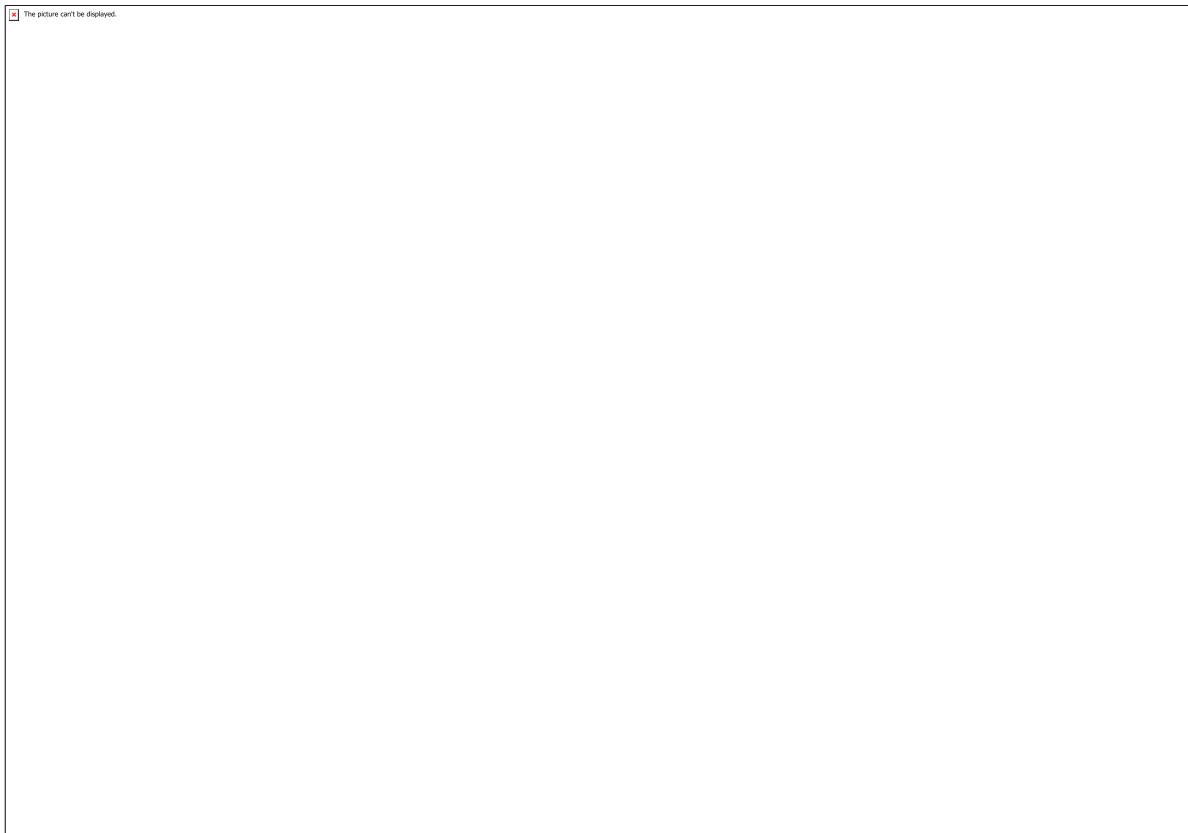


Figura 6:(25°C, 40°C, 10°C) evolução do progresso de degradação fotocatalítica do corante rodamina B (RhB) para os pós de PbMoO₄.

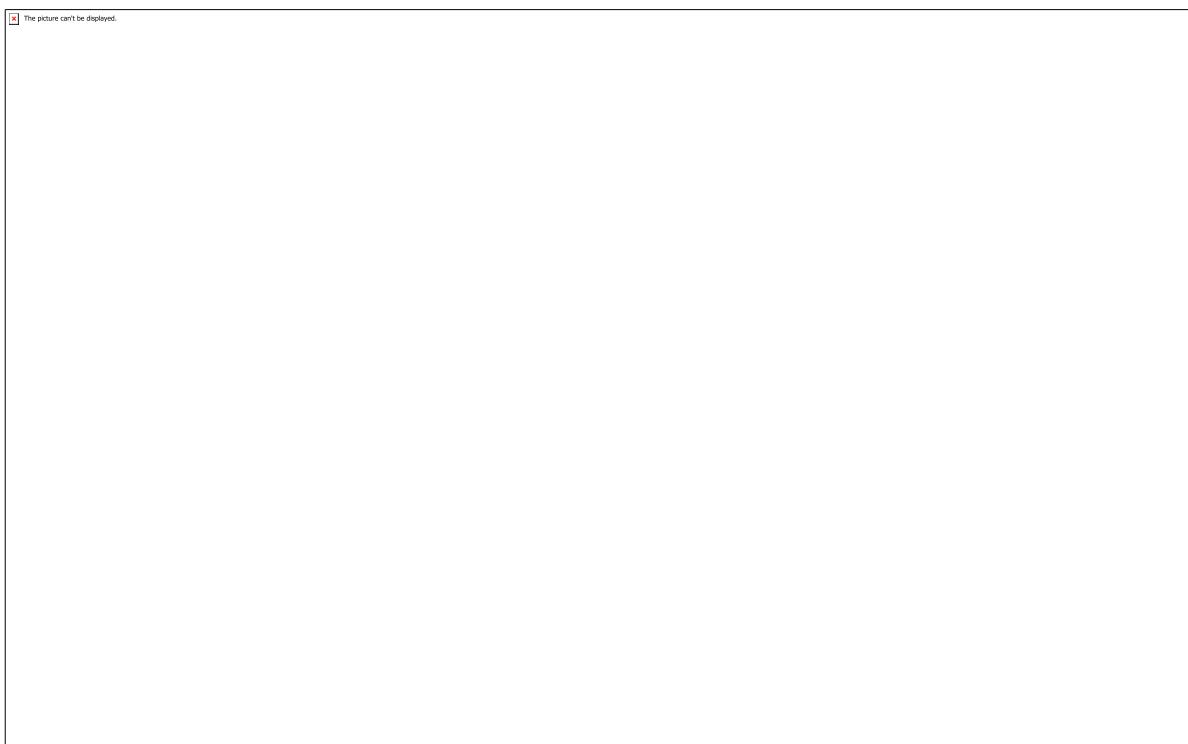


Figura 6:(25°C, 40°C, 10°C) evolução do progresso de degradação fotocatalítica do corante rodamina B (RhB) para os pós de PbMoO₄.

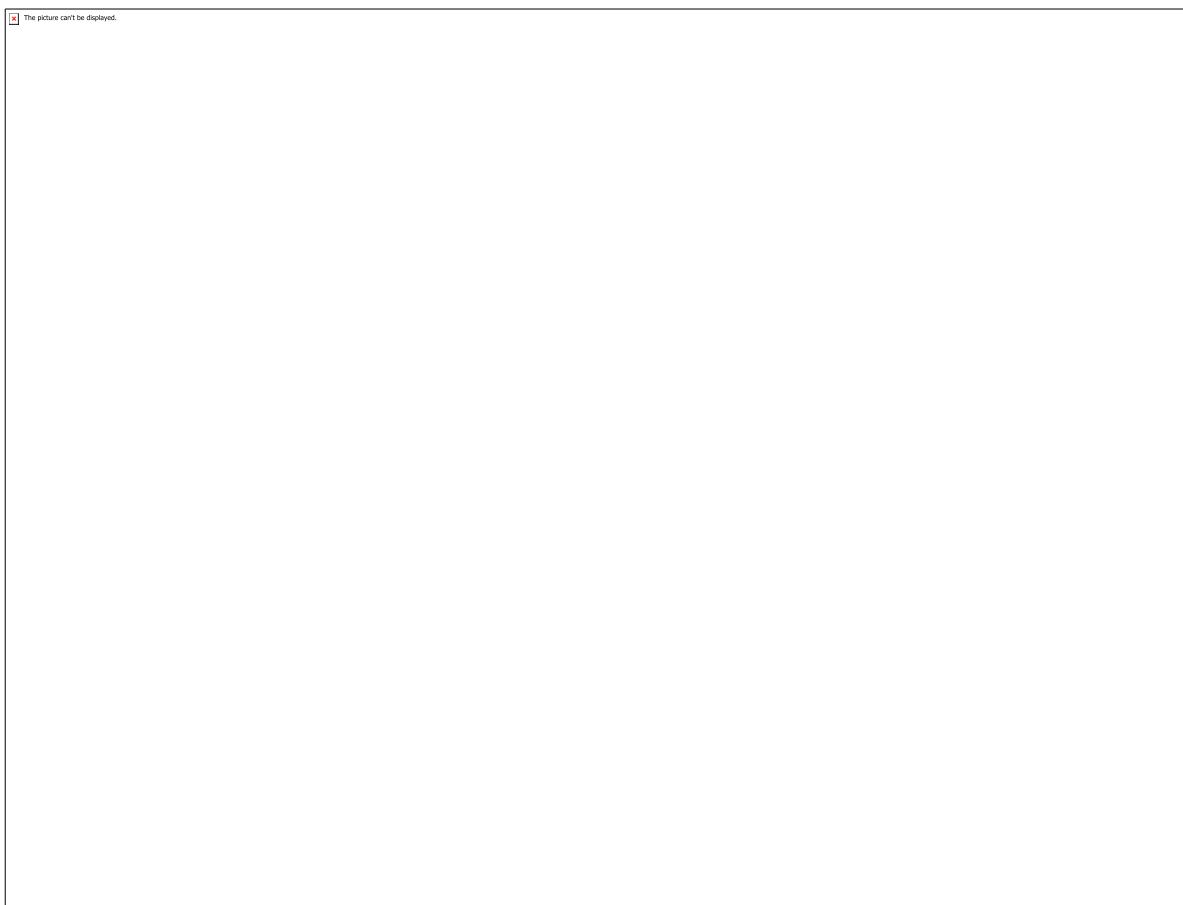


Figura 7: cinética baseada no mecanismo de degradação da rodamina B para os catalisadores

CÓDIGO: ET0588

AUTOR: LUCAS SOLANO CADENGUE

ORIENTADOR: WALLACE MOREIRA BESSA

TÍTULO: Uma aplicação do algoritmo MAB à tomada de decisões por robôs móveis

Resumo

Um sistema ROV (Remotely Operated underwater Vehicle) precisa de uma estimativa precisa da sua posição para evitar danos e movimentos imprecisos para certas tarefas. Neste artigo, um controlador inteligente foi proposto para o rastreamento da trajetória de um ROV suscetível a forças externas (dinâmica da água, correntes, animais, etc.), este controlador foi baseado no método de linearização por realimentação com uma função adaptativa otimizada utilizando uma estratégia de aprendizagem de máquina. Este trabalho propõe o emprego de um algoritmo de aprendizagem por reforço, o epsilon-greedy, para o deixar descobrir por si só uma taxa de aprendizagem ótima para o compensador. Resultados numéricos confirmam uma forte melhora na performance do controlador quando o compensador proposto e a estratégia de aprendizagem é inserida.

Palavras-chave: MAB, Aprendizagem por reforço, Controle, Tomada de decisão

TITLE: A MAB application in decision making for autonomous robots

Abstract

A ROV (Remotely Operated underwater Vehicle) system needs a precise estimation of its position in order to avoid damage and imprecise movements in certain missions. In this paper, an intelligent controller for the trajectory tracking of a ROV susceptible to external forces (water dynamics, currents, animals, etc.) is proposed based on feedback linearization with an adaptative function optimized using decision making technique inserted in a machine learning strategy. This work proposes an approach to the matter employing an reinforcement learning algorithm, the \$\\epsilon\$-greedy, to let him discover for itself an optimal learning rate for the used compensator. Numerical results confirm a strong improvement in the performance of the controller when the proposed compensator and learning strategy is inserted.

Keywords: Decision Making, Reinforcement Learning, Control, MAB

Introdução

ROVs tem sido utilizados em explorações submarinas, em pesquisas de fenômenos subaquáticos e na montagem, inspeção e reparo de estruturas offshore. Os ROVs permitiram substituir o trabalho de pessoas dentro desses veículos por conta dos riscos envolvidos nessa atividade. Na execução de certas tarefas com o veículo robótico, o operador precisa monitorar e controlar um certo número de parâmetros. Se alguns desses parâmetros, como por exemplo a posição e a altitude do veículo, puderem ser controlados automaticamente, a teleoperação do ROV pode ser enormemente facilitada. O posicionamento dinâmico de veículos submarinos não tripulados tem sido um estudo recorrente nos artigos mais recentes e confirma a necessidade do desenvolvimento de um controlador que pudesse lidar com a dinâmica inerente do sistema não-linear, coeficientes hidrodinâmicos incertos e perturbações externas. No caso de veículos

subaquáticos, as metodologias tradicionais de controle não são a escolha mais adequada e não podem garantir o desempenho e a precisão desejados. O sistema de controle é um dos elementos mais importantes de um veículo robótico subaquático, e suas características (vantagens e desvantagens) desempenham um papel essencial quando se tem que escolher um veículo para uma missão específica. A estratégia de controle para posição de um ROV pode ser feita usando técnicas tais como Linearização por Realimentação (FB - Feedback Linearization), Modos Deslizantes (SMC - Sliding Mode Control) ou PID. A estratégia de linearização por realimentação tem sido largamente empregada, principalmente na área de robótica industrial, devido à simplicidade na qual ela se apresenta. A ideia por trás do método consiste na escolha de uma lei de controle que permita a transformação do sistema dinâmico original em um sistema dinâmico equivalente, porém mais simples. Neste trabalho, um controlador FB é proposto para realizar o rastreamento de trajetória de um ROV sujeito a forças hidrodinâmicas de arrasto. Para compensar essas forças externas um compensador adaptativo é adicionado ao controlador. A aprendizagem por reforço é um subtópico dentro da aprendizagem de máquinas, porém não se assemelha com a aprendizagem supervisionada e não-supervisionada, sendo considerada o terceiro pilar da aprendizagem de máquinas. Neste tipo de aprendizagem, temos que o aprendizado de um mapeamento de entrada-saída é realizado através da interação contínua com o ambiente, visando a minimizar um índice escalar de desempenho. O agente aprende através de recompensas (Rewards - R) que são geradas para as ações (Actions - A) que ele toma de acordo com uma política (Policy - Pi), o objetivo é maximizar as recompensas. Um dos desafios da aprendizagem por reforço é saber escolher entre explorar ou prospectar ações para maximizar sua recompensa, ou seja, o agente teve escolher entre explorar uma nova ação ou continuar em uma ação já conhecida por exemplo. Um dos vários algoritmos de aprendizagem por reforço é o epsilon-greedy. O algoritmo epsilon-greedy é um método simples de resolver o problema do bandido de vários braços propondo uma forma de balancear o fator de exploração e prospecção do agente.

Metodologia

Controle de profundidade Um modelo adequado capaz de descrever a dinâmica de um ROV deve considerar não só a dinâmica de corpo rígido como também as interações fluídicas com o meio. No caso particular ROVs, a maioria dos veículos são projetados de modo que os ângulos de roll e de pitch sejam estabilizados passivamente. Isso permite simplificar o modelo do sistema para quatro graus de liberdade, permitindo assim um desacoplamento do movimento na direção vertical z e no plano XY (variáveis x, y). O método utilizado para o controle de trajetória do ROV foi o método de Linearização por Realimentação que consiste em transformar o sistema num equivalente linear em malha fechada. **Epsilon-greedy:** O problema do bandido de vários braços foi introduzido por Robbins e ele consiste num agente que está lidando repetidamente com k ações diferentes e N ações possíveis A nas quais cada ação escolhida tem uma recompensa específica (determinística ou não). O problema consiste em encontrar quais ações levam a uma maior recompensa de forma a maximizar sua recompensa total para um problema de maximização). Existe um parâmetro neste algoritmo que pode ser mudado de forma a modificar o quanto o agente se torna explorador ou prospectador, chamado epsilon. Se o epsilon aumentar (mais explorador), então a recompensa média vai ser inicialmente baixa, mas se torna maior à maneira que o agente descobre as melhores ações e as prospecta. Entretanto, a longo prazo devido a sua natureza exploradora, ele não vai se manter na ação ótima o quanto desejado. Por outro lado, se o \$epsilon\$ diminuir (mais prospectador), então a

recompensa média vai aumentar mais lentamente, porém é a coisa certa a se fazer para maximizar a recompensa esperada no próximo passo. Entretanto, diferente do caso explorador, ao longo prazo ele irá escolher o caso ótimo mais comumente. Nós fazemos a suposição de considerar uma distribuição de Bernoulli na qual a ação pode ter recompensa 0 ou 1. Portanto, o problema é apenas analisar a recompensa média dado o tempo T (ou o passo P). Aplicando para o nosso problema, existem três ações possíveis, que seriam incrementar, manter ou diminuir o valor da variável eta do compensador. O conceito de recompensa R para o nosso problema seria a medida do erro combinado, s, considerando que se trata de um problema de minimização, quanto menor for o valor deste s melhor.

Resultados e Discussões

O sistema de controle proposto foi implementado por meio de simulações. O método de Runge-Kutta de quarta ordem foi utilizado e as taxas de amostragem do controlador foram de 100 Hz e para o simulador, 1000 Hz para o sistema dinâmico que foi assumido. No modelo dinâmico foi considerado que $m = 50 \text{ kg}$ e $c = 250 \text{ kg/m}$. No controlador foi considerado um erro de 10% na massa, que os efeitos hidrodinâmicos são desconhecidos, que o parâmetro lambda = 1. Foi considerado também que o atuador do ROV poderia fornecer um esforço de controle limitado em mais ou menos 20 N. Pode-se encontrar diferentes valores de eta que induzissem menor erro combinado médio. Para $\epsilon=0.6$, foi encontrado um valor de taxa de aprendizagem ótima de $\eta = 333$. Após treinar o modelo com o epsilon-greedy, os resultados mostram que a estratégia de controle com uma otimização do parâmetro adaptativo possui resultados satisfatórios para o rastreamento. Testando valores de eta distintos, pode-se notar que valores baixos de eta dificultam o rastreamento, enquanto valores altos conduzem a uma instabilidade no regime transitório. Isso pode ser melhor visualizado através do erro combinado s. Outra análise que pode-se fazer é que com a utilização do otimizador do parâmetro adaptativo, houve também uma diminuição na saturação do esforço de controle necessário em relação ao $\eta = 1000$, portanto, podemos observar a necessidade de otimização deste parâmetro com o objetivo de reduzir o consumo de energia do sistema. A estimativa da perturbação usando a lei de adaptação. Nota-se que após um período inicial de adaptação, foi possível estimar com boa precisão a dinâmica não modelada do sistema.

Conclusão

Neste artigo, a linearização por realimentação foi combinada com um algoritmo de aprendizagem por reforço, o epsilon-greedy, para lidar com o problema de rastreamento de trajetória para um ROV. Por meio de simulações numéricas, pôde-se observar a melhora na performance do esquema proposto sobre o controlador utilizando a linearização por realimentação tradicional. Para o problema proposto, é visto que a utilização do ϵ -greedy para otimização do parâmetro adaptativo eta pode resolver o problema com grande performance.

Referências

R. Agrawal, Sample mean based index policies by $O(\log n)$ regret for the multi-armed bandit problem, *Adv. Appl. Probab.*, vol. 27, 1054–1078, (1995). E. Bejar and A. Moran, Control of a two-dimensional magnetic positioning system with deep reinforcement learning and feedback linearization, *Midwest Symp. Circuits Syst.*, vol. 2018-August,

909–912, (2019). W.M. Bessa, M.S. Dutra and E. Kreuzer, Depth control of remotely operated underwater vehicles using an adaptive fuzzy sliding mode controller, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 56, 670–677, (2008), DOI: 10.1016/j.robot.2007.11.004. G. Brinkmann, W. M. Bessa, D. A. Duecker, E. Kreuzer and E. Solowjow, Reinforcement learning of depth stabilization with a micro diving agent, *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, vol. 5, 6197–6203, (2018). L. S. Cadengue, S. A. Fidelis, G. S. Lima e W. M. Bessa, Linearização por realimentação e aprendizagem por reforço para o controle do sistema de posicionamento do ROV, *Proceedings of SBAI*, (2019), \textit{to appear}. S. Haykin, (2007). Redes neurais: princípios e prática. Bookman Editora. P. T. Jardine, M. Kogan, S. N. Givigi, and S. Yousefi, Adaptive predictive control of a differential drive robot tuned with reinforcement learning, *Int. J. Adapt. Control Signal Process.*, vol. 33, 410–423, (2019). J. B. Kim, D. H. Kwon, Y. G. Hong, H. K. Lim, M. S. Kim and Y. H. Han, Deep Q-Network Based Rotary Inverted Pendulum System and Its Monitoring on the EdgeX Platform, *1st Int. Conf. Artif. Intell. Inf. Commun. - ICAIIC 2019*, 34–39, (2019). D. J. Pradeep, M. M. Noel, and N. Arun, Nonlinear control of a boost converter using a robust regression based reinforcement learning algorithm, *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 52, 1–9, (2016). H. Robbins, Some aspects of the sequential design of experiments. *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 58, 527–535, (1952). R. S. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning An Introduction* second edition, vol. 2, (2018). X. Yang, H. He, Q. Wei, and B. Luo, Reinforcement learning for robust adaptive control of partially unknown nonlinear systems subject to unmatched uncertainties, *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 463–464, 307–322, (2018). L. M. Zhu, H. Modares, G. O. Peen, F. L. Lewis, and B. Yue, Adaptive suboptimal output-feedback control for linear systems using integral reinforcement learning, *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 23, 264–273, (2015).

CÓDIGO: ET0599

AUTOR: ERIK FELIPE OLIVEIRA DA CRUZ

COAUTOR: ISABELLY ALTINA DE ARAÚJO

ORIENTADOR: LUCIANI PAOLA ROCHA CRUZ BARROS

TÍTULO: Extração de Nanocristais de Celulose de Resíduos Agroindustriais por Hidrólise Ácida

Resumo

A extração de nanocristais de celulose vem crescendo nos últimos anos devido ao aumento dos impactos ambientais causados por materiais que não sejam de fonte renovável e que são bastante agressivos ao meio ambiente. Como solução para esse problema, biopolímeros de alta tecnologia estão sendo utilizados em diferentes materiais devido as suas excelentes propriedades, além de serem provenientes de fontes renováveis, biodegradáveis e de possuírem altas proporções de benefícios ao meio ambiente. O objetivo dessa pesquisa foi realizar a caracterização a partir do resíduo do abacaxi e do pó da escovadeira para fins de extrair nanocristais de celulose através da hidrólise ácida. A metodologia de obtenção de nanoceluloses seguiu três etapas diferentes. A primeira foi um pré-tratamento, seguida de caracterização lignocelulósica e posterior extração dos nanocristais por hidrólise com ácido sulfúrico 65% (m/v) a 50°C durante 45 minutos. Após está etapa será realizada a caracterização físico-química das nanoceluloses através de técnicas de potencial zeta, microscopia de força atômica (MFA), microscopia eletrônica de transmissão (MET), espectrofometria de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), difração de raios-X (DRX) e análise termogravimétrica (TG).

Palavras-chave: Nanocristais de celulose, hidrólise ácida, caracterização.

TITLE: Extraction of Cellulose Nanocrystals from Agroindustrial Waste by Acid Hydrolysis

Abstract

The extraction of cellulose nanocrystals has been increasing in recent years due to the increase of environmental impacts caused by materials that are not renewable and that are very aggressive to the environment. As a solution to this problem, high technology biopolymers are being used in different materials due to their excellent properties, as well as being from renewable sources, biodegradable and having high proportions of environmental benefits. The objective of this research was to characterize from the pineapple residue and the brush dust to extract cellulose nanocrystals through acid hydrolysis. The methodology for obtaining nano cellulose followed three different steps. The first was a pretreatment, followed by lignocellulosic characterization and subsequent extraction of nanocrystals by hydrolysis with 65% (w / v) sulfuric acid at 50°C for 45 minutes. After this stage, the physicochemical characterization of the nano cellulose will be performed by zeta potential, atomic force microscopy (AFM), transmission electron microscopy (TEM), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and thermogravimetric analysis (TG).

Keywords: Cellulose nanocrystals, acid hydrolysis, characterization.

Introdução

Nos últimos anos, com o intuito de preservar o meio ambiente devido aos impactos ambientais gerados pelos polímeros puros e utilização de recursos naturais limitados, surgiu um apelo para o crescente desenvolvimento de materiais que sejam menos agressivos ao meio ambiente, de fontes renováveis e biodegradáveis (SCHMITT, et al., 2015). A celulose, polímero com regiões amorfas e cristalinas, está presente em abundância no meio ambiente e tem origem de fontes renováveis (LUNZ, et al., 2012). Devido a essas características, a obtenção de nanocristais a partir da celulose e criação de um nanocompósito surge como uma grande alternativa, pois além de reduzir o uso de polímeros sintéticos e ser menos nocivo ao meio ambiente, agrupa também melhorias significativas em algumas de suas propriedades, como, por exemplo, mecânicas, de barreira e térmicas (AZEREDO, et al., 2009). Os nanocristais de celulose são partículas em forma de bastão altamente cristalinas com dimensão igual ou inferior a 100 nm, apresentam baixa densidade, alta razão de aspecto, boas propriedades mecânicas, baixa expansão térmica e baixa toxicidade. Além disso, podem ser obtidos de diversas fontes como fibras de coco, curauá, bagaço de cana-de-açúcar, entre outras fibras (ROSA, et al, 2010) e diversas formas, sendo a hidrólise ácida o método mais comum. Essas nanoceluloses têm um grande potencial de aplicação na preparação de compósitos, medicina regenerativa e liberação de medicamentos (QIU & HU, 2013), aplicação industrial, em embalagens biodegradáveis, setores automotivos, aeroespacial entre outros.

Metodologia

PRÉ-TRATAMENTO: Nesta etapa foi realizada a remoção de impurezas do substrato e posterior caracterização lignocelulósica. A remoção de impurezas para o pó da escovadeira será realizada apenas com a utilização de um detergente não-iônico. Já para o resíduo do abacaxi será com solução de NaOH 1% (p/v) a 85°C durante 1 hora em um recipiente fechado, mantendo a relação de 1:10 (entre o material e água), e posterior lavagem com água, neutralização com ácido acético 1% e lavagem novamente antes de ser seco ao ar. O resíduo do abacaxi também recebeu alvejamento com peróxido de hidrogênio alcalino 30% (p/v) a 85 °C por 1 hora em um recipiente fechado, mantendo um pH de 10–11, e posterior lavagem com água, neutralização com ácido acético 1%, enxaguado novamente e seco a uma temperatura ambiente. Na caracterização será realizada a determinação de sólidos totais, extractivos, composição química da amostra de substrato e o teor de cinzas, da seguinte maneira:

- **SÓLIDOS TOTAIS:** Conforme o protocolo NREL - Determination of total solids in biomass (SLUITER et al., 2008), foram pesados 1,5 g de substrato e levados para estufa, com o auxílio de capsulas de porcelana, a 105°C por 24 horas. Ao final o substrato foi colocado em dessecador e efetuou-se uma nova pesagem. A umidade foi calculada a equação $\%U = (1 - (Mseca/Múmida)) * 100$, onde %U é o percentual de umidade, Mseca é a massa seca obtida pela diferença entre o peso do conjunto depois da estufa e o peso da cápsula e Múmida é a massa úmida obtida pela diferença entre o peso do conjunto antes de ser levado para estufa e o peso da cápsula.
- **DETERMINAÇÃO DE EXTRAÍVEIS:** Conforme o protocolo NREL - Determination of Extractives in Biomass (SLUITER et al., 2008), foram pesados 3 g de substrato e levados a extração em um aparelho de Sohxlet, utilizando dois solventes em temperaturas diferentes durante 24 horas. Para cada solvente foi utilizado etanol 95% a

80°C e água a 120°C, com um volume de 70 mL para ambos. Ao final do processo extrativo, o cartucho com o material seco foi colocado em estufa à 100°C até peso constante. A quantidade de extractos foi calculado com a equação $\%Ext = ((Mi - Mf) / Mf) * 100$, onde %Ext é o percentual de extractos, Mi é a massa do cartucho e amostra inicial e Mf é a massa seca do cartucho e amostra após extração.

• **COMPOSIÇÃO QUÍMICA:** Conforme o protocolo NREL - Determination of Structural Carbohydrates and Lignin Biomass (SLUITER et al., 2008), foram pesados 0,3 g de substrato e submetido a hidrólise ácida com ácido sulfúrico. O material hidrolisado foi filtrado com papel de filtro seco e recolhido em frações líquidas destinadas a cromatografia líquida, acoplado a um detector de índice de refração – IR com uma temperatura de 65°C, e utilizada como fase móvel constituída de uma solução de ácido sulfúrico 0,005M, sob o fluxo de 0,6 mL/min e velocidade de injeção de 20 µL. Já o sólido que ficou retido na filtração foi submetido a uma lavagem com água destilada (aproximadamente 1500 mL) para a remoção de sulfatos e seco em estufa a 50°C para determinação de lignina insolúvel e teor de cinzas por diferença de massa.

• **TEOR DE CINZAS:** Conforme o protocolo NREL - Determination of Ash in Biomass (SLUITER et al., 2008), foram pesados 2 g de substrato e, com o auxílio de um cadrinho de porcelana, calcinado em mufla a 300°C e logo em seguida a 800°C por 2 horas. O teor de cinzas foi calculado com a equação $\%Cinzas = (Mc / Ma) * 100$, onde %Cinzas é o percentual de cinzas, Mc é a massa de cinzas (diferença entre a massa do cadrinho com cinzas e a massa do cadrinho vazio) e Ma é a massa da amostra seca (base seca).

EXTRAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE: Os nanocristais de celulose serão extraídos por hidrólise ácida empregando solução de ácido sulfúrico (65% m/v), durante 45 minutos a 50°C, sob agitação mecânica. A solução será centrifugada a 16.000 RPM por 5 minutos para posterior diálise por 48 horas até o pH da solução ficar entre 6 e 7. A solução resultante passará por um ultrassom, durante 5 minutos, e será armazenada sob refrigeração para posterior (7°C) para posterior liofilização, garantindo a manutenção da estrutura do material.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS NANOCRISTAIS DE CELULOSE: Serão realizadas as caracterizações química e físico-químicas dos nanocristais de celulose obtidos após o processo de hidrólise ácida, através de técnicas como o potencial zeta (analisa a estabilidade das suspensões em meio aquoso), AFM (avalia a morfologia, tamanho, diâmetro e altura dos nanocristais), MET (imagem de microscopia), FTIR (identifica os diferentes grupos funcionais e/ou mudanças nas energias de ligação), DRX (analisa a cristalinidade) e TG (estuda a mudança no comportamento térmico).

Resultados e Discussões

Foi realizada a revisão bibliográfica sobre os substratos utilizados nesta pesquisa, métodos de caracterização lignocelulósica e processo de hidrólise ácida para extração dos nanocristais de setembro a dezembro. A etapa de revisão bibliográfica foi fundamental para o detalhamento da metodologia a ser empregada no desenvolvimento do projeto. Foi definido e obtido o substrato proveniente do resíduo da indústria têxtil local (pó da escovadeira) e outro resíduo agroindustrial proveniente do estado de Goiás. O resíduo do pó da escovadeira foi escolhido em função do mesmo apresentar um grande volume e ser o único que não possui disposição final adequada. Enquanto o resíduo do abacaxi está sendo estudado em função do seu grande volume produzido no Brasil. Foi iniciada a caracterização lignocelulósica em parceria com o laboratório de engenharia bioquímica, mas ainda não obtivemos os resultados destas análises para

quantificar os teores de polissacarídeos presentes nos substratos antes e após pré-tratamento. Como o projeto não foi aprovado com recurso de bolsa de pesquisa, não tive disponibilidade de tempo para adiantar todo o cronograma previsto para realização deste projeto no primeiro ano.

Conclusão

Este projeto permitiu aprofundar-me nos temas relacionados a fibras, hidrólise ácida e caracterizações físico-químicas. Este conhecimento será essencial para a implantação da metodologia das demais etapas e interpretação e discussão dos resultados obtidos neste projeto.

Referências

BARROS, Luciani Paola Rocha Cruz. Obtenção de nanocelulose por hidrólise ácida e enzimática de fibras de algodão de resíduo de tecido tingido com corante índigo. 2017. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MARTINS, Douglas Ferreira. Estudo da influência da hidrólise ácida da celulose extraída do capim Mombaça na produção de nanocrystalis de celulose com diferentes estruturas polimórficas. 2016. 135 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MENDES, Jéssica Marsal. Obtenção de nanocrystalis de celulose a partir da casca de coco (cocos nucifera). 2014. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) – Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Distrito Federal.

SILVA, Daniela Leocádio. Influência da adição de nanocrystalis e nanofibrilas de celulose extraídas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades de embalagens biodegradáveis ativas à base de pectina. 2016. 187 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TAIPINA, Márcia de Oliveira. Nanocrystalis de celulose: obtenção, caracterização e modificação de superfície. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado em Físico-Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

JÚNIOR, Sérgio Dantas de Oliveira. Produção de celulases por *Aspergillus fumigatus* através da fermentação em estado sólido e recuperação e purificação por extração micelar em duas fases aquosas. 2018. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

HAZARIKA, Papori; HAZARIKA, Dipshika; KALITA, Binita; GOGOI, Nabnita; JOSE, Seiko; BASU, Gautam. Development of Apparels from Silk Waste and Pineapple Leaf Fiber. Journal of Natural Fibers, v.15, p. 416-424, jul. 2017.

HAZARIKA, Dipshika; GOGOI, Nabaneeta; JOSE, Seiko; DAS, Robin; BASU, Gautam. Exploration of future prospects of Indian pineapple leaf, an agro waste for textile application. Journal of Cleaner Production, v.141, p. 580-586, jan. 2017.

CÓDIGO: ET0600

AUTOR: KEYLA NATHALIA DE SOUZA AQUINO

ORIENTADOR: VANESSA BECKER

TÍTULO: Fracionamento do fósforo do sedimento de reservatório semiárido localizado na bacia do Rio Piancó na Paraíba.

Resumo

A eutrofização é um problema global que provoca graves danos aos ecossistemas aquáticos e o fósforo é considerado o nutriente limitante para este processo, portanto o controle deste nutriente é um fator crítico para a mitigação da eutrofização. Além das fontes pontuais e difusas, é fundamental controlar também a fertilização interna e por isso é necessário conhecer a composição do sedimento. Todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático ficam registrados em seu sedimento e conta sua história, portanto as análises de fracionamento se tornam essenciais para saber as características dos sedimentos quanto a quantidade em frações de fósforos presentes ali. O presente trabalho tem como objetivo quantificar as diferentes frações de P no sedimento do reservatório de Serra Vermelha localizado na bacia Piancó-Piranhas-Açu no semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Semiárido, Eutrofização, Fracionamento, Fertilização interna

TITLE: Phosphorus fractionation of the semi-arid reservoir sediment located in the Piancó River basin in Paraíba.

Abstract

Eutrophication is a global problem that causes severe damage to aquatic ecosystems and phosphorus is considered the limiting nutrient for this process, so control of this nutrient is a critical factor for mitigating eutrophication. In addition to punctual and diffuse sources, it is also essential to control internal fertilization and therefore it is necessary to know the composition of the sediment. All processes that take place in an aquatic ecosystem are recorded in its sediment and tell its history, so how the relationship record becomes necessary to know how the seducer's resources are in the amount of phosphorus fractions present there. The present work aims to quantify how different fractions of P in the Serra Vermelha reservoir sediment, located in the Piancó-Piranhas-Açu basin in the Brazilian semiarid.

Keywords: Semi-arid, Eutrophication, Fractionation, Internal fertilization

Introdução

A eutrofização é uma das principais causas de deterioração dos ecossistemas aquáticos em todo o mundo (DODDS et al., 2009) e ocorre quando há o enriquecimento com nutrientes, nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento exagerado de algas,

principalmente as cianobactérias, que podem liberar toxinas, causar depleção de oxigênio, diminuição da transparência da água, gosto e odor desagradáveis, problemas com o tratamento de água potável (CARPENTER et al. 1998; SMITH AND SCHINDLER 2009) e a diminuição da biodiversidade em reservatórios (BARBOSA et al. 2012). O consumo desta água pode trazer patologias à vida humana e animal, sendo assim caracterizado como um problema ambiental e de saúde pública, principalmente em reservatórios de abastecimento (AZEVEDO et al. 2002).

A carga de fósforo pode ser proveniente de fontes pontuais, com localização definida e regime contínuo de produção, oriundos de lançamento de esgotos domésticos e industriais que escoam para os reservatórios; ou de fontes difusas geralmente provenientes de atividades como a agricultura e pecuária cujas cargas são geradas em áreas extensas e carreadas para os corpos d'água de forma intermitente, dificultando, assim, sua identificação, medição e controle (LIBOS et al. 2003; SMITH AND SCHINDLER, 2009; CAVALCANTE et al. 2018).

Esse contínuo apporte de nutrientes aos sistemas aquáticos resulta no acúmulo deste nutriente no sedimento que pode levar a fertilização interna. Este fenômeno se caracteriza pelo ciclo interno de fósforo que tem como principal fonte os sedimentos límnicos que acabam por liberar mais nutrientes para a coluna d'água, acrescido pela grande presença de matéria orgânica devida a decomposição de algas presentes, infiltração de águas subterrâneas e atividade de organismos aquáticos (COOKE, 2005; SCHINDLER, 2006).

O fósforo é considerado o principal impulsor da eutrofização por ser um nutriente limitante para a produtividade primária, (SIBRELLA et al., 2009) e se encontra dividido em várias frações ao longo do sedimento. É de suma importância se ter a quantidade de P móvel presente no sedimento para que se possa definir quais técnicas de geoengenharia deverá se aplicar para se obter uma boa eficiência na restauração de ambientes eutrofizados, pois é com esses valores que pode-se determinar a dosagem necessária dos compostos químicos utilizados para se fazer o controle desse nutriente (LURLING et al., 2013; WAAJEN et al., 2016).

Dessa forma, as análises realizadas tiveram como objetivo primeiramente quantificar essas diferentes frações de P nos sedimentos de 6 reservatórios localizados na região semiárida tropical brasileira.

O objetivo do meu trabalho como bolsista foi auxiliar o mestrandinho Daniel Lima com suas análises para sua qualificação de mestrado, portanto a metodologia e resultados foi cedido por ele, antes mesmo da publicação do seu trabalho, para que eu pudesse utilizar no presente documento.

Metodologia

1.1. Área de estudo

O reservatório de Serra Vermelha é proveniente da bacia do Rio Piancó na Paraíba. Essa região de estudo possui clima semiárido quente, com chuvas concentradas de fevereiro a maio e alta variabilidade interanual e a precipitação ao longo da bacia atinge

valores médios mais altos com 1050 mm/ano (ANA, 2016). As extrações sequenciais de P foram feitas como será exposto a seguir.

1.2. Análise das formas de fósforo

Para determinar as frações P presentes no sedimento foi utilizada uma metodologia intitulada fracionamento, descrita por Cavalcante et al. (2018). O fracionamento consiste em uma extração química sequencial, onde se utilizam reagentes extractores de acordo com a fração de P que se pretende extrair e no final são extraídas seis formas de P.

É importante destacar, que nem todos os tipos de P no sedimento são potencialmente móveis, logo, torna-se necessário quantificar todas as suas frações presentes, já que a determinação somente da sua concentração total não descreve com exatidão o mecanismo da fertilização interna (Kisand, 2005). O fracionamento químico surge, então, como alternativa para quantificar o P móvel presente no sedimento de acordo com as espécies ligantes, além de viabilizar informações sobre a sua origem nesse compartimento (Jin et al., 2006; Paludan and Jensen, 1995).

As frações de P no sedimento apresentam diferentes graus de biodisponibilidade: Começando pelo fósforo intitulado ‘P-água’ que se encontra dissolvido na água intersticial do sedimento, sendo facilmente assimilado por produtores primários e fracamente adsorvido à superfície de minerais (Fytianos and Kotzakioti, 2005; Kaiserli et al., 2002); o fósforo ‘P-BD’ que está ligado a compostos oxidados de Fe e Mn que é uma fração mais móvel entre o sedimento e a água, sensível ao potencial de oxirredução; a fração de fósforo P-NaOH ligado a argilas minerais e óxidos de Al que é sensível a condições redox e é facilmente liberado em pH alto (Kozerski and Kleeberg, 1998); a fração P-Humic ligada a compostos orgânicos (húmicos) que é obtida quando há formação de precipitado durante a extração com NaOH por acidificação (Paludan and Jensen, 1995); o P-HCL que representa o fósforo ligado ao cálcio, incluindo P ligado a apatita e carbonatos e é sensível ao pH, podendo ser liberado em meio ácido (Kim et al., 2003); e, por fim, o P-residual correspondente ao fósforo orgânico refratário mais difícil de ser liberado. As concentrações foram determinadas para Fosforo reativo Solúvel (SRP) e Fósforo Total Dissolvido (TDP). A diferença entre o TDP e o SRP dá a quantidade de fósforo não reativo (NRP), que foi estimado para as formas P-Água, P-BD e P-NaOH, o NRP representa a parte orgânica de cada forma. O P móvel foi determinado pela soma dos SRPs das formas P-Water e P-BD e o NRP da forma P-NaOH, que é o P que pode ser liberado em condições anóxicas e pela degradação da matéria orgânica (Vicente et al., 2008). A soma das outras formas de P representa os sedimentos não móveis.

Os sobrenadantes originados de cada etapa de extração foram submetidos a um processo de filtração em membrana GF/C 0.45 µm para as análises de fósforo total dissolvido (TP) e fósforo reativo solúvel (SRP), individualmente e foram realizadas seguindo as metodologias descritas por Valderrama (1981) e Murphy and Riley (1962). O procedimento foi feito com 3 réplicas analíticas e subréplicas em ‘A’ e ‘B’ para gerar uma maior segurança e acurácia dos resultados.

Resultados e Discussões

Na amostra de sedimento do reservatório de Serra Vermelha, a média das frações de fósforo reativo solúvel (SRP) teve um total de 832,23 µg P/g, sendo a forma P-NaOH a mais presente com 401,16 µg P/g, (GRAF.1), chegando a compor 48% (GRAF2) da amostra. Seguida da P-HCL com 150,25 µg P/g (18,5%) , P-Res com 128,52 µg P/g (15,44%) e P-humic com 122,07 µg P/g (14,67%). Sendo assim, as formas menos presentes são a P-agua com 5,18 µg P/g (0,62%) e P-BD com 25,05 µg P/g (3,01%).

A média das frações de fósforo total dissolvido, também apresentaram uma grande quantidade de P-NaOH com 426,17 µg P/g (GRAF.3) chegando a compor 90,69% da amostra (GRAF.4), seguido do P-BD com 10,11 µg P/g (7,16%) e P-Water com 10,11 µg P/g (2,15%).

Com isso, a média das frações de fósforo não reativo apresentou uma quantidade de P-NaOH de 25,01 µg P/g (GRAF.5) com percentual de 64,95% (GRAF.6); P-agua com 4,93 µg P/g (12,8%) e P-BD com 8,57 µg P/g (22,25%).

Por fim, o fósforo não móvel na amostra de sedimento de Serra Vermelha foi de 802 µg P/g, com percentual de 92,11%; o fosforo disponível 68,74 µg P/g com percentual 7,89%.

O P-água foi a menor fração encontrada no sedimento por estar contido na água intersticial e ser imediatamente disponível para assimilação. A segunda menor fração contida foi a fração de P-BD que é a forma mais móvel, pois a sorção desses compostos são controladas pelas condições de redox, podendo ser liberada em condições anóxicas através da redução e dissolução do hidróxido de ferro (FeOH₃). O P-NaOH foi a maior fração de P encontrada na amostra. Esta fração é trocável e inclui P ligado a óxidos metálicos, principalmente Al e Fe (Kozerski e Kleeberg, 1998). Esta forma pode ser liberada quando as condições anóxicas prevalecem na interface sedimento-água (Ting e Appan, 1996). Assim, o P-NaOH pode ser liberado do sedimento quando ocorreram condições anóxicas na interface sedimento-água ou por meio da acidificação para seus compostos húmicos. O P-HCl-P pode ser liberada em ambiente ácido e, finalmente, o P refratário (residual-P), dificilmente disponível (Rydin, 2000).

Pode-se observar que a quantidade de fósforo não móvel se encontra em maior quantidade, mas nem por isso se deve ignorar a potencial de eutrofização do corpo hídrico, deve-se , portanto, observar a quantidade disponível isoladamente e assim, perceber que ainda representa um risco para o ecossistema.

Conclusão

Os resultados indicam que o reservatório de Serra Vermelha pode se beneficiar de técnicas de geoengenharia para imobilizar o fósforo com potencial de liberação na água (Lürling and van Oosterhout, 2013) e para isso existem muitas técnicas que podem ser empregadas. O primeiro passo é interromper com a entrada direta de nutrientes (Cooke et al., 2005), e controlar a carga interna de P pois pode atrasar a recuperação (Søndergaard et al., 1992). Uma técnica conhecida como “Capeamento” pode ser usada para controlar o legado P armazenado em sedimentos através da aplicação de três produtos , como os minerais de aluminossilicato, solos de captação existentes alterados com materiais e subprodutos à base de minerais (Spears et al., 2013, 2014; Zamparas e Zacharias, 2014).

Referências

- Barbosa, José Etham de Lucena et al. 2012. "Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management". *Acta Limnologica Brasiliensis* 24(1): 103–18.
- Carpenter, S. R. et al. 1998. "Carpenter_et_al-1998-Ecological_Applications". 8(January 1998): 559–68.
- Caivancante, H., F. Araújo, N. P. Noyma, e V. Becker. 2018. "Phosphorus fractionation in sediments of tropical semiarid reservoirs". *Science of the Total Environment* 619–620: 1022–29. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.204>.
- Cooke, G Dennis ; Eugene B. Welch; Spencer A. Peterson; Stanley A. Nichols. 2005. 4 Biological Conservation Restoration and management of lakes and reservoirs.
- Fytianos, K., Kotzakioti, A., 2005. Sequential fractionation of phosphorus in lake sediments of northern Greece. *Environ. Monit. Assess.* 100, 191–200.
- Jin, X., Wang, S., Pang, Y., Chang, F., 2006. Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediments from different trophic areas in Taihu Lake, China. *Environ. Pollut.* 139, 288–295.
- Kaiserli, A., Voutsas, D., Samara, C., 2002. Phosphorus fractionation in lake sediments – lakes Volvi and Koronia, N. Greece. *Chemosphere* 46, 1147–1155.
- Kim, L., Choi, E., Stenstrom, M.K., 2003. Sediment characteristics, phosphorus types and phosphorus release rates between river and lake sediments. *Chemosphere* 50, 53–61
- Kisand, A., 2005. Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia* 547, 33–39. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-4141-2>
- Kozerski, H.-P., Kleeberg, A., 1998. The sediments and benthic-pelagic exchange in the shallow Lake Muggelsee (Berlin, Germany). *Int. Rev. Hydrobiol.* 83, 77–112.
- Libos, Michely, Otto Corrêa, Rotunno Filho, e Peter Zeilhofer. 2003. "Modelagem da Poluição não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá Baseada em Geoprocessamento". 8: 115–35.
- Lürling, M., van Oosterhout, F., 2013. Case study on the efficacy of a lanthanum-enriched clay (Phoslock®) in controlling eutrophication in Lake Het Groene Eiland (The Netherlands). *Hydrobiologia* 710, 253–263.

Murphy, J., Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27, 31–36.

Paludan, C., Jensen, H.S., 1995. Sequential extraction of phosphorus in freshwater wetland and lake sediment: significance of humic acids. *Wetlands* 15, 365–373.

Schindler, D. W. 2006. "Recent advances in the understanding and management of eutrophication". *Limnology and Oceanography* 51(1part2): 356–63.

Smith, Val H., e David W. Schindler. 2009. "Eutrophication science: where do we go from here?" *Trends in Ecology and Evolution* 24(4): 201–7.

Søndergaard, M., Kristensen, P., Jeppesen, E., 1992. Phosphorus release from resuspended sediment in the shallow and wind-exposed Lake Arresø, Denmark. *Hydrobiologia* 228, 91–99.

Spears, Bryan M et al. 2013. "Lake responses following lanthanum-modified bentonite clay (Phoslock ®) application: An analysis of water column lanthanum data from 16 case study lakes". 7(0).

Ting, D.-S., Appan, A., 1996. General characteristics and fractions of P in aquatic sediments of two tropical reservoirs. *Water Sci. Technol.* 34, 53–59.

Zamparas, M., Zacharias, I., 2014. Restoration of eutrophic freshwater by managing internal nutrient loads. A review. *Sci. Total Environ.* 496, 551–562.

Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10, 109–122.

Vicente, Inmaculada de, Huang, P., Andersen, F.Ø., Jensen, H.S., 2008. Phosphate adsorption by fresh and aged aluminum hydroxide: consequences for lake restoration. *Environ. Sci. Technol.* 42, 6650–6655.

CÓDIGO: ET0604

AUTOR: RADNA LUANA MEDEIROS SILVA

ORIENTADOR: REYMARD SAVIO SAMPAIO DE MELO

TÍTULO: Aplicação da Técnica de Mudge em habitação de interesse social

Resumo

Tendo-se em vista que as principais ferramentas da engenharia de valor (EV) são Análise de Função, o Diagrama FAST, a Técnica de Mudge e o Método Compare, este trabalho tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica da Técnica de Mudge, assim como os resultados obtidos em simulação realizada com colaboradores da pesquisa geral à qual este trabalho pertence. A técnica de Avaliação Numérica de Relações Funcionais desenvolvida por Mudge, que ficou conhecida como Técnica de Mudge (CSILLAG; 1995), consiste na comparação par a par das funções que compõem o produto estudado. A metodologia empregada foi a realização de simulação da técnica em uma HIS, com um empreendimento do PMCMV. O empreendimento foi decomposto em subprodutos: Quarto 1, Quarto 2, Sala, Cozinha, Banheiro, Área de serviço e Circulação. Com a aplicação da técnica de Mudge foram obtidas as necessidades relativas de cada um deles, para percepção da importância de cada subproduto para os usuários – representados pelos colaboradores. Com isso, obteve-se que o Quarto 2 possui a maior necessidade relativa, sendo um ponto importante na futura realocação de custos do empreendimento.

Palavras-chave: Técnica de Mudge. Simulação. Necessidade relativa.

TITLE: Application of the Mudge Technique in housing of social interest

Abstract

Given that the main tools of value engineering (VE) are Function Analysis, FAST Diagram, Mudge Technique and Compare Method, this work aims to present the theoretical basis of the Mudge Technique, as well as the results obtained in simulation carried out with collaborators of the general research to which this work belongs. The technique of Numerical Evaluation of Functional Relations developed by Mudge, which was known as Mudge Technique (CSILLAG, 1995), consists of a pairwise comparison of the functions that make up the product studied. The methodology used was the simulation of the technique in an HIS, with a PMCMV enterprise. The development was decomposed into by-products: Room 1, Room 2, Living room, Kitchen, Bathroom, Service Area and Circulation. With the application of the Mudge technique, the relative needs of each one were obtained, in order to perceive the importance of each by-product to the users - represented by the collaborators. With this, it was obtained that the Room 2 has the greater relative need, being an important point in the future relocation of costs of the enterprise.

Keywords: Mudge Technique. Simulation. Relative need.

Introdução

A presente pesquisa, que tem por objetivo a aplicação da "Técnica de Mudge" na etapa de projeto de um empreendimento habitacional de interesse social, faz parte de uma pesquisa maior que busca verificar a potencialidade de ferramentas de Engenharia de Valor no projeto de empreendimentos habitacionais de interesse social.

A HIS foi em realidade um conjunto de ações para o tratamento da questão habitacional em nível nacional que consolidou um marco regulatório importante no país; a Política Nacional de Habitação (2004); a Lei Federal que instituiu o Sistema Nacional de Habitação (SNH, Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005) e o Plano Nacional de Habitação, aprovado em 2009 (PlanHab) (BUONFIGLIO, 2018).

A EV é a ferramenta que viabiliza o alcance do custo-meta e configura-se parte integrante do processo de custeio-meta aplicado ao desenvolvimento de produtos (RUIZ, 2011). O caráter sistemático da EV traduz-se na condução de um plano de trabalho que orienta a aplicação das ferramentas que viabilizam a análise das funções dos produtos, ao mesmo tempo em que auxilia na organização para avaliação dos dados em relação aos atributos de valor existentes (CSILLAG, 1995).

Segundo revisão sistemática realizada por RUIZ (2011), as principais ferramentas da Engenharia de Valor (EV) utilizadas são Análise de Função, o Diagrama FAST, a Técnica de Mudge e o Método Compare. Sendo a terceira citada o objeto principal deste artigo.

A técnica de Avaliação Numérica de Relações Funcionais desenvolvida por Mudge, que ficou conhecida como Técnica de Mudge (CSILLAG; 1995), consiste na comparação par a par das funções que compõem o produto estudado. Seu objetivo é, a partir da atribuição dos pesos para cada comparação de par, chegar-se nas percentagens relativas de cada função comparada com todas as demais funções (RUIZ, 2011). Com base nos resultados relativos é possível hierarquizar as funções de forma a viabilizar a análise de suas inter-relações (RUIZ, 2011).

Para cada comparação de par utiliza-se uma atribuição de pontos (pesos) que proporciona o encontro do peso final relativo de cada função, por meio da divisão da soma dos pesos de cada função pelo total global de pesos do produto (RUIZ, 2011).

Segundo Mudge (CSILLAG, 1995) a pontuação para a aplicação da técnica pode receber os valores de 1, 2 e 3 de acordo com o grau de importância. Para funções de pouca importância é atribuído o valor 1, para funções significativamente importante é atribuído o valor 2 e para funções muito importante, o valor 3.

Os resultados relativos obtidos podem ser ordenados de forma decrescente para que seja identificada a função com maior peso relativo, ou seja, aquela que apresenta a maior inter-relação com as demais funções (RUIZ, 2011). Uma vez plotados os valores relativos num gráfico por função, tem-se a série de funções com suas importâncias relativas (MUDGE, 1967, 1968 a e b e 1981), como mostrado na Figura 1.

Metodologia

Para se realizar a aplicação da técnica de Mudge é necessário, inicialmente, fazer uma análise de funções do empreendimento e, em seguida, determinar que recursos são

consumidos por cada uma delas. O passo seguinte, então, consiste na determinação das necessidades relativas entre as funções.

Como dito anteriormente, na Técnica de Mudge faz-se a comparação dos itens par a par, ou seja, relaciona-se o item “A” com o item “B” determinando-se, dentre eles, o de maior valor. A letra chave do item escolhido como mais importante é colocado no espaço correspondente à comparação “A vs. B” (DOMINGUES; SELLITTO; LACERDA, 2013). Repete-se o procedimento para a comparação “A vs. C”, “A vs. D”, “A vs. E”, “A vs. F”, seguindo até o último item. Depois, vai-se para a linha de baixo e compara-se “B vs. C”, “B vs. D”, “B vs. F”, seguindo até que todos os itens sejam comparados entre si (MORAES, 2017).

Para obtenção dos dados necessário utilizou-se de simulações realizadas com os colaboradores da pesquisa – equipe composta por engenheiros civis e técnicos em edificações. Para tal, considerou-se um projeto que se encontra em desenvolvimento pelos colaboradores. O empreendimento trabalhado se caracteriza como uma habitação de interesse social, pertencente à faixa 1 do PMCMV e está sendo desenvolvido no interior do estado do Rio Grande do Norte. Todas as informações necessárias foram cedidas pelos colaboradores.

Há duas etapas principais para se chegar à aplicação da Técnica de Mudge: obtenção dos requisitos de valor e associação dos atributos de valor aos compartimentos. A primeira foi desenvolvida como parte de outra pesquisa cujo título é “Requisitos de Valor dos Usuários de Habitações de Interesse Social no Rio Grande do Norte”, publicada por estudantes da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Já para o desenvolvimento da segunda etapa, dividiu-se o empreendimento (Figura 2) em compartimentos.

Para a análise de funções utilizou-se uma planilha (matriz) contendo os subprodutos do empreendimento (Quarto 1, Quarto 2, Sala, Cozinha, Banheiro, Área de serviço e Circulação) e os atributos de valor com seus respectivos códigos. No presente artigo não será aprofundado a aplicação dessa análise.

A técnica de Mudge foi aplicada em um dos encontros realizados com os colaboradores da pesquisa (Figura 4). Foi apresentada um diagrama contendo o Mudge dos subprodutos trabalhados, em que cada subproduto possui uma letra associada, no intervalo de A à H conforme apresentado na Figura 5.

Utilizou-se fatores de peso de 1 a 4 para hierarquizar os compartimentos. Sendo que, quanto maior o fator, maio a importância do compartimento em relação ao seu par, seguindo o desenvolvimento apresentado por Moraes (2017) – utilizando a comparação de IGI's dos pares.

Resultados e Discussões

Seguindo o procedimento explicado na Metodologia deste documento, obteve-se o peso (pontos) do subproduto mais importante de cada comparação par-a-par, conforme indicado na Figura 5. A coluna “Necessidades Relativas” corresponde ao percentual da somatória de pontos do subproduto da linha, em relação à somatória total de pontos, representando a segunda série de dados necessária para a construção do gráfico Compare (MORAES, 2017).

É possível observar, com base nas necessidades relativas apresentadas na Figura 4, que o “Quarto 2” é o subproduto com o maior percentual, 22,22%. Sendo assim, o “Quarto 2” é o compartimento do empreendimento que possui uma maior importância, de acordo com a aplicação da técnica de Mudge, sendo seguido por “Banheiro” e “Cozinha”, tendo, respectivamente, 20% e 17,78% como necessidades relativas.

Com os dados obtidos na aplicação da Técnica de Mudge é possível construir uma curva que apresenta as necessidades relativas de cada subproduto para, então, criar o gráfico Compare, uma ferramenta que permite identificar oportunidades de realocação de custos visando ao aumento de valor, segundo a percepção do usuário (MORAES, 2017).

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma das técnicas da EV – Técnica de Mudge – através de simulações com um empreendimento pertencente ao PMCMV. O objetivo dessa técnica é obter o grau de importância de cada ambiente da residência através da necessidade relativa, expressa em porcentagem. Dessa maneira, essa série de dados é resultante da (i) atribuição das preferências, resultantes da comparação par-a-par realizada na matriz de Mudge e (ii) do peso associado a essas escolhas, que tem como input o IGI dos atributos de valor que foram associados a cada um dos subprodutos (MORAES, 2017).

Os dados obtidos com a Técnica de Mudge foram utilizadas para a criação do Gráfico Compare, que apresenta, em forma de curva, como os recursos estão sendo consumidos no empreendimento e como deveriam ser consumidos de acordo com a importância dada pelos usuários – representados pelos colaboradores da pesquisa. Todas essas ferramentas permitem a realização de uma realocação de custos – desenvolvida na pesquisa geral à qual este artigo pertence.

Referências

BUONFIGLIO, L.V. Habitação de interesse social. Mercator, Fortaleza, v. 17, e17004, 2018.

RUIZ, J. A.. Engenharia de valor na construção de edifícios: simulação de aplicações. Dissertação de Mestrado. FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp. Janeiro 2011.

CSILLAG, J.M. Análise do Valor. 4^a Edição ampliada e atualizada com novas tendências gerenciais. Atlas. São Paulo - SP, 1995.

MORAES, A.F.S. Realocação de custos para o aumento do valor entregue no desenvolvimento de produtos residenciais. 2017. 194p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

Anexos

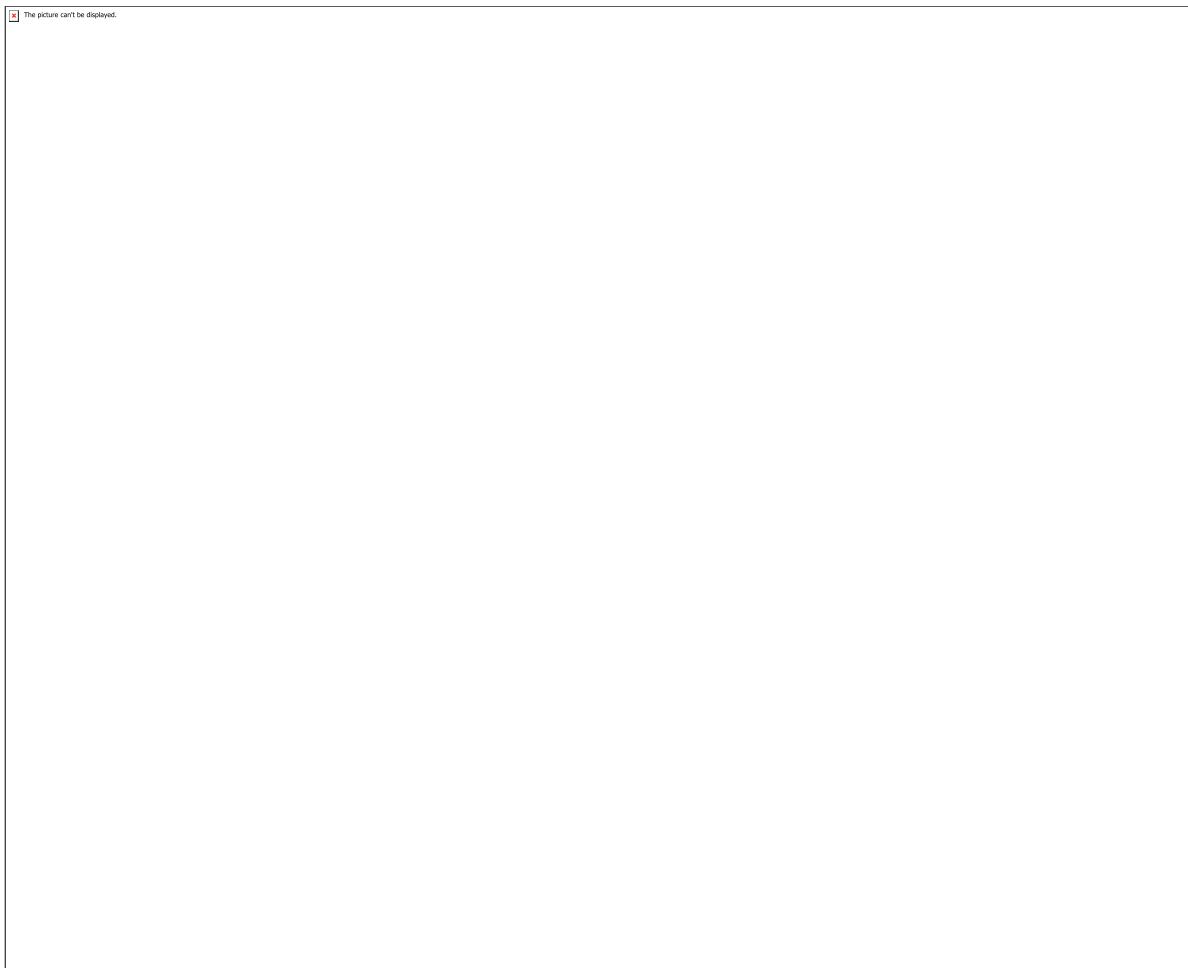


Figura 1 - Técnica de Mudge

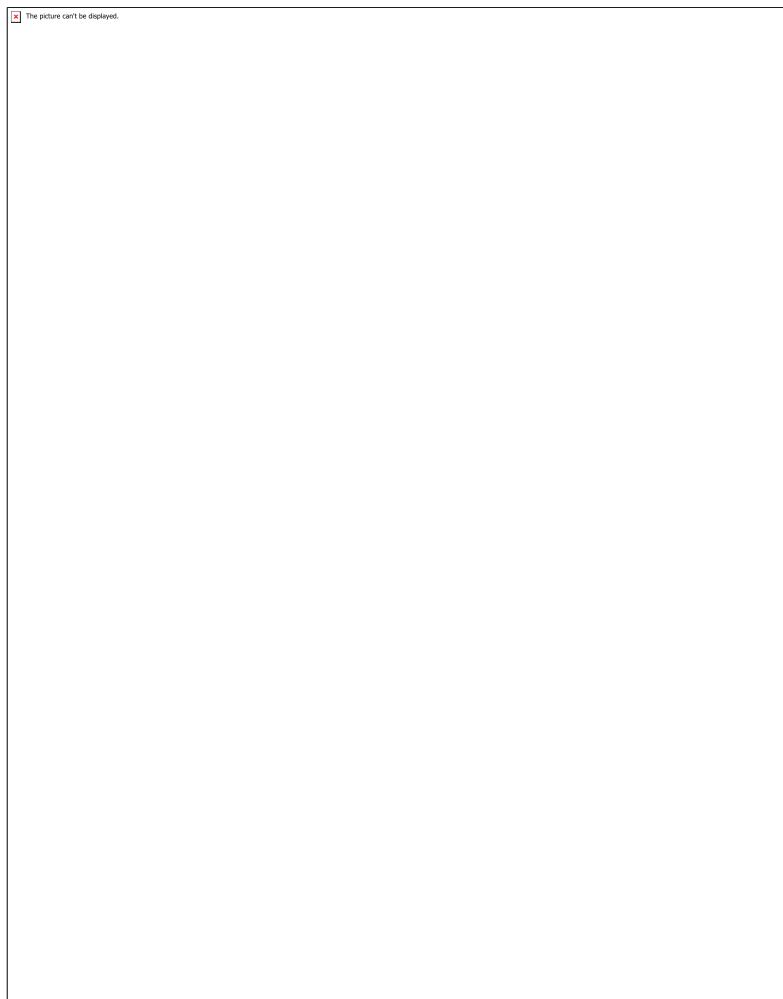


Figura 2 - Planta baixa padrão das unidades habitacionais do empreendimento

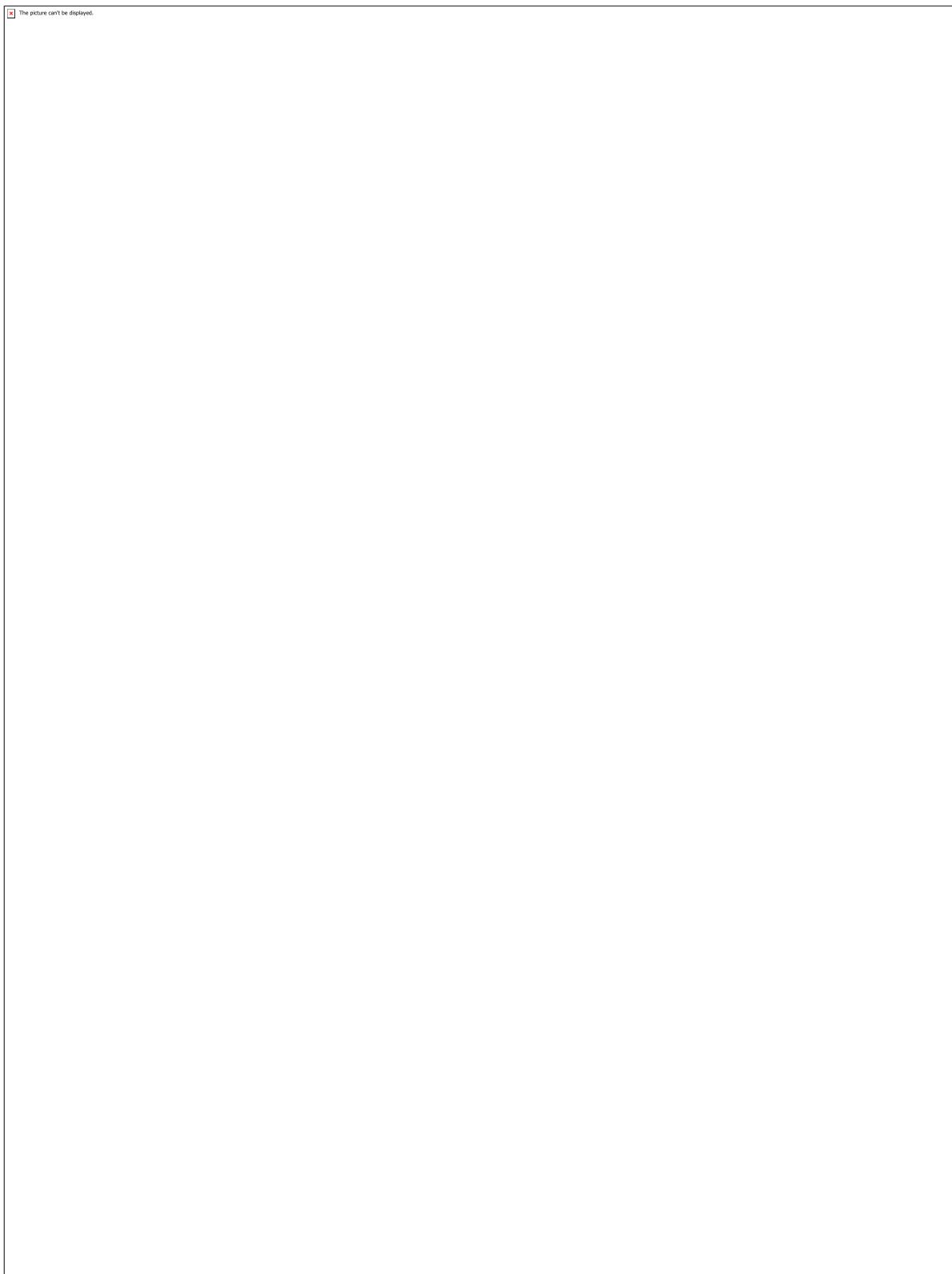


Figura 3 – Análise de funções aplicada com os colaboradores

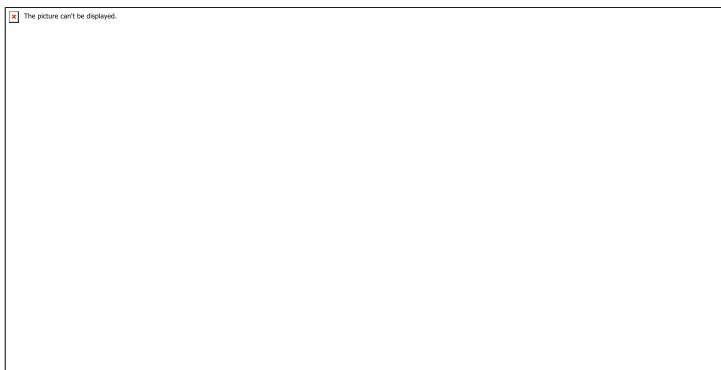


Figura 4 – Aplicação da Técnica de Mudge com os colaboradores



Figura 5 – Diagrama de Mudge dos subprodutos do empreendimento trabalhado

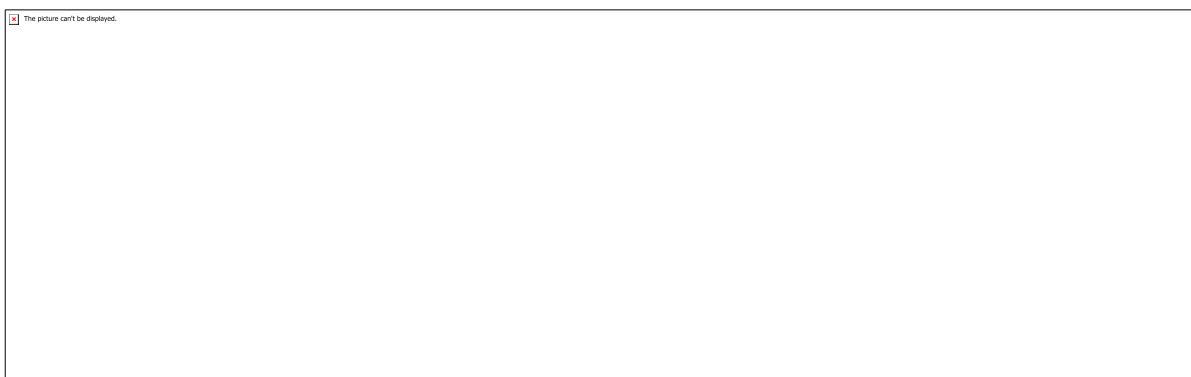


Figura 6 – Diagrama de Mudge com as necessidades relativas

CÓDIGO: ET0605

AUTOR: RAYANE DIAS DA SILVA

ORIENTADOR: KARINA PATRICIA VIEIRA DA CUNHA

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO SOLO NO LIXÃO DESATIVADO DE CIDADE NOVA, NATAL-RN

Resumo

A disposição de resíduos sólidos diretamente no solo, com ausência de cuidados técnicos traz riscos à fauna, flora e a saúde pública. A geração exponencial dos resíduos torna o lixão uma fonte potencial de contaminação, principalmente através do chorume e dos gases oriundos do processo de decomposição da matéria orgânica presente no maciço de resíduos. O solo de classe Neossolo Quartzarenico, em que sua textura é essencialmente arenosa, e entre suas principais características naturais de boa drenagem e baixa adsorção de nutrientes intensifica a contaminação difusa. Os dados dos atributos físicos e químicos e disponibilidade de metais pesados do solo da área do lixão desativado foram comparados com a área de mata nativa através de análise estatística descritiva usando os valores médios de cada atributo, posteriormente foram efetuadas correlações de Pearson. A partir dos resultados obtidos do solo da área do lixão foi verificada uma redução da qualidade do solo pela disposição inadequada de resíduos sólidos, fato que compromete o desenvolvimento da vegetação nativa, os corpos hídricos próximos e a recuperação da área. É necessário uma adequação a legislação, com uma implantação de um sistema de cobertura final para estabilização e recuperação da área.

Palavras-chave: resíduos sólidos. metais pesados. erosão.

TITLE: EVALUATION OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF THE SOIL IN THE NEW CITY DISABLED WASTE, NATAL-RN

Abstract

The disposal of solid waste directly in the soil, without technical care, brings risks to fauna, flora and public health. The exponential generation of waste makes the dump a potential source of contamination, mainly through slurry and gases from the process of decomposition of organic matter present in the waste mass. The soil of the Quartzarenic Neosol class, in which its texture is essentially sandy, and among its main natural characteristics of good drainage and low nutrient adsorption, intensifies diffuse contamination. Data on physical and chemical attributes and soil heavy metal availability in the deactivated landfill area were compared with the native forest area through descriptive statistical analysis using the mean values of each attribute, after which Pearson correlations were performed. From the results obtained from the soil of the landfill area, a reduction in soil quality was verified due to the inadequate disposal of

solid waste, a fact that compromises the development of native vegetation, the nearby water bodies and the recovery of the area. Compliance with legislation is required, with the implementation of a final cover system for stabilization and restoration of the area.

Keywords: solid waste. heavy metals. erosion.

Introdução

A disposição de resíduos sólidos diretamente no solo, com ausência de cuidados técnicos, é uma prática antiga e que traz riscos à fauna, flora e a saúde pública, o local onde ocorre a disposição irregular de resíduos é conhecido por lixão (LANZA, 2009), essa prática está atrelada à geração exponencial dos resíduos tornando o lixão uma fonte potencial de contaminação. Isso ocorre devido nesses locais existir a produção constante de chorume e de gases, oriundos do processo de decomposição da matéria orgânica presente no maciço de resíduos (MENDONÇA, 2010).

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela lei 12.305/ 2010 proíbe desde a data de sua publicação essa forma de disposição final de resíduos sólidos. Ela também incube a elaboração de seus Planos de Resíduos Sólidos, nos quais deve estar previsto metas para a eliminação e recuperação das áreas de lixões. No município de Natal há uma disposição final adequada desde agosto de 2014, em que sua produção tem sido destinada ao Aterro Sanitário Metropolitano de Natal, operado pela empresa BRASECO S/A, localizado na cidade de Ceará Mirim.

Entretanto, anteriormente o município destinou de forma inadequada todos os tipos de resíduos (perigosos e não perigosos) produzido em seus limites, por mais de três décadas, para uma área situada de lixão localizada no bairro de Cidade Nova que recebia cerca de 1.600 ton. de resíduos por dia, chegando a acumular no ano de 2003 um volume de 6.117.000 m³ de maciço, ocupando pouco mais de 34 hectares na área (SILVA, 2005).

A disposição de resíduos perigosos juntamente aos resíduos não perigos é preocupante, pois eles agregaram características peculiares ao chorume do local, pois o mesmo passará a conter além de altas concentrações de matéria orgânica, também concentram contaminantes inorgânicos, bem como metais pesados que podem apresentar alta toxicidade e provocar efeitos adversos ao meio ambiente (MENDONÇA, 2010; MEDONÇA apud WISZNIOWSKI et al., 2006).

De acordo com o Plano Diretor de Natal, os bairros de Cidade Nova e Guarapes estão inseridos em Zonas de Proteção Ambiental – ZPAs, sendo integrantes da ZPA-01 e ZPA-04 respectivamente. Dados do Anuário Natal 2014, indicam que a ZPA-01 foi regulamentada pela Lei Municipal nº 4.664/95, por ser considerada a principal área de recarga do aquífero subterrâneo, que garante a demanda de água potável da cidade, além de proteção da flora e fauna das dunas. Enquanto a ZPA-04 teve seu regulamento instituído pela Lei Municipal nº 4.912/97, devido apresentar cordões de dunas de relevante beleza cênico-paisagística da cidade, em virtude dos contrastes de relevo com o tabuleiro costeiro e o estuário do Rio Potengi, dando importante contribuição na minimização de escoamento pluvial.

É necessário realizar uma avaliação da qualidade do solo, a partir da interpretação de indicadores. Indicadores de qualidade do solo referem-se a atributos do solo que refletem o desempenho para a produção de culturas ou funções ambientais (ARSHAD ; MARTIN, 2002). Sendo assim, no presente trabalho serão analisados atributos físicos e químicos do solo, bem como as concentrações de metais pesados existentes nas amostras, uma vez que a disposição irregular de resíduos sólidos interage diretamente com o solo, a avaliação da qualidade do mesmo torna-se uma análise essencial para se obter o diagnóstico ambiental da área afetada. O diagnóstico sempre precede a elaboração de programas de recuperação de áreas degradadas, pois com base nas suas informações é possível escolher a técnica que melhor se adéqua às condições da área. Vale salientar, que no lixão de Cidade Nova nenhuma ação de recuperação foi realizada até o presente.

Metodologia

O estudo será realizado na área do lixão de Cidade Nova, situado nas coordenadas geográficas Latitude (-5,877) e Longitude (-35,247), localizado no município de Natal, capital do Rio Grande do Norte (Figura 1).

O solo da área de estudo pertence à classe Neossolo Quartzarênico, sua textura é essencialmente arenosa, e entre suas principais características naturais encontram-se: boa drenagem; baixo teores de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes; baixa fertilidade; dessaturação por base; baixa capacidade de retenção de água, baixa capacidade de troca catiônica (CTC) (EMBRAPA, 2013).

As temperaturas locais são elevadas durante todo ano, uma vez que elas são influenciadas pelo clima da região, caracterizado como tropical chuvoso quente com verão seco (KOTTEK et al., 2006). No ano de 2013, as temperaturas variam entre a máxima de 31,2°C e mínima de 20°C, enquanto a umidade relativa do ar girou em torno de 80,45%. Nesse período também foi registrado um total de evaporação de 1.742,8 mm (média de 145,32 mm/mês), em detrimento do total de 1.877,1 mm de precipitação (EMBRAPA, 2013).

2.2 COLETA E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS DE SOLO

Para a realização da coleta de todas as amostras de solo foi aplicado o método preconizado pela Embrapa (1999), onde a área total do lixão foi percorrida em caminho no formato de zig-zag e demarcados aleatoriamente os pontos de coleta das amostras. Tal procedimento foi repetido quatro vezes com caminhos diferentes visando à coleta de quatro repetições de amostras compostas representativas da área do lixão. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, lacrados, embalados e armazenados em temperatura específica para cada tipo de análise até serem transportados para UFRN.

Para as análises de atributos físicos e químicos, foram coletadas amostras deformadas de solos na profundidade de 0-20 cm, em 20 pontos amostrais simples. Posteriormente, as 20 amostras simples de cada profundidade foram misturadas para retirada de uma amostra composta de aproximadamente 500g. No local de análise, o solo foi seco ao ar, posteriormente destorradado e passado em peneira de 2 mm de abertura de malha

para a retirada da terra fina seca ao ar (TFSA), a qual foi submetida à análises químicas e físicas (EMBRAPA, 1999).

No local de estudo foi selecionada uma área controle que apresentou vegetação nativa com pouca ou nenhuma interferência antrópica, bem como a mesma classe de solo, na qual foi aplicado o mesmo método de coleta das amostras deformadas.

2.3 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO

Com as amostras deformadas foram determinados os atributos físicos, como a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico (Figura 2); densidade do solo pelo método da proveta (Figura 3); porosidade total pela relação DP e DS; granulometria pelo método da pipeta (Figura 4) e Diagrama Triangular simplificado (EMBRAPA 1999)

Os atributos químicos foram analisados de acordo com os métodos preconizados pela EMBRAPA (1999): pH em água; condutividade elétrica; K⁺ e Na⁺ trocáveis por fotometria de emissão de chama após extração com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis por espectrofotometria de absorção atômica e Al³⁺ trocável por titulação após extração com solução de KCl 1 mol L⁻¹; acidez potencial/H⁺⁺Al³⁺ por titulação após extração com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; fósforo disponível por colorimetria após extração com extrator Mehlich-1; a partir dos resultados obtidos do complexo sortivo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (T) e efetiva (t), saturação por bases (V), saturação por Al (m) e saturação por Na⁺ (PST).

O C orgânico será determinado pelo método de Walkley-Black modificado (SILVA et al., 1999). A matéria orgânica foi estimada através do produto do valor de carbono orgânico por 1,724, considerando que o húmus contém aproximadamente 58% de carbono (EMBRAPA, 1999).

Para determinação de nitrogênio total, amostras de solo foram submetidas à digestão sulfúrica e o nitrogênio posteriormente foi dosado no extrato por meio de destilação Kjeldahl (EMBRAPA, 1997).

2.4 EXTRAÇÃO E FRACIONAMENTO DE METAIS PESADOS

Subamostras dos solos serão retiradas para a determinação dos teores solúveis e disponíveis dos metais (Ba, Pb, Zn, Mn). Para isso, os seguintes extractores químicos serão utilizados: cloreto de cálcio (CaCl₂) (NOVOZAMSKY et al., 1993), escolhido pela capacidade de extrair metais, apenas da fase prontamente disponível (MELO et al., 2006. Os teores de metais nas soluções extraídas do solo foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Foi realizada a estatística descritiva dos dados dos atributos físicos e químicos do solo coletado na área do lixão desativado de Cidade Nova e sua respectiva área de referência de mata nativa, visando a melhor compreensão da variabilidade dos dados.

Posteriormente, os valores médios dos atributos físicos e químicos das amostras de solo da análise descritiva foram utilizados para correlação de Pearson, para evidenciar

a proporcionalidade entre variáveis do solo e discutir a relação entre elas (SAS v.8, 1999).

Resultados e Discussões

Os atributos físicos do solo foram obtidos a partir de uma área de referência de qualidade ambiental de mata nativa comparados com a área de estudo do lixão desativado de Cidade Nova (Tabela 1).

A partir dos resultados de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total, foi verificado que o Lixão desativado apresenta menor DP, possivelmente devido a maior quantidade de matéria orgânica oriundos do lixo orgânico depositado na área, diminuindo sua densidade de partículas. Consequentemente a porosidade total apresentou um valor superior ao da mata nativa. Com isso, como esperado uma relação inversa entre densidade do solo e a sua porosidade total.

A remoção da vegetação nativa para deposição de resíduos no lixão deixou o solo suscetível a erosão, que foi verificada pela diminuição do teor de areia no lixão desativado comparado com a área da mata nativa, e o aumento do teor de argila que pode ser explicado pela diminuição dos grãos de areia pelo intemperismo químico para a fração argila.

O solo do lixão apresentou aumento do pH (Tabela 2), enquanto o solo da mata nativa apresentou reação ácida, isso mostra que com a substituição da mata nativa pelo lixão houveram mudanças no complexo de troca do solo, que passou a ser ocupado por sais, o que pode explicar o aumento da Mg (Tabela 2) e pela saturação de bases (Tabela 3).

Como o solo do lixão desativado está em regiões de dunas possuindo maior fração arenosa, esses solos possuem baixa coesão e baixa CTC, o que favorece a perda de nutrientes e sais que possivelmente estão sendo levados para os corpos hídricos próximos superficiais e subterrâneos, consequentemente os valores dos nutrientes e alguns sais estão menores comparados a área de referência de mata nativa (Tabela 3).

O solo do lixão desativado é classificado como Neossolo Quartzarenico, esses solos possuem boa drenagem e baixa CTC, o que favorece o transporte de metais pesados para os corpos hídricos superficiais e subterrâneos da área de influência direta e indireta, por isso os valores dos metais pesados estão menores comparados a área da mata nativa (Tabela 4).

Esses nutrientes e metais pesados que estão sendo carreados para os corpos hídricos superficiais e subterrâneos próximos ao lixão desativado, possivelmente o aquífero Dunas Barreiras que abastece a cidade Natal e outros municípios do RN, podem trazer riscos à saúde pública pelo aporte de sais e nutrientes, e principalmente, pelos altos teores de metais pesados na forma mais disponível.

Através da correlação de Pearson, utilizando os valores médios dos atributos físicos e químicos das amostras de solo da análise descritiva, foi verificado que o pH teve correlação negativa significativa menor que 1% com a matéria orgânica, esse fato é

coerente, pois a matéria orgânica é reativa com o incremento de sais impedindo que possam ir para a solução do solo.

A matéria orgânica sendo reativa, apresentou correlação positiva significativa menor que 1% com o potássio e de 5% com o magnésio, esse fato descreve que está ocorrendo a adsorção da matéria orgânica com esses sais, além da adsorção com nitrogênio que apresentou significância de 5%.

Entretanto, devido a região apresentar um clima tropical chuvoso com verão seco, as precipitações ocorrem com frequência, sendo assim, possivelmente os sais e nutrientes que estiverem adsorvidos a matéria orgânica serão liberados para a solução do solo, consequentemente aos corpos hídricos das proximidades da área de estudo.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos na avaliação dos atributos físicos e químicos e na disponibilidade de metais pesados no solo da área do lixão é possível verificar uma redução da qualidade do solo quando há a disposição inadequada de resíduos sólidos, fato que compromete o desenvolvimento da vegetação nativa, os corpos hídricos próximos e a recuperação da área.

Na área do lixão desativado é necessário uma adequação a legislação, com uma implantação de um sistema de cobertura final que possa reduzir a infiltração, liberação de percolados e de gases de efeito estufa para os corpos hídricos.

Sugere-se, a aplicação de uma camada de solo para finalizar o sistema de cobertura final que possa suportar o crescimento de espécies vegetais nativas para processo de estabilização e de recuperação da área.

Referências

ARSHAD, M. A. ; MARTIN, S., Identifying Critical Limits for Soil Quality Indicators in Agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 88, p. 153-160, 2002.
Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 1004:2004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Disponível em:

< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm > Acesso em 24 Jun. 2019.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades

antrópicas. Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009, p. 81-84. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em 28 Jun. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p

KOTTEK, M. ET AL. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, v. 15, n. 3, p. 259–263.

LANZA, V. C. V. Caderno Técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente - Fundação

Israel Pinheiro, 2009.

MELO, E. E. C.; NASCIMENTO, C. W. A.; SANTOS, A. C. Q. Solubilidade, fracionamento e fitoextração de metais pesados após aplicação de agentes quelantes. Revista Brasileira Ciências do Solo, v.30, p.1051-1060, 2006.

MENDONÇA, J. M. dos S. Avaliação da ecotoxicidade de percolados em áreas de disposição de resíduos na região metropolitana de Natal/RN. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2010.

NATAL. Lei Municipal 4664/1995 – Dispõe sobre o uso do solo, limites e prescrições urbanísticas da Zona de Proteção Ambiental 1 (ZPA 1). Prefeitura do Natal. (1995)

NOVOZAMSKY, I.; LEXMOND, T. M.; HOUBA, V. J. G. A single extraction procedure of soil for evaluation of uptake of some heavy metals by plants. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, [S.I.], v. 51, p. 47-58, 1993.

SAS Institute. Statistical analysis system: Procedure guide for personal computer. Version 8. Cary, 1999.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JUNIOR, J. S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. R. Un. Alfenas, v.5, p. 21-26, 1999.

SILVA, Emilia Margareth de Melo et al. Degradação ambiental da área do lixão Cidade Nova devido ao acúmulo de resíduos sólidos. In: Saneamento ambiental Brasileiro:

Utopia ou realidade? ABES, 2005. p. 1-8.

Anexos

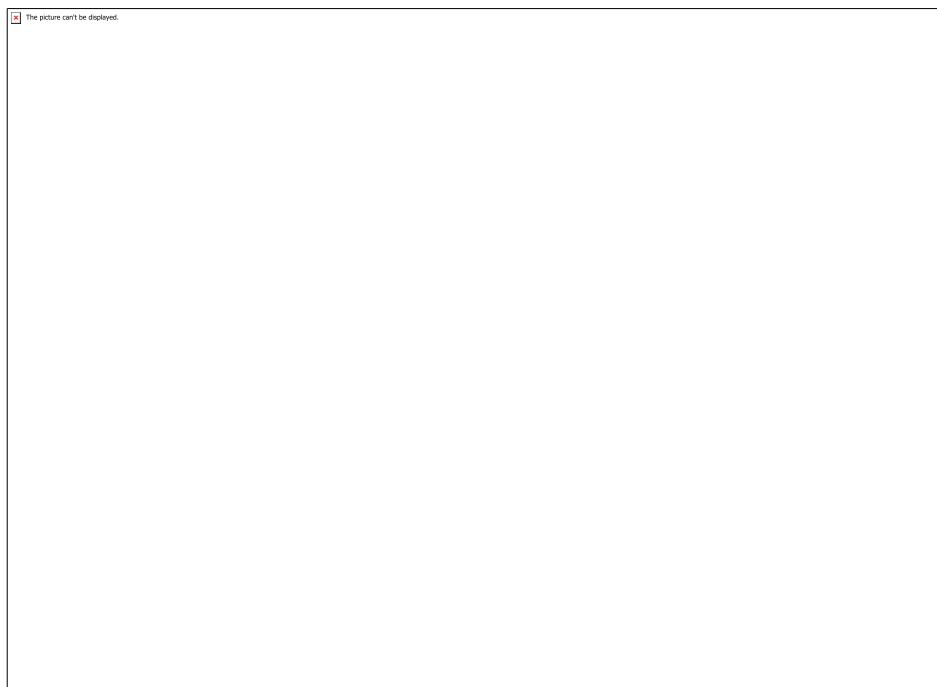


Figura 1 – Localização do lixão desativado no município de Natal/RN

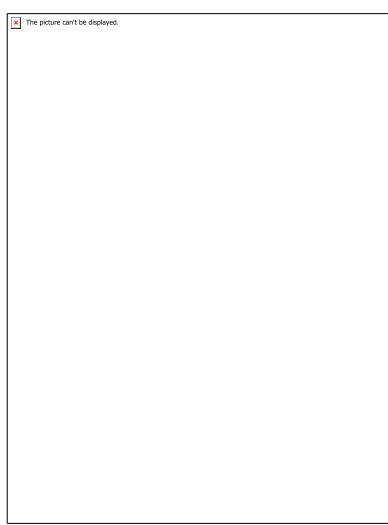


Figura 2 – Análise de densidade de partículas pelo método do balão volumétrico.

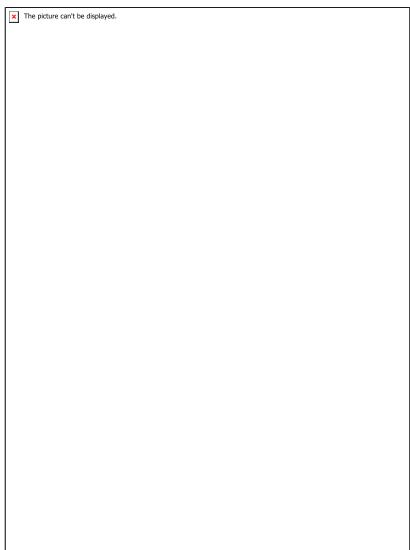


Figura 3 – Análise de densidade de densidade do solo pelo método da proveta.

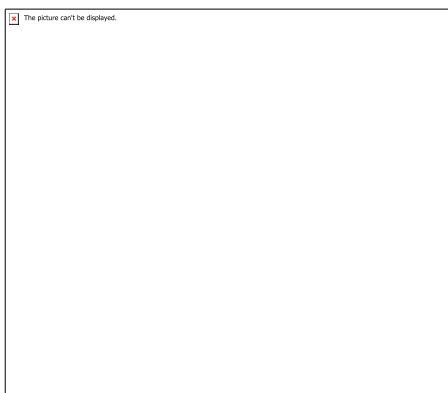


Figura 4 – Análise de granulometria pelo método da pipeta.



Tabela 1 - Atributos físicos do solo das áreas de Mata Nativa e Lixão desativado de Cidade Nova, Natal-RN.


--

Tabela 2 - Atributos químicos do solo das áreas de Mata Nativa e Lixão desativado de Cidade Nova, Natal-RN.

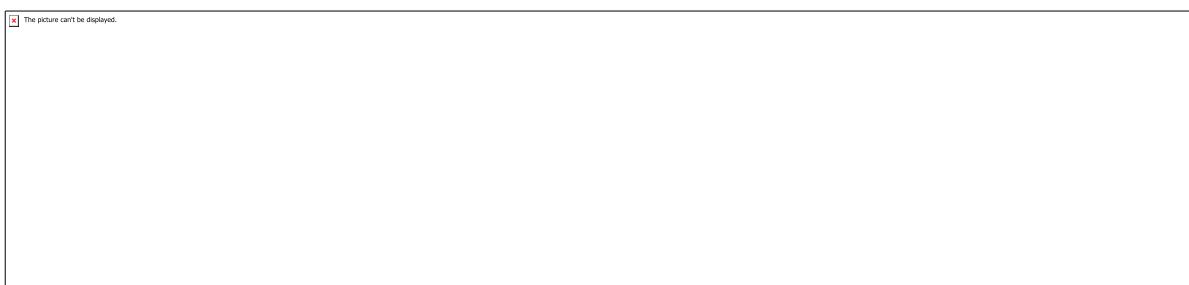

--

Tabela 3 - Atributos químicos do solo das áreas de Mata Nativa e Lixão desativado de Cidade Nova, Natal-RN


--

Tabela 4 – Teores de metais no solo das áreas de Mata Nativa e Lixão desativado de Cidade Nova, Natal-RN.

CÓDIGO: ET0625

AUTOR: THAMIRES VIEIRA GERMANO

ORIENTADOR: ANA PAULA CYSNE BARBOSA

TÍTULO: Alterações em propriedades mecânicas de compósitos carbono-epóxi causadas por envelhecimento acelerado

Resumo

Os progressos científico-tecnológicos resultaram em uma maior demanda por materiais avançados, com propriedades superiores às classes de materiais tradicionais. Dessa forma, os materiais compósitos são criados para atender determinadas aplicações tecnológicas. Os compósitos denominados CFRPs se destacam em várias indústrias, sobretudo na indústria aeroespacial, pois aliam baixa densidade a resistências mecânicas elevadas. Outros setores que fazem uso deste material são as indústrias petrolífera e de geração de energia limpa por força das marés. Essa fonte renovável tem um alto potencial energético, portanto é necessário simular a operação desse material em ambientes extremos, em imersão prolongada em solução salina sintética, para compreender como as propriedades do material serão afetadas e verificar a rentabilidade dessa forma alternativa de geração de energia. Esta pesquisa teve o objetivo geral de direcionar os estudos para os efeitos do envelhecimento em compósitos carbono-epóxi, que envelheceram por imersão do material em solução salina, através de ensaios de caracterização não destrutivos por diferentes períodos de envelhecimento. Por meio desses testes, obtivemos uma perda de massa das amostras e resultados de FTIR em forma de transmittância que denunciam degradação do compósito, um aumento de porosidade nas amostras envelhecidas condicionadas por um período mais longo o que provavelmente acarretou em diminuição de suas propriedades mecânicas.

Palavras-chave: CFRP; envelhecimento acelerado; água salina; caracterização

TITLE: The effect of accelerated ageing on the mechanical properties of carbon-epoxy composites

Abstract

Scientific and technological development have resulted in a greater demand for advanced materials, which have superior properties to traditional material categories. Therefore, composite materials are created to meet certain technological applications. CFRPs composites stand out in many industries, especially in the aerospace industry, because they combine low density with high Young's modulus. Other sectors that make use of this material are the oil and tidal clean energy industries. This renewable source has a high energy potential, so it is necessary to simulate the operation of this material in extreme environments, with prolonged immersion in synthetic saline solution, to understand how the material properties will be affected and to verify the profitability of this alternative form of energy generation. The main objective of this research is to investigate the effects of aging in carbon-epoxy composites, which aged by immersion of the material in saline water, through non destructive characterization methods and different aging periods. Through non-destructive characterization, the results were mass loss and FTIR results in the form of transmittance indicate degradation of the epoxy

matrix with the accelerated aging, an increase in porosity over a longer period which probably led to lower mechanical properties.

Keywords: CFRP; accelerated aging; sea water; characterization

Introdução

Os progressos científico-tecnológicos resultaram em uma maior demanda por materiais avançados, com propriedades superiores às classes de materiais tradicionais. Dessa forma, os materiais compósitos são criados para atender determinadas aplicações tecnológicas. O compósito é formado a partir de dois ou mais materiais, resultando em um material com propriedades distintas àqueles que o originaram. Este material é constituído de duas partes: a matriz e o reforço. A matriz mais utilizada atualmente é a matriz polimérica, a exemplo da resina epóxi (termorrígido), e os reforços mais comuns são as fibras de vidro e carbono. A matriz vai unir, dar a forma ao material e transferir as solicitações mecânicas ao reforço (GALLI, 2016; CALLISTER, 2008). Existe também outra região, a interface, que vai regular a transferência de carga.

O material compósito é produzido para que seja aplicado em situações nas quais os materiais que o compõem separadamente não seriam viáveis. O material de reforço apresenta forma de fibra, material particulado ou whiskers para originar compósitos estruturais. As propriedades mecânicas do material compósito vão depender de sua configuração, definida pelo número de lâminas, ângulo de orientação entre as fibras, e do método de fabricação. Normalmente, as fibras de carbono são escolhidas quando é necessário que o material apresente uma baixa densidade aliado a propriedades mecânicas elevadas e resistência à corrosão, resultando no CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer). Os CFRPs se tornaram compósitos essenciais em várias indústrias, sobretudo na indústria aeroespacial. Por isso, é indispensável estudar a maneira como esse material vai operar quando exposto a fatores naturais como umidade, ciclos de temperatura e incidência de raios ultravioleta (BARBOSA, 2017; FULCO, 2017). Outros setores que fazem uso do material de estudo é a indústria petrolífera e de geração de energia limpa por força das marés, então conhecer os efeitos da água salina e dos esforços mecânicos que esse material vai ser solicitado durante muitos anos é imprescindível para verificar a viabilidade do compósito para esta aplicação (TUAL, 2015).

Na atualidade, a geração de energia por meio de fontes renováveis está associada a um alto grau de desenvolvimento econômico das nações. Entre essas novas fontes de energia, a energia maremotriz tem um alto potencial energético. A maior parte das turbinas produzidas são formadas por compósitos carbono-epóxi, visto que essas estruturas possuem a performance estrutural e hidrodinâmica necessárias, e mais uma série de vantagens, a exemplo da razão entre a resistência a tração e massa específica. Essas estruturas estarão sujeitas a várias condições cíclicas como marés, tempestades, salinidade do oceano e corrosão. Desse modo, simular a operação desse material em ambientes extremos, em imersão prolongada em solução salina sintética, é essencial para compreender como as propriedades do material serão afetadas e verificar a rentabilidade dessa forma alternativa de geração de energia (TUAL, 2015; MILLER, 2012).

Esta pesquisa teve o objetivo geral de direcionar os estudos para os efeitos do envelhecimento em compósitos carbono-epóxi, que envelheceram por imersão do material em solução salina, através de ensaios de caracterização não destrutivos por diferentes períodos de envelhecimento.

Metodologia

O material utilizado neste projeto foi o prepreg HexPly® M19.6G/32%/UD500+8P/T620+PES/1300MM da Hexel, que consiste em um compósito de matriz termofixa epóxi (32% em massa) e fibra de carbono (T620, gramatura 500g/m²). As placas foram curadas/pós-curadas/cortadas conforme procedimento descrito em Nascimento (2017). As amostras foram submetidas ao envelhecimento por condicionamento salino durante períodos de 2 e 4 meses a uma temperatura de 50°C na estufa de ar circulante no Laboratório de Compósitos do Departamento de Engenharia de Materiais (UFRN). Este tipo de envelhecimento acelerado simula a operação do compósito em contato com salinidade dos oceanos, dessa forma a solução salina foi preparada conforme descrita na norma ASTM D 11441-98, aproximando-se à composição química da água do mar. Antes e após os períodos de envelhecimento, para qualquer um dos ensaios essas amostras passaram por um período de 48h na estufa fora da solução e pelo menos 6h no dessecador, conforme consta na literatura científica utilizada. Após a secagem, foram caracterizadas por meio de MEV, FTIR, DMA e variação de massa, visto que houve a preferência por técnicas não-destrutivas.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada para visualizar a qualidade da estrutura quanto à infiltração da matriz polimérica nas fibras de reforço, presença de poros e orientação e compactação das camadas, fazendo as devidas análises comparativas das falhas entre amostras condicionadas e não-condicionadas. O microscópio utilizado foi um microscópio eletrônico de bancada da marca Hitachi, modelo Hitachi Tabletop Microscope TM-3000 do Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais do Departamento de Engenharia dos Materiais da UFRN.

A Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foi realizada por meio do equipamento da marca Shimadzu, modelo IRT-Tracer-100, com faixa de varredura padrão de 400 à 4000 cm⁻¹. A análise dinâmico-mecânica (DMA) foi realizado no equipamento DMA Q800 TA, para constatar a temperatura de transição vítreo (T_g) do material de estudo somente pré-envelhecimento no modo double cantilever. Com isso, a temperatura na estufa foi definida para ser inferior à T_g do material. A variação de massa foi feita por meio da pesagem das amostras antes e após o envelhecimento, por meio da balança de precisão no laboratório de Compósitos, para ver se houve aumento ou perda de massa por meio da operação matemática $M = 100\% \times [\text{massa inicial (g)} - \text{massa final (g)}]/\text{massa inicial (g)}$.

Resultados e Discussões

A realização do MEV se deu na inspeção das mesmas áreas antes e após o envelhecimento acelerado, com o intuito de identificar as alterações estruturais ao longo da vista lateral das amostras. Entre as maiores diferenças, apresenta-se um pequeno desgaste na matriz polimérica nas amostras que envelheceram por 2 meses e aumento de porosidade nas amostras condicionadas a um período de 4 meses na solução salina, o que pode possibilitar novos caminhos para difusão da água no material.

A absorção de moléculas de água em compósitos de matriz polimérica altera a sua performance, visto que depende da estabilidade entre as fases e interface fibra-matriz, sobretudo a longo prazo. Pela natureza orgânica da resina epóxi, a imersão prolongada em água do mar pode induzir processos irreversíveis nessas regiões do material. Entre esses processos, plastificação e inchaço podem ser observadas em alguns estudos,

como os de Tual (2015) e Fulco (2017). A plastificação corresponde à mudanças na estrutura polimérica e confere uma menor temperatura de transição vítreia, aumento da viscoelasticidade, diminuição da resistência mecânica e do módulo de elasticidade. Inchaço da matriz é causada pela penetração de água na resina, como consequência disso o volume é alterado, há ganho de massa. O inchaço pode causar trincas nas interfaces fibra-matriz, que promovem uma degradação expressiva da rigidez do material, delaminação e ruptura das fibras.

No MEV, as fibras das duas amostras ficaram levemente expostas e não foram identificadas regiões de inchaço nas estruturas, nem ganho de massa. Inclusive as amostras perderam massa com o envelhecimento, o que infere na degradação da resina, esse resultado converge com as alterações nos espectros de FTIR para concluir que houve degradação do compósito.

Conclusão

Ao final do estudo podemos concluir que o envelhecimento acelerado em solução salina gerou resultados que apontam uma degradação do material. As análises de FTIR indicam alterações químicas e processos degradativos na matriz polimérica produzidas pelo envelhecimento; as imagens obtidas pelo MEV mostraram degradação do compósito, com mudança de textura da superfície, aumento de porosidade e fibras de carbono levemente mais expostas.

É esperado que as amostras após o envelhecimento apresentem uma menor temperatura de transição vítreia (T_g) como nos estudos realizados por Lira (2019) e Tual (2015), visto que isso seria explicado pela absorção de moléculas de água na estrutura polimérica, mudança física conhecida como plastificação. Além de uma menor T_g , de acordo com Tual, a plastificação também induz diminuição de propriedades mecânicas.

De forma geral, os resultados deste estudo estão em consonância com a bibliografia utilizada, exceto no que refere à perda de massa, mas isso pode estar associado a um menor período de imersão do que o experimento de Tual (2015), na qual a degradação da matriz polimérica foi superior à difusão de moléculas de água no interior das amostras. Em estudos futuros, além de realizar testes por um período de exposição mais prolongado, com temperaturas variadas na estufa, além de serem necessárias mais amostras para possibilitar ensaios destrutivos como o ILSS, essencial para monitorar a qualidade estrutural (qualidade da união entre resina e fibra) e fazer as devidas comparações entre materiais, e não-destrutivos como o DMA.

Referências

CALLISTER, Jr., W.D. "Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução", 7^a edição. LTC Editora, 2008, 704 pp.

BARBOSA, A.P.C. et al. Accelerated aging effects on carbon fiber/epoxy composites. Composites Part B, 110, p. 298-306, 2017.

COSTA, A.P.; BOTELHO, E.C.; PARDINI, L.C. Efeito da Degradação Ambiental nas Propriedades de Cisalhamento de Compósitos PPS/Fibra de Carbono. Polímeros, vol. 21, n. 3, p. 161-167, 2011.

FULCO, A.P.P. Mecanismos de dano em laminados de carbono/epóxi sob fadiga e envelhecimento higrotérmico. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia De Materiais (PPGCEM). Tese De Doutorado. Natal, 2017.

GALLI, C. A. "Caracterização das Propriedades Mecânicas de Compósitos de Matriz de Epóxi com Fibras de Carbono Unidirecionais". Dissertação de Mestrado em Engenharia dos Materiais. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.VIII, 40 p.

LIRA, M.N.S. Efeitos do envelhecimento natural em compósitos carbono-epóxi. Departamento de Engenharia dos Materiais - DEMAT - UFRN. Natal, 2019.

MILLER, D. et al. Performance of Composite Materials Subjected to Salt Water Environments. AIAA SDM Wind Energy Session, 2012.

MIRACLE, D., DONALDSON L, et al. "Introduction to Composites", Volume 21, Composites Handbook ASM International, 2001.

NASCIMENTO, A.A. Adição de poli(etileno-co-ácido-metacrílico) (EMAA) como agente de auto-reparo em compósitos carbono-epóxi. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia dos Materiais - DEMAT - UFRN. Natal, 2017.

TUAL, N. et al. Characterization of sea water ageing effects on mechanical properties of carbon/epoxy composites for tidal turbine blades. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, vol 78, p. 380-389, 2015.

CÓDIGO: ET0629

AUTOR: MASSAO HENRIQUE DA SILVA

COAUTOR: SIDNEI ARAÚJO JÚNIOR

ORIENTADOR: ADRIAON DUARTE DORIA NETO

TÍTULO: Estudo dos Parâmetros Críticos no Controle de Plantas via Redes industriais

Sem Fio

Resumo

A instrumentação sem fio (wireless) tem sido empregada em sistemas de controle em rede, formando uma arquitetura de controle com o tráfego de informações via meio sem fio. Contudo, existem algumas características que podem influenciar no projeto do sistema de controle, como a taxa de perda de pacotes ou de entrega de pacotes. Este trabalho propõe avaliar a influência da taxa de entrega de pacotes na variação do erro de regime permanente de uma malha de controle de nível. Foi implementada uma arquitetura de sistema de controle em rede sem fio com tecnologia ISA 100.11a para realizar os testes e a coleta de dados. Os resultados comprovam que existe uma correlação direta da perda de pacotes com o erro do controlador.

Palavras-chave: Sistemas de Controle em Rede, Redes Industriais Sem Fio, ISA 100.11a

TITLE: Study of Critical Parameters in Plant Control via Industrial Wireless Networks (WSIN)

Abstract

Wireless instrumentation has been used in networked control systems (NCS), generating a control architecture with wireless information traffic. However, there are some features that can influence the design of the control system, such as the packet loss rate or the package delivery rate. This work proposes to evaluate the influence of the packet delivery rate on the variation of the steady state error of a level control. A wireless networked control system architecture with ISA 100.11a technology was implemented to perform the tests and data collection. The results show that there is a direct correlation of packet loss with the controller error.

Keywords: Wireless Networked Control Systems, Industrial Wireless Sensor Network

Introdução

Ao analisarmos a linha temporal dos avanços tecnológicos, mais especificamente as três revoluções industriais, é possível observar cada fase que a indústria passou, trazendo consigo inovações em cada um desses períodos. Desde a máquina a vapor até o avanço colossal da microeletrônica, e consequentemente a criação de computadores com maior poder de processamento. Todas essas tecnologias influenciaram a forma de produtividade nos ambientes industriais, que facilitou a automação dos processos. A concepção de sistemas automatizados que realizam suas tomadas de decisões a partir de uma rede colaborativa de diferentes tecnologias levou a uma nova fase da indústria. Denominada como Indústria 4.0 (I4.0) ou Manufatura

Avançada, a quarta fase da indústria traz como inovação a interconectividade, reunindo alguns conceitos e tecnologias que formam os pilares de sustentação: Internet das coisas, Segurança cibernética, Computação em nuvem, Manufatura aditiva, Realidade aumentada, Big Data, Robótica colaborativa e Inteligência Artificial (3). Neste contexto de fusão de tecnologias para garantir maior integração dos sistemas com a finalidade de tomar decisões para otimizar os processos, maximizando lucros e minimizando riscos, a implantação de sistemas de comunicação nos processos de monitoramento e controle deve ser cuidadosamente projetada (7). No cenário atual, é possível observar que grande parte dos sistemas de controle em rede (Networked Control System) é feito de forma cabeada e por mais que esse modelo esteja consolidado no ambiente fabril, algumas necessidades deram espaço às tecnologias sem fio. Não de forma substitutiva, mas como um suplemento ao sistema de conectividade da planta. Com a inclusão de tecnologias sem fio no sistemas de monitoramento e controle, tornou-se essencial a avaliação do sistemas de controle em redes sem fio (WNSC -- Wireless Networked Control System). A tecnologia sem fio oportuniza o controle de variáveis que precisam ser medidas em locais dificilmente acessíveis ao operador. Contudo, a diversidade de interferências eletromagnéticas presentes nas instalações industriais pode afetar diretamente o desempenho das malhas de controle. Nesse sentido, é fundamental analisar a influência do comportamento da rede sem fio no desempenho do sistema de controle. Dependendo do tipo e da natureza crítica do tráfego de dados da rede (4), um curto período de inconsistência da rede pode causar uma instabilidade no sistema de controle. Neste trabalho, é apresentado a implantação de um sistema de controle em rede sem fio do protocolo ISA 100.11a e avaliado a influência da taxa de perda de pacotes no desempenho do controle realimentado. O desempenho do sistema de controle é mensurado com base na variância do erro em regime permanente.

Metodologia

O sistema de controle em rede ISA 100.11a implementado neste trabalho segue a seguinte arquitetura: Um tanque com instrumentos YOKOGAWA para medição da altura da coluna de água. O sinal do sensor de nível é enviado via rede ISA 100.11a para um dispositivo roteador que, por sua vez, transmite o pacote para o gerente da rede ISA 100.11a a partir do ponto de acesso. O Controlador comunica-se com o gateway a partir de uma rede de controle do protocolo Modbus TCP. Assim, o sinal da variável de processo (nível) é enviado para o controlador via rede Modbus TCP. A partir do sinal do nível e do valor desejado (setpoint), o controlador executa o algoritmo do controle PID (Proporcional Integrativo Derivativo) para enviar o sinal da variável manipulada para o atuador (a bomba). Os ganhos do controle PID foram definidos de modo empírico em testes anteriores nesse mesmo sistema. Para realizar a medição de nível foi utilizado o sensor de pressão diferencial EJX110B da empresa Yokogawa Electric, tecnologia ISA 100.11a. O acesso à rede ISA 100.11a do gerente da rede e do gateway é realizado através do roteador backbone YFGW510 da Yokogawa Electric. Por fim, o gerente da rede, gerente de segurança e o gateway estão implementados em uma única estação de gerenciamento: YFGW410. 1. Coleta dos dados de avaliação da rede Com o intuito de avaliar o desempenho da rede, foram enviados comandos GSAP (Gateway Service Access Point) para comunicação com o gateway da rede. O protocolo GSAP especifica o quadro de comunicação via Ethernet TCP entre qualquer Gateway de uma rede ISA 100.11a com uma aplicação cliente. Definido na norma ISA 100.11a (IEC 62734), o tipo de serviço definido no comando GSAP estabelece quais são os dados da rede solicitados. Neste trabalho, o sistema de supervisão utiliza uma ferramenta que envia comandos GSAP para solicitar os dados de número de pacotes transmitidos com sucesso e falhos na transmissão de todos os links da rede. A partir dos dados de pacotes

transmitidos e falhos é calculado o PDRi (taxa instantânea de pacotes entregues). 2. Avaliação do controlador O controlador PID recebe o setpoint do sistema de supervisão e o valor do nível do gateway para calcular o erro e processar o valor de saída para o atuador. Após o regime transitório do sistema de controle, o sistema estabiliza e gera um erro de regime permanente constante dentro da faixa de aceitação. Após o sistema alcançar o regime permanente, foi aplicado uma atenuação na antena do dispositivo roteador para gerar perdas de pacotes nos links entre o sensor de nível LD01 e o ponto de acesso do gerente da rede. As perdas de pacotes gera uma redução no valor do PDRi e, consequentemente, causa uma variação no erro de regime do controlador. O controlador envia para o sistema de supervisão o valor do erro de regime para que seja calculado a variância móvel do erro (MVE). A metodologia proposta neste trabalho avalia o valor do PDRi gerado pela ferramenta de coleta de dados do gateway com o valor do MVE gerado pelo sistema de supervisão para comprovar a forte influência da perda de pacotes no valor da variância do erro (MVE). Essa verificação da influência é indicada pela métrica de correlação.

Resultados e Discussões

Com a implantação do sistema é possível elaborar os testes de coleta de dados e executar a metodologia de avaliação descrita na seção anterior. O objetivo dos testes é estabilizar o controlador em um setpoint fixo, aplicar uma atenuação para causar perda de pacotes nos links e avaliar a correlação entre PDRi e MVE. Foram realizados três testes com períodos de execução de 30 minutos em média. Com os dados desses três testes foi possível usar a fórmula de correlação, essa correlação comprova a hipótese de que é possível identificar uma alta variação do erro quando ocorre uma alta perda de pacotes mesmo com os algoritmos de retransmissão. Os valores das correlações para os testes de 1 à 3, respectivamente foram -0.719370, -0.699224 e -0.830738. A média dos três testes apresenta uma correlação de -0.749774, indicando que em aproximadamente 75% dos dados uma baixa taxa de entrega de pacotes (PDRi) está associada a uma alta variação do erro em regime (MVE).

Conclusão

Esse trabalho comprova que há influência da perda de pacotes no erro em regime do controlador no sistemas de controle em redes sem fio. Considerando que a implantação de sistemas de controle baseados em comunicação sem fio é uma área recente, desde 2010, estudos de avaliação da influência do desempenho da rede no comportamento das malhas de controle podem direcionar os projetistas quanto ao uso das tecnologias. Considerando que é possível saber a faixa de variação do erro em regime quando existe uma determinada atenuação no ambiente, como mostra a metodologia deste trabalho, a equipe de projeto pode julgar se é viável a implantação do sistema. Além disso, os dados resultantes da metodologia fornecem uma base para inferência de possíveis falhas do controlador com o uso de técnicas de predição. Portanto, este trabalho apresentou resultados que avaliam o desempenho de um sistema de controle de nível em rede sem fio ISA 100.11a e mostra-se uma excelente ferramenta para uso em projetos e predição.

Referências

- [1] YOKOGAWA Electric. YFGW510 Field Wireless Access Point. Available from: <https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/field-instruments/field->

wireless/wireless-infrastructure/yfgw510-field-wireless-access-point/. Access Apr 29, 2019. [2] YOKOGAWA Electric. EJX110B Wireless Differential Pressure Transmitter. Available from: <https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/field-instruments/field-wireless/wireless-differential-pressure-pressure-transmitters/ejx110b-wireless-differential-pressure-pressure-transmitter/>. Access Apr 29, 2019. [3] SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. Genebra: World Economic Forum, 2016. [4] RAZA, Mohsin et al. A critical analysis of research potential, challenges, and future directives in industrial wireless sensor networks. IEEE Communications Surveys Tutorials, v. 20, n. 1, p. 39-95, 2017. [5] TIPSUWAN, Yodyium; CHOW, Mo-Yuen. Control methodologies in networked control systems. Control engineering practice, v. 11, n. 10, p. 1099-1111, 2003. [6] MARTINS, D. L. ; FLORENCIO, H. M. , et al. Cenário Atual das Redes Industriais Sem Fio: Experimentos e Testes de Campo. In: Rio Automação 2015, 2015, Rio de Janeiro. Rio Automação 2015, 2015. [7] ZIPPEL, S. Process Industry 4.0 . Revista In-Tech, 2018

CÓDIGO: ET0641

AUTOR: CAIO LUCAS GUEIROS PEDROSA MARTINS

ORIENTADOR: MARIA CAROLINA BURGOS COSTA DO NASCIMENTO

TÍTULO: SÍNTESE DE MICROCAPSULAS DE POLI(UREIA-FORMALDEÍDO) COM ENB

Resumo

Este estudo teve como finalidade a síntese de microcapsulas preenchidas com óleos vegetais e 5-etileno-2-norborneno (ENB), para fabricação de um compósito com efeito de autorreparo. Para realização desse procedimento, primeiramente foram realizados sínteses, em seguida foi realizados ensaios de caracterização, para averiguar se o resultado obtido era esperado. Esses ensaios foram: MEV, FTIR, MO, assim como também foi realizado o cálculo para determinação da taxa de rendimento da síntese realizada. Como resultado obtido, pode comprovar pelo ensaio de FTIR, que realmente houve reticulação do ENB quando entra em contato com o catalisador de Grubbs. No ensaio de Microscopia observou-se semelhança nas sínteses de microcápsulas com agentes nucleantes, uma variação de diâmetro de 40-200 µm e a taxa de rendimento para as sínteses com resultados próximos.

Palavras-chave: síntese de microcápsulas, autorreparo,ENB, óleos vegetais.

TITLE: SYNTHESIS OF POLY (UREA-FORMALDEHYDE) MICROCAPPSULES WITH ENB

Abstract

The purpose of this study was to synthesize microcapsules filled with vegetable oils and 5-ethylene-2-norbornene (ENB) to produce a self-healing composite. To perform this procedure, first syntheses were performed, then characterization tests were performed to verify if the obtained result was expected. These tests were: SEM, FTIR, MO, as well as the calculation to determine the yield rate of the synthesis performed. As a result, it can be seen from the FTIR test that ENB was actually cross-linked when it comes in contact with the Grubbs catalyst. In the Microscopy assay, there was similarity in microcapsule synthesis with nucleating agents, a diameter variation of 40-200 µm and the yield rate for syntheses with similar results.

Keywords: microcapsules' synthesis, self-healing, ENB, vegetable oils.

Introdução

No atual cenário econômico mundial a demanda por tecnologias mais eficientes e sustentáveis traz a tona uma série de oportunidades, desafios científicos e novos campos de exploração. Os materiais com capacidade de autorreparo ("Self-Healing Materials") encaixam-se nesse escopo e tiveram grande evolução dentro da comunidade científica nos últimos anos. A principal característica dessa classe de materiais é a capacidade de, ao sofrerem um dano, se reorganizarem através de recursos presentes no próprio material, de maneira à auto restaurar e, desta forma, retomar suas propriedades anteriores(1). Polímeros e compósitos, por exemplo, sofrem com fadiga e falhas durante sua utilização, logo, a eliminação dessas falhas através do

mecanismo de autorreparo é algo promissor que pode resultar na diminuição do custo de manutenção e no aumento da vida útil desses materiais (6). O sistema de autorreparo mais extensivamente estudado na literatura foram propostos por White et al. (5) e Brown et al. (2), segundo eles a fabricação de microcápsulas de poli(uréia-formaldeído) (PUF) são preenchidas com diciclopentadieno (DCPD) e o sistema é inserido em uma matriz epoxídica. Uma vez que exista um dano ao material, o mesmo deve ser capaz de romper as microcápsulas presentes na matriz, e por capilaridade, o líquido presente no interior das microcápsulas deve fluir para a zona afetada e quando em contato com o catalisador sólido (Catalisador de Grubbs) previamente disperso na matriz, via polimerização por abertura de anel, há formação do poli(DCPD) e recuperação da região anteriormente danificada, ocorrendo então o mecanismo de autorreparo. Entretanto, para este estudo, foi utilizado o agente de polimerização 5-etileno-2-norborneno (ENB). Ao longo deste trabalho, diversas técnicas de caracterizações químicas, morfológicas e térmicas foram utilizadas, entre elas os ensaios de: Caracterização das microcápsulas por meio de análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), além disso foi realizada a avaliação do efeito de autorreparo por meio de análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia de força atômica (AFM), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e microscopia óptica (MO). Este trabalho teve como principal objetivo sintetizar e caracterizar microcápsulas de poli(uréia-formaldeído) carregadas com os agentes de núcleo contendo quatro tipos diferentes de óleos vegetais (óleo de soja óleo de linhaça, azeite de oliva e óleo de coco) e ENB, bem como avaliar suas características quando incorporados em uma matriz epoxídica utilizada na fabricação de materiais compósitos.

Metodologia

Síntese das microcápsulas de PUF preenchidas com 5-etileno-2-norborneno (ENB) e óleos vegetais. O processo convencional utilizado para síntese de microcápsulas de poli(uréia-formaldeído) envolve 2 etapas: a primeira fase consiste na preparação de um pré-polímero em um meio reacional básico, com o PH girando em torno de 8-9. Já o passo seguinte, caracteriza-se pela incorporação do agente de núcleo no interior da microcápsula e deve ser feito em meio ácido. Entretanto, este trabalho seguiu a metodologia proposta por Brown et al. (2) em uma única etapa, no qual tem-se a reação entre a uréia e o formaldeído em meio ácido sem a necessidade de obtenção de uma fase pré-condensada. As microcápsulas de poli(uréia-formadeído) com fase dispersa (ENB) foram sintetizadas através do processo de polimerização por emulsão do tipo óleo em água. Os reagentes foram pesados em uma balança analítica nas seguintes quantidades: 2,5 g de uréia, 0,25 g de cloreto de amônio, 0,25 g de resorcina e 0,5 g de polietileno anidrido maleico. A síntese da microcápsulas de poli(uréia-formadeído) foi feita em um sistema. Um bêquer com capacidade para 600 ml contendo a solução inicial foi posicionado sob a placa de aquecimento com agitação magnética e um termômetro de mercúrio foi acoplado ao conjunto para monitoramento da temperatura durante a reação. Na primeira etapa da polimerização, a temperatura ambiente (23°C) o bêquer contendo 200 ml de água deionizada, a uréia, a resorcina, o polianidrido maleico e o cloreto de amônio, cada qual nas quantidades já citadas anteriormente, foram colocados sob agitação constante por aproximadamente 10 minutos a uma velocidade de 500 rpm. Após esse período foi feita a medição do pH da solução.. O pH inicial da solução gira em torno de 3.3 Sob agitação constante de 500 rpm, para atingir-se o valor de pH = 3.5 foram adicionadas 6 gotas de NaOH 10%. Uma vez corrigida a acidez do meio, foram adicionadas 2 gotas de 1-octanol para diminuição da quantidade de bolhas na superfície da emulsão. Na etapa seguinte 5,8 ml (6,3 g) de formaldeído foi adicionado (gota a gota)

na emulsão, formando uma proporção de 1:1,9 mols de formaldeído: uréia. Uma vez que todos os reagentes foram adicionados ao sistema de polimerização, a emulsão foi mantida sob agitação constante de 500 rpm durante 4 h a 55 °C. Ao término da síntese o material resultante foi resfriado a temperatura ambiente durante 24 h, lavado com álcool etílico e filtrado a vácuo com o auxílio de papel de filtro (Quanty) com tamanho de poros de 8 µm. O material permaneceu na capela durante 24 h para secagem e após esse período foi recolhido para análise. O resultado da síntese é um pó de coloração branca e extremamente fino. Para as sínteses que utilizam óleos vegetais como agentes de núcleo, o procedimento experimental converge com a Síntese das microcápsulas de PUF preenchidas com 5-etileno-2-norborneno (ENB), diferindo apenas o agente interno das microcápsulas e o processo de lavagem, no qual, para os que utilizam óleo, se faz necessária a lavagem com detergente, para a remoção do óleo adsorvido nas microcápsulas pois atuam como tensoativos. Produção de corpos de prova e autorreparo O sistema epóxi utilizado na fabricação de revestimentos poliméricos, junto com microcápsulas previamente sintetizadas preenchidas com óleo de soja, óleo de linhaça, e endo-DCPD mais catalisador de Grubbs 1^a geração (Sigma-Aldrich P.A. 97%). Foram preparadas configurações de corpos de prova retangulares nas dimensões de 12,4 cm x 1,8 cm x 0,3 cm. A configuração de cada corpo foi dividida da seguinte forma: Resina epoxídica Ampreg 26 High Tg; Resina epoxídica Ampreg 26 High Tg + 0,5% peso de microcápsulas; Resina epoxídica Ampreg 26 High Tg + 0,5% peso de microcápsulas + 0,1% peso de catalisador de Grubbs; Resina epoxídica Ampreg 26 High Tg + 0,5% peso de microcápsulas + 0,5% peso de catalisador de Grubbs. A Resina epoxídica foi preparada nas proporções de base e catalisador conforme orientações do fabricante (3:1). As microcápsulas e o catalisador de Grubbs foram adicionados e misturados manualmente de maneira gradual até obtenção de uma mistura homogênea. Os corpos de prova permaneceram por 24 h no molde para cura a temperatura ambiente e, em seguida, uma pós-cura a 80 °C durante 6 h.

Resultados e Discussões

Nesta sessão serão discutidos os resultados obtidos a partir da síntese de microcápsulas preenchidas com ENB e óleos vegetais, para isto foram realizados estudos de taxa de rendimentos, ensaios de caracterização MEV e FTIR; além de observar a ação do autorreparo. Taxa de rendimento O cálculo do rendimento da reação foi feito com base no estudo de Huang (7) Zhaoguo, J., et.al., "Synthesis and properties of paraffin capsules as pHase change materials", Polymer, v. 49, pp. 2903-2910, 2008. O cálculo do rendimento correlaciona as massas das microcápsulas, de uréia, de formaldeído e por fim do agente de núcleo (fase dispersa) utilizada na síntese, no caso o óleo de soja ou o ENB. Aplicando-se a fórmula final de rendimento obteve-se para o óleo de soja, 15,5%, e para o ENB 14,54%. Mev Com a finalidade de verificação de aspectos morfológicos das microcápsulas de PUF foi realizado um ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a fim de observar microscopicamente as características superficiais das microcápsulas, entre elas, diâmetro, rugosidade, distribuição de tamanho de partículas e entre outros aspectos superficiais da face externa do material. Microcápsulas de PUF possuem formato esférico e diâmetros extremamente pequenos, da ordem de nanometros (nm). Análise de MEV das microcápsulas preenchidas tanto com óleo vegetal, como com ENB apresentou a morfologia das microcápsulas de PUF preenchidas com agentes nucleantes. Os materiais resultantes apresentaram formato esférico e diâmetro médio bastante superior ao das microcápsulas sintetizadas sem a presença da fase dispersa, indicativo adicional de que houve a incorporação do material de núcleo proposto. As microcápsulas formadas apresentaram diâmetros variando-se entre 40-200 µm, todavia, a maioria das

medidas encontradas ficaram entre 50-80 µm, o que está de acordo com o descrito na literatura para microcápsulas de PUF obtidas com agitação em torno de 500 rpm. Com os resultados do MEV foi possível observar também que a quantidade de microcápsulas encontradas está diretamente relacionada aos parâmetros de síntese e a fase da filtragem. FTIR O ensaio de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) foram divididos em 3 etapas, a primeira delas foi microcápsulas ocas que serviram como parâmetro comparativo para as microcápsulas contendo óleos vegetais e ENB. Os picos principais obtidos pelo ensaio de FTIR na primeira etapa (microcápsulas ocas) podem ser atribuídos aos grupos funcionais característicos da poli(ureia-formaldeído) como amida I, II e =C=O em 1650–1550 cm⁻¹, -CH₂OH, -CH₃ e -C≡N em 1400–1360 cm⁻¹, etc. De acordo com a literatura (4), quando existe a presença do pré-polímero de poli(ureia-formaldeído), ocorre um alargamento da banda de referência em ~3440 cm⁻¹, que pode ser atribuída a subprodutos desse pré-polímero, como água e excesso de formaldeído, o que permite ligações de hidrogênio entre grupos reacionais como CH₂OH, NH₂ e NH. Quando o polímero sofre o processo de cura, formando as reticulações, ocorre um estreitamento e o deslocamento dessa banda para 3350 cm⁻¹, o que indica a formação das ligações do grupo NH (víbrazione de estiramento assimétrica). Essa característica pode ser observada no espectro na região em 3332 cm⁻¹ e pode ser um indicativo de que o polímero foi totalmente reticulado. O espectro de FTIR das microcápsulas preenchidas com os diferentes óleos apresenta além dos picos característicos de poli(ureia-formaldeído) referentes a casca das microcápsulas, outros picos referentes aos óleos, estes representam grupos funcionais de triglicerídeos presentes nos óleos de soja, coco, linhaça e azeite de oliva e podem ser observados em torno de 2937 cm⁻¹ (C–H estiramento assimétrico), 2856 cm⁻¹ (C–H estiramento simétrico), 1749 cm⁻¹ (C=O estiramento), 1454 cm⁻¹ (C–H dobramento). Para as microcápsulas preenchidas com ENB o espectro de FTIR apresenta a banda em torno de 830 cm⁻¹, referente a dupla ligação olefínica (C=C) do ENB (3), e os outros picos são referentes a casca de poli(ureia-formaldeído), assim como nas outras amostras. Autorreparo Apesar de amplamente descrito na literatura, alguns parâmetros da síntese de microcápsulas de poli(ureia-formaldeído) não apresenta informações conclusivas sobre sua importância no processo de síntese e nas características finais das microcápsulas produzidas.

Conclusão

A partir do modelo reproduzido, foi estabelecido que os parâmetros de síntese, produziram microcápsulas com tamanho e espessura de parede adequadas para sua utilização em sistemas de autorreparo. As análises de FTIR mostraram que foi possível produzir microcápsulas com parede de poli(ureia-formaldeído) preenchidas com diferentes materiais de preenchimento; óleos vegetais (soja, linhaça, coco e azeite de oliva), e ENB, e as microcápsulas produzidas apresentaram características similares. As análises de MEV mostraram que as microcápsulas sintetizadas com diferentes materiais de preenchimentos apresentaram variação de diâmetro em torno de 40 a 200 µm, sendo um indicativo de que independente do preenchimento escolhido é possível produzir microcápsulas com mesmas características, tamanho e morfologia. Em relação a taxa de rendimento, observa-se que existe proximidade entre valores obtidos para as microcápsulas contendo óleos vegetais e o ENB, isto ocorre devido a utilização de mesma rota de síntese, na qual foi utilizada a agitação magnética que diminui o rendimento.

Referências

- Blaiszik, B. J., Kramer, S. L. B., Olugebefola, S. C., Moore, J. S., Sottos, N. R., & White, S. R. (2010). Selfhealing polymers and composites. *Annual Review of Materials Research*, 40, 179-211. (1)
- Brown, E. N., Kessler, M. R., Sottos, N. R., & White, S. R. (2003). In situ poly (urea-formaldehyde) microencapsulation of dicyclopentadiene. *Journal of Microencapsulation*, 20(6), 719-730. (2)
- Pang J.W.C., Bond I.P.; A hollow fibre reinforced polymer composite encompassing self-healing and enhanced damage visibility. *Composite Science Technology*, 2005;65:1791–9. (3)
- Rule J. D., Brown E. N., Sottos N. R., White S. R., Moore J.S.; Wax-protected catalyst microspheres for efficient selfhealing materials. *Adv Mater* 2005;17:205–8. (4)
- White, S. R., Sottos, N. R., Geubelle, P. H., Moore, J. S., Kessler, M., Sriram, S. R. & Viswanathan, S. (2001). Autonomic healing of polymer composites. *Nature*, 409(6822), 794- 797. (5)
- Wool, R. P. (2008). Self-healing materials: a review. *Soft Matter*, 4(3), 400-418. (6)
- Zhaoguo, J., et.al., "Synthesis and properties of paraffin capsules as pHase change materials", *Polymer*, v. 49, pp. 2903-2910, 2008 (7)

CÓDIGO: ET0662

AUTOR: ITALO SAMUEL DA SILVA ARAUJO

ORIENTADOR: SELMA HISSAE SHIMURA DA NOBREGA

TÍTULO: Análise dinâmica de estruturas de pilares-parede considerando diferentes geometrias.

Resumo

Esta pesquisa teve por objetivo inicial a realização de análises dinâmicas de elementos estruturais conhecidos como “pilares-parede”. Estes encontram-se, geralmente, no interior das edificações (no contorno das escadas ou dos poços de elevadores, por exemplo), formando um núcleo rígido que garante a estabilidade lateral do conjunto formado pelos pórticos e pilares-parede. Contudo, durante o desenvolvimento da pesquisa, verificou-se a necessidade da obtenção de certas propriedades geométricas das seções transversais dos pilares-parede com formato não padronizado e que, portanto, não seriam encontrados facilmente na literatura técnica. Um exemplo de propriedade geométrica é a constante de empenamento (C_w) que, para geometrias arbitrárias, apresenta um procedimento de cálculo difícil e cansativo. Assim, o enfoque desta pesquisa foi redirecionado para o desenvolvimento de um aplicativo, o PROPGEÓ, que determina as propriedades geométricas das seções transversais arbitrárias com praticidade e eficiência por meio de uma interface intuitiva e que agiliza o processo de cálculo. O aplicativo contempla seções geométricas usuais (padronizadas) e seções arbitrárias que requerem a inserção de nós e definição de segmentos a fim de aplicar o processo de integração numérica. Os resultados obtidos foram confrontados com os disponíveis na literatura.

Palavras-chave: Propriedades geométricas, Constante de empenamento, Seções delgadas

TITLE: DYNAMIC ANALYSIS OF SHEAR WALL STRUCTURES CONSIDERING DIFFERENT GEOMETRIES

Abstract

The initial objective of this research was to perform dynamic analyzes of structural elements known as “wall pillars”. These are usually inside the buildings (around the stairs or elevator shafts, for example), forming a rigid core that ensures the lateral stability of the assembly formed by the gantries and wall-pillars. However, during the development of the research, it was necessary to obtain certain geometric properties of the cross-sections of the non-standard wall-shaped pillars and, therefore, would not be easily found in the technical literature. An example of geometric property is the warping constant (C_w) which, for arbitrary geometries, presents a difficult and tiring calculation procedure. Thus, the focus of this research was redirected to the development of an application, PROPGEÓ, which determines the geometric properties of arbitrary cross sections with practicality and efficiency through an intuitive interface and streamlines the calculation process. The application includes usual (standardized) geometric sections and arbitrary sections that require node insertion and segment definition in order to apply the

numerical integration process. The results obtained were compared with those available in the literature.

Keywords: Geometric Properties, Warping Constant, Thin Sections

Introdução

No projeto de estruturas é comum efetuar análises denominadas “estáticas” ou “quase-estáticas”, quando as ações externas são aplicadas muito lentamente a ponto de não ativar as forças iniciais do sistema; ou análises “dinâmicas” para as quais, as ações são consideradas variáveis no tempo e, consequentemente, as suas respostas são, também, funções do tempo. Esta pesquisa teve por objetivo inicial a realização de análises dinâmicas de elementos estruturais conhecidos como “pilares-parede”. Estes encontram-se, geralmente, no interior das edificações (no contorno das escadas ou dos poços de elevadores, por exemplo), formando um núcleo rígido que garante a estabilidade lateral do conjunto formado pelos pórticos e pilares-parede.

Na fase de dimensionamento de estruturas, o conhecimento das propriedades geométricas é crucial e facilmente encontradas nas publicações técnicas quando se refere às seções transversais mais simples (perfis padronizados), com mono-simetria ou dupla-simetria. Contudo, elementos com seções abertas e paredes delgadas submetidas à torção apresentam tensões tangenciais de torção pura, assim como tensões tangenciais e normais de empenamento, para os quais a determinação da constante de empenamento da seção (C_w), em especial, torna-se uma tarefa extenuante por envolver integrações ao longo das seções.

Algumas publicações sobre o tema podem ser citados como, por exemplo, Timoshenko e Goodier (1970) que tratam da temática da torção, explicando os efeitos de empenamento das seções e apresenta expressões para o cálculo da função de empenamento fazendo uso da função de tensão de Prandtl; posteriormente, Lue et al. (2010) citam, em seu artigo, pesquisadores que se dedicaram à tarefa da determinação específica da constante de empenamento (C_w) e consideraram simplificações sobre as funções lineares das propriedades de empenamento, resultando em expressões matemáticas adequadas para a implementação computacional; contudo, não apresentam de forma clara as etapas de programação. Em publicação posterior, Fong, J. e Vanni, B. (2010) desenvolveram a teoria apresentada por Lue et al. (2010) de forma detalhada para seções de geometria genérica. Cabe, ainda, citar o código SHAPE-THIN - Seções transversais de parede fina baseado no Método dos Elementos Finitos e disponibilizado pela Dlubal – Software de Cálculo Estrutural e Dimensionamento que fornece uma vasta gama de propriedades geométricas, porém traz a desvantagem de ser um software comercial com a possibilidade de uso gratuito por um tempo limitado.

Este trabalho, portanto, tem como motivação a determinação, dentre as propriedades geométricas necessárias ao dimensionamento estrutural como momentos de inércia em relação a eixos genéricos, momentos principais de inércia, módulos elásticos e plásticos, dentre outros, a constante de empenamento para a análise de estruturas constituídas por perfis delgados em seções abertas e sem eixos de simetria para os quais inexistem expressões fechadas para o seu cálculo. Os resultados referentes às seções padronizadas foram comparados aos decorrentes de expressões analíticas disponíveis na literatura, e para as seções não padronizadas foram utilizados exemplos apresentados em artigos correlatos.

Destaca-se que este trabalho de Iniciação Científica resultou em artigo enviado para o XL CILAMCE – Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering a ser realizado entre 11 e 14 de novembro de 2019 na cidade de Natal/RN.

Metodologia

Inicialmente foi necessário um estudo das principais bibliografias para definir um escopo de implementação, seguindo a teoria para o cálculo das propriedades geométricas e da constante de empenamento. Após definir o escopo, foram pesquisadas as linguagens de programação que melhor se adequavam à construção do aplicativo PROPGEO. Após a pesquisa, definiu-se o Java e o HTML como base para a programação.

Para a implementação e criação do aplicativo foi necessário o uso de uma plataforma para apoiar o desenvolvimento do software, uma IDE (Integrated Development Environment). No PROPGEO, foi utilizado o Netbeans, pois é multiplataforma, tem código aberto e suporte para as linguagens necessárias para o desenvolvimento do software.

Com as rotinas, linguagens e IDE já estabelecidas o passo seguinte foi iniciar a implementação. Essa etapa ocorreu de forma gradual, utilizando todas as metodologias para o cálculo das propriedades geométricas e da constante de empenamento. Para as propriedades geométricas foram utilizadas as expressões básicas. Já para a constante C_w foram utilizadas expressões simplificadoras do processo de integração numérica sobre seções abertas genéricas, considerando-se o comportamento linear das funções de propriedades de empenamento, conforme Fong, J. e Vanni, B. (2010). Com este intuito, o processo compõe-se das seguintes etapas:

1 - definição de nós e segmentos sobre uma linha média do perfil. Os nós devem ser posicionados nas extremidades e intersecções de segmentos; e entre estes nós previamente definidos, outros em posição e quantidade a serem definidos pelo usuário de acordo com sua expectativa de distribuição das tensões de cisalhamento. Para os segmentos, é importante que a espessura seja constante e a conectividade, ou incidência, acompanhe o sentido esperado do fluxo de cisalhamento.

2 – a orientação e a origem do Sistema de Coordenadas cartesianas é arbitrária. Contudo, recomenda-se que a origem permita a consideração de coordenadas nodais positivas. Por meio das coordenadas nodais (nó inicial e nó final), espessura e indicação do ramo, é possível calcular a área da seção transversal do segmento k e a posição do centróide (C) da seção genérica.

$$X_C = (\sum k x_k A_k) / (\sum k A_k) \quad e \quad Y_C = (\sum k y_k A_k) / (\sum k A_k) \quad (1)$$

3 – para determinar a coordenada do centro de cisalhamento (CC), a Eq. 2 resulta em:

$$X_{CC} = 1/I_x \int \rho (\int y ds) ds \quad e \quad Y_{CC} = 1/I_y \int \rho (\int x ds) ds \quad (2)$$

$$X_{CC} = (I_{xy} I_{wx} - I_{yy} I_{wy}) / ((I_{xy}^2) - I_{xx} I_{yy}) \quad e \quad Y_{CC} = (I_{xx} I_{wx} - I_{xy} I_{wy}) / ((I_{xy}^2) - I_{xx} I_{yy}) \quad (3)$$

Onde: I_{xx} , I_{yy} são momentos de inércia em relação aos eixos coordenados x e y posicionados no centróide, respectivamente; e I_{xy} é o momento de inércia de área. I_{wx} e I_{wy} são os momentos de inércia de empenamento.

Os momentos de inércia da seção, definidos a partir de k segmentos, são dados por:

$$I_{xx} = \sum k A_k / 3 [(y_i^k - Y_C)^2 + (y_f^k - Y_C)^2 + (y_m^k - Y_C)^2]$$

$$I_{yy} = \sum k A_k / 3 [(x_i^k - X_C)^2 + (x_f^k - X_C)^2 + (x_m^k - X_C)^2]$$

$$I_{xy} = \sum k \{ A_k / 3 [(x_i^k - X_C)(y_i^k - Y_C) + (x_f^k - X_C)(y_f^k - Y_C) + (x_m^k - X_C)(y_m^k - Y_C)] \} + A_k / 6 [(x_i^k - X_C)(y_f^k - Y_C) + (x_f^k - X_C)(y_i^k - Y_C) + (x_m^k - X_C)(y_m^k - Y_C)]$$

Os momentos de inércia de empenamento I_{wx} e I_{wy} requerem a determinação, para cada nó m, o valor da resultante nodal $w_m = \int p ds = \sum k P_k L_k$ onde P_k é a distância normal do centróide à tangente da linha média pelo segmento k. Assim:

$$p_k = (-L_y^k X_C + L_x^k Y_C + x_i^k y_f^k - x_f^k y_i^k) / L_k \quad (4)$$

A partir da definição de w_m para cada nó inicial (i) e final (f) do segmento k, tem-se w_i e w_f , e as coordenadas nodais definidas em relação ao centróide ((X_i, Y_i) e (X_f, Y_f)). Desta forma, é possível determinar I_{wx} e I_{wy} conforme as seguintes expressões:

$$I_{wx} = 1/3 \sum k [w_i^k X_i + w_f^k X_f] tk L_k + 1/6 \sum k [w_i^k X_f + w_f^k X_i] tk L_k$$

$$I_{wy} = 1/3 \sum k [w_i^k Y_i + w_f^k Y_f] tk L_k + 1/6 \sum k [w_i^k Y_f + w_f^k Y_i] tk L_k$$

4 – Finalmente, para o cálculo da constante de empenamento (C_w) determina-se a resultante nodal $w_0m = \int P_0 ds = \sum k P_0 L_k$ onde P_0 é a distância normal do centro de cisalhamento à tangente da linha média pelo segmento k. Para tal, usa-se a Eq. 4 substituindo-se as coordenadas (X_C, Y_C) por (X_{CC}, Y_{CC}). De forma análoga ao procedimento anterior, obtém-se w_{0i} e w_{0f} para cada segmento k e procede-se ao cálculo do empenamento normalizado, para cada nó m.

$$W_m = 1/A [\sum k (w_{0i}^k + w_{0f}^k) / 2 (tk L_k)] - w_0m$$

Para cada segmento k associa-se, para os nós de incidência, W_{mi} e W_{mf} correspondentes e procede-se à determinação da constante (C_w):

$$C_w = 1/3 \sum k (W_{mi}^2 + W_{mi} W_{mf} + W_{mf}^2) / (tk L_k)$$

As expressões numéricas dessa seção estão melhores representadas nas Figuras 1 e 2.

Resultados e Discussões

Como resultados tem-se a elaboração do aplicativo PROPGEQ (figura 3), um software multiplataforma e de livre obtenção que auxilia no cálculo de diversas propriedades geométricas, além de tornar mais simples e prático obter a constante de empenamento (C_w).

O aplicativo é dividido em duas partes: Perfil e Resultados.

Na seção de Perfil (figura 4), o usuário tem duas opções de entrada de dados: Pré-definido e Personalizado. Pré-definido é a opção para casos de perfil mais simples, onde deve-se inserir quatro informações que são necessárias para os dimensionamentos das estruturas, são elas: H, h, B e b. É importante salientar que o significado destes pode variar a depender do perfil escolhido. Nesta opção, encontram-se as seções em formato retangular, I, T, U, e L.

Na opção Personalizado, o usuário tem a liberdade para inserir perfis mais complexos que não têm expressões definidas para o cálculo das suas propriedades geométricas e da constante de empenamento. Nessa configuração, o usuário deve preencher duas tabelas: a tabela de Coordenadas Nodais e a tabela de Segmentos. Na tabela de Coordenadas Nodais será inserida a identificação (Id), a coordenada X e Y de cada nó

de acordo com a linha média do perfil. Na tabela de Segmento haverá o campo de identificação (Id), além do “Nó de” e “Nó Para” que dão origem e fim ao segmento. Nessa tabela também há a informação da espessura do segmento (t) e o ramo ao qual ele pertence.

Os Resultados (figura 5) serão apresentados na aba de saída de dados do aplicativo, ou seja, depois do cálculo envolvendo os dados fornecidos pelo usuário, o programa irá exibir todos os resultados obtidos. Vale salientar que essa aba é totalmente influenciada pela entrada de dados, visto que cada informação inserida na seção de perfil implica em conclusões diferentes. Ressalta-se que o programa foi devidamente testado e suas respostas, comparadas aos cálculos manuais, comprovando-se que todos os resultados estavam de acordo com os da literatura utilizada.

Durante a implementação das rotinas algumas equações geraram problemas na execução do aplicativo. Isso ocorreu devido a certos procedimentos matemáticos não serem suportadas pelo Java no Netbeans. Para resolver esse impasse ocorreu a transformação das equações problemáticas como, por exemplo, integrais em estruturas mais simples para que tornasse possível os cálculos de algumas propriedades efetuados pelo software.

Conclusão

O desenvolvimento dessa pesquisa resultou no PROPGEÓ que é uma ferramenta computacional simples e ágil que tem por finalidade calcular numericamente as propriedades geométricas e a constante de empenamento para perfis delgados em seções abertas e sem eixos de simetria para os quais inexistem expressões prontas.

A implementação do aplicativo utilizando o Java, o Netbeans e o HTML ocorreu sem grandes transtornos. Isso só foi possível devido a compatibilidade entre esses recursos, visto que o Netbeans foi o grande responsável por interligar as linguagens e promover essa boa comunicação e funcionamento perfeito do sistema.

Ademais, vale ressaltar que essa pesquisa já rendeu um artigo para o CILAMCE - Congresso Ibero-Latino-Americano de Métodos Computacionais em Engenharia. Além disso, pretende-se que o PROPGEÓ seja disponibilizado livre e gratuitamente no site da TQS Informática Ltda., a empresa brasileira líder que desenvolve e comercializa sistemas computacionais gráficos na área de engenharia.

Referências

Timoshenko. S. P. e Godier, J. N. Teoria da Elasticidade, Editora Guanabara Dois, 3a. ed., 1970.

Lue, D. M; Lui, J. e Lin, C. .Numerical Evaluation of Warping Constants of General Cold-formed Steel Open Sections, Steel Structures, v.7 , p. 297-309, 2010.

Fong, J. e Vanni, B. Warping Constant of Open Sections with Arbitrary Profile Geometry, Structural Design Corporation, 2010.

REFERÊNCIAS RECOMENDADAS

BARNES, David J. e KOLLING, Michael. Programação Orientada a Objetos com Java - 4^a Ed. (2008)

SILVA, Maurício Samy. Construindo sites com CSS e (X) HTML: sites controlados por folhas de estilo em cascata. São Paulo: Novatec, 2008;

Netbeans IDE. In: Recursos do NetBeans IDE. Disponível em: <<https://netbeans.org/features/index.html>> Acesso em: 20 de março de 2018;

GUI Builder. In: Criando uma GUI Swing no NetBeans IDE. Disponível em: <<https://netbeans.org/kb/docs/java/quickstart-gui.html>> Acesso em: 20 de março de 2018.

Anexos

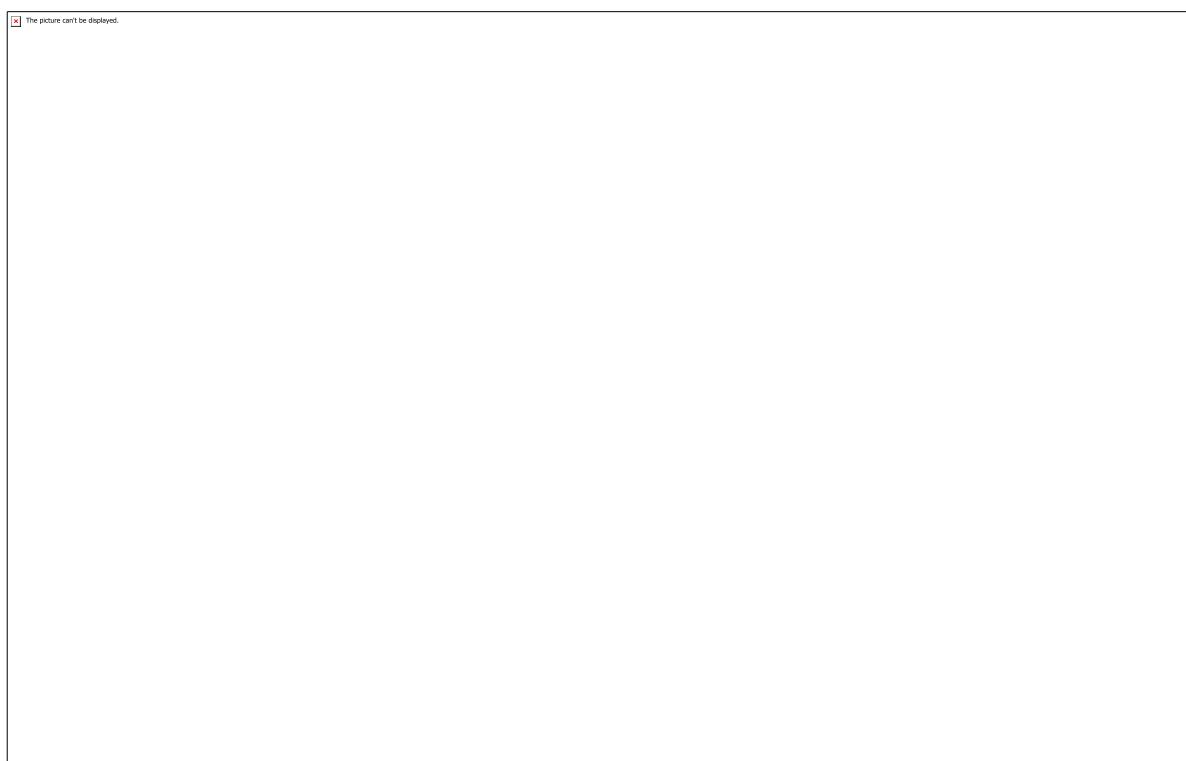


Figura 1

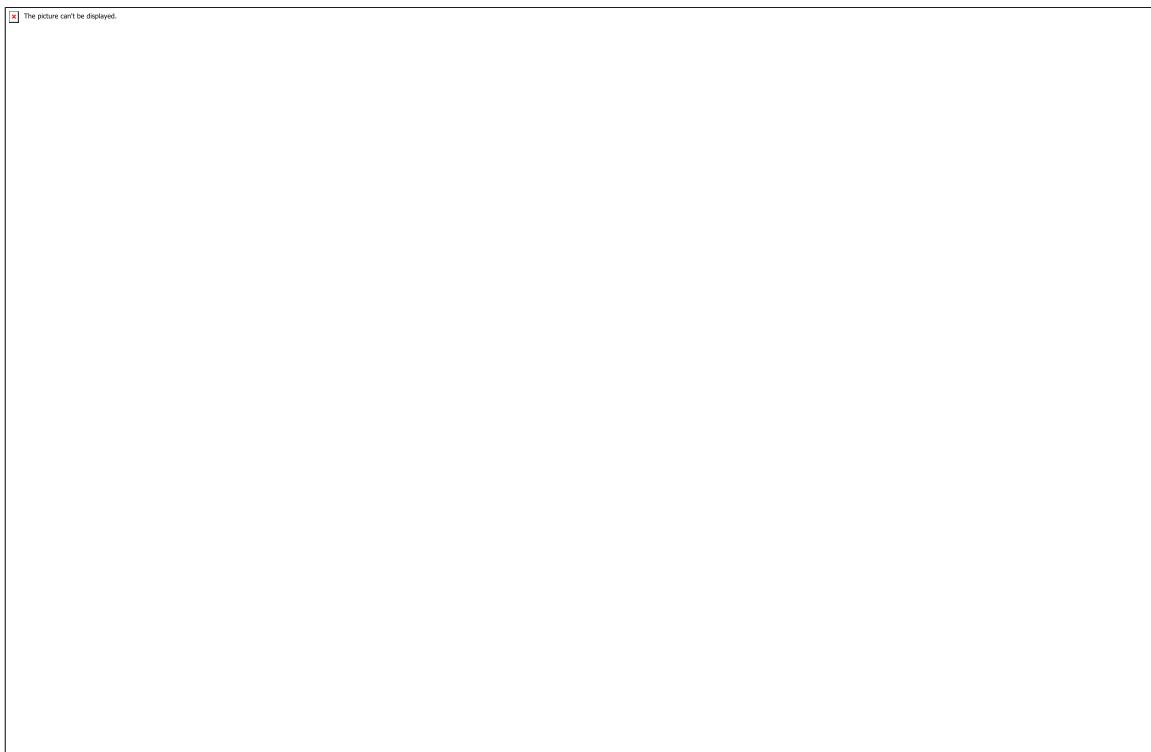


Figura 2

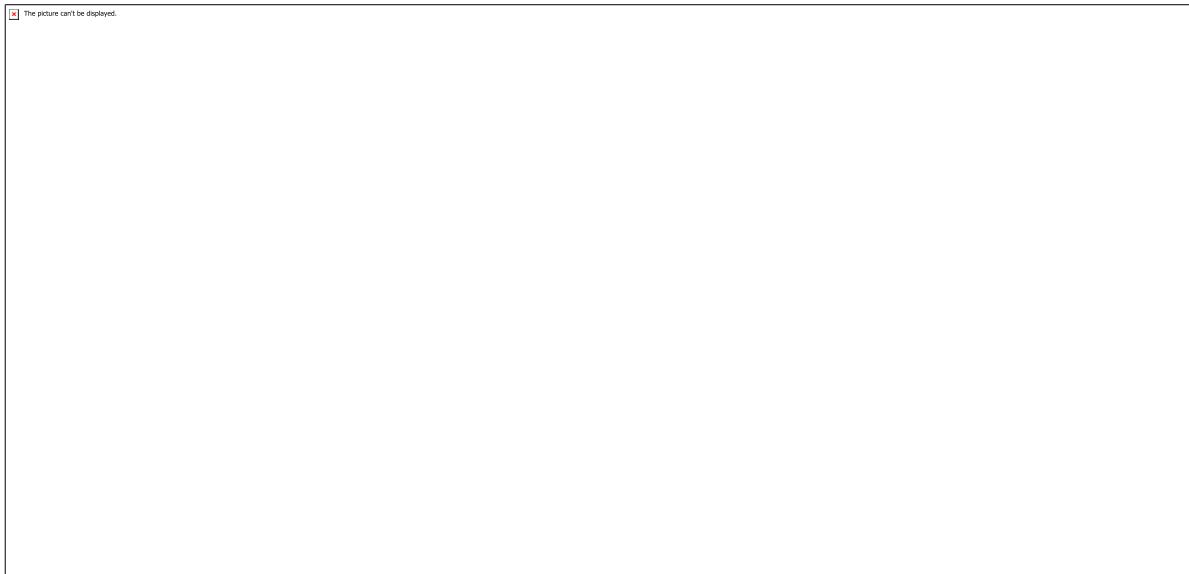


Figura 3

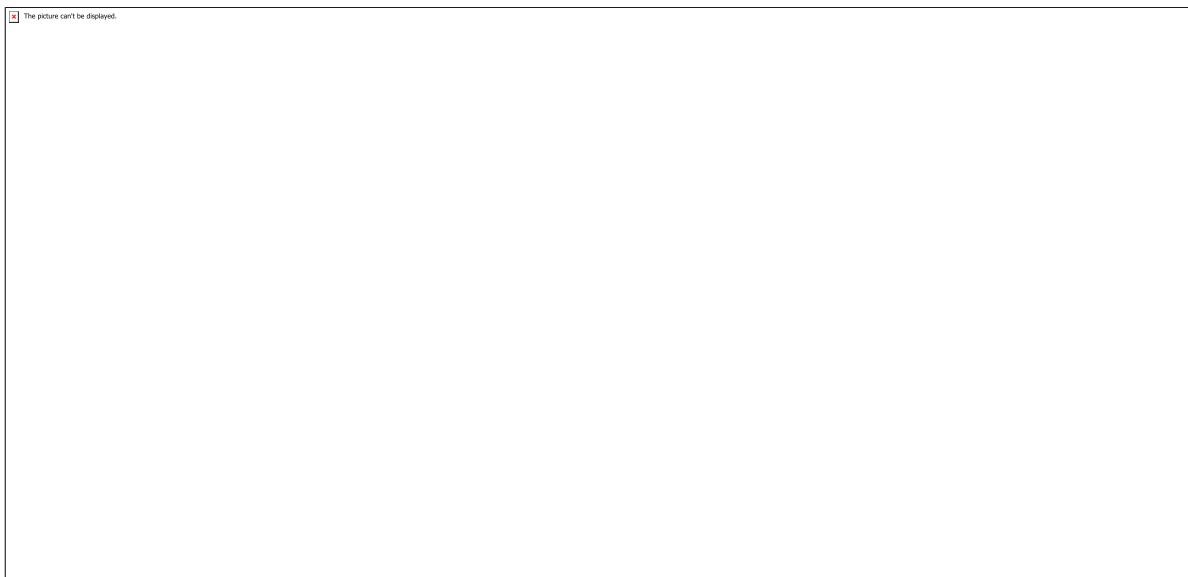


Figura 4

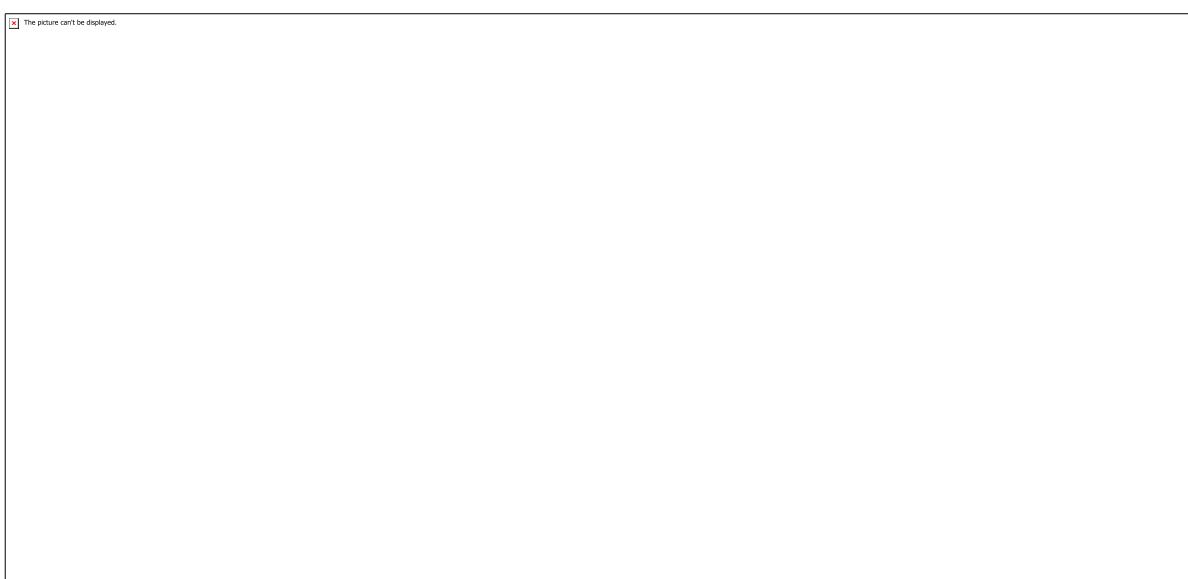


Figura 5

CÓDIGO: ET0663

AUTOR: MARIA EDUARDA KUSTER NOGUEIRA DOS SANTOS

ORIENTADOR: CAMILA GAMBINI PEREIRA

TÍTULO: Simulação do processo de produção de biodiesel

Resumo

Boa parte da energia consumida no mundo é extraída do petróleo, o que gera preocupação, por tratar uma fonte limitada, finita e não renovável. Considerar esses fatores, aumentar a necessidade de usar alternativas energéticas, como o biodiesel. O biodiesel é uma mistura de ésteres que é aplicada por meio de uma transesterificação de triglicerídeos presentes em óleos e gorduras animais com álcool, normalmente metílico ou etílico, na presença de um catalisador. Nesta reação, é importante avaliar variáveis como catalisadores, temperatura e razão molar, pois estes afetam o rendimento da produção de biodiesel. O trabalho como objetivo realizar a simulação de uma planta de biodiesel, com base em sistemas da literatura, avalia uma proporção de álcool: óleo e como essa variável interfere no processo. Para triglycerídeo, selecione o óleo de canola virgem e o álcool, use o etanol em condições supercríticas para que não haja necessidade de usar um catalisador. Para testar a modificação com etanol supercrítico, use uma temperatura de 350 °C e uma pressão de 20MPa. Ao realizar uma simulação, use uma conversão de 95% através da reação de transesterificação, seguida, extraia-se a parte superior da torre de destilação 99,8% de etanol, por fim, execute uma segunda destilação, separando ou biodiesel do glicerol, corrente de topo em sua composição com 87% de biodiesel, enquanto corrente de base com 90% de glicerol.

Palavras-chave: simulação, biodiesel, etanol supercrítico

TITLE: Simulation of the biodiesel production process

Abstract

Much of the energy consumed in the world is extracted from oil, which is a concern because it is a limited, finite, non-renewable source. Consider these factors, increase the need to use energy alternatives such as biodiesel. Biodiesel is an ester mixture that is applied by transesterification of triglycerides in animal oils and fats with alcohol, usually methyl or ethyl, in the presence of a catalyst. In this reaction, it is important to evaluate variables such as catalysts, temperature and molar ratio, as these affect the yield of biodiesel production. The objective of this work is to simulate a biodiesel plant, based on literature systems, to evaluate an alcohol: oil ratio and how this variable interferes in the process. For triglyceride, select virgin canola oil and alcohol, use ethanol under supercritical conditions so that there is no need to use a catalyst. To test modification with supercritical ethanol, use a temperature of 350 °C and a pressure of 20MPa. When performing a simulation, use a 95% conversion through the transesterification reaction, then extract the top of the 99.8% ethanol distillation tower, then perform a second distillation by separating or biodiesel from glycerol, top stream in its composition with 87% biodiesel, while base stream with 90% glycerol.

Keywords: simulation, biodiesel, supercritical ethanol

Introdução

Grande parte da energia consumida no mundo é extraída do petróleo, o que causa uma grande preocupação, tendo em vista que se trata de uma fonte limitada, finita e não renovável. Ademais, na medida em que aumenta-se o consumo do petróleo e seus derivados, também aumenta-se a poluição atmosférica. Devido a esses fatores, aumentou-se a necessidade de conhecer fontes alternativas de energia(GERIS, R, 2007). Segundo GUARIEIRO (2006), a alternativa mais viável de transformação dos óleos vegetais para gerar um combustível capaz de fazer funcionar um motor por compressão sem danificá-lo tem sido o biodiesel. O Biodiesel é uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos provenientes de ácidos graxos, o mesmo pode ser obtido por meio de uma transesterificação de triglicerídeos presentes nos óleos vegetais e em gorduras animais com álcool em presença de um catalisador. No Brasil, têm-se a vantagem da grande diversidade de óleos vegetais. Pode-se obter o biodiesel através do óleo de soja, milho, algodão, canola etc (COSTA NETO, 2000). A reação do biodiesel em geral é a reação ilustrada pela figura 1. Na reação, é importante avaliar variáveis como tipos de catalisadores, temperatura, razão molar óleo:água e o álcool utilizado, pois estas afetam o rendimento da produção de biodiesel. Para essa análise, pode-se utilizar ferramentas computacionais como softwares. Os simuladores têm-se mostrado de muita importância, pois além de avaliarem, podem também otimizar processos. O objetivo desse trabalho, foi baseado em ter um maior contato com o simulador e através dele, simular uma planta de biodiesel, coletando os dados de operação.

Metodologia

O método de pesquisa pode ser qualitativo ou quantitativo. O método utilizado nesse trabalho consiste em um método quantitativo, tendo em vista que se trata de uma modelagem (simulação). A simulação do processo de obtenção de Biodiesel foi obtida através de um simulador comercial, os dados de operação foram inseridos como dados de entrada. A metodologia dessa simulação foi baseada em TORRES (2016) , onde a autora compara diferentes processos de obtenção do Biodiesel através do óleo de canola virgem e etanol supercrítico. 2.1 Metodologia da simulação Passo 1 - Definiu-se as unidades de medida, para isso clicou-se em Tools ->Preferences ->Variables ->SI Passo 2 - Selecionou-se o pacote termodinâmico clicando em FluidPkgs ->Add ->UNIQUAC, esse pacote termodinâmico foi baseado na interação do mesmo, com os componentes utilizados na simulação. Passo 3 - Escolheu-se os componentes: Na biblioteca do software não continha todos os componentes utilizados na simulação, por conta disso, adicionou-se Hypotheticals, especificando as propriedades da trioleína e o oleato de etila. Na biblioteca do Hysys contêm componentes como: Etanol, Glicerol e Água, então selecionou-se os componentes. Vale ressaltar que o óleo de canola foi representado pela trioleína. Passo 4 - Construiu-se o fluxograma baseado na reação do biodiesel. Transesterificação: Inicialmente, inseriu-se no simulador todas as correntes de entrada com suas respectivas propriedades. Como revisado na teoria, inseriu-se a corrente do álcool e do Triglicerídeo para que ocorra a reação de transesterificação. O álcool utilizado foi o etanol em condições supercríticas e o Triglicerídeo foi obtido através do óleo de canola representado pela trioleína e ácido oleico. Já a terceira corrente de alimentação é a corrente do Reciclo. Após as correntes de entrada passarem por misturadores, a corrente resultante é bombeada por uma bomba para que passe por um trocador de calor. Nessa parte da simulação, se fez necessário uma adaptação por conta da falta de dados de operação, então, colocou-se mais um trocador de calor, para que no reator ocorresse uma conversão de 95% e o etanol estivesse no seu estado supercrítico. De acordo com Madras, Kolluru&Kumar (2014) as condições supercríticas para o Etanol são de 20 MPa e 350°C. Após a conversão no reator, ocorre a separação

do etanol, por meio de uma coluna de destilação, o etanol vai para a corrente do topo da coluna e o biodiesel e glicerol seguem na corrente da base da coluna. Por fim, a corrente da base da primeira coluna, passou por uma nova coluna de destilação que separou o biodiesel do glicerol.

Resultados e Discussões

Em uma planta de obtenção do biodiesel, após a transesterificação, realiza-se normalmente uma separação do etanol e por fim a separação do biodiesel que está misturado ao glicerol. Transesterificação: A Figura 2 mostra o fluxograma do processo de produção do biodiesel a partir do etanol supercrítico, com as propriedades de suas correntes principais apresentadas na Tabela 2. Para avaliar a melhor proporção de álcool:óleo a ser utilizada, testou-se três proporções, 30:1, 40:1 E 80:1. Ao avaliar a proporção de 30:1 notou-se que na composição da corrente de saída do reator, há apenas 34% de biodiesel, o que demonstra ser um resultado desfavorável, já na avaliação da proporção de 40:1, observou-se que na corrente de saída continha 78% de biodiesel e por fim, na proporção de 80:1, havia 87%. Apesar da última proporção apresentar maior composição, a mesma exigiria muito mais álcool, aumentando consideravelmente os custos operacionais. Como desejado a conversão no reator foi de 95%, seguindo para a próxima etapa. Separação do Etanol: Após a conversão, a corrente quente que sai do reator é resfriada e passa por uma válvula onde ocorre o alívio da pressão, para que ocorra a destilação na coluna. Na tabela 3 encontra-se as informações a respeito da coluna. Para que ocorresse a separação fez-se necessário diminuir a potência no revedor, fazendo com que a coluna de destilação possua algumas diferenças em relação a simulação tomada como base, porém, nada que alterasse de modo significante o resultado. A corrente do topo consta em sua composição 99% de etanol. Separação do Biodiesel: As características da segunda coluna são encontradas na tabela 4. Nessa etapa, também manipulou-se as variáveis da coluna para que encontrasse um melhor resultado. A corrente do topo em sua composição consta 87% de biodiesel e a corrente da base consta 90% de glicerol, evidenciando que a simulação de maneira geral atendeu as expectativas. Na Figura 2, têm-se a planta de obtenção do biodiesel. Ao longo de todo o processo foi absorvido 2395,91 kW e liberado 429,42 kW de energia, como ilustrado na tabela 5. Ademais, existem outros processos que são interessantes no que diz respeito a esse estudo de simulação, um exemplo é se na corrente de entrada fosse inserido junto ao Triglicerídeo um ácido graxo, isso já mudaria todas as condições presentes. O que reforça a importância de continuar o estudo.

Conclusão

O simulador utilizado, mostrou-se muito satisfatório e aplicável, o mesmo é capaz de apresentar vários dados operacionais importantes, como fluxo molar e fluxo mássico de cada componente. A simulação realizada condiz e se aproxima do resultado TORRES (2006), tomado como base, necessitando apenas de mais um trocador de calor no processo. O único empecilho enfrentado foi a falta de dados operacionais, necessitando então, de uma manipulação das variáveis, a fim de encontrar condições aplicáveis ao processo desenvolvido.

Referências

TORRES, P. Z. Simulação do processo de produção de biodiesel usando etanol supercrítico. Monografia (Engenharia Química), Universidade de São Paulo, SP, p.52 .2000. COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F. e RAMOS, L.P. Produção de biodiesel alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. Química Nova, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000. GERIS, R.; SANTOS, N.A.C.; AMARAL, B.A.; MAIA, I.S.; CASTRO, V.D. e CARVALHO, J.R.M. Biodiesel de soja - Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. Química Nova, v. 30, n. 5, 2007. GUARIEIRO, L.L.N. Metodologia analítica para quantificar o teor de biodiesel na mistura biodiesel: diesel utilizando espectrometria na região do infravermelho. 2006. Dissertação (mestrado). Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Química Orgânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. LEE, S. J. Process simulation, economic analysis and synthesis of biodiesel from waste vegetable oil using supercritical methanol. The University of British Columbia. Vancouver, p. 146. 2010. MADRAS, G.; KOLLURU, C.; KUMAR, R. Syntheses of biodiesel in supercritical fluids. Fuel 83, p. 2029-2033, 2014.

Anexos



Figura 1 - Reação do Biodiesel

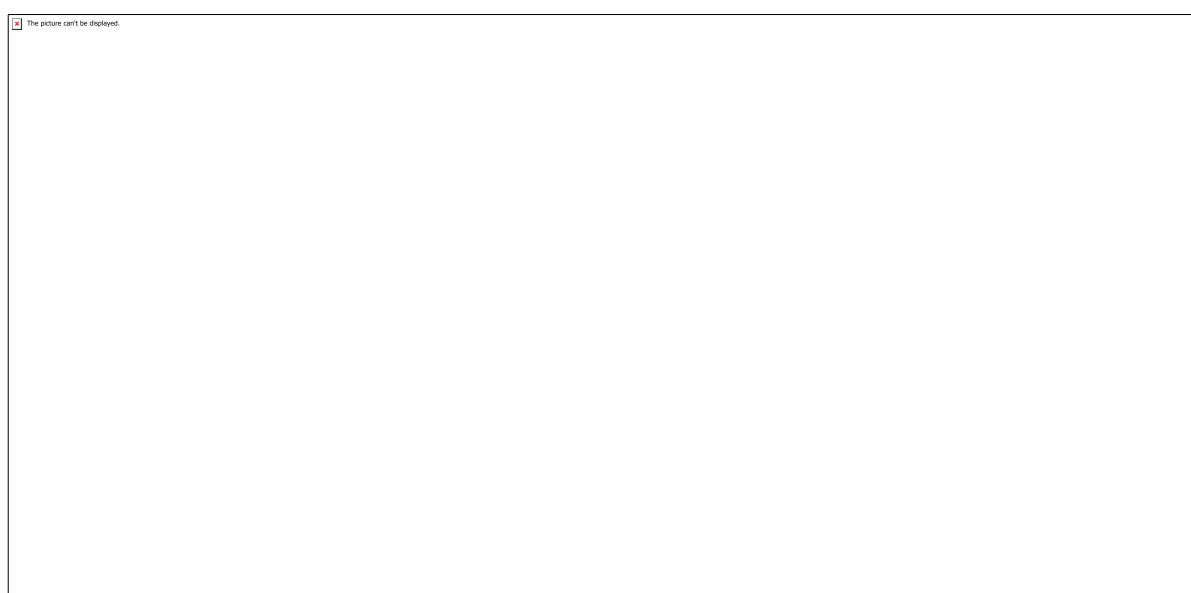


Tabela 1- Propriedades da Trioleína e oleato de etila (TORRES, 2016)

 The picture can't be displayed.
--

Tabela 2 – Principais correntes do processo de transesterificação

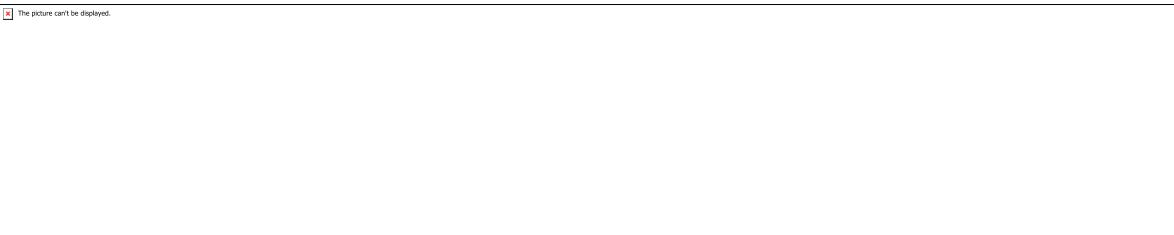
 The picture can't be displayed.

Tabela 3– Dados da coluna Etanol-Biodiesel

 The picture can't be displayed.
--

Tabela 4– Dados da coluna Biodiesel-Glicerol

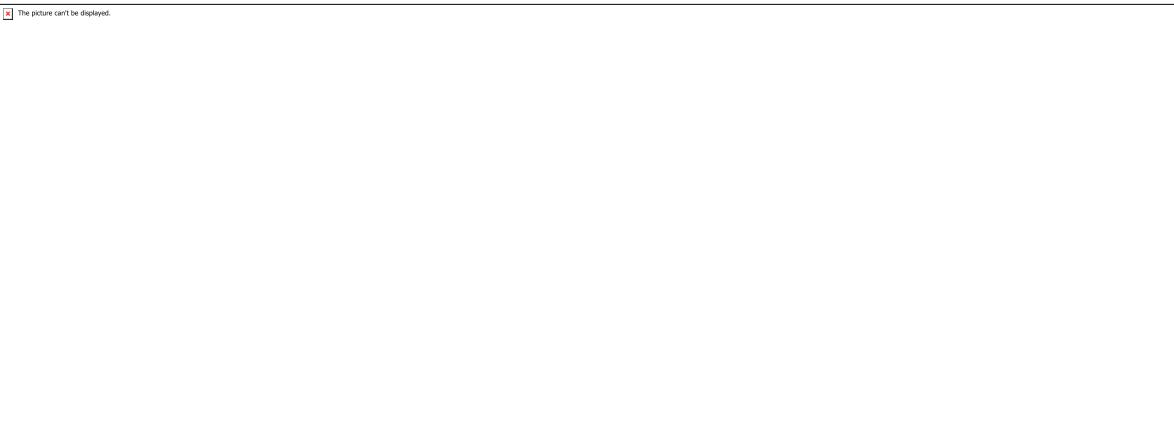
 The picture can't be displayed.
--

Figura 2– Fluxograma do processo de produção do biodiesel por meio do etanol supercrítico

CÓDIGO: ET0671

AUTOR: CARLOS HENRIQUE RODRIGUES BATISTA DA SILVA

ORIENTADOR: SELMA HISSAE SHIMURA DA NOBREGA

TÍTULO: Análise estática e dinâmica de modelos matemáticos eficientes de pilares-parede.

Resumo

O projeto de estruturas esbeltas requer maior nível de cuidado dos projetistas na concepção estrutural considerando a possibilidade de instabilidade global por se tratar de uma estrutura mais propensa a deslocamentos horizontais. Por serem componentes do sistema de contraventamento, os pilares-parede desempenham importante função no conjunto resistente da estrutura; logo, é essencial representar adequadamente seu comportamento estrutural, e, para tal, faz-se necessária a utilização de modelos matemáticos adequados. Neste trabalho, foram analisados modelos matemáticos com grau de complexidade crescente (metodologia do modelamento hierárquico) para representar os pilares-parede com seção transversal em formato U, U enrijecido e E, tendo sido utilizado para as análises o código computacional ADINA, baseado no Método dos Elementos Finitos. Os resultados foram comparados, a depender do modelo matemático, às soluções analíticas disponíveis na literatura técnica e/ou àqueles obtidos a partir da avaliação de um modelo considerado mais complexo e cujas respostas se aproximam mais da realidade. Constatou-se que a modelagem por malha de elementos de viga conduz aos resultados satisfatórios, provando-se adequada à representação do comportamento estrutural de pilares-parede.

Palavras-chave: Pilar-parede. Modelos matemáticos. Método dos Elementos Finitos.

TITLE: Static and dynamic analysis of efficient mathematical models of shear walls

Abstract

The design of slender structures requires more attention of engineers in structural design considering the possibility of global instability because these are more susceptible to horizontal displacements. As components of a bracing system, shear-walls have an important function in the structure assembly, so it is essential to adequately represent its structural behavior, and for this purpose it is necessary to use appropriate mathematical models. In this work, mathematical models with increasing degree of complexity (hierarchical modeling methodology) were used to idealize shear wall structures with U, lipped-U and E cross section, using the computational code ADINA, based on the Finite Element Method. The results were compared, depending on the mathematical model, to the analytical solutions available in the technical literature and/or those obtained from the analysis of a more complex mathematical model and whose answer is closer to reality, identified as comprehensive mathematical model. It was verified that the mathematical model consisting of a grid of beam arrangement leads to satisfactory results, proving to be adequate to the representation of the structural behavior of shear walls.

Keywords: Shear wall. Mathematical models. Finite Element Method.

Introdução

O projeto de estruturas esbeltas requer maior nível de cuidado dos projetistas na concepção estrutural, tendo em consideração a possibilidade de instabilidade global, por se tratar de uma estrutura mais propensa a deslocamentos horizontais. Com isso, os sistemas de contraventamento, conjuntos de elementos responsáveis por garantir a estabilidade lateral da estrutura, tornaram-se indispensáveis à estabilidade dessas edificações, e sua escolha constitui uma etapa decisiva durante a elaboração do projeto estrutural.

Em um sistema estrutural, as cargas tendem a se direcionar aos elementos de maior rigidez, destacando-se assim a importância dos pilares-parede como elementos de contraventamento.

De acordo com a norma brasileira para projeto de estruturas em concreto armado, NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, em seu item 14.4.2.4, pilares-parede são definidos como elementos de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente dispostos na vertical e submetidos preponderantemente à compressão, podendo ser compostos por uma ou mais superfícies associadas. Além disso, para que se tenha um pilar-parede, em alguma dessas superfícies a menor dimensão deve ser, obrigatoriamente, menor que 1/5 da maior, sendo ambas consideradas na seção transversal do elemento estrutural.

Ainda segundo a mesma norma, conforme descrito no item 14.8.1, permite-se representar o pilar-parede por um elemento linear, desde que seja considerada a deformação por cisalhamento e o ajuste de sua rigidez à flexão para o comportamento real. Há também, no item 15.9.1, um adendo para a consideração dos pilares-paredes como elementos lineares no conjunto resistente da estrutura: sua seção transversal deve ter a forma mantida por travamentos adequados em todos os pavimentos e deve-se proceder a avaliação dos efeitos de 2^a ordem locais e localizados. Para avaliação desses efeitos, permite-se dividir o pilar-parede em faixas verticais (vide Figura 1), conforme trata o item 15.9.3, que deverão ser analisadas como pilares isolados.

É importante destacar que para aplicação desse processo a esbeltez de cada superfície que compõe o pilar-parede deve ser inferior a 90, e a largura de cada faixa vertical deve respeitar a seguinte relação:

$$a_i = 3 h \leq 100 \text{ cm}$$

Sendo: a_i , a largura da faixa i ; h , a espessura da lâmina do pilar-parede.

Essas considerações estão presentes na norma brasileira para projeto de estruturas em concreto armado desde 2003, e não passaram por modificações significativas desde então.

Portanto, neste trabalho, com o intuito de se obter um modelo para análise computacional mais representativo e fiel ao comportamento estrutural de pilares-parede, foram considerados modelos matemáticos com grau de complexidade crescente (metodologia do modelamento hierárquico) para representar esses elementos estruturais com formato U, U enrijecido e E.

As análises realizadas neste trabalho foram aprimoradas e seus resultados serão publicados por meio de artigo científico já submetido a um congresso internacional (vide Figura 2).

Metodologia

Utilizou-se um pavimento-tipo didático, apresentado na Figura 3, considerando o pé esquerdo de 3,00 metros e edificações com 7 e 14 pavimentos. A estrutura do edifício é composta por quatro pórticos, cujas vigas possuem seção retangular 20 x 60 cm e

pilares 20×50 cm, uma parede estrutural (P6) com seção 20×300 cm, e um pilar-parede (P5), o qual terá seção diversa.

Sendo: P_n , o enésimo pilar da edificação; r , o centro de cisalhamento do pilar-parede; c , o centro geométrico do pilar-parede; M , o centro de massa do pavimento; e F_x , a resultante da força no pavimento.

O módulo de deformação secante do concreto (E_{cs}) foi calculado conforme preconiza a NBR 6118:2014, considerando concreto pertencente à classe C30, resultando 26.838,400 MPa. O módulo de elasticidade transversal (G) foi igualmente obtido conforme recomendação da mesma norma no item 8.2.9, resultando $G = 11.182,667$ MPa.

O pilar-parede (P5) presente na Figura 3 tem caráter meramente ilustrativo, uma vez que também foram analisadas configurações com formato U enrijecido e E (vide Figura 4). Em todos os casos, a espessura das lâminas é constante e igual a 15 cm.

Diferentes modelos matemáticos (vide Figura 5) foram estudados com o intuito de avaliar comparativamente os resultados obtidos, oferecendo alternativas à modelagem de pilares-parede.

O primeiro modelo matemático, Modelo 1, apresentado na Figura 5a, é caracterizado por um elemento linear vertical posicionado no centro geométrico (CG) do pilar-parede, discretizado por elementos do tipo *Beam* com 2 nós e regido pela teoria de Euler-Bernoulli, na qual a deformação por cisalhamento não é levada em consideração. Assim, em sua configuração deformada, as seções permanecem planas e perpendiculares ao eixo longitudinal da peça.

O Modelo 2, apresentado na Figura 5b, sugerido pela NBR 6118:2014 como alternativa a análises mais complexas, também é caracterizado por um elemento linear vertical situado no centro geométrico do pilar. De forma análoga ao primeiro, é discretizado por elementos do tipo *Beam* com 2 nós cada. Porém, esse modelo é baseado na teoria de Timoshenko, na qual as seções permanecem planas após sua deformação, mas não necessariamente perpendiculares ao eixo longitudinal do elemento, devido à deformação por cisalhamento.

O Modelo 3, apresentado na Figura 5c, tem nível de complexidade mais elevado quando comparado aos anteriores. Neste modelo, são dispostas vigas na linha média da mesa e da alma, posicionadas no centroide de cada faixa vertical. Cada faixa é discretizada por elementos do tipo *Beam* com 2 nós, e são conectadas ao centro de cisalhamento por meio de barras rígidas nos níveis dos pavimentos. Identificou-se também a necessidade de dois níveis de travamentos entre pavimentos, conforme ilustrado na Figura 6. As condições de contorno aplicadas ao modelo constituem impedimentos aos deslocamentos lineares e rotacionais nas três direções na base do edifício. A subdivisão em faixas da seção transversal dos pilares-paredes com formato U, U enrijecido e E pode ser observada na Figura 7.

Por fim, o Modelo 4, apresentado na Figura 5d, se caracteriza pela utilização de elementos de casca com 16 nós. Após análises de modelos matemáticos com diferentes graus de discretização e verificação da convergência dos resultados, constatou-se que a utilização de malha com 42×8 elementos na superfície da alma, e malhas com 42×5 elementos nas superfícies das mesas, para a configuração de 7 pavimentos, é satisfatória. Já para a configuração de 14 pavimentos, foi utilizada malha de 84×8 e 84×5 elementos para as superfícies da alma e das mesas, respectivamente.

Por ser, ao menos em tese, o mais complexo e, portanto, que mais se aproxima da realidade, o modelo discretizado por elementos do tipo *Shell* foi adotado como referência para efeito de comparação dos resultados.

Nos modelos 1 e 2, os carregamentos são aplicados nos nós associados a cada pavimento. Já nos modelos tridimensionais (Modelo 3 e Modelo 4), os carregamentos

foram aplicados no centro de cisalhamento da seção com auxílio de barras rígidas (também denominadas *Rigid links*), conforme ilustrado na Figura 5d.

Para efeito de análise, considerou-se apenas as ações horizontais decorrentes da incidência de vento sobre a edificação, e com intensidades compatíveis com as verificadas nos projetos de edifícios na cidade de Natal. Essas forças foram calculadas conforme preconiza a NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações. Para a análise desenvolvida, utilizou-se somente os dados de força a 90º, conforme indicado na Figura 3, uma vez que essa se constitui a direção de maior inércia do elemento estrutural ora em análise, o pilar-parede. Os módulos das forças horizontais em cada pavimento são apresentados na Tabela 1.

As análises aqui discutidas foram realizadas com auxílio do código computacional ADINA – Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis – v. 9.4, baseado no Método dos Elementos Finitos, para a avaliação comportamental dos pilares-parede como elementos isolados da edificação. Para a validação das respostas aproximadas foi utilizado o código computacional desenvolvido por Stabile et al. (2017) que considera o comportamento tridimensional da edificação.

Resultados e Discussões

Os resultados da análise estática serão apresentados a seguir em função da geometria do pilar-parede avaliado.

Pilar-parede com seção U

A distribuição das ações laterais, que incidem sobre a fachada da edificação, entre os elementos de contraventamento resultou na configuração de carregamento apresentada na Tabela 2 para o pilar-parede em U.

Observa-se que para o edifício com 7 pavimentos, as forças horizontais são todas positivas, agindo no mesmo sentido, enquanto que para o edifício com 14 pavimentos, somente a força no último pavimento apresenta mudança de sinal, indicando que os pórticos passaram a atuar na restrição ao deslocamento lateral. Wight e MacGregor (2009) explicam esse comportamento com base na compatibilização de deslocamentos dos elementos de contraventamento na região próxima ao topo da edificação. O pilar-parede tende a se deformar mais que os pórticos e a parede estrutural, que impõem restrição ao deslocamento, surgindo então um apoio fictício.

O resultado analítico baseado na teoria de Euler-Bernoulli foi obtido em Timoshenko e Gere (1984). As forças consideradas para cálculo do deslocamento no topo do pilar-parede são as da Tabela 2. Utilizando-se do Princípio da Superposição dos Efeitos, e sabendo que o momento de inércia em relação ao eixo de interesse é igual a 1,4655 m⁴, o resultado analítico para o deslocamento horizontal provocado pelas forças horizontais atuantes (F_x) nos níveis dos pavimentos para o edifício com 7 pavimentos foi 0,238 cm; para o edifício de 14 pavimentos o deslocamento calculado foi 3,223 cm.

É possível observar os modelos 1 e 2, em sua configuração inicial e deformada na Figura 8. A Figura 9 apresenta o Modelo 3 para o pilar-parede com geometria U e configuração de 7 e 14 pavimentos, tanto na situação inicial indeformada quanto na situação deformada de pós-processamento. A Figura 10 apresenta o Modelo 4 para o pilar-parede com geometria U e configuração de 7 e 14 pavimentos.

Os deslocamentos obtidos pelo processamento dos modelos são apresentados sob a forma de tabelas, com a indicação do erro conforme a seguinte expressão:

$$\text{Erro} = [\text{Deslocamento(mod.i)} - \text{Deslocamento(ref.)}] / \text{Deslocamento(ref.)} \times 100$$

Convém destacar que o erro aqui tratado diz respeito à diferença entre os valores de deslocamento avaliados para um determinado modelo matemático e a resposta adotada como referência.

Os resultados dos modelos unidimensionais (Modelo 1 e Modelo 2) são validados pela solução analítica (conforme mostra a Tabela 3) e, assim como os resultados do Modelo 3, são também comparados ao obtido pelo modelo abrangente (Modelo 4).

Analizando a Tabela 3, verifica-se que os resultados do Modelo 1, obtidos por processamento via MEF, como esperado, praticamente coincidem com as respostas analíticas desenvolvidas com base na teoria de Euler-Bernoulli. Pelo mesmo motivo, os erros indicados para os resultados do Modelo 2, considerando as deformações por cisalhamento, são justificados. Atesta-se, portanto, a validade dos modelos unidimensionais.

A Tabela 4 indica os deslocamentos horizontais no topo do edifício obtidos para cada um dos modelos via MEF para 7 e 14 pavimentos. Os erros calculados para os modelos 1, 2 e 3, foram determinados tendo por base a resposta do Modelo 4 (abrangente). Os valores destacados em verde representam, por sua vez, o erro da resposta aproximada do Modelo 4 com a obtida pelo código de Stabile et al. (2017).

Avaliando a diferença entre os erros relativos do Modelo 1 e Modelo 2 apresentados na Tabela 4, verifica-se que a deformação por efeito de cisalhamento é mais significativa quanto mais curto for o edifício, isto é, que apresenta menor relação altura/comprimento. No edifício mais curto, com 7 pavimentos, a não consideração das deformações por cisalhamento resulta em um erro de 8,77%, reduzindo para 1,26% quando essas são levadas em conta. No caso de edificação mais esbelta, com 14 pavimentos, o mesmo fenômeno pode ser constatado, porém, como já discutido, em menores proporções, reduzindo de 2,74% para 0,39%.

O Modelo 3 apresenta comportamento mais flexível quando comparado ao Modelo 4, e os valores de deslocamento mais próximos dos obtidos pelo código de Stabile et al. (2017) que considera a contribuição dos demais elementos estruturais (pórticos e parede estrutural) no sistema de contraventamento.

Os erros calculados pela comparação entre os resultados dos modelos de casca e os fornecidos pelo código de Stabile et al. (2017) se justificam por este último considerar contribuição dos pórticos e da parede estrutural na rigidez do sistema, enquanto o Modelo 4 analisa o pilar-parede isoladamente.

Pilar-parede com seção U enrijecido

As forças e momentos torsores aplicados ao pilar-parede com formato U enrijecido são apresentadas na Tabela 5. A Tabela 7 indica os deslocamentos horizontais no topo do pilar-parede e os respectivos erros para cada um dos modelos via MEF para 7 e 14 pavimentos.

Para essa geometria, o momento de inércia correspondente ao eixo de interesse é igual a 1,6116 m⁴. A resposta analítica para o deslocamento horizontal provocado pelas forças atuantes nos níveis das lajes foi 0,223 cm para o edifício com 7 pavimentos, e 3,091 cm para o de 14 pavimentos.

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 6, nota-se que os valores de deslocamentos do Modelo 1 coincidem com as respostas analíticas conforme era esperado, uma vez que compartilham as mesmas hipóteses. Quanto ao Modelo 2, comparando-se os valores de erro verificados para essa configuração com os obtidos para a seção U (8,24% e 2,41% para 7 e 14 pavimentos, respectivamente), percebe-se que a deformação por cisalhamento no caso de seção U enrijecido é ainda mais significativa.

Percebe-se, com base na Tabela 7, que os resultados do Modelo 1 mostram melhor aproximação para o edifício com 14 pavimentos (3,31%), indicando que a influência da

flexão é mais significativa do que para o edifício com 7 pavimentos (7,99%). O Modelo 2, considerando a teoria de Timoshenko, apresenta valores próximos aos de referência com baixo erro relativo, o que pode ser considerado satisfatório, principalmente, porque a diferença mais relevante ocorreu entre o Modelo 1 e o Modelo 2 para a estrutura com 7 pavimentos (passando de 7,99% a 0,29%, respectivamente), ou seja, o comportamento governado pelo cisalhamento é mais expressivo para esta situação, como constatado no caso do pilar-parede com formato U.

O Modelo 3 para essa configuração de pilar-parede também apresenta resultados mais flexíveis, sendo observadas as mesmas características descritas no modelo matemático análogo para o caso de pilar-parede com seção transversal U. Avaliando comparativamente as respostas desse modelo com as do código de Stabile et al. (2017), verifica-se que esse modelo fornece os resultados mais próximos, com diferenças relativas de 23,39% e 13,00% para os edifícios de 7 e 14 pavimentos, respectivamente. Nota-se, no erro relativo indicado para o Modelo 4, e calculado em comparação ao resultado de Stabile et al. (2017), comportamento semelhante ao observado para o caso de pilar-parede com seção em formato U.

Pilar-parede com seção E

A distribuição das ações laterais nos elementos de contraventamento resultou, para o pilar-parede com seção transversal E, na configuração apresentada na Tabela 8.

Para essa geometria, o momento de inércia correspondente ao eixo de interesse é igual a 1,4661 m⁴. O deslocamento horizontal analítico produzido pelas forças horizontais atuantes nos níveis das lajes para o edifício com 7 pavimentos foi 0,238 cm; para o edifício de 14 pavimentos o deslocamento calculado foi 3,223 cm.

Como observado nos casos anteriores, os resultados obtidos pela análise do Modelo 1 coincidem com as respostas analíticas, conforme era de se esperar. Novamente, o erro relativo indicado para o Modelo 2 se justifica pela consideração das deformações por cisalhamento.

Os deslocamentos horizontais dos modelos 1 e 4 se assemelham aos apresentados pelo pilar-parede com formato U em virtude dos momentos de inércia da seção U e da seção E na direção do eixo paralelo às mesas serem próximos (1,4655 m⁴ e 1,4661 m⁴, respectivamente), indicando que a parede central não oferece ganho significativo de inércia para a direção considerada.

Em razão da semelhança de comportamento dos resultados obtidos para esse formato de seção transversal com os verificados anteriormente para os casos de pilar-parede com formato U e U enrijecido, os comentários são semelhantes aos apresentados, não havendo, portanto, necessidade de destaque adicionais.

Análise modal

Outra forma de comparar os modelos quantitativamente se dá por meio da análise modal, que consiste do estudo das propriedades dinâmicas da estrutura e fornece as frequências naturais e os modos de vibração dos modelos. Medeiros (2014) afirma que “quanto mais próximos os modos de vibração dos dois modelos, tanto nas suas formas como nos valores de suas frequências, mais próximos os dois modelos discretizados serão”.

Assim, realizaram-se estudos preliminares para determinação das frequências naturais dos modelos correspondentes aos pilares-parede com 7 pavimentos. Os resultados podem ser observados na Tabela 11.

Pela avaliação dos resultados apresentados na Tabela 11, constata-se que todos os modelos matemáticos apresentam valores próximos para sua primeira frequência natural, ratificando a compatibilidade entre eles.

Além disso, verifica-se que o Modelo 3 é o que apresenta os menores valores de frequência, corroborando com o fato de este ser o modelo mais flexível, isto é, que forneceu os maiores deslocamentos na etapa de análise estática.

Novamente, convém destacar que esses dados são oriundos de uma análise preliminar. Para melhores conclusões, é necessário avaliar também os modos de vibração associados às frequências identificadas.

Conclusão

Os deslocamentos obtidos a partir dos modelos unidimensionais, para todas as configurações geométricas de seções transversais estudadas, apresentaram concordância satisfatória com os oriundos do processamento do modelo de casca e, como já discutido anteriormente, com as respostas analíticas.

Em todas as análises foi constatado que o Modelo 2, considerando a teoria de Timoshenko, fornece resultados com pequeno erro relativo em comparação aos do modelo abrangente, reforçando a imposição da NBR 6118:2014 quanto à sua consideração.

Os resultados apresentados neste trabalho indicam que as deformações por efeito de cisalhamento são tão significativas quanto mais curto/robusto for o elemento estrutural. Assim, conclui-se que o comportamento do pilar-parede, elemento estrutural que se destaca por seu elevado módulo de rigidez à flexão e por ser submetido a forças cortantes de elevada intensidade, na condição de ser robusto pode ser representado adequadamente pelo modelo teórico de Timoshenko.

Observa-se que o Modelo 3, para os casos analisados, foi o que mais se aproximou da resposta que considera o comportamento tridimensional da edificação e os demais componentes do sistema de contraventamento (pórticos e parede estrutural). Esse modelo se destaca por ser de fácil elaboração e pela capacidade de representar a distribuição de esforços internos nas lâminas do pilar-parede, provando-se, assim, adequado à representação do comportamento desse elemento estrutural.

Referências

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 4. ed. Rio Grande: Dunas, 2014. v. 3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6123: **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

MEDEIROS, S. R. P. Modelos estruturais de núcleos de edifícios – barra vs. casca. **TQS News**, São Paulo, n. 39, p. 29-35, ago. 2014. Disponível em: <http://www.tqs.com.br/tqs-news>. Acesso em: 05 jan. 2019.

SILVA, C. H. R. B. **Análise de modelos matemáticos de pilar-parede pelo MEF**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

STABILE, A. F. et al. Numerical analysis of shear-wall elements in tall buildings structures. In: Congresso Ibero-Latino-Americano de Métodos Computacionais em Engenharia, 38, 2017, Florianópolis. **Proceedings of the XXXVIII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering**. Belo Horizonte: ABMEC, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321507735_Numerical_analysis_of_shear-wall_elements_in_tall_buildings_structures. Acesso em: 25 maio 2019.

TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. E. **Mecânica dos sólidos**: Volume I. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1984.

WIGHT, J. K.; MACGREGOR, J. G. **Reinforced concrete**: mechanics and design. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009.

Anexos

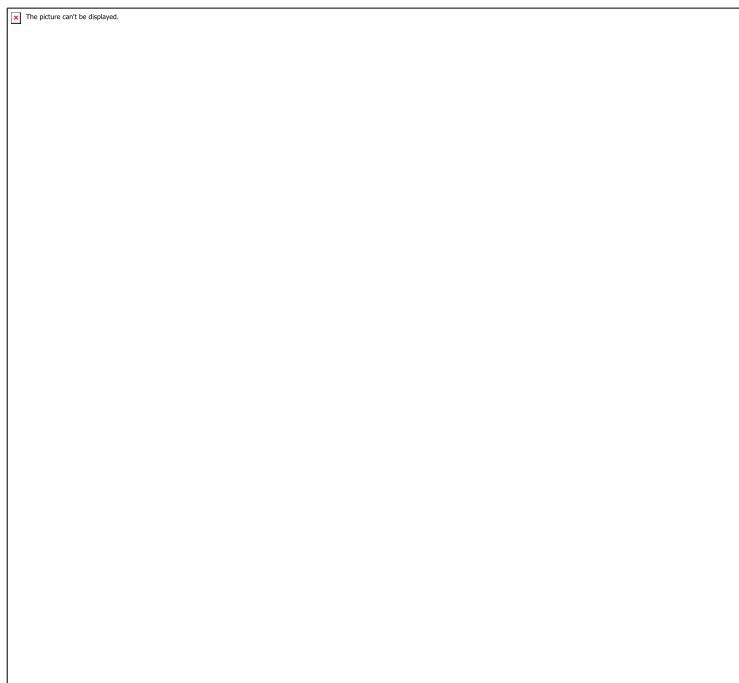


Figura 1

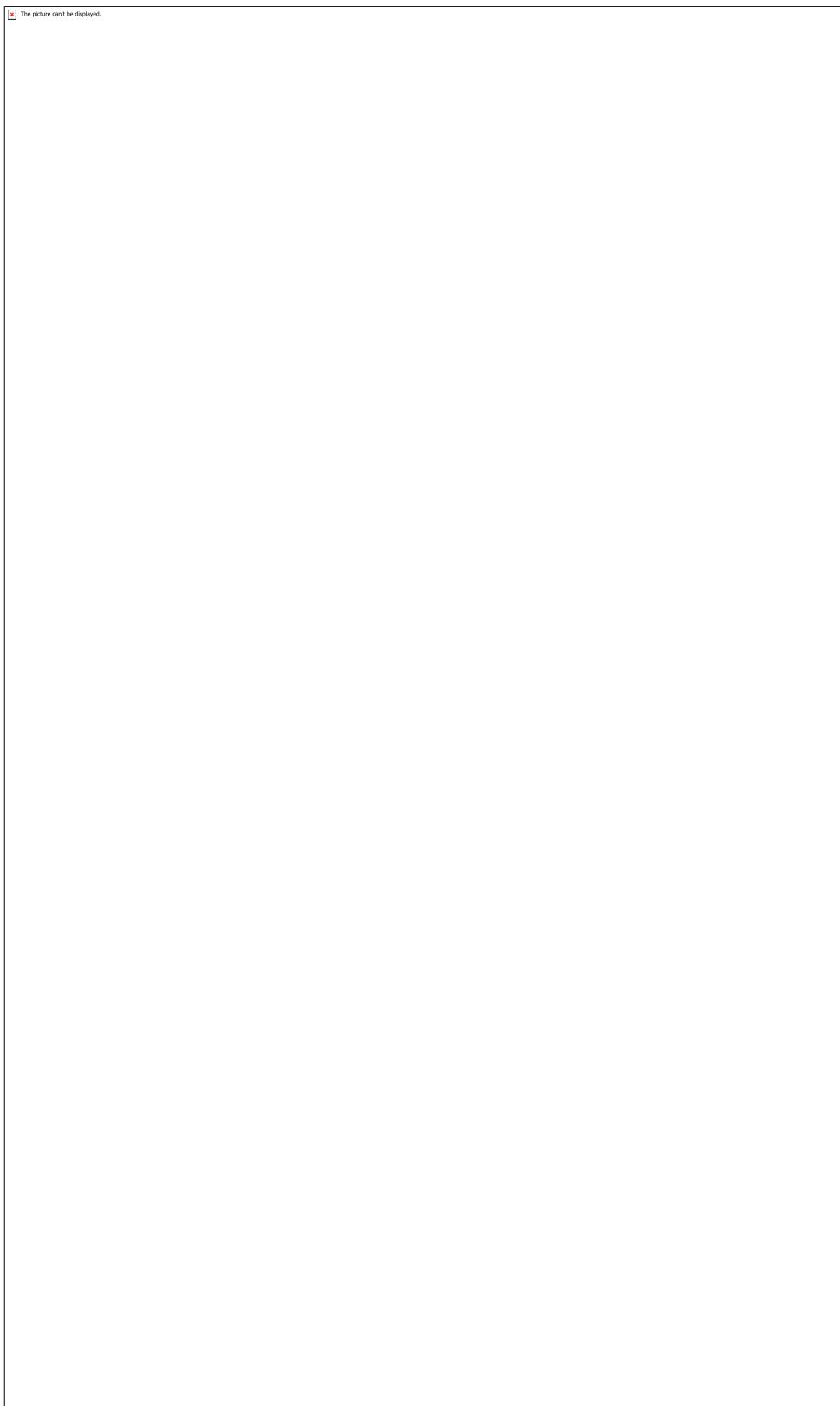


Figura 2

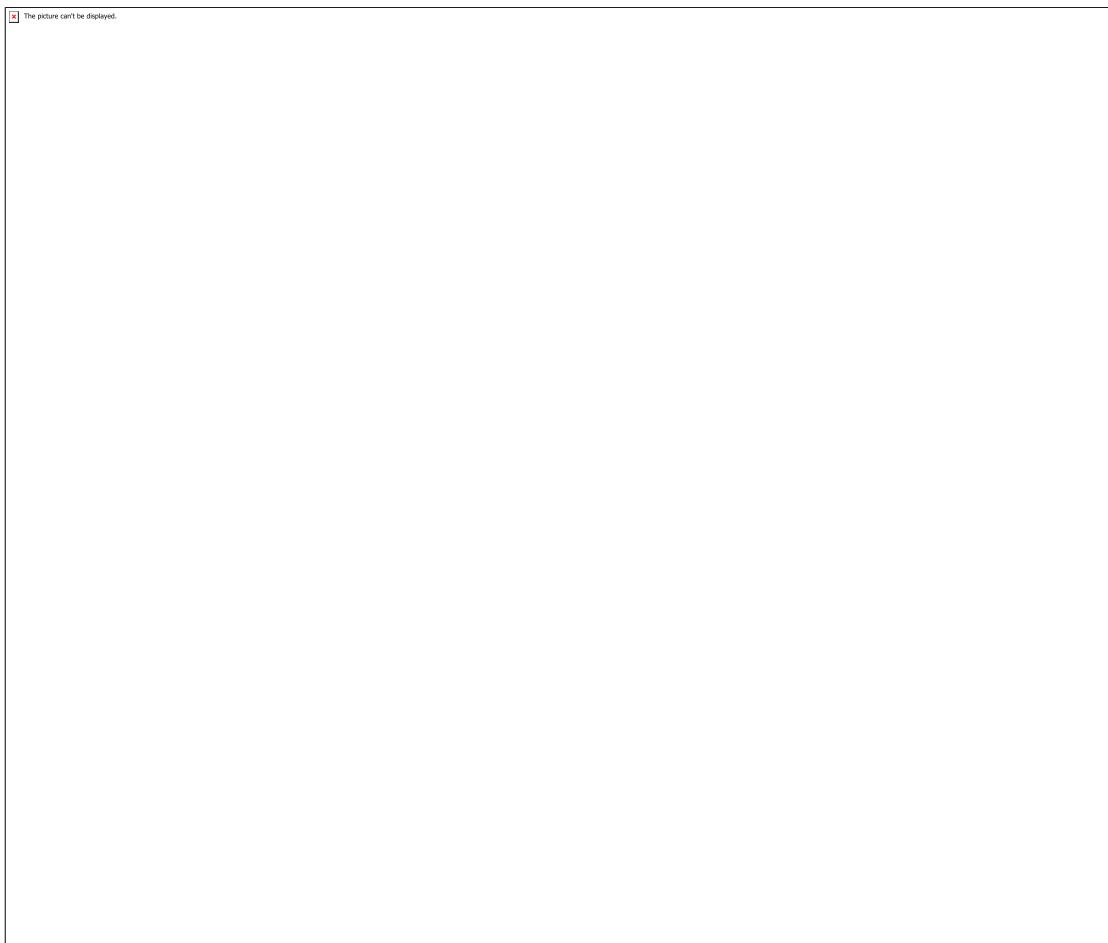


Figura 3

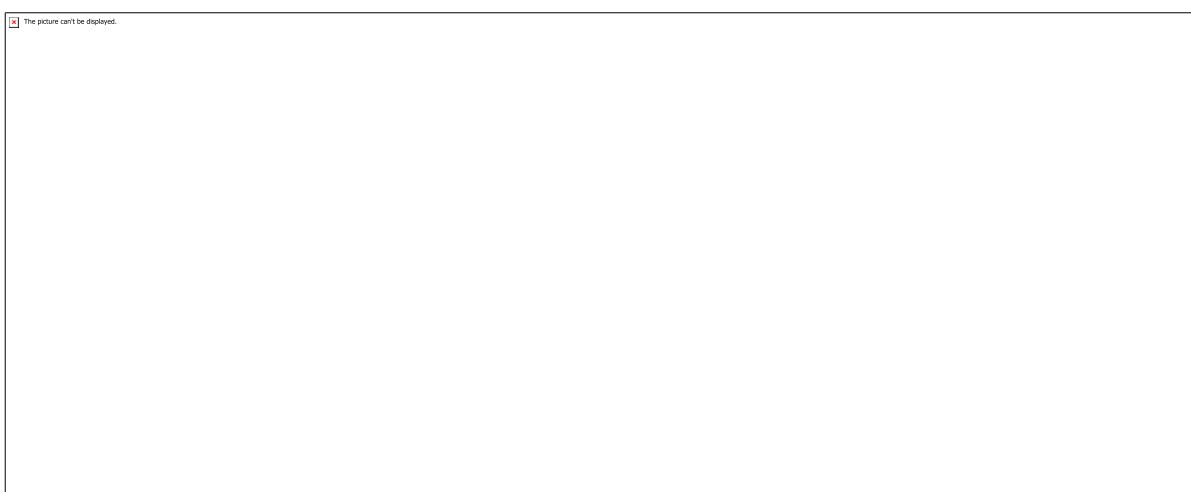


Figura 4

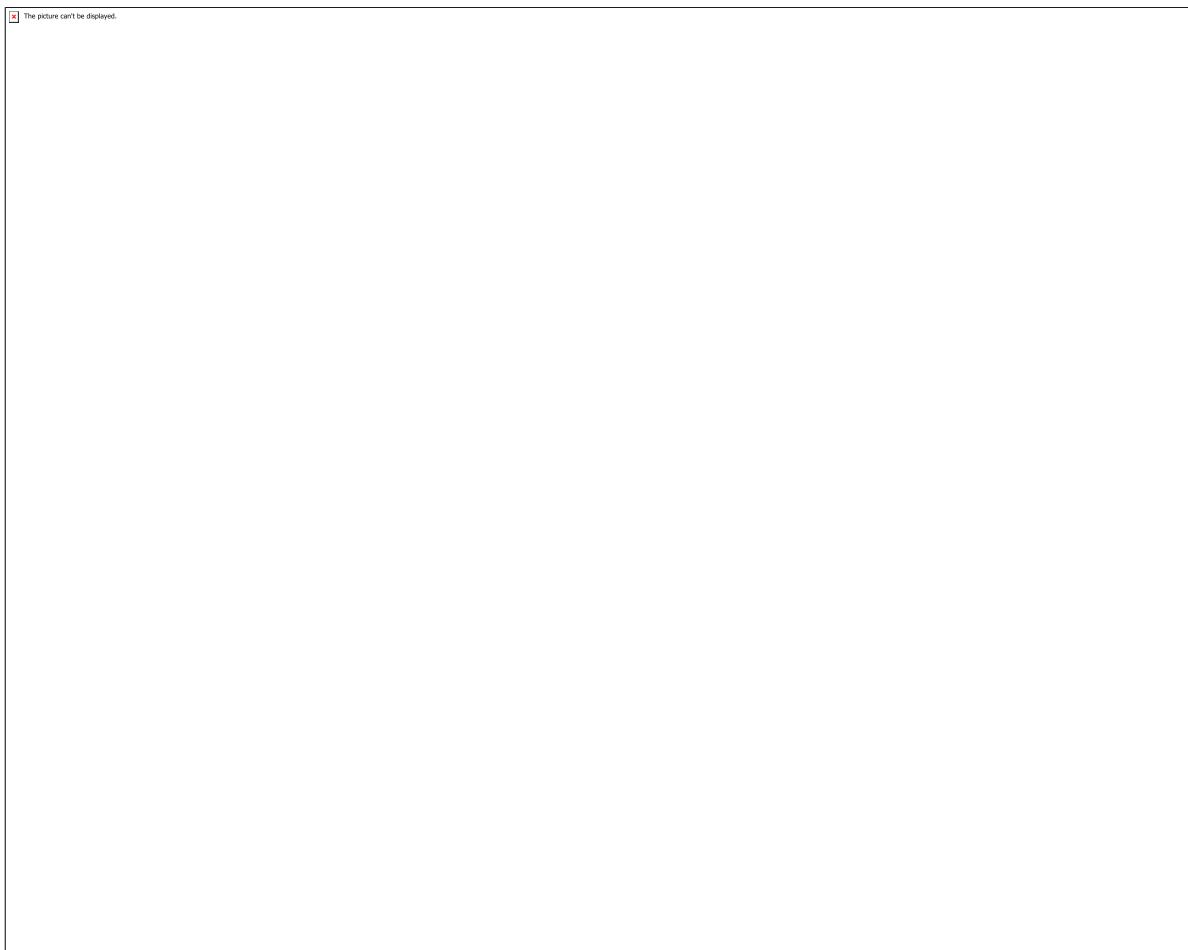


Figura 5

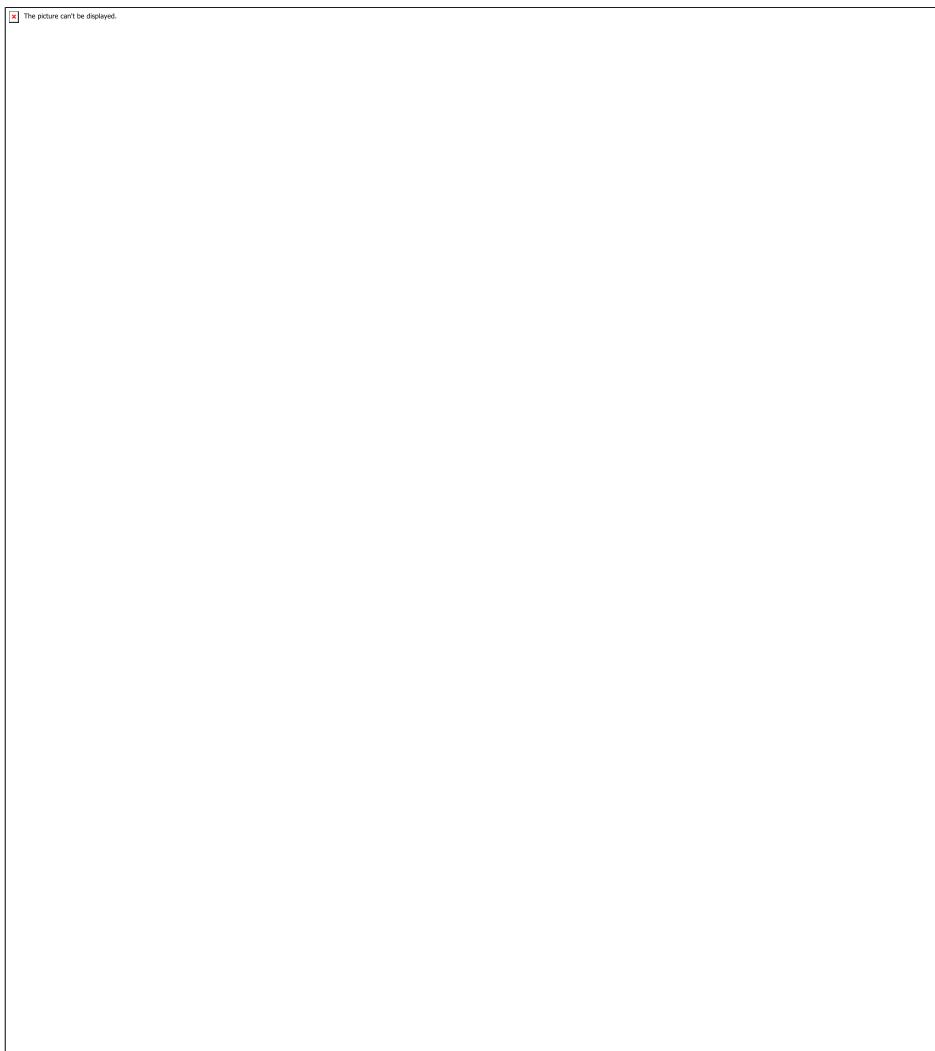


Figura 6

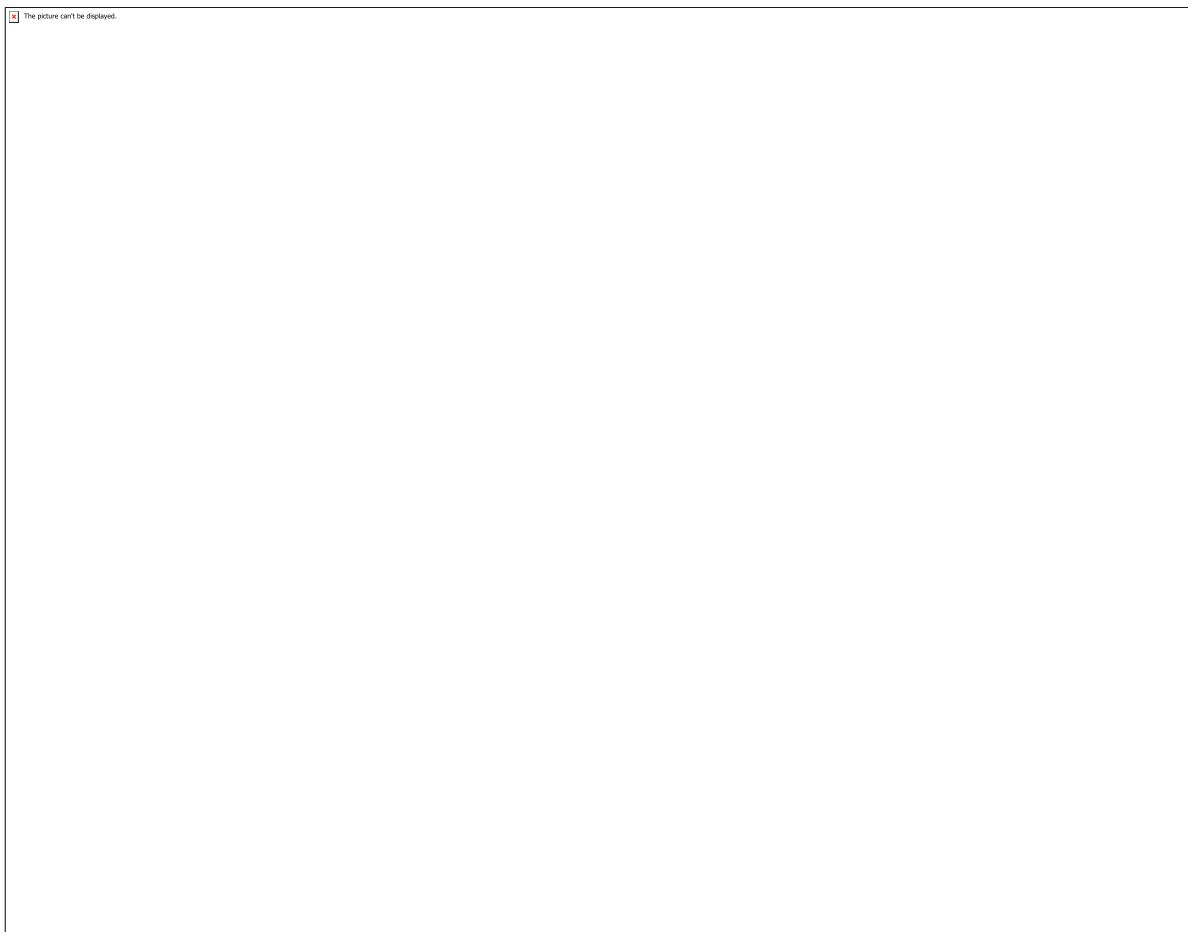


Figura 7

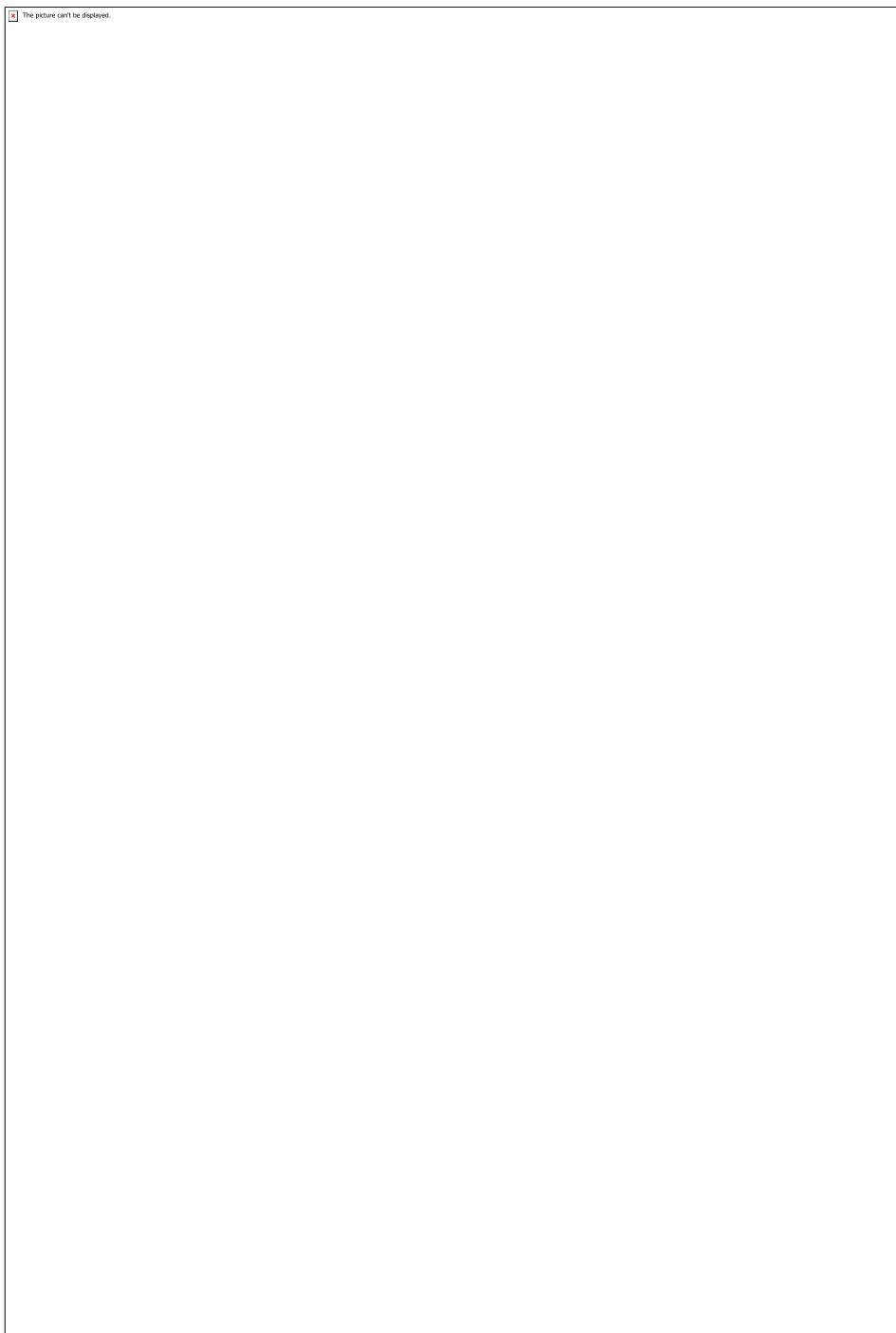


Figura 8

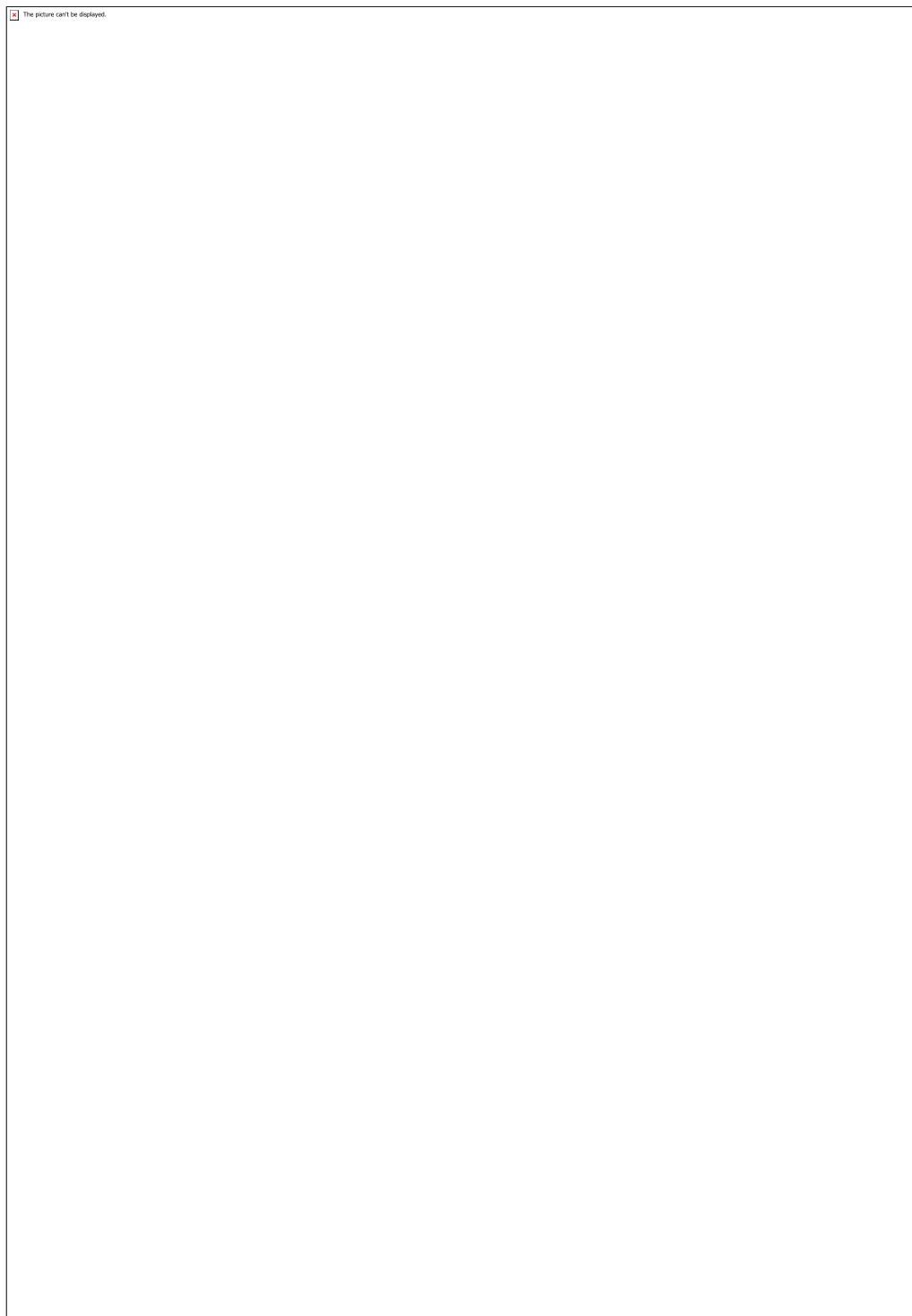


Figura 9

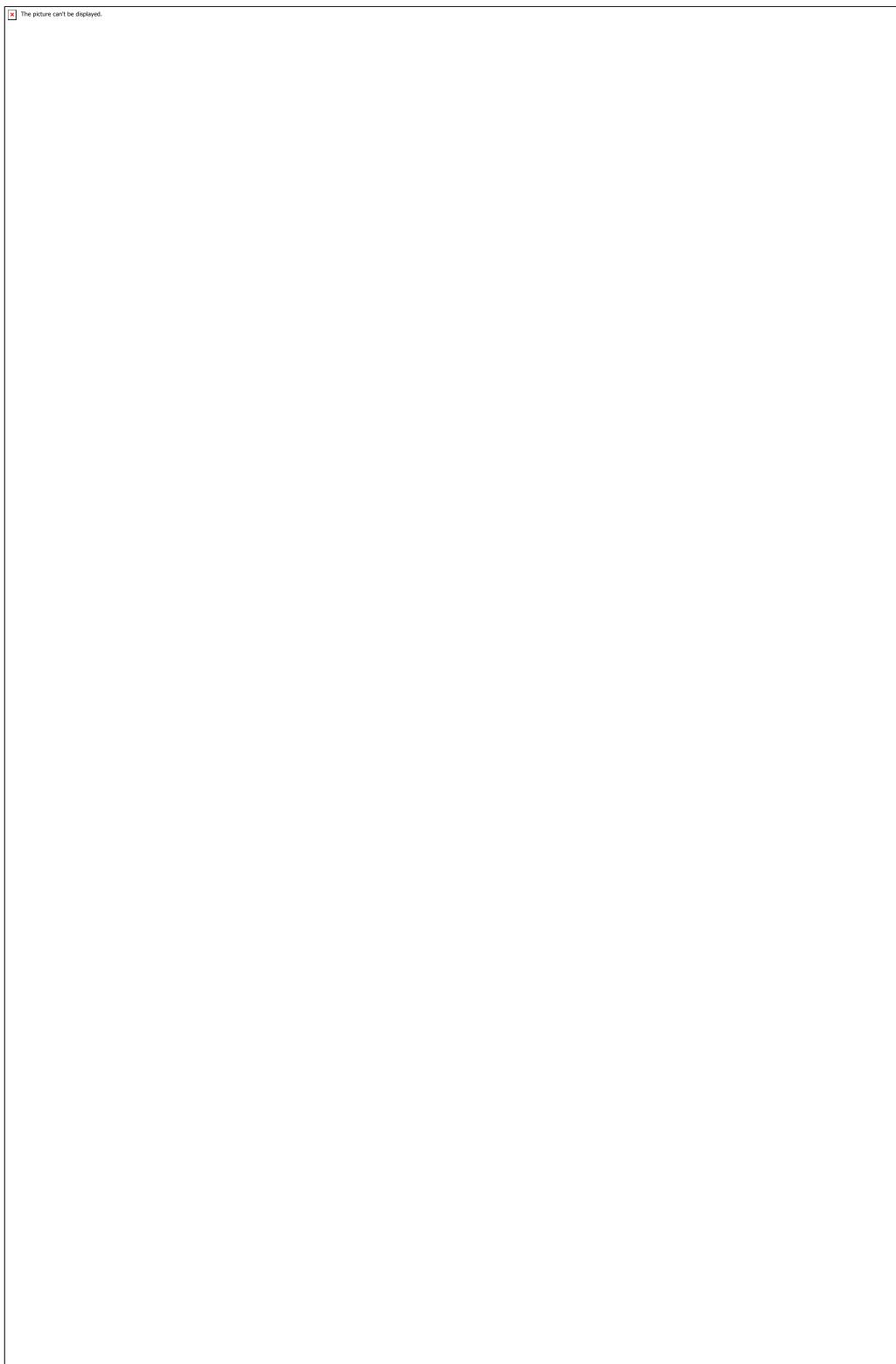


Figura 10

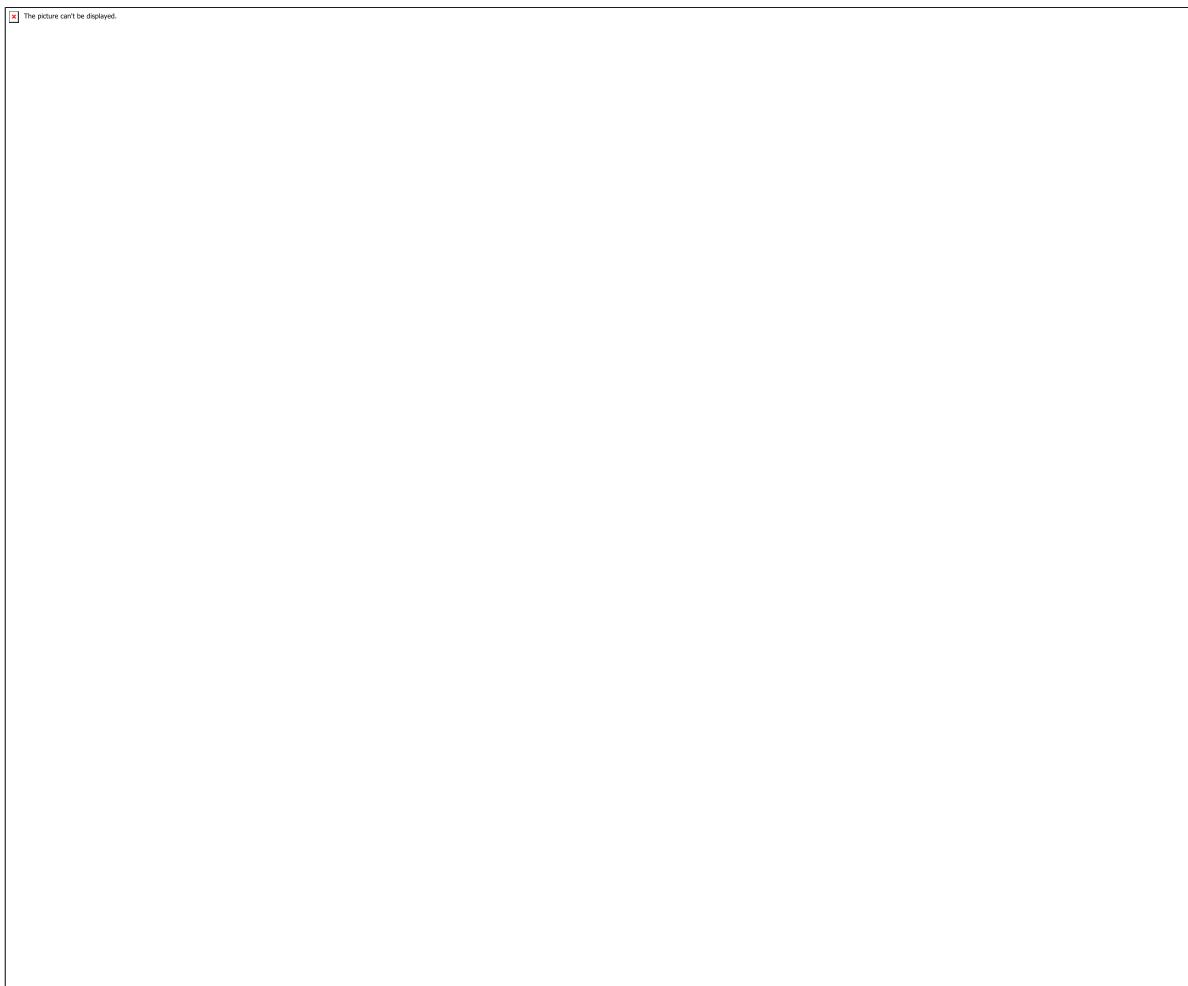


Tabela 1

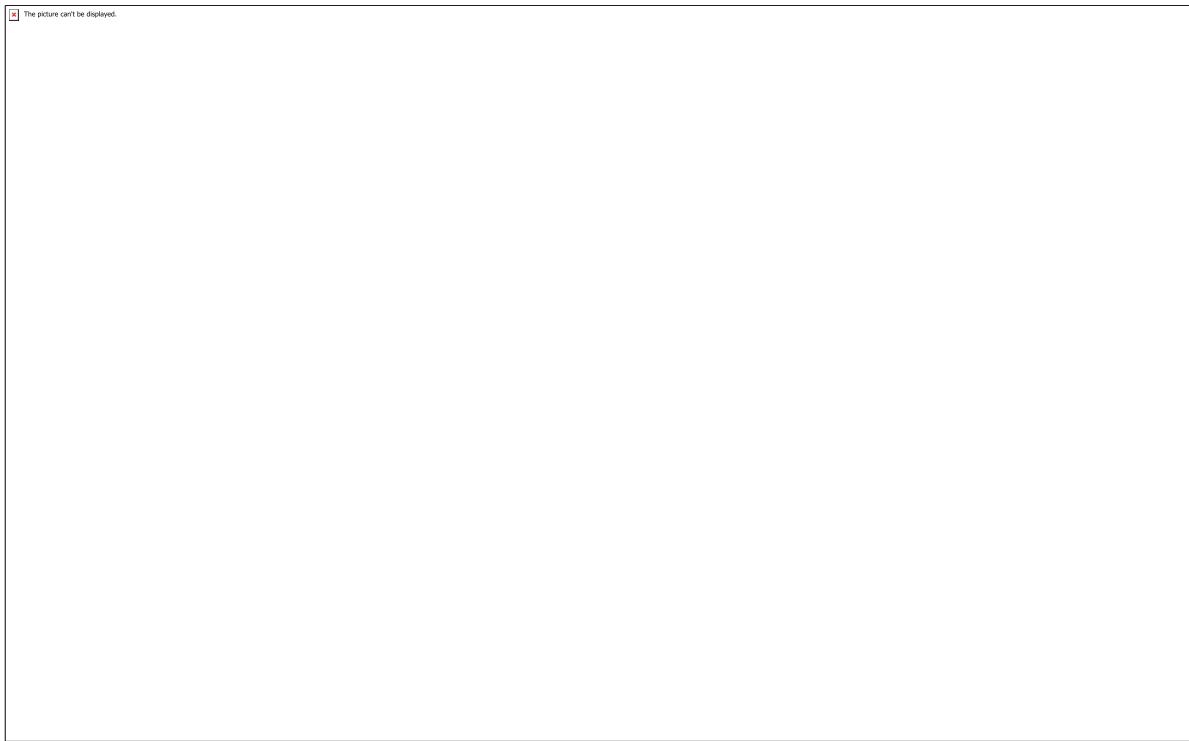


Tabela 2



Tabela 3

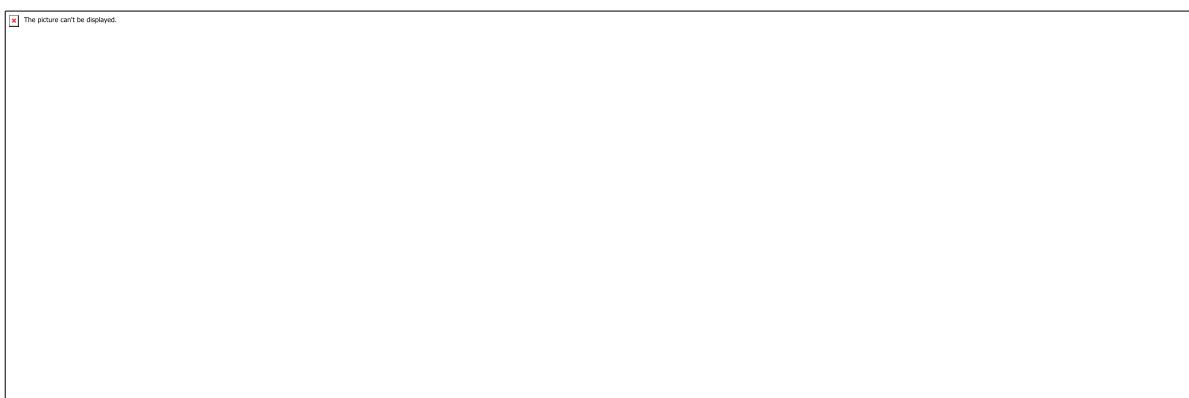


Tabela 4

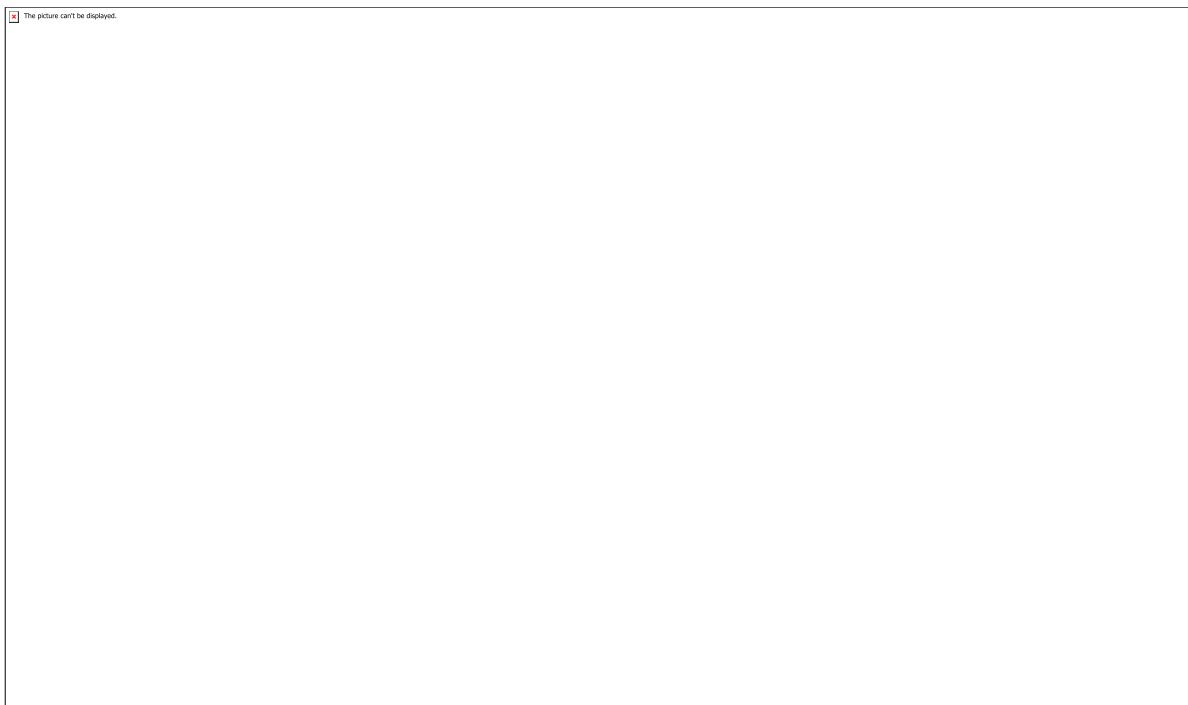


Tabela 5

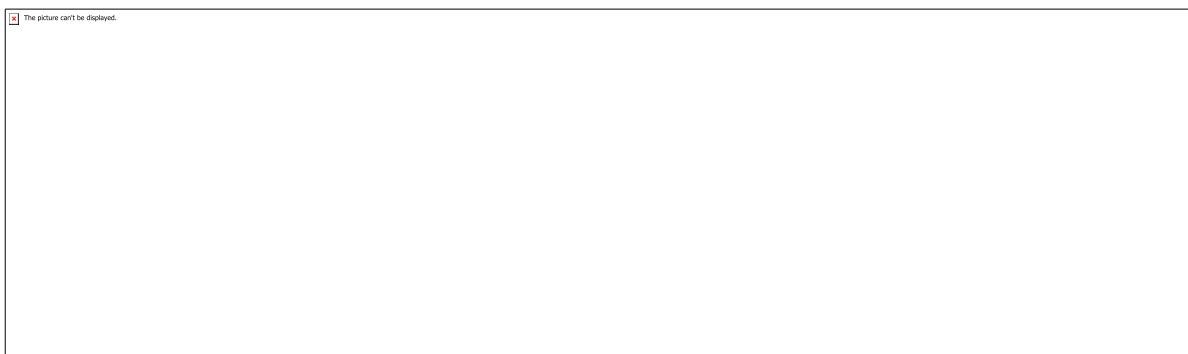


Tabela 6



Tabela 7

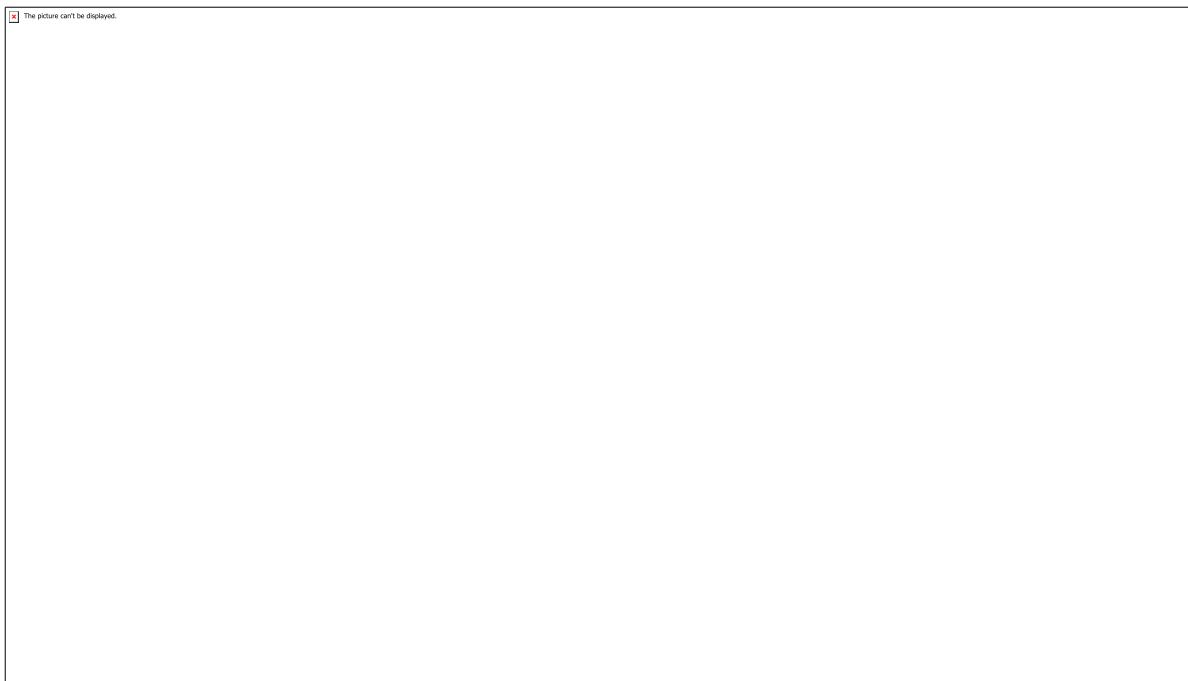
 The picture can't be displayed.

Tabela 8

 The picture can't be displayed.
--

Tabela 9

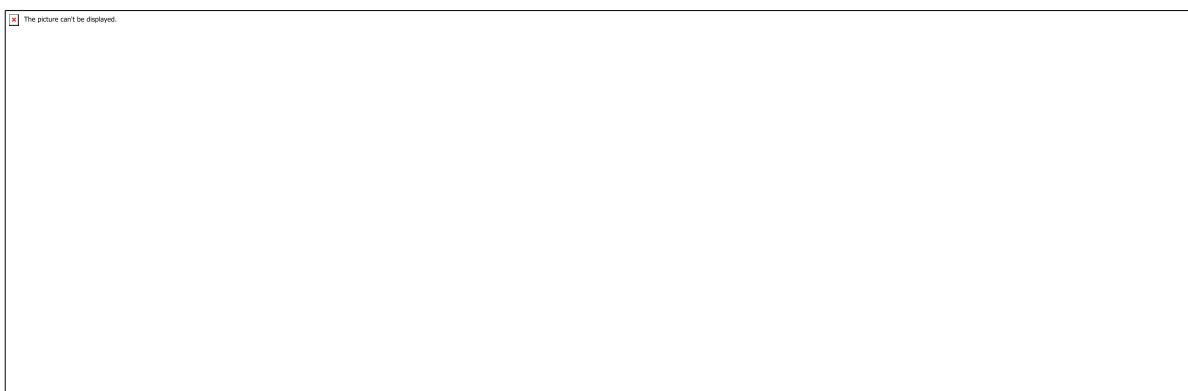
 The picture can't be displayed.
--

Tabela 10



Tabela 11

CÓDIGO: ET0682

AUTOR: YURI LEANDRO RODRIGUES LOPES FERNANDES

ORIENTADOR: MAURICIO ROBERTO BOMIO DELMONTE

TÍTULO: Síntese e estudo das propriedade fotoluminescentes do ZnMoO₄ obtidos pelo método de spray pirólise.

Resumo

Os molibdatos têm sido alvo de pesquisas devido ao seu potencial em diversas aplicações, como lasers de estado sólido, dispositivos fotoluminescentes, cintiladores e em photocatálise. Em especial, o ZnMoO₄ se destaca por suas propriedades interessantes, com emissões na região do azul, verde e laranja, e aplicações como redes hospedeiras. Os pós de ZnMoO₄ foram sintetizados em etapa única pelo método de spray pirólise ultrassônico, utilizando temperaturas de 1000 °C e 1100 °C. As amostras foram caracterizadas pela técnica de difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo e pelas espectroscopias de UV-visível e de fotoluminescência. Os padrões de DRX mostraram que o material possui picos característicos da estrutura cristalina triclinica, não havendo a presença de fases secundárias. Pelo MEV-FEG visualizou-se a predominância da morfologia esférica com diâmetros variando em torno de 522 e 535 nm. A energia de gap das amostras obtidas possuem valores relativamente próximos, de 4,17 eV e 4,26 eV. Os espectros fotoluminescentes apresentam um comportamento de banda larga, com coordenadas de cromaticidade x e y identificando emissão de luz na região do branco.

Palavras-chave: Molibdato de zinco; spray pirólise ultrassônico; fotoluminescência.

TITLE: Synthesis and study of the ZnMoO₄ photoluminescent properties obtained by the spray pyrolysis method.

Abstract

The molybdates have been the subject of researches due to their potential in several applications, such as solid-state lasers, photoluminescent devices, scintillators, and photocatalysis. In particular, ZnMoO₄ stands out for its interesting properties, with emissions in the blue, green and orange region, and applications as host lattice. The ZnMoO₄ powders were synthesized in a one-step by the ultrasonic spray pyrolysis method, using temperatures of 1000 °C and 1100 °C. The samples were characterized by x-ray diffraction technique, field emission scanning electron microscopy, UV-visible, and photoluminescence spectroscopy. The XRD patterns showed that the material had peaks characteristic of the triclinic structure, without any secondary phases present. The predominance of spherical morphology with diameters varying around 522 nm and 535 nm was visualized by the FESEM. The gap energy of the samples obtained has relatively close values, of 4.17 eV and 4.26 eV. The photoluminescence spectra present a broad band behavior, with chromaticity coordinates x and y identifying light emission in the white region.

Keywords: Zinc molybdate; ultrasonic spray pyrolysis; photoluminescence.

Introdução

Os molibdatos metálicos vêm sendo objeto de estudo de grande interesse nas pesquisas científicas no decorrer dos últimos anos devido à sua grande variedade de potenciais aplicações tecnológicas, principalmente na forma de nanopartículas: possuindo uma maior área superficial e propriedades ópticas e elétricas ainda mais interessantes (RAMEZANI et al., 2015; ZHOU et al., 2008; XIE et al., 2010; YU; NOGAMI, 2010). Esses semicondutores inorgânicos possuem, por exemplo, aplicabilidade em fotocatálise, matrizes hospedeiras de íons terras raras, dispositivos fotoluminescentes, tintas anticorrosivas, sensores de umidade e lasers de estado sólido, dependendo de suas estruturas cristalinas, morfologia e tamanho médio de partículas, fatores os quais são influenciados pelos cátions presentes em sua composição e também pelas condições de síntese utilizadas, como tempo e temperatura (LOVISA et al., 2018; ZHAI et al., 2017, 2018; CHENGAIAH et al., 2014; JU et al., 2011). Nesse sentido, o molibdato de zinco, com fórmula química $ZnMoO_4$, possui duas estruturas cristalinas: triclinica e monoclinica, ambas contendo o complexo tetraédrico $[MoO_4]^{2-}$, o qual está relacionado diretamente com suas propriedades fotoluminescentes na região do UV-visível, principalmente a sua alta eficiência de excitação por irradiação de 390 nm e 460 nm, a partir dos processos de transição eletrônica que ocorrem dentro desse complexo aniónico (LOVISA et al., 2018). Primeiramente, a estrutura cristalina do tipo tetragonal denominada de triclinica corresponde à fase Alfa e caracteriza-se pelos átomos de zinco coordenados por seis átomos de oxigênio formando os grupos de octaedros distorcidos $[ZnO_6]$ enquanto os átomos de molibdênio estão ligados à quatro de oxigênio gerando os grupos de configuração tetraédricas $[MoO_4]$ (CAVALCANTE et al., 2013). Por outro lado, em sua fase Beta, tanto o zinco quanto o molibdênio são coordenados por seis átomos de oxigênio, formando grupos de octaedros distorcidos $[ZnO_6]$ / $[MoO_6]$ e dando origem a estrutura chamada de monoclinica do tipo Wolframita (RAMEZANI et al., 2015). Por consequência de as propriedades fotoluminescentes dos molibdatos de zinco serem altamente dependentes de suas características estruturais e morfológicas, que são influenciadas pelas condições de processamento (ZHANG et al., 2010; WANG et al., 2017), diversos métodos de síntese já foram utilizados em pesquisas científicas para a obtenção do $ZnMoO_4$. Dentre eles, pode-se citar o hidrotermal, solvotermal, reação de estado sólido, eletroquímico, coprecipitação e o sonoquímico, gerando materiais com ótima condutividade e excelentes propriedades fotoluminescentes e photocatalíticas, portando uma energia de gap estimada em 4,3 eV, as quais podem ser favorecidas pela presença de defeitos estruturais ou íons ativadores (SPASSKY et al., 2011, 2016; KAREKAR et al., 2015; ZHANG et al., 2017). A técnica denominada de spray pirólise ultrassônica consiste em um método contínuo dividido em três etapas: atomização de uma solução precursora, tratamento térmico e coleta do pó precipitado (CHOI et al., 2017; CHENG et al., 2017). Esse método possui algumas vantagens em relação aos outros por permitir a produção de um material com altas taxas de pureza e homogeneidade, menor tempo de processamento- com tempo dentro do reator aproximadamente de 1 minuto, fácil controle do tamanho médio de partícula e também não necessita de vácuo em nenhuma etapa do processamento (PANDEY et al., 2012; PATIL et al., 1999; TAVARES et al., 2016). Neste trabalho foi realizada a obtenção dos pós de $ZnMoO_4$ nas temperaturas de 1000 °C e 1100 °C em etapa única utilizando o método de spray pirólise ultrassônica. A caracterização estrutural das partículas foi feita por difração de raios-x, a morfologia por microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo, e as propriedades ópticas foram analisadas pelas técnicas de espectroscopia de UV-visível e de fotoluminescência.

Metodologia

Materiais: Os reagentes precursores utilizados na obtenção dos pós de ZnMoO₄ pelo método spray pirólise ultrasônico foram: nitrato de zinco (Zn(NO₃)₂•6H₂O), 99,0% de pureza, Synth; ácido molíbdico (H₂MoO₄), 85,0% de pureza, Alfa Aesar; e ácido cítrico anidro (C₆H₈O₇), 99,5% de pureza, Synth. **Método:** Para a obtenção da solução precursora de ZnMoO₄, 6,728 mmol de nitrato de zinco foi dissolvido em 25 mL de água destilada sob agitação no banho de ultrassom durante 30 min a 25 °C. Em outro recipiente, 6,728 mmol de ácido molíbdico foi também dissolvido em 25 mL de água destilada sob agitação no banho de ultrassom durante 30 min a 25 °C. Sob agitação magnética, foi preparada a solução de ácido cítrico anidro, sendo dissolvido 0,04 mol dessa substância em 50 mL de água destilada durante 30 min a 50 °C. Por fim, a solução aquosa de ácido molíbdico e a de nitrato de zinco foram adicionados a solução aquosa de ácido cítrico anidro sob agitação magnética durante 30 min a 50 °C. O ácido cítrico anidro tem como função nesse contexto de estabilizar a solução, evitando que ocorra precipitação na solução precursora. A solução final foi introduzida em um nebulizador ultrasônico de 2,4 MHz de frequência, o qual foi acoplado a um tubo de quartzo com 50 mm de diâmetro e 1200 mm de comprimento. O reator é inserido em um forno tubular elétrico horizontal que possui dupla zona de aquecimento, sendo a primeira configurada a 600 °C e a segunda a 1000 °C ou 1100 °C. As gotículas atomizadas são transportadas por meio de um fluxo de ar de 3 L/min dentro do tubo de quartzo aquecido, em um tempo estimado de 1 min, havendo a formação das partículas sólidas. Por último, o pó é precipitado por meio de um precipitador eletrostático de cobre no final desse trajeto, possibilitando a coleta do material. **Caracterizações:** As partículas de ZnMoO₄ foram caracterizadas em temperatura ambiente pelas técnicas de difração de raios-x, microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo, espectroscopia de UV-visível e espectroscopia de fotoluminescência.

Resultados e Discussões

Difração de raios-x: A técnica de DRX possibilitou a análise da estrutura cristalina resultante do processo de síntese. A partir da avaliação dos picos característicos do difratograma para as partículas de ZnMoO₄ sintetizadas a 1000 °C e 1100 °C, as amostras foram classificadas como possuindo uma estrutura cristalina triclinica conforme a ficha JCPDS 35-0765. Foi possível avaliar também a ausência de picos adicionais, o que indica amostras de ZnMoO₄ monofásicas. O método de refinamento Rietveld foi realizado utilizando o programa General Structure Analysis System. Por esses resultados, a estrutura dos cristais pode ser descrita adequadamente como estrutura triclinica com simetria de grupo espacial P-1. Os parâmetros obtidos para a amostra sintetizada a 1000 °C foram $a = 6,9714 \text{ \AA}$, $b = 8,3904 \text{ \AA}$, $c = 9,7040 \text{ \AA}$, $\alpha = 96,864^\circ$, $\beta = 106,912^\circ$ e $\gamma = 101,804^\circ$, com volume de célula unitária igual a 521,7799 \AA^3 , e para a 1100 °C foram $a = 6,9719 \text{ \AA}$, $b = 8,3981 \text{ \AA}$, $c = 9,6990 \text{ \AA}$, $\alpha = 96,826^\circ$, $\beta = 106,972^\circ$ e $\gamma = 101,817^\circ$ e volume de célula unitária igual a 521,8716 \AA^3 . **Microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo:** A partir das micrografias do MEV_FEG das amostras, pôde-se avaliar que as partículas obtidas por esse processo obtiveram uma morfologia predominantemente esférica. Contudo, para as amostras sintetizadas a 1100 °C, observou-se o surgimento de partículas com a morfologia de bastões. Isso pode ter ocorrido devido a temperatura de fusão do ZnMoO₄ ser em torno de 1000°C, o que permitiria a fusão e recristalização no formato de bastões (IVLEVA et al., 2008). Em média, as partículas obtidas a 1000 °C possuem diâmetro de $522 \pm 136 \text{ nm}$ e as sintetizadas a 1100 °C de $535 \pm 113 \text{ nm}$. **Espectroscopia UV-visível:** A espectroscopia de reflectância difusa na região do UV-visível foi utilizada para determinar os valores da energia de gap das amostras. Primeiramente, os dados foram convertidos para absorbância utilizando a equação de Kubelka-Munk (1) (KUBELKA, 1931), onde α é a

absorbância, s o coeficiente de espalhamento e R a reflectância difusa. E para calcular a energia de Gap, foi utilizada a expressão denominada equação de Tauc (2) (WOOD e TAUC, 1972). Em que hv é a energia do fóton incidente e n é uma constante que varia entre $n = (1/2; 2; 3/2$ e 3) dependendo do tipo de transição. Assim, foi adotado $n = 1/2$, no qual admite-se transição eletrônica direta permitida. $((1-R)^2)/2R = \alpha/s$ (1) $(\alpha hv) = (hv - Egap)^n$ (2) Através dessa equação, o Egap foi medido a partir do gráfico com ahv plotado na ordenada e hv (eV) na abscissa. Tangente a curva, foi feita a extrapolação de uma linha reta para $(\alpha hv) = 0$, obtendo-se então o valor do Egap, de 4,17 eV para a amostra sintetizada a 1000 °C e de 4,26 para de 1100 °C, os quais estão de acordo com a literatura que estima um valor de 4,3 eV (SPASSKY et al., 2011). Esse pequeno aumento de energia de gap entre as duas amostras pode estar associado ao aumento do grau de ordenamento estrutural devido ao aumento da temperatura.

Fotoluminescência: A espectroscopia de fotoluminescência foi realizada em temperatura ambiente nos pós de ZnMoO₄ obtidos por spray pirólise ultrassônica, sob uma fonte de excitação de 350,7 nm. Nos molibdatos de zinco, os grupos [MoO₄] são dados como responsáveis pelas características de fotoluminescência desses materiais a partir das transições dos pares elétrons-buracos que ocorrem neles, entre os orbitais O (2p) → Mo (4d) (SCZANCOSKI et al., 2010). Para caracterizar a luz emitida, foram calculados os valores triestímulos (X, Y, Z) por meio das expressões: X= $\int x' P(\lambda) d\lambda$; Y= $\int y' P(\lambda) d\lambda$; Z= $\int z' P(\lambda) d\lambda$. Foi tomado como base as funções (x', y', z'), que são iguais a 599, 555 e 446 nm, respectivamente, e P (λ) que é o espectro de luminescência das amostras. E a partir desses dados, calculou-se as duas coordenadas independentes (x, y) que representam a cromaticidade de uma cor, através das expressões a seguir: x= X/(X+Y+Z); y= Y/(X+Y+Z); z= 1-(x+y). Como resultado, obteve-se as coordenadas x= 0,3937 e y= 0,3698 para o ZnMoO₄ obtido a 1000 °C, enquanto que para a amostra de 1100 °C resultou em x= 0,4160 e y= 0,3916, verificando-se então uma emissão de luz branca para ambas as amostras sintetizadas.

Conclusão

As amostras de ZnMoO₄ foram sintetizadas com sucesso pelo método de spray pirólise ultrassônica, utilizando temperaturas de 1000 °C e 1100 °C. Como resultado, obteve-se partículas monofásicas com estrutura cristalina triclínica. Morfologicamente, as partículas apresentaram predominantemente a morfologia esférica, mas com o surgimento de bastões para as partículas sintetizadas na temperatura mais alta. Quanto a energia de gap, obtiveram-se os valores de 4,17 eV e 4,26 eV, estando compatíveis com a literatura. Por meio da espectroscopia de fotoluminescência, foi possível verificar a emissão de luz pelas partículas na região do branco para ambas amostras.

Referências

- CAVALCANTE, L. S., et. al. A combined theoretical and experimental study of electronic structure and optical properties of b-ZnMoO₄ microcrystals. Polyhedron. v. 54, p. 13-25, 2013. CHENG, Zhe; FOROUGHI, Paniz; BEHRENS, Andrés. Synthesis of nanocrystalline TaC powders via single-step high temperature spray pyrolysis from solution precursors. Ceramics International, v. 43, n. 3, p. 3431-3434, 2017. CHENGAIAH, T. et al. Preparation and luminescence characterization of Zn (1- x) MoO₄: xDy3+ phosphor for white light-emitting diodes. Optics Communications, v. 312, p. 233-237, 2014. CHOI, H. et al. Continuous synthesis of molybdenum oxide microspheres by ultrasonic spray pyrolysis. Journal of industrial and engineering chemistry, v. 47, p. 254-259, 2017. IVLEVA, L. I. et al. Growth and properties of ZnMoO₄ single crystals. Crystallography Reports, v. 53, n. 6, p. 1087-1090, 2008. JU, Xiaoxia et

al. Luminescence properties of ZnMoO₄: Tb³⁺ green phosphor prepared via co-precipitation. *Materials Letters*, v. 65, n. 17-18, p. 2642-2644, 2011. KAREKAR, S. E. et al. Synthesis of zinc molybdate and zinc phosphomolybdate nanopigments by an ultrasound assisted route: advantage over conventional method. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, v. 87, p. 51-59, 2015. KUBELKA, Paul. Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche (Contribution to the optic of paint). *Zeitschrift für technische Physik*, v. 12, p. 593-601, 1931. LOVISA, L. X. et al. Structure, morphology and photoluminescence emissions of ZnMoO₄: RE 3+= Tb³⁺-Tm³⁺-X Eu³⁺ (x= 1, 1.5, 2, 2.5 and 3 mol%) particles obtained by the sonochemical method. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 750, p. 55-70, 2018. PANDEY, Rina et al. Fabrication of aluminium doped zinc oxide (AZO) transparent conductive oxide by ultrasonic spray pyrolysis. *Current Applied Physics*, v. 12, p. S56-S58, 2012. PATIL, Pramod S. Versatility of chemical spray pyrolysis technique. *Materials Chemistry and physics*, v. 59, n. 3, p. 185-198, 1999. RAMEZANI, Majid et al. Synthesis, characterization, and morphological control of ZnMoO₄ nanostructures through precipitation method and its photocatalyst application. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, v. 26, n. 10, p. 7588-7594, 2015. SCZANCOSKI, J. C. et al. Electronic structure and optical properties of BaMoO₄ powders. *Current Applied Physics*, v. 10, n. 2, p. 614-624, 2010. SPASSKY, D. A. et al. Electronic structure and luminescence mechanisms in ZnMoO₄ crystals. *Journal of Physics: Condensed Matter*, v. 23, n. 36, p. 365501, 2011. SPASSKY, D. et al. Emission centers in ZnMoO₄: Influence of growth conditions and decay characteristics. *Optical Materials*, v. 59, p. 66-69, 2016. TAVARES, M. T. S. et al. Enhancement of the photocatalytic activity and white emission of CaIn₂O₄ nanocrystals. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 658, p. 316-323, 2016. WANG, Dongming et al. Phase-and Morphology-Controlled Synthesis of Zinc Molybdate for Excellent Photocatalytic Properties. *European Journal of Inorganic Chemistry*, v. 2017, n. 42, p. 4939-4946, 2017. WOOD, D. L.; TAUC, J. S. Weak absorption tails in amorphous semiconductors. *Physical Review B*, v. 5, n. 8, p. 3144, 1972. XIE, An et al. Enhanced red emission in ZnMoO₄: Eu³⁺ by charge compensation. *Journal of Physics D: Applied Physics*, v. 43, n. 5, p. 055101, 2010. YU, Lixin; NOGAMI, Masayuki. The synthesis and photoluminescent properties of one-dimensional ZnMoO₄: Eu³⁺ nanocrystals. *Materials Letters*, v. 64, n. 14, p. 1644-1646, 2010. ZHAI, Bao-gai et al. Effects of Sintering Temperature on the Morphology and Photoluminescence of Eu³⁺. *Journal of Nanomaterials*, v. 2018, 2018. ZHAI, Bao-gai et al. Growth of ZnMoO₄ nanowires via vapor deposition in air. *Materials Letters*, v. 188, p. 119-122, 2017. ZHANG, Gaoke et al. Synthesis, morphology and phase transition of the zinc molybdates ZnMoO₄· 0.8 H₂O/α-ZnMoO₄/ZnMoO₄ by hydrothermal method. *Journal of Crystal Growth*, v. 312, n. 11, p. 1866-1874, 2010. ZHANG, Wei et al. Preparation and photoluminescence properties of MMoO₄ (M= Cu, Ni, Zn) nano-particles synthesized via electrolysis. *Journal of Molecular Structure*, v. 1127, p. 777-783, 2017. ZHOU, Li-Ya et al. A potential red phosphor ZnMoO₄: Eu³⁺ for light-emitting diode application. *Journal of Solid State Chemistry*, v. 181, n. 6, p. 1337-1341, 2008.

CÓDIGO: ET0683

AUTOR: FELIPE OLIVEIRA LINS E SILVA

ORIENTADOR: LUIZ FELIPE DE QUEIROZ SILVEIRA

TÍTULO: Análise de escalabilidade de códigos corretores de erro

Resumo

Nas redes de sensores sem fios industriais (IWSN), tem-se a utilização do mecanismo de repetição automática do quadro (ARQ), em conjunto com a detecção de erros por verificação de redundância cíclica (CRC). Este método é problemático tendo em vista que pode aumentar bastante o consumo de energia e a latência na entrega do pacote - - proporcionalmente à necessidade de retransmissão dos quadros. Alternativo a tal mecanismo, surge os códigos corretores de erro (FEC), também conhecido como codificação de canal, energéticamente eficiente -- os quais visam corrigir a mensagem para não ser efetuada uma retransmissão. Neste trabalho, é estudado a relação entre economia de energia e a escalabilidade do algoritmo (de codificação de canal) paralelo, sob optica do modelo M1 básico.

Palavras-chave: Codificação de canal, Computação Paralela, Economia de energia

TITLE: Scalability analysis of error correcting codes

Abstract

In industrial wireless sensor networks (IWSN), the automatic frame repetition request (ARQ) mechanism is used in conjunction with cyclic redundancy check (CRC) error detection. This method is problematic as it can greatly increase power consumption and packet delivery latency - proportionally to the need for frame retransmission. As an alternative to such a mechanism comes the energy-efficient error correcting codes (FEC), also known as channel coding - which aim to correct the message so as not to be retransmitted. In this work, the relationship between energy saving and the scalability of the parallel (channel coding) algorithm from the basic M1 model is studied.

Keywords: Channel coding, Parallel computing, Energy economy

Introdução

Os padrões de redes de sensores sem fio industriais (IWSN) utilizam o mecanismo de repetição automática de quadro (ARQ), associado à detecção de erros por verificação de redundância cíclica (CRC). No primeiro mecanismo, o aumento consumo de energia e da latência na entrega dos pacotes, os quais dependem diretamente da necessidade de retransmissão dos quadros. Neste contexto, surgem os códigos corretores de erro (FEC) energéticamente eficientes -- para evitar retransmissões e, assim, tentar diminuir tais gargalos energéticos e de latência.

Sobre tais algoritmos, estudos recentes indicam que o consumo de energia será proporcional à escalabilidade do algoritmo paralelo utilizado para o processamento. Partindo deste pressuposto, este trabalho visa compreender sobre quais situações os algoritmos de codificação de canal se mostram energéticamente eficientes sob a optica de sua escalabilidade.

Para o estudo do consumo energético, foi utilizado o modelo M1 básico. O modelo M1 básico parte do pressuposto de que a tensão limiar para que possilita a ação do transistor (Tensão threshold) é igual a zero ($V_{th} = 0$) e o parâmetro h , que é uma constante do modelo, é assumida igual a 2. E, tendo isto como origem, chega-se à expressão do fator de escalonamento relativo de energia -- o qual corresponde ao consumo energia do algoritmo paralelo em relação à sua execução serial. O fator de escalonamento relativo de energia é calculado em função do número de núcleos o qual o algoritmo está utilizando, bem como o speedup inerente à execução nesta configuração.

$$\text{E}_r^{\{M1\}} = \frac{p}{S_p^3}$$

Metodologia

Inicialmente, foi feito uma revisão bibliográfica para entender a teoria de codificação e as principais codificações de canal. Em sequência, foi iniciada a implementação de uma versão serial da codificação Reed-Solomon na linguagem de programação C++.

A codificação de Reed-Solomon tem como alicerce a teoria de corpos finitos, devito a este fato, nesta etapa houve bastante dificuldade, em virtude do arcabouço teórico necessário para entender bem a codificação para se implementar em linguagem de programação. Após a implementação do código, foi constatado que ele não era paralelizável e, assim, em virtude da base teórica necessária para entender bem à ponto de se paralelizar-lo, foi optado por seguir para a próxima codificação de canal: a codificação wavelet.

Para uma melhor eficiência na paralelização da codificação wavelet, foi optado por transformar-lo em um código de bloco. Para que, assim, possilite-se uma maior paralelização da codificação à custo de um maior uso de memória RAM -- pois, neste caso, se fez necessário armazenar em memória uma matriz. Para as simulações, foi utilizado o servidor Leuven, do Departamento de Engenharia de Computação e Automação da UFRN (DCA), o qual conta com AMD Opteron(tm) Processor 6376}, 256 GB de RAM e 64 cores com clock básico de 2.3 GHZ. O sistema operacional utilizado neste computador é o Ubuntu 16.04.5 LTS utilizando o kernel 4.4.0-142-generic. A paralelização foi feita utilizando-se da API OpenMP.

O algoritmo da codificação wavelet como código de bloco consiste na criação da matriz de codificação wavelet, através de uma matriz wavelet base e o tamanho da mensagem em caracteres que se deseja codificar. Na forma a qual foi implementado, este tamanho precisa ser sempre um número par. Após a criação da matriz de codificação, é feito o produto matriz-vetor entre o vetor correspondente a mensagem a ser codificada e a matriz de codificação. O resultado é a mensagem codificada.

Na implementação foi utilizado otimizações para alinhamento de dados e vetorização. A vetorização consiste em um conjunto de operações da arquitetura do computador, chamadas Single Instruction Multiple Data (SIMD), que realizam a mesma operação em um conjunto de dados de maneira simultânea. A respeito da otimização feita no escalonador do OpenMP foi o uso da diretiva `schedule(guided)`, a qual permite uma melhor divisão das tarefas entre as threads.

Para a otimização do algoritmo, foi utilizado o compilador GCC version 8.1.0 com utilizadas as flags de otimização:
\begin{itemize}
\item - "-Ofast": aplica o mais alto nível de otimização focada em melhorar a velocidade de execução do código.
\item- "-Wall": exibe todos os warnings do processo de otimização.
\item- "-fopt-info-vec-optimized": para informar quais loops foram vetorizados com sucesso.
\item- "ftree-vectorizer-verbose=2": para permitir vetorização de reduções que utilizam operações com ponto flutuante.
\item- "-msse2": permite uso de instruções que precisam de unidades SIMD de tipos indicados.
\item- "-fopenmp": permite uso e tratamento de diretivas do OpenMP para paralelização do código.
\item- "-fopt-info-vec-optimized": mostra se uma otimização foi aplicada com sucesso.
\end{itemize}

Em sequência, foi feita uma análise dos resultados utilizando o ambiente Google Collaboratory, em um notebook Jupyter. Neste ambiente foi implementado as análise utilizando o modelo M1 de economia de energia.

Resultados e Discussões

Para cada configuração de Tamanho do Problema x Numero de Threads, foi executada dez vezes e o resultado para as análises foi o tempo de execução mediano. O tamanho do problema é o tamanho da mensagem a ser codificada. Primeiro, foi feito um gráfico para ver como o tamanho do problema e o número de threads utilizadas influência no tempo de execução do algoritmo.

Em sequência, foi feito um mapa de calor para mostrar como é o speedup de cada configuração. E, também, foi feito outro mapa de calor para se analisar a eficiência do algoritmo para cada configuração.

Ao se analisar a eficiência, observa-se que a eficiência, de fato, aumenta para qualquer configuração que utilize mais de uma thread conforme o tamanho do problema varia.

E, realizando a mesma análise por mapas de calor, com o fator de economia de energia do modelo M1 -- que corresponde ao quanto de potência será gasta em processamento para se realizar a operação em relação ao caso serial. Os resultados expostos na figura mostram que o algoritmo não é econômico para problemas muito pequenos. Contudo, para problemas suficientemente grandes (8 threads e tamanho do problema 16384) se consegue realizar a tarefa com apenas 4,4% da potência gasta para se realizar tal tarefa de forma serial.

Conclusão

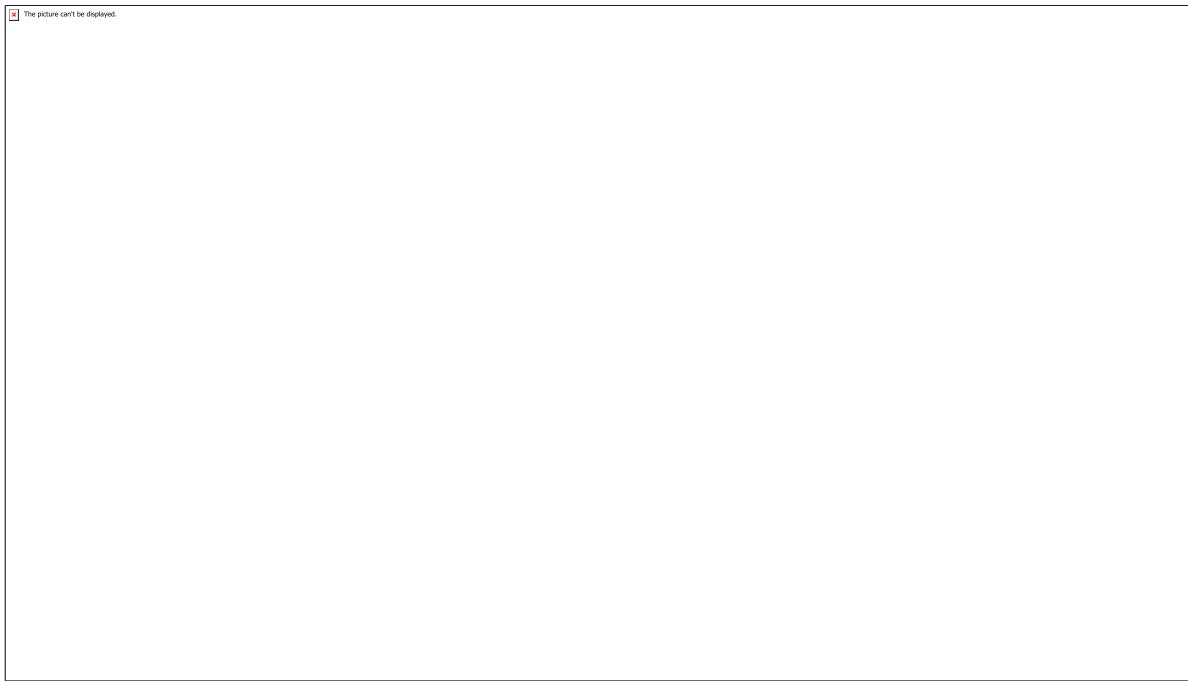
A partir dos dados obtidos, foi constatado que a codificação wavelet tem um grande potencial para a indústria em função da sua escalabilidade. Esta escalabilidade, como foi mostrado, implica em uma diminuição do consumo energético para se realizar tal codificação. Como mostrado, a implementação paralela do algoritmo consegue, alguns casos, utilizar menos de 10% da energia que se usaria caso fosse utilizado o algoritmo serial.

Em virtude de problemas com a implementação do código de Reed-Solomon, seria interessante futuramente realizar um estudo da análise de escalabilidade e economia de energia de tal código. Visto que o tal codificação é uma das mais usadas na indústria, um estudo sobre se é possível e, caso seja, em quais condições o ele atinge melhor patamar de economia de energia.

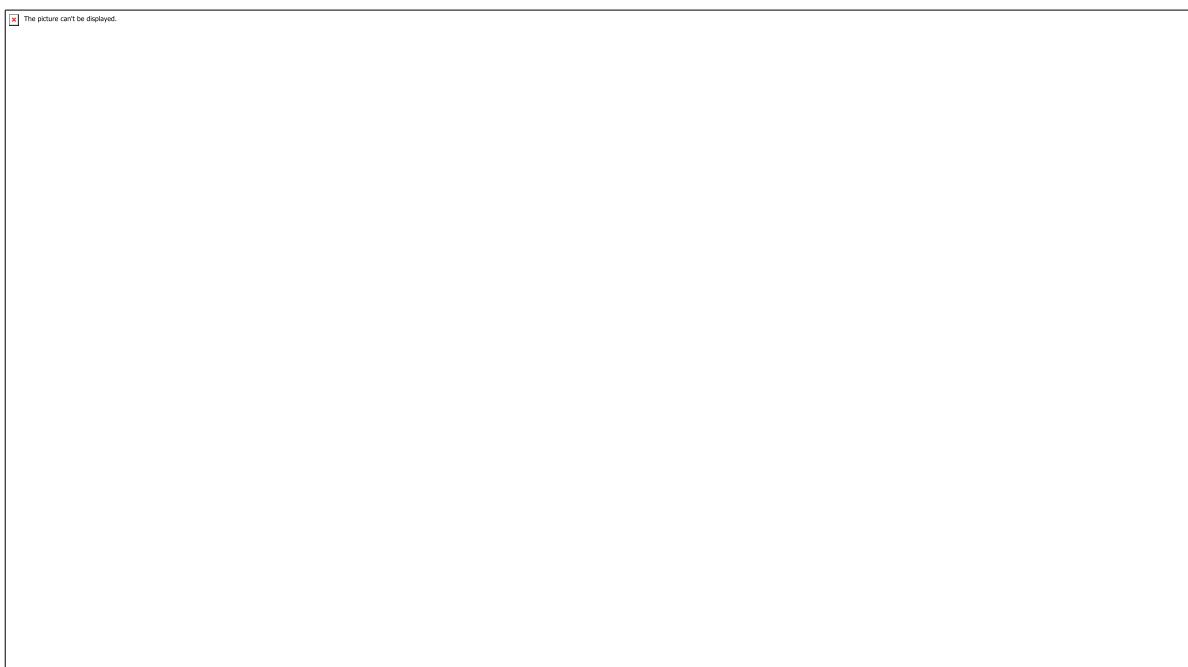
Referências

- J. A Kerberg, M. Gidlund, F. Reichenbach, and M. Bjorkman. specification. <http://www.hartcomm.org/> [Online], 2010.
- Industrial society of automation. specification. <http://www.isa.org/>.
- Shenyang institute of automation. specification. <http://www.industrialwireless.cn/>.
- IEEE standard. ieee standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems- local and metropolitan area networks-specific requirements part 15.4: Wireless medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications for low-rate wireless personal area networks (wpans),. IEEE Std 802.15.4-2006 (Re- vision of IEEE Std 802.15.4-2003), 2006.
- N. Sadeghi, S. Howard, S. Kasnavi, K. Iniewski, V. Gaudet, and C. Sch- legel. Analysis of error control code use in ultra-low-power wireless sen- sor networks. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS 2006., 2006.
- Z. Tian, D. Yuan, and Q. Liang. Energy efficiency analysis of error control schemes in wireless sensor networks. Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC '08, 2008.
- Arthur Lima, Carlos Barros, Luiz Felipe Q. Silveira, Samuel Xa- vier de Souza, and Carlos A. Valderrama. Parallel cyclostationarity- exploiting algorithm for energyefficient spectrum sensing. IEICE Tran- sactions on Communications, 97(2), 2014.
- C. A. Barros, Luiz Felipe Q. Silveira, C. A. Valderrama, and S. Xavier de Souza. Optimal processor dynamic-energy reduction for parallel wor- kloads on heterogeneous multi- core architectures. Microprocessors and Microsystems, 39(6), 2015.

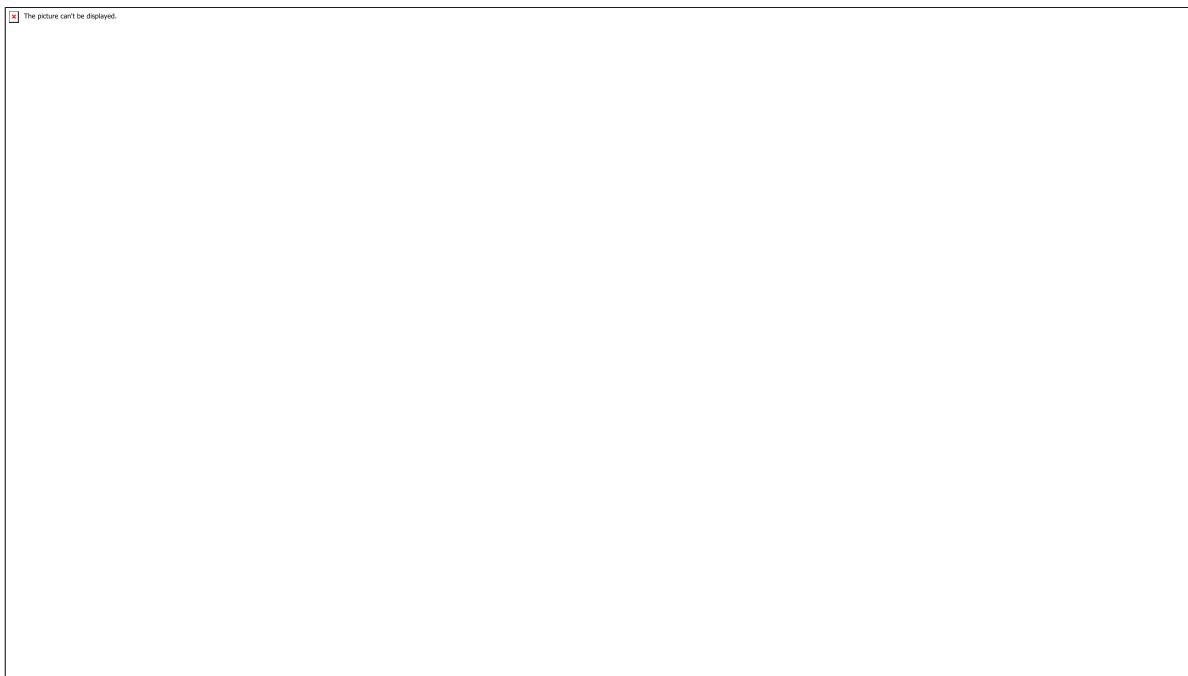
Anexos



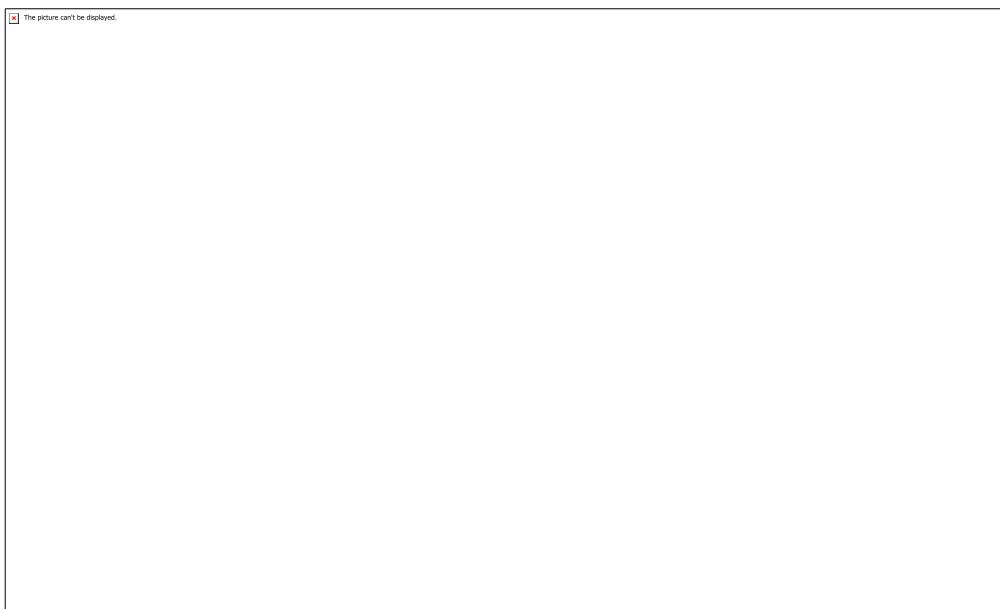
Mapa de Calor do speedup



Mapa de calor da eficiência



Mapa de calor da economia de energia



Plot 3d do tempo de execução em função do número de threads e o tamanho do problema

CÓDIGO: ET0694

AUTOR: GERFESSON SANTOS DA NOBREGA

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO TRABUCO DOREA

TÍTULO: Desenvolvimento de Classificador para Geração de Trajetórias para a Ótese Ativa Ortholeg 2.0

Resumo

Cada vez mais tem sido útil analisar dados para se chegar a conclusões mais assertivas sobre um determinado problema. No trabalho em questão, a partir de dados de caminhadas de pessoas sadias, estabeleceu-se um método para determinar os parâmetros de caminhada adaptados às características físicas de um dado indivíduo. Tais parâmetros devem ser usados na programação da ótese ativa para membros inferiores, Ortholeg 2.0, destinada a usuários que perderam o movimento das pernas. Foi empregado então um banco de dados que contém informações pessoais (idade, peso, etc.) e de caminhada de indivíduos saudáveis que serviram de parâmetro para estipular uma caminhada para os usuários da ótese ativa Ortholeg 2.0. Para se chegar a resultados satisfatórios, foi utilizado um método de clusterização que permitiu realizar uma segmentação dos dados a partir de semelhanças entre as amostras do banco.

Palavras-chave: Clusterização; Ortholeg 2.0; Ótese ativa; Análise de dados.

TITLE: Development of a classification system for the generation of trajectories for the active orthosis Ortholeg 2.0

Abstract

Increasingly it has been useful to analyze data to arrive at more assertive conclusions about a particular problem. In the present study, from healthy walking data, a method was established to determine the walking parameters adapted to the physical characteristics of a given individual. These parameters should be used in the Ortholeg 2.0 active lower limb orthosis programming for users who have lost leg movement. A database containing personal (age, weight, etc.) and walking information from healthy individuals was then used as a parameter to set a walking path for Ortholeg 2.0 active orthosis users. In order to reach satisfactory results, a clustering method was used that allowed to segment the data based on similarities between the database samples.

Keywords: Clustering; Ortholeg 2.0; Active orthosis; Data analysis.

Introdução

Na era da Informação, a geração de dados relacionados ao comportamento da humanidade têm aumentado frequentemente. Vários aspectos são monitorados, visando otimizar processos e decisões, como: fluxos de compra, dados pessoais, interesses de entretenimento, etc. O acesso a esses elementos, portanto, são fundamentais tanto para auxiliar o processo de tomada de decisão, como também para criar novas ferramentas que auxiliem as pessoas de forma mais assertiva de acordo com os anseios de cada um. Pensando então nas pessoas que perderam a

movimentação das pernas, pesquisadores tentam desenvolver equipamentos que permitam a esses indivíduos voltar a se locomover da forma mais natural possível. Nesse cenário aparecem as órteses ativas [1] que visam suprir essa necessidade através de um dispositivo com uma série de sensores e motores que, através de uma trajetória, possibilitam que uma caminhada seja realizada. Contudo, ainda não é fácil criar um objeto dessa complexidade e que mesmo que padronizado, ainda consiga fornecer aos usuários boa ergonomia e adequação, a fim de tornar o processo o mais próximo da realidade. Como objeto de estudo desse trabalho, utilizou-se então a Ortholeg 2.0 [2], onde foi pensado num sistema capaz de criar uma trajetória para a caminhada de um usuário, utilizando características próprias a ele (peso, idade, altura, etc.). Pensou-se então na utilização de um sistema classificatório para, a partir de dados de caminhada de pessoas sadias, encontrar dados para pessoas que já não conseguem caminhar. Uma implementação do algoritmo k-q-flats[3] foi feita para realizar a divisão dos dados em grupos e em seguida, através de uma função afim, foram gerados os dados baseados na resposta desse algoritmo e dos dados antropométricos do usuário.

Metodologia

Neste trabalho, não foram mensurados novos dados para mapear a caminhada dos usuários para criar padrões a serem utilizados na órtese. O banco foi adaptado de [4,7]. Para se chegar até ele, foram desenvolvidos trabalhos que monitoram o processo de caminhada de pessoas em faixas etárias distintas, de diferentes gêneros e particularidades. Montou-se então um acervo com amostras de cada indivíduo, contendo aspectos da caminhada e características antropométricas. Quando se fala em parâmetros antropométricos, refere-se a características que são específicas de cada pessoa. Nessa pesquisa, foram necessários 7 dados desse tipo: idade, altura, peso, gênero, comprimento da coxa, comprimento da panturrilha e largura do quadril. A parte correspondente à caminhada em si, foi representada por componentes de Fourier visando diminuir a quantidade de itens que dizem respeito ao movimento angular realizado pelas articulações do quadril e do joelho, durante o processo de aquisição. Isso foi feito a fim de que os parâmetros do indivíduo não percam a importância mediante a excessiva quantidade de dimensões representadas pelo movimento supracitado. Os dados então, possuem 24 dimensões associadas a essa representação: 6 módulos e 6 fases das componentes de Fourier relacionadas ao movimento angular da articulação do quadril e 6 módulos e 6 fases da articulação do joelho. Isso resulta num total de um banco de dados de dimensões 108×31 , onde 108 diz respeito a quantidade de experimentos que foram capturados. Tendo o modelo definido, foi necessário segmentar em 100 amostras para treinamento do algoritmo de clusterização e 8 para realizar a validação do método proposto. Essa alternativa foi adotada por permitir que fossem feitas comparações com os dados já existentes. Sendo assim, foi obtida uma caminhada através da solução proposta que foi comparada com os valores pré estabelecidos que foram mensurados anteriormente. A parte utilizada para treinamento é submetida a iterações para a definição dos clusters até que se obtenha um erro da ordem de 10^{-4} . Vale ressaltar que utiliza-se o K-means para definição inicial dos subespaços. Feito isso, os dados convergem para seus respectivos agrupamentos, de acordo com a menor distância euclidiana mensurada do ponto, para o mesmo representado no subespaço em questão. Após convergir, obtém-se dados que serão utilizados em uma função afim e que farão a relação entre entrada e saída do modelo. O modelo proposto calcula, a partir da entrada com dados antropométricos, os 24 dados correspondentes da caminhada do usuário. A solução é bastante útil para esse tipo de problema pois não somos capazes de capturar uma caminhada para pessoas que já não conseguem realizá-la. Com os dados obtidos, será possível trazer mais conforto e personalização

para os indivíduos que utilizarão a Ortholeg 2.0, sendo possível a partir de dados pessoais, gerar uma representação para o modelo de caminhada que irá trazer a possibilidade de locomoção para essas pessoas, tudo isso sem causar constrangimentos e desconforto.

Resultados e Discussões

A metodologia foi aplicada com o uso da ferramenta Octave que auxiliou na geração de gráficos e análises dos resultados. Foram obtidos resultados satisfatórios com testes com a geração 5, 10 e 20 clusters. Acima ou abaixo disso, notava-se um erro maior. Para os valores relacionados ao quadril, por exemplo, quando definida a quantidade de clusters igual a 5, obteve-se um erro médio de 5.9896 com desvio padrão de 3.2582. Ao aumentar para 10, o erro médio das 8 amostras selecionadas para teste, em comparação com os valores mensurados, foi de 5.076 e o desvio de 2.9256. Já para 20 e ainda referente ao quadril, obteve-se de erro médio 5.3768 com desvio de 2.3351. Ao aumentar o número de agrupamentos, observou-se que alguns ficavam vazios, sem o preenchimento de qualquer amostra, prejudicando na obtenção dos resultados finais. Já ao se manter esse número baixo, a quantidade não era suficiente para separar os dados levando em consideração as peculiaridades de cada um deles. Vale ressaltar também que os resultados melhoraram significativamente após normalizar todos os experimentos para valores de 0 a 1 e em seguida, reconstruí-los para comparação com os dados medidos. Considera-se possível obter uma melhoria dos resultados desde que haja um maior número de amostras para teste/validação nos dados, entretanto, devido ao tempo demandado a todo o trabalho desenvolvido nesse projeto, ficaria inviável tentar replicar todo o cenário de aquisição realizado nos projetos referenciados por esse trabalho.

Conclusão

Esse trabalho se mostra eficiente para o desempenho da órtese ativa Ortholeg 2.0 visto que será possível definir trajetórias para a caminhada dos indivíduos que forem utilizá-la, levando em consideração seus aspectos individuais e construindo um modelo capaz de gerar, com uma boa precisão, dados baseados em medições reais. O impacto social gerado pelo projeto está diretamente relacionado ao 3º objetivo do desenvolvimento sustentável proposto pela ONU, que é: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Além de promover o desenvolvimento acadêmico/profissional do estudante, foi possível incentivar a produção de conhecimento técnico-científico que trará consigo novos equipamentos, como é o caso da Ortholeg 2.0, capaz de proporcionar, às diversas camadas sociais, contato direto com novos aparelhos tecnológicos que visam a promoção do bem-estar.

Referências

- [1] Aaron M. Dollar and Hugh Herr. Lower extremity exoskeletons and active orthoses: Challenges and state-of-the-art. *IEEE Transactions on Robotics*, 24(1):144–158, 2008.
- [2] Nicholas Melo, Carlos Dorea, Pablo Alsina, Marcio Araujo, and Michael Gloger. Ortholeg 2.0 - projeto de uma órtese ativa transparente. *IEEE Latin America Transactions*, 15(10):1–6, 2017.
- [3] Vidal, René. Subspace clustering: Applications in motion segmentation and face clustering. *IEEE Signal Processing Magazine* 1, 52–68, 2011.
- [4] Youngmok Yun, Hyun Chul Kim, Sung Yul Shin, Junwon Lee, and Ashish D. Deshpande Changhwan Kim. Statistical method for prediction of gait kinematics with

gaussian process regression. Journal of Biomechanics, 47:186–192, 2014. [5] Mario Castelán and Gustavo Arechavaleta. Approximating the reachable space of human walking paths: a low dimensional linear approach. In 9th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pages 81–86, Paris, France, December 2009. [6] Dantas, Amanda Danielle Oliveira da Silva. Projeto de controladores com complexidade reduzida para sistemas lineares sujeitos a Restrições Usando Análise de Agrupamentos de Dados. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação. Natal, RN, 2018. [7] Melo, Nicholas de Bastos. Geração de Trajetórias Angulares Para Articulações de Uma Órtese Ativa usando Modelagem de Caminhada. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação. Natal, RN, 2017.

CÓDIGO: ET0701

AUTOR: ICARO JOSÉ DE ARAÚJO SILVA
COAUTOR: MARIA MONIQUE DE BRITO LEITE
ORIENTADOR: MAURÍCIO MHIRDAUI PERES

**TÍTULO: SINTERIZAÇÃO VIA SÓLIDA E CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL
DO COMPÓSITO DE ALUMÍNIO COM REFORÇO DE PARTÍCULAS DE WC-17CO**

Resumo

Reciclagem de latas de alumínio é um dos principais processos de reaproveitamento de materiais devido ter custo abaixo se comparado ao processo base de obtenção do alumínio. Através da metalurgia do pó é possível a fabricação de compósitos ou ligas se realizando misturas entre materiais metálicos e/ou outras classes. Adicionando-se partículas duras ao pó de alumínio via metalurgia do pó, pode-se fabricar componentes de resistência mecânica superior. Este trabalho tem como objetivo verificar a influência na dureza de amostras de alumínio reciclado das latas de bebidas contendo 0%, 1%, 2% e 3% de WC-17Co, através da metalurgia do pó, e comparar os resultados obtidos com resultados reportados por Medeiros e Leite (2018). As latinhas foram cortadas e moídas em moinho do tipo planetário e em seguida, os pós foram compactados sob uma tensão de 400 MPa e sinterizados a 550°C por 2h. Após isso, realizou-se a preparação metalográfica e análises através de Microscopia Eletrônica de Varredura com Emissão de Campo (MEV-FEG), Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), Difração de Raios-X (DRX), Fluorescência de Raios-X (FRX) e Microdureza Vickers. Analisando os resultados, foi possível se verificar um teor acima do esperado de Magnésio no produto final, identificação de fases comuns da liga do alumínio (AA3004), bem como as partículas e fases do WC-17Co. O ensaio de dureza apresentou um resultado satisfatório, tendo um aumento da dureza à medida do aumento do teor de particulados duros.

Palavras-chave: Alumínio; Carbeto de tungstênio; Metalurgia do pó; Reciclagem.

TITLE: Solid sintering and microstructural characterization of aluminum composite with WC-17Co particle reinforcement

Abstract

Recycling of aluminium cans is one of the main processes of reuse of metallic materials due to cost below if compared to the base process of obtaining the aluminum. Through powder metallurgy it is possible to manufacture composites or alloys by making mixtures between metallic materials and/or other grades. From the addition of hard particles next to the aluminum powder via powder metallurgy, it is possible to manufacture components with superior mechanical strength. This work aims to verify the influence on the hardness of recycled aluminum samples from beverage cans containing 0%, 1%, 2% and 3% of WC-17Co, through powder metallurgy, and compare the results obtained with results reported by Medeiros and Leite (2018). To obtain the powder, the cans were cut and milled in a planetary type mill. The samples were then compressed under a pressure of 400 MPa and sintered at 550°C by 2h. After this, metallographic preparation and analysis were performed through Scanning Electron Microscopy with Field Emission, Dispersive

Energy Spectroscopy, X-Ray Diffraction, X-Ray Fluorescence and Vickers Microhardness. With the analysis of the results, it was possible to verify a higher than expected content of Magnesium in the final product, possibly coming from the paint cans, identification of common phases of the aluminum alloy (AA3004) as well as the particles and phases of the WC-17Co. The hardness test was satisfactory and the hardness increased as the hard-particulate content increased.

Keywords: Aluminium; Tungsten carbide; Powder metallurgy; Recycling.

Introdução

A partir da bauxita é possível se extrair um dos metais mais utilizados na indústria mundial, o alumínio. De acordo com dados obtidos em 2019 na página da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), o Brasil é o quarto maior produtor da bauxita atrás apenas da Austrália, China e Guiné. É também o décimo primeiro maior produtor mundial de alumínio primário, precedido pela China, Rússia, Canadá, Emirados Árabes, Índia, Austrália, Noruega, Bahrein, Arábia Saudita e Islândia. Em 2018 o Brasil teve uma produção estimada em 659 mil toneladas de alumínio primário, tendo uma redução de 17,8% em comparação ao ano anterior. Ao se comparar as propriedades do alumínio com outros metais, ele se destaca por ter elevada resistência à corrosão, baixa densidade ($2,71 \text{ g/cm}^3$), baixo ponto de fusão, resistência mecânica, e alta condutividade térmica e elétrica. As indústrias automotivas, construção civil e bens de consumo, utilizam o devido tais propriedades, bem como pela abundância, baixo custo e possibilidade infinita de reciclagem. (CALLISTER, 2016); (SOUZA; PERES, 2016) Medeiros e Leite (2018) relatam que o alumínio reciclado possui uma enorme vantagem ao se comparar com a produção de alumínio primário. Isso se deve ao custo agregado da produção do alumínio a partir da reciclagem, ser apenas 5% do custo total do alumínio primário, este que possui um custo de produção elevado devido ao envolvimento de processos de eletrólise ígnea da alumina proveniente da bauxita. Além disso, a realização da reciclagem tem vantagens ambientais, comerciais e sociais. Segundo a ABAL, a produção de alumínio reciclado a partir de latas de bebidas é bastante elevada no Brasil, este que possui o topo da produção há muitos anos. Em 2018, a produção de alumínio reciclado no país foi de 97,3% de acordo com o Índice de Reciclagem das Latas de Alumínio para Bebidas. A Metalurgia do Pó é uma técnica utilizada na produção em larga escala de componentes de complexidade relativamente alta, sendo também uma alternativa para reaproveitamento do material reciclado, existindo desperdício mínimo ou nenhum de material. Chiaverini (1992) e Kiminami (2013) relatam que processamento a partir da metalurgia do pó consiste na compactação de pós metálicos de diversas granulometrias possíveis em matrizes, com o objetivo de se assumir a forma desejada ou próxima, admitindo-se uma faixa de tolerância. É um processo que não há formação de fase líquida, ou forma-se parcialmente dependendo das variáveis de fabricação, bem como não é necessário, na maioria dos casos, acabamento posterior após todas as etapas do processo. Nesse processo pode-se obter produtos com diversas propriedades e ligas, a partir de misturas dos pós durante as etapas de moagem que podem acontecer em diversos tipos de moinhos e com a utilização de diferentes frações de tamanho das partículas. Tais propriedades podem também ser controladas a partir da manutenção das variáveis de processamento como a força e tempo de aplicação de carga de compactação do pó na matriz, bem como o tempo e temperatura de sinterização. O processamento de materiais por esse método, proporciona a utilização de reforços dispersos na matriz, ou seja, utilização de partículas de dureza mais elevada (geralmente cerâmicas) que as partículas de pó metálico da matriz. O objetivo de tal mistura é obter um produto com propriedades de resistência mecânica superiores aos sem adição de particulados como reforço. (BARBOSA; MOURISCO; AMBROZIO FILHO, 2000). O objetivo geral deste

projeto é realizar o processamento e caracterização de um material compósito proveniente da mistura e moagem de pó de alumínio obtido através do corte de latinhas de refrigerante junto com particulados duros de carbeto de tungstênio/cobalto (WC-17Co) como reforço, e comparar os resultados obtidos com resultados reportados por Medeiros e Leite (2018). As variáveis das etapas do processo como moagem de alta energia, compactação e consolidação do material por sinterização são controladas.

Metodologia

Medeiros e Leite (2018), no desenvolvimento de suas pesquisas, produziram amostras e suas respectivas réplicas do material trabalhado. Como o resultado de dureza para o compositivo com 3% de WC-17Co apresentou dureza Vickers muito abaixo do esperado, o presente trabalho foi realizado a partir da análise das réplicas produzidas pelos autores citados para a confirmação ou contestação dos resultados de dureza relativos às microestruturas obtidas. A produção das amostras se deu pelo uso da liga de alumínio AA3004 (Al-Mn) proveniente do corpo de duas latinhas de bebida de mesmo tipo e fabricante, enquanto as partículas de reforço adicionadas foram obtidas a partir de pó de carbeto de tungstênio - cobalto (WC-17Co). As latas de alumínio foram previamente cortadas em pequenos pedaços quadrados com aproximadamente 2,5 mm de lado e em seguida levadas ao moinho de bolas do tipo planetário por 3h30min, em atmosfera seca, com relação (em peso) de bola/carga de 10:1, a fim de se obter um pó fino e homogêneo. Esse processamento realizou-se no Laboratório de Materiais Cerâmicos e Metais Especiais (LMCME) do Departamento de Física Teórica e Experimental – UFRN. Ao fim do processamento para obtenção do pó do alumínio, foram produzidas 4 amostras, a primeira com 0% de carbeto e outras 3 com adição do pó de WC-17Co nas frações de 1%, 2% e 3%. Com isso, cada composição foi levada ao moinho para serem processadas por 30 minutos, utilizando uma relação (em peso) de bola/carga de 5:1, com o intuito de se realizar uma mistura mecânica e homogeneização dos pós através da mistura mecânica e se ter uma boa dispersão. As amostras foram levadas ao Laboratório de Caracterização Estrutural dos Materiais (LCEM) do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAt), para se realizar caracterização através do Microscópio Eletrônico de Varredura com a finalidade de se verificar a morfologia e tamanho das partículas. Cada amostra foi compactada à frio sob tensão uniaxial de 400 MPa em prensa hidráulica equipada com uma matriz cilíndrica de diâmetro de 8 mm. Todos os equipamentos e acessórios utilizados para a compactação são de propriedade do LMCME da UFRN. Em seguida à compactação, realizou-se a sinterização das amostras em forno do tipo tubular, com atmosfera inerte de argônio, à 550°C, sob um patamar de 2h, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e resfriamento gradual dentro do forno. No Laboratório de Caracterização dos Materiais (LCM) do DEMAT foi realizada a preparação metalográfica das amostras. Para tal, se fez necessário realizar o embutimento à frio em cada amostra utilizando-se de resina acrílica. Após o embutimento, as amostras passaram pela etapa de lixamento nas granulometrias de #240, #320, #400, #600, #1200 e #2000 sucessivamente, realizando-se giro em 90º a cada mudança de lixa. As amostras foram submetidas à banho em ultrassom por 5 minutos para retirada mais efetiva de resíduos oriundos da etapa de lixamento, foram polidas com pasta de diamante 1,0 µm e atacadas quimicamente por 7 segundos em condições normais de temperatura e pressão, com o reativo Tucker, que é uma solução que contém 15 ml de HNO₃, 45 ml de HCl, 25 ml H₂O e 15 ml de HF (48%). Após toda a preparação metalográfica, foi possível realizar as caracterizações através de Microscopia Eletrônica de Varredura com Emissão de Campo (MEV-FEG), Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), Difração de Raios-X (DRX) e Fluorescência de Raios-X (FRX) no Laboratório de Caracterização Estrutural de

Materiais (LCEM). A análise de DRX se deu antes da realização do embutimento, pois a resina poderia afetar o resultado. O ensaio de Microdureza Vickers foi realizado no Laboratório de Metais e Ensaios Mecânicos (LABMEM) da UFRN, utilizando-se um microdurômetro de bancada equipado com um penetrador piramidal de diamante e foi realizado aplicando-se carga de 300g, durante 15 segundos, em 13 pontos distribuídos na superfície de cada amostra como a Figura 1 ilustra.

Resultados e Discussões

O material trabalhado em pó e sinterizado foi analisado com a finalidade de se conhecer melhor sobre suas características físicas e químicas. Em seguida serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises realizadas e uma discussão relacionada a cada uma delas com o intuito de verificar se o objetivo deste trabalho foi atingido. Souza e Peres (2016) desenvolveram um trabalho utilizando latas de bebidas fabricadas em alumínio, cortadas em pequenos pedaços quadrados (2,5 mm x 2,5 mm). Para a realização do trabalho atual, as latas foram cortadas com a mesma geometria. A Figura 2 apresenta o material após o corte. As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, os pós de alumínio e WC-17Co obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura durante o desenvolvimento das pesquisas de Medeiros e Leite (2018), visto que as análises realizadas no trabalho atual foram feitas em réplicas das amostras após a sinterização. Ao se analisar as imagens de microscopia, verificou-se que o pó do alumínio apresentou uma morfologia escamosa e irregular, com diferentes tamanhos de partículas. O pó de WC-17Co apresenta partículas de morfologia predominantemente esférica com variados tamanhos. A obtenção dos pós, morfologia e tamanho das partículas é função direta do seu processamento. O pó de alumínio foi reduzido no moinho a partir da existência dos mecanismos de cisalhamento, esmagamento, trincamento das partículas e posterior fratura. E ainda por ser um material dúctil, também sofre esmagamento. Partículas esferoidizadas (como as partículas de WC-17Co) são geralmente produzidas por processos químicos ou via atomização. Para se obter um pó mais homogêneo e de menor tamanho (aumento de área superficial e consequente melhoria na densificação), seria preciso maior tempo de cominuição e/ou utilização de outros tipos de moinhos. (IKEGAMI, 2000) As amostras foram analisadas por Fluorescência de Raios-X para se identificar as composições químicas e coerência nos teores de carbeto adicionados em cada. A Tabela 1 apresenta um comparativo entre a composição química das amostras trabalhadas e a esperada da liga AA3004, de acordo com a ASM International (1990). Ao verificar os resultados, é possível se obter algumas conclusões: a presença do W na amostra de 0% WC-17Co é possivelmente ocasionado pelo destacamento e liberação de fragmentos das paredes internas da câmara do moinho (compostas por WC) utilizado durante o processo de moagem. O teor de Mg acima do esperado pode ser devido a não retirada das tintas e vernizes da latinha de bebida antes do corte, resultando assim em uma contaminação das composições. Para as amostras seguintes houve o aumento progressivo dos teores de Tungstênio e o Cobalto, referentes à adição intencional do pó de WC-17Co. As amostras foram posteriormente analisadas por DRX para se verificar fases e suas respectivas estruturas. A Figura 5 apresenta o resultado obtido nas análises realizadas. Através da comparação dos difratogramas obtidos com a literatura, foi possível se identificar as estruturas comuns às ligas de alumínio da série 3xxx. O primeiro difratograma representa a amostra de alumínio que não teve a adição de carbeto. Através de análises foi possível se identificar os picos comuns à liga: a presença das fases α-Alumínio (estrutura CFC), intermetálico formado por Al₆Mn, a fase Al₃Mg, a fase ternária e isomórfica Al₆(Fe, Mn) e a fase precipitada Al₁₂(Fe, Mn)₃Si. A presença dessas fases é facilitada pela existência dos elementos em teores significativos e/ou suficientes para a formação delas, bem como os processos de

produção da liga. (ASM INTERNATIONAL, 1992) Verificou-se a presença dos picos característicos do carbeto de tungstênio nas amostras em que há a adição deste, bem como o aumento na intensidade desses picos à medida em que se aumenta a porcentagem nas amostras. A presença e aumento no teor de carbetas também é verificada nas imagens obtidas por MEV. A Figura 6 apresenta as amostras com a representação indicativa de carbetas em meio à matriz de alumínio. É possível se verificar uma maior densidade de carbetas particulados a partir do aumento do teor do mesmo. Após o ataque químico utilizado, através de microscopia ótica é possível se verificar a microestrutura comum do alumínio apresentando grãos de α -alumínio, bem como precipitados das fases Al₆Fe e Al₆Mn. A Figura 7 apresenta a microestrutura do material trabalhado. O sistema Al-Mn, dependendo do teor Mg na composição, favorece a formação das fases intermetálicas Al₆(Mn, Fe) devido a afinidade do Magnésio com o Silício para a formação da fase Mg₂Si. Através de micrografias obtidas por MEV-FEG com o detector de elétrons retroespelhados em altos ângulos (BSE), é possível se verificar melhor a existência das fases. A partir da análise da imagem obtida, constatou-se a presença dos elementos através de análise de mapeamento de área via detector de raios-x característicos (EDS). As Figuras 8 e 9 ilustram tais informações. Realizaram-se análises via MEV-FEG através de detectores de elétrons secundários (SE) de câmara e InLens para se verificar as estruturas das fases presentes na liga de alumínio, bem como os particulados de WC-17Co. A Figura 9 apresenta uma fotomicrografia dessas estruturas na amostra contendo 1% de carbeto. Na Figura 9 ainda pode-se identificar uma região demarcada como “interface”, que é a região demarcada como interface entre as partículas de alumínio, com estruturas compostionais e/ou precipitados de fases intermetálicas. Esta região possui uma morfologia mais indefinida devido a energia de ligação interfacial ser menor e consequentemente ser mais susceptível ao reagente químico utilizado para o ataque. Através da realização de análises de EDS na região, foi possível se comprovar a existência dos elementos e algumas das fases possíveis para a liga já apresentadas nos tópicos anteriores pelo DRX. Analisando a Figura 10 e Figura 11 é possível se notar a existência das fases precipitadas compostos pelos elementos em destaque, a fase ternária e isomórfica Al₆(Fe, Mn), fase precipitada Al₁₂(Fe, Mn)₃Si, bem como a possível existência da fase Mg₂Si em destaque pelo alto teor de silício em um precipitado e a sua afinidade com o Mg observada pela literatura. Em análises de EDS dessa mesma amostra, foi possível se constatar a presença dos particulados de WC-17Co e seus aspectos. A Figura 12 apresenta os resultados obtidos em tais análises. Realizou-se um aumento de 1000x sobre a região para se realizar EDS de mapeamento para se verificar a distribuição das fases presentes tomando como base também os elementos identificados em análises anteriores. A Figura 12 (a, b e c) apresenta tal resultado. Durante a realização de análises na amostra contendo 3% de WC-17Co, foi realizado EDS de mapeamento sobre uma partícula de carbeto para verificar a disposição de cada componente. A Figura 13 apresenta o EDS dessa região. Verificou-se a partir da análise dos resultados apresentados na Figura 13 que o pico do alumínio foi elevado. Assim para se verificar a disposição dos componentes, realizou-se análise de EDS de mapeamento, apresentado na Figura 14. Avaliando a Figura 14a e Figura 14b é possível se constatar que durante o processo de cominuição, houve fratura e redução de partículas do carbeto trabalhado, visto que a matriz de alumínio está presente em meio aos fragmentos de partícula de WC-17Co. Este resultado é bastante satisfatório, pois mostra que apenas 30 minutos de moagem do pó compósito (pó de Al com pó de WC-17Co) já foi suficiente para dar início à fragmentação das partículas de reforço e geração de um pó compósito proveniente da mistura mecânica durante esse processo. Realizou-se em seguida, o ensaio de Microdureza Vickers nas 4 amostras sinterizadas para se verificar a influência da adição dos particulados de WC-17Co ao alumínio. A Figura 15 apresenta um gráfico ilustrando o resultado do ensaio realizado. Avaliando-se a Figura 15 é possível notar o crescimento linear da média de

dureza das amostras à medida em que se aumenta o teor de WC-17Co, haja visto que a dureza deste material de reforço é maior, tendendo a aumentar tal propriedade no compósito. É importante observar também que a faixa de dispersão de dureza das amostras é crescente à medida em que se aumenta o teor de partículas de WC-17Co. O aumento na dispersão pode ser pela possível influência dos particulados duros e dos parâmetros de processamento adotados no trabalho, proporcionando a formação de poros e microestrutura heterogênea. Contrastando os resultados de dureza obtidos com os resultados de Medeiros e Leite (2018), verifica-se que, nesse caso, uma nova análise de microdureza Vickers, realizadas agora nas réplicas das amostras sinterizadas, mostra valores coerentes do aumento de dureza com o aumento do teor de partículas de reforço até 3% em peso, fato que não ocorreu no resultado de Medeiros e Leite (2018), no qual o material com 3% de partículas de reforço apresentou uma queda de dureza. Conforme discutido por Medeiros e Leite (2018), um dos motivos que pode justificar essa queda inesperada pode ter sido a falta de reproduzibilidade dos ensaios, sendo que nesse caso poderiam estar analisando uma amostra com defeito de compactação ou sinterização, ou mesmo uma região do compactado que estivesse com maior nível de porosidade. Assim, o resultado obtido no presente trabalho confirma a importância de se realizar uma análise de reproduzibilidade de um trabalho científico, ou para comprovar os resultados obtidos ou para complementá-los, satisfazendo a busca pelo desenvolvimento científico e tecnológico.

Conclusão

A adição e o aumento na quantidade de particulados de elevada dureza, neste caso o WC-17Co, promoveu um aumento na propriedade de dureza do material compósito de matriz de alumínio reprocessado, conforme o esperado, em contraste com os resultados obtidos por Medeiros e Leite (2018). A existência das fases comuns à liga utilizada foi verificada durante as análises, bem como a existência de alguns elementos em teores superiores ao da liga. Sugestões para trabalhos futuros:

- Sugere-se a utilização de equipamentos e aparelhos que possuam baixa ou nula probabilidade de contaminação do material trabalhado; retirada das camadas de tintas e/ou outros produtos (vernizes) aplicados à superfície das latinhas para se ter resultados de análise química mais satisfatórios;
- Alteração nos parâmetros de moagem (ajuste do tempo de moagem, por exemplo) com a finalidade de se obter particulados de alumínio e reforço com área superficial e morfologias satisfatórias, melhorando assim a compactação, reduzindo a existência de poros, bem como se obter uma melhor dispersão do reforço na matriz;
- Realizar moagens e sinterizações com teores de 4 e 5 % em peso das partículas de WC-17Co e caracterizar microestruturalmente e sua dureza.

Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, ABAL. Alumínio e suas ligas. Disponível em <<http://abal.org.br>>. Acesso em: 06 jun. 2019. [2] SOUZA, J. R. P.; PERES, M. M. Análise microestrutural de pó de alumínio sinterizado obtido pela moagem de alta energia de latas de bebidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22., 2016, Natal. Anais. Natal, RN. 2016. p. 4811 - 4819. [3] CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 9^a ed., Rio de Janeiro: LTC, 2016. [4] MEDEIROS, R. B. D.; LEITE, M. M. B. Extrusão de pó compósito proveniente de alumínio de latinhas de bebidas recicladas com adição de reforço de partículas de carbeto de tungstênio/cobalto (WC-Co 83-17). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFRN, 29., 2018, Natal, RN. Anais.... p. 1497 -

1498. Disponível em: <<http://www.cic.propesq.ufrn.br/trabalhos.php>>. Acesso em: 10 jun. 2019. [5] CHIAVERINI, Vicente. Metalurgia do pó: Técnica e produtos. 3. ed. São Paulo: Édile Serviços Gráficos e Editora Ltda, 1992. [6] KIMINAMI, Claudio Shyinti; CASTRO, Walman Benício de; OLIVEIRA, Marcelo Falcão de. Introdução aos processos de fabricação de Produtos metálicos. São Paulo: Blucher, 2013. [7] BARBOSA, L. P.; MOURISCO, A. J.; AMBROZIO FILHO, F. Microestrutura de compósitos alumínio carbeto de silício obtidos por moagem de alta energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 14., 2000, São Pedro - Sp. Anais. 2000. p. 19301 - 19309. [8] IKEGAMI, R. A. Conformação de Pó de Aço Inoxidável Através do Processo de Injeção à Baixa Pressão. São Carlos. 88p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000. [9] ASM INTERNATIONAL (United States). Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. ASM Handbook, v2, United States, 1990. [10] ASM INTERNATIONAL. Metallography and Microstructures. ASM Handbook v9. United States, 1992. [11] V.M, Bristot et al. Estudo para utilização de prensagem uniaxial de ação simples para compactação de corpos moedores utilizada na indústria de placas de revestimentos cerâmicos. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, Madrid, v. 18, n. 1, p.47-55, abr. 2014. Semestral.

Anexos

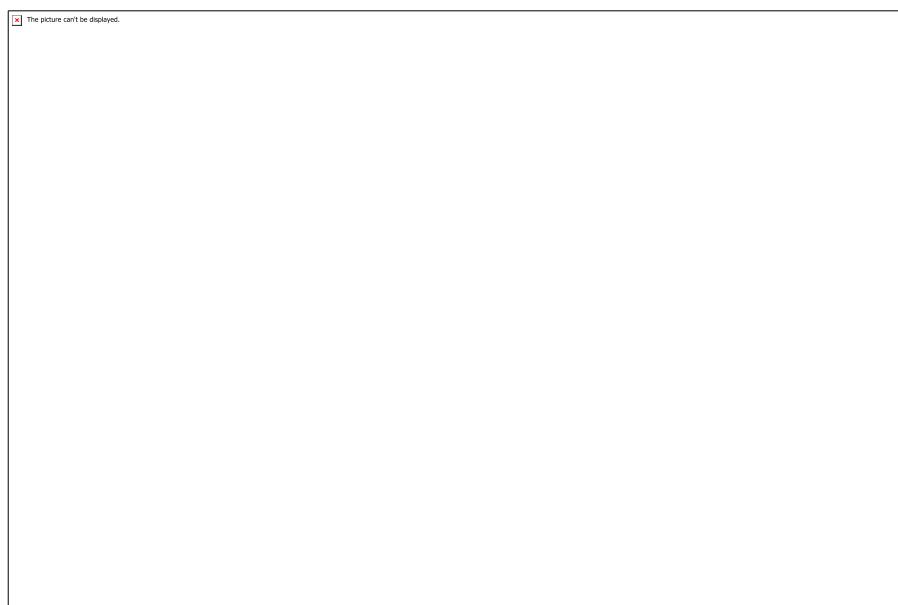


Figura 1 - Quantidade e localização de pontos de microdureza analisados.

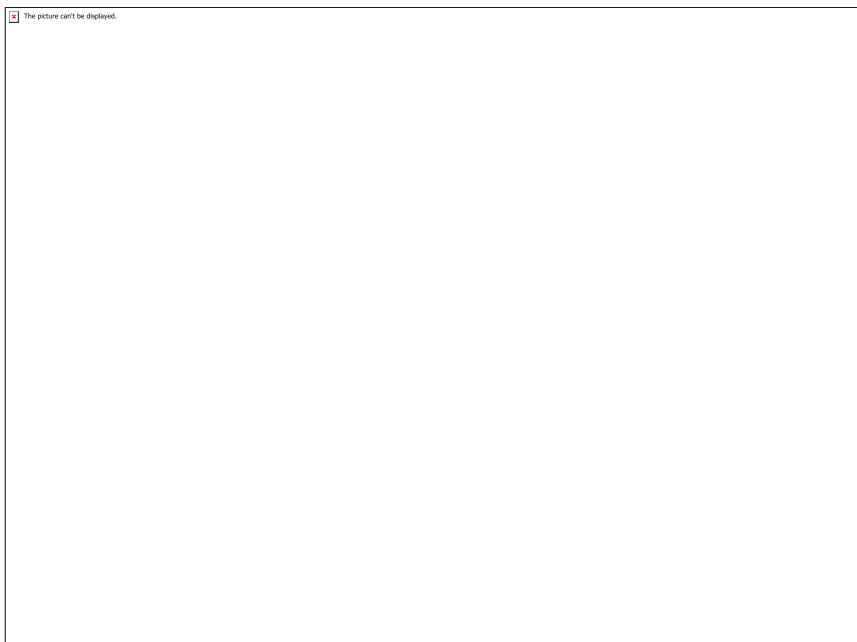


Figura 2 - Alumínio após o corte. Fonte: SOUZA E PERES, 2016.

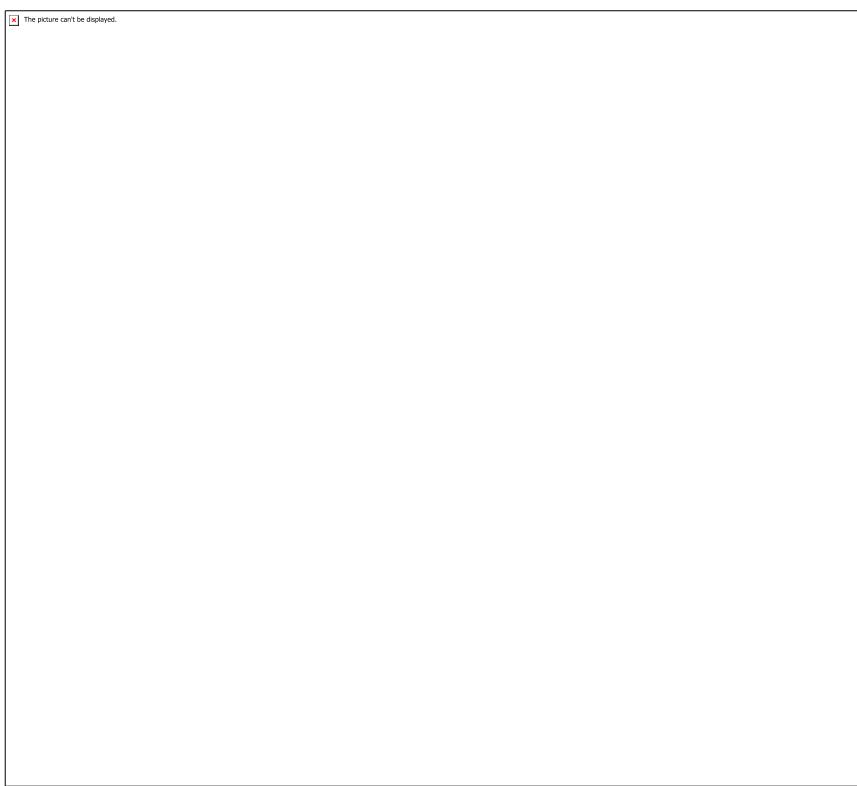


Figura 3 - Morfologia do alumínio em pó após 3h30min de moagem. Fonte: MEDEIROS E LEITE, 2018.

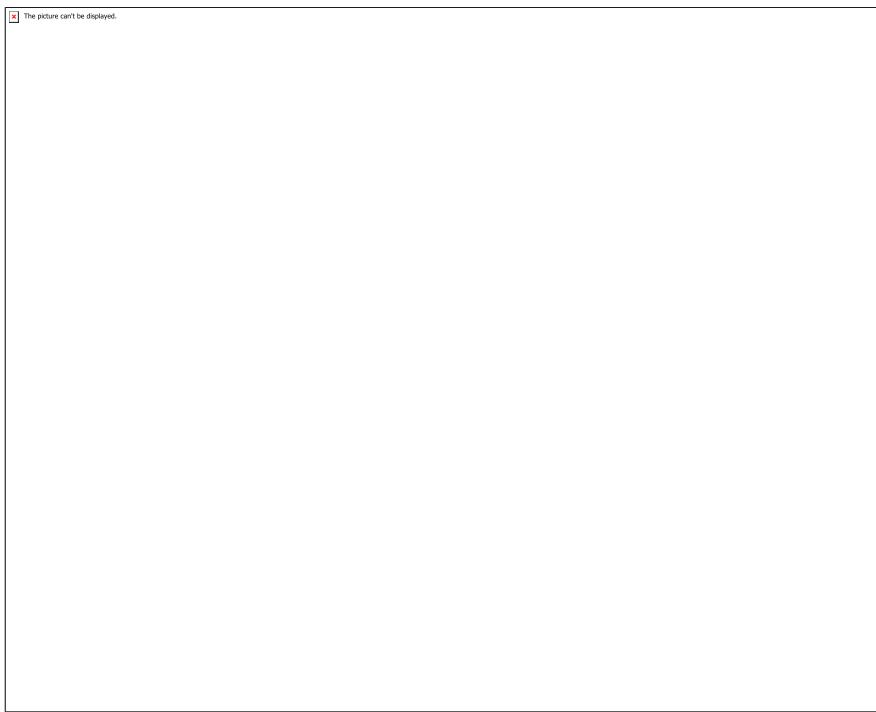


Figura 4 - Morfologia do pó do carbeto de tungstênio-cobalto (WC-17Co). Fonte: MEDEIROS E LEITE, 2018.

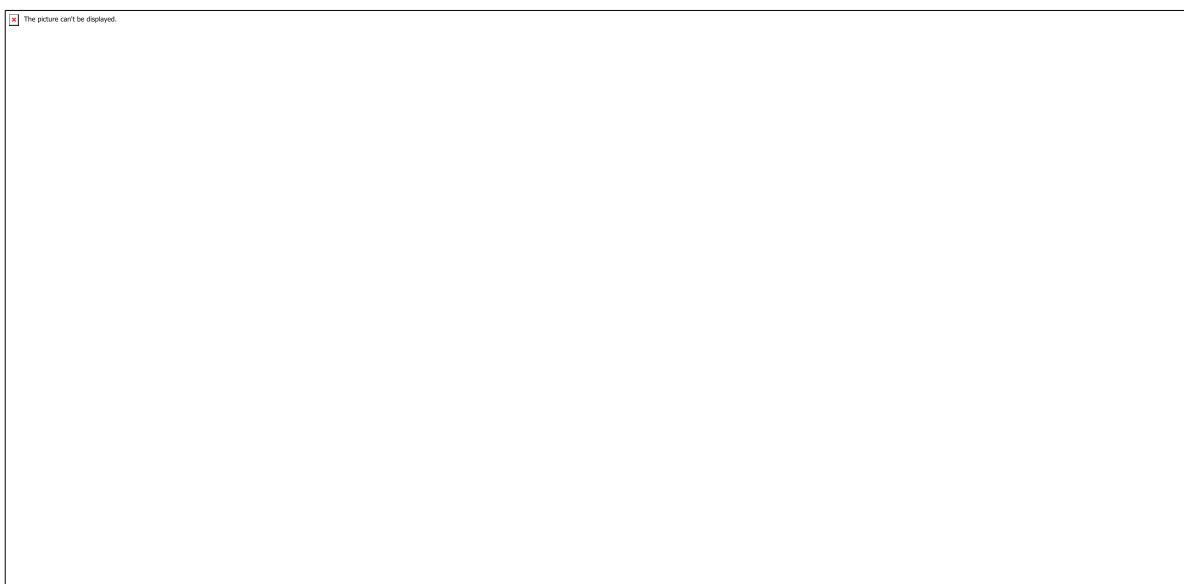


Tabela 1 - Comparativo da composição química das amostras trabalhadas com a esperada da liga AA3004. Fonte: ASM International (1992).

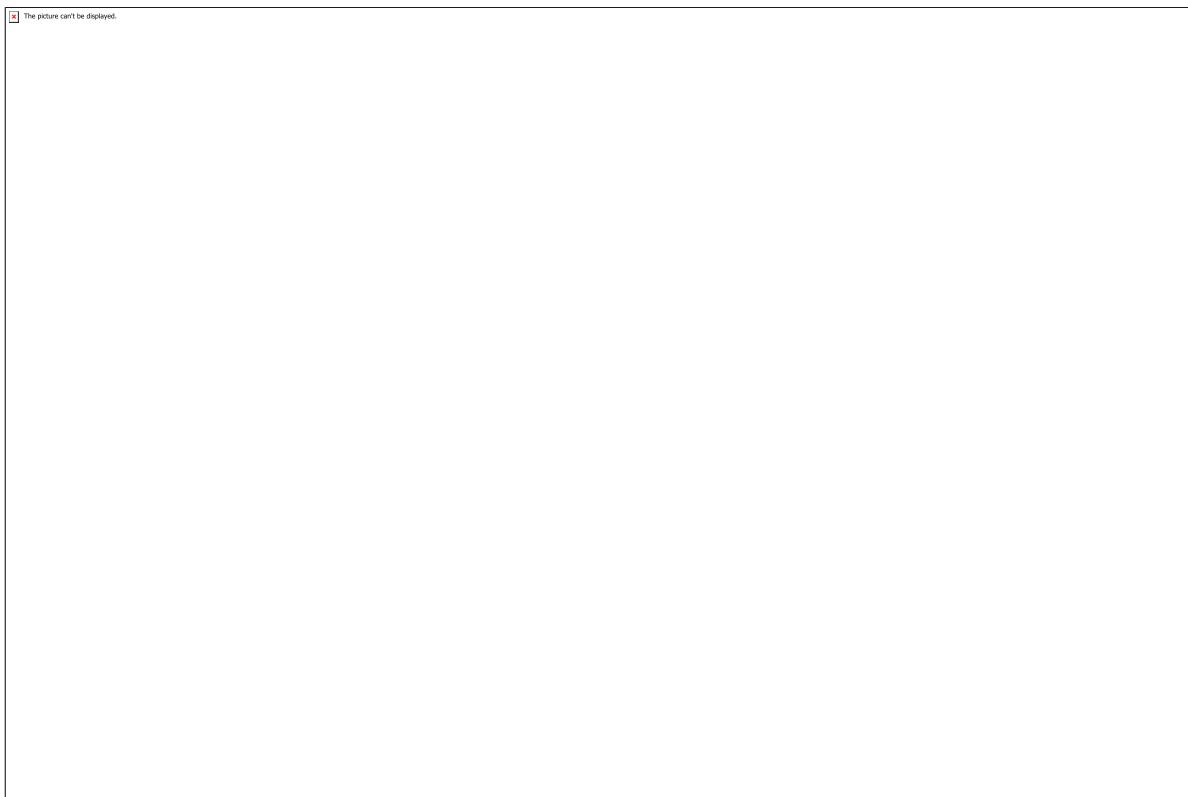


Figura 5 - Difratograma de Raios-X das amostras sinterizadas.

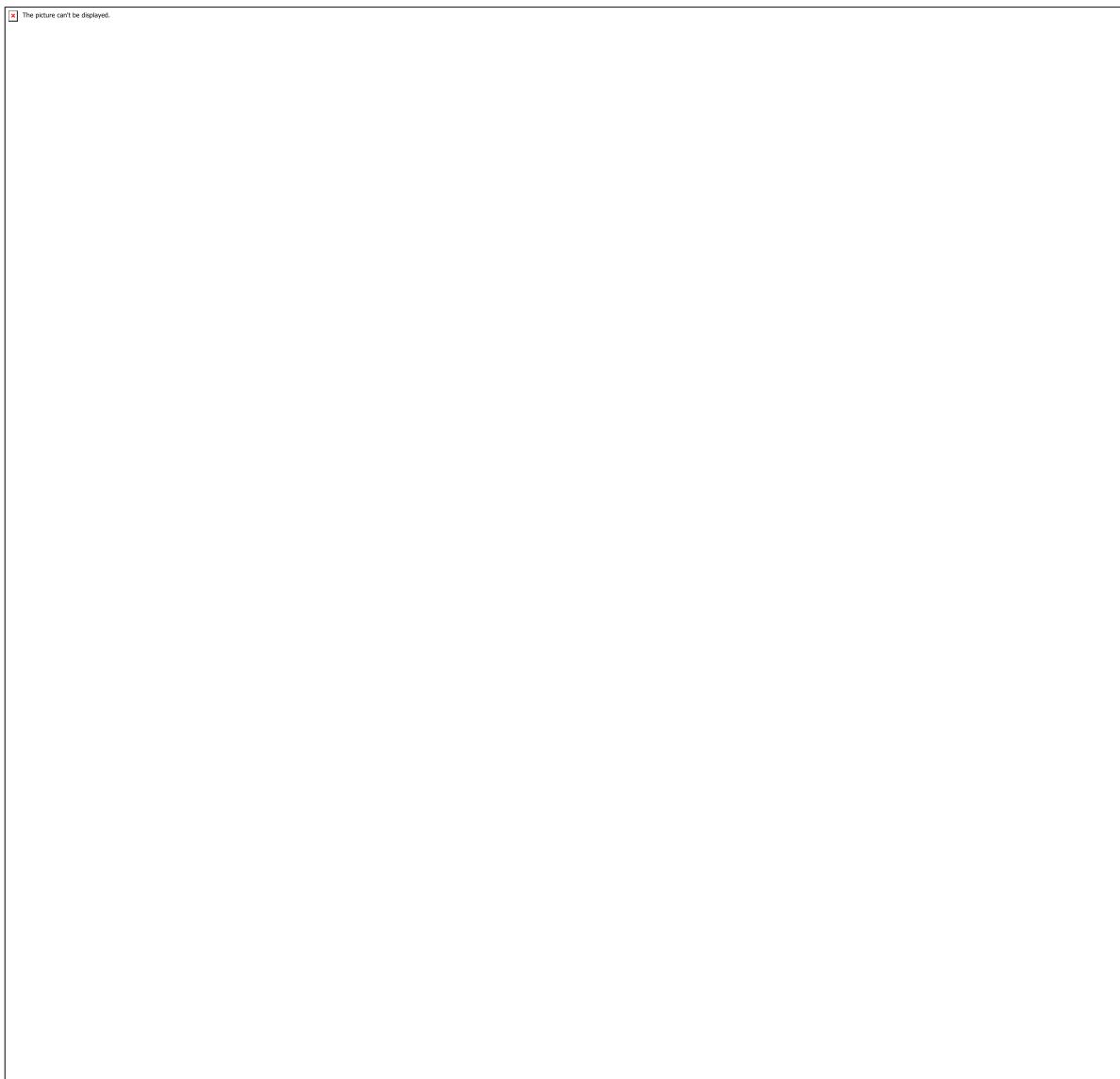


Figura 6 – Aspecto microestrutural das amostras verificadas por MEV.

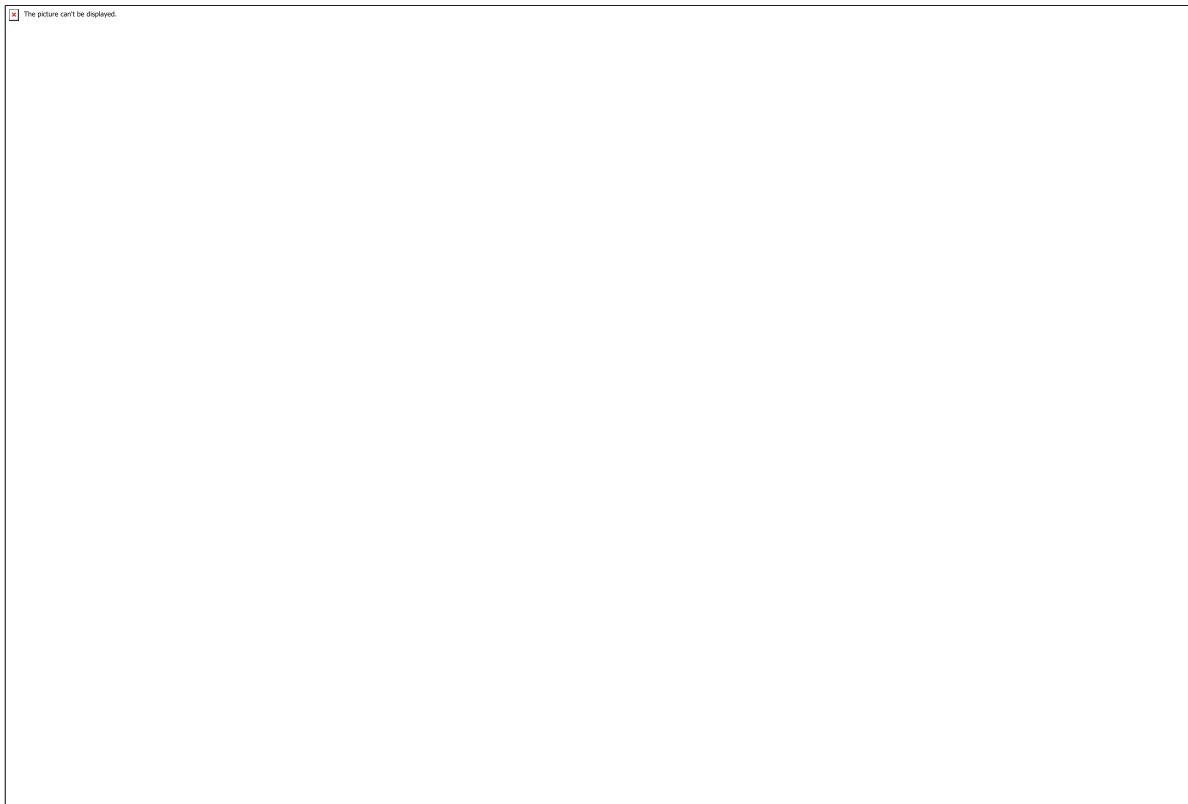


Figura 7 – Aspecto microestrutural de uma partícula de alumínio sinterizado na amostra de 0% WC-17Co, imagem obtida via microscopia ótica.

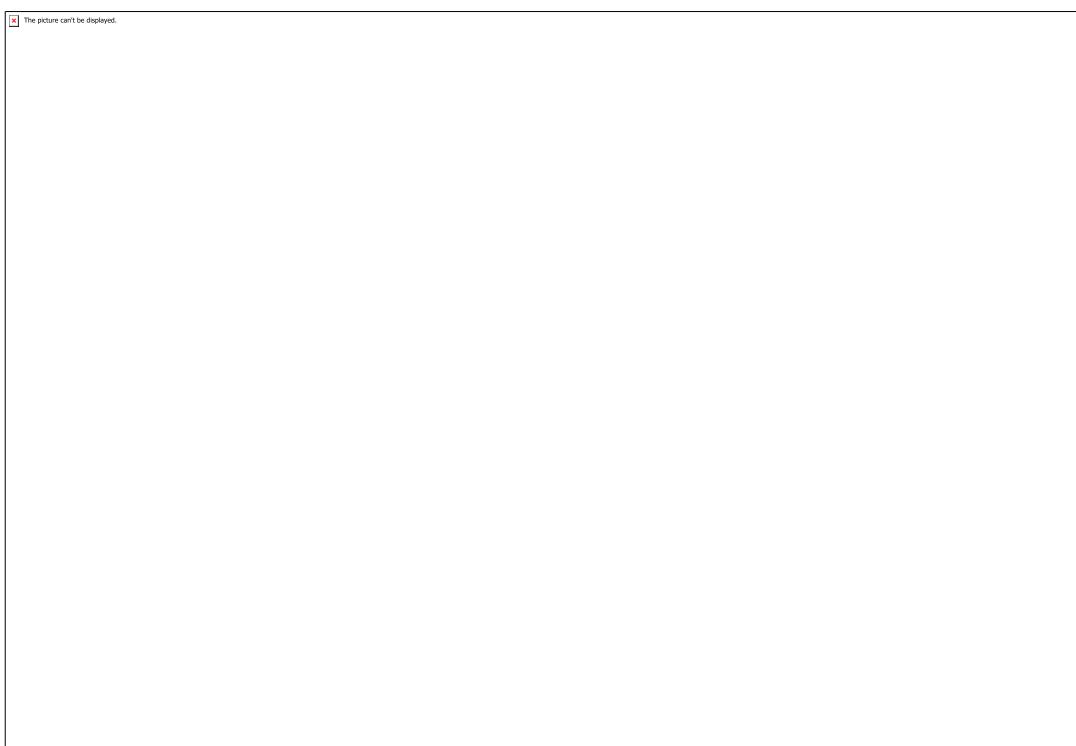


Figura 8 – Imagem microestrutural da amostra de 0% WC-17Co obtida através MEV-BSE.

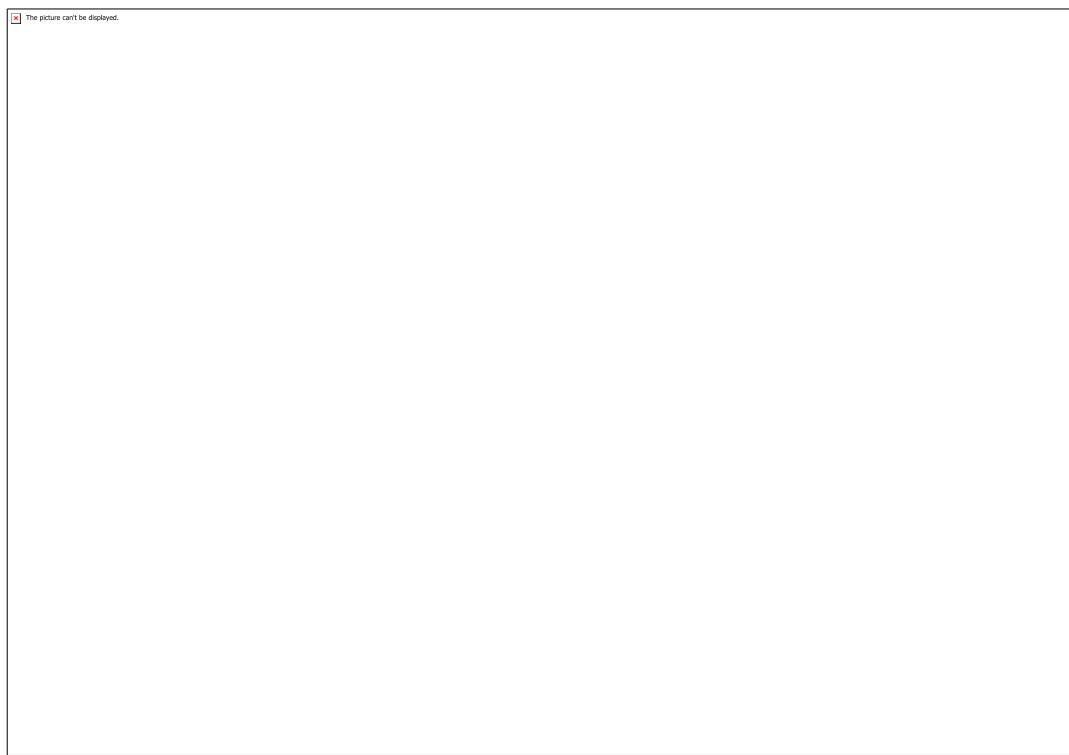


Figura 9 – Fotomicrografia da amostra de 1% WC-17Co obtida através MEV-FEG InLens.

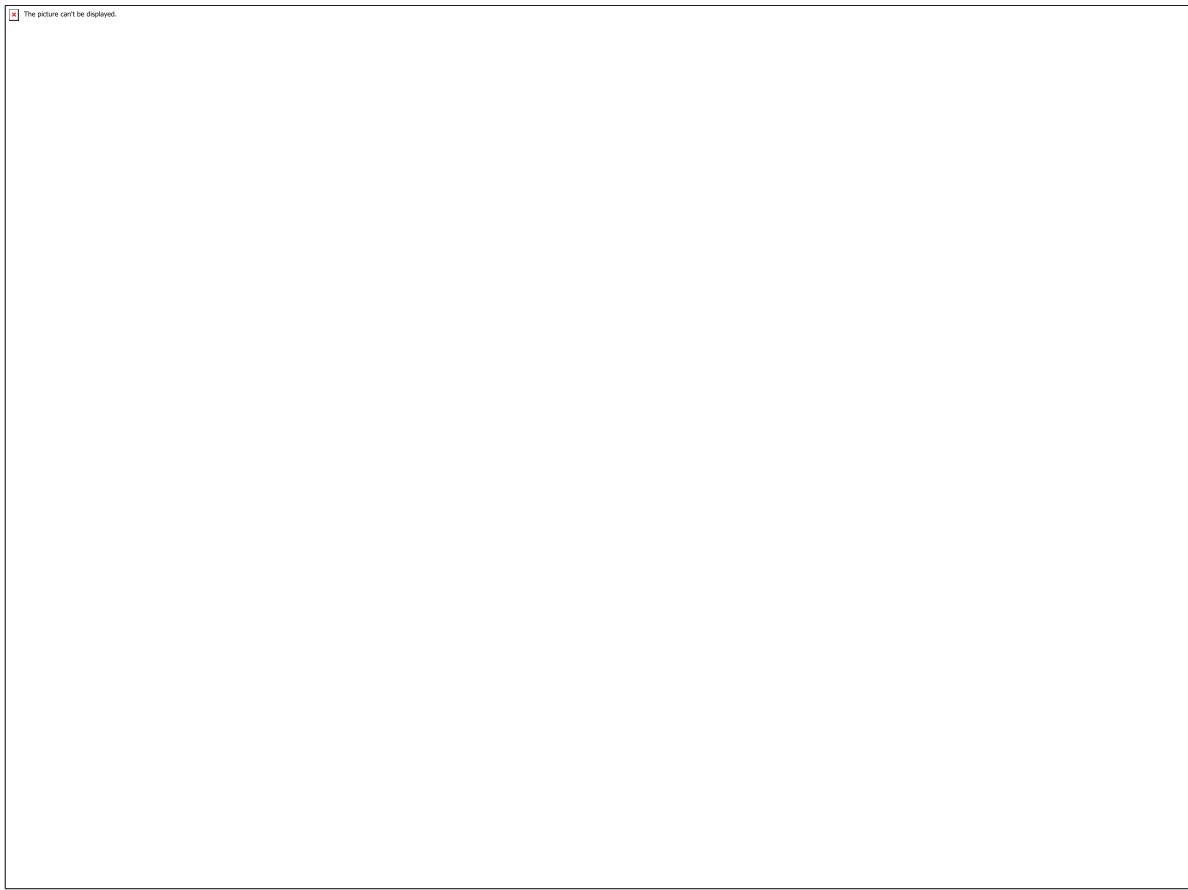


Figura 10 – EDS pontual sobre fase precipitada da amostra de 1% WC-17Co obtida através MEV-FEG ESB.

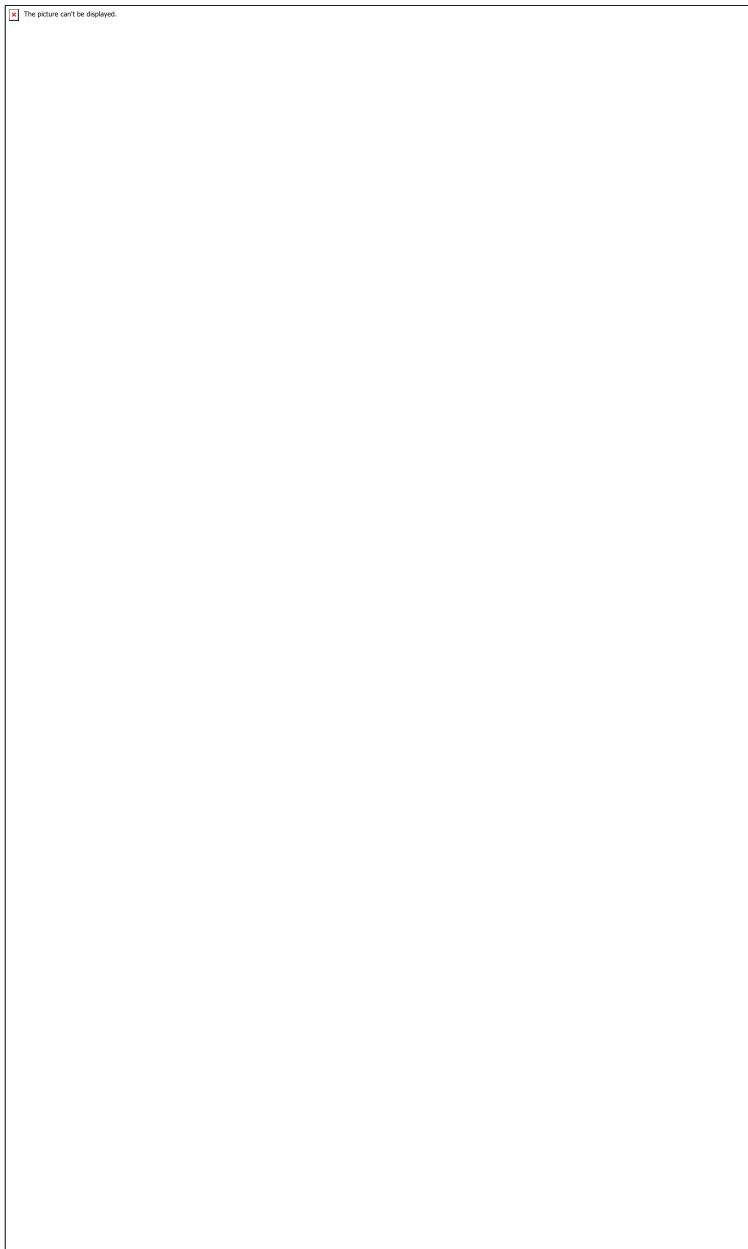


Figura 11 – EDS de mapeamento na região analisada na Figura 10.

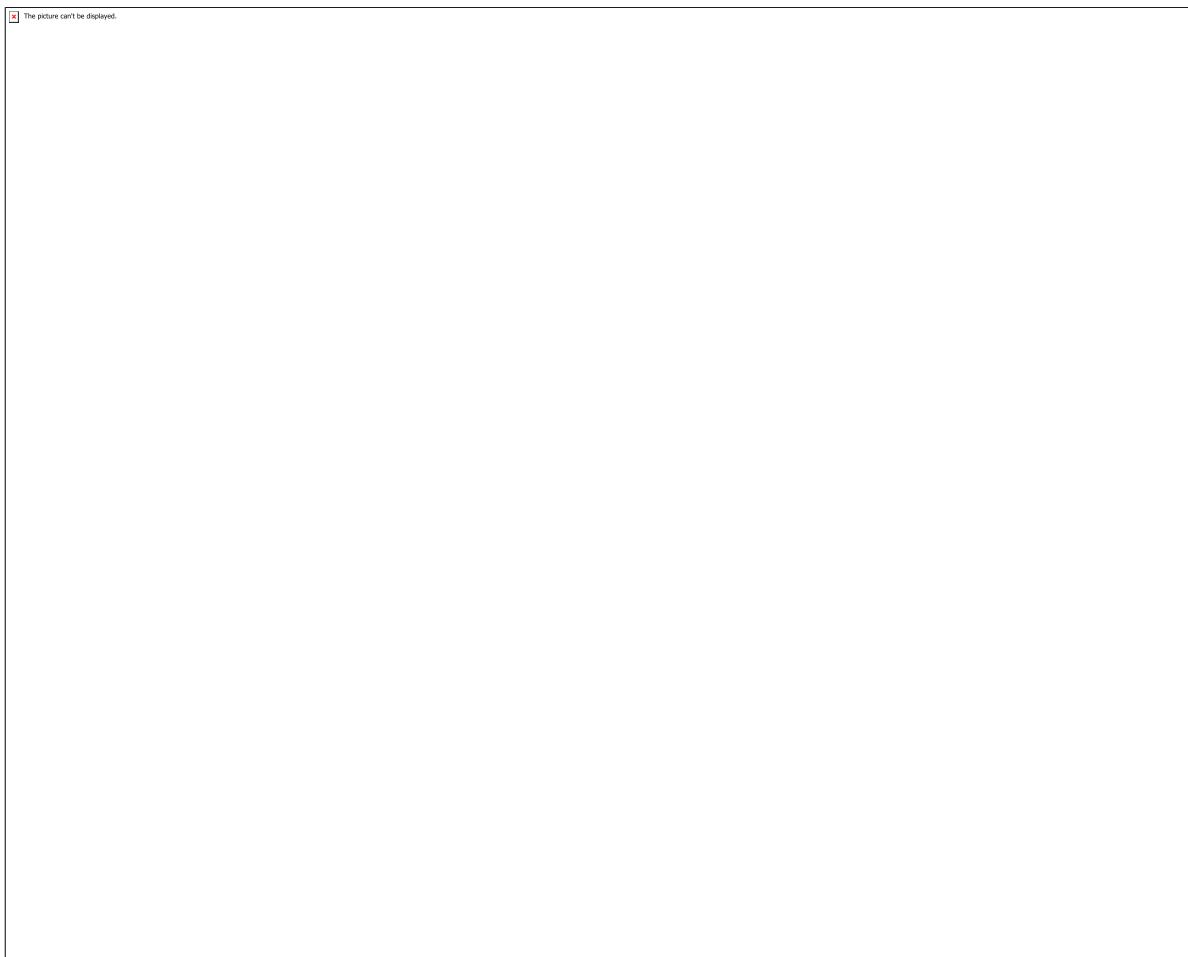


Figura 11 – EDS pontual sobre um particulado observado na região analisada na Figura 9.

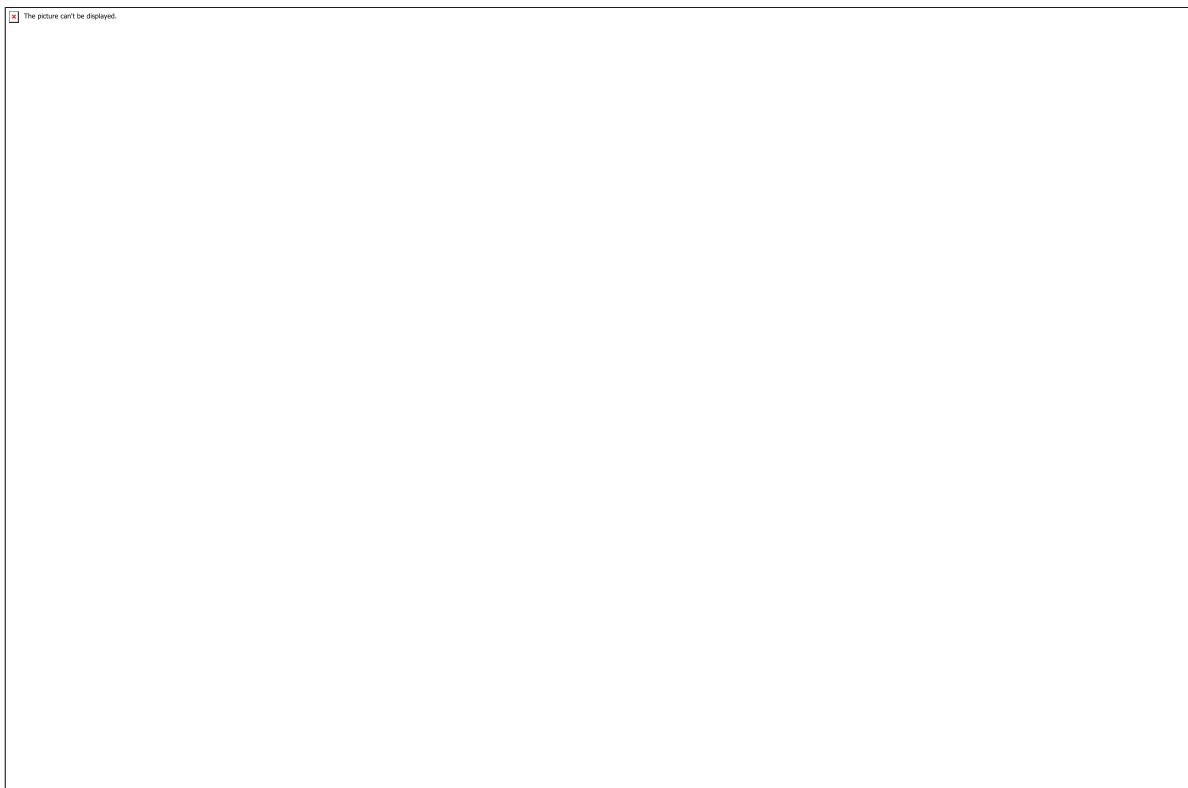


Figura 12 – EDS de mapeamento na região de vários precipitados e partícula de carbeto.

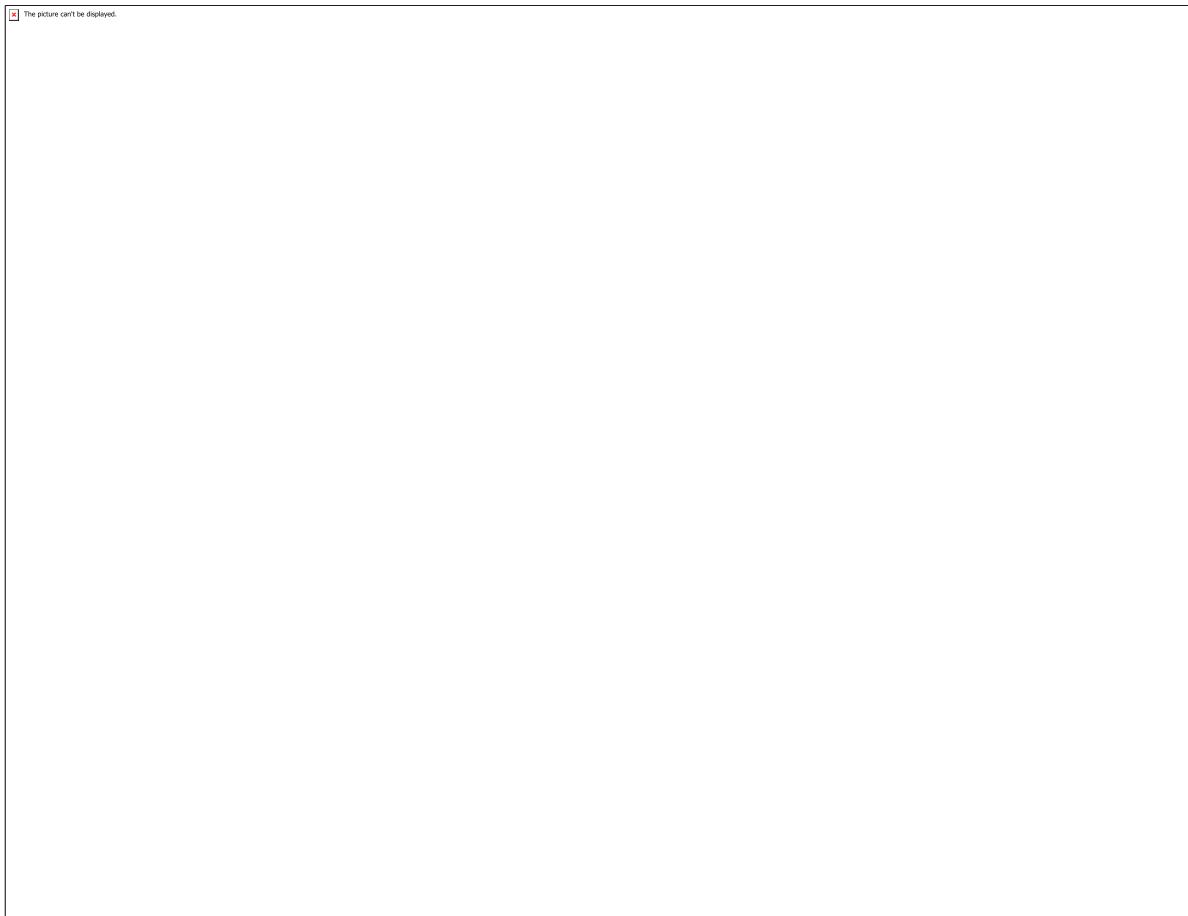


Figura 12b – EDS de mapeamento na região de vários precipitados e partícula de carbeto.

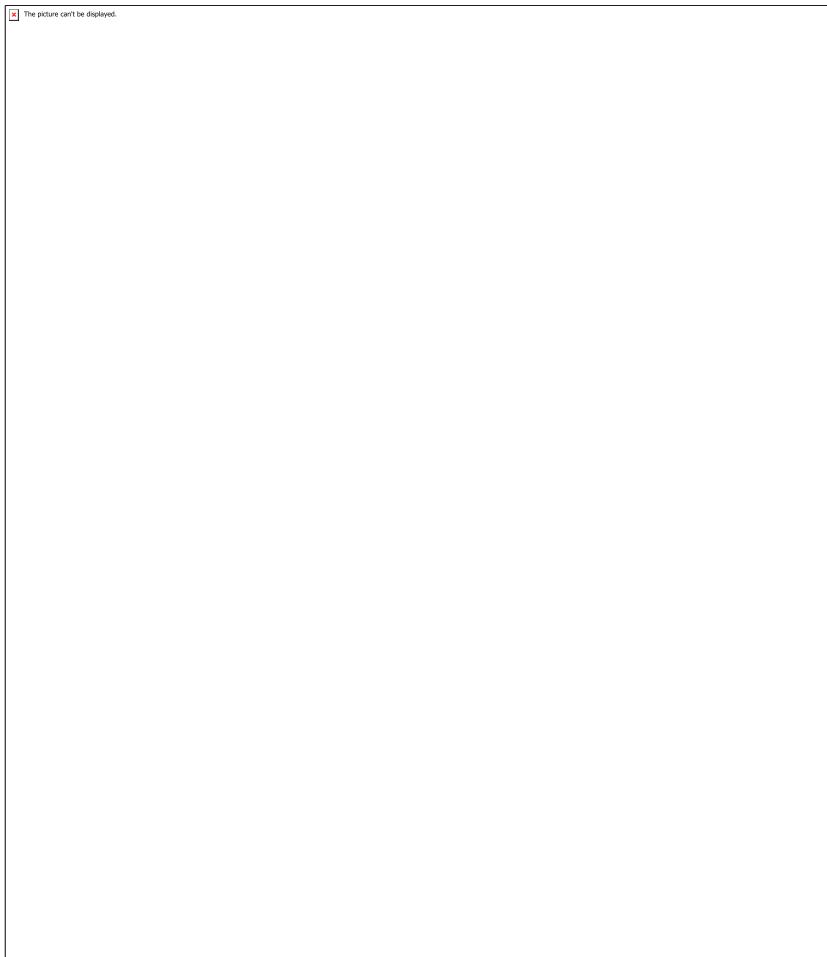


Figura 12c – EDS de mapeamento na região de vários precipitados e partícula de carbeto.

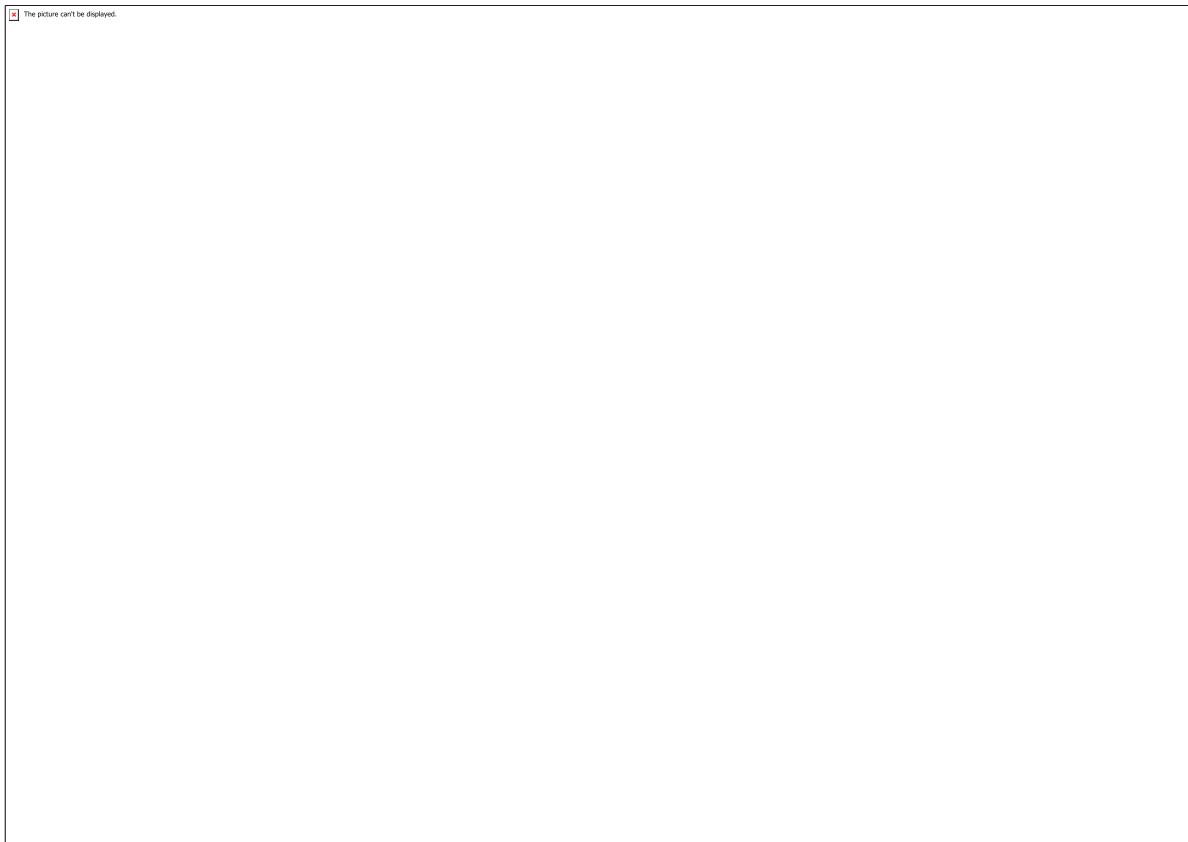


Figura 13 – EDS de mapeamento quantitativo sobre partícula de carbeto na amostra contendo 3% de WC-17Co.

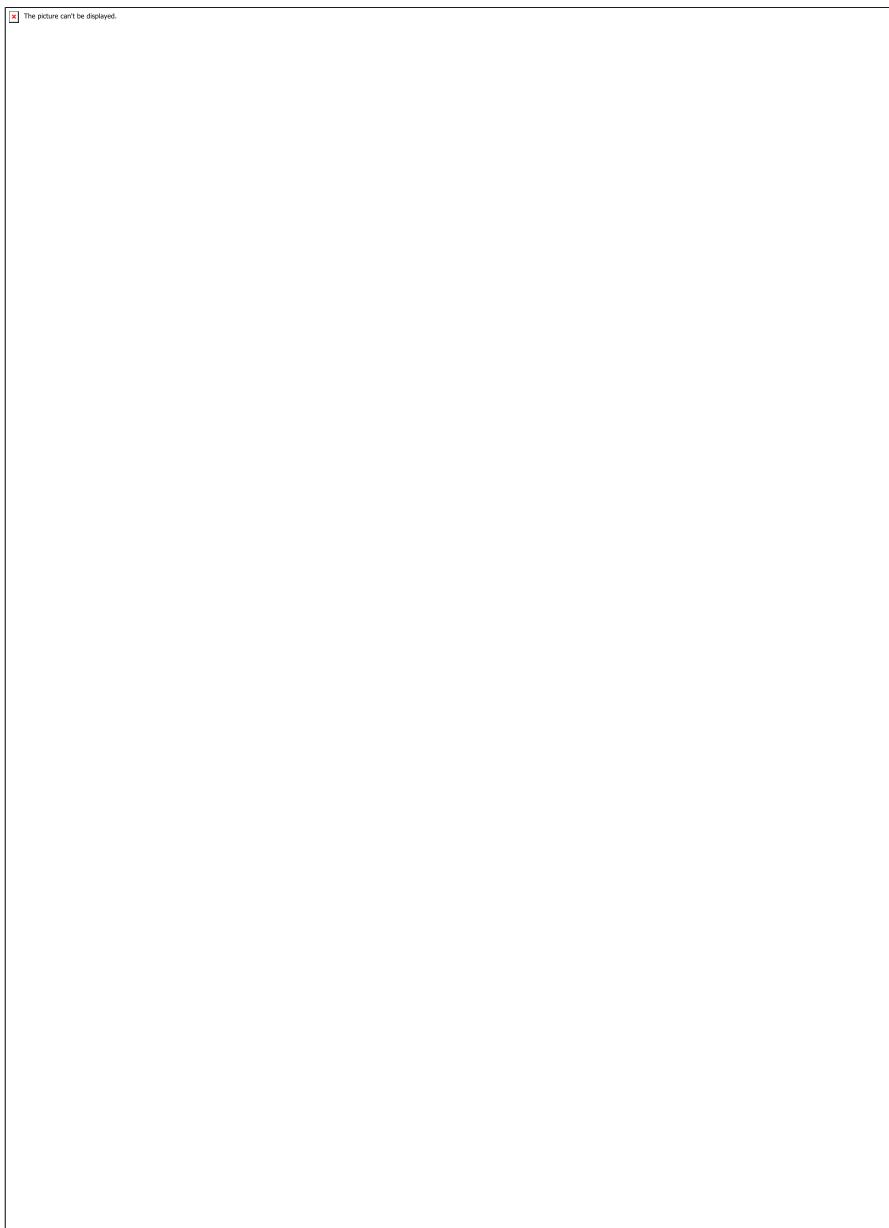


Figura 14 – EDS de mapeamento sobre região de particulado de carbeto na amostra contendo 3% de WC-17Co.

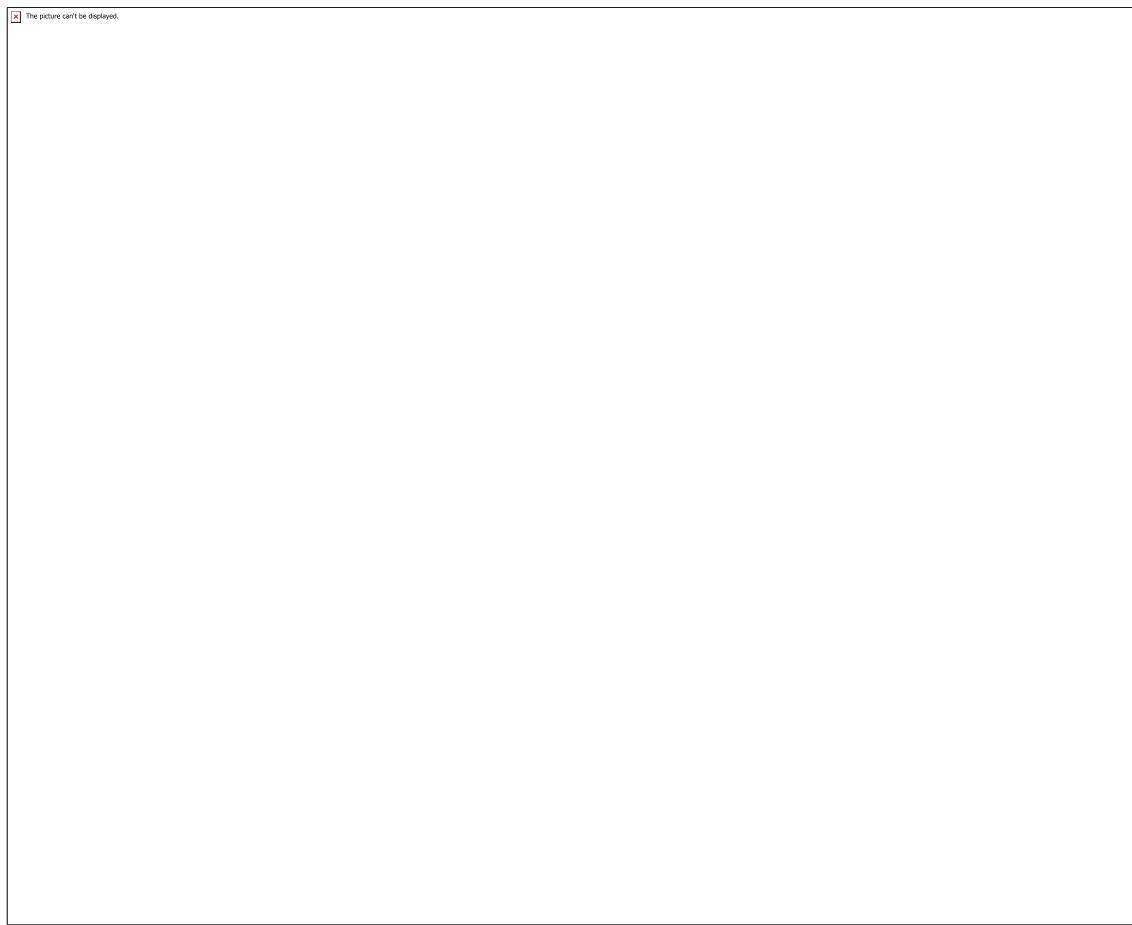


Figura 15 – Microdureza Vickers das amostras trabalhadas.

CÓDIGO: ET0707

AUTOR: CAIO LINS MACHADO

ORIENTADOR: MARCIO VALERIO DE ARAUJO

TÍTULO: Aprimoramento da órtese robótica Ortholeg 2.0 utilizando ferramentas CAD/CAM.

Resumo

Esse projeto trata do aprimoramento de uma órtese robótica ativa para membros inferiores de nome "Ortholeg 2.0", desenvolvida pelo Grupo de Robótica e Sistemas Dedicados do Departamento de Computação (DCA/UFRN), utilizando ferramentas CAD/CAM. A estrutura em si consiste de um dispositivo ortopédico que tem como principal objetivo o de proporcionar a capacidade de caminhar para pessoas que tiveram perda total ou parcial dos movimentos dos membros inferiores.

A ortholeg 2.0 foi construída para simular movimentos básicos do corpo produzidos pelos membros inferiores, como: caminhar, sentar, levantar, subir e descer degraus. Essa última versão da ortholeg, possui uma massa total de aproximadamente 15 Kg; sendo a órtese constituída basicamente de tubos de alumínio, calhas de fibra de carbono e parafusos para a fixação das diversas peças. Suas articulações são acionadas por motores CC, equipados com caixa de redução, para que seja atingidas forças de torque suficientes para a movimentação da órtese com o usuário, e reduzir a velocidade de rotação do motor.

Para essa nova versão foram utilizados materiais mais leves e resistentes, como fibra de carbono e ligas especiais de alumínio. O perfil tubular dessa nova estrutura aliada às presilhas deslizantes tornou essa nova versão da ortholeg ajustável a qualquer usuário dentro de uma faixa mínima e máxima de estatura, o que antes podia ser feito apenas com algumas medidas inteiras pré-estabelecidas.

Palavras-chave: Ortholeg 2.0, órtese robótica ativa, CAD/CAM

TITLE: Enhancement of Ortholeg 2.0 robotic orthosis using CAD/CAM tools.

Abstract

This project addresses the enhancement of an active robotic orthosis for lower limbs named "Ortholeg 2.0", developed by the Robotics and Dedicated Systems Group of the Computing Department (DCA / UFRN) using CAD / CAM tools. The structure itself consists of an orthopedic device whose primary purpose is to provide the ability to

walking for people who have had total or partial loss of lower limb movements. Ortholeg 2.0 is designed to simulate basic body movements produced by the lower limbs such as walking, sitting, lifting, climbing and descending steps. This latest version of ortholeg has a total mass of approximately 15 kg; being the orthosis basically made of aluminum tubes, carbon fiber rails and screws for fixing the various parts. Their joints are driven by DC motors equipped with gearbox to achieve torque forces. sufficient movement of the orthosis with the wearer, and reduce engine speed. For this new version, lighter and stronger materials such as carbon fiber and special aluminum alloys were used. The tubular profile of this new structure coupled with the sliding clamps has made this new version of ortholeg adjustable for any user within of a minimum and maximum range of stature, which could previously only be done with some pre-established whole measurements.

Keywords: Ortholeg 2.0, active robotic orthosis, CAD/CAM

Introdução

O objetivo principal do desenvolvimento de uma órtese ativa para membros inferiores, é o auxílio prestado por esses dispositivos à pessoas que possuem lesão medular incompleta ou limitações de movimento, tornando possível para essas pessoas recuperar movimentos básicos como a caminhada, sentar e levantar, subir e descer degraus de uma escada ou até mesmo capacitá-las a desenvolverem atividades mais complexas como correr e saltar (esses dois últimos casos não fazem parte dos objetivos do projeto da ortholeg nessa versão). De acordo com dados do IBGE, em 2010 o Brasil apresentou um aumento significativo (19,3%) no número de idosos, e que cerca de 1,3 % de toda a população brasileira tem algum tipo de limitação nos movimentos, e que ainda dentre estes últimos, aproximadamente a metade possui um grau intenso ou muito intenso de limitações. Com base nesses dados podemos inferir que haverá um aumento na procura de dispositivos dessa natureza no mercado. A linha de projetos da ortholeg desenvolvidos na UFRN tem como ideal a otimização desses exoesqueletos robóticos, afim de alcançar um produto : funcional; viável; que atenda as necessidades de cada usuário de maneira personalizada; visa atingir o conceito de transparência de órteses ativas; além de padronizar e reduzir o número seus componentes, para tornar mais fácil sua manufatura e montagem.

Metodologia

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica em diversas plataformas de busca sobre os temas do trabalho. Durante esse processo, foram realizadas várias reuniões com a equipe do projeto (docentes e discentes) para orientar a pesquisa e acompanhar a evolução do aprendizado dos discentes, como também para esclarecer eventuais dúvidas sobre os temas estudados.

Posteriormente foram feitos os projetos mecânicos desde o desenho e dimensionamento das peças que deverão ser otimizadas, até sua usinagem, com auxílio de ferramentas computacionais CAD/CAM.

O projeto mecânico seguiu a linha de manter as características antropomórficas da órtese. Também houve melhorias nos mecanismos de ajuste do tamanho dos elos da órtese, tornando possível variar as dimensões de comprimento de maneira deslizante, atendendo assim todos os possíveis valores entre uma margem de medidas, dando mais conforto ao usuário. Com base no projeto mecânico, foi realizada a usinagem das peças através de máquinas CNC e máquinas de usinagem convencional. A fabricação das peças foi realizada no laboratório de manufatura do Departamento de Engenharia Mecânica e pelo laboratório de Robótica e sistemas Dedicados. Finalizada a etapa de confecção das peças mecânicas, foi realizada a montagem da órtese. Em seguida serão feitos os testes de movimento, aferição da massa total da órtese, testes de conforto e resistência.

Resultados e Discussões

Foram avaliadas partes da orthese que tinham uma mesma função ou equivalente, e possuia uma dimensão diferente, então foram padronizadas essas partes afim de facilitar a montagem e a manutenção, e diminuir o tempo de produção, visto que para usar peças de diferentes dimensões é gasto um tempo adicional com o setup da máquina.

Alguns componentes que já tinham sido fabricados em outro momento nas linhas de pesquisa antecedentes da Ortholeg, estavam incompletos, precisando ser refabricados, ou redimensionados, e outros precisavam ser finalizados e receber algum tratamento superficial.

A Ortholeg está com sua estrutura mecânica completa e montada, o próximo passo será a utilização de ferramentas DFMA e implementação de um algoritmo de geração de trajetória para a Ortholeg 2.0, visando aperfeiçoar toda a usinagem e montagem de novas peças para o exoesqueleto além de desenvolver e testar um algoritmo de geração de trajetória através de padrões de movimentos antropomórficos, trabalhos esses que serão feitos na continuação dessa linha de pesquisa na UFRN.

Conclusão

A cada nova etapa de pesquisas ligadas a Ortholeg, a órtese fica mais completa, mais otimizada, simples e mais resistente. Todo trabalho que é desenvolvido na construção de estruturas dessa natureza, passam por uma série de acertos e melhorias que só podem ser notados e realizados ao longo do tempo, nenhum produto criado está livre de inovação, assim é imprescindível que as comunidades acadêmicas possam apoiar seus pesquisadores para que deem continuidade aos projetos científicos, tecnológicos, etc; e assim conseguirem juntos criar ferramentas necessárias para a implementação desses projetos e tecnologias na sociedade e no mercado, impulsionando assim o crescimento tecnológico, econômico, e de bem estar social.

Referências

- Araújo, M. V., Alsina, P.J., Medeiros, A. A. D., Pereira, J. P. P., Domingos, E. C., Araújo, F. M. U., Silva, J. S., 2009. "Development of an active orthosis prototype for lower limbs". In Proceedings of the 20th International Congress of Mechanical Engineering – COBEM2009. Gramado, Brazil.
- CELONE, M. Aplicação das Metodologias DFMA na otimização do projeto de um exoesqueleto robótico denominado Ortholeg 2.0. 2018. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2018.
- Bogue, R., 2015. "Robotic exoskeletons: a review of recent progress", Industrial Robot: An International Journal, Vol. 42 Issue: 1, pp. 5-10.
- Gloer, M., Alsina, P. J., Melo, N. B., 2015. "Ortholeg 2.0 – A new design for a lower limb active orthosis". In Proceedings of the 2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS). Nagoya, Japan.
- Banala, S., Kim, S., Agrawal, S., Scholz, J., 2009. "Robot assisted gait training with active leg exoskeleton (ALEX)". IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering, Vol. 17, n.1, pp. 2-8.
- Strickland, E., 2012. "Good-bye, wheelchair", IEEE Spectrum, Vol. 49 Issue 1, pp. 30-32.
- Araújo, M. V., Alsina, P.J., Soares, L. C., Costa, F. P., Medeiros, A. A. D. 2013. "Automatic adjustment of the step size of an active orthosis for lower limbs". In Proceedings of the 22 nd International Congress of Mechanical Engineering – COBEM2013.Ribeirão Preto, Brazil.
- Alò, R., Bottiglione, F., Mantriota, G., 2016. "Artificial Knee Joints Actuators with Energy Recovery Capabilities: A Comparison of Performance". Journal of Robotics 2016, pp. 1 - 13.
- Brodin, M. G., Siu, F. W., Howard, J., Brodin, E. R., 2009. Medical, Psychosocial and Vocational Aspects of Disability. Elliott & Fitzpatrick, Inc., Athens.
- Rea, R, Beck, C., Rovekamp, R., Diftler, M., Neuhaus, P., 2013. "X1: A robotic exoskeleton for in-space countermeasures and dynamometry". In Proceedings of AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition. Sand Diego, USA.

Farris, R. J., Quintero, H. A., Goldfarb, M., 2011. "Preliminary evaluation of a powered lower limb orthosis to aid walking in paraplegic individuals", IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering, Vol. 19, no. 6.

Ning, M., Luo, C., Wang, Y., Shi, X., Wang, W., Zhu, C., 2016. "Theory analysis and structure optimization design of powered gait orthosis", Advances in Mechanical Engineering, Vol. 8, issue 3, pp. 1-16.M.

Araujo, P. Alsina, V. Cavalcanti Roza, and N. Bastos Melo, "Powered orthosis ortholeg: Design and development," Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), vol. 13, no. 1, pp. 90–95, Jan 2015.

K. E. Gordon and D. P. Ferris, "Learning to walk with a robotic ankle exoskeleton," Journal of Biomechanics, vol. 40, no. 12, pp. 2636 – 2644, 2007.

M. de Araujo, G. da Silva, L. Soares, and P. Alsina, "Ortholeg project – development of an active orthosis prototype for lower limbs," in Robotics Symposium and Latin American Robotics Symposium (SBR-LARS), 2012 Brazilian, Oct 2012, pp. 239–244.

H. Herr, "Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions," Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, vol. 6, no. 1, p. 21, 2009.

K. Mankala, S. Banala, and S. Agrawal, "Novel swing-assist un motorized exoskeletons for gait training," Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, vol. 6, no. 1, p. 24, 2009.

Hung, A.S.; Hongtao Guo; Wei-Hsin Liao; Fong, D.T.; Kai-Ming Chan, "Experimental studies on kinematics and kinetics of walking with an assistive knee brace, " Information and Automation (ICIA), 2011 IEEE International Conference on , vol., no., pp.45,50, 6-8 June 2011.

Mertz, L., "The Next Generation of Exoskeletons: Lighter, Cheaper Devices Are in the Works," Pulse, IEEE , vol.3, no.4, pp.56,61, July 2012.

Shorter, K.A.; Jicheng Xia; Hsiao-Wecksler, E.T.; Durfee, W.K.; Kogler, G.F., "Technologies for Powered Ankle-Foot Orthotic Systems: Possibilities and Challenges," Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on , vol.18, no.1, pp.337,347, Feb. 2013.

Shamaei, K.; Napolitano, P.C.; Dollar, A.M., "Design and Functional Evaluation of a Quasi-Passive Compliant Stance Control Knee–Ankle–Foot Orthosis," Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on , vol.22, no.2, pp.258,268, March 2014.

Pons, J. L. (ed) (2008) Front Matter, in Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.

Kazerooni, H., "Human/robot interaction via the transfer of power and information signals. II. An experimental analysis,"

Robotics and Automation, 1989. Proceedings., 1989 IEEE International Conference on , vol., no., pp.1641,1647 vol.3, 14-19 May 1989 .

M. R. Santos, D. S. Morais, M. de Araujo, and P. Alsina, "Interface homem máquina inteligente baseada em botões instalada em uma muleta ativa de membros inferiores," in V Encontro Brasileiro de Engenharia Biomédica - ENEBI 2015, Maio 2015.

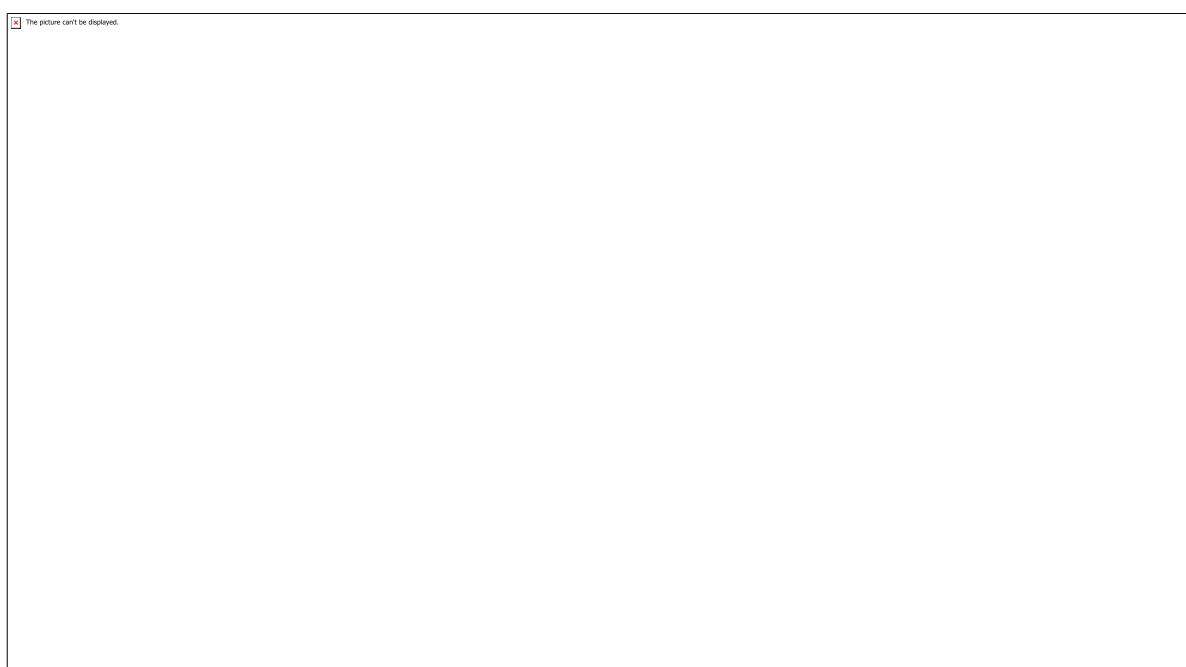
Karlin, S. "Raiding Iron Man's closet [Geek Life]", Spectrum, IEEE, vol.48, no.8 , Aug. 2011.

Zoss, A.B.; Kazerooni, H.; Chu, A., "Biomechanical design of the Berkeley lower extremity exoskeleton (BLEEX)," Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on , vol.11, no.2, pp.128,138, April 2006. Guizzo, E.; Goldstein, H., "The rise of the body bots [robotic exoskeletons]," Spectrum, IEEE , vol.42, no.10, pp.50,56, Oct. 2005.

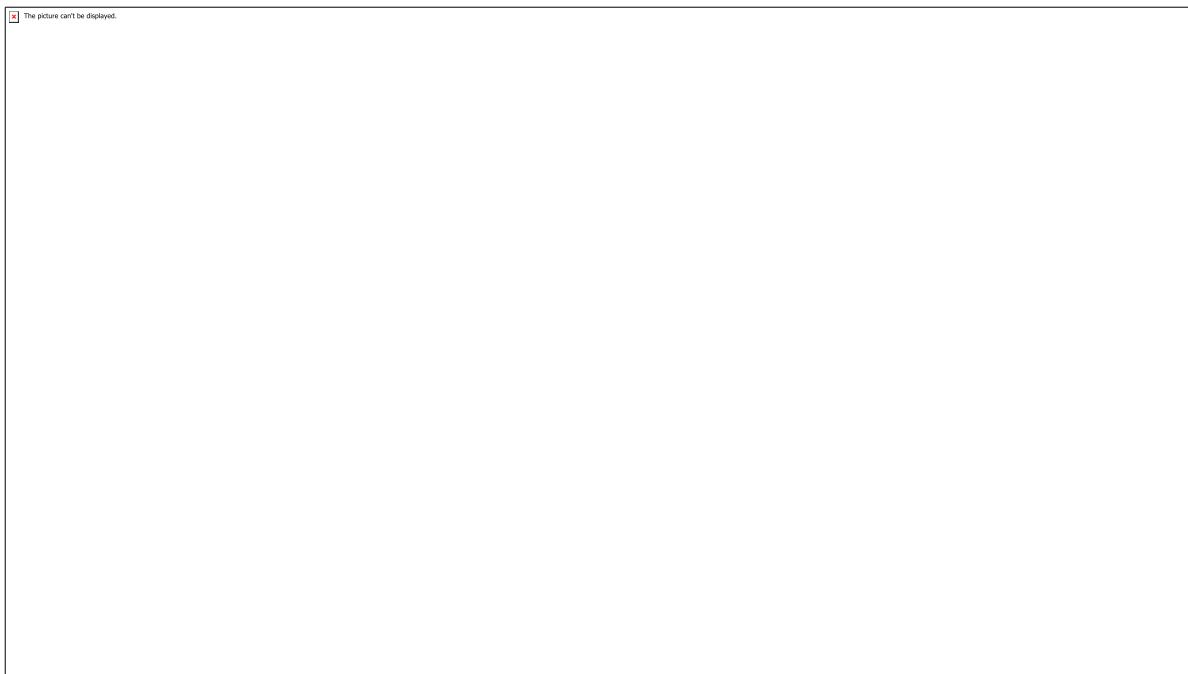
Talaty, M.; Esquenazi, A.; Briceno, J.E., "Differentiating ability in users of the ReWalk™ powered exoskeleton: An analysis of walking kinematics," Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on , vol., no., pp.1,5, 24-26 June 2013.

Neuhaus, P.D.; Noorden, J.H.; Craig, T.J.; Torres, T.; Kirschbaum, J.; Pratt, J.E., "Design and evaluation of Mina: A robotic orthosis for paraplegics," Rehabilitation Robotics (ICORR), 2011 IEEE International Conference on , vol., no., pp.1,8, June 29 2011-July 1 2011.

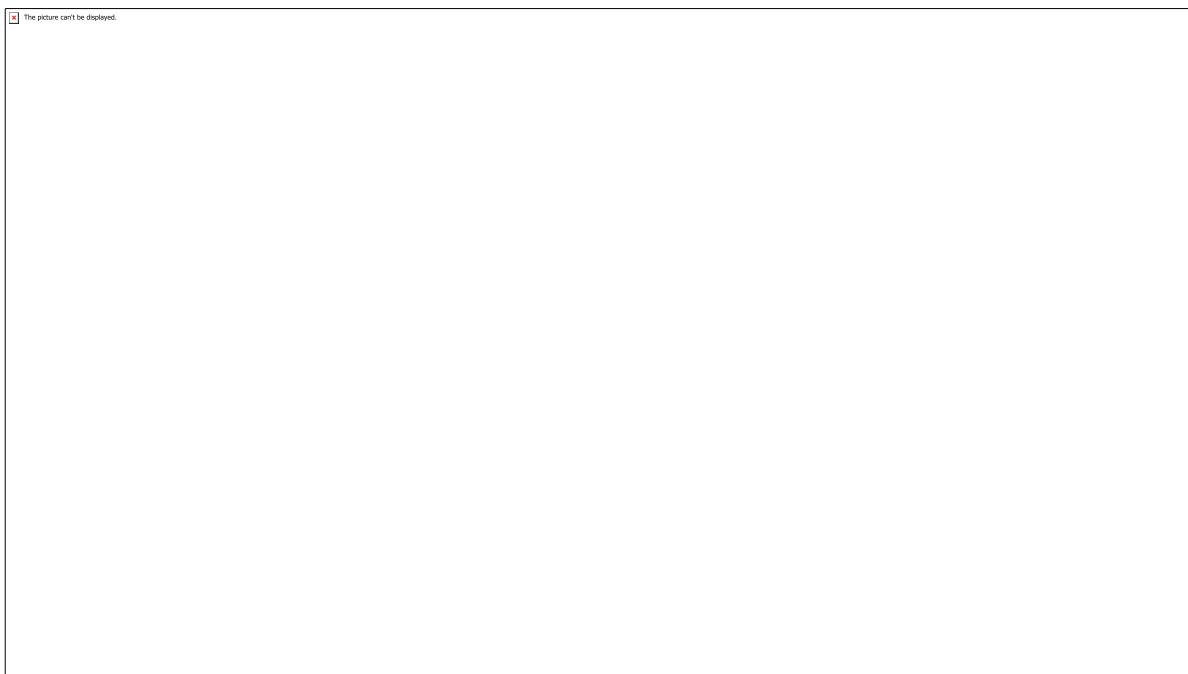
Anexos



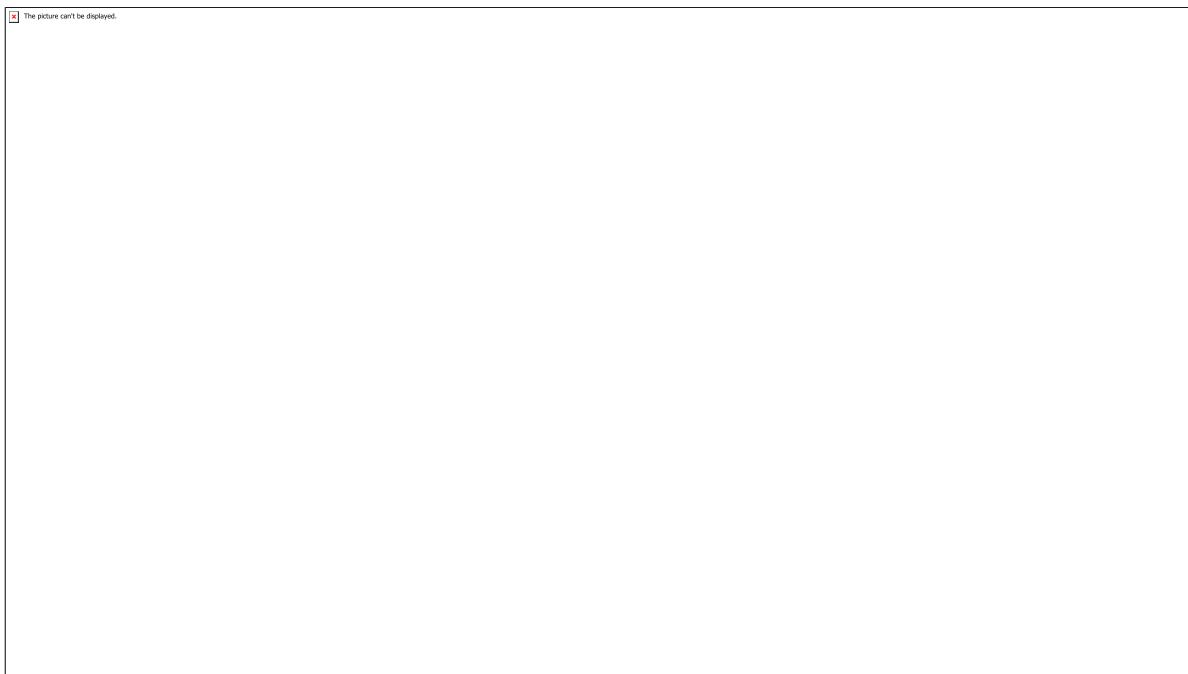
comparação entre os projetos ortholeg e ortholeg 2.0



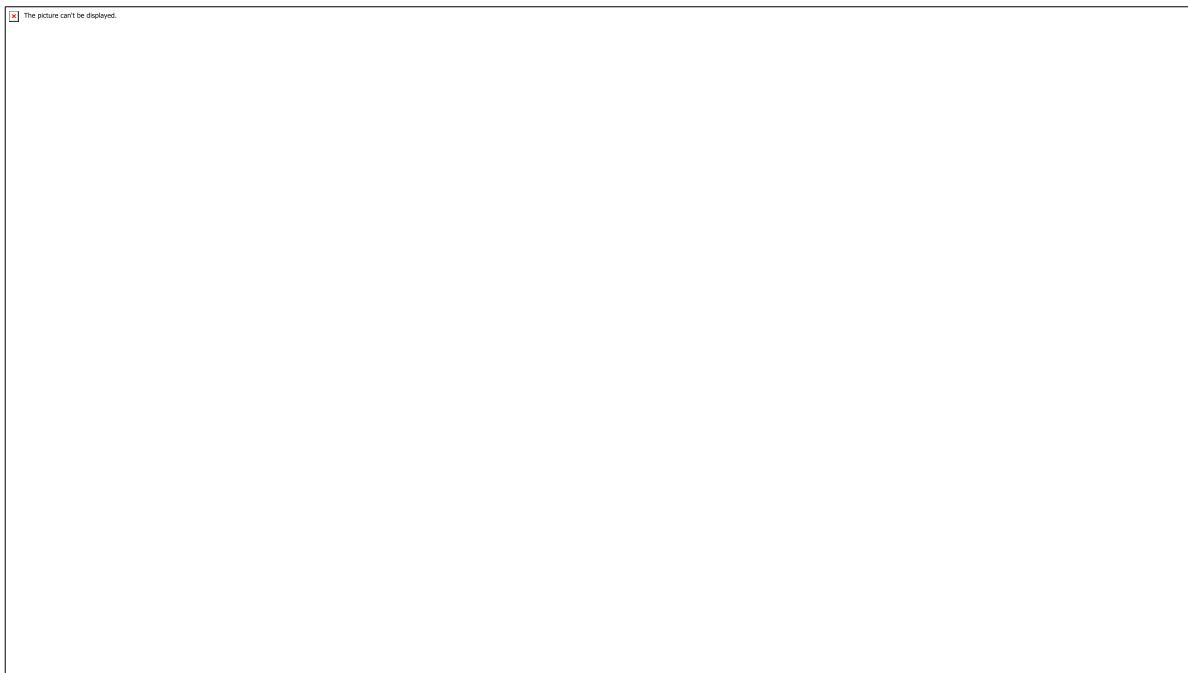
componentes e visão geral da órtese



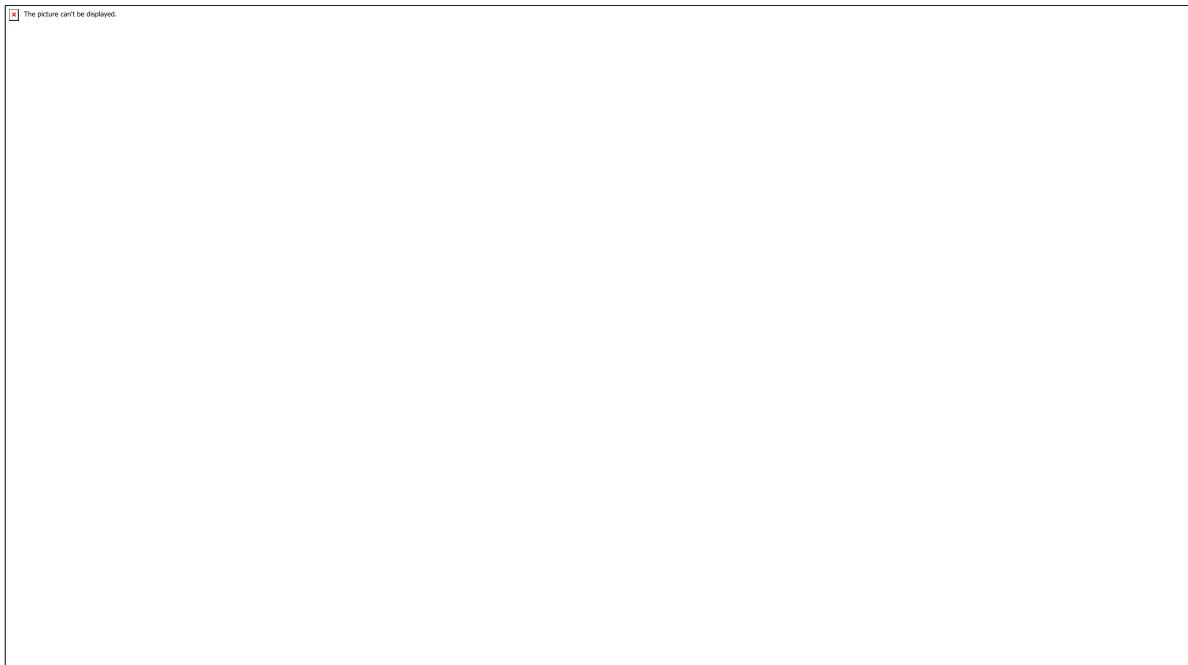
detalhe da junta acionada por motor CC



suporte para o pé feito com fibra de carbono



estrutura da ortholeg 2.0



autor, orientador e causa.

CÓDIGO: ET0728

AUTOR: THALES VINÍCIUS PIRES FREIRE

ORIENTADOR: HERBERT RICARDO GARCIA VIANA

TÍTULO: Ferramenta de apoio à gestão da manutenção centrada em confiabilidade

Resumo

Após prejuízos ocasionados por falhas e defeitos, a manutenção tem sido um tópico exposto no cenário econômico. Um grande desafio da gestão da manutenção é o planejamento de reparos preventivos e preditivos, os quais devem ser realizados no momento propício evitando paradas desnecessárias, trocas dispendiosas e utilização de tempo em atividades que não agregam valor. Uma metodologia conhecida como Gestão da Manutenção Centrada em Confiabilidade permite estudar o comportamento do sistema a fim de se obter a probabilidade de ocorrer uma falha ou defeito em um determinado período, utilizando estudos estatísticos a partir de dados históricos. Para se utilizar desta metodologia é necessário adquirir softwares específicos que necessitam de investimentos financeiros, algo que pequenas empresas não possuem. Dito isto, este estudo objetiva criar uma ferramenta no Excel que possibilitará abranger os estudos de confiabilidade por estudantes e pequenas empresas.

Palavras-chave: Manutenção; Confiabilidade; Estatística; Curvas de Falha; Excel

TITLE: Reliability concepts in transmission lines systems and hidroelectrical usines

Abstract

After losses sourced by fails and defects, reliability's topics has been exposed around the economic scenario. A maintenance management's great challenge is to plan preventive and predictive repairs what have to be done at the right moment, avoiding unnecessary stops, costly element system changings and time spent in non-value activities. A methodology known as Reliability Centered Maintenance allows to predict the system's behavior in order to obtain the failure probability within a determined period, using statistics and historical data. To utilize this maintenance management method it is required to acquire specific softwares, but some organizations do not have enough capital to buy them. Saying that, this project aim to create a Microsoft Excel tool that allows students and small enterprises to use reliability concepts.

Keywords: Maintenance; Reliability; Statistics; Failure Curves; Microsoft Excel

Introdução

A necessidade de se realizar uma previsão do surgimento da falha em sistemas foi o responsável por criar a gestão da manutenção centrada na confiabilidade, que segundo Fogliatto e Ribeiro (2009, pág12) é reconhecida como uma forma eficiente de aumentar a disponibilidade de equipamentos, reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições. Para se realizar previsões é necessário haver uma amostra de dados históricos e um padrão de comportamento, para descobrir este padrão utilizamos o teste de aderência para comparar dados observados e uma distribuição teórica a fim de confirmar se as amostras observadas seguem um comportamento semelhante à distribuição. Uma vez realizados os testes e de posse da distribuição teórica que traduz o comportamento dos dados, podemos extrapolar a análise para o futuro, conhecendo

a probabilidade de ocorrer uma falha em um determinado tempo (t) e facilitando a gestão da manutenção.

Metodologia

Esta pesquisa foi dividida em quatro fases: Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de testes de aderência, buscando os principais testes utilizados para o objetivo desejado. A segunda etapa contemplou a revisão bibliográfica sobre os tópicos da confiabilidade. Ao agregar ambos conhecimentos, os procedimentos foram implementados em algoritmos utilizando o VBA (Visual Basic Application), finalizando a terceira fase. Em paralelo às etapas anteriores foram realizadas validações e comparações dos resultados com o software ProConf. Na seção seguinte estas etapas e seus resultados serão detalhados.

Resultados e Discussões

A partir dos estudos prévios concluiu-se que os testes de aderência mais utilizados para o estudo da confiabilidade são o Qui-Quadrado e o Kolmogorov-Smirnov. Segundo Chwif e Medina (2010) "o teste Qui-quadrado baseia-se no cálculo dos desvios quadrados entre as frequências acumuladas observadas em cada classe e as frequências teóricas do modelo escolhido nas mesmas classes". Inicialmente é preciso construir um histograma e partir dele para se ter uma evidência visual da distribuição teórica. Dividindo os dados em classes, de acordo com a equação: $K=1+3,3 \log_{10} n$. Estas classes precisam ser divididas em tamanhos iguais, ou seja, a amplitude das classes (h), a qual deve ser encontrada a partir da seguinte equação: $h=(\text{Amplitude da amostra})/K$. Para o teste de Kolmogorov-Smirnov compara-se a função acumulada do modelo teórico com a função acumulada de probabilidade observada. Para comparar se o modelo observado adere ao modelo teórico, o teste calcula a distância absoluta máxima entre as duas distribuições acumuladas, através da estatística: $D=\max_{x} |F(x)-S(x)|$. Os conceitos básicos de confiabilidade são dados pela curva de confiabilidade $R(t)$ que representa a probabilidade do sistema de obter sucesso em um determinado tempo, curva de falha $F(t)$ que é o oposto da curva de confiabilidade e a taxa de falha $h(t)$ que representa a taxa instantânea de falha em determinado período, esta pode ser crescente, decrescente ou constante. Após a solidificação dos conceitos dos testes de aderência e de confiabilidade iniciou-se a aplicação dos conhecimentos no VBA, que consiste na linguagem de programação utilizada pelo software Microsoft Excel o qual permite a criação de macros e também de formulários, simulando as funções de um software próprio, permitindo uma experiência mais intuitiva para o usuário. A aplicação permite que o usuário insira os dados de falha, realize os testes de aderência, obtenha uma comparação visual das curvas de confiabilidade, falha e taxa de falha e também que consiga calcular a probabilidade de falha utilizando as distribuições teóricas de Weibull e Exponencial, aplicando parâmetros específicos como tempo, parâmetros de forma e de escala para o Weibull e o lambda (inverso da média) para a exponencial.

Conclusão

Os softwares de gestão da manutenção centrada na confiabilidade utilizados nas empresas possuem diversas funcionalidades e necessitam de um dispêndio monetário alto. Esta ferramenta irá auxiliar os discentes e docentes da disciplina de Gestão da Manutenção do curso de Engenharia de Produção a possuírem uma vivência mais prática do conteúdo abordado. As validações realizadas através do software ProConf

trouxeram ao projeto uma veracidade e uma direção mais concreta, uma vez que os resultados obtidas eram os mesmos nas duas ferramentas. A próxima etapa do projeto será a criação de um software mais robusto e de plataforma independente para que os tópicos da confiabilidade possam ser mais difundidos.

Referências

ABD-ELFATTAH, A. M. GOODNESS OF FIT TEST FOR THE GENERALIZED RAYLEIGH DISTRIBUTION WITH UNKNOWN PARAMETERS. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 2010 BARAN, L. R. Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso. Dissertação (Especialização em Gestão Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, p. 14. 2011. CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso Celso. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS: TEORIA E APLICAÇÕES. 3. ed. [S.l.: s.n.], 2010. 320 p. v. 1. DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS: MÉTODOS E TÉCNICAS. São Paulo: Prentice Hall, 2004, p. 168. FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. CONFIABILIDADE E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL. 1 ed: Elsevier, 2009. FOLEY, Mary Jo. MICROSOFT OFFICE 365 NOW HAS 120 MILLION BUSINESS USERS. Disponível em: <https://www.zdnet.com/article/microsoft-office-365-now-has-120-million-business-users/>. Acesso em: 27 out. 2018. LEEMIS, L. RELIABILITY: PROBABILISTIC MODELS AND STATISTICAL METHODS. Nova York. Prentice-Hall, 384p. 1995 MIRSHAWKA, Vitor e OLMEDO, Napoleão Lopes. Manutenção – Combate aos Custos da Não-Eficácia – A vez do Brasil. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil Edita Ltda., 1993, 373p. SELLITTO, M. A. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. *Revista Produção*, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005. SILVA, J. R. dos S. et al. ANÁLISE DA CONFIABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO. Xxxv encontro nacional de engenharia de produção, 13./out. 2018. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_sto_211_252_28289.pdf>. Acesso em: 27 set. 2018.

CÓDIGO: ET0761

AUTOR: ANDEILSON BERNARDO BEZERRA

ORIENTADOR: GABRIEL IVAN MEDINA TAPIA

TÍTULO: ESTUDO DE VIABILIDADE DE UMA USINA HELIOTÉRMICA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Resumo

Energia solar concentrada (CSP) vem ganhando espaço na matriz energética mundial, uma vez que é uma fonte limpa, renovável e segura. Considerando o potencial do Nordeste brasileiro em geração de energia heliotérmica, este artigo apresenta os principais fatores para o estudo de viabilidade de uma usina CSP da torre central em três cidades do estado do Rio Grande do Norte: Apodi, Caicó e Mossoró. Usando o software System Advisor Model (SAM) como o ferramenta principal e a usina Gemasolar como referência para comparação, os resultados mostraram que o Apodi foi a mais favorável para a implantação da planta de 19,9 MW, com múltiplo solar de 2,1, gerando um Custo Nivelado otimizado Eletricidade de 15,28 ¢/kWh e fator de capacidade de 61,5%.

Palavras-chave: Energia heliotérmica, torre central, estudo de viabilidade.

TITLE: FEASIBILITY STUDY OF A HELIOTHERMIC PLANT IN THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE

Abstract

Concentrated Solar Energy (CSP) has been gaining ground in the world's energy matrix, given that it is a source clean, renewable and safe. Considering the potential of the Brazilian Northeast in heliothermic energy generation, this paper presents the main factors for the feasibility study of a CSP plant of central tower in three cities of the state of Rio Grande do Norte: Apodi, Caicó and Mossoró. Using System Advisor Model (SAM) software as the main tool and the Gemasolar plant as a reference to compare, the results showed that Apodi was the most favorable for the plant's implementation of 19.9 MW, with solar multiple of 2.1, generating an optimized Levelized Cost of Electricity of 15.28 ¢/kWh and capacity factor of 61.5 %.

Keywords: Heliothermic energy, central tower, feasibility study.

Introdução

Atualmente no Brasil ainda há uma forte dependência de energia vinda de fontes que, embora renováveis, causam consideráveis impactos ao meio ambiente. Embora a matriz energética seja em grande parte renovável, as fontes não renováveis ainda representam 19,6% da oferta interna, de acordo com o relatório de Balanço Energético Nacional – 2018 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Diante dos agravantes ambientais, principalmente os climáticos, é fundamental que fontes alternativas sejam cada vez mais exploradas, de modo a reduzir consideravelmente a dependência por fontes energéticas não renováveis como o

petróleo. O Estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, continuou sendo líder em 2017 na produção terrestre de petróleo, com 33% do total onshore (EPE, 2018), em contrapartida é destaque pelo potencial de energias renováveis, em especial a solar. A matéria escrita divulgada em abril de 2018 pelo Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) aponta o estado como ocupante, no mesmo período, da 4^a posição dentre os nove estados da Região Nordeste em potência instalada por energia fotovoltaica.

Uma alternativa aliada a esse potencial fotovoltaico são as usinas solares termelétricas operando a partir da Energia Solar Concentrada (Concentrating Solar Power – CSP). Conforme Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA, 2010), CSP utiliza do recurso solar renovável para gerar eletricidade enquanto produz níveis muito baixos de emissão de gases do efeito estufa, portanto apresenta forte potencial para ser uma tecnologia chave para mitigar as alterações climáticas e além da segurança energética, tem a capacidade inherente de hibridização quando equipadas por potência gerada por combustíveis fósseis, podendo continuar gerando eletricidade quando nuvens bloqueiam o sol ou após o pôr do sol. Além disso, devido suas características verde e renovável, a energia solar é considerada uma das alternativas mais atrativas e competitivas dentre as fontes renováveis (Sun et al, 2015).

A Figura 1 ilustra a estimativa da produção de energia através da tecnologia, evidenciando sua atratividade e potencial no mundo. A América do Sul, por exemplo, está entre as regiões que mais evoluiu.

Tecnologias CSP

Tecnologias CSP usam concentradores ópticos para criar altos níveis de fluxo solares chamados receptores. Nele, a radiação solar é absorvida e convertida em calor. O calor é transferido por meio de transferidor de calor que é transportado para um ciclo de energia térmica ou um sistema de armazenamento para uso posterior. No ciclo de potência o calor é convertido em eletricidade que é alimentado à rede (Buck et al, 2014).

Atualmente existem, com mostra a Fig. 2, quatro tipos de tecnologias CSP: Disco Parabólico Solar (SPD), Coletor de Calhas Parabólicas (PTC), Torre Central Solar (SPT) e Refletor Linear de Fresnel (LFR).

Torre Central Solar (SPT)

A Figura 3 ilustra uma usina com essa tecnologia e com armazenamento térmico com sal fundido, seguindo o princípio de funcionamento do ciclo termodinâmico rankine. Consiste de um campo de heliostato, um receptor que está conectado a uma torre, um bloco de potência e um sistema de armazenamento térmico que depende das condições de projeto. Os heliostatos concentram a radiação solar no receptor localizado no topo da torre. Calor é transferido para o sal fundido que é o fluido de transferência de calor (HTF), sendo esse, então, bombeado para o ciclo de potência, local onde é gerador vapor de água que aciona a turbina para produção de eletricidade.

A escolha dessa tecnologia para estudos de casos pode ser baseada em aspectos como: maiores temperaturas no receptor, e consequentemente no armazenamento; ciclo mais eficiente, devido à parâmetros de processos mais elevados; o curso da produção anual mais homogêneo, a diferença entre a produção diária no verão e inverno

é menos nítida e o campo de heliostato pode ser construído em terrenos um pouco inclinado (Buck et al, 2014).

Metodologia

O trabalho estudará a implementação de uma usina de torre solar com armazenamento térmico com capacidade de geração líquida de 19,9 MW de energia elétrica no estado do Rio Grande do Norte. A determinação de importantes parâmetros será baseada no estudo de caso desenvolvido pela National Renewable Energy Laboratory (NREL) e em valores retirados da usina Gemasolar, localizada em Fuentes de Andalucía, Espanha, que é uma importante planta solar de mesma capacidade e mesma configuração que servirá para comparação e consequente validação dos resultados obtidos.

Para realização da simulação, a principal ferramenta utilizada neste trabalho é o System Advisor Model (SAM) versão 2018.11.11 desenvolvido pela NREL, Sandia National Laboratories e Universidade de Wisconsin. Trata-se de um modelo de análise anual que muito contribui para avaliação do custo e desempenho de energia fotovoltaica (PV) e geração CSP. A ferramenta incorpora módulos que estimam horas de desempenho de diferentes sistemas PV e CSP a partir dos parâmetros de projetos e arquivos climáticos que incluem dados solares e meteorológicos para o local selecionado (Turchi et al, 2010).

Localização

A Figura 4(a) apresenta o estado do Rio Grande do Norte como uma área propícia a esse tipo de geração de energia. Nesse cenário, um requisito importante quanto à implantação de usinas CSP é a Irradiação Normal Direta (DNI). Pela Figura 4(b) é possível observar que as cidades localizadas no oeste e na mesorregião do Estado se apresentam propícias à implantação dessa tecnologia. Cidades como Apodi, Caicó e Mossoró têm atrativos índices de incidência solar, indicando, dessa forma, serem importantes pontos para estudo da viabilidade de uma planta CSP. Na Tabela 1 são apresentados os principais parâmetros fornecidos pelo SAM para essas cidades.

Projeção do campo de heliostatos

A posição dos heliostato é determinada a partir do método escalonamento radial, onde os espelhos são espaçados em filas com raio constante (linhas iso-radiais) e distanciados circumferencialmente ao longo de linhas de ângulo de azimute constante (linhas aso-azimutais). Fisicamente os heliostatos são distanciados entre si em ΔAz e ΔR como ilustrado na Fig. 5(a).

A Figura 5(b) ilustra como um heliostato pode influenciar outro posterior. Cada espelho precisa refletir os raios solares na linha central do receptor na região mais próxima dele. Todavia, as simulações vão muito além disso, avaliam a eficiência óptica de cada um e incluem o efeito cosseno, atenuação, fator de interceptação, refletância, sujeira e efeitos de bloqueio. Desse modo, os heliostatos que apresentarem piores desempenhos são removidos da planta.

Conforme os autores Montes et al. (2009), Lodi (2011) e Soria (2011), o tamanho desse campo depende basicamente do múltiplo solar (MS) adotado para a planta. O MS representa a razão entre o tamanho do campo de heliostato e o campo necessário para alcançar a capacidade elétrica da usina no instante da irradiação nominal estipulada no projeto e é uma importante variável para ser analisada, pois é um indicador de desempenho da planta e viabilidade econômica do projeto. Além disso, o campo solar

representa a maior parte do investimento em capital, estando em uma faixa de 33 e 39% do custo da potência instalada. Por esse motivo, a simulação propõe a utilização de um MS que gera menores custos para produção da energia na planta para o proprietário. O custo para geração de energia pode ser medido de diferentes métodos e cada método traz seu próprio sentido dentro da contabilidade (IRENA, 2018). Um desses métodos é baseado no custo nivulado de energia (LCOE). O LCOE é um indicador do preço da eletricidade necessária para um projeto em que as receitas seriam iguais aos custos, incluindo a devolução do capital investido igual à taxa de desconto. Um preço de electricidade acima deste iria render um maior retorno sobre o capital, enquanto um preço abaixo dele iria produzir um menor retorno sobre o capital, ou mesmo uma perda. O LCOE de fontes renováveis varia de acordo com a tecnologia e projeto, baseado nos recursos, capital, custos operacionais e desempenho da tecnologia (IRENA, 2018).

O SAM calcula o LCOE pela definição da Eq. (1). Onde TCC é o custo de capital (\$), FOC o custo operacional anual fixo (\$), VOC o custo operacional variável (\$/kWh), FCR a taxa de carga fixa e AEP a produção anual de eletricidade (kWh).

$$\text{LCOE} = \frac{(\text{FCR} \times \text{TCC} + \text{FOC})}{\text{AEP}} + \text{VOC} \quad (1)$$

Sistema de custos

Os custos são organizados em três categorias e seus valores são preenchidos com valores razoáveis para o projeto típico no EUA. Análises nessa escala ainda são pouco desenvolvidas no Brasil, desse modo, serão adotados para estimativa prévia os valores padrões baseados no mercado norte americano.

Modelo Financeiro

A vida útil, tanto do campo solar como do bloco de potência é 30 anos e 25 anos assumidos para o sistema de armazenamento (Viebahn et al, 2011), logo o período de análise adotado para este estudo será de 30 anos. Com base nos valores financeiros trabalhados por Soria (2014), Oliveira Filho (2014) e Turchi e Heath (2013), a Tab. 2 apresenta os valores dos parâmetros financeiros e de custos assumidos nesta simulação. Para os demais valores não mostrados, foram utilizados os padrões do próprio programa.

Projeto de sistema

A Tabela 3 apresenta os valores dos demais parâmetros de entrada baseados na usina CSP de torre central Gemasolar, localizada em Fuentes de Andalusia (Sevilha-Espanha), que servirá para posterior comparação e validação dos resultados. Os valores foram obtidos a partir do estudo de caso da NREL e Burgaleta et al (2014). Os valores na Tab. 4 referentes à geometria do receptor e torre foram determinados por otimização realizada pelo SAM para as três cidades.

Resultados e Discussões

A Figura 6 apresenta o gráfico resultante da otimização do LCOE em função do múltiplo solar a partir dos valores indicados anteriormente. É possível observar que em todo o

intervalo de MS, Caicó e Mossoró apresentaram valores próximo quando comparados a Apodi. Esse último por sua vez se mostrou ser o local mais viável economicamente.

É importante observar que Apodi no mesmo tempo em que apresentou LCOE mais baixo, é a cidade, de as três escolhidas, que apresenta maior DNI. Espera-se de antemão que seja também a cidade com menor número de heliostatos, pois quanto maior a disponibilidade do recurso solar, menor a quantidade de coletores (desconsiderando boa parte das variáveis) necessários para gerar uma mesma capacidade (nesse caso com MS de 2,5 e potência de 19,9 MW). De fato, para a mesmas condições, são necessário, de acordo com o SAM, 1.903 heliostatos para Apodi, 1.928 heliostatos para Caicó e 1.923 heliostatos para Mossoró.

Os valores usados para geração do gráfico da Fig. 6 mostraram que para a cidade de Apodi o MS mais adequado é de 2,1, reduzindo o LCOE (com múltiplo solar de 2,5) de 15,53 ¢/kwh para 15,28 ¢/kwh. Para Caicó, o MS mais adequado foi de 2,1, reduzindo o LCOE de 16,58 ¢/kwh para 16,29 ¢/kwh. Para Mossoró, o MS foi o mais baixo, com valor de 2,0, reduzindo de 16,85 ¢/kwh para 16,46 ¢/kwh.

A Tabela 5 apresenta os resultados da planta em dois casos para cada cidade em comparação com a Gemasolar. O primeiro caso com MS de 2,5 e o segundo caso com MS com o qual se obteve o menor LCOE.

IRENA (2012), em um cenário específico, estudou a sensibilidade do LCOE com a taxa de desconto para 2015. O estudo mostrou que diminuindo a taxa de desconto de 10% para 5,5% reduz o LCOE entre 30% e 32%. Aumentando a taxa de desconto para 12,8%, o LCOE é elevado de 21% para 22%, enquanto aumentando a taxa de desconto para 14,5%, LCOE se elevou entre 32% e 35%.

Observando a Tab. 5, a faixa de variação do LCOE foi de 15,28 ¢/kwh a 16,85 ¢/kwh. IRENA (2012) encontrou um intervalo para valores de LCOE de 15 ¢/kwh e 20 ¢/kwh, aproximadamente. Esse estudo evidencia que o LCOE encontrado pelo SAM representam uma estimativa confiável para o projeto proposto. Por outro lado, é comum encontrar valores bem mais elevados, porém cada caso apresenta suas particularidades, pois há uma gama de fatores que estão fortemente relacionadas e que influenciam diretamente os valores de LCOE.

O Fator de Capacidade (FC) representa a razão entre a energia realmente produzida no ano pela energia produzida caso a central operasse na capacidade nominal no mesmo período, este aumenta à medida que armazenamento térmico e fóssil cresce. Esse valor é tão importante quanto o LCOE e pode ser visto como uma espécie de eficiência da planta. Apodi apresentou os melhores valores porque mesmo com MS próximo das demais cidades apresentou menor LCOE (15,28 ¢/kwh), maior produção energética anual (cerca de 94 GWh) e consequente maior FC (61,5 %). Conforme o estudo de caso da NREL, a Gemasolar conta com 15% de combustível fóssil de reserva, o que eleva seu FC quando comparado com os resultados desta simulação.

Para visualizar a sensibilidade do FC com a variação do MS, foi montado o gráfico da Fig. 7. Os valores gerados pelo SAM mostraram que o mesmo MS que gera o menor LCOE é o mesmo que fornece maior FC Além disso, Apodi também mostrou uma cenário mais atrativo em relação às outras localidades. Em todo o intervalo, a capacidade de geração foi maior. Caicó e Mossoró continuaram apresentando valores próximos.

Diante dessas análises é possível concluir que Apodi seria o local mais adequado para construção da planta de 19,9 MW. Contudo, assim como todo projeto de engenharia, não se pode deixar de estudar os recursos naturais na região necessários para execução da obra.

Em relação aos recursos hídricos, o funcionamento da usina depende fortemente de água, uma vez que operam no ciclo rankine. O município de Caicó encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, sendo banhado pela sub-bacia do Rio Seridó. Além disso, podem ser encontradas pequenas lagoas e açudes de pequeno a grande porte, como o Itans ($81.750.000\text{ m}^3$), Mundo Novo ($3.600.000\text{ m}^3$) e Palma (100.000 m^3) (Beltrão et al, 2005). Para Apodi e Mossoró existe a Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró, a maior bacia hidrográfica potiguar, onde foram cadastrados 618 açudes, totalizando um volume de acumulação de $469.714.600\text{ m}^3$ de água. Isto corresponde, respectivamente, a 27,4% e 10,7% dos totais de açudes e volumes acumulados do Estado, segundo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN).

A Figura 8 mostra como seria a distribuição dos 1.903 heliostatos ao longo de 103 hectares, sendo 162 hectares a área total do terreno computando campo do heliostato, torre, usina, tubulação, tanques de armazenamento, edifícios, etc. A Gemasolar, por exemplo, possui 2.650 e ocupando uma área de 185 hectares.

Conclusão

Usinas CSP são alternativas para uma produção mais sustentável de energia tendo em vista a forte dependência dos países por fontes fósseis. Tendo em vista sua importância, esse estudo propôs a análise da viabilidade de uma planta com capacidade de geração de 19,9 MW de eletricidade. Para isso, a proposta inicial de um múltiplo solar de 2,5 baseado na Gemasolar para as três cidades são foi o melhor valor. As simulações mostraram que esse MS não fornecia o menor LCOE para as condições de projeto e econômicas previamente apresentadas. Assim, o múltiplo solar de 2,1 apresentou um LCOE ótimo de 15,28 ¢/kWh e 16,29 ¢/kWh para as cidades de Apodi e Caicó, respectivamente. Para Mossoró o MS mais adequado foi de 2,0, fornecendo um LCOE de 16,46 ¢/kWh.

De maneira geral, analisando apenas os valores mais importantes, como produção energética anual e fator de capacidade, conclui-se que a cidade de Apodi foi a mais propícia para a implantação da usina. É importante destacar que os valores aqui apresentados e calculados servem apenas como uma estimativa para nortear um projeto dessa escala. Portanto, os valores não são inteiramente fiéis com a realidade, mas servem como um importante indicativo para o estudo.

Por fim, como Rio Grande do Norte apresenta elevados potenciais de geração CSP, esse recurso deve ser mais explorado tendo em vista a necessidade ambiental quanto a redução de emissões de monóxido e dióxido de carbono. Estudo mais aprofundados proporcionarão cada vez mais reduções dos riscos associados a projetos desse porte. A disseminação de conhecimento na área ainda pouco incentivada no Brasil é um importante meio para tornar o Estado ainda mais atrativo a investimentos para construção de usinas nesse ramo, gerando emprego e renda. Novos patamares poderão

ser alcançados, mantendo o Rio Grande do Norte entre os maiores produtores de energia renovável do Brasil.

Referências

- Beltrão, B., Rocha, D., Mascarenhas, J., Souza, L., Pires, S. e Carvalho, V., 2005. "Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Rio Grande do Norte: diagnóstico do município de Caicó". 23 Jun. 2019 <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16917>>.
- Buck, R., Giuliano, S., Gobereit, B., Pfahl, A., Puppe, M. e Schwarzbözl, P. and Uhlig, R, 2014. Tower CSP Technology: State of the Art and Market Overview.
- Burgaleta, J., Arias, S. e Ramirez, D., 2011. "Gemasolar, the first tower thermosolar commercial plant with molten salt storage".
- ECOSTAR, 2005. "Roadmap Document" European Concentrated Solar Thermal Road-Mapping. 16 Feb. 2019 <<https://www.promes.cnrs.fr/uploads/pdfs/ecostar/ECOSTAR.Roadmap.pdf>>.
- EPE, 2018. "Brazilian Energy Balance" Empresa de Pesquisa Energética. 11 Feb. 2019 <<http://www.epe.gov.br/pt>>.
- IEA, 2010. "Technology Roadmap: Concentrating Solar Power" International Energy Agency. 11 Feb. 2019 <<https://www.iea.org/>>.
- IGARN. "Bacia Apodi/Mossoró" Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. 05 Jul. 2019 <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC000000000028892.PDF>>.
- IRENA, 2012. "Renewable Energy Technologies: cost analysis series. Concentrating Solar Power" International Renewable Energy Agency. 17 Jun. 2019 <<https://www.irena.org>>.
- IRENA, 2018. "Renewable Power Generation Costs in 2017" International Renewable Energy Agency. 17 Jun. 2019 <<https://www.irena.org>>.
- Lodi, C., 2011. Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Montes, M.J., Abánades, A. e Martínez-Val, J.M., 2009. "Performance of a Direct Steam Generation Solar Thermal Power Plant for Electricity Production as a Function of the Solar Multiple". Solar Energy, Vol. 83, pp. 679 – 689.
- NREL, National Renewable Energy Laboratory. "Case studies and validation". 16 Feb. 2019 <<https://sam.nrel.gov/case-studies>>.

Oliveira Filho, C. M., 2014. Metodologia para Estudo de Implantação de Uma Usina Heliotérmica de Torre Central no Brasil. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Purohit, I., Purohit, P. and Shekhar, S., 2013. "Evaluating the potential of concentrating solar power generation in Northwestern India". Energy Policy, Vol. 62, pp. 157 – 175.

SEBRAE, 2018. "O Sol e suas Grandes Oportunidades" Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. 11 Feb. 2019 <<http://www.sebrae.com.br>>.

Soria, R., 2011. "Cenário de geração de eletricidade a partir de geradores heliotérmicos no Brasil: a influência do armazenamento de calor e de hibridização". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Soria, R., Schaeffer, R. e Szklo, A., 2014. "Configuração para Operação de Plantas Heliotérmicas CSP com Armazenamento Térmico de Calor e Hibridização no Brasil". Revista Brasileira de Energia Solar, Vol. 5, No. 1, pp. 01 – 10.

SWERA, Solar and Wind Energy Resource Assessment. 23 May 2019 <<https://maps.nrel.gov/nsrdb-viewer/>>.

Sun, J., Liu, Q. e Hong, H., 2015. "Numerical study of parabolic-trough direct steam generation loopin recirculation mode: characteristics, performance and general operation strategy". Solar Energy, Vol. 96, pp. 287 – 302.

Trieb, F., Schillings, C., O'Sullivan, M., Pregger, T. e HoyerKlick, C., 2009. "Global Potential of Concentrating Solar Power". Em SolarPaces Conference Berlin, Alemanha.

Viebahn, P., Lechon, Y. e Trieb, F., 2011. "The potential role of Concentrated Solar Power (CSP) in Africa and Europe: a dynamic assessment of technology development, cost development and life cycle inventories until 2050". Energy Policy, Vol. 39, No. 8, pp. 4420 – 4430.

Anexos



Figura 1. Crescimento da produção CSP por região. Adaptado de: IEA (2010).

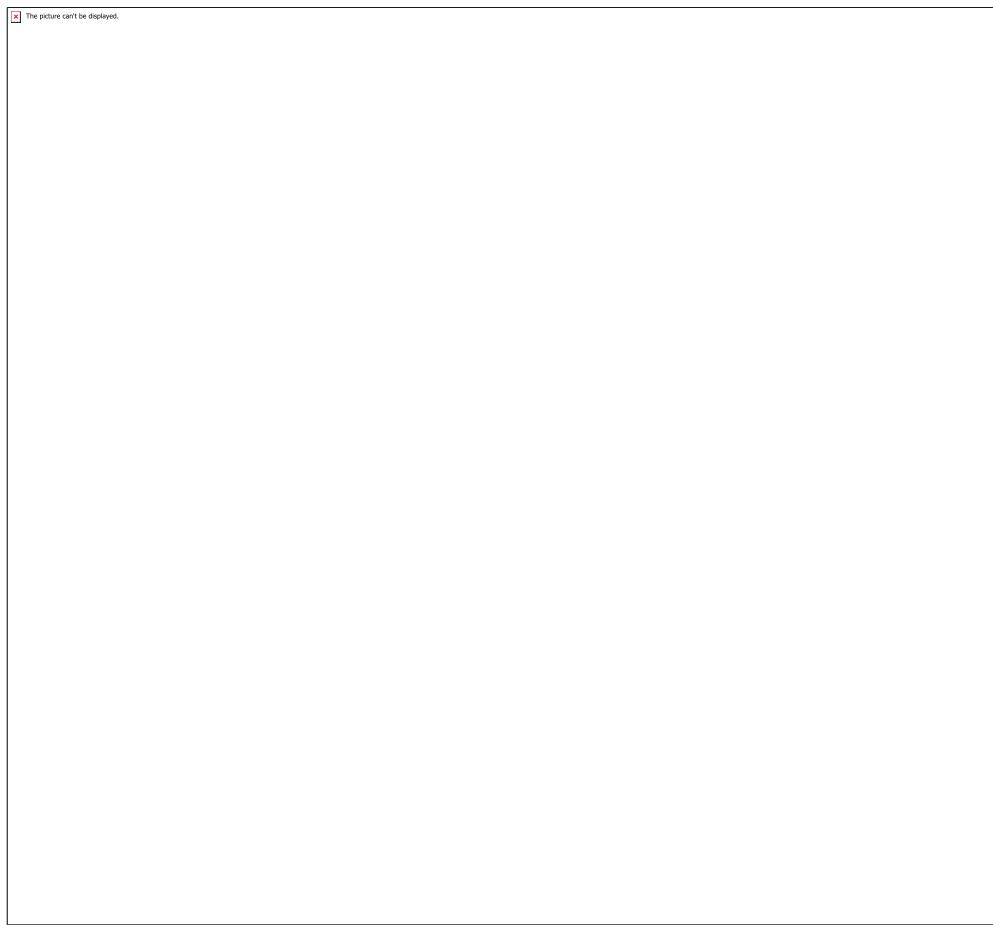


Figura 2. Tecnologias CSP. Adaptado de: Purohit et al (2013).

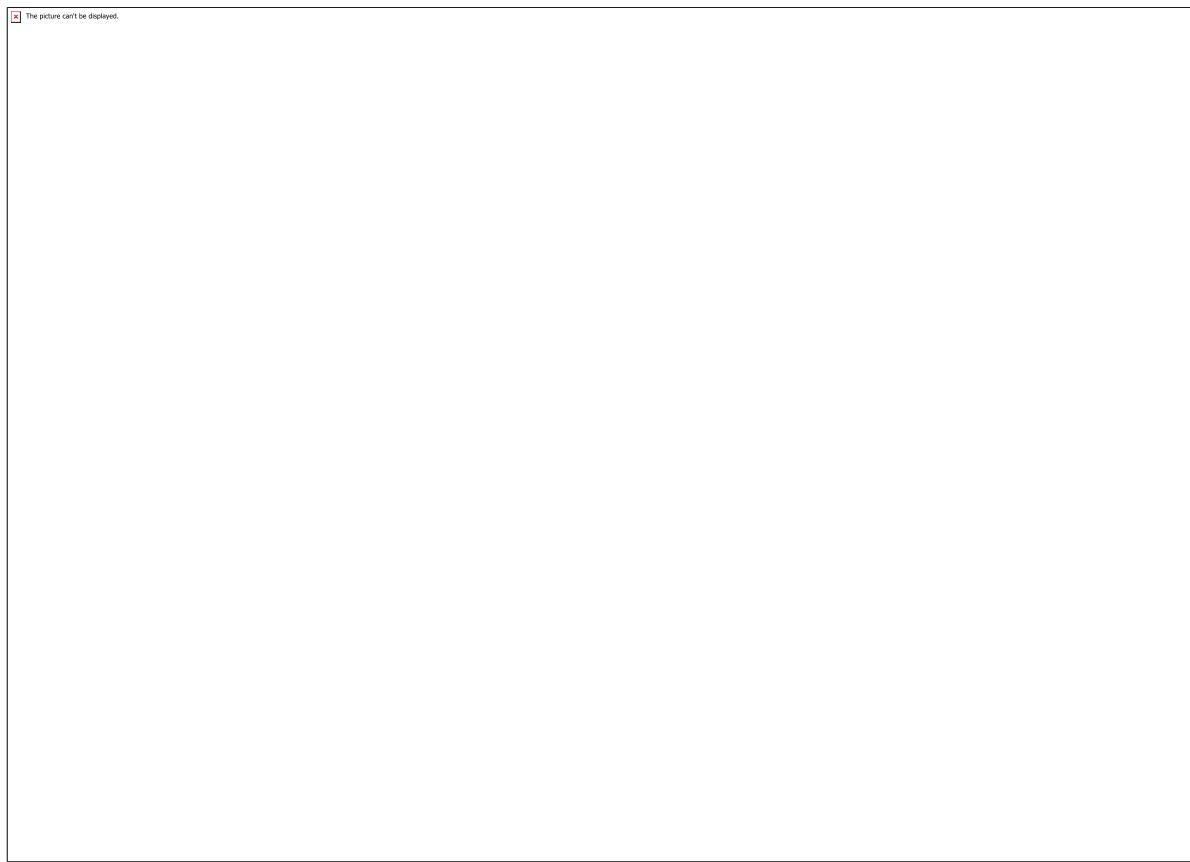


Figura 3. Esquema de uma torre de potência com armazenamento térmico com sal fundido. Adaptado de: Turchi and Heath (2013).

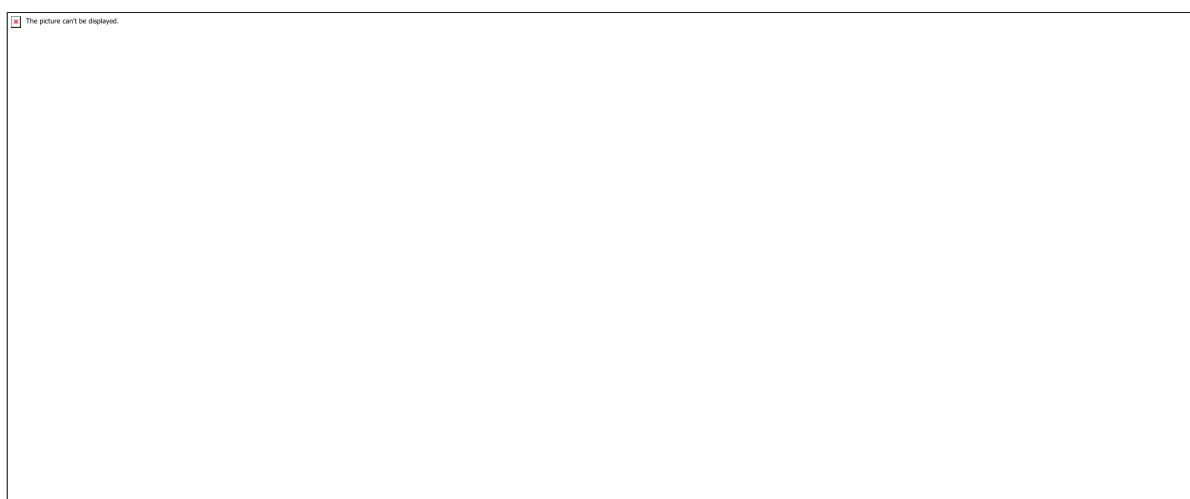


Figura 4. Locais apropriados no Brasil para construção de usinas CSP e distribuição de DNI (kWh/m²/ano) no RN. Adaptado de: Trieb et al (2009) e SWERA.

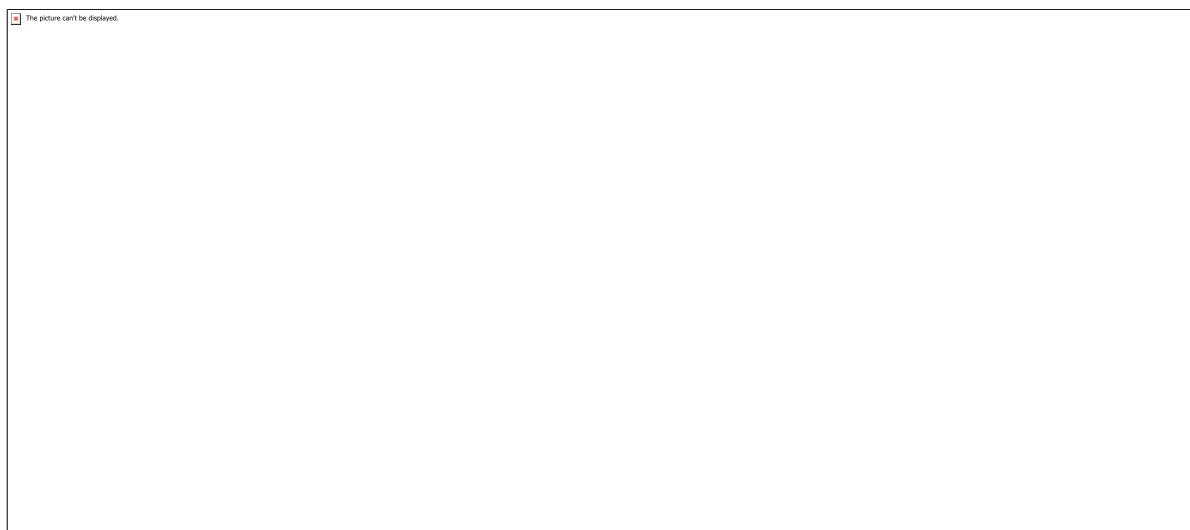


Figura 5. Distribuição de heliostatos em linhas radiais e azimutais. Adaptado de: SAM.

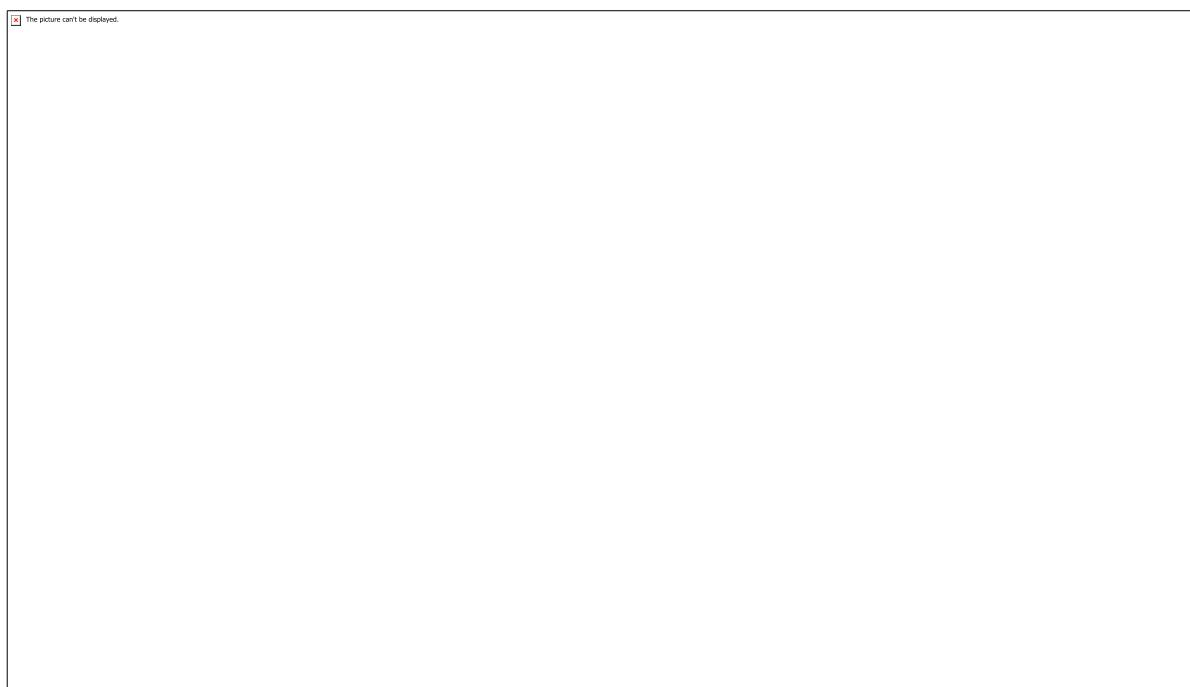


Figura 6. Gráfico da otimização de LCOE x MS.

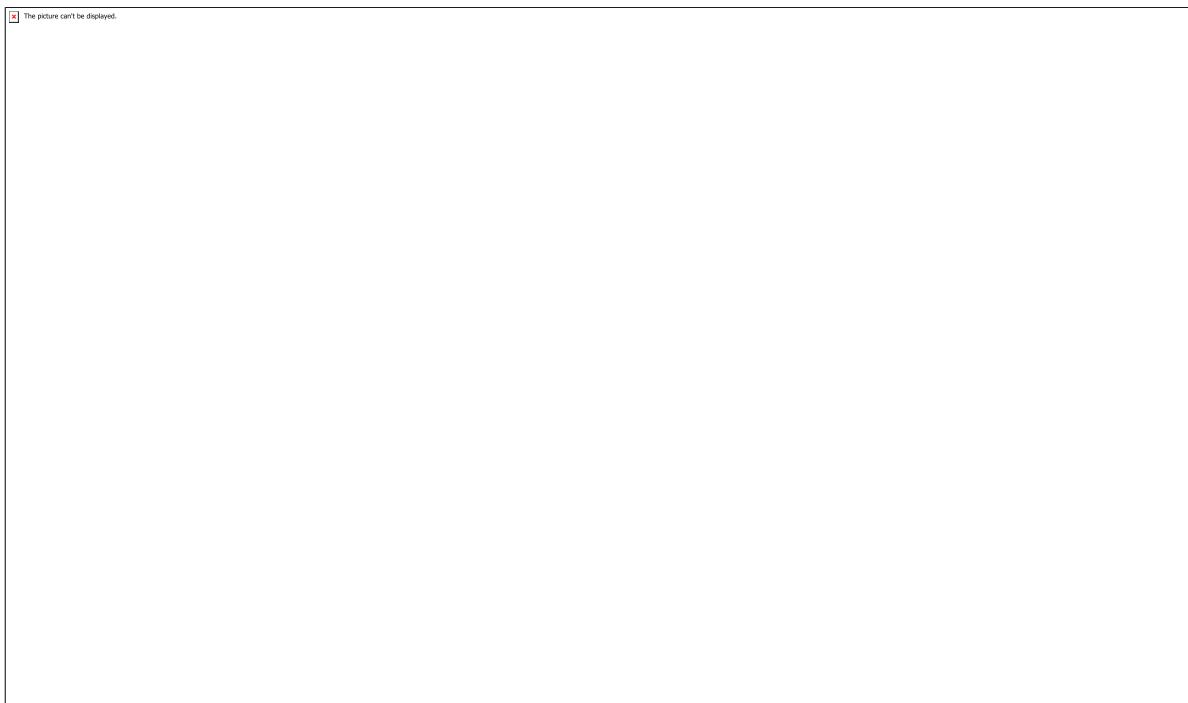


Figura 7. Variação FC x MS.

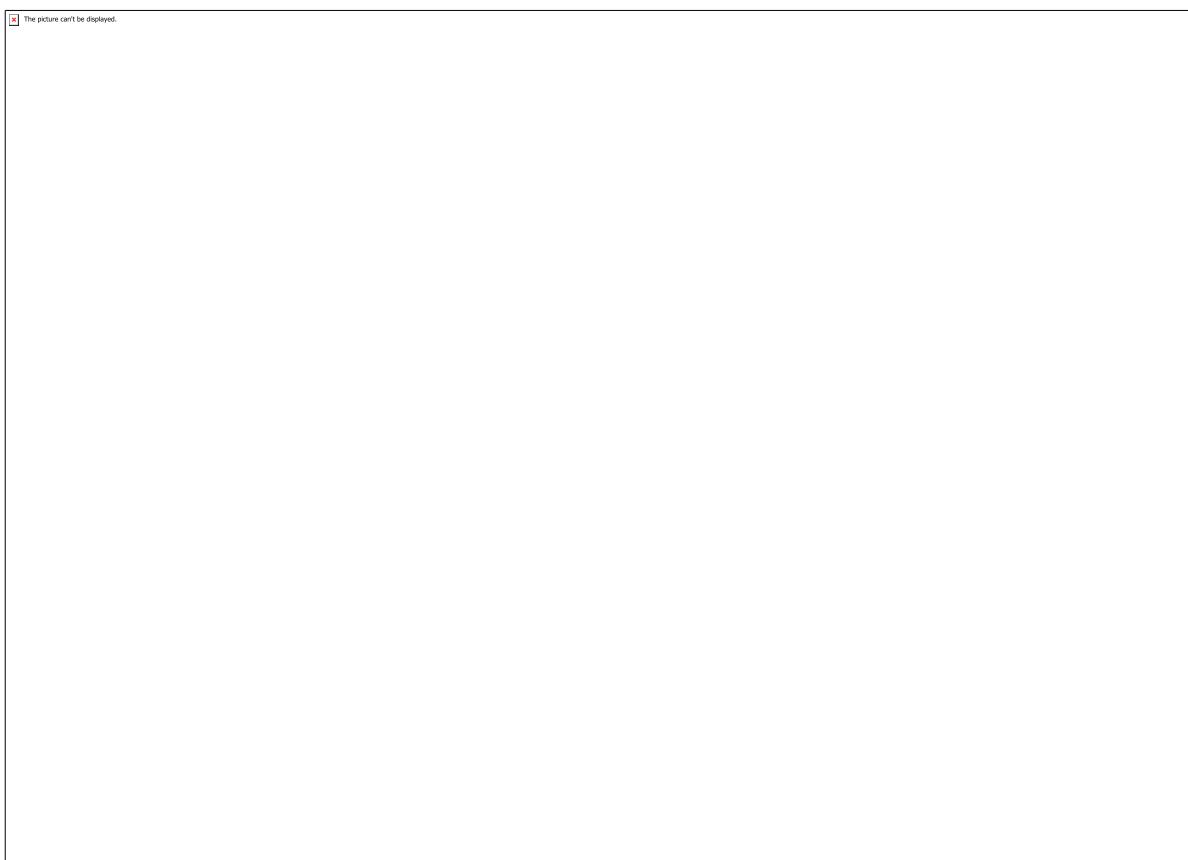


Figura 8. Distribuição de heliostatos em Apodi para MS de 2,5. Fonte: SAM.



Tabela 1. Dados climáticos para as três cidades. Fonte: SAM.

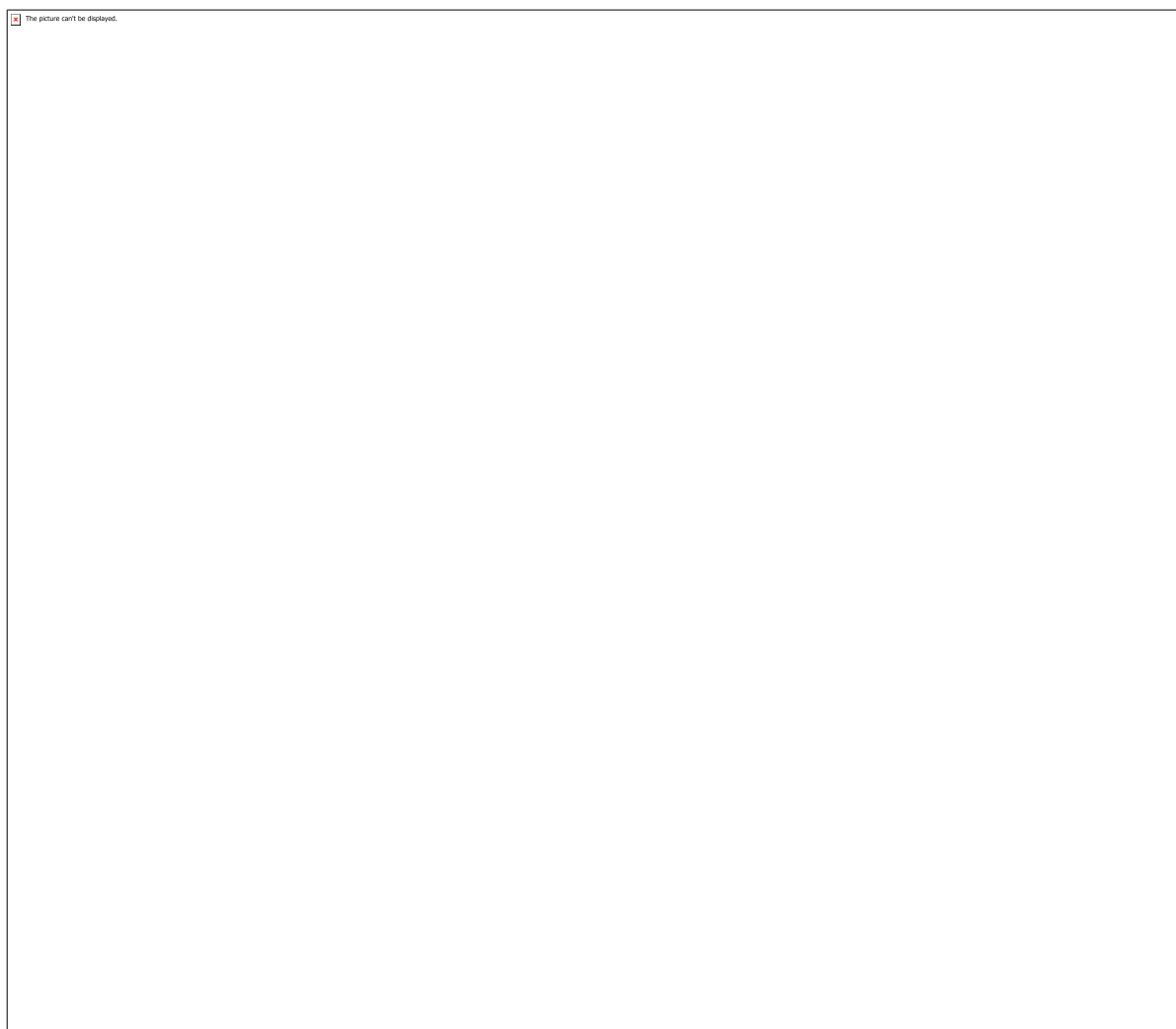


Tabela 2. Valores dos parâmetros financeiros e custos.

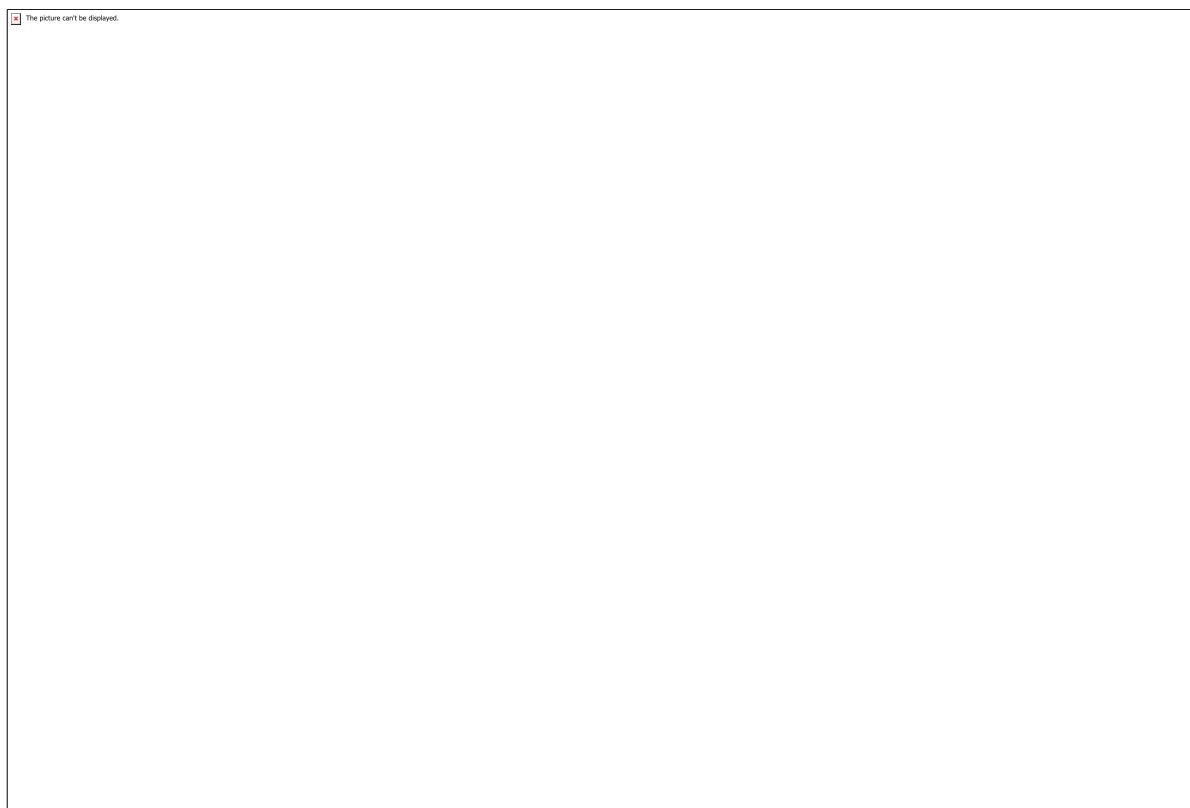


Tabela 3. Valores do sistema de geração de potência.



Tabela 4. Dimensões das Torres e Receptores.

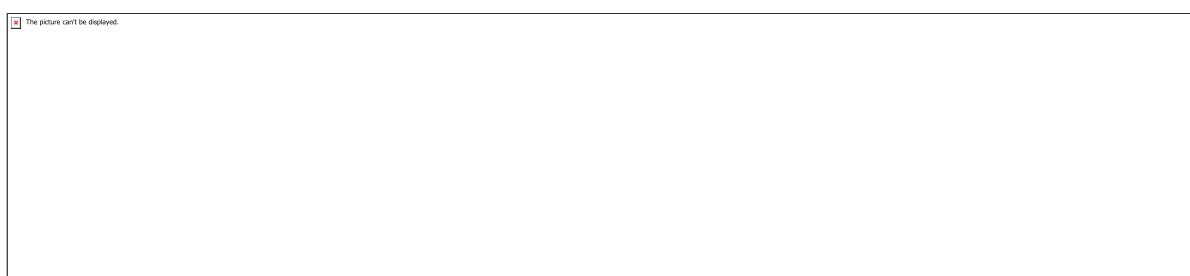


Tabela 5. Resultados das simulações.

CÓDIGO: ET0768

AUTOR: JULIE DA LUZ ANDRADE SILVA

ORIENTADOR: VANESSA BECKER

TÍTULO: Qualidade da disponibilidade hídrica frente aos eventos extremos na região semiárida.

Resumo

As mudanças climáticas estão associadas às atividades humanas. Se as tendências de crescimento das emissões se mantiverem, os modelos climáticos indicam que poderá ocorrer aquecimento até acima de 6°C até o final do século XXI. Como a região do semiárido brasileiro já apresenta dificuldades no enfrentamento de problemas relacionados à escassez hídrica, quantitativa e qualitativa, os efeitos das mudanças climáticas serão mais fortemente sentidos nesta região, em função da vulnerabilidade de boa parte da população aos efeitos da alteração da disponibilidade hídrica. Com isso, esse trabalho busca avaliar a intensificação da degradação da qualidade da disponibilidade hídrica nos mananciais da região do semiárido brasileiro, frente aos impactos de eventos climáticos e hidrológicos extremos como seca prolongada. Para isso, foram monitorados quatro mananciais potiguar e, realizado uma análise descritiva multivariada das variáveis limnológicas, a fim de verificar as principais tendências de ordenação das variáveis limnológicas dos mananciais. No geral, percebe-se que esses mananciais se encontram favoráveis à floração de cianobactérias potencialmente tóxicas, podendo implicar em danos à saúde da população, uma vez que esses mananciais são utilizados para usos múltiplos. Verificou-se que os quatro reservatórios em monitoramento sofrem problemas relacionados à escassez hídrica, implicando que essa região sentirá mais fortemente os efeitos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: efeito estufa, limnologia, semiárido, crise hídrica, eutrofização.

TITLE: Quality of water availability in the face of extreme events in the semiarid region

Abstract

Climate change is associated with human activities. If emissions growth trends continue, climate models indicate that warming may occur up to 6°C by the end of the XXI century. As the Brazilian semiarid region already has difficulties in coping with problems related to quantitative and qualitative water scarcity, the effects of climate change will be more strongly felt in this region, due to the vulnerability of a large part of the population to the effects of changing water availability. . With this, this work seeks to evaluate the intensification of the degradation of the quality of water availability in the springs of the Brazilian semiarid region, in view of the impacts of extreme climatic and hydrological events such as prolonged drought. For this, four potiguar water sources were monitored and a multivariate descriptive analysis of the limnological variables was performed to verify the main ordering trends of the limnological variables of the water sources. In general, it is clear that these springs are favorable to the flowering of potentially toxic cyanobacteria, which may cause damage to the health of the population, since these springs are used for multiple uses. The four monitoring reservoirs were found to suffer

from water scarcity problems, implying that this region will feel the effects of climate change more strongly.

Keywords: greenhouse effect, limnology, semiarid, water crisis, eutrophication

Introdução

As mudanças climáticas estão associadas às atividades humanas com o aumento da emissão de gases de efeito estufa, de queimadas, desmatamento, formação de ilhas urbanas de calor, etc (Nobre et al., 2007). Segundo o IPCC 2013 (Intergovernmental Panel on Climate Change), suportado pelo World Meteorological Organization (WMO), se as tendências de crescimento das emissões se mantiverem, os modelos climáticos indicam que poderá ocorrer aquecimento até acima de 6°C em algumas regiões do globo até o final do século XXI.

Regiões áridas e semiáridas, incluindo o nordeste brasileiro, sofrerão com a escassez de água. De uma forma geral, os impactos envolverão o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo e intensificação da variabilidade climática associada a eventos El Niño/La Niña em função do aumento do efeito estufa (Nobre et al., 2007).

Características das regiões semiáridas como a intermitência dos rios, a seca prolongada e as altas taxas de evaporação tendem a aumentar os níveis de nutrientes e o tempo de residência da água dos mananciais, favorecendo a condição eutrófica e a inviabilização do uso destes para as atividades humanas (Medeiros et al., 2015). O aumento na temperatura e diminuição na precipitação para região resultaria em um decréscimo de fluxo de água no bioma Caatinga, o que diminui a entrada de energia e matéria do ecossistema terrestre para o aquático e aumenta a heterogeneidade espacial. Sendo assim, mudanças diretas e indiretas nos ciclos biogeoquímicos também são esperadas devido ao aumento na temperatura da água, menor entrada de nutrientes do sistema terrestre, menor conectividade e isolamento dos sistemas aquáticos e suas comunidades (Roland et al., 2012).

Ainda para região do semiárido, as altas temperaturas e baixa precipitação pode resultar em um aumento na eutrofização e salinização das águas superficiais e como consequência o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias (Bouvy et al., 2000; Brasil et al., 2015; Medeiros et al., 2015), tornando as águas impróprias para o consumo e irrigação. Como a região do semiárido brasileiro já apresenta dificuldades no enfrentamento de problemas relacionado à escassez hídrica, quantitativa e qualitativa, os efeitos das mudanças climáticas serão mais fortemente sentidos nesta região, em função da vulnerabilidade de boa parte da população aos efeitos da alteração da disponibilidade hídrica.

Com tudo, o trabalho visa avaliar a intensificação da degradação da qualidade da disponibilidade hídrica nos mananciais da região do semiárido brasileiro, frente aos impactos de eventos climáticos e hidrológicos extremos como seca prolongada. Além de contribuir para o entendimento das possíveis alterações na dinâmica trófica nos ambientes estudados e seus reflexos na qualidade da água dos mananciais em eventos hidrológicos extremos.

Metodologia

A área de estudo será a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu (Situada na região semiárida do Nordeste brasileiro, entre as coordenadas geográficas $38^{\circ}75'$ e $36^{\circ}17'$ de longitude oeste e $5^{\circ}06'$ e $7^{\circ}83'$ de latitude sul. A bacia possui área de drenagem de 43.683 km² que está parcialmente inserida nos Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%). Os mananciais que serão estudados pertencem ao Rio Grande do Norte (Dourado, Cruzeta, Passagem das Traíras, e Boqueirão de Parelhas) e possuem histórico de eutrofização e florações recorrentes de cianobactérias potencialmente tóxicas (Brasil et al., 2015; Medeiros et al., 2015).

Para a coleta das amostras no perfil vertical as amostras serão integradas no epilímnio. Serão analisados a transparência da água, temperatura da água, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica, pH, fósforo total (PT), nutrientes dissolvidos (nitrato, amônia, fósforo solúvel reativo (FRD)) e clorofila a. As variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, pH e condutividade serão avaliadas através da Sonda multi-paramétrica. A transparência da água será avaliada através do disco de Secchi. Para as amostras de nutrientes será utilizada garrafa de Van Dorn.

Para análise dos nutrientes totais, fósforo e clorofila a seguirão padrão APHA (2005). Para as análises de nutrientes dissolvidos inorgânicos as amostras inicialmente serão filtradas em filtros de fibra de vidro 0.45 µm. O fósforo solúvel reativo será medido através de espectrofotometria (Murphy & Riley, 1962), nitrato através do método de Wood et al. (1967; modified by Aminot & Chaussepied, 1983), amônio pelo método Solorzano (1969).

Posteriormente será realizada uma análise descritiva multivariada das variáveis limnológicas (Análise de Componentes Principais - PCA) através do programa PC-ORD v.6 (McCune e Mefford, 2011), a fim de verificar as principais tendências de ordenação das variáveis limnológicas dos mananciais.

Resultados e Discussões

A análise de componentes principais (PCA) de Boqueirão e Passagem das Traíras, com dez variáveis limnológicas, explicou 66,7% dos dados (eixo 1: 45,3%; eixo 2: 21,4%). Em relação ao eixo 1 as variáveis mais importantes foram: transparência da água (0,85), temperatura da água (-0,84), condutividade (-0,93), fósforo total (-0,86) e fósforo solúvel reativo (-0,88). Para o eixo 2, as variáveis mais importantes na ordenação foram: pH (0,74), oxigênio dissolvido (0,78), turbidez (0,80) e nitrato (0,58). O eixo 1 apresentou uma tendência de separação dos reservatórios por seu estado trófico, onde no lado positivo do eixo está o reservatório menos eutrofizado (Boqueirão de Parelhas) com maior transparência e no lado negativo do eixo as unidades amostrais do reservatório mais eutrofizado (Passagem das Traíras) com maior concentração de fósforo e elevada condutividade e temperatura (gráfico 1).

Gráfico 1: Análise de Componentes Principais (PCA) dos reservatórios de Boqueirão de Parelhas e Passagem das Traíras.

É possível observar no gráfico 2 que, após um certo período de escassez hídrica, o reservatório de Cruzeta voltou a recuperar seu volume no mês de maio, assim como Dourado, que logo no mês seguinte também voltou a encher devido às precipitações ocorrentes nos meses anteriores. Sabe-se que a região do semiárido conta com uma extrema irregularidade temporal e espacial das chuvas, havendo um curto período chuvoso de fevereiro a maio, e demais meses marcados por escassez de chuva. Por causa disso, houve uma certa diminuição de volume em Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas entre agosto de 2018 e janeiro de 2019.

Gráfico 2: Volume mensal (m³) dos reservatórios do semiárido potiguar (Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras, Cruzeta e Dourado).

As altas temperaturas juntamente com a baixa precipitação podem resultar em um aumento na eutrofização das águas superficiais e, como consequência, o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias, que já é usualmente reportada (Huszar et al., 2000; Bouvy et al., 2000; Brasil, 2011; Medeiros, 2013). Diante disso, vê-se, no geral, que os meses mais secos, nos quais os reservatórios alcançaram volumes inferiores, o teor de clorofila-a foi mais elevado (gráfico 3).

Gráfico 3: Teor de clorofila (µg.L⁻¹) dos reservatórios do semiárido potiguar (Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras, Cruzeta e Dourado)

O período de escassez hídrica acarreta a diminuição do nível d'água dos reservatórios que, associado com altas temperaturas e alto tempo de residência da água, intensifica a acumulação e concentrações de nutrientes (gráfico 4) e aumenta os valores de condutividade (gráfico 5), levando a eutrofização e consequente degradação da qualidade da água (Barbosa et al., 2012, Beklioglu et al., 2007; Jeppesen et al., 2015).

Gráfico 4: Concentração de fósforo total mensal (µg.L⁻¹) dos reservatórios do semiárido potiguar (Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras, Cruzeta e Dourado).

Gráfico 5: Condutividade mensal (µS.cm⁻¹) dos reservatórios do semiárido potiguar (Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras, Cruzeta e Dourado).

É perceptível que, nos meses onde as chuvas estão normalmente concentradas, os valores de turbidez foram mais elevados (gráfico 7) e a transparência da água sofre redução (gráfico 6). Em geral, matéria particulada inorgânica carreada da bacia de drenagem é uma importante fonte de turbidez abiógênica em ambientes aquáticos de regiões semiáridas (Thornton & Rast 1989), onde solos com baixa concentração de matéria orgânica são suscetíveis à erosão, como é o caso do semiárido potiguar.

Gráfico 6: Secchi mensal (m) dos reservatórios do semiárido potiguar (Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras, Cruzeta e Dourado).

Gráfico 7: Turbidez mensal (NTU) dos reservatórios do semiárido potiguar (Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras, Cruzeta e Dourado).

Conclusão

No geral, percebe-se o comprometimento da qualidade da água dos corpos aquáticos em estudo. Assim como, estão totalmente favoráveis a floração de cianobactérias potencialmente tóxicas, podendo implicar em potenciais danos à saúde da população, uma vez que esses mananciais são utilizados para usos múltiplos, como o abastecimento doméstico, pesca e lazer.

Verificou-se que os quatro reservatórios do semiárido potiguar em monitoramento sofrem problemas relacionados à escassez hídrica, tanto quantitativamente (como é o caso de Cruzeta e Dourado) como qualitativamente (como ocorre com Passagem das Traíras e Boqueirão de Parelhas). Por causa disso, essa região poderá sentir mais fortemente os efeitos das mudanças climáticas, em função da vulnerabilidade de uma parcela da população aos efeitos da alteração da disponibilidade hídrica.

Referências

- APHA, A. (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation.
- Bouvy, M., Falcão, D., Marinho, M., Pagano, M., & Moura, A. (2000). Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*, 23(1), 13-27.
- BRASIL, J. 2011. Ecologia do fitoplâncton em reservatórios do semi-árido brasileiro: da abordagem funcional da comunidade à variabilidade intra-específica. Rio de Janeiro, 2011. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 140 p.
- Brasil, J., Attayde, J. L., Vasconcelos, F. R., Dantas, D. D., & Huszar, V. L. (2015) Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia*.
- Costa, IAS., Cunha, SRS., Panosso, R., Araújo, MFF., Melo, JLS. & Dkinazi-Sant'anna, EM. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecol. Bras.*, 13(2): 382-401, 2009.
- Gomes, S. S. (2019). Alteração do estado trófico durante um evento de seca prolongada e seus impactos na biomassa algal de um manancial tropical da região semiárida. Dissertação (mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Huszar, V.L.M.; Silva, L.H.S.; Marinho, M.M.; Domingos, P.; Sant'anna, C.L. 2000. Cyanoprokariota assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, 424: 67-77.
- IPPC (2013) Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J., Fichefet, T., Friedlingstein, P., ... & Wehner, M. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York.

MEDEIROS, L.C. 2013. O efeito hidrológico do seminário na composição de espécies durante dominância de cianobactérias em um reservatório tropical. Natal, 2013. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 44p.

Nobre, C. A., Sampaio, G., & Salazar, L. (2007). Mudanças climáticas e Amazônia. Ciência e Cultura, 59(3), 22-27.

McCune, B. & Mefford, M. J. 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. version 3.0. MjM Software Design, Oregon.

Medeiros, L.C., Mattos, A., Lurling, M. & Becker, V. (2015). Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. Aquatic Ecology, 49, 293-307.

Mullin, J., & Riley, J. P. (1955). The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. Analytica chimica acta, 12, 162-176.

Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica chimica acta, 27, 31-36.

Roland, F., Huszar, V.L.M., Farjalla, V. F., Enrich-Prast, A., Amado, A. M., & Ometto, J.P.H.B. (2012). Climate change in Brazil: perspective on the biogeochemistry of inland waters. Brazilian Journal of Biology, 72(3), 709-722.

Solorzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method 1 1 This research was fully supported by US Atomic Energy Commission Contract No. ATS (11-1) GEN 10, PA 20. Limnology and oceanography, 14(5), 799-801.

Sousa, W., Attayde, JL., Rocha, ES. & Eskinazi-Sant'anna, EM. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. Journal of Plankton Research volume 30 number 6 pages 699–708, 2008.

Thornton, J.A. & Rast, W. 1993. A test of hypotheses relating to rhe comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. Pp.1-24. In: M. Straskabra, J.G. Tundisi & A. Duncan (Eds). Comparative Reservoir Limnology on water Quality Management. 291p.

Thornton, J.A. & Rast, W. 1989. Preliminary observations on nutrient Enrichment of semi-arid Mamed Lakes in the Northern end Southern Hemispheres. Lake and Reservoir Management 5: 59-66.

Anexos

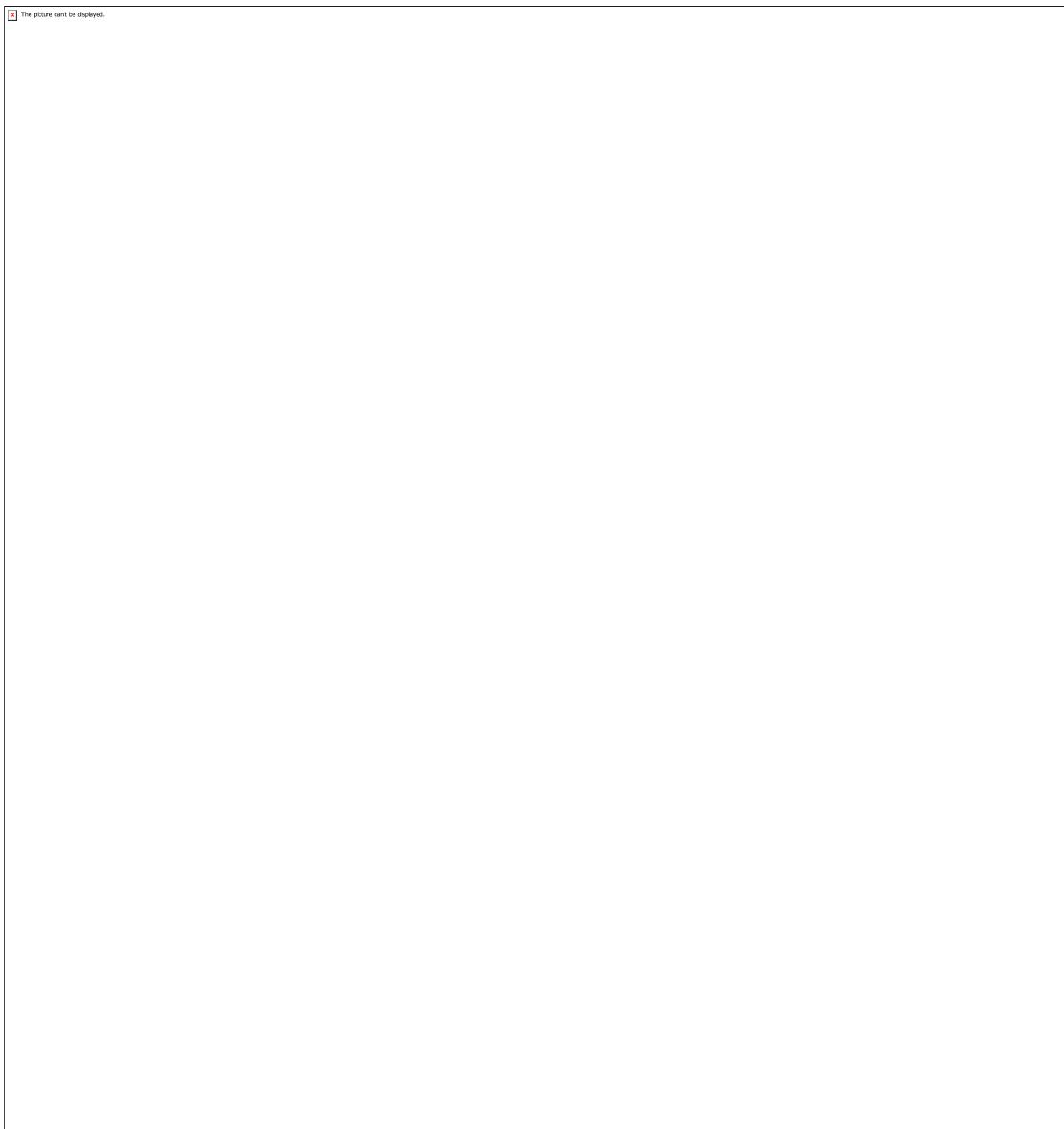


grafico 1

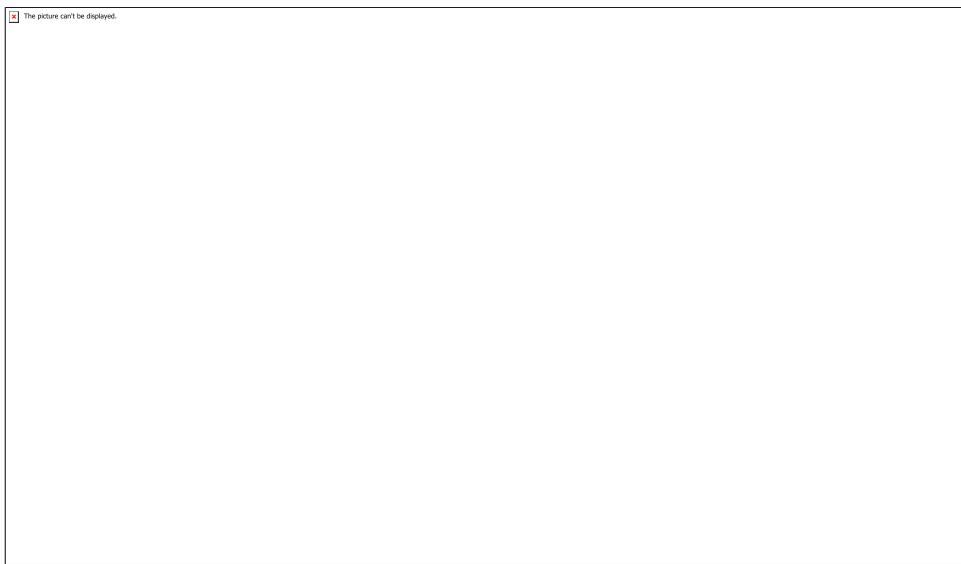


grafico 2

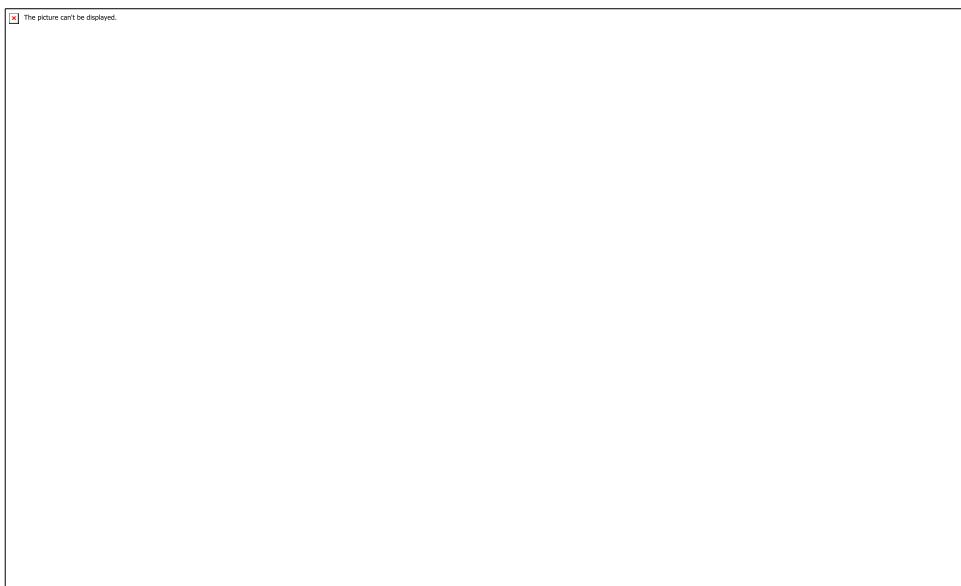


grafico 3

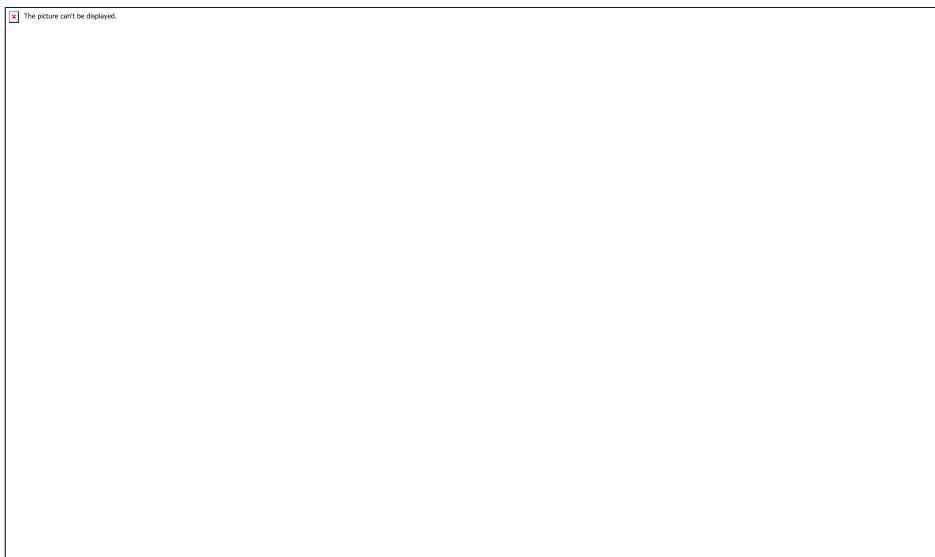


grafico 4

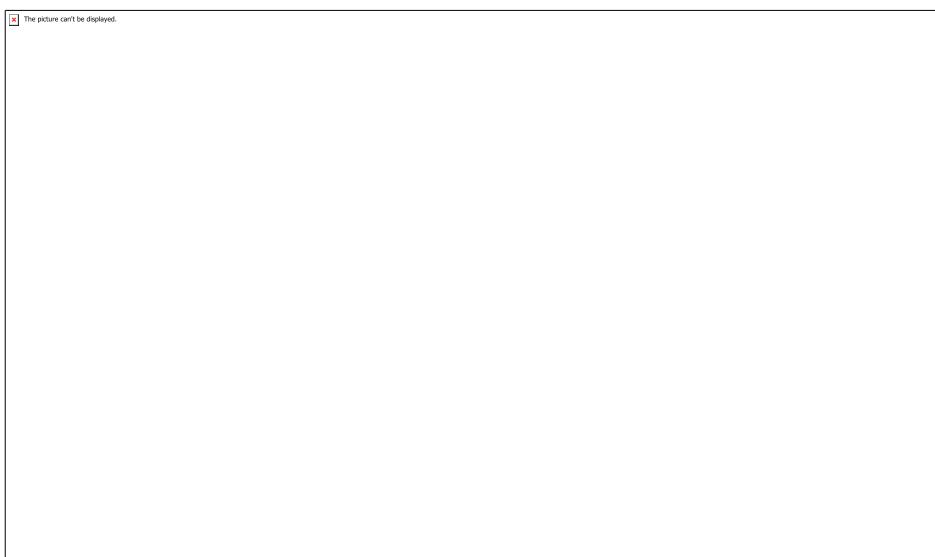


grafico 5

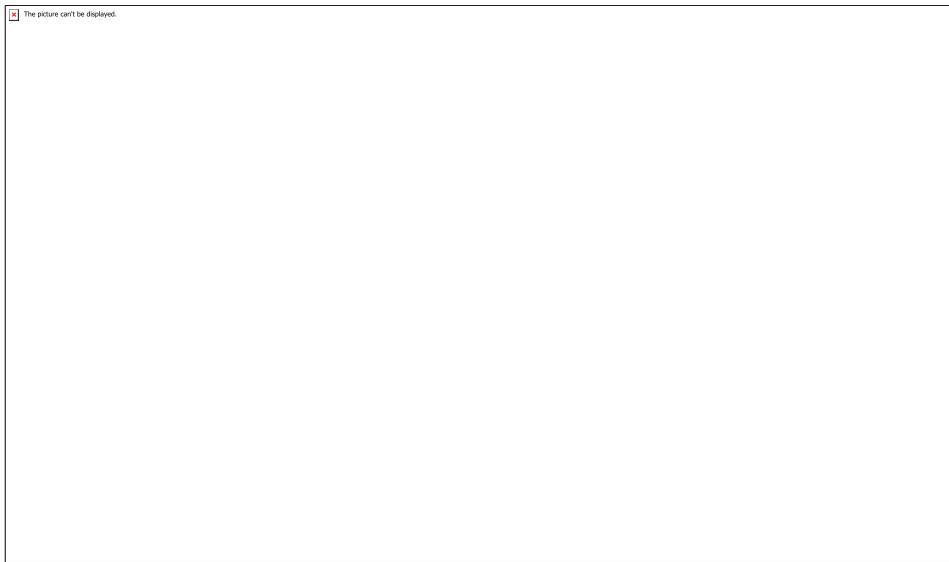


grafico 6

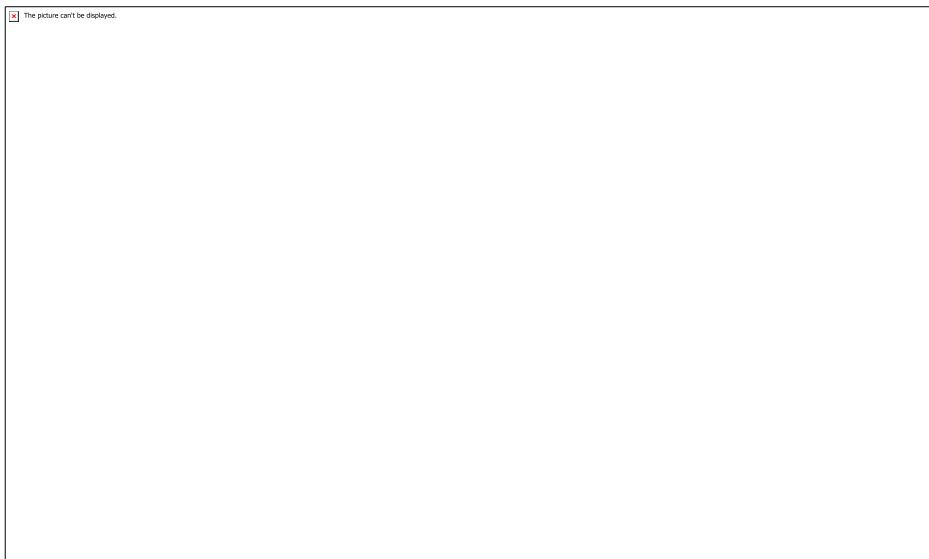


grafico 7

CÓDIGO: ET0773

AUTOR: VIVIAN KARINE DA SILVA COSTA

ORIENTADOR: ROGERSON RODRIGUES FREIRE RAMOS

TÍTULO: Produção de Mantas Multicamadas, Dupla Face com Propriedades Superabsorvente e Capacidade de Retenção de Líquidos

Resumo

A incontinência urinária é a perda involuntária da urina e que atinge pessoas de ambos os sexos em diferentes faixas etárias. É uma condição que afeta a qualidade de vida, comprometendo o bem-estar físico, psicológico e social. Pessoas que sofrem de incontinência urinária ou distúrbios semelhantes procuram aderir peças íntimas com maior durabilidade, visando o conforto seja ele físico ou social. Esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de mantas não-tecidas multicamadas a partir de nanofibras obtidas pela técnica de fiação por sopro em solução com propriedades que visam a necessidade desses portadores.

Palavras-chave: Incontinência urinária; nanofibras; fiação por sopro em solução.

TITLE: Production of multi-layer, double sided blankets with superabsorbent properties and liquid holding capacity

Abstract

Urinary incontinence is the involuntary loss of urine that affects people of both sexes in different age groups. It is a condition that affects the quality of life, compromising the physical, psychological and social well-being. People suffering from urinary incontinence or similar disorders seek to adhere to longer lasting underwear for comfort whether physical or social. This research has as objective the development of multilayer nonwoven blankets from nanofibers obtained by the blow spinning technique in solution with properties that aim the necessity of these carriers.

Keywords: Urinary incontinence; nanofibers; solution blow spinning.

Introdução

A nanotecnologia está em crescente desenvolvimento, estando presente em diversas áreas de estudo. Com este crescimento é possível obter fibras nanométricas de grande importância devido ao seu elevado potencial. Uma técnica utilizada para produzir essas nanofibras é a de fiação por sopro em solução, pois apresenta alta taxa de produtividade sem a necessidade de alta voltagens o que reduz o consumo de energia, capaz também de produzir fibras em escala comercial. Na indústria têxtil as nanofibras podem ter diversas aplicações, dentre elas a elaboração de camadas não-tecidas com propriedades de superabsorvencia, que sejam duráveis, laváveis e não descartáveis, tendo uma consolidação térmica que evita vazamentos para fora do vestuário, alinhando conceitos atuais de vestuário inclusivo e sustentabilidade, reconhecendo as necessidades e a busca por maior conforto físico e psicosocial para aqueles que são portadores de distúrbios como a incontinência urinária. Dessa forma, a partir de soluções poliméricas pode-se obter amostras de mantas não tecidas pela técnica de solução por sopro em solução relacionando análises térmicas por DSC, DRX, MEV e

ângulo de contato para a caracterização das fibras a partir de suas características estruturais e capacidade de absorção e retenção de líquidos. A propriedade de superabsorvência está relacionada a capacidade de absorção de água dos fios presentes por capilaridade devido à alta área superficial, porosidade e conectividade entre poros.

Metodologia

Baseado em estudos e planejamentos experimentais, a presente pesquisa avalia a capacidade de absorção das mantas e os fatores significativos para o controle e otimização de processos. As amostras serão produzidas no aparato de Fiação Por Sopro em Solução do Laboratório de fiação do departamento de Engenharia Têxtil/CT/UFRN com as seguintes configurações:

- Preparo de soluções: Soluções poliméricas serão preparadas em clorofórmio sob branda agitação de barra magnética por 1 h à temperatura ambiente, com concentrações de 10 % (m/v) para o PLA e 20 % para o PCL.
- Sistema de ejeção: Serão utilizados três bicos, com mesma geometria e dimensões, para alimentação das soluções poliméricas, todos inseridos em um único bico externo alimentado com ar comprimido.
- Sistema de coleta das fibras: O sistema de coleta utilizado consiste em um alvo intermediário cônico com rotação constante para alinhamento e orientação das fibras, seguido de uma tela parabólica para armazenamento (estática), alinhados ao eixo central dos multibicos
- Consolidação térmica: A consolidação térmica é realizada em estufa no LABTEX com temperaturas variando entre 60 e 130°C durante 3 min.
- Difração de raios X: O efeito do tratamento térmico na estrutura cristalina das fibras é avaliado a partir da técnica de DRX utilizando um difratômetro Shimadzu XRD6000. São recortadas a partir do tubo amostras com 20 x 20 mm, e aplicadas varreduras de 5 a 60° (θ) a uma velocidade de 2°/min. A fonte de radiação utilizada é o cobre ($\lambda = 0,154$ nm) com filtro de níquel.
- Análise exploratória diferencial: Análises de DSC são realizadas em um equipamento TA60 da Shimadzu em atmosfera de nitrogênio a um fluxo de 50 ml/min com amostras entre 6 e 8 mg, com duas corridas da temperatura ambiente à 200 °C a uma taxa de aquecimento e resfriamento de 5 °C/min para todas as amostras, para cada tratamento térmico.
- Microscopia Eletrônica de Varredura: O diâmetro médio e dispersão de diâmetros das fibras são observados utilizando um microscópio eletrônico de varredura modelo Leo 1430 da Zeiss, com as amostras previamente metalizadas com duas camadas de ouro num “Sputter Coater” (plasma de argônio) da Emitech modelo KSSOX, durante 90 s. As medidas são realizadas com o auxílio do software analisador de imagens “Image J”, National Institutes of Health, USA. São efetuadas 100 medidas aleatórias de três diferentes regiões, totalizando 300 medidas para cada amostra.
- Ângulo de contato: A análise do ângulo de contato médio entre uma gota de aproximadamente 10 μ l de água desionizada e a superfície interna e externa das mantas são realizadas em um goniômetro (Attension Theta Lite, FI-0230 Espoo, Finland).
- Teste de absorção: São realizadas análises da capacidade de absorção a partir de pesagens em condições controladas com amostras secas e intumescidas com água.

Resultados e Discussões

Como o laboratório estava em reforma não foi possível obter resultados satisfatórios, devido a sua estrutura e consequentemente a falta de materiais. Assim, foi feito o levantamento bibliográfico relacionado ao tema da pesquisa. No entanto com a finalização das reformas, será possível dar continuidade nas pesquisas, realizando ainda nesse semestre, a produção de amostras referente ao tema da pesquisa levando em consideração o conhecimento adquirido.

Conclusão

De acordo com os estudos realizados até o momento pode-se concluir que há viabilidade e estratégia em relação a técnica utilizada para formar camadas não tecidas bem como suas propriedades. O potencial das nanofibras utilizadas na aplicação das mantas multicamadas, principalmente a respeito da superabsorvencia e durabilidade, é de grande significância para compor as peças intimas daqueles que sofrem de incontinência urinaria.

Referências

Medeiros, E. S.; Glenn, G. M.; Klamczynski, A. P.; Orts, W. J.; Mattoso, L. H. C. Solution blow spinning: A new method to produce micro- and nanofibers from polymer solutions. *J. Appl. Polym. Sci.* 2009, 113, 2322–2330. Silva, E.; de Vasconcellos, L. M. R.; Rodrigues, B. V. M.; dos Santos, D. M.; Campana-Filho, S. P.; Marciano, F. R.; Webster, T. J.; Lobo, A. O. PDLLA honeycomb-like scaffolds with a high loading of superhydrophilic graphene/multi-walled carbon nanotubes promote osteoblast in vitro functions and guided in vivo bone regeneration. *Mater. Sci. Eng. C* 2016. Montini Ballarin, F.; Caracciolo, P. C.; Blotta, E.; Ballarin, V. L.; Abraham, G. A. Optimization of poly(l-lactic acid)/segmented polyurethane electrospinning process for the production of bilayered small-diameter nanofibrous tubular structures. *Mater. Sci. Eng. C* 2014, 42, 489–499. RoehrbornCG and McConnell JD: Etiology, pathophysiology, epidemiology, and natural history of benign prostatic hyperplasia. *Campell's Urology*. WB Saunders Co 2002; chapt 38, p1309.

CÓDIGO: ET0775

AUTOR: ELLEN FERNANDA SERPA DE AZEVEDO

ORIENTADOR: MARIA DEL PILAR DURANTE INGUNZA

TÍTULO: ESTUDO DE VARIÁVEIS GEOTÉCNICAS NOS REJEITOS DE MINERAÇÃO

Resumo

Tendo em vista que atrelado ao desenvolvimento econômico gerado pela indústria extractiva mineral tem-se também os impactos ambientais, o presente trabalho trata da definição de uma metodologia para determinação das características geomecânicas de um dos grupos de rejeitos produzidos pela mineração de scheelita no Estado do Rio Grande do Norte. Desta forma, o trabalho apresenta todo o procedimento em que foi estabelecido a área de estudo do projeto, bem como o ensaio de caracterização mecânica adequado a ser empregado nas amostras da região. Assim, definiu-se que a área de estudo como sendo a área geográfica correspondente ao Domínio geológico denominado Rio Piranhas, Faixa Seridó, sendo estudado os rejeitos de lavra oriundos da exploração de scheelita na mina Brejuí em Currais Novos, no qual concluiu-se que o ensaio mais adequado para ser empregado foi o de carga pontual, sugerido pela International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007), em que, para possibilitar a sua realização fez-se a adaptação da máquina universal.

Palavras-chave: Rejeitos, mina Brejuí, scheelita, carga pontual, geomecânicas.

TITLE: STUDY OF GEOTECHNICAL VARIABLES IN MINING WASTES

Abstract

Considering that the economic development derived by the mineral extraction industry also has environmental impacts, the present paper deals with the definition of a methodology to determine the geomechanical characteristics of one of the wastes types produced by scheelite mining in Rio Grande do Norte. Thus, the paper presents the entire procedure in which the project's study area was defined, as well as the appropriate mechanical characterization test to be used in the region samples. Therefore, it was defined that the study area is the geographic region corresponding with the Rio Piranhas geological domain, strip Seridó, and the mining wastes from the scheelite exploration at the Brejuí mine in Currais Novos, in which it was concluded that the most suitable test to be used was the point load test, suggested by the International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007), where the universal machine was adapted to make it possible.

Keywords: wastes, Brejuí mine, scheelita, point load test, geomechanical.

Introdução

Segundo o relatório anual de atividades do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2019), no período de julho de 2018 a junho de 2019, a indústria extractiva mineral foi responsável por cerca de 1,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro do período, o

que corresponde a um volume de divisas no valor de US\$ FOB 29,9 bilhões. Ao mesmo tempo, a utilização de técnicas que desconsideram o equilíbrio dos ecossistemas ocasiona, principalmente, alterações físicas provenientes do decapamento superficial e da disposição dos rejeitos, oriundos, principalmente, dos processos de tratamento ou beneficiamento dos minérios (IBRAM, 2016).

No Estado do Rio Grande do Norte (RN), a região do Seridó é uma área rica em reservas minerais, nas quais se destacam o caulim, o calcário, o minério de ferro, o feldspato e a scheelita (DNPM, 2010).

Desde 1943, a mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos, realiza a exploração de scheelita visando a obtenção do tungstênio, no qual consiste em uma das matérias-primas para produção de ligas metálicas, filamentos de lâmpadas, equipamentos de raio-x, etc. A extração e o beneficiamento da scheelita produzem uma grande quantidade de resíduos, passíveis de serem reutilizados (GERAB, 2014).

Tais fatores, associados a crescente consciência de manejo adequado dos recursos naturais, demonstram a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento dos resíduos gerados, bem como do aprimoramento dos processos produtivos de modo que forneçam o maior benefício das reservas exploradas e, ao mesmo tempo, disponham de menor impacto ambiental, afim de se criar uma mineração “verde”.

Assim, o objetivo deste trabalho é a definição de uma metodologia para determinação das características geomecânicas de um dos grupos de rejeitos produzidos pela mineração do RN. Desta forma, pretende-se determinar, dentre outros fatores; (i) a escolha da área de estudo; (ii) definição do(s) ensaio(s) para determinação das características geomecânicas dos resíduos.

Metodologia

2. 1 ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

A escolha da área de estudo do projeto de pesquisa foi fundamentada nas informações disponibilizadas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico do RN (SEDEC-RN), no que se refere a minérios estratégicos para o crescimento econômico do estado, bem como nos resultados de trabalhos científicos realizados na região do Seridó, os quais confirmam a viabilidade da incorporação dos rejeitos de mineração como material na construção civil. Desse modo, a área de estudo definida para o presente projeto de pesquisa foi a área geográfica correspondente ao Domínio geológico denominado Rio Piranhas, Faixa Seridó (Figura 1).

O Domínio geológico Rio Piranhas apresenta uma extensa área na região central do Estado do Rio Grande do Norte, cujo embasamento é formado fundamentalmente por rochas metaplutônicas e metavulcanosedimentares, sendo que as unidades de rochas supracrustais neoproterozoicas da Faixa Seridó (FSE) predominam na secção leste do referido domínio (CPRM, 2006). Destaca-se também a Formação Jucurutu (Figura 2) com relevantes depósitos ferruginosos atualmente em vias de exploração.

Dentre os depósitos em exploração na área de estudo, tem-se a mina Brejuí, na qual seu principal minério explorado é a scheelita pelo método de extração de lavra subterrânea, sendo considerada, atualmente, a maior mina de scheelita da América do Sul (MINERAÇÃO TOMAZ SALUSTINO S.A., 2019). Dos rejeitos gerados pela exploração tem-se: os finos e grossos, oriundos do beneficiamento ou tratamento da scheelita; e os fragmentos rochosos, oriundos da lavra de exploração, sendo o mesmo o objeto de estudo desta pesquisa.

2.2. PESQUISA SOBRE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO

Diante deste cenário, foi feito um levantamento de quais ensaios poderiam caracterizar mecanicamente e fisicamente fragmentos rochosos, sendo observado o órgão certificador do método, se nacional ou internacional, a quantidade de informações obtidas, bem como as complexidades para a realização dos procedimentos laboratoriais.

Resultados e Discussões

3. 1 COLETA DE AMOSTRAS

Nesta pesquisa foram coletadas amostras durante o primeiro semestre de 2019 dos resíduos provenientes da exploração de scheelita, mediante visita de campo na mina Brejuí da empresa Mineração Tomaz Salustino S/A, localizada no município de Currais Novos, RN.

As amostras foram retiradas das pilhas de rocha que ficam a céu aberto (Figura 3) distribuídas ao longo de vários pontos da mina, nas quais são compostas por rochas características da região e resíduos de lavra de exploração, o que acaba conferindo um aspecto irregular à superfície dos fragmentos rochosos.

Na Figura 4 está o primeiro grupo de amostras que foram coletados em campo. É possível perceber que os fragmentos rochosos são heterogêneos, apresentando superfícies bastante irregulares, com proporções geométricas variáveis, dispondendo de coloração branca, alaranjada e cinza, sendo a última predominante. Essa variação é explicada pela presença de rochas metamórficas na área, nas quais são constituídas por gnaisses, calcário e tactitos.

A Figura 5 apresenta o segundo grupo de amostras, em que a diferença em relação ao primeiro grupo é apenas o tamanho.

3.2 DETERMINAÇÃO DO ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

Devido as superfícies das amostras serem irregulares, dos ensaios que foram estudados, o ensaio de caracterização mecânica mais adequado para ser empregado foi o de carga pontual, sugerido pela International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007), uma vez que era o único que possibilitava a determinação da resistência à compressão de amostras de rochas irregulares a partir da determinação do índice de carga pontual. Sendo assim, para o presente estudo, este foi o ensaio escolhido.

De acordo com o método, as amostras de rocha com superfícies irregulares, devem apresentar comprimento de 50 ± 35 mm e relação D/W entre 0.3 e 1.0 (sendo preferível que o valor encontre-se próximo à 1.0), onde D é a distância entre as prensas que irão fazer a aplicação da carga pontual e W é a largura do fragmento rochoso obtido pela média aritmética da largura superior da menor face (W1) e a largura inferior da menor face (W2); e com distância L de, pelo menos, 0.5W, conforme mostra a Figura 6 abaixo:

No caso de amostras in situ que não apresentam essas proporções, situação em estudo, é permitido que as amostras sejam moldadas com serra ou cinzel. Vale ressaltar, que, para o método, uma amostra corresponde a um total de dez fragmentos rochosos, em que todos devem atender as medidas geométricas já mencionadas, onde, para garantir a representatividade, é necessário que sejam realizados, no mínimo, ensaios com dez amostras ou mais, no caso de amostras heterogêneas ou anisotrópicas. Assim, apesar das rochas em estudo não serem muito heterogêneas, foram consideradas dez amostras.

Podendo o ensaio de carga pontual ser diametral ou axial, em estado saturado ou insaturado, como as amostras deste estudo apresentam superfícies irregulares, a análise alvo é a diametral no estado insaturado, onde as mesmas devem ser submetidas a um carregamento pontual constante durante sessenta segundos, com incorporação contínua e linear, em relação ao carregamento anterior, para novo ciclo de carregamento até que ocorra a sua ruptura entre dez e sessenta segundos, durante a aplicação da carga.

Ao se analisar o maquinário para realização do ensaio, percebeu-se que não havia laboratório na região e nem mesmo a própria universidade possuía o testador de índice de carga pontual para aplicação dos carregamentos nas amostras. Sabendo que, em casos como esse, o método de ensaio de carga pontual sugerido pela ISRM (2007) permite que, sejam feitas adaptações de maquinários disponíveis, desde de que sejam atendidos algumas especificações descritas. Assim, tendo em vista que seria inviável a aquisição do equipamento, optou-se por realizar a adaptação da máquina universal (Figura 7) existente no laboratório de materiais de construção da universidade, em que se projetaram as duas ponteiras cônicas e seus respectivos encaixes.

Para o desenvolvimento do projeto mecânico das ponteiras cônicas, foram seguidas as especificações sugeridas pela ISRM (2007), nas quais são: angulação de sessenta graus; raio de cinco milímetros; aço utilizado deve ter dureza análoga ao carboneto de tungstênio ou aço temperado. Dada as especificações, o aço utilizado foi o temperado de dureza 1045 e a peça foi desenvolvida tomando como base a ponteira e o encaixe (Figura 8) já existentes para a máquina que são utilizados para os ensaios de tração, flexão, compressão e dureza.

Na Figura 9 tem-se o corte das ponteiras cônicas que foram projetadas para a máquina universal. Da Figura 9.a) tem-se que a altura da ponteira superior é de 86,8 (oitenta e seis vírgula oito) milímetros, com ângulo na ponta de 60° (sessenta graus) e raio de 5 (cinco) milímetros. Além disso, ao longo do seu comprimento, tem-se três diâmetros diferentes.

Já para a partir da Figura 9.b) tem-se que a altura, o ângulo na ponta e o raio da ponteira inferior são iguais ao da ponteira superior. Nota-se que a ponteira está fixada sob uma placa quadrada de aço que apresenta dimensões de 160x160 milímetros. Outra

diferença é que esta ponteira apresenta um único diâmetro ao longo do seu comprimento.

Conclusão

A proposta deste trabalho foi de realizar a definição de uma metodologia para determinação das características geomecânicas de rejeitos produzidos pela mineração do RN. Assim sendo, após verificação, a área de estudo definida foi a mina Brejuí, em que os objetos analisados foram os resíduos de lavra oriundos da exploração de scheelita, nos quais coletaram-se amostras durante o primeiro semestre de 2019 ao longo da própria mina. Afim de se determinar suas características mecânicas, dentre os existentes, o ensaio escolhido foi o ensaio de carga pontual de acordo com os padrões da International Society for Rock Mechanics (ISRM).

Contudo, para possibilitar a realização do ensaio em tempos futuros, tendo em vista que a aquisição do maquinário específico seria inviável, se fez necessário a adaptação do maquinário já existente no laboratório de materiais de construção, através da elaboração de duas ponteiras cônicas (atividade não prevista inicialmente durante a elaboração do presente projeto de iniciação científica).

Portanto, pode-se dizer que todos os objetivos propostos inicialmente para o presente projeto de pesquisa foram atingidos, tendo se ido além do proposto. Assim, sugere-se que os estudos sejam continuados a fim de realizar os seguintes procedimentos:

Realização do ensaio de carga pontual de acordo com método sugerido pela ISRM; Caracterização mineralógica das amostras através do estudo petrográfico; Classificação e caracterização de acordo com a NBR 10.004 e 10.007.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo fomento à pesquisa e a empresa Mineração Tomaz Salustino S/A que disponibilizou a mina Brejuí para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

- [1]. GERAB, André Tabosa Fernandes de Santa Cruz. Utilização do resíduo grosso do beneficiamento da scheelita em aplicações rodoviárias. Orientador: Maria Del Pilar Durante Ingunza. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- [2]. COLLINS R. J. and S. K. Ciesielski. Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 199, Transportation Research Board, Washington, DC, 1994.

- [3]. COLLINS, R. J. and R. H. Miller. "Utilization of Mining and Mineral Processing Wastes in the United States," Minerals and the Environment, Volume 1, No. 1, Surrey, England, April, 1979.
- [4]. COLLINS, R. J. and R. H. Miller. Availability of Mining Wastes and their Potential for Use as Highway Material, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-76-106, Washington, DC, May, 1976.
- [5]. Collings, R. K. "Current and Potential Uses for Mining and Mineral Processing Wastes in Canada: Standards," ASTM Journal of Testing and Evaluation, Vol. 12, No. 1, 1984.
- [6]. CPRM. Programa Geologia do Brasil: mapeamento geológico: integrações geológicas regionais. Recife, 2006.
- [7]. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Reservas dos principais recursos minerais do Rio Grande do Norte em 2010. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>
- [8]. HERNANDEZ, H. M. Caracterização Geomecânica de Rejeitos Aplicada a Barragens de Aterro Hidráulico. 174 p. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2002.
- [9]. INGUNZA, Maria del Pilar Durante; SANTOS JUNIOR, Olavo Francisco Do; COSTA, Cibele Gouveia. Recycling of Kaolin Processing Waste as Aggregate in Asphalt Concrete. Advanced Materials Research (Online), v. 717, p. 21-26, 2013.
- [10]. ISRM. Suggested method for determining point load strength. [S.I.], 2007.
- [11]. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Relatório anual de atividades: Julho de 2018 - Junho de 2019. [S. I.: s. n.], 2019. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/>. Acesso em: 6 ago. 2019.
- [12]. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Gestão e manejo de rejeitos da mineração. 1. ed. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/>. Acesso em: 30 jan. 2019.
- [13]. LIMA, M. S. Utilização do resíduo de caulim para uso em blocos de concreto sem função estrutural. 2005. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2005.
- [14]. LIMA, V. A., DANTAS, E. R. Construção de tijolo ecológico com rejeito oriundo do beneficiamento de caulim. In: XVI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Anais... Natal: XVI CIC, 2005.
- [15]. NEVES, P.C.P, Schenato,F e Bachi, F.A. Introdução à mineralogia pratica. 3 ed- Canoas: Ed. ULBRA, 2011, 360 p.
- [16]. ROCHA, A. K. A. Incorporação de resíduo de caulim em argamassa de alvenaria. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2005.

VARELA M. L. et al. Utilização dos resíduos proveniente da cadeia da construção civil e da indústria do beneficiamento do caulim na produção de piso cerâmico de alta qualidade. In: XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2005, Natal. Anais Natal: XXI ENTMME, 2005.

Anexos

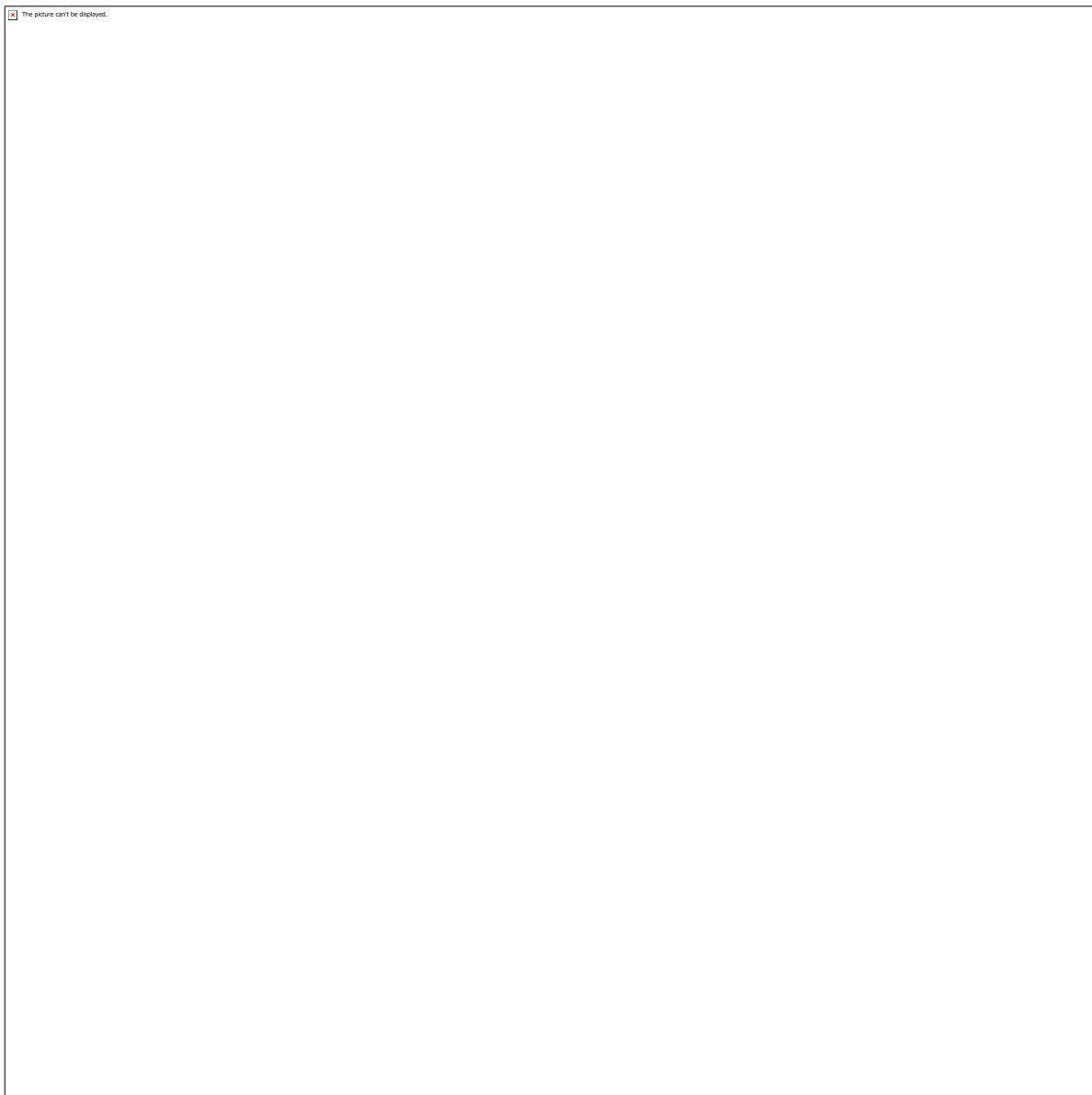


Figura 1



Figura2

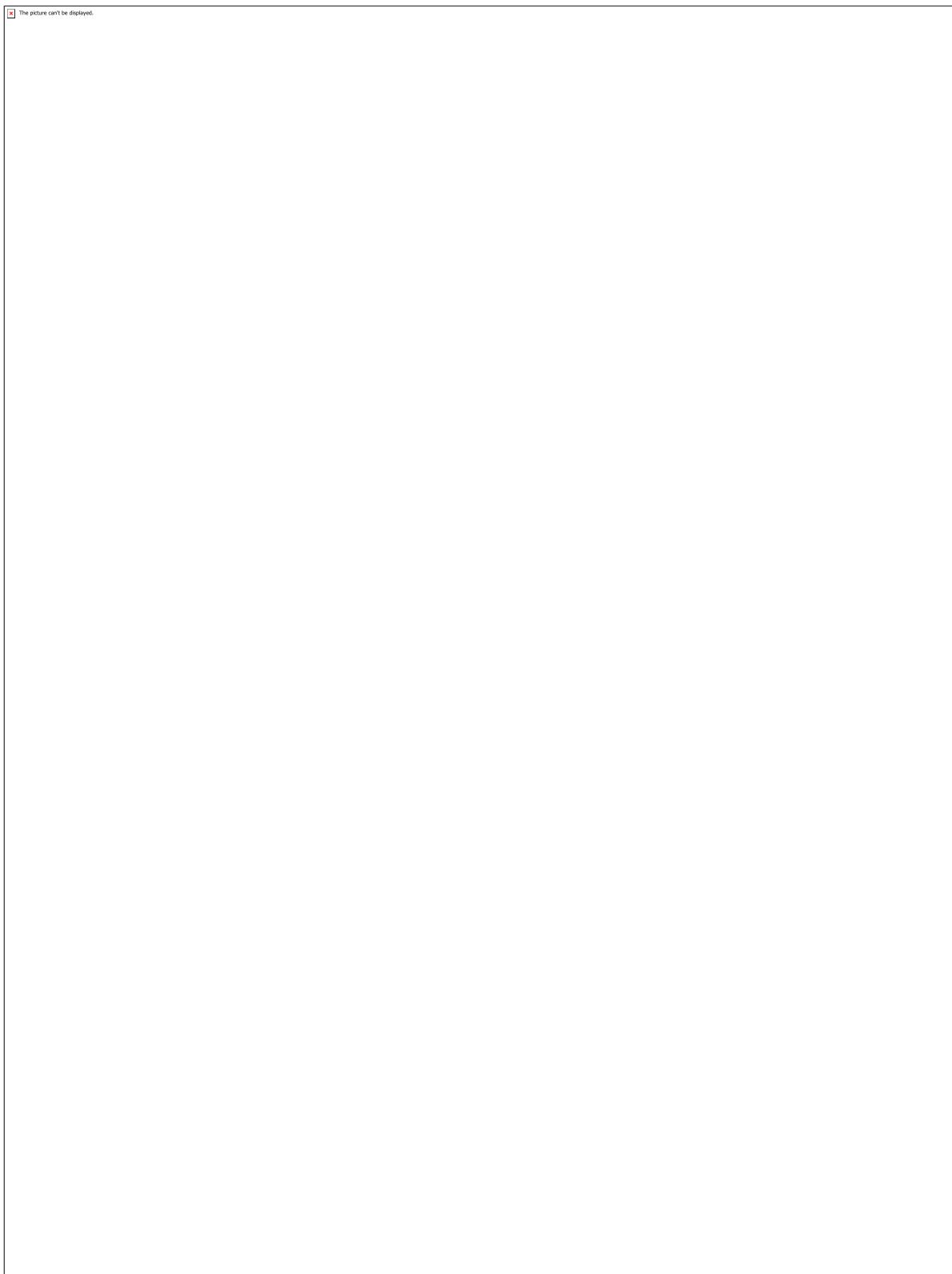


Figura 3

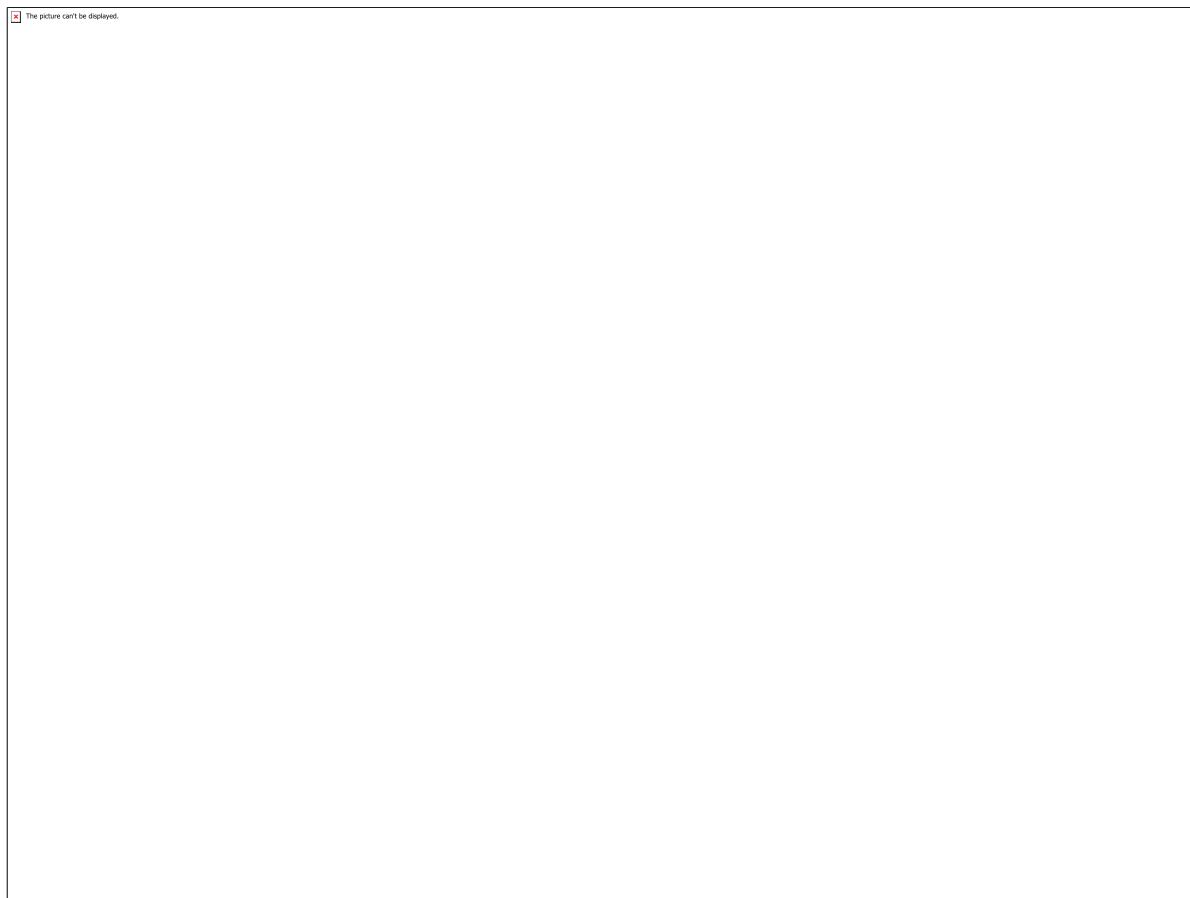


Figura 4

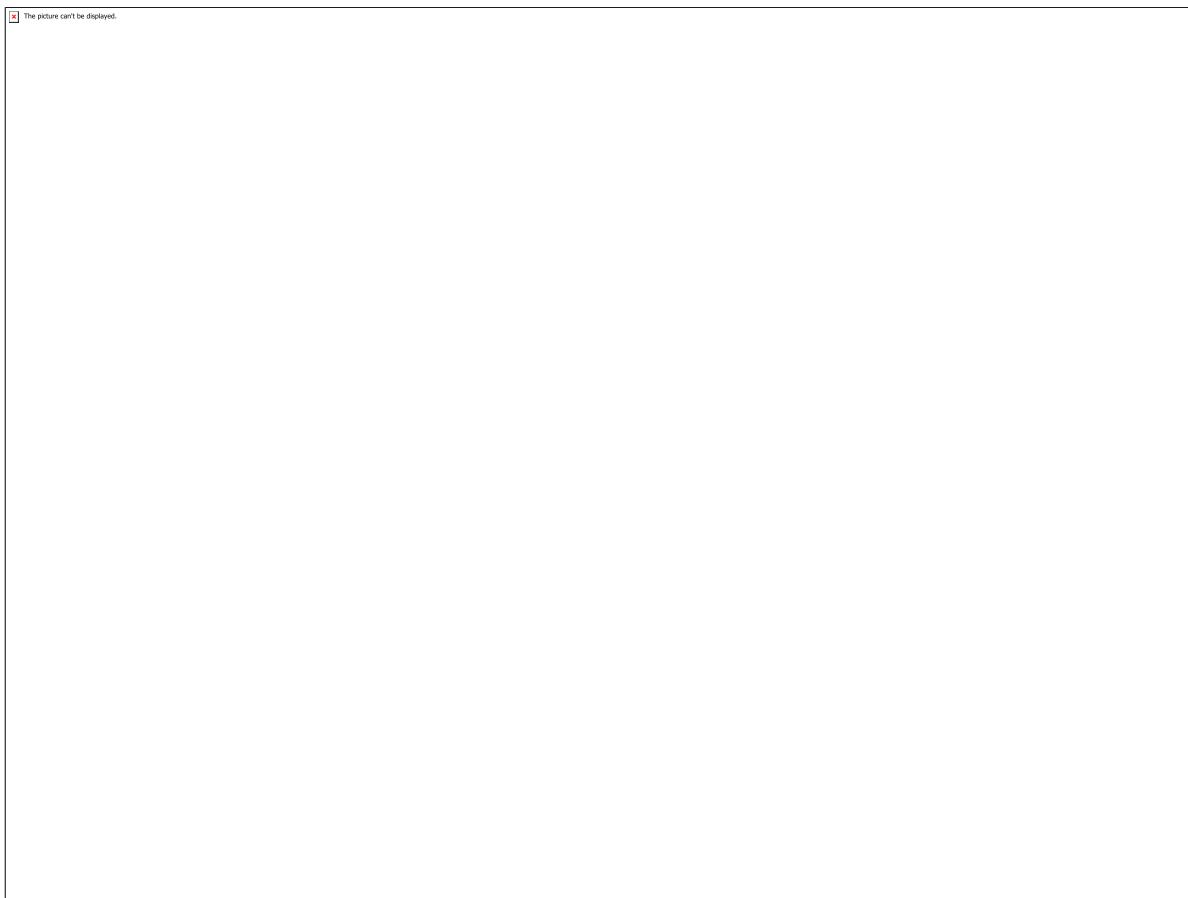


Figura 5

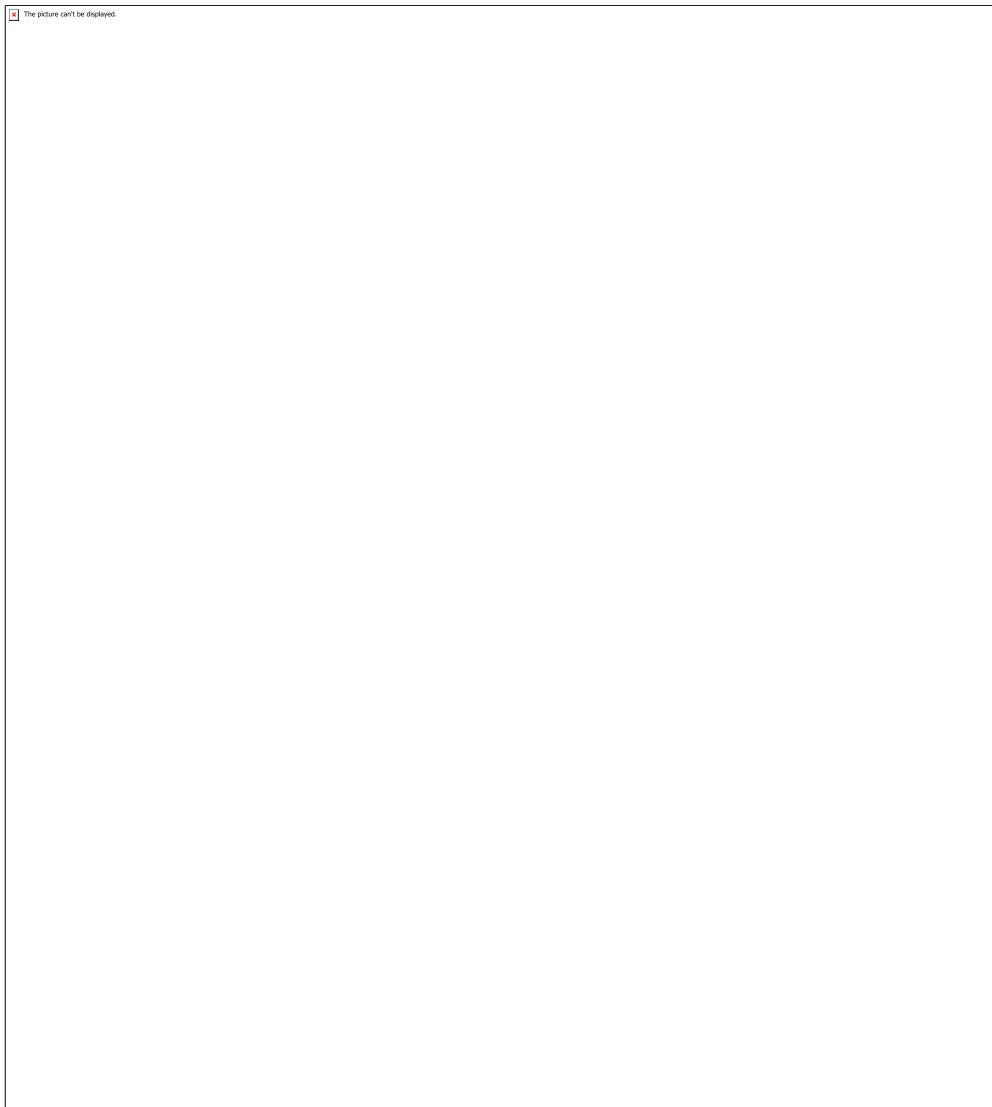


Figura 6

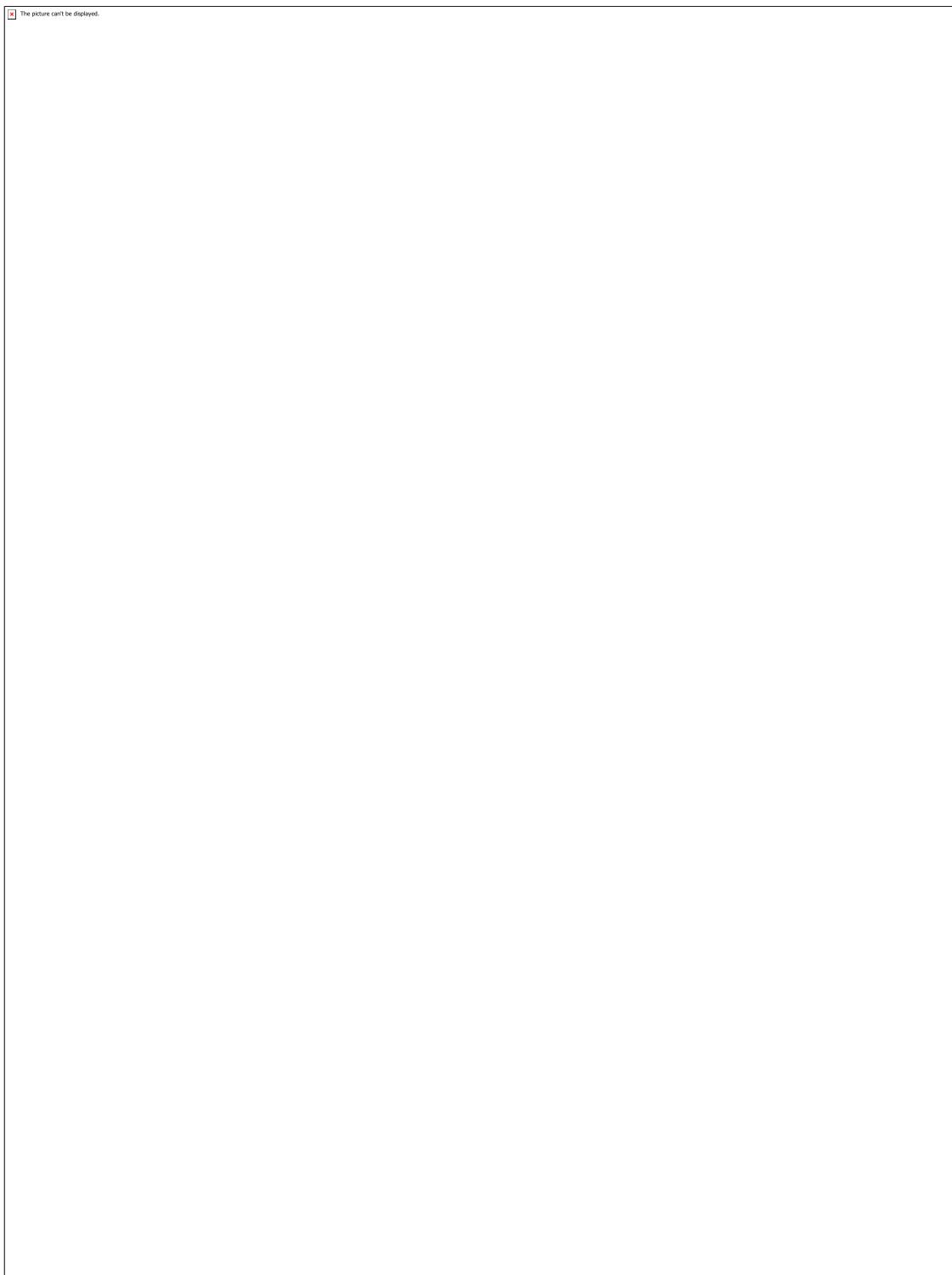


Figura 7

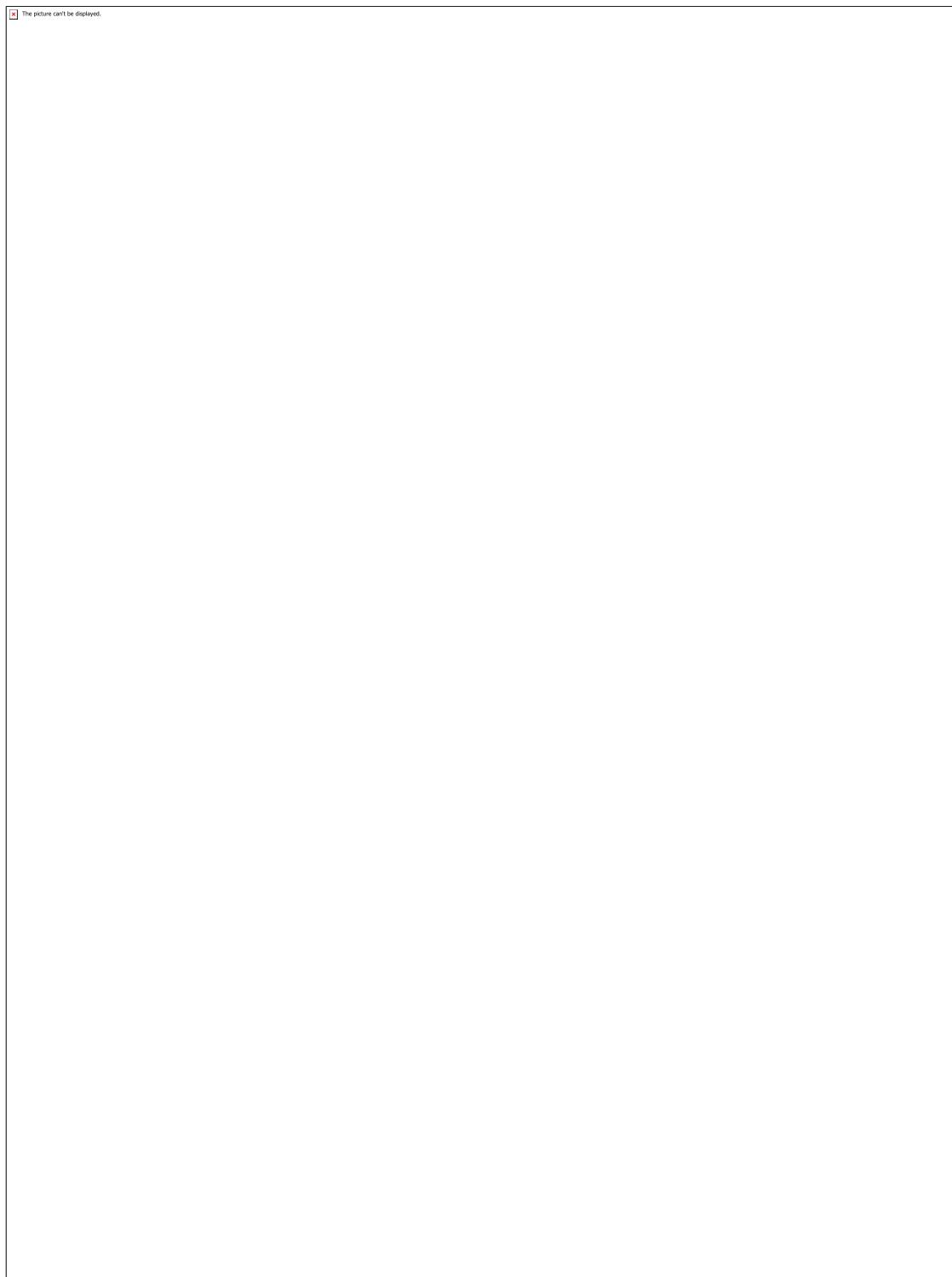


Figura 8a

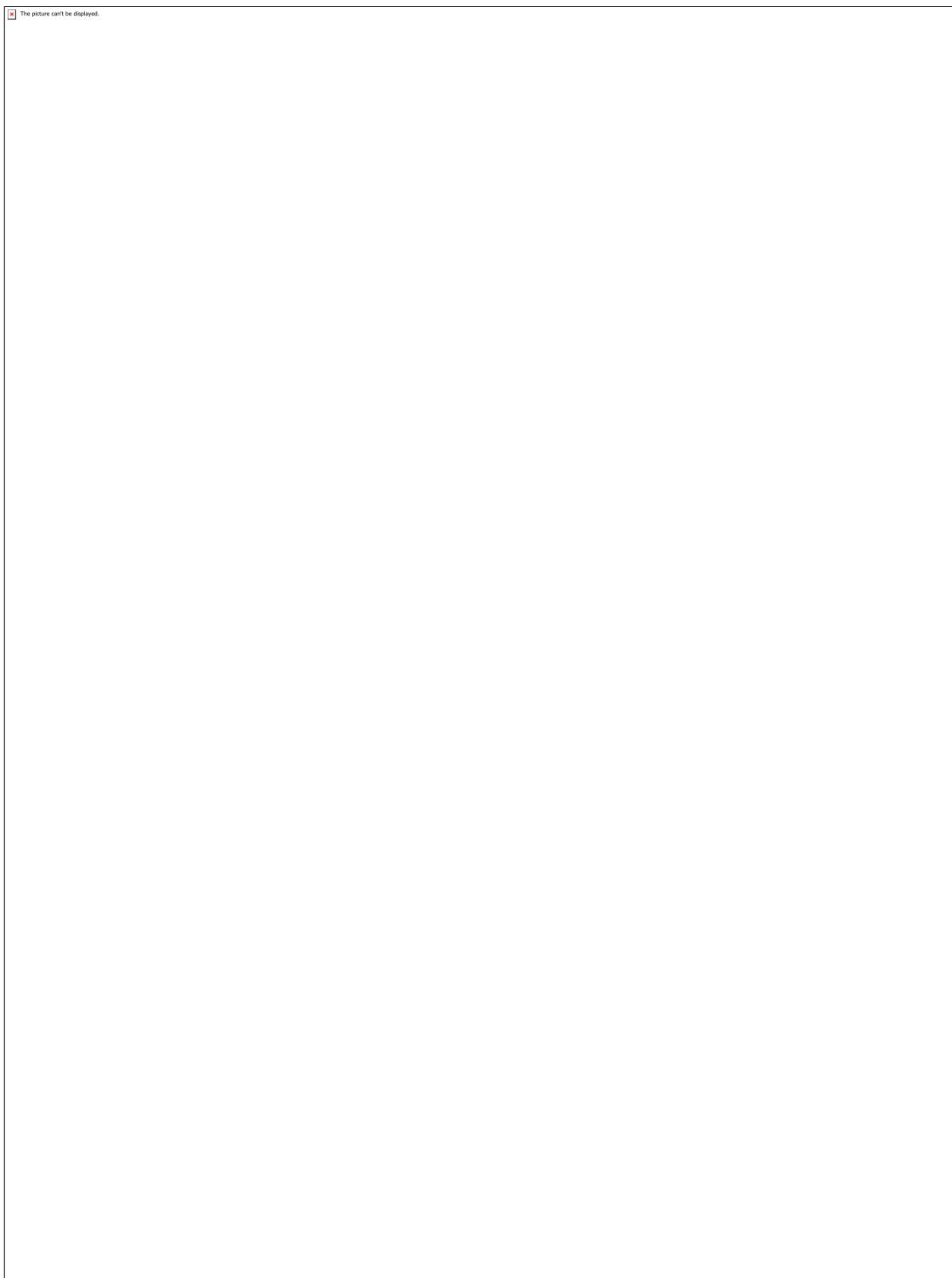


Figura 8b

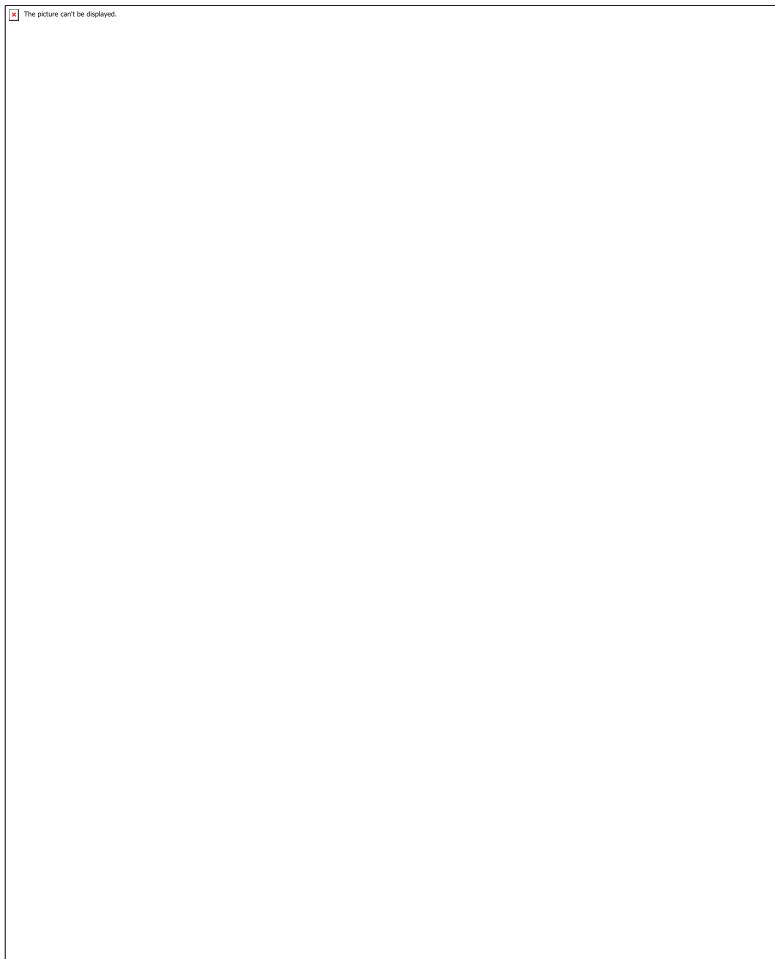


Figura 9a

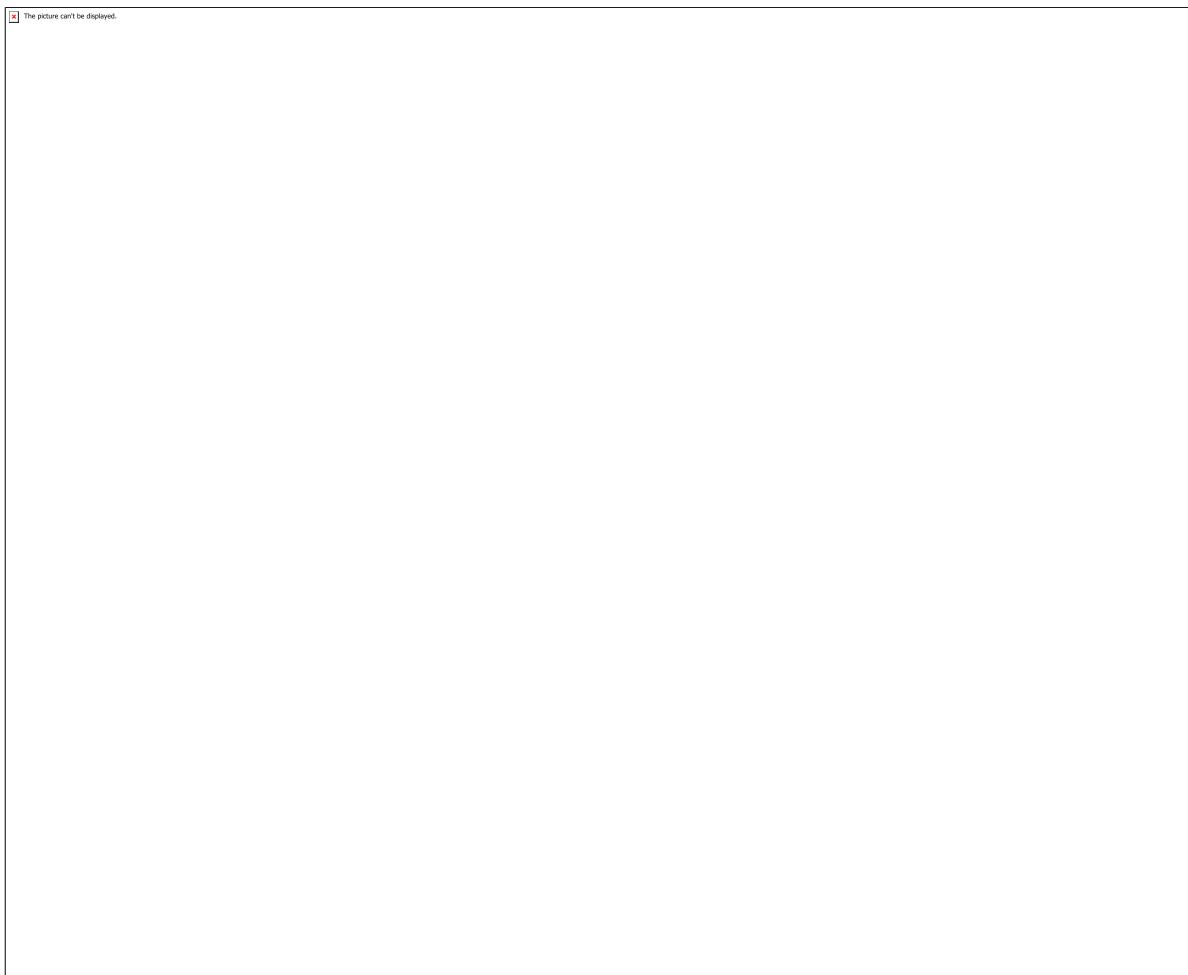


Figura 9b

CÓDIGO: ET0790

AUTOR: MATHEUS ALMEIDA DA SILVA

ORIENTADOR: DOMINGOS FABIANO DE SANTANA SOUZA

TÍTULO: Avaliação da Produção de Biodiesel por Transesterificação do Óleo de Soja em Reator de Borbulhamento

Resumo

O uso mais comum dos reatores de borbulhamento são em sua maioria na viabilização de reações multifásicas do tipo gás-líquido e gás-sólido-líquido em diversos processos da indústria química, porém sua aplicação em reações de alcoolize para a produção biodiesel vem se tornando cada vez mais empregada. O processo deste trabalho é constituído por uma carga de vapor superaquecido de etanol, a qual é injetada no reator esférico contendo óleo de soja pré-aquecido. Para o entendimento do mesmo, pressupõe-se que exista um fluxo molar de vapor de etanol que se move através da interface da fase gás para a fase líquida e, em seguida, reage com o óleo usado, formando etil éster (biodiesel) e glicerol, em uma temperatura acima 100 °C. Um sistema de controle utilizando a plataforma arduino UNO foi desenvolvido para estabilizar a temperatura do forno assegurando assim que todo o álcool na fase líquida chegasse ao reator na forma de vapor, garantindo que todo o experimento ocorra como planejado.

Palavras-chave: reator de borbulhamento, biodiesel, controle, temperatura.

TITLE: Evaluation of Biodiesel Production by Soybean Oil Transesterification in a Bubbling Reactor

Abstract

The most common use of bubbling reactors is mostly to enable multi-phase gas-liquid and gas-solid-liquid reactions . In many chemical industry processes, however, its application in alcoolize reactions for biodiesel production has become increasingly employed. The process of this work consists of a superheated ethanol vapor charge, which is injected into the spherical reactor containing preheated soybean oil . To understand this, it is assumed that there is a molar flow of ethanol vapor that moves through the gas to liquid phase interface and then reacts with fatty acid forming ethyl ester (biodiesel) and water, at a temperature above 100 ° C. It should be noted that at this temperature, the equilibrium reaction for fatty acid esterification is shifted towards the products, mainly as a result of the continuous (evaporative) removal of water. A control system utilizing the UNO Arduino platform was developed to stabilize the furnace temperature thus ensuring that all alcohol in the liquid phase reached the reactor in the form of vapor, ensuring that the entire experiment was carried out as planned.

Keywords: bubbling reactor, biodiesel, control, temperature.

Introdução

O biodiesel representa um importante produto na composição da matriz energética do Brasil desde o ano de 2004, sendo assim uma preciosa alternativa ao diesel do petróleo. Além de ser considerado um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis e isento de enxofre, o biodiesel tem menor tempo de entre a injeção e combustão dos motores devido ao teor de cetona encontrado no mesmo que por sua vez vem sendo gradativamente misturado óleo diesel[1], sem a necessidade de alterar as configurações mecânicas dos motores já existentes.

Os primeiros ensaios para o uso de óleo vegetal como um combustível alternativo para motores a diesel foram apresentados pelo engenheiro mecânico Rudolf Diesel quando empregou óleo de amendoim em um motor a diesel durante em uma exposição em Paris no ano de 1900. O experimento demonstrou que havia desvantagens em trabalhar com óleos puros injetados diretamente no motor a diesel. A sua elevada viscosidade do óleo vegetal em relação ao diesel promoveu uma diminuição da eficiência de lubrificação e consequentemente, obstrução nos bicos, filtros de óleo e demais partes do motor. Apesar dos resultados não animadores, tais ensaios serviram para mostrar que as diferenças entre o uso do óleo para o uso do diesel podem ser minimizadas desde que a sua viscosidade (e, obviamente demais propriedades) seja próxima ao valor do diesel.

Dentre as recentes alternativas apresentadas na literatura, o processo de esterificação e transesterificação mostra-se como uma opção viável. Neste caso, o produto principal da reação são ésteres de ácido graxos também conhecido como biodiesel, com propriedades termofísicas similares ao do diesel. Na transesterificação usada comercialmente, óleo vegetal e álcool (etanol ou metanol) reagem, na presença de um catalisador básico (hidróxido de sódio) formando éster e glicerol. Para que as conversões finais sejam maximizadas é usada uma quantidade de álcool em excesso (razão álcool: óleo superior a 6:1); tempos de residência próximos a 60 minutos; agitação constante e temperatura controlada. Os problemas pertinentes a este processo estão vinculados ao esforço energético e impacto ambiental durante a separação do produto de interesse.

Como o éster encontra-se misturado aos demais compostos presentes no final da reação, processos de separação tais como destilação e absorção devem ser usados. O resultado é um aumento no consumo de energia e efluentes oriundos destas etapas de “downstream”.

Apesar dos resultados promissores apresentados pela literatura, foi possível constatar que o entendimento sobre os fenômenos pertinentes ao processo ainda necessita de maiores estudos.

Além de estudar os fenômenos inerentes ao processo é de extrema importância que as variáveis do mesmo estejam bem controladas para então atingir as condições ótimas encontradas na literatura, para isso a área de controle e automação auxilia os experimentos e as indústrias agregando valor ao produto final devido à uma maior estabilidade das variáveis a serem controladas durante toda a produção.

Controle em seu sentido mais amplo garante uma estabilidade do sistema mesmo com o emprego de perturbações ao mesmo, além de possibilitar uma maior segurança dos equipamentos e do ambiente, principalmente se os processos envolverem temperatura e pressão.

Um sistema de controle bem elaborado necessita de um modelo adequado para seu determinado processo, o que pode vir a ser um problema, pois nos processos industriais

envolvem situações não-lineares que variam no tempo e espaço, requerendo uma maior capacidade do desenvolvedor dos modelos, que por sua vez serão resolvidos por computadores.

Metodologia

Como parte do projeto, a metodologia e ferramental experimental utilizados na confecção do reator de coluna são apresentadas em detalhes neste subtópico. Os problemas foram subdivididos nos assuntos de reagentes, reator de coluna borbulhante e controle.

Os reagentes utilizados neste projeto foram os seguintes: óleo de soja comercial, etanol com pureza de 95% e ácido sulfúrico P.A como catalisador.

O reator de coluna borbulhante que foi confeccionado, possui as seguintes partes: Vaso de vidro com três aberturas; Placa circular porosa com diferentes porosidades; Tubos de tecnil para usinagem; Reservatório de óleo; Reservatório de etanol; Placa de aquecimento e resistências elétricas para a confecção do sistema de aquecimento; módulo de potência; Válvulas controladoras de pressão; Medidores de pressão, temperatura e vazão; Bombas.

Para o sistema de aquecimento do álcool, foi utilizado um forno tubular constituído de resistências elétricas. Para que o etanol pudesse atingir as temperaturas desejadas de forma segura e controlada, foi desenvolvido um sistema de controle utilizando a plataforma Arduino.

O processo de construção do sistema de controle foi dividido em quatro etapas: coleta de temperaturas em malha aberta após a aplicação de perturbações do tipo degrau, de modo que tais medições foram realizadas com o auxílio de um sensor de temperatura; tratamento de dados considerando um sistema de primeira ordem e estimação dos parâmetros de ganho (K) e constante de tempo (τ), fundamentais para a característica do sistema; aplicação da lei de controle convencional do tipo Proporcional-Integral e posterior sintonia dos parâmetros de ganho do controlador (K_C) e constante de tempo integral (τ_I) através da técnica de síntese de controladores (foi considerada que a trajetória desejada para o sistema de aquecimento seria de um sistema de primeira ordem); por fim, de posse de todos os parâmetros inerentes ao sistema de controle, foi desenvolvida a lógica de programação na plataforma Arduino.

Os experimentos neste reator foram conduzidos utilizando, a princípio um sistema de alimentação semi-batelada mantendo o volume constante do óleo no reator. O reator inicialmente alimentado pelo ácido oleico é aquecido até atingir a temperatura desejada, em seguida o etanol é bombeado para o interior do forno para ser superaquecido e completamente vaporizado. Após garantir a completa vaporização do etanol inicia-se o experimento onde o vapor superaquecido de EtOH passa por um distribuidor para, em seguida, sair na forma de bolhas que entram em contato com o óleo previamente aquecido. O produto desta reação gera o oleato de etila e água como subproduto, como o experimento ocorre em temperaturas superiores a 100°C a água gerada como subproduto é evaporada e condensada para ser coletada por um recipiente na saída do reator. No presente projeto, foi desenvolvido um modelo fenomenológico, onde diferentemente dos modelos cinéticos apresentados por Joelianingsih et al.(2014), Stacy et al. (2014).

Para quantificar o biodiesel utilizado, foi utilizado o equipamento Antaris MX Process Analyzer, da Thermo Scientific®, empregando a técnica de Espectroscopia no Infravermelho Próximo com Transformada de Fourier (FT-NIR). O processo de análise aconteceu de forma simplória: foi construída uma curva de calibração com padrões de biodiesel que relacionam a absorbância e a concentração do produto de interesse presente no padrão e, de posse da curva, foi realizada a leitura das amostras após o término da reação a fim de obter o percentual de biodiesel convertido.

Resultados e Discussões

A curva de calibração desenvolvida no NIR forneceu como resultado o seguinte gráfico, com coeficiente de correlação (R^2) de 0,99986. Para construção da mesma, foi utilizado o biodiesel de concentração conhecida, com amostras diluídas com óleo de soja nas frações 40%, 60% e 80% em massa a partir desse mesmo biodiesel, além de utilizar um padrão do próprio biodiesel sem nenhuma diluição. O gráfico construído para a curva encontra-se abaixo, representado pela figura 1.

Após o término da reação, uma alíquota foi retirada e submetida à análise no FT-NIR com base na curva de calibração construída anteriormente. O resultado fornecido pelo equipamento apontou que a conversão de biodiesel presente na amostra foi de 30,42%. Ao comparar esse resultado com o obtido por Araujo et al (2008), duas variáveis de processo podem ter influenciado na baixa conversão do presente trabalho: a quantidade de catalisador ácido utilizado (no presente trabalho, foi utilizado 0.1% de massa de catalisador em relação a massa do óleo de soja, enquanto o referido autor empregou 2%) e o tempo reacional que, para este trabalho, decorreu ao longo de 2h, enquanto a pesquisa de Araujo et al (2008) foi conduzida ao longo de 3h de reação.

Conclusão

O reator desenvolvido no presente projeto se mostrou viável para a realização da transesterificação ácida, pois obteve-se uma conversão aceitável para essa rota reacional, além de que foram utilizadas algumas condições mínimas para o processo, como por exemplo a baixa relação entre massa de catalisador e massa de óleo de soja e também um baixo tempo de reação.

Outro ponto bastante satisfatório foi o sistema de controle desenvolvido, visto que o forno utilizado atinge temperaturas muito altas e é composto apenas por resistências elétricas o que dificultava bastante manter uma determinada temperatura devido ao forno não ter um sistema próprio de controle.

Referências

M. Hasheminejad, M. Tabatabaei, Y. Mansourpanah, M. Khatami far, A. Javani, Upstream and downstream strategies to economize biodiesel production, *Bioresource Technology*, v. 102, pp. 461–468, 2011.

C. Komintarachat, R. Sawangkeaw, S. Ngamprasertsith, Continuous production of palm biofuel under supercritical ethyl acetate, Energy Conversion and Management, v. 93, pp. 332–338, 2015.

R. Yamazaki, S. Iwamoto, H. Nabetani, K. Osakada, O. Miyawaki, Y. Sagara, Noncatalytic alcoholysis of oils for biodiesel fuel production by semi-batch process, Japan J. Food Eng, v. 8, pp. 11–9, 2007.

Joelianingsih, H. Nabetani, Y. Sagara, A. H. Tambunan, K. Abdullah, A continuous-flow bubble column reactor for biodiesel production by non-catalytic transesterification, Fuel, v. 96 pp. 595–599, 2012.

Joelianingsih, A. H Tambunan, H. Nabetani, Reactivity of palm fatty acids for the non-catalytic esterification in a bubble column reactor at atmospheric pressure, Procedia Chemistry, v. 9, pp. 182 – 193, 2014.

C. J. Stacy, C. A. Melick, R. A. Cairncross, Esterification of free fatty acids to fatty acid alkyl esters in a bubble

C. Leonarda, J.H. Ferrasse,O. Boutina, S. Lefevre, A. Viand, Bubble column reactors for high pressures and high temperatures operation, chemical engineering research and design, v.100, pp.391–421, 2015.

Jon VanGerpen, Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology, Volume 86, Issue 10, 25 June 2005, Pages 1097-1107.

Rajarshi Kar, Oindrila Gupta, Mukundu Kumar Das, Biodiesel Production and Process Optimization. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 2, Issue 6, 2012.

Araujo, L.R.R et al. Transesterificação etílica de óleo de soja via catálises básica e ácida. 48º Congresso Brasileiro de Química, 2008.

Anexos

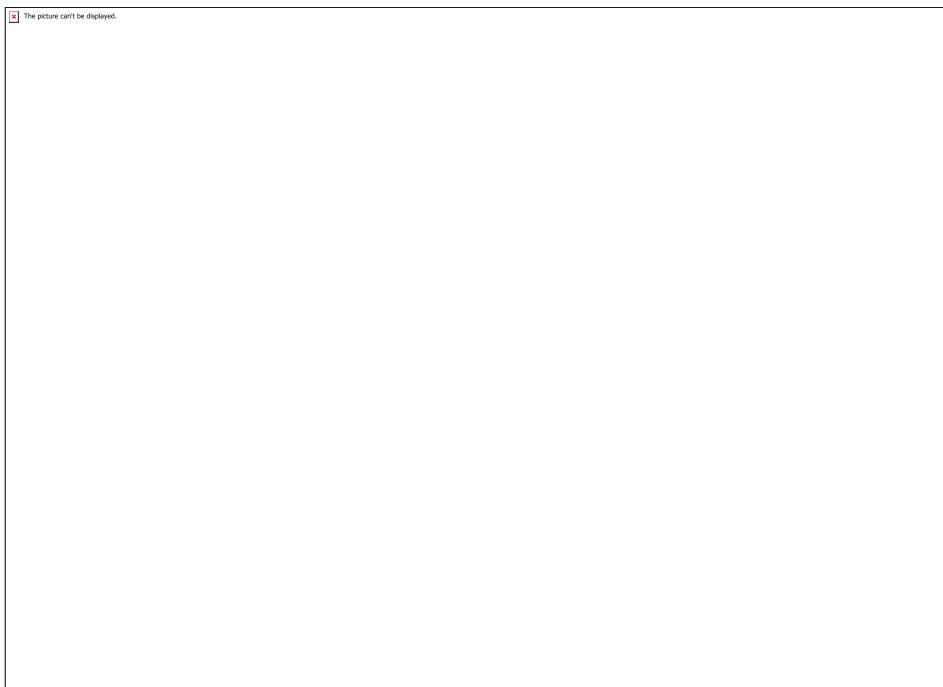


Figura 1

CÓDIGO: ET0797**AUTOR:** MATHEUS HENRIQUE DO NASCIMENTO OLIVEIRA**ORIENTADOR:** PETRUS GORGONIO BULHOES DA NOBREGA**TÍTULO:** Vigas-parede: Métodos de análise e critérios de projeto**Resumo**

As vigas-parede são elementos estruturais ditos especiais, cuja distribuição não linear de tensões e deformações deve ser considerada. Desse modo, a hipótese de Euler-Bernoulli não pode mais ser aplicada, e, por conseguinte, os critérios simplificados muitas vezes utilizados por softwares de cálculo, não representam o comportamento real dessas vigas. Assim, é necessária a aplicação de metodologias de análise e dimensionamento adequados a esse tipo de estrutura, dentre os quais se destacam o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método das Bielas e Tirantes (MBT). Nesta pesquisa foram analisadas por meio dos softwares ADINA e ATENA algumas vigas estudadas experimentalmente por Leonhardt e Mönnig (1978) e dimensionadas duas vigas seguindo critérios do ACI 318-14 e da NBR 6118:2014. A primeira foi dimensionada pelo MBT e concluiu-se que os critérios de verificação do MBT utilizados pelas normas são comparáveis, exceto quando considerado o coeficiente γ_n previsto pela NBR 8681:2003 e pela NBR 6118:2014, o que conduz maiores áreas de bielas, tirantes e regiões nodais. Além disso, as taxas de armadura distribuídas mínimas adotadas pela NBR 6118:2014 estão aquém do utilizado em outras normas internacionais e do apontado pela literatura como necessárias para se garantir as condições últimas e de serviço. A segunda foi dimensionada também pelo modelo de viga convencional, concluindo-se que a classificação pode conduzir a dimensionamentos significativamente diferentes.

Palavras-chave: Concreto Armado, Viga-parede, Elementos Especiais, Bielas e Tirantes**TITLE:** DEEP BEAMS: ANALYSIS METHODS AND DESIGN CRITERIA**Abstract**

Deep beams are so-called special structural elements by the Brazilian Standard, whose nonlinear distribution of stresses and strains should be considered. Thus, the Euler-Bernoulli hypothesis can no longer be applied, and therefore, the simplified criteria often used by calculation software do not represent the real behavior of these beams. Thus, it is necessary to apply analysis and design methodologies appropriate to this type of structure, among which the Finite Element Method (FEM) and the Strut and Tie Method (STM) stand out. In this research, the software ADINA and ATENA were used to analyze some beams studied experimentally by Leonhardt and Mönnig (1978) and two beams were designed following the criteria of ACI 318-14 and NBR 6118:2014. The first one was dimensioned using STM and it was found that the verification criteria of the STM used by the standards are comparable, except when considering the coefficient γ_n .

provided by NBR 8681:2003 and NBR 6118:2014, which leads to larger areas of struts, ties and nodal regions. In addition, the minimum distributed reinforcement ratios adopted by NBR 6118:2014 are lower than those used in other international standards and those indicated in the literature as necessary to guarantee the ultimate and service conditions. The second beam was also dimensioned as a conventional beam model, concluding that the classification can lead to significantly different designs.

Keywords: Reinforced Concrete, Deep beam, Special elements, Strut and Tie
Introdução

Na análise de edifícios, os softwares normalmente utilizam modelos de pórticos formados por elementos de barra, nos quais as vigas convencionais ou esbeltas obedecem à hipótese de Euler-Bernoulli. De acordo com essa hipótese, as seções planas, perpendiculares à superfície neutra do elemento, permanecem planas, existindo proporcionalidade linear nas tensões conforme as fibras se afastam dessa superfície. Essa hipótese é facilitadora à medida que se pode admitir que as deformações ao longo da altura da seção variam linearmente, mas deixa de representar o comportamento real para alguns tipos de elementos, os ditos especiais, os quais contêm as denominadas regiões “D”, que não obedecem a essa hipótese e devem ser dimensionadas adequadamente quando o engenheiro verificar sua existência.

No contexto das regiões e elementos especiais, este trabalho investigou as vigas-parede. Estas são chapas, isto é, estruturas laminares solicitadas em seu próprio plano, geralmente com apoios descontínuos, como os pilares. A NBR 6118:2014 em seu item 22.4.1. caracteriza as vigas-parede como “as vigas altas em que a relação entre o vão e a altura é inferior a 2 em vigas biapoiadas e inferior a 3 em vigas contínuas”. O uso desse tipo de estrutura decorre principalmente das paredes dos reservatórios e das paredes portantes de concreto.

De acordo com Leonhardt e Mönnig (1978, p. 20), em termos de esforços, elas se diferem das vigas esbeltas pelo fato das componentes e as tensões tangenciais devidas aos esforços externos não serem mais desprezíveis, sendo o eixo y convencionado como na direção da altura.

A norma brasileira é relativamente breve quanto às considerações para classificação, análise e dimensionamento desse tipo de viga, diferentemente de várias referências internacionais. Nesse contexto, é pertinente reunir as recomendações e práticas prescritas pelas principais normas internacionais, da literatura especializada e das publicações acadêmicas, nacionais e internacionais; além de verificar como a norma brasileira se posiciona ante às demais normas quanto a segurança das vigas-parede, isto é, se seus critérios são mais ou menos conservadores.

Metodologia

A metodologia da pesquisa parte da investigação inicial de aspectos teóricos das regiões e elementos especiais e das vigas-parede. Da literatura brasileira destacam-se os estudos experimentais realizados nos anos 1980 na PUC-Rio e o trabalho de Santos

(1999), que comparou esses resultados experimentais aos obtidos analiticamente. Souza (2004), em sua tese de doutorado, apresentou o dimensionamento de uma gama de elementos com regiões especiais e Araújo (2010) dedica em seu livro um capítulo ao dimensionamento de vigas-parede baseado na variação do braço de alavanca em função da relação .

Da literatura internacional são indispensáveis menções a Leonhardt e Mönnig (1978) que em seu livro já enumeravam diversas estratégias para a resolução de vigas-parede; Rogowsky e Macgregor (1986) e Rogowsky et al. (1986), respectivamente, com ensaios clássicos em vigas-parede e procedimento de projeto para vigas-parede; Schlaich e Schäfer (1987) que racionalizaram o uso do Método das Bielas e Tirantes (MBT); Kong (2003), com o mais vasto livro dedicado às vigas-parede; e Birrcher (2009) que compilou o resultado de 179 testes de vigas-parede com importantes conclusões para o tema.

Nesta pesquisa, inicialmente e para avaliação do método dos elementos finitos na análise do comportamento das vigas-parede, foram modeladas as vigas-parede (VPs) ensaiadas experimentalmente por Leonhardt e Mönnig (1978) no estádio I, para suas diferentes relações (4,0, 2,0, 1,0 e menor que 1,0), nos softwares ADINA e ATENA e comparadas a distribuição de tensões normais ao longo da seção intermediária, bem como os valores absolutos de tensões normais máximas e mínimas propostos pelos autores em fórmulas simplificadas. Esses valores foram por sua vez comparados às fórmulas propostas por Young e Budynas (2001).

Destaca-se que o ADINA (<http://www.adina.com/>) é um software desenvolvido pela ADINA R&D, Inc., e coordenado pelo Prof. Dr. K. J. Bathe, um dos maiores pesquisadores da análise por elementos finitos no mundo, autor de muitos livros e artigos. O ATENA (<https://www.cervenka.cz/products/atena/>), é um software de elementos finitos com ênfase na análise de estruturas de concreto, desenvolvido pela Červenka Consulting, com diversas potencialidades e utilizado com frequência na literatura acadêmica de engenharia civil.

Quanto ao dimensionamento e detalhamento, foram compiladas e comparadas as prescrições normativas da NBR 6118:2014, do ACI 318-14, Eurocode EN 1992-1 (2004) (também chamada Eurocode 2) e CSA A23.3-14, no que se refere à classificação, ao uso do método das bielas e tirantes e às armaduras distribuídas verticalmente e horizontalmente.

Como aplicação de todos os conceitos estudados, e para servir de modelos de cálculo, foram então dimensionadas duas vigas utilizando os critérios do MBT da NBR 6118:2014 e do ACI 318-14: a primeira, com relação $l/h < 2$ (Figura 3), classificada como VP para todas as normas analisadas, e a segunda com relação $l/h = 3$, que para as normas brasileira e canadense seria uma viga esbelta e para as demais normas uma VP. Essa viga foi dimensionada pelo MBT e adicionalmente como uma viga convencional, em conformidade com a classificação da norma brasileira, de modo a comparar os resultados dos diferentes métodos.

Resultados e Discussões

As análises do comportamento das vigas-parede de Leonahrdt e Mönnig (1978) utilizando o MEF tiveram correlação satisfatória quanto à distribuição de tensões na

seção intermediária. Nesse sentido, as tensões obtidas tiveram variação em conformidade com o apresentado pelos autores. De fato, na análise do ATENA, a linha neutra das vigas passou em 0,50h, 0,47h, 0,25h e 0,25h, enquanto a mesma referência prevê, respectivamente, valores de 0,5h, 0,4h, 0,28h e 0,28h, que são aproximações razoáveis, considerando que foram utilizados métodos diferentes e aproximados.

Os valores absolutos tiveram uma divergência de até 31,51% quando comparados aos resultados de Leonhardt & Mönnig e de até 8,15% quando comparados aos Young & Budynas (2001). A melhor aproximação dos resultados da pesquisa para com os resultados de Young e Budynas (2001) provavelmente se deve ao fato que os autores utilizaram uma metodologia numérica (em combinação com experimental) na determinação das equações utilizada, uma vez que metodologias similares devem conduzir a resultados mais próximos.

Foi possível obter ainda as tensões principais que atuam na viga e suas trajetórias. A partir dessa trajetória de tensões podem ser elaborados os modelos de bielas e tirantes, bem como estimar a largura dos elementos componentes do MBT. As trajetórias de tensões obtidas utilizando o ATENA podem ser comparadas à trajetória de tensões proposta por Leonhardt e Mönnig (1978) para a mesma viga com relação $l/h=1$ na Figura 5.

Quanto à comparação das normas analisadas, elas têm em comum a apresentação de métodos de classificação e determinação de taxas de armadura distribuída. Ademais, apontam para a utilização do Método das Bielas e Tirantes, cada qual com sua observação quanto ao cálculo da capacidade resistente das bielas, tirantes e regiões nodais. Nesse sentido, as outras três normas, quando comparadas à brasileira, são mais extensas ao apresentar a capacidade dos elementos que compõem o MBT e apontar indicações para a obtenção da região nodal.

Quanto à classificação, percebe-se que para as vigas-parede biapoiadas, a NBR é a menos conservadora. Uma viga com relação só não é considerada viga-parede na NBR 6118:2014, dentre as 4 normas comparadas. A classificação e as taxas de armadura distribuídas foram compiladas na Tabela 3. Os valores de taxa de armadura podem ser diretamente comparados (exceto para a CSA), e é possível perceber que novamente a norma brasileira é a menos conservadora, sendo 75% do indicado pelo Eurocode e apenas 30% do ACI.

Ainda se tratando da taxa de armadura distribuída, Birrcher (2006, p. 113) compilou as taxas de armadura disponíveis em diferentes normativos conforme Tabela 2, que, embora parcialmente desatualizados, servem de balizadores. Nesse ínterim, o ACI, por exemplo (p. 151) aumentou sua taxa de 0,0015 para 0,0025.

Birrcher conclui (2006, p. 141-142) do seu estudo que, em vigas-parede, desde que fornecida uma taxa de armadura de 0,2%, não houve diferenças significativas na performance das vigas quanto a ruptura. Em termos de condições de serviço, a abertura das fissuras foi proporcional a quantidade de armadura distribuída, com os espécimes com taxa de 0,3% tendo performance significativamente superior às com taxa de armadura de 0,2%, e a partir de 0,3% o aumento da taxa não resultou em mudanças significativas na diminuição da abertura das fissuras. Desse modo, a fim de atender as condições últimas e de serviço, o ideal seria a utilização de taxas de 0,3% em cada direção, ao passo que a norma brasileira usa 0,075%, ou 1/4 do valor determinado.

Assim, quando dimensionadas as vigas pelo MBT utilizando os critérios da norma americana ACI 318-14 e da NBR 6118:2014, verificou-se que os valores de armadura longitudinal (tirante no MBT) pela NBR 6118:2014 resultaram inferiores e que as taxas de armadura distribuída mínima eram significativamente inferiores, podendo as armaduras distribuídas terem resultados mais próximos a depender do modelo geométrico utilizado no MBT.

Destaca-se que a NBR 6118:2014 poderia prover um maior arcabouço teórico para a aplicação do MBT. Atualmente a norma se limita a determinar a capacidade resistente dos diferentes elementos, porém não apresenta qual seria o procedimento adequado para a aplicação desses valores-limite, de modo que o procedimento utilizado na pesquisa se baseou no cap. 23 do ACI 318-14.

Apesar disso, a NBR 6118:2014 preconiza o uso de um coeficiente majorador , com valores adotados de maneira parcialmente subjetiva, que quando aplicado resultou em um aumento da seção transversal das vigas para atendimento dos critérios das bielas e regiões nodais.

Para a viga com relação =3, em que adicionalmente foi dimensionada como sendo uma viga convencional, o modelo de viga esbelta também teve menores taxas de armadura em relação ao MBT, tanto pelos critérios da NBR 6118:2014, quanto pelos critérios do ACI 318-14, cabendo uma discussão acerca de qual seria o comportamento mais adequado para uma viga com essa relação : se obedecendo à Hipótese de Bernoulli ou se comportando como uma treliça de Mörsch.

Conclusão

Da análise elástico-linear do comportamento de vigas-parede com carga distribuída por meio dos programas baseados no MEF, foi possível verificar uma boa correlação quanto ao perfil da distribuição de tensões ao longo da seção intermediária e quando na observação da posição da linha neutra, quando comparado ao apresentado em Leonhardt e Mönnig (1978). Os valores de tensão máxima e mínima, no entanto, calculados pelo MEF, divergiram em média 13,85% dos calculados por Leonhardt e Mönnig, com erros de até 31,51%, considerados inadequados. Por outro lado, quando comparados às fórmulas de Roark (Young e Budynas, 2001) para as relações e os valores divergiram, em média, de apenas 4,23%, com máximo de 8,15%. Cabe salientar que os resultados obtidos por Leonhardt e Mönnig foram obtidos por meio de fórmulas empíricas simplificadas, derivadas de ensaios experimentais (p. 20), ao passo que os valores de Young e Budynas foram obtidos associando análises numéricas de outras referências com análises experimentais (p. 167).

No dimensionamento, conforme apontado anteriormente, foi possível observar a inadequação da norma brasileira quanto às armaduras distribuídas quando comparada às outras normas, com taxas significativamente inferiores e que de acordo com Birrcher (2006) não são suficientes para garantir uma ruptura dúctil, o esforço último da viga nem tampouco as condições de serviço de limite de abertura de fissuras.

Os parâmetros de resistência observados para a verificação de bielas, tirantes e regiões nodais são compatíveis aos do ACI 318-14, sendo ligeiramente mais conservadores. Por outro lado, a norma requer a utilização de um coeficiente adicional y_n , parcialmente

subjetivo, de até 1,44 para as cargas atuantes, o qual, quando aplicado, requereu um aumento na seção da viga. Além disso, as ancoragens, analisadas como suficientes pelo ACI 318-14 em ambos os casos, foram verificadas insuficiente seguindo os critérios da NBR 6118:2014, demandando uma armadura complementar.

Para relações entre e existe uma divergência entre a norma brasileira, o ACI 318-14 e o Eurocode 2 (2004) acerca da classificação das vigas como VP. Nesse sentido, o dimensionamento de uma mesma viga como VP por meio do MBT e como viga comum resultou em taxas de armadura significativamente diferentes, sendo o dimensionamento conforme a classificação atual da NBR, para os casos analisados, resultantes em menores taxas de armadura longitudinal quando comparada aos critérios do MBT da NBR 6118:2014 e do ACI 318-14 e taxas de armadura distribuídas inferiores ao ACI 318-14.

Cabe salientar que são necessários mais estudos para diferentes geometrias e condições de aplicação de carga para determinar para quais condições de relação a classificação de vigas como convencionais ou parede conduz a dimensionamentos desfavoráveis a segurança.

Referências

- ADINA. Adina structures: theory and modeling guide. Watertown: Adina R & D, Inc., 2018. (v. 1). 1434 p.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete. Farmington Hills, 2014;
- _____. SP-208: Examples for the design of structural concrete with strut-and-tie models. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2002. 242 p.
- ARAÚJO, José Milton de. Curso de concreto armado. 3. ed. Rio Grande: Editora Dunas, 2010. (V. 4).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014;
- _____. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003. 15 p.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. ANCORAÇÃO E EMENDA DE ARMADURAS. Bauru, 2018. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto2/Ancoragem.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2019.
- BIRRCHER, David et al. Strength and serviceability design of reinforced concrete deep beams. Austin: The University of Texas At Austin, 2009. 400 p. Disponível em: <http://ctr.utexas.edu/wp-content/uploads/pubs/0_5253_1.pdf>. Acesso em 28 jun. 2019.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. A23.3-04: Design of concrete structures. Ontario: Canadian Standards Association, 2014. 258 p.

ČERVENKA, Vladimír; JENDELE, Libor; ČERVENKA, Jan. ATENA program documentation. Prague: Červenka Consulting S.r.o., 2016. 6 v.

CHAALLAL, Omar; LACHEMI, Mohamed. Reinforced Concrete Structures: Design according to CSA A23.3-04. Québec: Presses de L'université Du Québec, 2010.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. EN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-1 : General rules and rules for buildings. Bruxelas: Cen, 2004.

ESPAÑHA. Instrucción de hormigón estructural. 5.ed. Madrid: Ministerio de Fomento, 2011.

FRANCO, Marina Iara Espina de. Vigas-parede: comparação entre diferentes metodologias de cálculo. 2015. 131 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/138304>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

KONG, F. K.. Reinforced concrete deep beams. London: Blackie And Son Ltd, 2003. 299 p.

LEONHARDT, Fritz; MÖNNIG, Eduard. Construções de concreto: Princípios Básicos do Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro: Editora Interciênciacia, 1978. 161 p. (v. 2).

NGUYEN, Phu Trong. A study of shear behavior of reinforced concrete deep beams. 2013. 299 f. Tese (Doutorado) - Curso de Structures Engineering, University Of Texas At Austin, Austin, 2013. Disponível em: <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/27661>. Acesso em: 28 jun. 2019

NEPOMUCENO, Chaira Lacerda. Análise de vigas-parede aplicando modelo de biela e tirante e microtreliça. 2012. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/11591>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

PEREIRA, Eduardo Marques Vieira. Regiões especiais de concreto armado: vigas com apoio indireto e mudança brusca de seção. 2017. 133 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/5309/1/regioes-especiais-concreto-Pereira-Monografia.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

RAO, Singiresu S.. The finite element method in engineering. Miami: Elsevier Science & Technology Books, 2004. 663 p.

ROGOWSKY, David M.; MacGREGOR, James G.; ONG, See Y.. Tests of reinforced concrete deep beams. Aci Journal, p. 614-623. jul. 1986. Disponível em: <<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/10558>> Acesso em: 28 jun. 2019

ROGOWSKY, David M.; MacGREGOR, James G. Design of reinforced concrete deep beams. *concrete international: design & construction*, v.8, n.8, p.49-58, 1986

SANTOS, Daniel dos; GIONGO, José Samuel. Análise De Vigas De Concreto Armado Utilizando Modelos De Bielas E Tirantes. *Cadernos de engenharia de estruturas*. São Carlos, p. 61-90. dez. 2008.

SANTOS, Gláucia Gleice Maciel. Análise sistemática de vigas-parede biapoiadas de concreto armado. 1999. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SCHLAICH, Jörg; SCHÄFER, Kurt; JENNEWEIN, Mattias. Toward consistent design of structural concrete. *Pci Journal*. Chicago, p. 74-150. maio 1987. Disponível em: <https://www pci.org/PCI_Docs/Design_Resources/Guides_and_manuals/references/b_ridge_design_manual/JL-87-May-June_Toward_a_Consistent_Design_of_Structural_Concrete.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

SCHLAICH, J.; SCHÄFER, K.. Design and detailing of structural concrete using strut-and-tie models. *The structural engineer*. Londres, p. 113-125. mar. 1991.

SILVA, Reginaldo Carneiro da. *Concreto Armado: Aplicações de Modelos de Bielas e Tirantes*. 1991. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1991.

SOUZA, Rafael Alves de. *Concreto Estrutural: Análise e Dimensionamento De Elementos Com Descontinuidades*. 2004. 379 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações II, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/people/tbitten/gmec/teses/tese_Rafael.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

SOUZA, Rafael Alves de; BREÑA, Sérgio F.. Previsão do comportamento de vigas-parede com comprimentos reduzidos de ancoragem utilizando modelos de escoras e tirantes e análises não-lineares. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, São Paulo, v. 9, n. 5, p.710-721, out. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952016000500710>. Acesso em: 28 jun. 2019.

YOUNG, Warren C.; BUDYNAS, Richard G.. *Roark's formulas for stress and strain*. 7. ed. New /York: McGraw-hill, 2001. 852 p.

Anexos

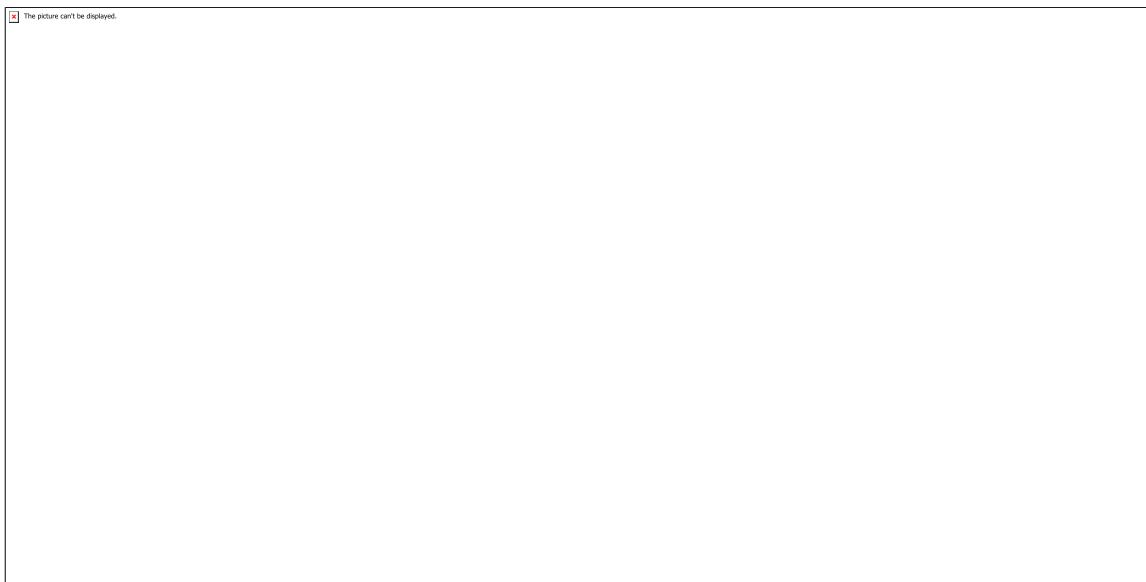


Figura 1: Aviso emitido pelo TQS quando identifica uma viga com dimensões de viga-parede

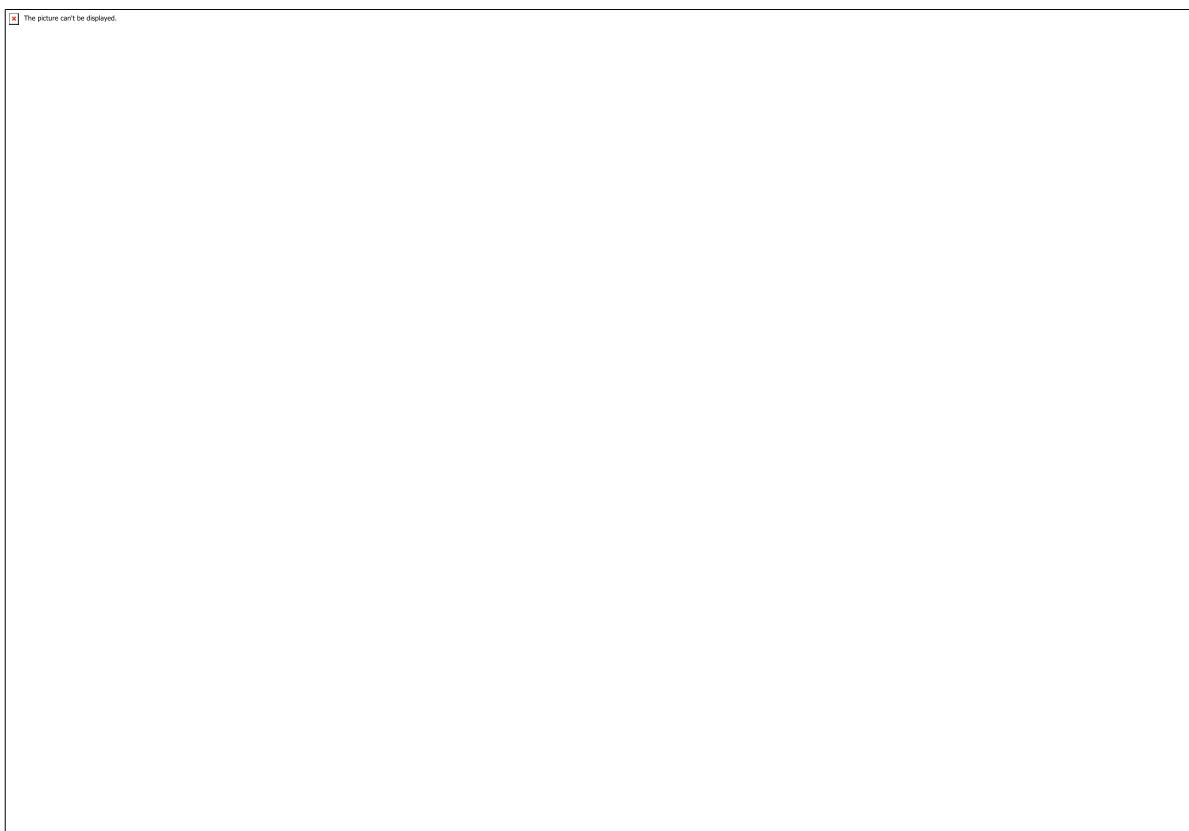


Figura 2: Variação da distribuição de tensões para diferentes relações l/h de vigas de tramo único, quais sejam, $l/h=4$, $l/h=2$, $l/h=1$ e $l/h>1$



Figura 3: Viga parede analisada no problema 1

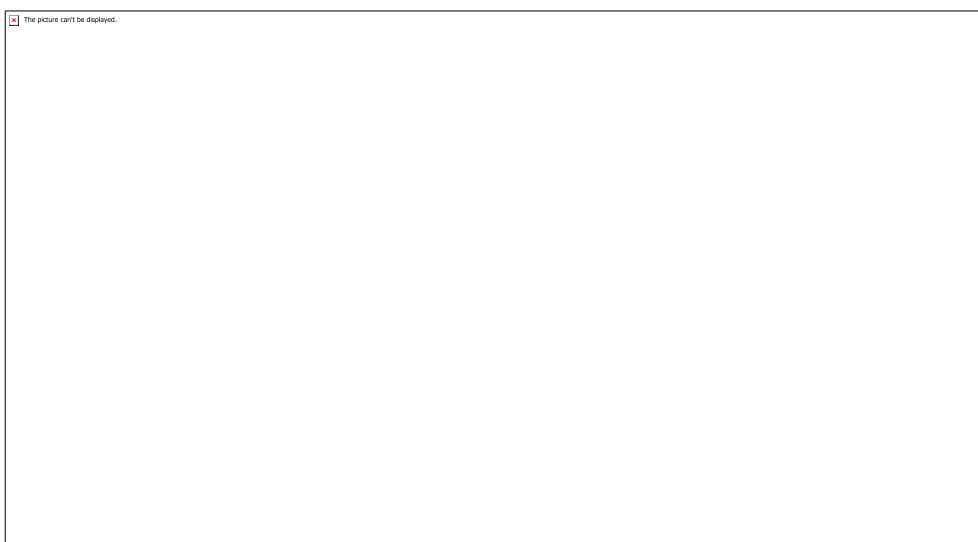


Figura 4: Viga-parede analisada no problema 2

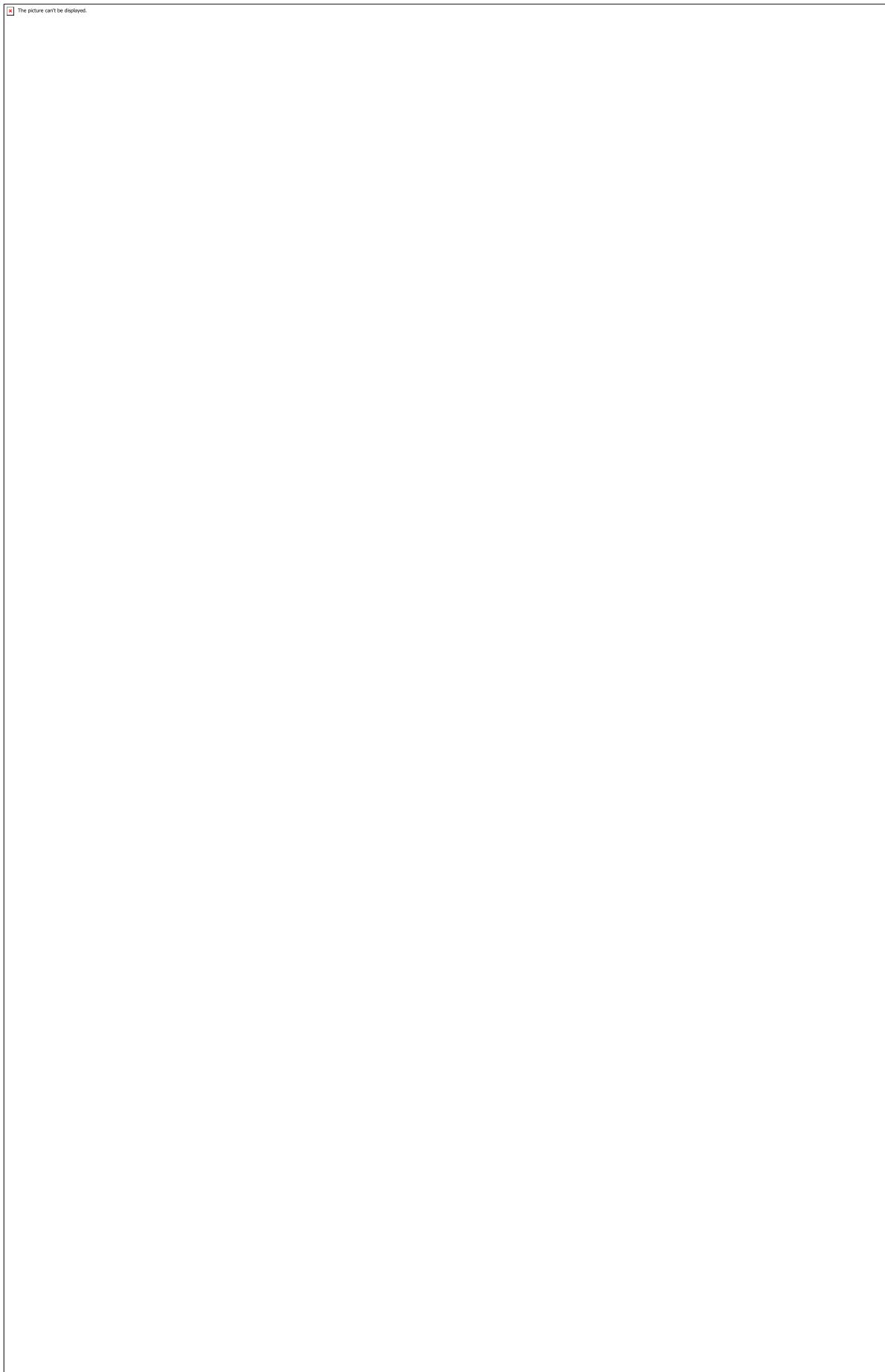


Figura 5: Malha, condições de contorno e carregamento das vigas modeladas no ADINA: (a) $l/h=4$, (b) $l/h=2$, (c) $l/h=1$, (d) $l/h=0,83$

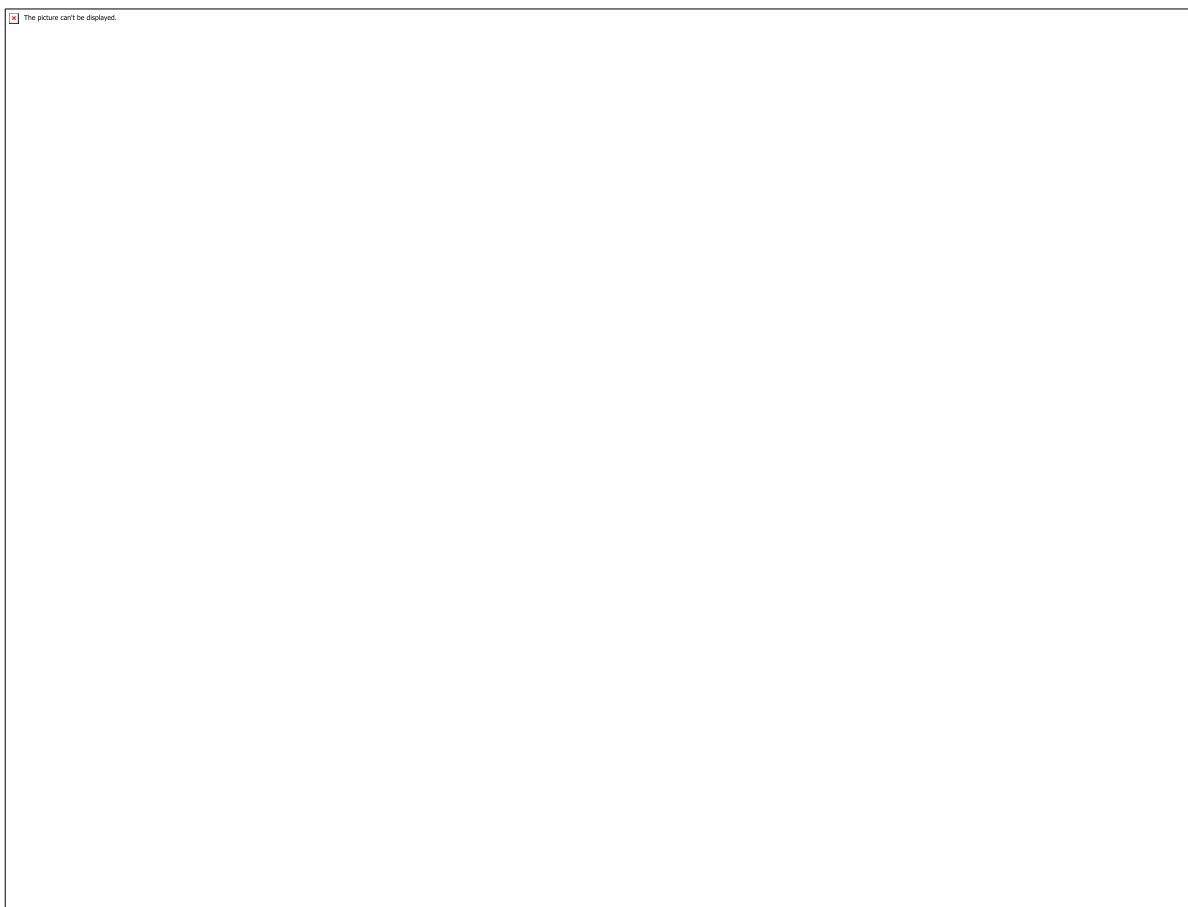


Figura 6: Comparação do perfil de tensão e valores pela análise de Leonhardt e Mönnig (a) e a obtida por meio do ADINA (b) e do ATENA (c) para relação $l/h=4$

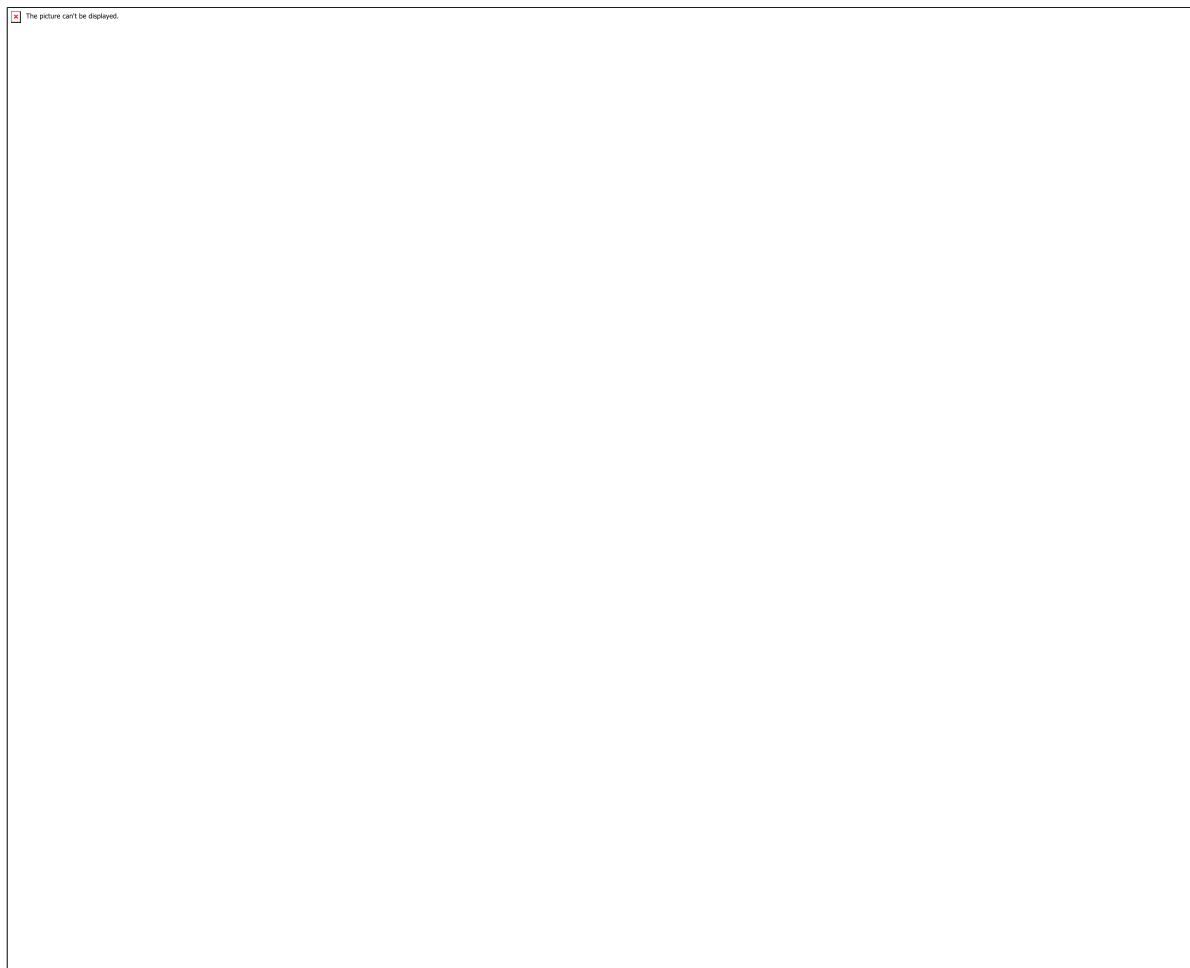


Figura 7: Comparação do perfil de tensão e valores pela análise de Leonhardt e Mönnig (a) e a obtida por meio do ADINA (b) e do ATENA (c) para relação $l/h=2$

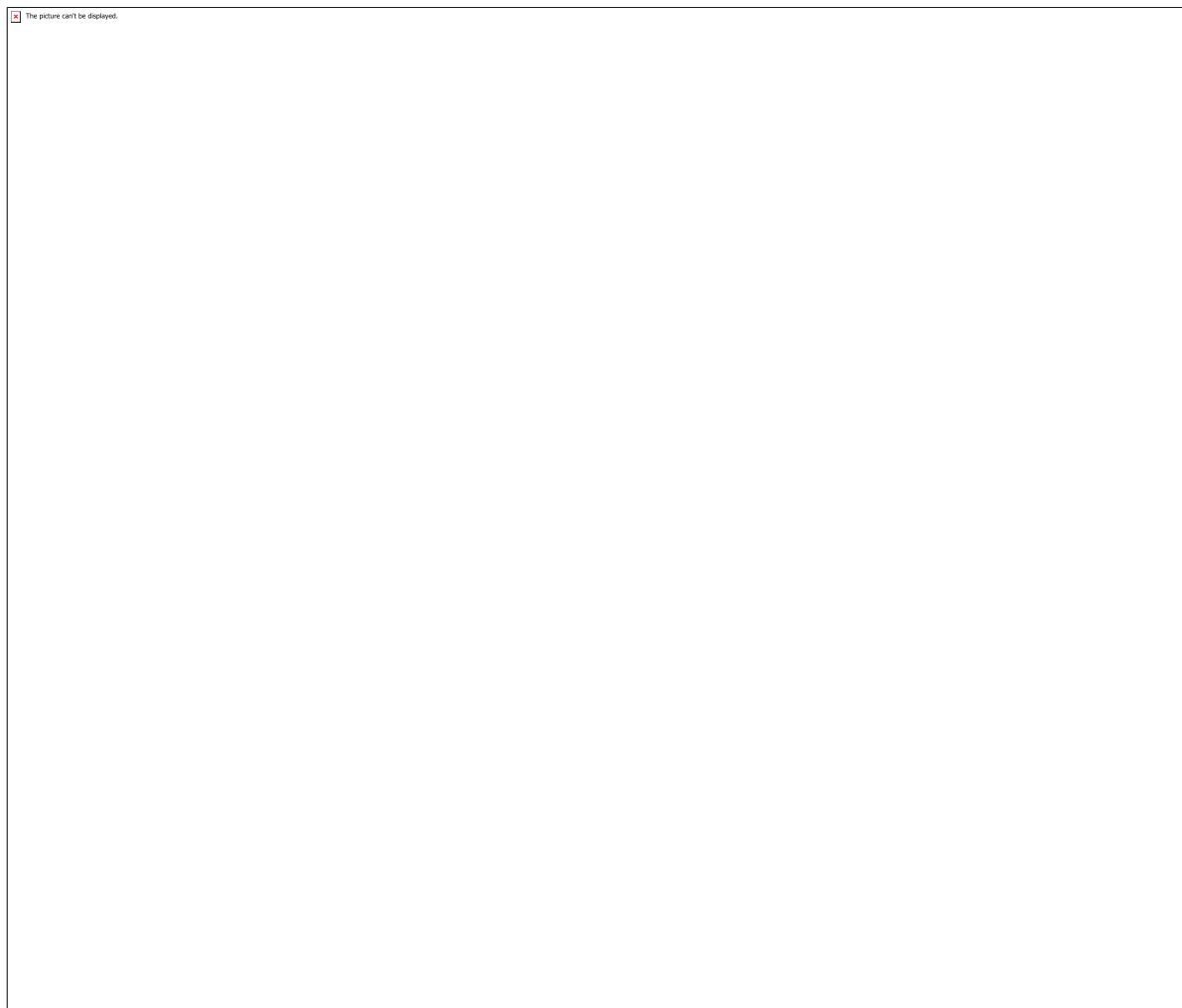


Figura 8: Comparação do perfil de tensão e valores pela análise de Leonhardt e Mönnig (a) e a obtida por meio do ADINA (b) e do ATENA (c) para relação $l/h=1$

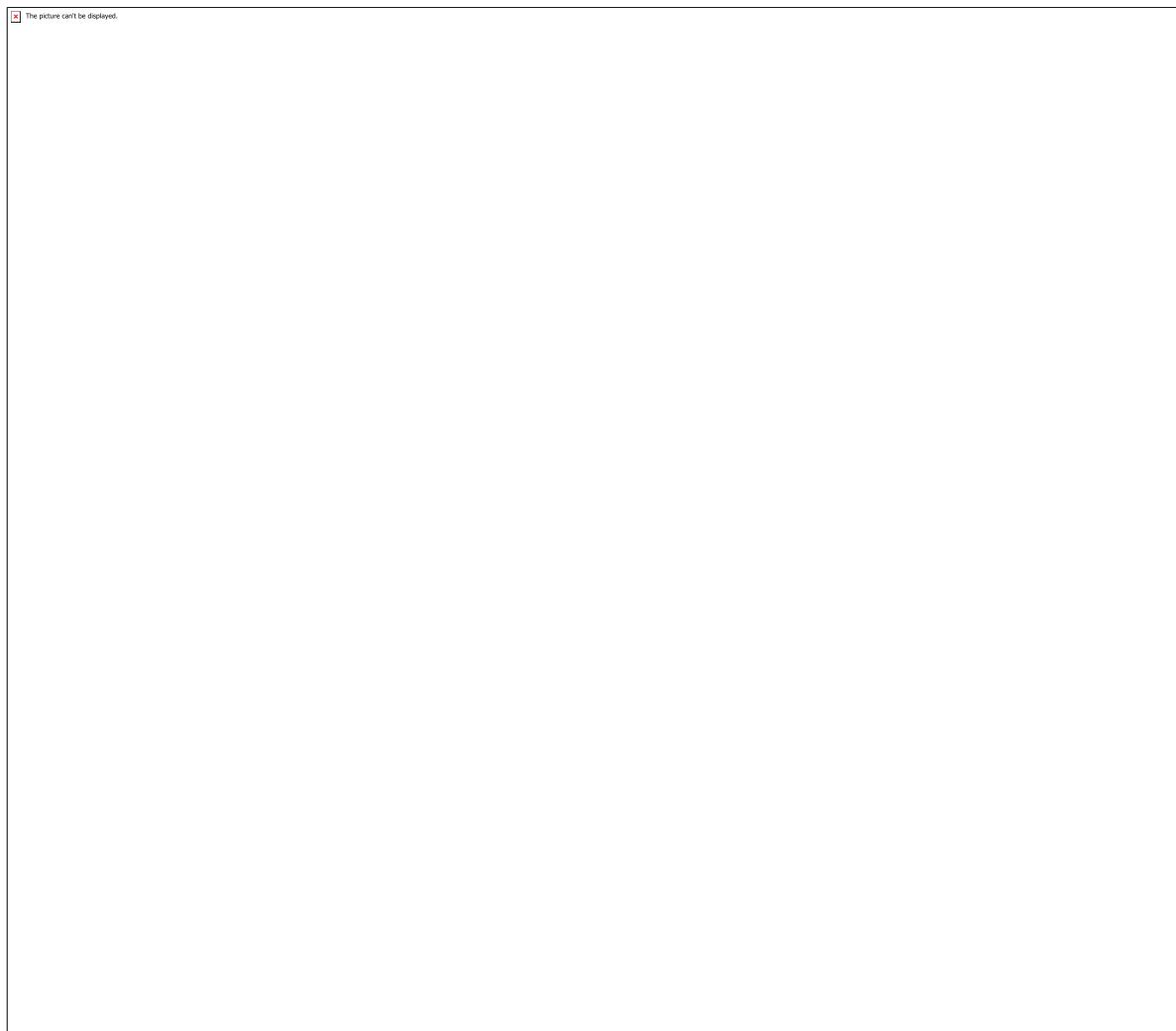


Figura 9: Comparação do perfil de tensão e valores pela análise de Leonhardt e Mönnig (a) e a obtida por meio do ADINA (b) e do ATENA (c) para relação $l/h=0,83$

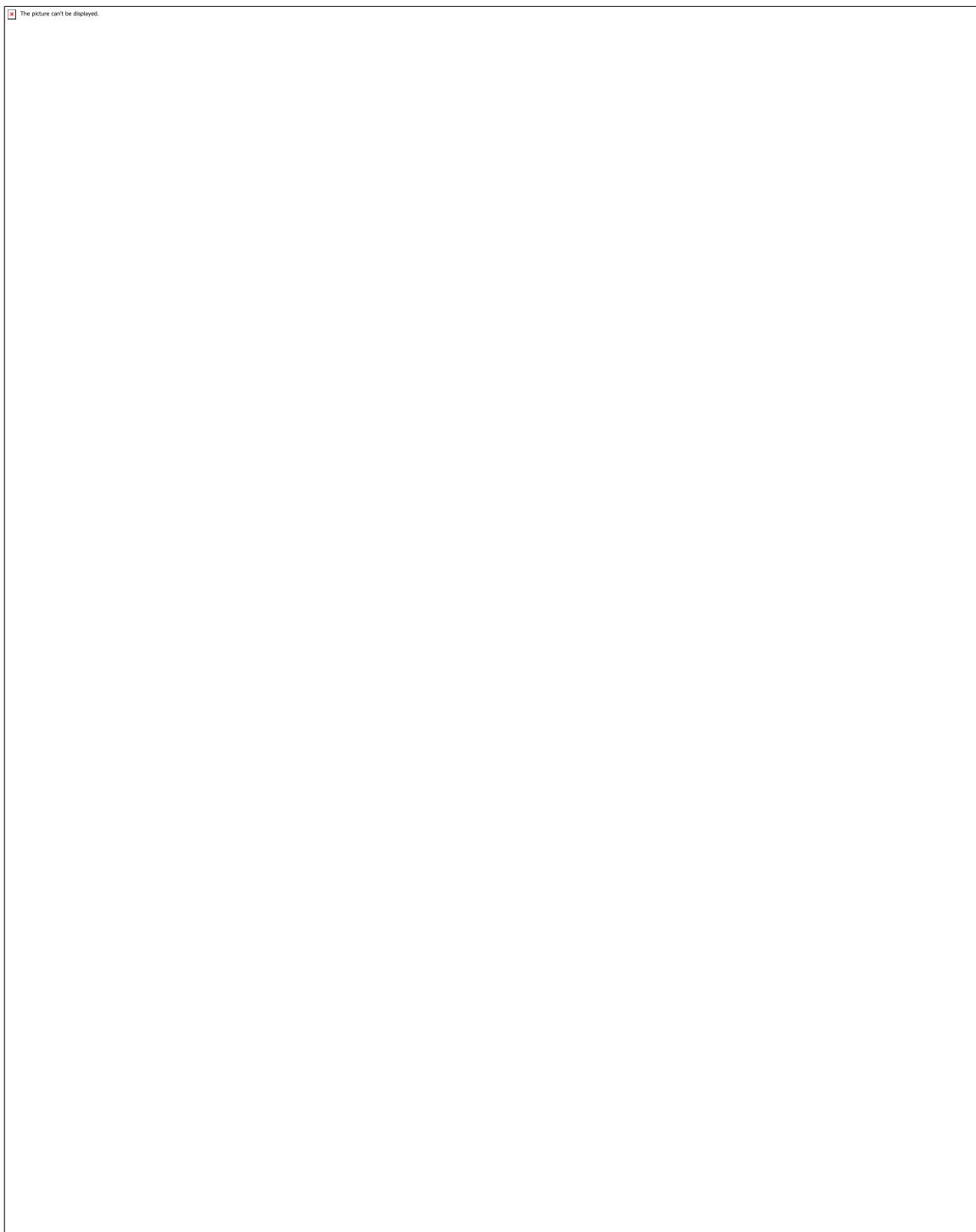


Tabela 1: Resultados das tensões máximas e mínimas para os casos analisados

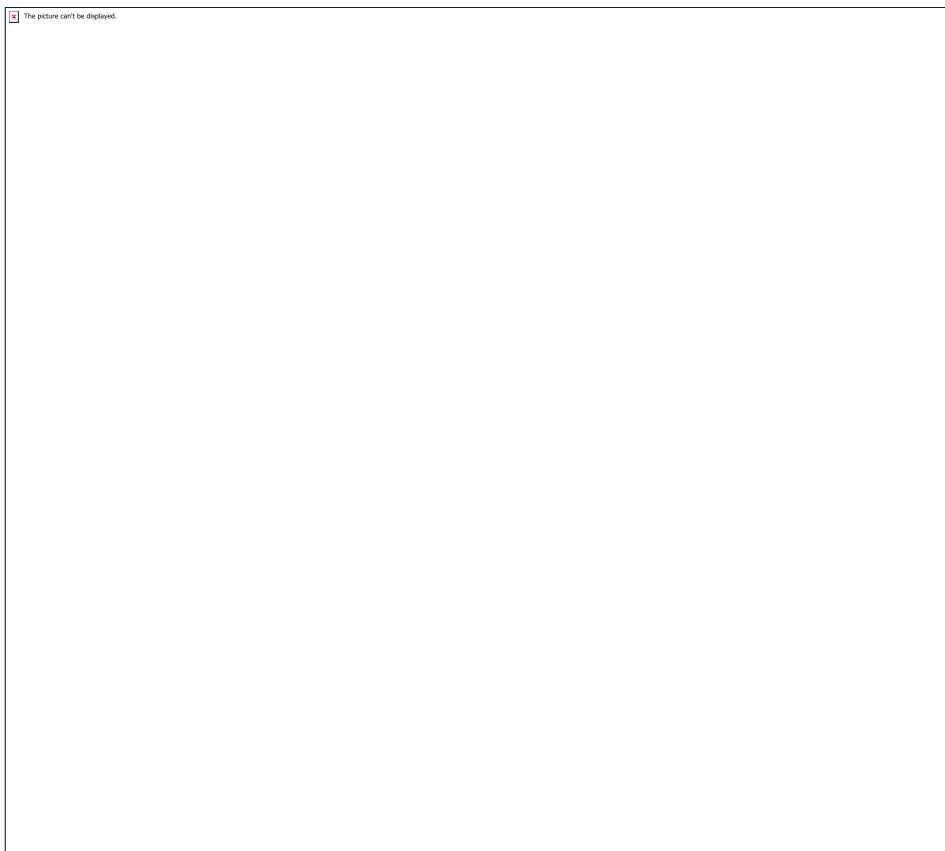


Figura 10: Trajetória das tensões principais em viga-parede com relação $l/h=1$ obtidas pelo MEF e comparadas à ilustração de Leonhardt e Mönnig (1978)

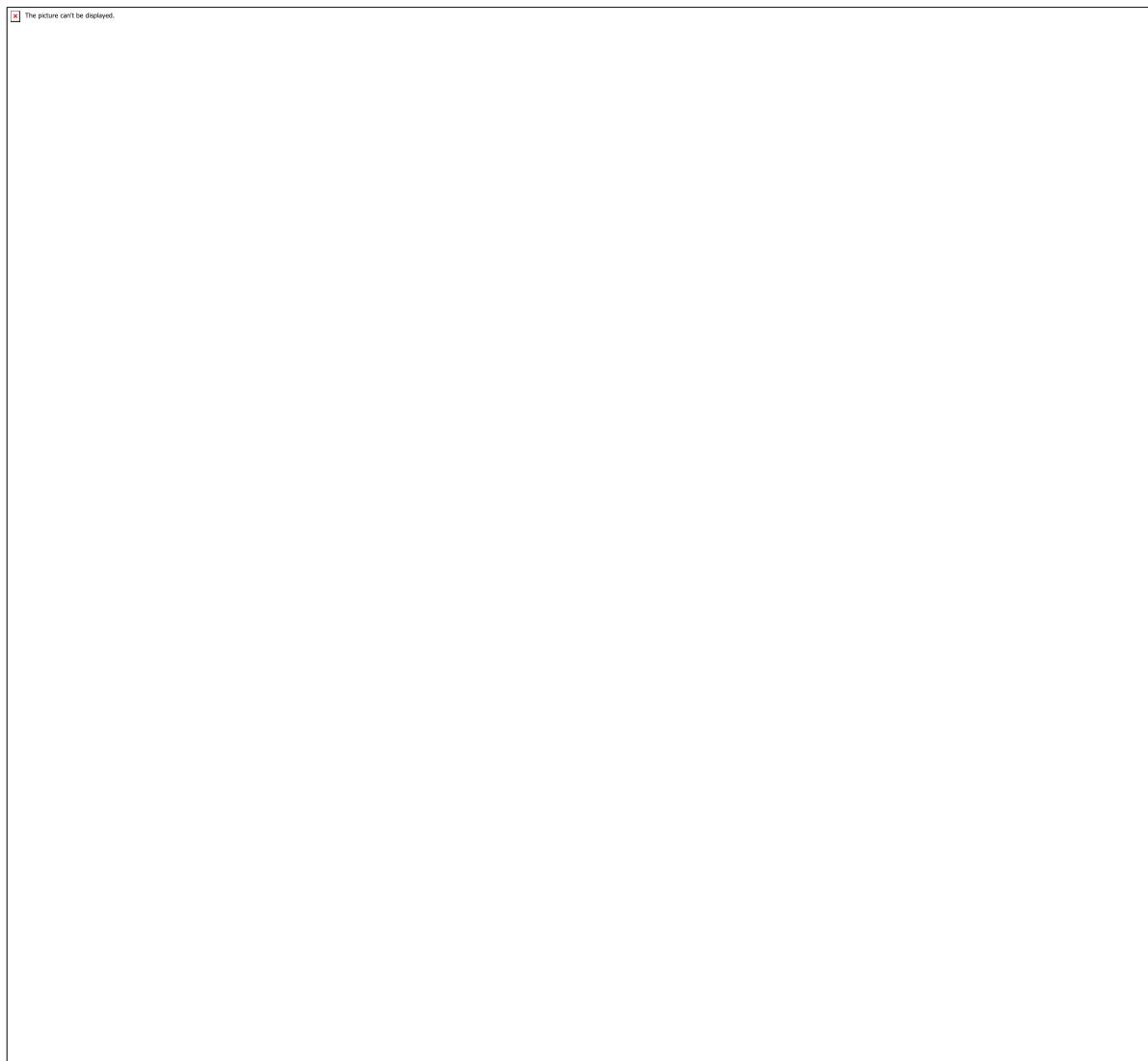


Figura 11: Trajetória de tensões no problema 1 e modelo de bielas e tirantes adotado

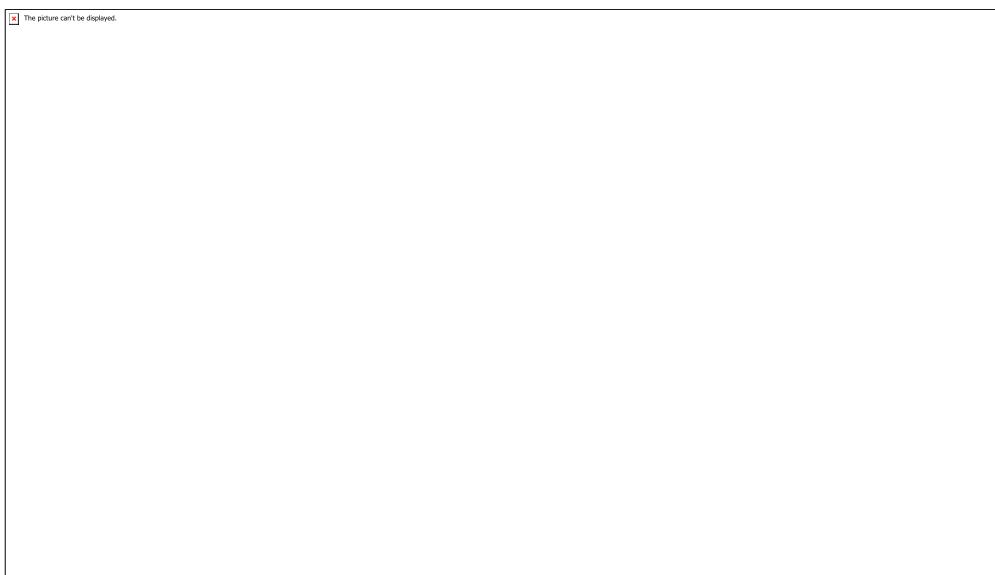


Figura 12: Modelo de bielas e tirantes do problema 1 com dimensões

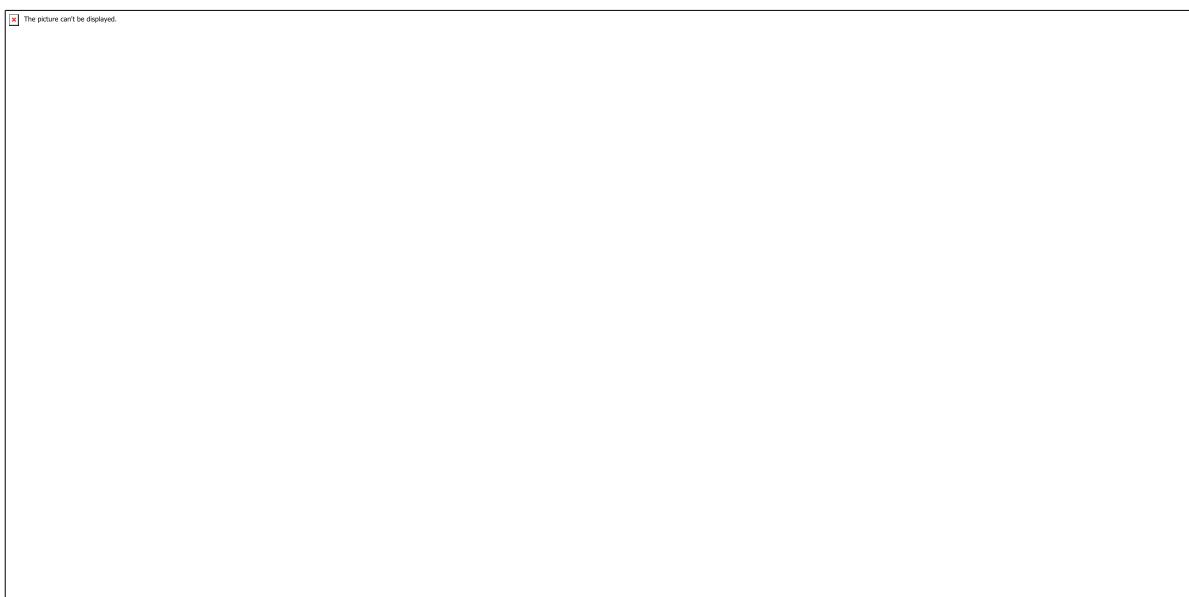


Figura 13: Trajetória de tensões no problema 2 e modelo de bielas e tirantes adotado

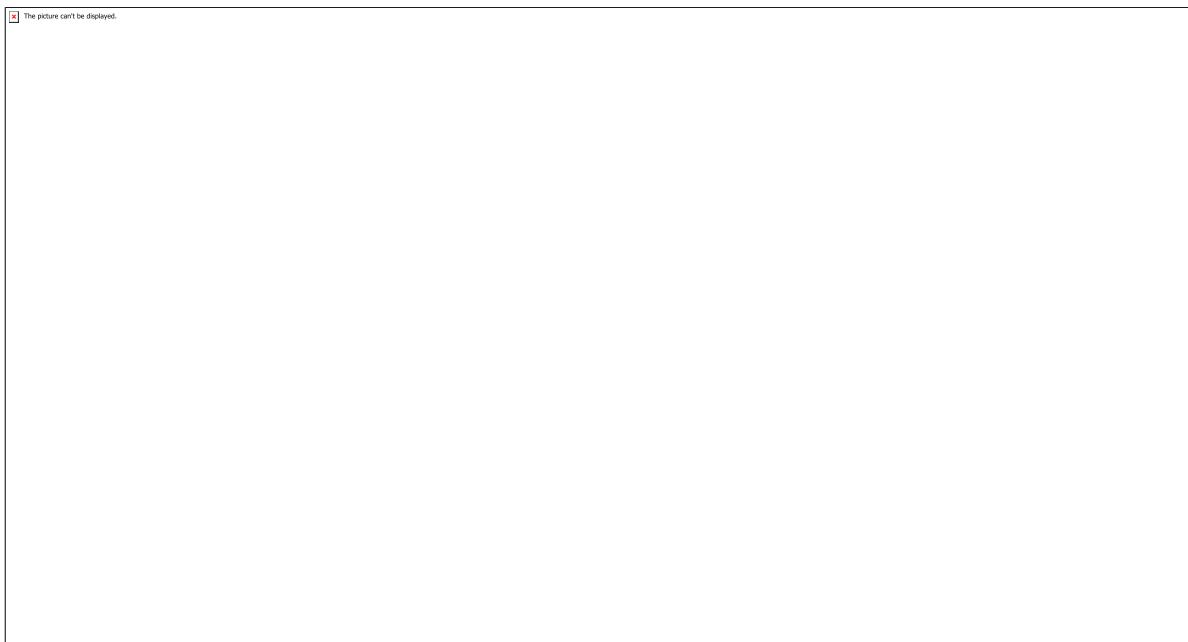


Figura 14: Modelo de bielas e tirantes do problema 2 com dimensões

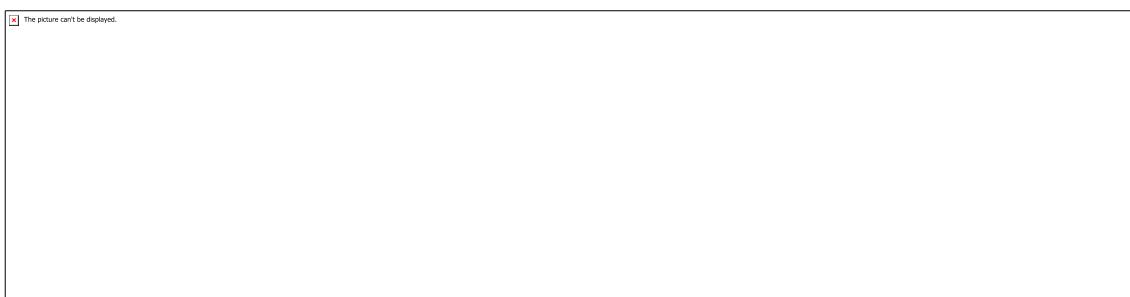


Tabela 2: Taxas de armadura para VP em normas internacionais

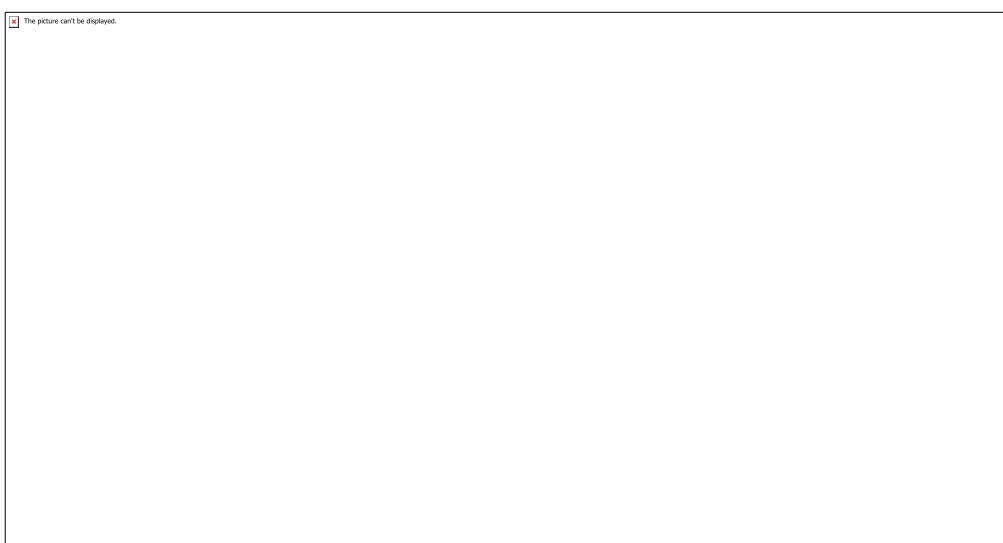


Tabela 3: Classificação e taxas de armadura distribuídas para as normas analisadas

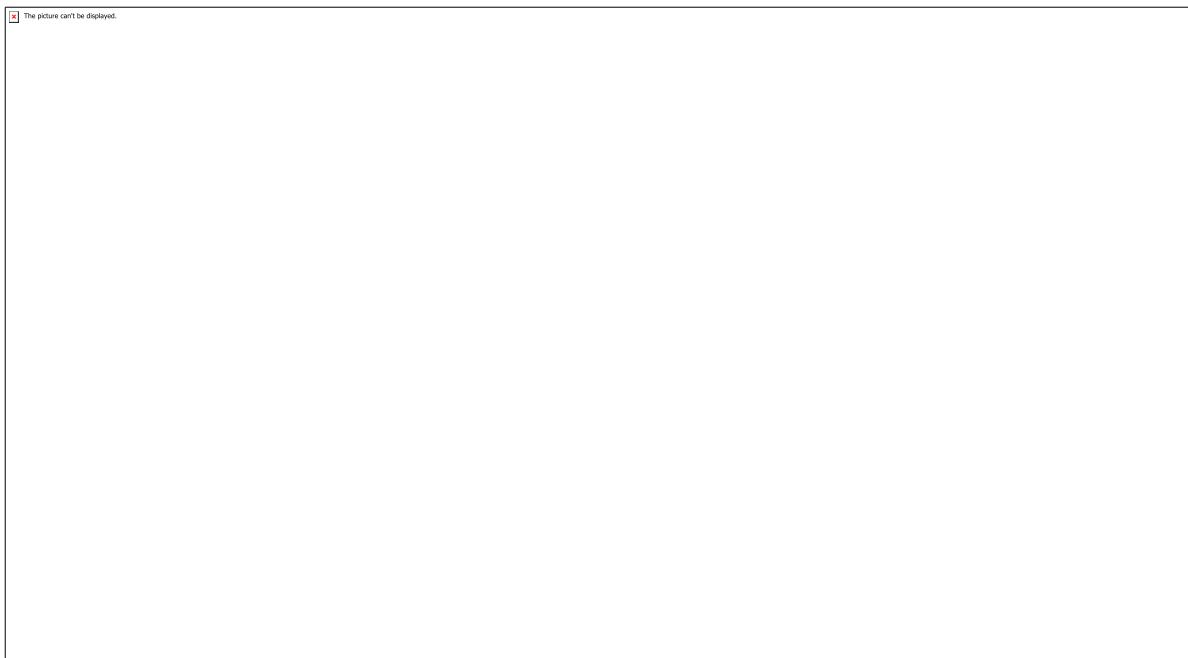
 The picture can't be displayed.
--

Tabela 4: Resistência para bielas, tirantes e regiões nodais de acordo com os critérios da NBR 6118:2014 e do ACI 318-14

CÓDIGO: ET0803

AUTOR: MARLA RAQUEL LEANDRO DA SILVA

ORIENTADOR: RUBENS MARIBONDO DO NASCIMENTO

TÍTULO: Avaliação de fitoterápico à base de curcumina em nanopartículas

Resumo

Este trabalho objetiva analisar a eficácia do uso da molécula de Curcumina, um importante fitoterápico com aplicação na área da saúde, como agente sobre bactérias específicas da cavidade oral, principalmente no caso de implantes dentários, já que estes além de apresentarem fatores de falhas relacionados a desgaste e fadiga, assim como ação do meio bucal em seu processo de corrosão de materiais, também apresentam respostas inflamatórias no paciente pela presença do biofilme dentário. Tendo em vista que o mecanismo mais eficaz de controle do biofilme é a ação mecânica e química, sendo esta, responsável por algumas limitações observadas com o uso de alguns produtos químicos, como manchamento dentário, infecções oportunistas e alto custo, a curcumina, que tem mostrado diversos efeitos terapêuticos, está sendo testada e pode se constituir numa alternativa viável. Dessa forma, neste estudo, buscou-se testar a ação de composto à base de curcumina com a perspectiva de utilização para controle de biofilme e uso terapêutico em Odontologia. Em função desse objetivo amplo, optou-se por realizar vários testes a cada resultado obtido.

Palavras-chave: Saúde. Odontologia. Implantodontia. Curcumina. Curcuma. Biofilme.

TITLE: Evaluation of curcumin-based herbal medicine in nanoparticles

Abstract

This paper aims to analyze the effectiveness of the use of Curcumin molecule, an important herbal medicine with application in health, as an agent on specific bacteria of the oral cavity, especially in the case of dental implants, as these have failure factors related to Wear and fatigue, as well as the action of the oral environment in its material corrosion process, also present inflammatory responses in the patient due to the presence of dental biofilm. Given that the most effective mechanism of biofilm control is the mechanical and chemical action, which is responsible for some limitations observed with the use of some chemicals, such as dental staining, opportunistic infections and high cost, curcumin, which has shown several therapeutic effects, is being tested and may be a viable alternative. Thus, in this study, we tried to test the action of curcumin-based compound with the perspective of use for biofilm control and therapeutic use in dentistry. Due to this broad objective, it was decided to perform several tests for each result obtained.

Keywords: Health. Odontology. Implantology. Turmeric. Biofilm

Introdução

Sabe-se que os implantes dentários têm se mostrado uma alternativa segura e previsível para o tratamento reabilitador em pacientes edêntulos. O sucesso do tratamento depende de uma técnica cirúrgica segura, material biocompatível que possibilite a osseointegração e resposta biológica do paciente. Próteses fixas suportadas por implantes são a primeira indicação para o tratamento de pacientes desdentados, respeitando todas as condições biológicas e mecânicas requeridas (Telles, 2009) vem sendo cada vez mais usadas em tratamento reabilitador de pacientes desdentados totais e parciais, proporcionando maior estabilidade do sistema durante a função e melhorando, assim, a autoestima, conforto, segurança e a eficiência mastigatória dos pacientes (Pan et al. 2007; Mezzomo et al., 2007). Entretanto, a literatura tem revelado possíveis falhas em sistemas de implantes (Vieira et al., 2006; Gratton et al., 2001; Manda et al., 2009; Souza et al., 2010). Além de desgaste e fadiga, é revelada na literatura a influência do meio oral sobre a corrosão dos materiais devido à presença de várias substâncias ácidas presentes na saliva e oriundas de tratamentos terapêuticos (fluoretos, peróxido de hidrogênio, peróxido de carbamida), dieta e metabolismo microbiano (ex. ácido lático) (Souza et al., 2010; Oshida et al., 2005, Mabilleau et al., 2006; Schiff et al., 2002; Pan et al., 1998). Visando o controle do biofilme nas estruturas dentárias a partir do uso de fitoterápicos como alternativa terapêutica acessível à população, vários tipos de fitoterápicos têm sido testados para controle do biofilme. Além disso, os microgaps podem ser colonizados por microrganismos presentes no biofilme e levar às respostas inflamatórias no paciente. Por outro lado, também é de conhecimento comprovado cientificamente que os principais meios de controle do biofilme são os mecânicos e químicos (Newbrun, 1988; Thystrup et al., 1988). No entanto, algumas limitações são observadas com o uso de alguns produtos químicos, como manchamento dentário, infecções oportunistas e alto custo, limitam seu uso. Diante disso, a curcumina, que tem mostrado diversos efeitos terapêuticos, está sendo testada e pode se constituir numa alternativa viável. No entanto, devido à sua baixa hidrossolubilidade e biodisponibilidade, procurou-se formular e caracterizar um composto sob a forma de microemulsão como uma alternativa, para ser testado nos experimentos com curcumina. Esses procedimentos metodológicos ficaram a cargo e sob a responsabilidade do Laboratório de Tecnologia Farmacêutica do Departamento de Farmácia da UFRN. A microemulsão foi preparada a partir de estudos bibliográficos preliminares e se constituiu num primeiro achado dos estudos com a curcumina realizados na Ufrn.

Neste estudo, buscou-se testar a ação de composto à base de curcumina com a perspectiva de utilização para controle de biofilme e uso terapêutico em Odontologia. Em função desse objetivo amplo, optou-se por realizar vários testes a cada resultado obtido.

Porém, é inegável que a fitoterapia se fundamenta na utilização de preparados padronizados, eficazes, inócuos e com qualidade controlada elaborados a partir de plantas medicinais. Sendo então indicada quando este método se constitui de uma alternativa segura e curativa para determinada patologia. Na Odontologia, a fitoterapia baseada em evidências constitui um método de tratamento seguro das afecções bucais, além disso, no Brasil, a maioria da população vive em condições socioeconômicas precárias, inviabilizando a compra de medicamentos tradicionais, dando mérito para a fitoterapia como terapêutica alternativa. Para uma utilização segura de plantas

medicinais e fitoterápicos, são necessárias medidas de controle de qualidade e informações precisas de seus constituintes químicos (PEREIRA et al, 2010).

Metodologia

Os experimentos que compuseram os estudos com curcumina foram submetidos à apreciação da Comissão de Ética no uso de animais/UFRN (CONCEA), recebendo o parecer número 043.022-2017. O marco inicial foi a formulação e caracterização da molécula de curcumina e a preparação da microemulção a ser utilizada em todos os testes. Assim, como etapa preliminar, foi realizada a cultura de células, em que se comparou curcumina com o ácido ascórbico (vitamina C) e Cisplatina, em diferentes concentrações com o protocolo Alamar Blue a 5mg/ml, de viabilidade celular. Os dados foram analisados pelo teste de Bonferroni

Resultados e Discussões

Ao realizar os testes de cultura celular para a verificação da toxicidade da curcumina utilizando-se a microemulsão, verificou-se nas primeiras análises, que contrariamente ao que se relata na literatura, que a curcumina apresentara toxicidade maior que o esperado. Conjetura-se que o fato se deva ao sistema microemulsionado ou às duas linhagens de células HEK e PANC, utilizadas. Em função desses resultados optou-se por suspender as análises microbiológicas e continuar com os demais experimentos e só reiniciar após a aquisição de novos lotes de células.

Conclusão

Nas condições em que a pesquisa foi realizada, esse estudo apresenta resultados semelhantes a estudos anteriores, ou seja, a curcumina demonstrou ter ação antioxidante (SUETH et al,2015), compatível com a vitamina C e de certa forma, também ocasionou a redução de células PANC, oriundas de carcinoma de pâncreas. No entanto, são necessários mais estudos com a finalidade de dirimir dúvidas sobre o nível de toxicidade. Em função disso, entender que a doença periplantar é causada por acúmulo de biofilme nos dispositivos protéticos, principalmente por sua difícil higienização comparada à dentição natural. O estudo está em fase de reavaliação do teste em cultura celular e pretende seguir para análise microbiológica, testando-se bactérias patogênicas do meio bucal. Portanto, é relevante ressaltar que esta área de estudos é carente de pesquisas científicas, uma vez que as ferramentas e instrumentos são de caráter laboratorial e por isso prolongam o tempo de pesquisa , representa um futuro promissor e mediante estudos, um possível uso terapêutico em diversas situações clínicas.

Referências

ALMEIDA, R. B. de A. Avaliação da atividade dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, *Tagetes minuta* L. e *Curcuma zedoaria* Roscoe frente aos microrganismos *Candida* spp., *Staphylococcus* spp. e *Streptococcus mutans*. São José dos Campos, 2011.

CODEVILLA, Cristiane Franco et al. INCORPORATION OF CURCUMIN INTO NANOSTRUCTURED SYSTEMS: A REVIEW. Ciência e Natura, v. 37, p. 152-163, 2015.

GUTIERREZ, Maria Eduarda Ziani et al. ESTUDO DA TOXICIDADE DA ASSOCIAÇÃO DO MELOXICAN E CURCUMINA LIVRES E NANOENCAPSULADOS EM CAMUNDONGOS. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n. 2, 2017.

MABILLEAU, G. et al. (2006). Influence of fluoride, hydrogen peroxide and lactic acid on the corrosion resistance of commercially pure titanium, Acta Biomaterialia, 2(1), pp. 121-129.

NEWBRUN E. Cariologia. São Paulo: Livraria Editora Santos; 1988

OSHIDA, Y. et al. Corrosion of dental metallic materials by dental treatment agents. Mater Sci Eng, 25:243–348, 2005

PEDRAZZI, V. et. al. Métodos mecânicos para o controle do biofilme dentário supragengival. R. Periodontia, v. 19, n. 3, 2009.

PEREIRA, Maria do Socorro Vieira et al. Plantas medicinais na odontologia: potencial antimicrobiano. João Pessoa: Universitária/UFPB, 2009.

SUETH-SANTIAGO, Vitor et al. Curcumina, o pó dourado do açafrão-da-terra: introversões sobre química e atividades biológicas. Química Nova, v. 38, n. 4, p. 538-552, 2015.

THYLSTRUP A, FEJESKOV O. Tratado de cariologia, Rio de Janeiro: Editora Cultura Médica Ltda.; 1988

TELLES, D. et al. O exame do paciente edentado. _____. Prótese total convencional e sobre implantes. São Paulo: Ed. Santos, p. 17-53, 2009.

CÓDIGO: ET0810

AUTOR: NATAN GUEDES DO ROSARIO

ORIENTADOR: IRIS OLIVEIRA DA SILVA

TÍTULO: Síntese de nanopartículas de prata funcionalizadas em fibra de bambu por processo de espuma e sua potencial aplicação para proteção antimicrobiana e material condutor

Resumo

Nas últimas décadas tem-se estudado o alto potencial da nanotecnologia, aplicada em materiais têxteis, dentro desse contexto os cientistas criaram partículas dos mais diversos metais, como as nanopartículas de prata, ouro, cobre, entre outras. Visando o desenvolvimento de novos materiais, esse projeto visa desenvolver um material têxtil a base de fibra de bambu, impregnado com nanopartículas metálicas, pelo método de espuma. Primeiramente as nanopartículas serão sintetizadas, via síntese química, de nitrato de prata e citrato de sódio, em seguida, essas nanopartículas serão caracterizados por DLS, potencial zeta, TEM. A impregnação das nanopartículas no substrato se dará pelo método por espuma, visando a redução do consumo de água e produtos químicos, sendo considerado um método eco-friendly. Após a síntese, foram encontradas nanopartículas com tamanho médio 66,4 nm, considerado valor excelente e com potencial zeta de $-3,14 \times 10^{-01}$, que precisa ser melhorado.

Palavras-chave: Nanopartículas de Prata, material condutor, propriedade antimicrobiana

TITLE: SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES FUNCTIONALIZED IN BAMBOO FIBER BY FOAM PROCESS AND ITS POTENTIAL APPLICATION FOR ANTIMICROBIAN PROTECTION AND DRIVING MATERIAL.

Abstract

In recent decades the high potential of nanotechnology has been studied, applied in textile materials, within this context scientists have created particles of the most diverse metals, such as nanoparticles of silver, gold, copper, among others. Aiming at the development of new materials, this project aims to develop a textile material based on bamboo fiber, impregnated with metal nanoparticles, by the foam method. First the nanoparticles will be synthesized, via chemical synthesis, of silver nitrate and sodium citrate, then these nanoparticles will be characterized by DLS, zeta potential, TEM. The impregnation of the nanoparticles in the substrate will occur by the foam method, aiming at reducing the consumption of water and chemicals, being considered an eco-friendly method. After the synthesis, nanoparticles with mean size 66.4 nm were found, considered excellent value and with zeta potential of -3.14×10^{-01} , which needs to be improved.

Keywords: Silver nanoparticles, conductive material, antimicrobial property.

Introdução

A nanotecnologia é uma descoberta que auxilia na aplicação e construção de novas substâncias capazes de reduzir custos na fabricação de materiais, e descobrimento de novas fórmulas para criar soluções para os mais diversos problemas sociais e surgimento de novas tecnologias em virtude da manipulação da matéria na escala de 1 a 100 nanômetros (GARCIA. 2011). Segundo a FISPQ (Ficha de Informação Sobre Produtos Químicos) o nitrato de prata AgNO₃ também conhecido por “Cáustico Lunar”, é uma estrutura atómica composta pela Prata (Ag) que possui 1 (um) elétron na camada de valência, Nitrogênio (N) possui 5 (cinco) elétrons e o Oxigênio com 6(seis) em sua última camada, massa molar estrutural [169,87 g/mol], ponto de ebulição de 440 °c, e fusão 212 °c tem combinação iônica apesar de suas ligações serem de natureza covalente, apresentando duas ligações simples e uma dupla, restaram ao oxigênio duas valências, na qual, um oxigênio será contrabalanceado pelo elétron restante do nitrogênio e resultará uma sobra de um elétron negativo, sendo, portanto, um ânion monovalente (NO₃⁻). O nitrato irá doar de natureza iônica o seu elétron de valência a um metal, íon positivo, dando origem a um sal. Com isso a prata adicionada ao nitrato torna a estrutura estável, podendo se tornar um bom agente condutor, devido ao fortalecimento do metal favorecido pela estrutura iônica do NO₃⁻ monovalente. A substância da prata é praticamente inerte ao oxigênio, ou seja, não ocasiona ferrugem, sua estrutura cristalina é cúbica de faces centradas, condutividade térmica de 429 W/(m.k), ou seja, é o maior condutor elétrico dentre os metais, possui apenas um elétron na última camada de valência e por isso é uma substância homogênea e não oferece riscos ao ser humano sintetizado com outras substâncias, devido às características de seus ânions, e não danifica às propriedades da fibra do bambu que será utilizada no processo de estudo. Em algumas pesquisas desenvolvidas pelo CDMF (Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais, São Carlos/SP), destaca-se a aplicação de nanopartículas de prata funcionalizadas em filtro de ar-condicionado, para melhorar a pureza do ar principalmente em hospitais, impedindo a proliferação de bactérias evitando infecções e outros tipos de doenças hospitalares. É importante o aprofundamento de estudos em relação às diversas propriedades da prata, tratadas como nanopartículas que são capazes de estabelecer conexões com outras substâncias ou materiais poliméricos que resultarão em novas estruturas habilitadas em contribuir para uma melhor qualidade de vida, prevenção, cuidado ambiental e consequentemente facilidades e opções sustentáveis para novos materiais (GARCIA. 2011). Ao longo dos anos, observamos a diversidade dos materiais de recursos naturais e suas variadas propriedades que podem ser usadas para o combate às várias doenças, prevenção e proteção antimicrobiana. O bambu é um material caracterizado por sua alta resistência, possuem inúmeros nutrientes, fácil plantio, boa funcionalidade com material natural, artificial e sintético, antifúngico, antiviral e remineralizante LOPES et al, (2019). Segundo estudos realizados pela Universidade Estadual de Washington, nos Estados Unidos, divulgada pela revista “Mundo boa forma” a fibra de bambu possui um bioagente chamado “Kun”, que impedi a alimentação das bactérias, resultando em uma destruição em massa de micróbios. Para aplicação após a preparação da espuma, as nanopartículas são adicionadas em um recipiente e agitada junto com a composição da espuma, com o auxílio de um MIX ou outro equipamento semelhante a um misturador, em seguida pode ser aplicado no tecido de bambu com a ajuda de uma espátula, espalhando por toda a região, finalizando com a compressão entre dois rolos para a retirada do substrato (ARAUJO,2017).

Metodologia

2.1 Síntese das nanopartículas de prata Para a preparação de 500 ml de nanoparticulas de prata, foram utilizadas 0,0807 g de nitrato de prata diluída em um becker com 475 ml

de água destilada compondo a solução (1), em seguida foi utilizado 0,7997 g de citrato de sódio diluído em 79,97 ml de água destilada formando a solução (2). A solução (2) foi colocada sobre agitação e aquecimento até atingir a temperatura de 90°C, em seguida com o auxílio de uma bureta foi adicionado gota a gota 25 ml da solução (2) durante 8 minutos até se observar uma mudança de coloração para uma modulação amarelada, imediatamente é desligado o aquecimento e mantido a agitação por mais 10 minutos para completar a estabilização das nanopartículas.

2.2. Caracterização das nanopartículas de prata por DLS e Potencial Zeta Uma alíquota da solução de nanopartículas de prata foi retirada para análises do tamanho de partículas, pelo método DLS e potencial zeta, para verificar a efetividade do processo de obtenção, por síntese química. Para realizar o tamanho das nanopartículas foi utilizado o aparelho modelo Zeta Potential Analyzer, que utiliza o sistema operacional Windows XP com um software denominado de Particle Size (tamanho de partícula), onde são colocados os parâmetros para medição. A amostra da nanopartículas foi adicionada numa cubeta de quartzo e colocada no equipamento, definindo-se como padrão 1º ciclos de 1 minuto cada. Em seguida, já sabendo o tamanho das partículas, foi realizada a análise de potencial zeta, utilizando o programa Zeta Potential, no mesmo equipamento, onde outra cubeta de plástico foi utilizada e desta vez com a inserção de um eletródo, utilizando-se o mesmo parâmetro de 10 ciclos.

Resultados e Discussões

3.1 Tamanho das partículas de potencial zeta Com base nos resultados obtidos nas análises de potencial zeta e tamanho de partículas, verificou-se que o diâmetro médio das nanopartículas de prata obtidas foram de 66,4 nm, valor considerado excelente, pois demonstra a estrutura nano do material sintetizado. Já na análise de potencial zeta obtivemos um valor médio de $-3,14 \times 10^{-1}$, demonstrando que a solução possui uma carga negativa, conforme literatura, porém como o resultado foi muito pequeno, verificasse que não houve uma boa estabilidade da solução, com tendência a aglomeração das nanopartículas, porém iremos realizar novos experimentos para obtenção de um resultado mais satisfatório. Contudo o processo de síntese é compatível com os objetivos de transformar o propósito em realidade a partir dos estudos desenvolvidos e avaliando o alto potencial característico de um agente condutor e antimicrobiano, como são as nanopartículas de prata.

Conclusão

Com base no desenvolvimento do plano de trabalho até o momento, podemos concluir que a síntese das nanopartículas com relação ao tamanho médio foi positivo, porém é necessário verificar o que houve com relação ao potencial zeta, que demonstrou baixa estabilidade na solução coloidal. A escolha de fibra de bambu pode ser considerada excelente, pois se trata de um material obtido de uma matéria prima abundante na natureza e que possui caráter biodegradável. Com relação ao processo que será usado para impregnar as nanopartículas de prata na fibra de bambu, o processo por espuma, pode-se concluir, que se trata de um processo inovador, para aplicação de nanopartículas, uma vez que possui poucas publicações na literatura e demonstra ser um processo ecologicamente correto, pois visa a redução do uso de água, um dos grandes vilões da indústria têxtil, e redução de produtos químicos, tornando o efluente gerando menos poluente.

Referências

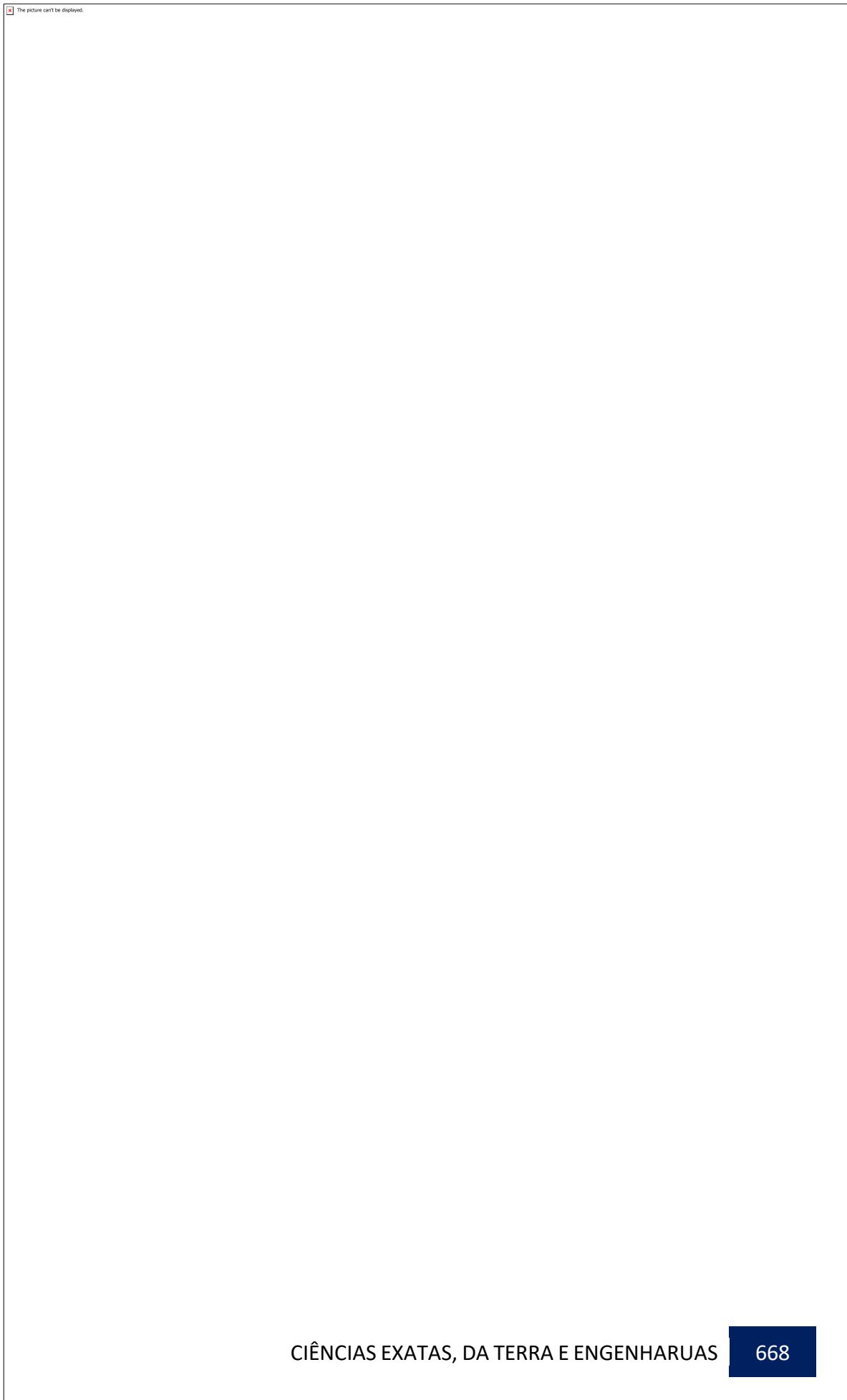
ARAUJO, Rubens Capistrano. Revestimento superhidrofóbico de nanocompósito PTFE/CaO fabricado por deposição de espuma em fibra de PLA: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal/RN, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/24503/1/RubensCapistranoDeAraujo_TESE.pdf>. Acesso em 19 jul. 2019.

GARCIA. Marcus Vinicius Dias. Síntese, caracterização e estabilização de nanopartículas de prata para aplicações bactericidas em têxteis: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas/SP, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266890/1/Garcia_MarcusViniDias_M.pdf> acesso em 21 jun. 2019.

INDUKERN. Ficha de informações sobre produtos químicos lauril éter sulfato de sódio, 2007: disponível em: <<http://www.hcrp.fmrp.usp.br/sitehc/fispq/Lauril%20Sulfato%20Eter%20de%20S%C3%B3dio.pdf>> acesso em 27 de Jun. 2019.

LOPES, Carlos Eduardo Pinto et al. Colmos de caule de bambu e da cana- de-açúcar para a fabricação de compósitos poliméricos: Brazilian Journal of Development. Curitiba/PR, 2019. Disponível em: <<http://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/1866/1844>> acesso em 30 de jun. 2019.

Anexos



Solução coloidal de nanopartículas de prata (Fonte: Próprio autor)

CÓDIGO: ET0817**AUTOR:** MARIA MONIQUE DE BRITO LEITE**ORIENTADOR:** MAURÍCIO MHIRDAUI PERES

TÍTULO: Caracterização Microestrutural da liga aeronáutica Al-Zn 7050 consolidada por extrusão à 300°C e a 450°C

Resumo

O objetivo deste trabalho é caracterizar o efeito da temperatura de extrusão (300°C e 450°C) na microestrutura de materiais consolidados pelo processamento de cavacos provenientes da usinagem da liga AERONÁUTICA 7050-T7451, originárias de placas AMS 4050 H por meio da conformação via spray forming (conformação por spray) seguida de tratamento térmico e consolidada por extrusão a quente. Essa matéria prima reciclada foi direcionada a etapa de spray forming e o material adquiriu uma forma de depósito com aproximadamente 250 mm de diâmetro e 25 mm de espessura com massa final de 3,0 kg. O material resultante do processo é poroso sendo necessário a etapa final que buscou a consolidação dos cilindros porosos por extrusão a quente. Na etapa de extrusão a redução de área foi de 10/1 sob uma velocidade de compressão do punção de 1 mm/min realizadas amostras sob diferentes temperaturas (300°C e 450 °C). Por fim, através da metalografia dos materiais, seguido de análises microestruturais realizadas com o auxílio de microscópio óptico, microscópio eletrônico de varredura, identificação de elementos químicos por FRX e das fases cristalinas por DRX, buscou-se comparar a influência da temperatura de extrusão na formação e distribuição das fases, tamanho de grão e porosidade. Além da realização de ensaio de microdureza Vickers com intuito de avaliar se o aumento da temperatura influenciou na dureza do material.

Palavras-chave: Alumínio; Extrusão; Precipitados; Microscopia; Microdureza Vickers.

TITLE: Microstructural characterization of AA7050 aeronautical alloy consolidated by extrusion at 300°C and at 450°C

Abstract

The objective of this work is to characterize the effect of extrusion temperature (300 ° C and 450 ° C) on the microstructure of materials consolidated by chip processing from the machining of AERONATIC 7050-T7451 alloy, originating from AMS 4050 H plates by forming via spray forming followed by heat treatment and consolidated by hot extrusion. This recycled raw material was directed to the spray forming stage and the material acquired a deposit form with approximately 250 mm diameter and 25 mm thickness with a final mass of 3.0 kg. The material resulting from the process is porous and the final step that sought the consolidation of the porous cylinders by hot extrusion is necessary. In the extrusion step the area reduction was 10/1 under a puncture compression speed of 1 mm / min samples were taken at different temperatures (300 ° C and 450 ° C). Finally, through the metallography of the materials, followed by microstructural analyzes performed with the aid of optical microscope, scanning electron microscope, identification of chemical elements by FRX and crystalline phases by XRD, we sought to compare the influence of extrusion temperature on phase formation and distribution,

grain size and porosity. In addition, a Vickers microhardness test was performed to evaluate whether the increase in temperature influenced the hardness of the material.

Keywords: Aluminum; Extrusion; Precipitates; Microscopy; Vickers microhardness.

Introdução

As formas de obtenção e compreensão das informações inerentes das diferentes classes de materiais englobam um vasto campo de análises da estrutura e a microestrutura dos caracteres microscópico e macroscópico de cada material. Através de pesquisas e com o auxílio de equipamentos traça-se as individualidades e propriedades dos materiais com intuito de definir a viabilização desse material no cotidiano. Dessa forma, a tecnologia está continuamente em busca de avanços que intensifiquem as propriedades dos materiais de forma a atender e satisfazer questões de performance e econômicas. As ligas de alumínio impulsionaram e ampliaram a extensão de aplicação do alumínio metálico, visto que as ligas foram desenvolvidas com intuito de otimizar as propriedades do material base através da adição de elementos de liga que não reduzam as características intrínsecas da matriz de alumínio. Além disso, sua vasta utilização advém da combinação entre baixa massa específica, quando comparada com outros metais, e resistência mecânica significativa para muitas aplicações, resultando em um material ideal para o uso em aplicações aeronáuticas. Dentre as principais ligas utilizadas para essa aplicação, tem-se as ligas da série 7XXX que são formadas pela liga quaternária Al-Zn-Mg-Cu, possuindo a combinação de teores de elementos de liga de cobre, magnésio e principalmente zinco. Os elementos Zn, Mg, Cu e Zr induzem a precipitação de partículas de segunda fase, além do Cu aumentar a resistência química. Além disso, as ligas de alumínio da série 7XXX estão entre as liga de Al que conseguem atingir maior nível de resistência mecânica. A maneira utilizada para aumentar as propriedades mecânicas da série 7xxx é através de um processo de tratamento térmico de endurecimento por precipitação (T6). (CARVALHO, 2004; HATCH, 1990 e ONDER, 2015). Buscando uma alternativa sustentável para a reciclagem de cavacos de ligas de alumínio provenientes do processo industrial de usinagem, definiu-se uma rota de processamento que pudesse preservar as propriedades químicas e mecânicas do material base sem resultar em alterações que inviabilizaram o uso do material originário de um processo secundário de fabricação e, assim, propor uma nova aplicação para o produto final do método. A rota de processo utilizada nesse presente trabalho consistiu em três etapas principais, sendo: obtenção de cavacos, conformação dos cavacos após limpeza via spray forming e consolidação por tratamento térmico pelo método de extrusão à quente, realizada na UFSCAR e descrito conforme a referência (HYODO, 2012 ;MAZZER, 2013). Nesse trabalho será observado como a diferença de temperatura durante o processo de extrusão a quente pode influenciar na microestrutura e mecanicamente os materiais através da análise de dois materiais submetidos a temperaturas de extrusão de 300°C e 450°C, respectivamente, processador na UFSCAR (Campus São Carlos - SP) por HYODO (2012) por (spray forming) e por Maurício M. Peres (extrusão), atualmente professor da UFRN. Portanto, o objetivo desse trabalho consistiu em caracterizar as ligas AA7050, obtidas por spray forming (conformação por spray) e conformadas por extrusão à 300°C e à 450°C, através de metalografia dos materiais, seguido de análises microestruturais realizadas com o auxílio de microscópio óptico, microscópio eletrônico de varredura, identificação de elementos químicos por FRX e das fases cristalinas por DRX, visando compara a influência da temperatura de extrusão na formação e distribuição das fases, tamanho de grão e porosidade. Além da realização de ensaio de microdureza Vickers com intuito de avaliar se o aumento da temperatura influenciou na dureza do material.

Metodologia

Os materiais utilizados neste trabalho foram obtidos através do resultado do trabalho de HYODO, 2012, que realizou o processamento de cavacos provenientes da usinagem da liga AERONÁUTICA 7050-T7451, originárias de placas AMS 4050 H por meio da conformação via spray forming seguida de tratamento térmico e consolidada por extrusão a quente, sendo essa última etapa realizada pelo Prof. Dr. Maurício M. Peres, na mesma época.

A metodologia inicial baseou-se na obtenção dos cavacos, seguida de limpeza feita com lavagem alcalina a frio para retirada de resíduos orgânicos e finalizada com secagem por agitação sob chama de propano. Essa matéria prima reciclada foi direcionada a segunda etapa do processo através da fusão desse material pelo método de spray forming, no qual o processo de deposição durou 50 segundos e o material adquiriu uma forma de depósito com aproximadamente 250 mm de diâmetro e 25 mm de espessura com massa final de 3,0 kg. O material resultante desse processo é poroso sendo necessário a etapa final que buscou a consolidação dos cilindros porosos por extrusão a quente. Na etapa de extrusão a redução de área foi de 10/1 sob uma velocidade de compressão do punção de 1 mm/min realizadas amostras sob diferentes temperaturas (300°C e 450 °C).

A técnica de spray forming (conformação por spray), a qual consiste na fundição por pulverização da liga metálica, no qual o material é submetido dentro de um forno temperatura suficiente para atingir o estado de fundição, ou seja, acima da temperatura liquidus (Tliquidus). O material no estado líquido atinge superaquecimento e é encaminhado para um atomizador e inicia-se o processo de pulverização (atomização), cujo metal líquido é envolto por um fluxo de gás inerte sob alta pressão em uma câmara fechada e, durante o processo as gotículas, ainda se encontrarem em estado líquido ou semi-sólido, se depositam sobre o substrato, o qual atua como base de deposição das gotículas que se aglomeram e solidificam até a obtenção de um conglomerado (depósito), assim, o processo é finalizado quando o metal líquido é esgotado. Para isso, essa conformação é subdividida em três etapas: atomização, comportamento térmico e dinâmico da gota no spray bifásico e deposição da gota e solidificação final da pré-forma. As principais vantagens desse processo baseiam-se no refinamento de grãos equiaxiais com ordem de 1-100Mm, baixa segregação, formação de eutético, segundas fases precipitadas e intermetálicos refinados (HYODO, 2012; MAZZER, 2013). O processamento por extrusão consiste no processo de conformação mecânica que pressiona um material com determinada geometria, geralmente tarugos, sob uma matriz metálica de forma a reduzir a área e através do processo de encurtamento consolidar esse material. Esse processo dispõe de duas técnicas, cuja variação está na aplicação ou não de temperatura. O processo realizado apenas com esforço mecânico atribui boa resistência mecânica, contudo é um processo pouco simples devido ao alto montante de força necessária que deverá ser usada para que o material possa ser forçado sob a matriz. Sendo, então, mais trabalhável o método termomecânico, que além de facilitar a passagem do material pela matriz.

A preparação metalográfica e caracterização das amostras foram realizadas nos Laboratório de Caracterização dos Materiais – LCM e as análises microestruturais e mecânicas foram efetuadas no Laboratório de Caracterização e Microscopia dos materiais - LCEM e o Laboratório Ensaios Mecânicos – LABEM, lotados no Departamento de Engenharia de Materiais – DEMAT na Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

Preparação microestrutural das amostras

As amostras cilíndricas resultantes da liga AA7050 (diâmetro de 7,9 mm) foram cortadas transversalmente com tamanho adequado para que pudessem ser embutidas à frio em resina de PMMA (polimetacrilato de metila), evitando assim qualquer possível alteração microestrutural, como pode ocorrer em embutimento a quente. Em seguida, as amostras

foram lixadas na seguinte sequência: granalha: 240; 320; 400; 600; 1200 e 2000, seguido de polimento com pasta de diamante de 1µm. Com as superfícies lisas e planas, as peças foram levadas ao Microscópio Óptico para análise microestrutural, sendo verificada a necessidade de se fazer um Ataque químico para que os contornos de grãos fossem revelados. O ataque adequado foi feito após testes distintos com três reagentes: Tucker, Poulton e Keller. No qual, o ataque realizado com regente de Poulton foi o mais satisfatório, revelando a microestrutura de ambos os materiais analisados.

Após o ataque químico, a amostra 1 (material submetido a temperatura de 300°C) e a amostra 2 (material submetido a temperatura de 450°C) foram encaminhadas para ao Laboratório de Caracterização Estrutural dos Materiais (LCEM) do DEMAT - UFRN para realização de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), MEV-FEG e DRX (Difratômetro de Raios-X).

Por fim, para avaliação das propriedades mecânicas desses materiais optou-se por realizar o ensaio de Microdureza Vickers, que consistiu na aplicação de uma carga de 300gf por 15s tempo nas amostras analisadas através de um penetrador piramidal composto de diamante, sob um material. Esse ensaio é caracterizado como dureza por penetração, no qual a leitura das diagonais da área de impressão deixada pelo penetrador de diamante irá revelar o resultado do valor da dureza do material analisado. Esse resultado dependerá da capacidade do material de absorver energia sem se deformar, ou seja, a facilidade ou dificuldade que será de penetrar esse material. O equipamento utilizado para o ensaio de microdureza Vickers foi o Microhardness Tester de modelo FM-810, e como padronizado, o penetrador foi uma pirâmide de diamante de base quadrada com 136° entre as faces opostas e as amostras. A partir disso, aplicou-se sobre as amostras uma pré-carga de 100gf e em seguida a carga de 300gf, ambos por 15 segundos.

Resultados e Discussões

Espectrometria de fluorescência de raios-X - FRX

Com intuito de realizar uma análise elementar dos elementos presentes nas amostras, realizou-se a técnica de Espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), como é possível observar nas Tabela 1 e Tabela 2 para os materiais conformados por extrusão à 300°C e à 450°C, respectivamente. As composições resultantes são similares entre si e compatíveis das composições características das ligas de alumínio da série 7000, conforme as frações de zinco, magnésio e cobre encontradas. A tabela 3 foi apresentada apenas para comparação da análise química realizada por HYODO (2012) no material processado por spray forming, verificando-se uma pequena diferença entre alguns elementos de liga (maiores teores de Zn e Cu e menor fração de Mg). Podendo haver variações de regiões analisadas ou também a diferença entre a sensibilidade dos métodos e equipamentos usados por HYODO (2012) na UFSCAR e nesse trabalho (FRX) realizado em 2019 na UFRN.

Tabela 1 - FRX da amostra conformada por extrusão à 300°C.

Tabela 2 - FRX da amostra conformada por extrusão à 450°C.

Tabela 3 – Dados apresentador por HYODO (2012) da liga de Al-Zn obtida por spray forming.

Difratometria de Raios-X - DRX

Através da análise por DRX com parâmetros de faixa angular (2θ) de 10° a 90° e velocidade de varredura de 1°/min, foi possível determinar através de comparação com cartas padrões de DRX, conforme a Tabela 4, a presença da fase matriz Al-alfa (CFC) e das fases MgZn₂, Al₇Cu₂Fe e Al₂CuMg, conforme mostrado nos difratogramas das Figuras 1a e 1b. A formação das fases encontradas provavelmente ocorreram do

processamento inicial de por spray forming e se mantiveram durante a conformação por extrusão. Durante a solidificação do processo spray forming ocorreram processos difusivos que resultaram em precipitados originando as fases distintas presentes nas amostras, conforme resultados obtidos por HYODO (2012) e no presente trabalho do material extrudado.

Tabela 4 – Cartas cristalográficas padrões e suas respectivas fases.

Figura 1: Difratogramas dos DRX da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

Análise por Microscopia Óptica e por Microscopia Eletrônica de Varredura

Durante um processamento por conformação mecânica à quente podem ocorrer mecanismos de endurecimento, resultantes do encruamento, precipitação e formação de solução sólida, e mecanismos de amaciamento, que resultam em recuperação dinâmica, recristalização e crescimento de grãos. Os mecanismos de amolecimento são ativados devido as intensas vibrações térmicas, que impulsionam a difusão e mobilidade dos átomos, no qual ocorre rapidamente a eliminação do encruamento e da estrutura distorcida dos grãos através da formação de novos grãos livres de deformação, como resultado da recristalização. Assim, as características de encruamento das ligas de alumínio em altas temperaturas vão variar tanto com a temperatura como com a taxa de deformação.

Na extrusão ocorrem deformações compressivas que aumenta a densidade de discordâncias e consequentemente o encruamento. Esse efeito é maior para os processos sob temperaturas menos elevadas e para maiores taxas de deformação. Além disso, no estágio de compactação da extrusão ocorre uma maior taxa de deformação nas extremidades (paredes do molde) que promove um maior refino de grão nessa área em relação à região central do perfil extrudado. Nas regiões centrais, cuja taxa de deformação é menor, não ocorrerá refino de grão de forma eficiente. Isso porque a etapa de crescimento de grãos ocorre de forma isolada em algumas regiões próximas ao centro. Dessa maneira, é possível inferir que pelas análises microscópicas, o esperado é que a amostra 01 (consolidada à 300°C) possua grãos mais refinados em relação à amostra 02 (consolidada à 450°C).

Outro aspecto importante referente a liga AA7050 é que durante a solubilização é possível a ocorrência de fusão incipiente em temperatura muito inferiores à solidus em determinadas circunstâncias, que resultam em duas fases solúveis, a MgZn₂ (com alumínio e cobre substituindo parcialmente o zinco) e a Al₂CuMg.

E, por fim, outro fator intrínseco ao processo de extrusão a quente é a ausência de porosidade, resultado das altas taxas de deformações compressivas associadas ao mecanismo de consolidação por deformação plástica do material. Característica importante para o benefício das propriedades mecânicas (PERES, 2008). A análise prévia da microestrutura foi realizada por microscopia óptica, no qual apenas foi possível visualizar contornos de partículas da matriz de Al-alfa, como mostrado nas Figuras 2a e 2b. Verifica-se, conforme o esperado, um maior crescimento de grão da fase Al-alfa para o material consolidado à 450 °C, em relação ao consolidado à 300°C. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), conforme mostra as Figuras 3a e 3b. As análises das imagens 3a e 3b revelaram que o mecanismo de nucleação das segundas fases teve maior incidência nos contornos de partículas, contudo nota-se que em alguns casos houve nucleações dessas fases na matriz.

Figura 2: Análise por microscopia óptica com aumento de 500x da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

Figura 3: Análise por microscopia eletrônica de varredura com aumento de 1500x da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

Por fim, com o auxílio do MEV/FEG foram encontradas algumas fases, que estão registradas nas Figuras 4a e 4b. Para definir quais possíveis fases foram encontradas,

realizou-se microanálise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) nas regiões, vista na Figura 5. No caso da Figura 5c determinou-se uma alta porcentagem de cobre e magnésio sendo possível concluir que provavelmente seja a fase Al₂CuMg correspondente aos resultados de DRX. Em contrapartida, na Figura 5d tem-se uma maior fração de magnésio e zinco sendo, possivelmente sendo a fase MgZn₂, conforme resultados do DRX.

Figura 4: Análise por microscopia eletrônica de varredura com aumento de 1500x da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C. Figura 5: Análise dos precipitados através de (a) FEG amostras 1,(b) FEG amostra 2, (c) EDS amostra 1, (d) EDS amostra 2,(e) EDS amostra 1 e (f) EDS amostra 2.

Microdureza Vickers

Esse procedimento foi realizado para dezessete pontos distintos nas amostras como esquematizado na figura 6, buscando englobar tanto matriz quanto as fases e as bordas das amostras. A obtenção dos valores da microdureza foi feita pela leitura direta no equipamento e, assim, os dados foram tratados no Microsoft Excel com o objetivo de obter a média da dureza dos materiais e o desvio padrão, observados na Tabela 5. O material submetido a uma temperatura de extrusão de 450°C apresentou dureza de 96,4 +- 2,0 HV, enquanto que o submetido à 300 °C apresentou dureza de 140,8 +- 6,4 HV. Corroborando com a microestrutural mais grosseira e com menor encruamento do material consolidado à maior temperatura. Figura 6: endentações realizadas nas amostras. Tabela 5 - Valores das Microdurezas e Desvio Padrão das amostras.

Conclusão

Conforme o esperado para a liga Al-Zn 7050 analisada, ambas as amostras apresentaram formação de precipitados ricos nas fases MgZn₂, Al₇Cu₂Fe e Al₂CuMg, as quais foram detectadas por DRX e por microscopia FEG com análise pontual de EDS das microestruturas observadas. Essas fases, de acordo com o estudo de HYODO, 2012 são intrínsecas ao processo como um todo com início de formação desde a etapa de conformação por Spray e consolidadas na etapa de extrusão.

Além disso, com a temperatura de 300°C obteve-se grãos mais refinados do que o material submetido a temperatura de 450°C, fato atribuído ao fenômeno recristalização dos grãos e menor crescimento de grão durante o processamento termomecânico numa temperatura mais baixa.

O material submetido a uma menor temperatura de extrusão (300°C) apresentou maior dureza Vickers, 140,8 HV, correspondendo ao efeito da microestrutura mais refinada e de um maior nível de encruamento promovido pela extrusão à 300 °C. Em contrapartida, o material submetido à 450°C apresentou dureza de 96,4 HV, atribuindo essa resposta ao fato do material possuir grãos maiores.

Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, ABAL. Alumínio e suas ligas. Disponível em <<http://www.abal.org.br>>; Acesso em: 04 de agosto de 2018.
- [2] AMERICAN SOCIETY FOR METALS HANDBOOK. Properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials, V.2, ASM, 1992.BRITO, F. I. G. et al. Um estudo teórico sobre a sinterização na metalurgia do pó. Holos, v. 3, n. 23, p.204-211. 2007.
- [3] CALLISTER, W. D. 1940 - Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada /William D. Callister, Jr.; tradução Sérgio Murilo Stamile Soares; revisão técnica Paulo Emílio Valadão de Miranda. – Rio de Janeiro: LTC, 2006.

- [4] CARVALHO, A. L. M. - Efeito das Tensões Residuais na Fratura e Resistência à Fadiga da Liga de Alumínio 7050-T7451. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de Lorena, 2004.
- [5] GARCIA, Amauri.; SPIM, Jaime A.; SANTOS, Carlos A. Ensaio dos Materiais. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- [6] HATCH, J E. Aluminum: Properties and Physical Metallurgy. Usa. Metals Park: Asm, 1990.<http://www.infomet.com.br/metais-e-ligasconteudos.php?cod_tema=&cod_secao=11&cod_assunto=55>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- [7] HYODO, Alexandre. RECICLAGEM DE CAVACOS DE LIGAS DE ALUMÍNIO 7050-T7451 UTILIZANDO CONFORMAÇÃO POR SPRAY E TRATAMENTOS TERMOMECÂNICOS. 2012. 169 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.
- [8] KIMINAMI, C. S.; CASTRO, W. B.; OLIVEIRA, M. F. Introdução aos processos de fabricação de Produtos metálicos. São Paulo: Blucher, 2013.
- [9] MAZZER, Eric Marchezini. CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MECÂNICA DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7050 RECICLADA POR CONFORMAÇÃO POR SPRAY E EXTRUSÃO. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- [10] ONDER, Vanessa Dall. ANÁLISE DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7050 NA CONDIÇÃO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE ENVELHECIMENTO INTERROMPIDO. 2015. 34 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa, Paraná, 2015. [11] PERES, M.M. Comportamento Microestrutural e Mecânico de Ligas Nanoestruturadas de Pós de Alumínio Processadas por Extrusão à Quente. 2008.

Anexos

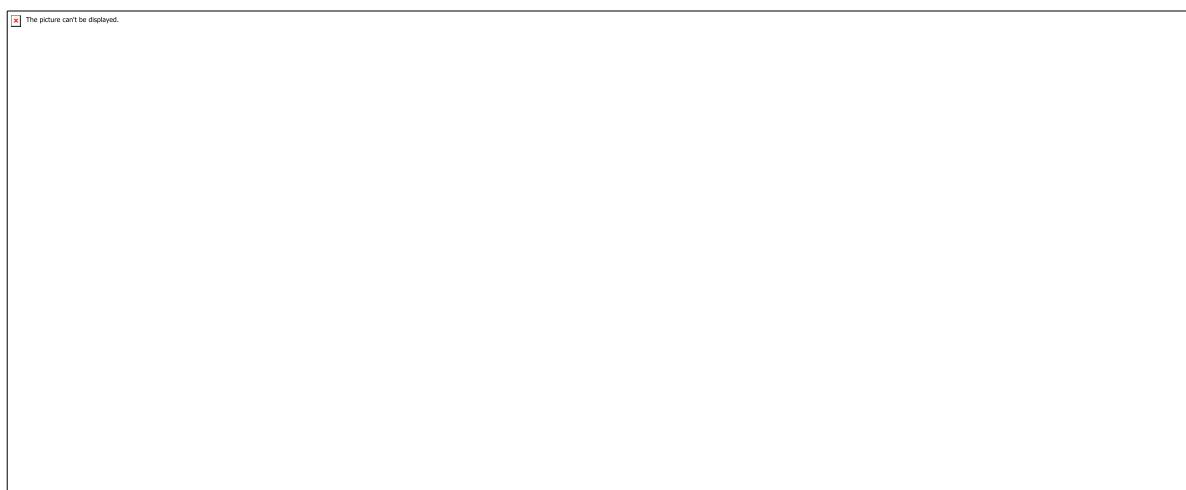


Tabela 1 - FRX da amostra conformada por extrusão à 300°C.

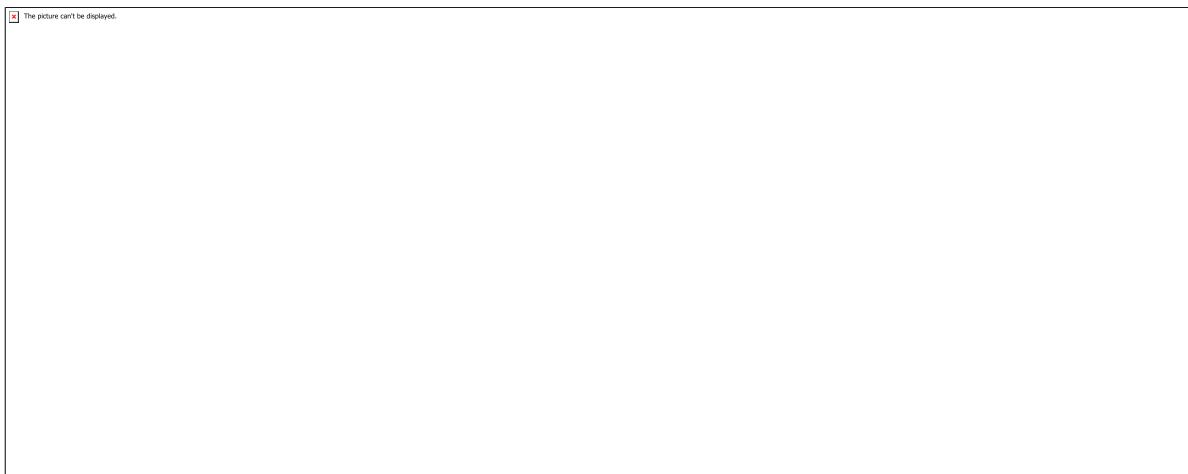


Tabela 2 - FRX da amostra conformada por extrusão à 450°C.

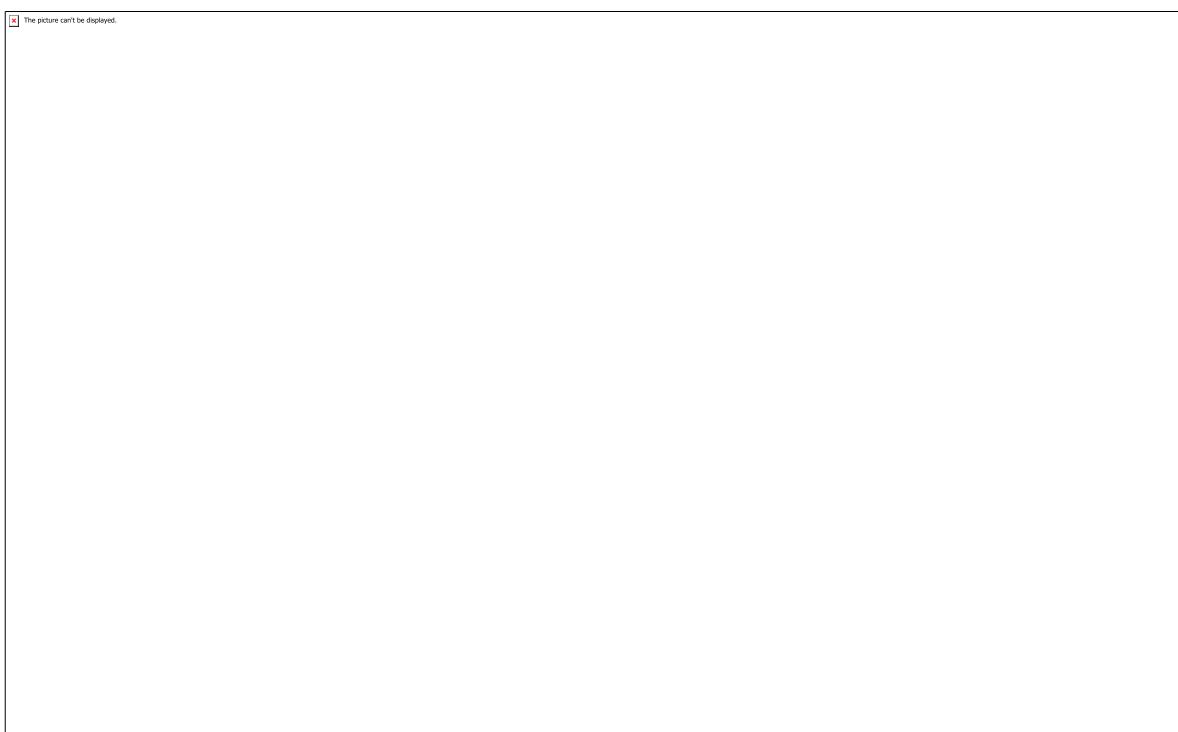


Tabela 3 – Dados apresentados por HYODO (2012) da liga de Al-Zn obtida por “spray forming”.



Tabela 4 – Cartas cristalográficas padrões e suas respectivas fases.

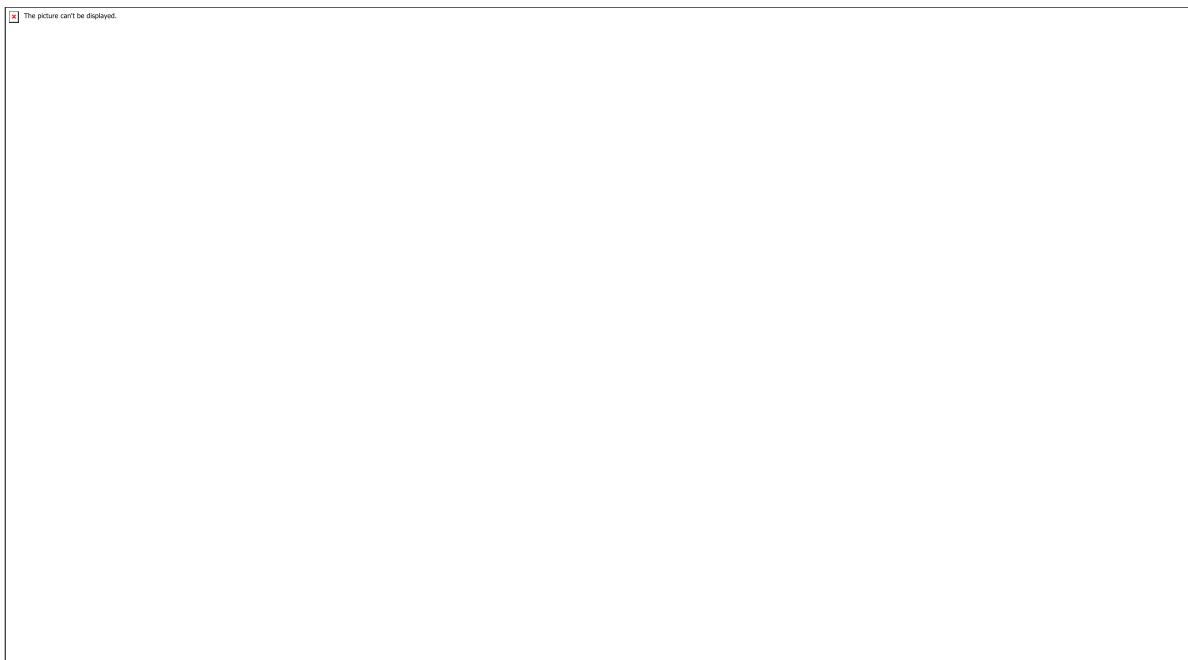


Figura 1: Difratogramas dos DRX da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

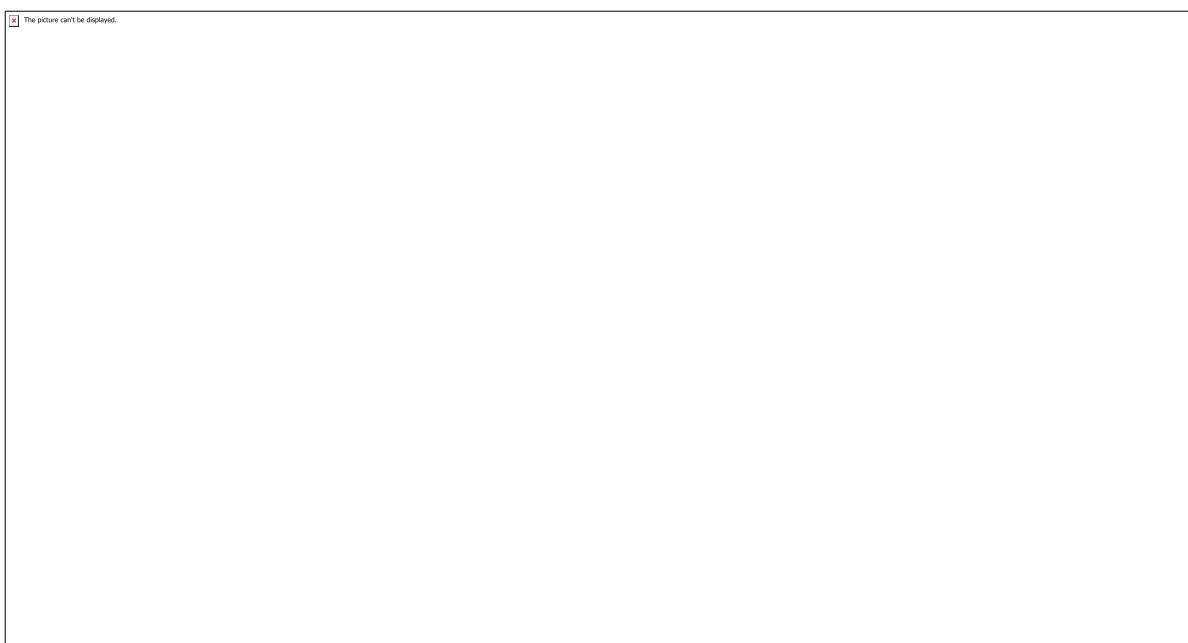


Figura 2: Análise por microscopia óptica com aumento de 500x da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

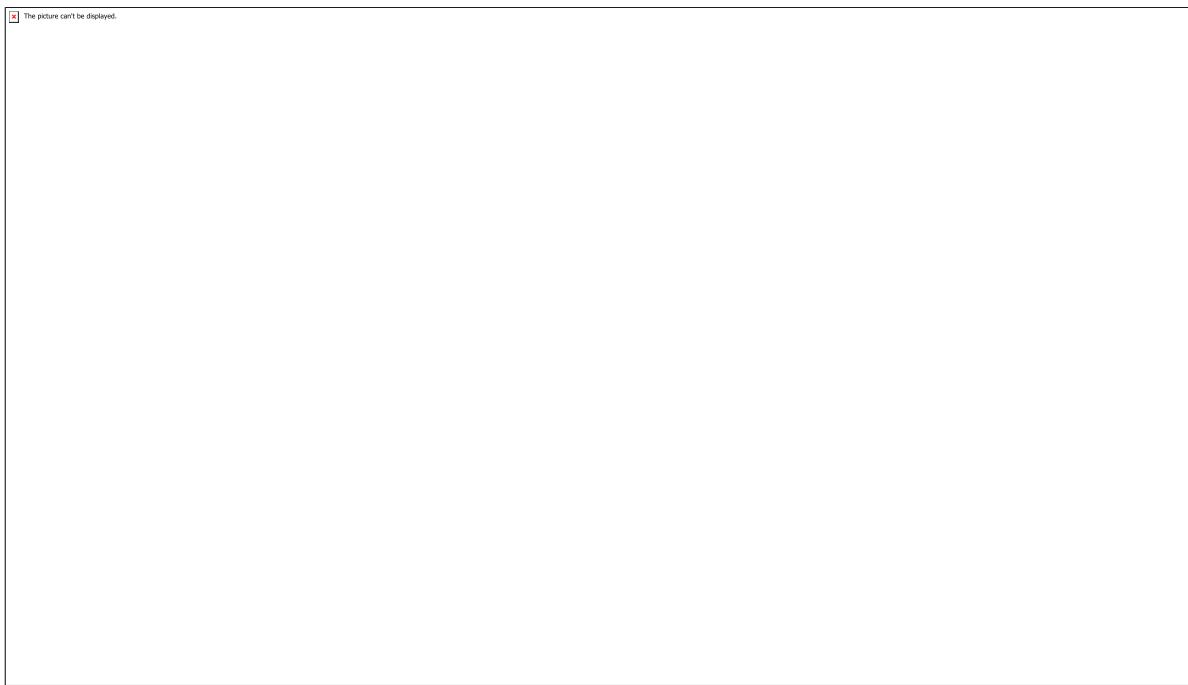


Figura 3: Análise por microscopia eletrônica de varredura com aumento de 1500x da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

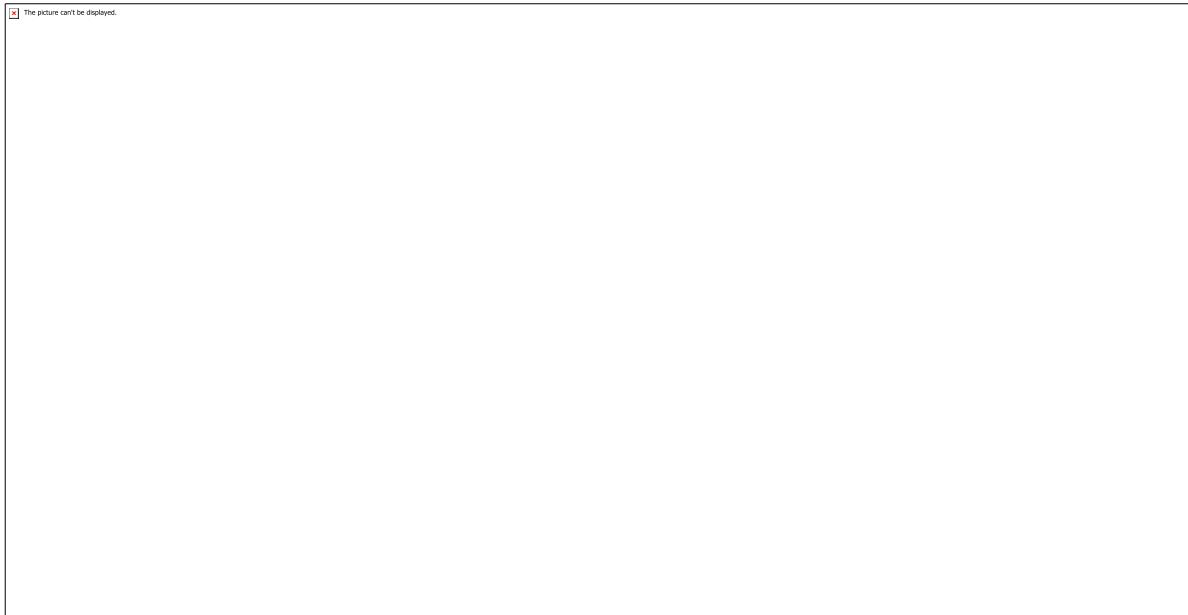


Figura 4: Análise por microscopia eletrônica de varredura com aumento de 1500x da (a) amostra 1, conformada por extrusão à 300°C; e da (b) amostra 2, conformada por extrusão à 450°C.

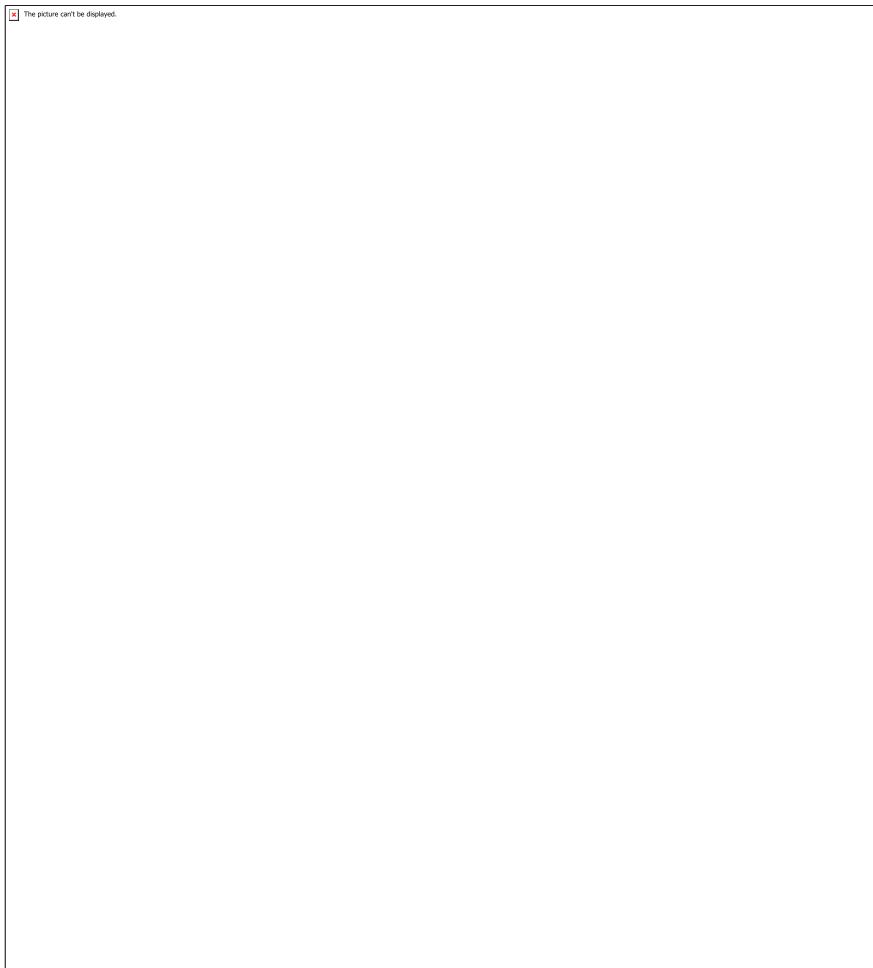


Figura 5: Análise dos precipitados através de (a) FEG amostras 1,(b) FEG amostra 2, (c) EDS amostra 1, (d) EDS amostra 2,(e) EDS amostra 1 e (f) EDS amostra 2.

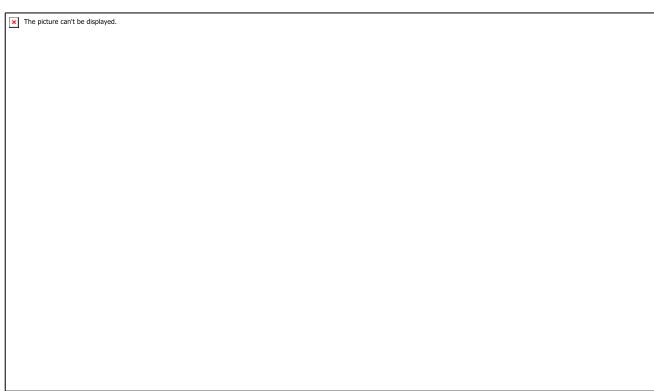


Figura 6: endentações realizadas nas amostras.

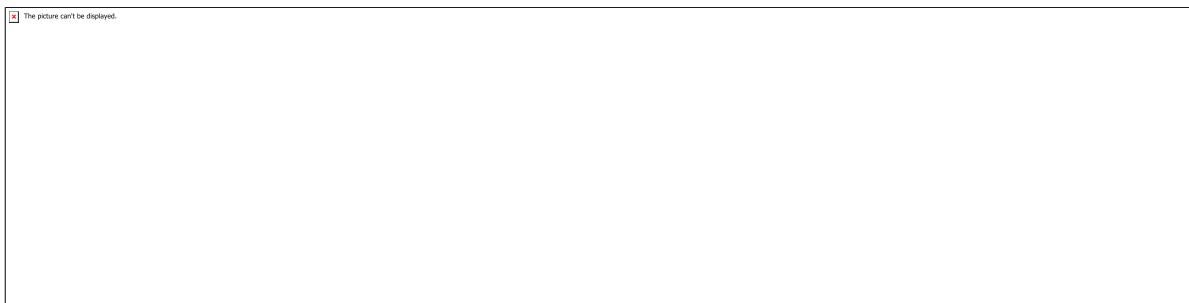


Tabela 5 - Valores das Microdurezas e Desvio Padrão das amostras.

CÓDIGO: ET0819

AUTOR: FRANCISCO MATEUS ANDRADE CASTELO BRANCO

ORIENTADOR: ANTONIO LUIZ PEREIRA DE SIQUEIRA CAMPOS

TÍTULO: Uso de Superfícies Seletivas em Frequência para Melhoria de Resposta de Antenas de Microfita

Resumo

Superfícies seletivas em frequencia (FSS) são estruturas cada vez mais comuns nos sistemas de telecomunicações das suas vantagens geométricas e eletromagnéticas. Neste trabalho, investigamos o uso de superfícies seletivas em frequencia integradas com as antenas microstrip para melhorar seus parâmetros chave: eficiência de radiação, largura de banda, diretividade e ganho. O uso de técnicas adicionais de ampliação de largura de banda também foi explorado e a melhoria após a integração do FSS foi analisada.

Palavras-chave: Superficies seletivas em frequencia; Diretividade; Largura de banda

TITLE: Using Frequency Selective Surfaces for Microstrip Antenna Response Enhancement

Abstract

Frequency Selective Surfaces (FSS) are increasingly common structures in telecommunications systems because of their geometric and electromagnetic advantages. In this work, we investigate the use of frequency selective surfaces integrated with the microstrip antennas to improve their key parameters: radiation efficiency, bandwidth, directivity and gain. The use of additional bandwidth broadening techniques was also explored and the directivity improvement after FSS integration was analyzed.

Keywords: Selective surfaces in frequency; Directivity; Bandwidth; Planar struct

Introdução

Acompanhamos nas ultimas decadas um desenvolvimento tecnológico nos sistemas de comunicações sem fio é suas diversas tecnologias, tais como: redes satelite, redes WLAN (Redes Locais Sem Fio), Sistema Móvel Celular, Bluetooth, entre outros. Para esses sistemas o elemento de borda que os compoem é de fundamental importância, pois, se faz necessário o uso de antenas que apresentem pequeno volume, alto desempenho, baixo custo, baixo peso e uma consideravel faixa de operação. Nesse contexto, o uso de estruturas planares, como antenas de microfitas, se tornam bastante interessantes para resolução dessas questões. No entanto, esses dispositivos ainda apresentam certas limitações, como uma estreita largura de banda. Dessa forma, o uso de algumas estruturas periodicas como Superfícies Seletivas em Frequênciia (Frequency Selective Surfaces - FSS) podem ser integradas as antenas de microfita para reduzir ou eliminar essas limitações, satisfazendo as exigencias de projeto

(facilidade de fabricação e baixo peso) além de oferecer diversas outras vantagens: aumento de ganho e diretividade. Por isso, o principal objetivo desse projeto é analisar, projetar, simular e avaliar antenas planares integradas com estruturas periódicas, visando suas aplicações em sistemas modernos de comunicações sem fios.

Metodologia

A fim de se obter mais familiaridade com o tema (Superfícies Seletivas em Frequência - FSS), foi utilizado o método de pesquisa exploratória, de forma a entender o funcionamento dessas estruturas dentro do âmbito da pesquisa, partindo de uma revisão bibliográfica composta pelos principais autores e pesquisadores da área. A finalidade é tracar uma forte base teórica de referência que será usada a posteriori e aplicada junto aos objetos empíricos.

Para isso, a pesquisa será baseada em estudos de autores, exemplificativamente B.A. Munk, T. K. Wu, A. L. P. d. S. Campos, V. A. d. Almeida Filho, B. M. Pinheiro, E. C. Braz, entre outros que elaboraram trabalhos pertinentes ao assunto.

A primeira abordagem do projeto consistiu em uma ampla pesquisa sobre as FSS's, suas principais generalidades, suas vantagens, fatores de influência e suas aplicações.

Como objetos empíricos, foram selecionadas uma FSS do tipo espira quadrada e uma antena de microfita de Patch retangular. Ambas foram escolhidas por estarem bem presentes na literatura científica e por apresentarem atraentes características de ganho, diretividade, estabilidade angular, independência de polarização etc.

Para uma averiguación mais prática do estudo efetuado sobre tais estruturas lançamos mão do software Ansoft HFSS, no qual ambas estruturas foram testadas, analisadas e ajustadas. Para tal, também foi feito um estudo prático de domínio dessa ferramenta para um melhor desenvolvimento da pesquisa e análise de resultados. Como parte do processo de estudo e desenvolvimento do projeto, outros softwares secundários, MatLab, também foram utilizados para dimensionamento dos objetos empíricos, com base nas formulações encontradas na literatura. Assim, primeiramente foi definido um patch retangular com frequência de ressonância em 2.45GHz sob um substrato FR4 ($\epsilon_r = 4$, 4) e alimentação por inset feed. Feito isso utilizamos a técnica do truncamento do plano de terra para contornar a restrição da baixa largura de banda que essa antena oferecia e por fim a integramos a FSS para um ganho na sua diretividade e eficiência de radiación. O estudo terá caráter essencialmente quali-quantitativo, com ênfase na experimentação e análise teórica das simulações, visto que não se chegou à fase de confecção e medição dos objetos empíricos propostos.

Resultados e Discussões

A. Estrutura do Patch

A primeira estrutura analisada é antena de microfita, conforme a figura abaixo. O patch de geometria retangular foi projetado para operar na banda de frequências WLAN (centrado em 2.45GHz) com largura de banda de aproximadamente 90 MHz, sendo o método de alimentação por inset fed escolhido por promover um melhor casamento entre a alimentação e a impedância de entrada do patch.

Por meio das formulações encontrada em [7] e valendo-se do Matlab foi dimensionado as seguintes medidas para a estrutura planar: $W_p = 37,26$ mm, $L_p = 28,73$ mm, $d = 10,09$ mm, $g = 0,2$ mm e $W = 3,06$ mm. Além disso o substrato utilizado foi de fibra de vidro (FR4) devido sua facilidade de fornecimento e seu baixo custo, com permissividade relativa de $\epsilon_r = 4,4$ e uma altura $h = 1,6$ mm. Após o projeto, o arranjo foi simulado com o Ansoft HFSS e os parâmetros obtidos foram: coeficiente de reflexo (S_{11}), diagrama de radiacão, ganho, diretividade, eficiência de radiacão e relação frente-costas. Para a frequência de 2,45 GHz a largura de banda foi de 83,8 MHz o que atendeu razoavelmente a expectativa inicial. O ganho simulado para essa frequência foi de 21,41 dBi, e a diretividade de 6,11 dB. ^ A partir do diagrama de radiacão, alguns parâmetros foram obtidos. O ângulo de meia potência para essa antena foi em torno de 120° , a eficiência de radiacão ficou em torno de 55,9 % e a relação frente-costas foi de 11,05 dB.

B. Truncamento do Plano de Terra

O truncamento do plano de terra é uma conhecida técnica utilizada em várias literaturas, a qual proporciona um aumento significativo na largura de banda atingida pela estrutura. Logo, para tentar atender a uma faixa maior de frequências, tentando englobar mais de uma aplicação, foi proposto o truncamento do plano de terra desde um pouco abaixo da base do patch até o final do substrato. Essa configuração mostrada na Figura 4.

No entanto, o maior empecilho dessa técnica é o descasamento de impedância e a perda de frequência de ressonância do arranjo, a qual tende a diminuir bastante. A Figura 5 compara a perda de retorno, simulada, entre a estrutura convencional e a estrutura truncada.

Através de um estudo empírico foi possível contornar a maior parte desse problema adicionando uma porção retangular ao plano de terra na posição correspondente ao inset feed da antena, a exemplo de B. M. Pinheiro em seu trabalho [13], e reposicionando o início da faixa de truncamento para uma distância ótima (0,91 mm abaixo da base do patch retangular) a partir do qual se truncaria o plano de terra. As dimensões ótimas da porção retangular foram de 11,00 x 3,46 mm. A geometria final do plano de terra é mostrada na figura 6.

Após a aplicação da técnica, foi feito um ajuste fino (com base nos parâmetros Z da estrutura) nas dimensões dos elementos do patch para que a largura de banda final estivesse inserida na faixa de interesse, capacitando a antena para as aplicações desejadas. As dimensões finais dos elementos da antena foram de $W_p = 37,23$ mm e $L_p = 28,67$ mm. Os resultados finais após os ajustes são mostrados na figura 7 e 8.

De fato, a técnica de truncamento do plano de terra e os ajustes promoveram um significativo aumento na largura de banda e uma eficiência de radiacão de 91,74%, entretanto, analisando-se o diagrama de radiacão da antena, percebeu-se que tais alterações resultaram num padrão praticamente omnidirecional. O lóbulo principal do diagrama de radiacão mostra-se semelhante com relação aos lóbulos traseiros, obtendo

um ganho maximo de 20,10dBi e uma relacao frente-costas de 0,1 dB. Para uma melhoria no aspecto diretivo da antena é esperado que tal situacao seja contornada com o uso de FSS.

C. Estrutura da FSS

As FSS propostas para o projeto foram dimensionadas para operar na faixa de frequencias de 2 - 3 GHz, com frequencia de ressonancia em 2,45 GHz. A geometria escolhida do elemento foi a espira quadrada proposta em [5]. A escolha da geometria deve-se ao fato de, alem da espira quadrada ter estabilidade angular e de polarizacao [5], consegue-se dimensoes reduzidas para a faixa de frequencias desejada. O substrato utilizado foi o mesmo do patch (FR4). A Figura 9 ilustra a geometria das FSS utilizada no estudo.

As dimensoes da FSS projetada sao as seguintes: quadrado externo Q1 (19,5 mm x 19,5 mm), quadrado interno Q2 (16,7 mm x 16,7 mm) e periodicidade de 20 mm. Foram utilizados 81 elementos na FSS (9 linhas e 9 colunas cada). Com base na frequencia de ressonancia, as curvas do coeficiente de transmissao e reflexao, simuladas, das FSS rejeita-faixa e passa-faixa, sao mostradas na Figuras 10 (a) e (b).

Como pode ser visto na Figura 10, a largura de banda de rejeicao da FSS rejeita-faixa atende perfeitamente a faixa de interesse (2 - 3 GHz). Os resultados mostram que, para a faixa desejada de operacao, a FSS passa-faixa apresenta um desempenho satisfatorio, mas a FSS rejeita-faixa mostra uma performance superior, assim, a sua aplicacao como um elemento refletor se faz bastante interessante para o projeto.

D. Arranjo Integrado de Patch e FSS

O proposito principal desse estudo é analisar o efeito da aplicacao de superficies seletivas em frequencia integrada com antenas planares, de modo que essa configuracao apresente melhora de desempenho de diversos parametros como: ganho, eficiencia de radiacao, diretidividade e relacao frente-costas. Para iniciar essa analise, tal como foi sugerido anteriormente, foi utilizado um layout que consiste em uma FSS rejeita-faixa aplicada abaixo da antena, como um refletor. A vista lateral desse layout é ilustrada na Figura 11.

Foram utilizados substratos iguais tanto para a FSS como para a antena. Para verificar o efeito da influencia da FSS com relacao ao arranjo, foi analisada a variacao do espacamento (gap) da FSS com a antena, com valores variantes de 5 a 40 mm. Dois valores de espacamento atingiram melhores resultados: 23 e 30,59 mm. Esses valores correspondem aproximadamente a submultiplos do comprimento de onda na frequencia de ressonancia ($\lambda/5$ e $\lambda/4$, respectivamente). As Figuras 12 e 13 mostram a perda de retorno simulada e o diagrama de radiacao simulado, respectivamente, para o melhor valor de espacamento utilizado: 30,59 mm. As simulacoes foram realizadas para a frequencia de 2,45 GHz.

Para a frequencia de 2,45 GHz, o ganho foi aumentado para 25,91 dBi, o angulo de meia potencia ficou em 75°, e a relacao frente-costas foi aumentada para 22,85 dB e a eficiencia de radiacao ficou em torno de 93,34 %. Alem disso, o significativo aumento da largura de banda (para 800 MHz) permite que esse novo arranjo seja empregado em duas aplicacoes, que sao: redes WLAN e redes 4G.

Conclusão

Este trabalho apresentou o estudo das superfícies seletivas em frequencia (FSS) aplicadas a uma antenas planar. Essa interacao entre arranjo e FSS se mostrou uma alternativa interessante quando se deseja modificar parametros de radiacao da antena. Foi projetado uma antena de microfita, alimentada por metodo inset fed om frequencia central em 2,45GHz e 83MHz de banda. Com o objetivo de aumentar a largura de banda da estrutura, foi realizado o truncamento do plano de terra e apos isso, analisados os parametros estudados. Observou-se que o truncamento do plano de terra provocou um significativo descasamento entre as impedancias do conjunto, apesar de proporcionar um consideravel alargamento de banda. Para compensar esses efeitos, um ajuste fino das dimensoes da antena somado ao acrescimo de uma porcao retangular do patch ao plano de terra truncado foi executado, resultando numa nova estrutura ressonante com banda expandida. Em compensacao, houve uma piora nos resultados do ganho e da diretividade. Para tentar melhorar esses parametros, foi posto em pratica o uso da FSS como elemento refletor (abaixo do arranjo). Tal arranjo conferiu a antena melhorias de ganho, diretividade, eficiencia de radiac ao, largura de banda e relacao frente-costas. A nova configuracao proposta pode ser utilizada em painéis diretivos, nas aplicacoes comerciais WLAN e 4G. Como proposta de trabalho futuro, é sugerido a confeccao de dessas estruturas para medicoes em laborat orios, a fim de se comprovar os resultados simulados.

Referências

- [1] A. L. P. d. S. Campos, "Superfícies seletivas em frequencia: análise e projeto," 2008.
- [2] B. A. Munk, Frequency selective surfaces: theory and design. John Wiley & Sons, 2005.
- [3] S. Narayan, B. Sangeetha, and R. M. Jha, "Frequency selective surfaces-based high performance microstrip antenna," in Frequency Selective Surfaces based High Performance Microstrip Antenna. Springer, 2016, pp. 1–40.
- [4] T.-K. Wu, "Frequency selective surfaces," 04 2005.
- [5] V. A. d. Almeida Filho, "Aplicação de superfícies seletivas em frequencia para melhoria de resposta de arranjos de antenas planares," ^ 2014.
- [6] S. Azemi, K. Ghorbani, and W. Rowe, "Angularly stable frequency selective surface with miniaturized unit cell," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 25, no. 7, pp. 454–456, 2015.
- [7] C. Ballanis, "Antenna theory: analysis and design, 3rd," 2005.
- [8] E. C. Braz, "Analise de superfícies seletivas em frequencia com geometria multifractal," 2014.
- [9] E. C. Braz, S. R. Dantas, A. L. P. Campos, and A. G. Neto, "Design of a novel single-layer dual-band fss with angular stability using multifractal geometry," in 2017 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC). IEEE, 2017, pp. 1–5.
- [10] K. R. Jha, G. Singh, and R. Jyoti, "A simple synthesis technique of single-square-loop frequency selective surface," Progress In Electromagnetics Research, vol. 45, pp. 165–185, 2012.
- [11] T.-W. Li, D. Li, and E.-P. Li, "A novel fss structure with high selectivity and excellent angular stability for 5g communication radome," in 2017 10th Global Symposium on Millimeter-Waves. IEEE, 2017, pp. 50–52.

- [12] A. Monorchio, G. Manara, and L. Lanuzza, "Synthesis of artificial magnetic conductors by using multilayered frequency selective surfaces," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 1, pp. 196–199, 2002.
- [13] B. d. M. Pinheiro, "Projeto de antenas multifuncionais integradas com superfícies seletivas em frequencia," Master's thesis, Brasil, ^ 2016.
- [14] Y. Qin and Z. Li, "A novel single-layer dual-band fss with angular stability for satellite application," in *2015 IEEE 6th International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation, and EMC Technologies (MAPE)*. IEEE, 2015, pp. 91–94.
- [15] H.-H. Sung, "Frequency selective wallpaper for mitigating indoor wireless interference," Ph.D. dissertation, ResearchSpace@ Auckland, 2006.
- [16] T.-K. Wu, "Frequency selective surfaces with rectangular/square elements," in *1985 Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 23. IEEE, 1985, pp. 659–662.
- [17] M. Yan, S. Qu, J. Wang, J. Zhang, A. Zhang, S. Xia, and W. Wang, "A novel miniaturized frequency selective surface with stable resonance," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 639–641, 2014.
- [18] G. Yang, T. Zhang, W. Li, and Q. Wu, "A novel stable miniaturized frequency selective surface," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 9, pp. 1018–1021, 2010.

Anexos

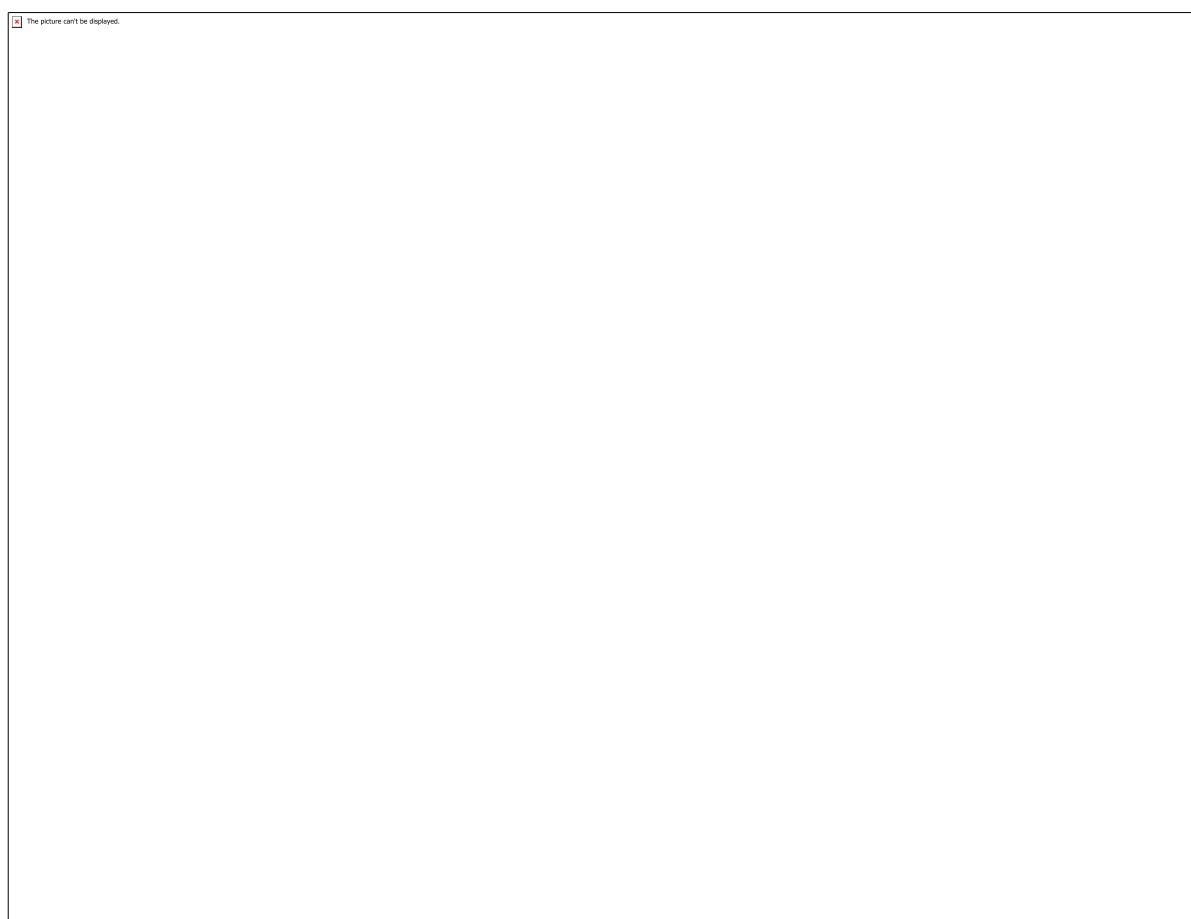


Fig. 1: Geometria do Patch utilizado.

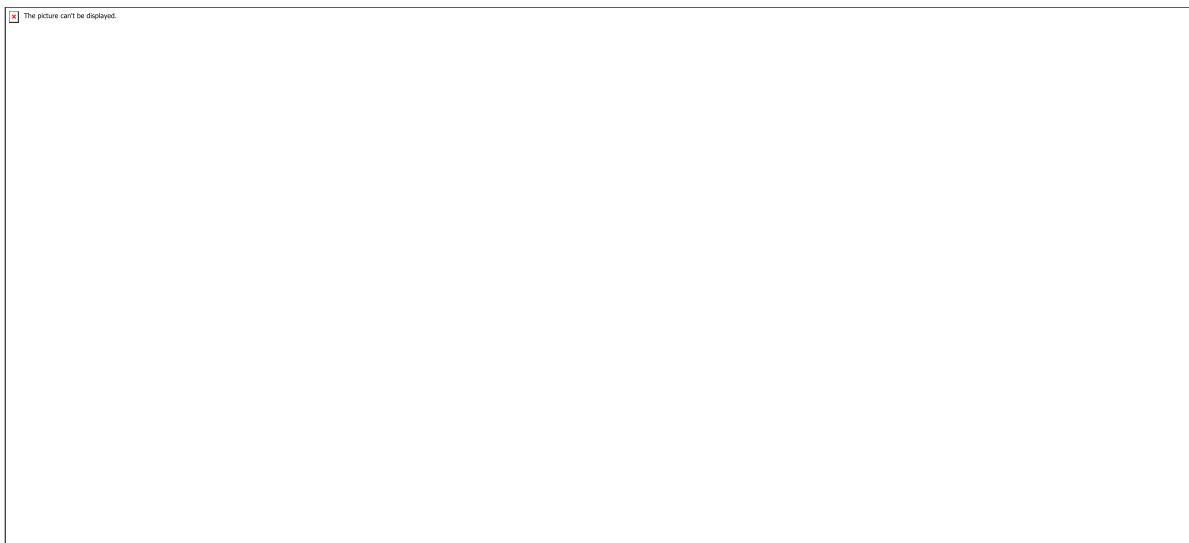


Fig. 2: Perda de Retorno.

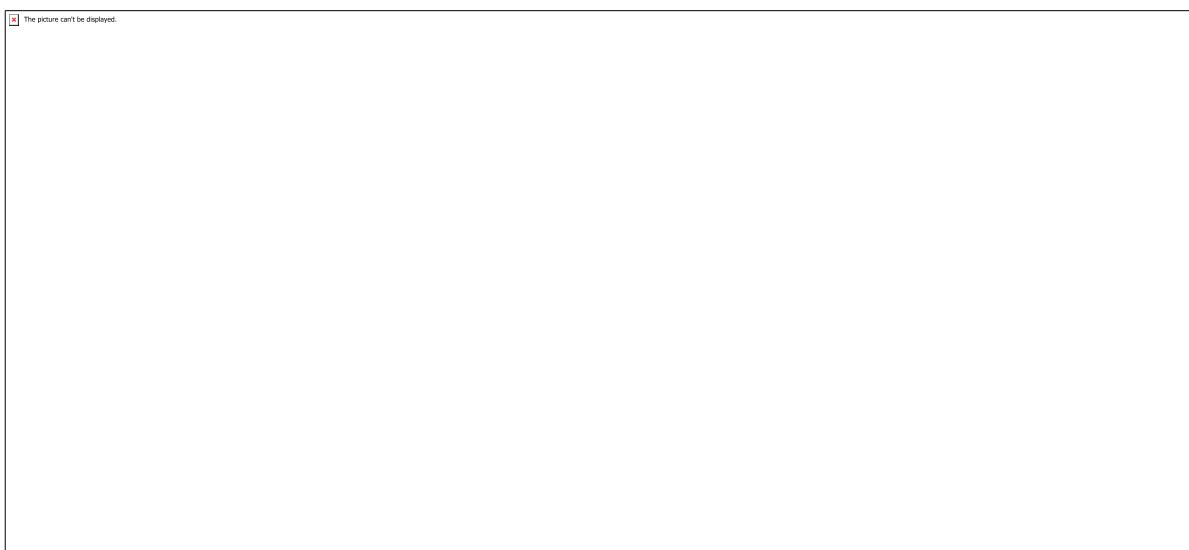


Fig. 3: Diagrama de Radiacao.

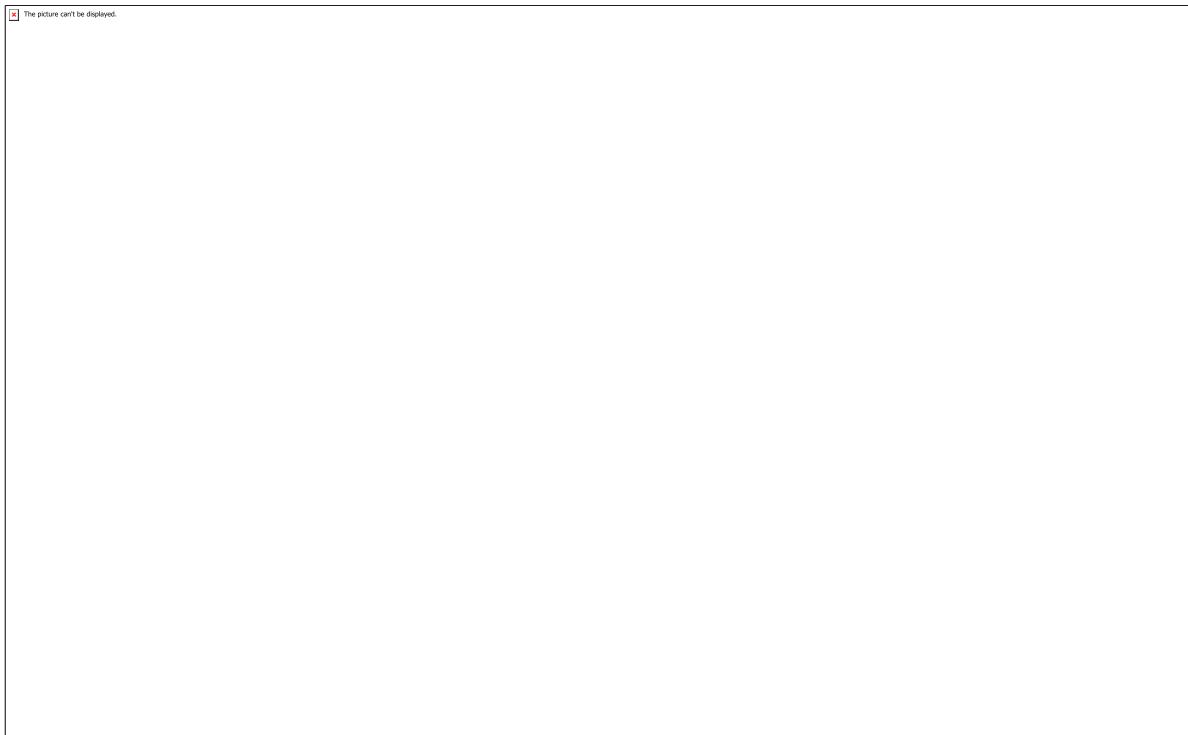


Fig. 4: Estrutura com plano de terra truncado.

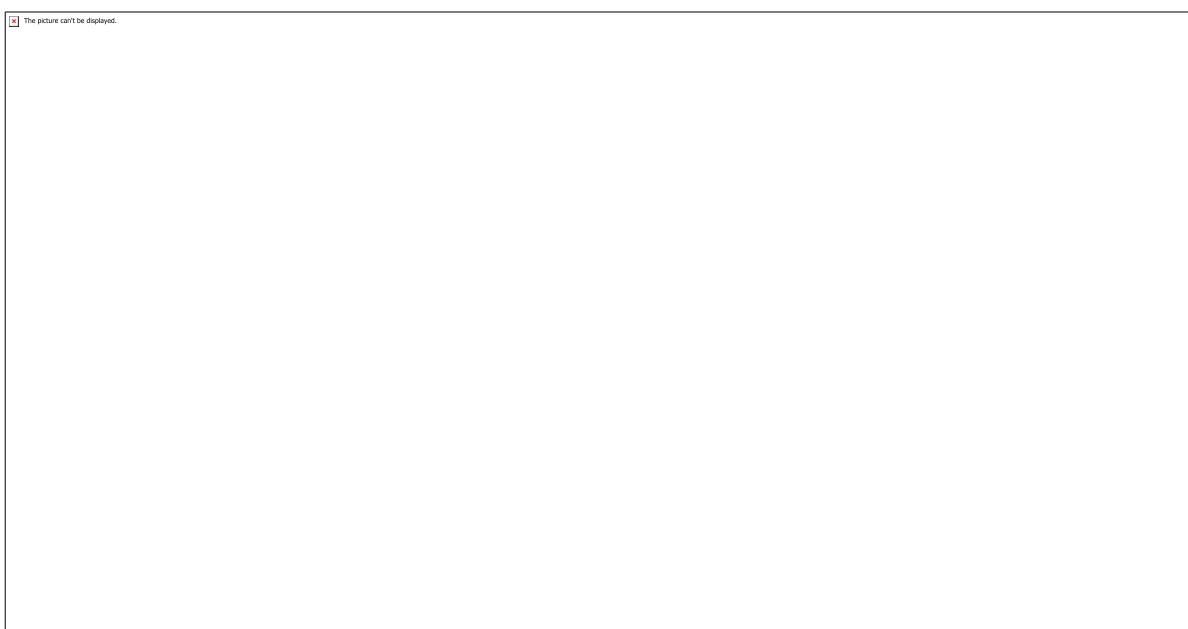


Fig. 5: Perda de retorno da estrutura convencional e truncada.

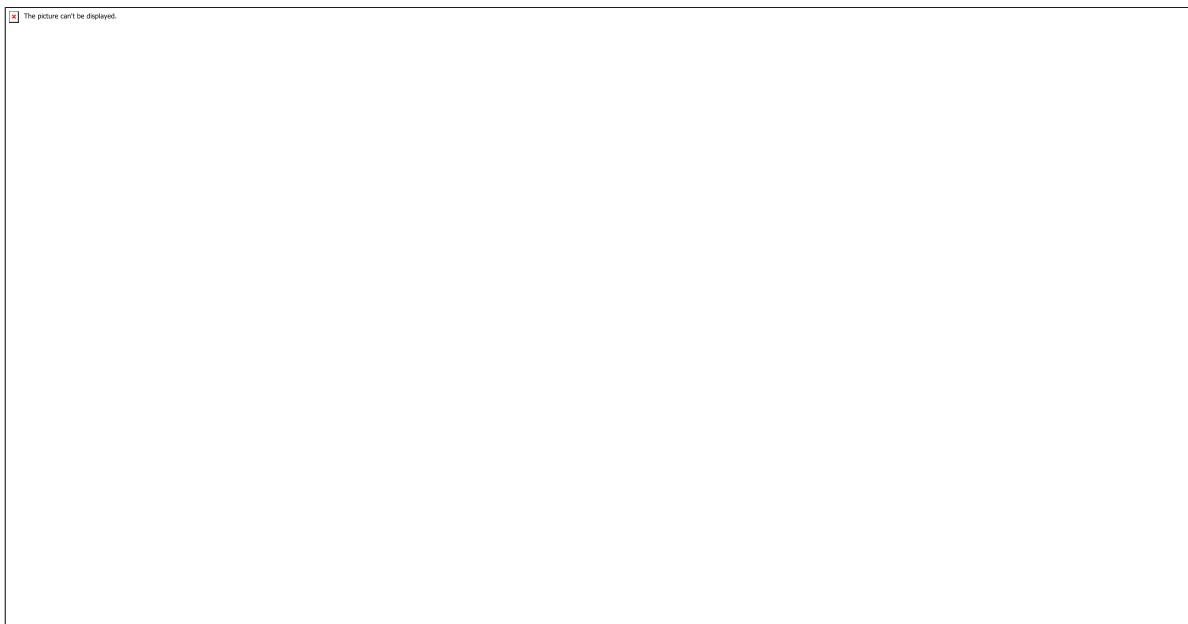


Fig. 6: Plano de terra truncado com porc?ao retangular

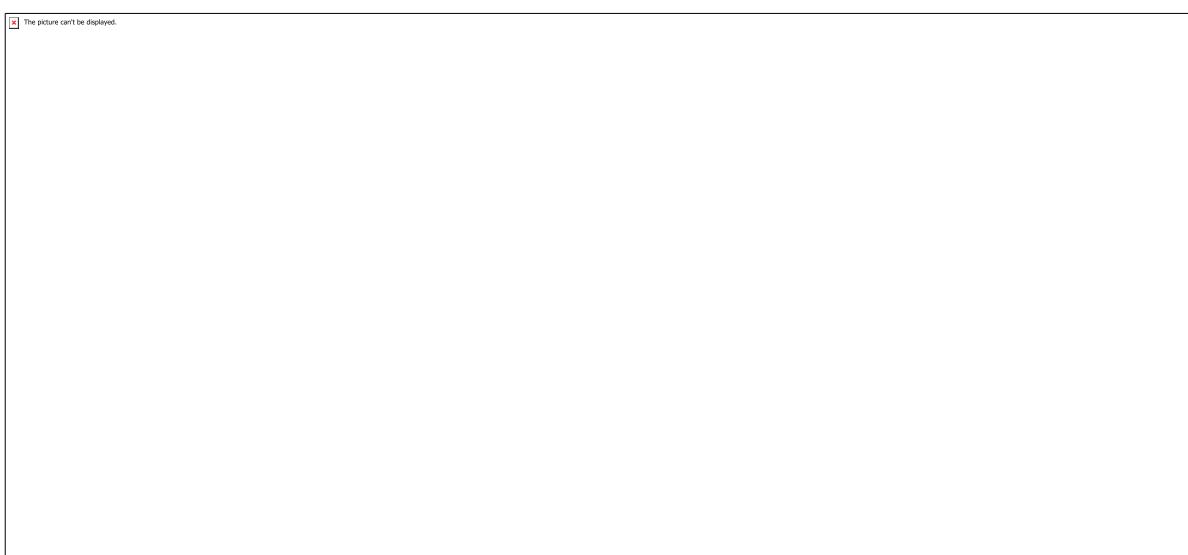


Fig. 7: Perda de retorno da estrutura final.

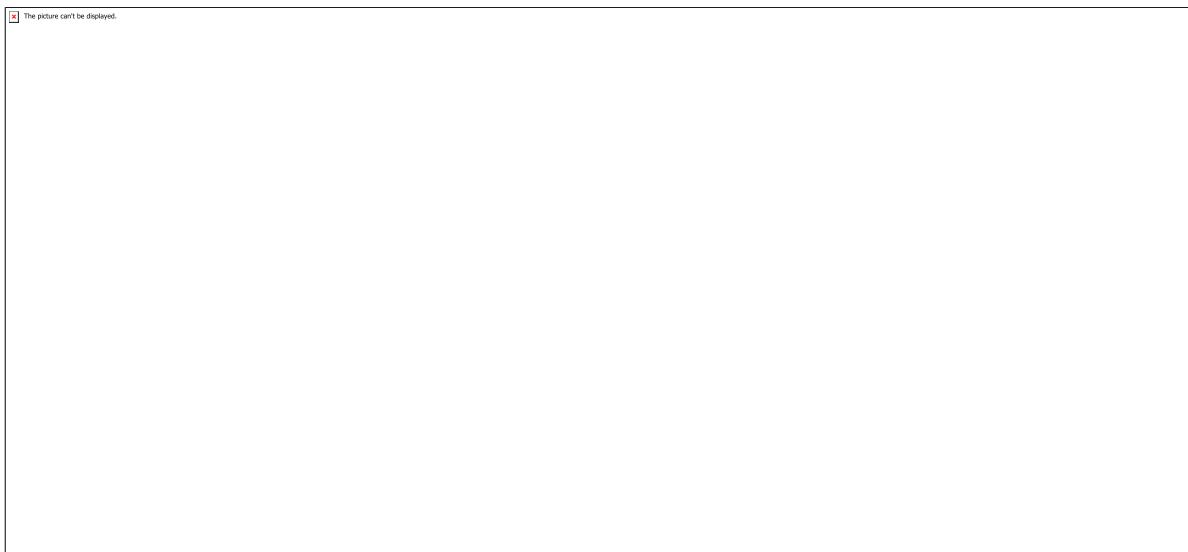


Fig. 8: Diagrama de radiacao da estrutura final da antena.

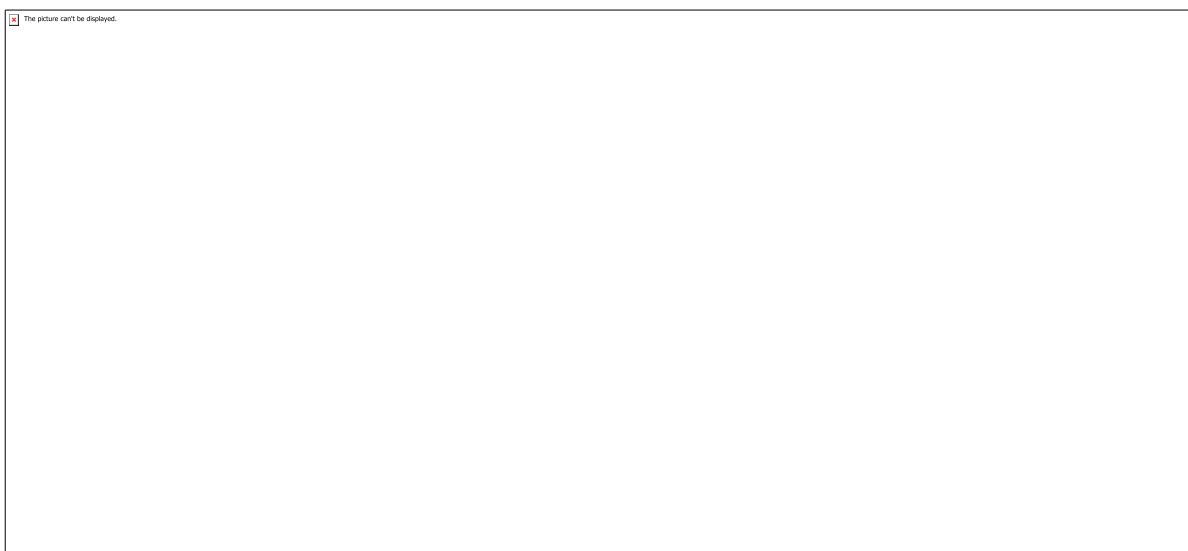


Fig. 9: Estrutura da celula das FSS (a) rejeita faixa, (b) passa-faixa

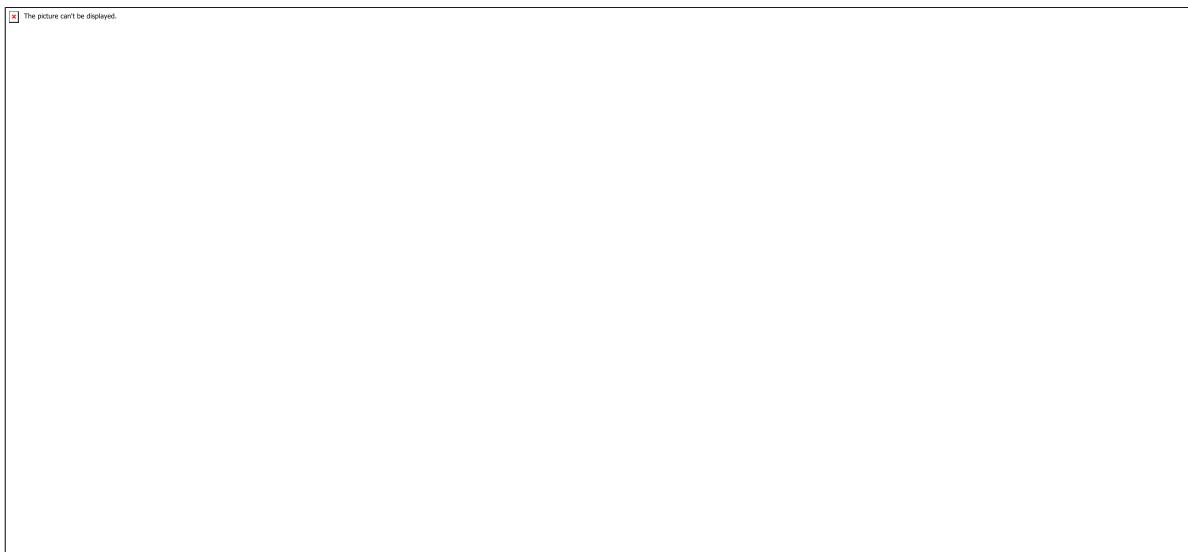


Fig. 10: S21 e S11 das FSS (a) rejeita faixa

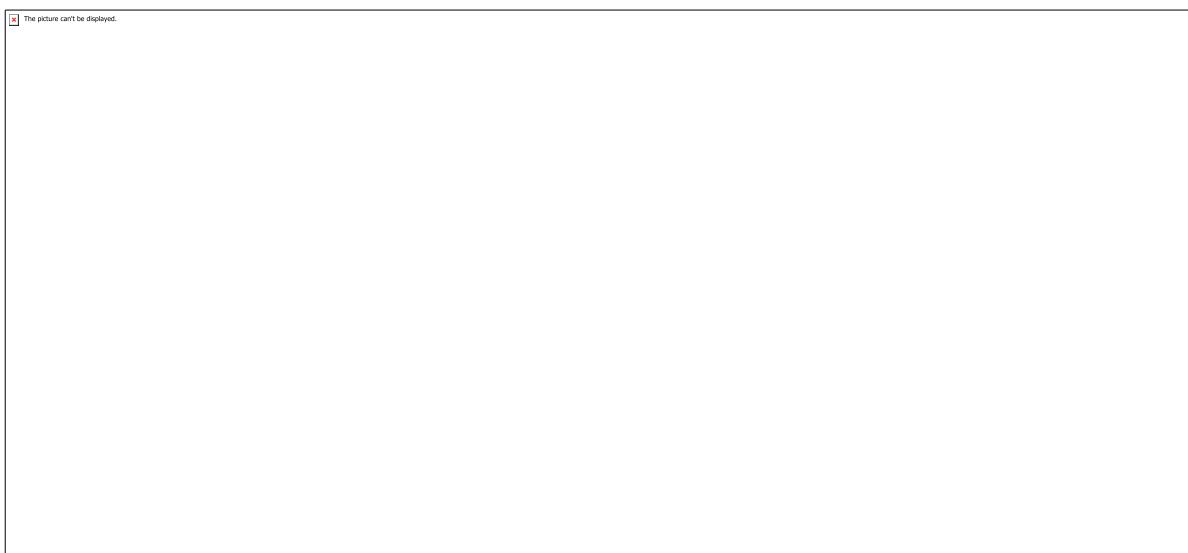


Fig. 10: S21 e S11 das FSS (b) passa-faixa. Coeficiente de transmissão destacado em azul e coeficiente de reflexão em vermelho.

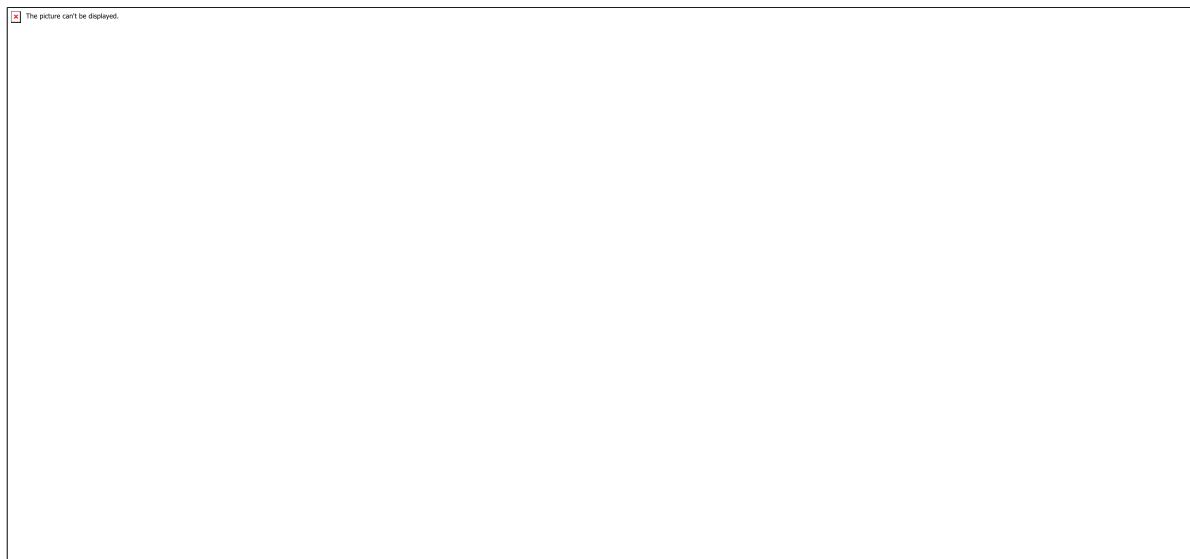


Fig. 12: S11 do arranjo para melhor gap entre antena e FSS.

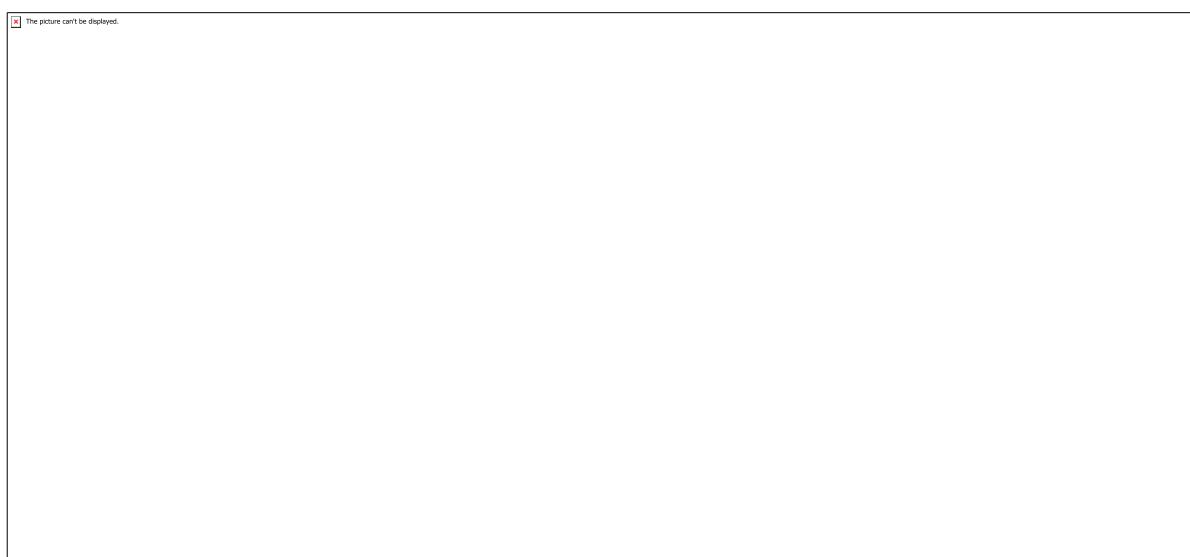


Fig. 13: Diagrama de radiacao para melhor gap entre antena e FSS

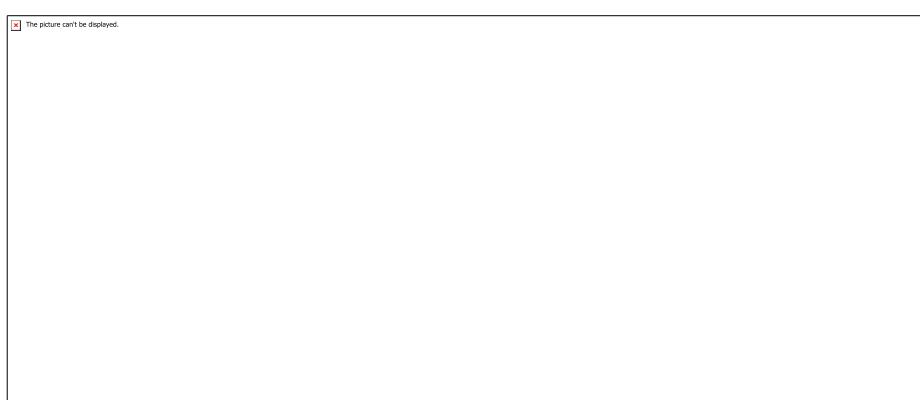


Fig. 11: Vista lateral do arranjo.

CÓDIGO: ET0842

AUTOR: FERNANDO MATHEUS DO NASCIMENTO DANTAS

ORIENTADOR: LUIZ FELIPE DE QUEIROZ SILVEIRA

TÍTULO: Análise do consumo de energia em redes de sensores sem fio codificadas

Resumo

Um dos grandes problemas encontrados atualmente no que diz respeito à manutenção e projeto de redes de sensores é a necessidade de otimização do consumo energético de tais redes vs. eficiência na transmissão dos dados. Como é um meio não-guiado, esse tipo de rede faz com que a informação a ser transmitida sofra interferência das condições de propagação intrínsecas ao canal, o que ocasiona, resumidamente, as indesejáveis perdas de pacotes. As redes sem fio industriais (IWSN) lançam mão de métodos para diminuir os problemas de transmissão causados pela natureza dos canais sem fio. Dois desses métodos, que atuam em conjunto, são: repetição automática de quadro (ARQ -- Automatic Repetition Request) e a verificação de redundância cíclica (CRC -- Cyclic Redundancy Check). A utilização desses dois mecanismos de correção de erro podemoccasionar o aumento do delay na entrega dos pacotes e o aumento do consumo de energia da rede, em função da quantidade de retransmissões dos quadros. A solução, ao menos em termos de uma visão comparativa, para essas últimas duas questões são o objetivo final deste trabalho de pesquisa, o qual propõe a utilização de códigos corretores de erro (FEC -- Forward error correction), usando processamento serial e paralelo, com a finalidade de minimizar os distúrbios nos canais sem fio de maneira energeticamente eficiente.

Palavras-chave: Eficiência energética, redes de sensores, paralelização

TITLE: Energy Optimized Channel Coding Applied to Wireless Sensor Networks

Abstract

One of the greatest issues in wireless sensor networks' maintenance and project is the need of a good equilibrium between energy consumption and data transmission efficiency. As it is a non-guided channel, the wireless networks causes the transmitted data to receive a certain amount of noise, with the consequent packet losses. The Industrial Wireless Networks use some techniques to reduce problems with noise interference, such as Automatic Repetition Request (ARQ) and Cyclic Redundancy Check (CRC). The use of these two error correction mechanisms may cause both increase of delay time in packet sending and energy consumption, as a function of frame re-sending. With these issues in mind, this research intents to provide, at least in therm of a comparative point of view, the solution to early mentioned energy problems, proposing, as a turnaround, the use of Forward Error Correction (FEC) codes, such as Wavelet Transform, through serial or parallel process, as a method that leads to channel disturbance minimization and increase in energy consumption efficiency in wireless sensor networks.

Keywords: Energy efficiency, sensor networks, parallelization, channel coding

Introdução

Uma das grandes questões relacionadas a otimização das redes de sensores é a necessidade do desenvolvimento de modelos que representem precisa e confiavelmente tais redes. Esses modelos, por sua vez, são necessários para a análise de variados aspectos das redes, com o objetivo principal de melhorar as características de desempenho, sobretudo as ligadas ao consumo de energia e à perpetuação de baixas taxas de erro de transmissão. Em geral, as redes que vêm sendo desenvolvidas e utilizadas nos últimos anos têm se mostrado muito grandes (muitos nós), de tal modo que se encontrou ser totalmente inviável a constante troca dos suprimentos de energia (e.g. baterias) sensor a sensor, ou dos próprios sensores com bateria embutida, e isso contribuiu para o aumento da necessidade da fabricação de projetos de redes que levassem em conta o processo de otimização do perfil de consumo energético. O fato das redes operarem em um meio de onda não-guiado contribui para que existam problemas de transmissão da informação, como as perdas de pacotes devido ao enfileiramento deles nos links transmissores e receptores (queueing), dessincronizações causadas pelos multi-percursos inerentes ao meio, etc. A utilização dessas redes em ambiente industrial ainda está sujeita, por exemplo, a interferências eletromagnéticas das máquinas, obstáculos e fontes de ruídos diversas, com consequente alto grau de desvanecimento. Surgiram, portanto, mecanismos que objetivam corrigir (ou minimizar) esses erros, dentre os quais pode-se citar dois que são amplamente utilizados e difundidos: Algoritmo de Retransmissão de Quadro (ARQ) e Verificação Cíclica de Redundância (CRC). A maioria das redes industriais, que se baseiam no protocolo IEEE 802.15.4, não contam com mecanismos de controle de erros dos processos realizados pelo conjunto ARQ-CRC, os quais podem demandar bastante energia, a depender da necessidade de retransmissão dos quadros com dados corrompidos. Uma solução possivelmente viável para esse problema de consumo energético é a codificação de canal (Forward Error Correction - FEC) que, ao invés retransmitir quadros, como ocorre com o ARQ-CRC, corrigem a sequência de bits corrompidos do pacote, com sensível redução do consumo energético. Outra possível solução para o consumo energético é a paralelização dos processos computacionais, por meio da distribuição de tarefas entre processadores multi-core, em vez da realização da tarefa por um único processador single-core. A combinação das duas soluções apresentadas nos dois parágrafos anteriores, portanto, são o ponto de partida da investigação proposta por esse trabalho. Em suma deseja-se analisar a eficiência relativa da implementação da codificação de canal com paralelização (ao invés da visão tradicional de serialização), por meio da análise da energia requerida na realização de ambos os processos. Objetiva-se, também, a realização da comparação entre a solução FEC com relação ao protocolo ARQ-CRC. Ao final, será possível identificar qual configuração de rede será mais energeticamente eficiente.

Metodologia

O atual bolsista entrou em substituição ao bolsista anterior com aproximadamente dois meses para o término da bolsa, de modo que, durante esse período, foi realizada a apropriação de conceitos e conteúdos básicos relacionados a redes de computadores por meio de uma revisão bibliográfica em artigos e livros. Essa revisão consistiu na leitura, resumo e esquematização de papers publicados em periódicos relevantes ao tema em questão. Além da já mencionada apropriação dos conceitos básicos, um outro objetivo foi a escolha de um modelo de consumo de energia para as redes de sensores, que será utilizado na determinação da eficiência energética resultante da aplicação da codificação de canal. Foram selecionados alguns dos modelos coletados de artigos, e tais modelos foram apresentados ao professor orientador, que esclareceu diversas dúvidas e que direcionou a escolha do modelo que será utilizado nas próximas etapas.

desse trabalho de pesquisa. A etapa de modelagem computacional da rede sem fio já foi iniciada, com a subetapa de revisão bibliográfica de redes de computadores (com foco principal no modelo OSI) já em andamento. Em suma, a metodologia seguida até agora 1. Revisão bibliográfica 2. Garimpagem de modelos energéticos para redes de sensores 3. Apresentação dos modelos coletados ao professor orientador 4. Escolha do modelo energético para as próximas etapas da pesquisa 5. Segunda revisão bibliográfica sobre redes de computadores 6. Início da elaboração de um modelo computacional de uma rede de sensores

Resultados e Discussões

Como mencionado na seção de metodologia, nenhum dado experimental foi ainda coletado, porque o corrente bolsista passou a desenvolver suas atividades de um período de dois meses até agora, em substituição ao outro bolsista. No entanto, algum sucesso já foi obtido no que diz respeito ao aprofundamento teórico nos conceitos relacionados a redes de sensores, o que consiste numa etapa-chave para o bom desenvolvimento das etapas posteriores. A primeira atividade desenvolvida até agora foi a revisão bibliográfica dos modelos energéticos que pudessem representar de maneira precisa o perfil de consumo das redes de sensores. O modelo escolhido vai ser utilizado dentro do contexto completo de simulações das redes sensores, como maneira de determinar a energia despendida para a operação de uma rede em um ambiente controlado. Foram analisados três artigos principais [1], [2], [3] e alguns outros artigos secundários, cujas contribuições foram muito resumidas, de tal maneira que não vale a pena cita-los. Dos três artigos principais, o modelo proposto pelo artigo [1] foi o escolhido, pelo fato de apresentar o desenvolvimento de um modelo que leva em conta a probabilidade de erro nas transmissões dos pacotes, fator chave da Teoria da Informação em Telecomunicações. Esse modelo foi apresentado ao professor orientador, junto da implementação da simulação do mesmo modelo, de modo que pôde verificar-se a teoria do modelo mostrada factualmente por meio dos gráficos gerados pelas simulações. Escolhido o modelo energético, deu-se início as atividades de modelagem computacional das redes de sensores. O integrante de uma bolsa paralela e essa bolsa conseguiu implementar o algoritmo FEC Wavelet, que será usado nos processo de paralelização dos processos. O processo de modelagem de redes de sensores é um problema que pode ser vencido se for reduzido a sub-problemas, justamente a estratégia adotada a partir desse momento, de modo que algumas atividades pertinentes a essa etapa já foram realizadas integralmente, de maneira parcial diga-se, dentre as quais pode-se citar: revisão bibliográfica sobre redes de computadores, redes de sensores, estrutura das redes, modelo OSI (Open Systems Interconnected) [4], estudo sobre a ferramenta OpenMP para paralelização de processos [5], procura de implementações de algoritmos FEC (Wavelet e outros) [6] e de materiais sobre modelagem computacional de redes. Os resultados obtidos com a revisão bibliográfica serão, em pouco tempo, traduzidos em implementações, simulações e análise dos dados obtidos, de modo que se conseguirá algum dado experimental a ser comparado de maneira crítica com os dados teóricos apropriados.

Conclusão

Em conclusão, as etapas de revisão bibliográficas realizadas até agora ainda continuarão sendo aprimoradas ao decorrer do desenvolvimento da bolsa (o projeto foi novamente aprovado e a bolsa extendida), e serão usadas nas simulações das redes e na aquisição dos dados experimentais que comprovem a melhor configuração energética para redes de sensores sem fio. Os resultados comporão um espectro

adicional de soluções para a aplicação de redes sem fio nos mais variados ambientes, de modo que pretende-se, por meio da aplicação de tais soluções, chegar-se a implementação ideal de uma rede com baixo consumo de energia e alta eficiência de transmissão de pacotes. Vale salientar que há espaço para pesquisa paralela na área de codificação de canal. Apesar da implementação do algoritmo Wavelet já estar completa, existem uma série de outros algoritmos passíveis de implementação. O desenvolvimento de redes de sensores eficientes ainda se mantém de acordo com as metas previstas pela ONU até 2030, especificamente, as metas 7, 9 e 11, que dizem respeito ao desenvolvimento sustentável, energia limpa e acessível e inovação tecnológica e industrial. A partir do momento que se se preocupa com o desenvolvimento de projetos de engenharia sustentáveis, como é o caso da otimização energéticaposta em questão para redes de sensores, os efeitos colaterais são positivos e se refletem no racionamento da energia, além da maior eficiência do desempenho dos sistemas.

Referências

- [1] M. Abo-Zahhad, M. Farrag, A. Ali and O. Amin, "An energy consumption model for wireless sensor networks," 5th International Conference on Energy Aware Computing Systems & Applications, Cairo, 2015, pp. 1-4. [2] Abo-Zahhad, M & Amin, Osama & Farrag, Mohammed & Ali, Abdelhay. (2014). Survey on Energy Consumption Models in Wireless Sensor Networks. Open Transactions on Wireless Sensor Network. [3] Zhou, Haiying & Luo, Danyan & Gao, Yan & Zuo, De-Cheng. (2011). Modeling of Node Energy Consumption for Wireless Sensor Networks.. Wireless Sensor Network. 3. 18-23. [4] Behrouz A. Forouzan. 2007. Data Communications and Networking (Mcgraw-Hill Forouzan Networking). McGraw-Hill Higher Education. [5] OpenMP tutorial. Disponível em <<https://github.com/ilyak/openmp-tutorial>>. Acesso em 14 de agosto de 2019. [6] PyWavelets transform - Wavelet transform with Python. Disponível em <<https://github.com/PyWavelets/pywt>>. Acesso em 12 de agosto de 2019.

CÓDIGO: ET0845

AUTOR: THEODORO MEIRELLES DA MOTTA FERNANDES

ORIENTADOR: VENERANDO EUSTAQUIO AMARO

TÍTULO: Processamento de dados GPR em ambiente costeiro de alta salinidade

Resumo

O litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, situado no extremo NE do Brasil, tem uma alta sensibilidade ambiental e é amplamente ocupado pelas atividades impactantes das indústrias petrolífera, eólica, salineira e de carcinicultura, que oferecem riscos potenciais aos ecossistemas nele presentes. Processos hidrodinâmicos de alta energia atuam condicionando a dinâmica sedimentar na área, que está inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar com rochas e sedimentos cujas idades variam do Cretáceo ao Quaternário. A erosão é o constante problema nesta região, pois afeta toda população local com a destruição de moradias e comércio, inviabilizando o turismo, comprometendo as atividades de subsistência e as atividades industriais. O risco maior está relacionado ao dano ambiental que pode ser causado pelo derramamento de óleo nesta região. Estudos recentes indicam que além das influências climáticas, das forçantes hidrodinâmicas e da dinâmica costeira, onde os processos erosivos e deposicionais modificam a paisagem em um curto intervalo de tempo, há também a influência da neotectônica no controle da modificação da morfologia costeira. Nesse presente trabalho foi feito um estudo com dados geofísicos de georadar com o objetivo de investigar a influência dessas deformações rúpteis alcançando os depósitos sedimentares holocênicos como também indicando a geometria, e consequentemente a cinematática, de tais estruturas.

Palavras-chave: GPR; Neotectônica; Sistemas Costeiros; Reflex.

TITLE: GPR data processing in high salinity coastal environment

Abstract

The northern coast of Rio Grande do Norte State, northeast Brazil, has a high environmental sensitivity and is largely occupied by impacting activities like oil, wind, salt and shrimp industries, offering potential risks to ecosystems present in it. High-energy hydrodynamic processes act conditioned on sediment dynamics in the area, which is part of the geological setting of the Potiguar Basin with rocks and sediments of Cretaceous to Quaternary. Erosion is a constant problem in this region because it affects all local people by destroying houses and shops, making tourism impracticable, jeopardizing subsistence and industrial activities. The biggest risk is related to the environmental damage that might be caused by the oil spill in this region. Recent studies indicate that in addition to climatic influences, the hydrodynamic forcing and coastal dynamics, where the erosive and depositional processes change the landscape in a short time, there is also the influence of neotectonic control of the coastal morphology. In this present work, a study was done with georadar geophysical data in order to investigate the influence of these brittle deformations reaching the Holocene sedimentary deposits as well as indicating the geometry, and consequently the cinematic of such structures.

Keywords: GPR; Neotectonic; Coastal System; Reflex.

Introdução

O sistema GPR (Ground Penetrating Radar ou Radar de Penetração de Solo) permite a reconstrução do ambiente sedimentar através do imageamento da geometria dos sedimentos, uma vez que é sensível a leves mudanças na granulometria, composição, textura, forma, orientação e empacotamento dos grãos, além de identificar a presença ou não de água e ar no meio (Ziekur, 2000 e Baker, 1991). Possibilitando assim, descrever aspectos intrínsecos do corpo em questão, como arquitetura e estruturas que venham afetar essa arquitetura.

Também conhecido como Georadar, essa é uma técnica geofísica não destrutiva que detecta não continuidades elétricas em subsuperfície rasa, e tem como principais aplicações a identificação de estruturas, bem como fazer ensaios de solo. Utilizando um sistema que é capaz de transmitir, gerar, ler e registrar pulsos eletromagnéticos descontínuos de baixa a alta frequência (1 a 2600 MHz) (Neal, 2004). Trabalhando com o registro do “tempo duplo de viagem” do pulso eletromagnético, este saindo de uma fonte transmissora e chegando em um receptor (Annan, 1992). O método consiste na radiação de ondas eletromagnéticas a partir de uma antena transmissora coloca sobre a superfície do terreno, as quais se propagam em subsuperfície, sofrendo reflexão, refração e difração. Todas as ondas que retornam à superfície são detectadas por uma antena receptora localizada próxima a antena transmissora (Rios, 2012).

As ondas de interessante são as que foram refletidas nas camadas de subsuperfície e voltaram a superfície, pois essas são as ondas que expressam a litologia e as estruturas existentes em subsuperfície. As demais ondas como a onda aérea, a onda direta do ar-livre, a onda direta de superfície e as ondas refratadas em ângulo crítico, bem como as difratadas são ruídos que ofusciam aquelas ondas que de fato possuem relação geológica (Figura 1).

Contexto geodinâmico

O contexto geológico no qual se insere a área de estudo é o da Bacia Potiguar. Após a completa separação entre as placas Sul-Americana e Africana no Cenozóico, a Bacia Potiguar é marcada pela reativação do sistema conjugado das falhas Carnaubais (NE) e Afonso Bezerra (NW), que compartimentam o litoral setentrional do Rio Grande do Norte, e correspondem a principal estrutura que controla a sedimentação na bacia e a deposição dos sedimentos costeiros na região (VITAL et al., 2003 e FONSECA, 1996). A evolução do litoral setentrional está intimamente relacionada aos movimentos verticais resultantes de atividades tectônicas e reativação desse sistema de falhas (SRIVASTAVA & CORSINO, 1984), que exercem controle sobre a sedimentação dos depósitos terciários e quaternários, e sobre o padrão de drenagens (MOURA-LIMA et al., 2010 e BEZERRA, 1999). Neste ambiente a atividade neotectônica como forçante controladora da morfologia costeira tem sido sistematicamente estudada e comprovada por diversos autores (CAMARA, 2015; PALHANO, 2013; RIOS & AMARO, 2012). Num contexto regional englobando a área de estudo, Gomes et al., (2014) processaram dados geofísicos de gravimetria terrestres, das áreas costeira e marinha, da plataforma, levantados por Beltrão et al., (1991) e De Castro et al., (2012), e desenvolveram um mapa de linhas de variação da anomalia bouguer residual. Nesse mapa fica evidente que a correlação de todas essas linhas de variação gravimétrica residual, denota um lineamento de direção geral NE, paralelo ao sistema de falhas de Carnaubais, que transcorre a Ponta do Cabeção e intercepta os perfis GPR adquiridos neste trabalho. No material geológico a propagação das ondas eletromagnéticas é controlada através das propriedades elétricas do meio, essas sendo permissividade dielétrica relativa, permeabilidade elétrica relativa, condutividade elétrica e resistividade. Quando uma

onda eletromagnética se propaga e atinge uma descontinuidade de algumas dessas propriedades, a energia é refletida de forma proporcional à magnitude da mudança relativa dessas propriedades (Reynolds, 1997).

Metodologia

-Levantamento de campo

A profundidade de penetração do georadar e a sua respectiva resolução são parâmetros inversamente proporcionais. Ou seja, quanto maior a frequência da onda eletromagnética, menor a profundidade de penetração, e maior a resolução do imageamento. Ao passo que, quanto menor a frequência utilizada, maior a profundidade investigada, e menor a resolução dos dados obtidos. Portanto, inicialmente, procurou-se testar os pares de antenas de diversas frequências com o objetivo de determinar os melhores parâmetros a serem utilizados durante o levantamento de campo. A melhor relação entre profundidade e resolução foram obtidas com as frequências de 500 MHz shielded (blindadas contra ruidos provocados pelas ondas aéreas) e de 100 MHz unshielded (sem blindagem).

Os perfis de GPR foram executados de forma longitudinal (paralelos a linha de costa e perpendiculares a oblíquos ao Sistema de Falhas de Carnaubais) e transversal às formas alongadas (ilhas e paleoilhas barreiras), sempre no sentido oeste - leste, ou norte - sul, visto que a unidade de controle do equipamento constrói o radargrama da esquerda para direita, assim esta forma de aquisição evita o efeito de espelhamento do dado geofísico, como também permite a interpretação espacial, com previsões sobre o ângulo de direção e mergulho das estruturas (JOL & BRISTOW, 2003). Este tipo de geometria de aquisição requer dados de elevação com alta precisão, desta forma o emprego do GPS-Geodésico possibilitou a integração dos perfis em uma base georreferenciada, solucionando o problema da estimativa de posição exata (x, y e z) durante a coleta de dados GPR (TISCHLER et al., 2002).

- Pré-processamento

- Primeiro passo é criar um projeto ReflexW;
- O segundo passo é copiar os arquivos brutos para a pasta ASCII;
- O terceiro passo consiste em renomear os arquivos tendo como base o caderno de campo com as informações necessárias;
- No quarto passo é preciso colocar os arquivos brutos na pasta ROHDATA;
- O quinto passo é o primeiro a ser feito no programa, e ele consiste em ler os dados presentes no cabeçalho do dado e conferir com os observados no caderno de campo.

-Processamento

-O primeiro passo a ser feito é fazer a correção estática. Para isso é preciso usar o botão View, e com ele observar qual é o tempo zero. Após isso se segue o seguinte

cronograma: . O valor a ser colocado é exatamente o observado Processing > Static Corretion > Static Correction View;

-O segundo passo é feito para retirar do radograma horizontes muito brilhantes e contínuos, horizontes de grandes amplitudes, interpretados como ruído. Para se realizar esse passo, também devesse usar o View, e por no filtro em qual intervalo de tempo no qual deseja-se retirar esse ruído. Após o tempo desejado ser observado, segue-se o seguinte cronograma: 2-d Filter > Background Removal;

-O terceiro passo usado foi o filtro DeWow, este é feito para se suavizar o radograma, e nele é usado o período médio da onda eletromagnética utilizada no levantamento, este podendo ser medido de duas formas. A primeira é utilizando o View e medindo manualmente qual é período de um pulso, ou ele pode ser feito indo para o cabeçalho do dado, observando a frequência média e a convertendo em período. Apos ser medido o período ele é colocado no filtro Dewow, através do seguinte cronograma: 1d-filter > Dewow;

-No quarto passo, é retirado o ganho primário, aquele foi feito pelo próprio equipamento no momento da aquisição. Isso é feito para poder colocar outro ganho e com ele obter resultado melhores que os observados a priori. Esse procedimento é feito pelo seguinte cronograma: Gain > Remove Header Gain;

-Já o quinto passo consiste em testar novos ganhos para assim melhorar a interpretação. O ganho mais recomendado para se começar um processamento é o Energy Decai, mas também podem ser testados ganhos como Gain Function, Manual Gain X, Manual Gain Y e AEC Gain. O cronograma utilizado para esse processamento foi o seguinte: Gain > Energy Decai ou Gain Y;

-O sexto passo utilizado foi o filtro passa banda. Em especial o usado foi Butterworth. Para se utilizar esse filtro é preciso observar novamente o cabeçalho do dado, é utilizar o filtro baixo com um quarto da média da frequência e no filtro alto se utiliza o dobro da frequência média. O cronograma utilizado foi: 1-d filter > Butterworth;

-O sétimo passo é “opcional”, ele consiste em medir e colocar a velocidade verdadeira no dado. Para se fazer isso utiliza a tecla “enable interactive velocity adaption based on difractions or reflections”. Essa ferramenta consiste em usar parábolas encontradas no radograma, medindo a velocidade por elas e substituindo essa velocidade no dado;

-O oitavo e último passo, consiste na migração topográfica. Para executá-la é necessário se fazer algumas correções no que diz respeito aos dados do GPS, a primeira é dar um traço para as coordenadas, para se fazer isso é preciso usar uma tabela de excel a qual foi passado pelo professor Washington. Após se dar um traço para cada coordenada, copia-se a tabela que foi gerada, ela é copiada no formato CSV, e se substitui as vírgulas por pontos, para o programa poder lê-la. O cronograma feito para esse passo é: Static Correction/ Muting > Correct 3D Topography migration.

Resultados e Discussões

A profundidade de investigação obviamente variou conforme a frequência da antena utilizada, contudo em virtude das condições do meio de propagação, caracterizado por

um substrato sedimentar areno-argiloso saturado e com alta salinidade, no qual a velocidade da radiação eletromagnética é bastante reduzida, foram alcançadas profundidades de imageamento máximas também reduzidas, de aproximadamente 15 metros para a antena de 100 MHz unshielded (Perfis 6, 8, 11 e 21), enquanto que para a antena de maior frequência 500 MHz shielded a profundidade de investigação chegou a apenas 4 metros (Perfis 18, 27, 28, 29 e 30). Embora a profundidade de mapeamento de subsuperfície tenha sido menor, devido a maior resolução da antena de maior frequência, os dados adquiridos neste último perfil tiveram maior nitidez e qualidade em relação com os adquiridos pela antena de 100 MHz, ficando mais evidente as estruturas deposicionais.

Nos perfis de 100 MHz as estruturas mais aparentes são os grabens, no perfil 6 (Figura 2) há um graben bem marcado em seus primeiros 200 metros e outro por volta de 1km. Já no perfil 8 (Figura 3), também existe um graben de aproximadamente 250 metros de extensão, que vai de 600 metros até 850 metros, entre 1600 e 2000 metros existem uma série de sets de falhas lístricas que geram um alto estrutural (horst). Já o perfil 11 (Figura 4) possui uma associação de falhas inversas em seu início, logo em seguida existem falhamentos normais que geram um graben, está associação de grabens e horsts é evidenciada em toda a linha. No perfil 21 (Figura 5) é marcada a presença de estruturas típicas da deformação rúptil distensiva, grabens. Esses perfis são caracterizados pela baixa resolução e alta penetração no solo.

Nos perfis de 500 MHz existem outras nuances, fora as encontradas nos perfis de 100 MHz, no perfil 18 (Figura 6) é possível a identificação de anticlinais e dobras de arrasto, bem como antes do primeiro anticlinal é possível de se identificar um sinclinal. A linha de número 27 (Figura 7) é caracterizada por conter radarfáceis que podem ser de caráter dúctil, dobras de arrasto, coisa que não é comum nas demais linhas. A natureza dúctil volta a se tornar marcante no perfil 28 (Figura 8), que é marcado por uma série de falhas normais em arranjo dominó. No perfil 29 (Figura 9), a estruturação deformacional deixa de ser marcante e se passa a ver estruturas de transporte, como estruturas de canal raso ou de transporte eólico. A última linha que foi processada para este presente trabalho é a de número 30 (Figura 10), nela podem ser vistas estruturas deformacionais compressivas, com seguidos horsts formados por anticlinais e/ou falhas inversas. Esses perfis são caracterizados pela alta resolução e baixa penetração no solo.

A interpretação dos radargramas possibilitou a identificação de falhas normais, das quais a maior parte delas tem sentido de mergulho noroeste, subjacentemente outras apresentam inclinação de mergulho sudeste. As falhas normais geralmente estão inseridas em zonas onde há alívios das tensões, resultando no abatimento de blocos, no caso em análise elas ocorrem associadas a um sistema dominó, no qual há a rotação dos blocos escalonados, formando sets de falhas lístricas limitadas por um complexo de horst e graben que ocorre em todos os perfis. Esta estruturação em dominó associada a grabens, horsts e hemi-grabens são típicas estruturas regionais desenvolvidas em zonas distensivas ou extensionais (ou tracionais), como é o caso da reativação do sistema de falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra, que gera um sistema distensivo N-S, a partir da movimentação transcorrente dextral da Falha de Carnaubais (NE) e sinistral da Falha Afonso Bezerra (NW).

Conclusão

O Radar de Penetração do Solo (GPR) demonstrou ser uma importante ferramenta não invasiva na investigação dos ambientes deposicionais costeiros salinos, devido a fragilidade do ambiente às mais variadas técnicas de amostragem geológica (sondagens, trincheiras, etc.) em comparação a capacidade de imageamento da arquitetura deposicional em subsuperfície rasa.

O roteiro de processamento desenvolvido e utilizado nos radargramas no software Reflex W foi fundamental para realçar e salientar as características de interesse, o que possibilitou a obtenção de uma imagem mais realista do subterrâneo. Foram imageados aproximadamente entre 15 metros de profundidade com a antena de 100 MHz unshielded , e com a antena de maior frequência 500 MHz shielded apenas 5 metros de profundidade, entretanto com uma melhor resolução vertical.

Os resultados apresentados pelo uso do GPR na identificação das geometrias internas foram considerados satisfatórios. Sendo possível correlacionar a arquitetura deposicional dos sedimentos holocênicos ao sistema distensivo N-S gerado pela reativação das falhas de Carnaubais (NE) e Afonso Bezerra (NW) de movimentação transcorrente dextral e sinistral respectivamente, ambas sendo transtratativas.

Os radargramas obtidos possibilitaram a identificação de uma estruturação em dominó associada a ocorrência de falhas lístricas limitadas por um complexo de horst e graben, estruturas típicas de zonas distensivas. A boa correlação dessas estruturas com a morfologia em superfície demonstrou que o GPR pode ser um método importante para o imageamento digital de deformações rúpteis e uma ótima ferramenta no auxílio de estudos do controle da neotectônica na morfologia costeira, desde que o processamento de seus radargramas seja feito corretamente e com cuidado.

Referências

- ANNAN, A. P. Ground Penetrating Radar - workshop notes. Sensor and Software Incorporated, Mississauga, Ontario, 130p, 1992.
- BAKER, P. L. Response of ground penetrating radar to bounding surfaces and lithofacies variations in sand barrier sequences. *Explorer Geophysics*, 22, 19-22, 1991.
- BELTRÃO, J. F., SILVA, J. B., COSTA, J. C. Robust polynomial fitting method for regional gravity estimation. *Geophysics*, 56, 1, 80-89, 1991.
- BEZERRA, F. H. R. Intraplate paleoseismicity in northeastern Brazil. 7th National Symposium on Tectonic Studies and International Symposium on Tectonics, v. 4, Anais, 12-16. Lençóis: SBG, 1999.
- CAMARA, M. R. Influência Neotectônica dos Sistemas de Falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra na Morfologia Costeira entre os Estuários de Diogo Lopes e Piranhas – Açu (RN). Relatório (Graduação). Natal: Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, 2015.

DE CASTRO, D. L., BEZERRA, F. H. R., SOUSA, M. O. L., FUCK, R. A. Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data. *Journal of Geodynamics*, 54, 29-42, 2012.

FONSECA, V. P. Estudos morfotectônicos na área do baixo-curso do Rio Açu (Açu-Macau), Rio Grande do Norte. Dissertação (Mestrado), Belo Horizonte: Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 103p, 1996.

GOMES, M. P., VITAL, H., BEZERRA, F. H. R., CASTRO, D. L., MACEDO, J. W. P. The interplay between structural inheritance and morphology in the Equatorial Continental Shelf of Brazil, Natal. *Marine Geology*, 355, 150-161, 2014.

JOL, H. M., BRISTOW, C. S. GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide. In: Bristow, C. S. & Jol, H. M. (ed.): *Ground Penetrating Radar in Sediments*. Geological Society, London Special Publications, 211, 9-27, 2003.

MOURA-LIMA, E. N., SOUSA, M. O. L., BEZERRA, F. H. R., AQUINO, M. R., VIEIRA, M. M., LIMA-FILHO, F. P., FONSECA, V. P., AMARAL, R. F. Sedimentação e deformação tectônica cenozóica na porção central da Bacia Potiguar. *Revista do Instituto de Geociências*, 10, 1, 15-28, 2010.

NEAL, A. (2004). Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth Science Research*. 66, 261-330, 2004.

PALHANO, L. C. Caracterização sedimentológica do sistema de paleoilhas barreiras no Estuário Barreiras/Diogo Lopes, litoral setentrional do RN, através de métodos de testemunhagem por vibração (Vibracorer). Relatório (Graduação). Natal: Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, 2013.

RIOS, V. P. L., AMARO, V. E. Caracterização dos depósitos sedimentares holocênicos no sistema de ilhas barreiras do Estuário Diogo Lopes, Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. *Revista de Geologia*, 25, 28-45, 2012.

REYNOLDS, J. M. An introduction to applied and environmental geophysics. Wiley, Chichester, 1997.

Srivastava, N. K., Corsino S. R. Os carbonatos de Touros: petrografia e estratigrafia. Simpósio de Geologia do Nordeste, 11, Atas, 165-176, SBG, 1984.

VITAL, H., LIMA, Z. M. C., SILVEIRA, I. M., AMARO, V. E., SOUTO, M. V. S. Barrier-spit system from the northern Rio Grande do Norte State coast, NE Brazil: A tectonic control?. Latinamerican Sedimentology Congress, 3, 313-315, 2003.

ZIEKUR, R. Georadar in der Bodenkunde. *Geologisches Jahrbuch*, 52, 9-34, 2000.

Anexos

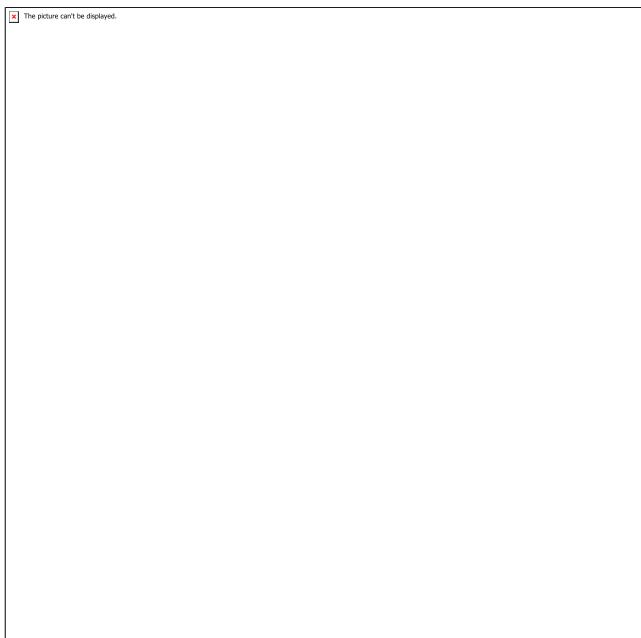


Figura 1

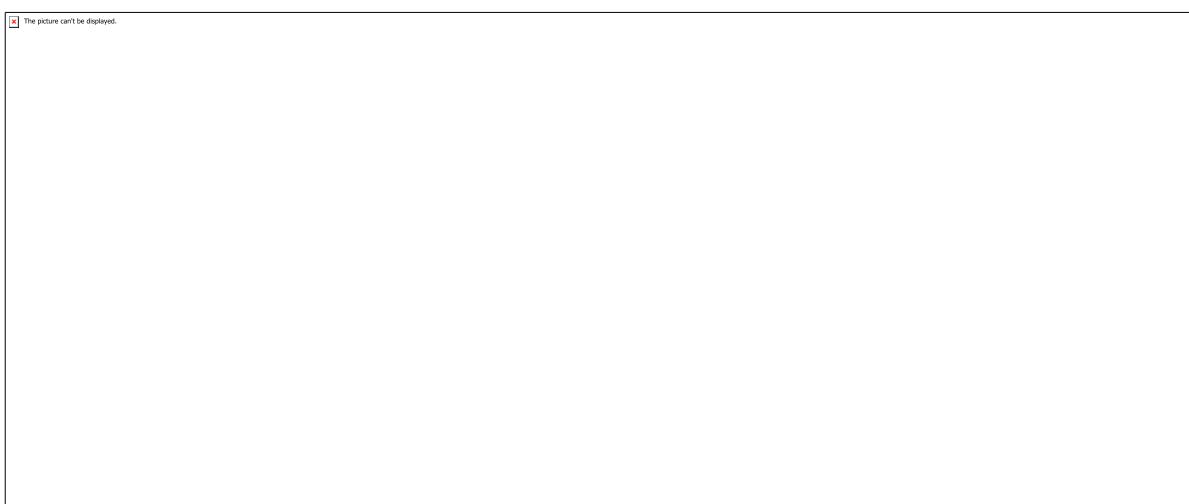


Figura 2

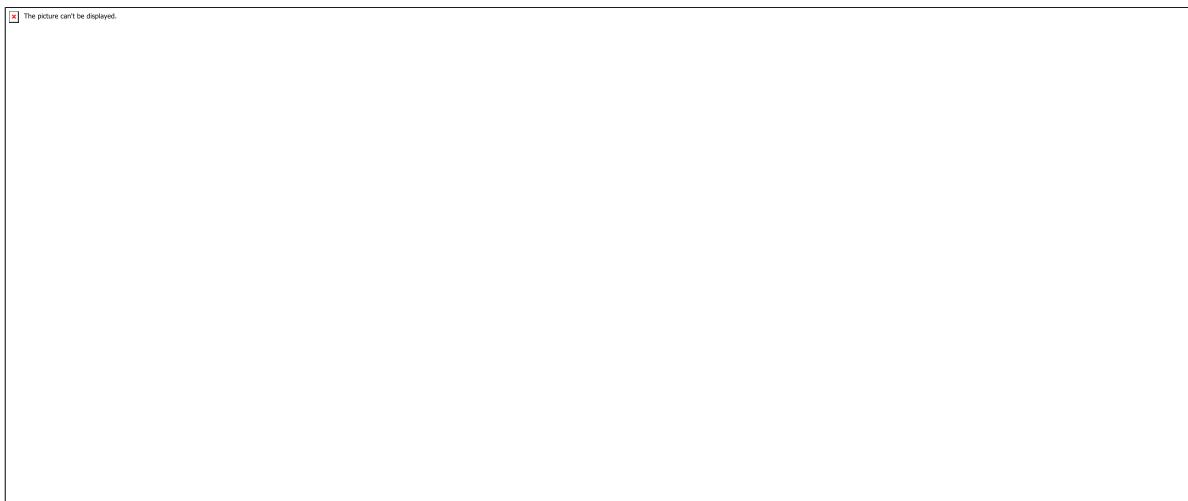


Figura 3

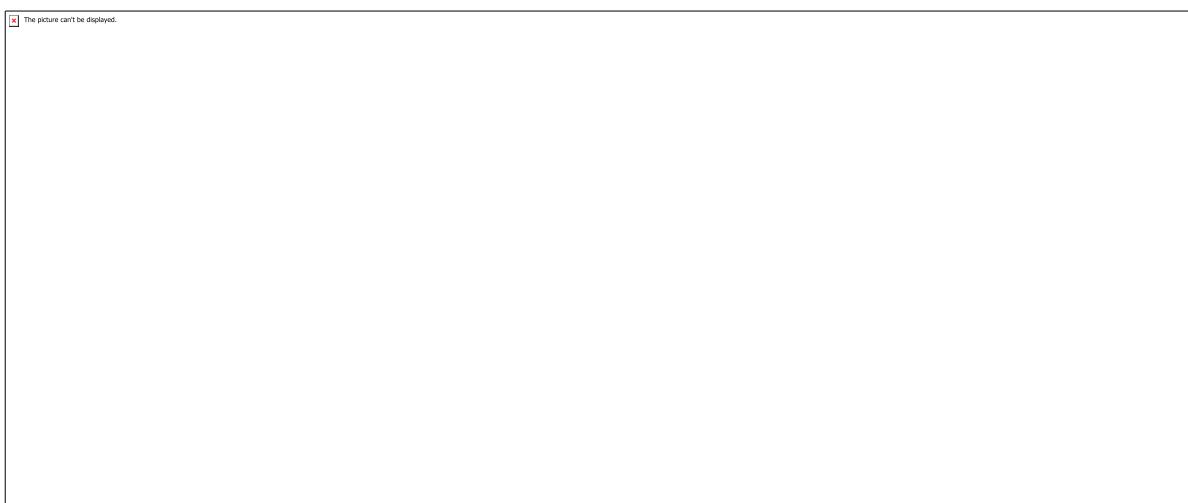


Figura 4

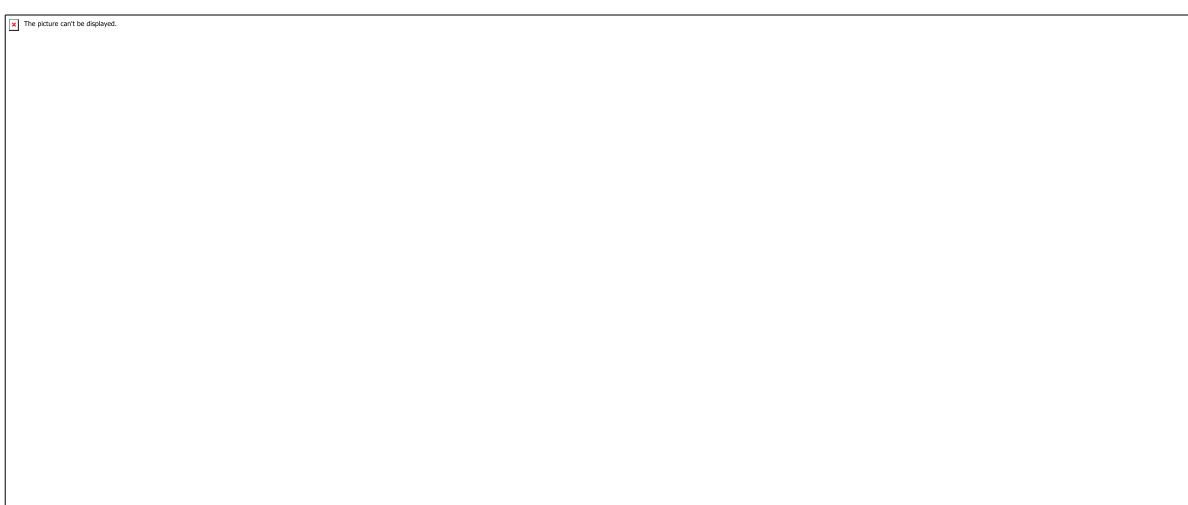


Figura 5

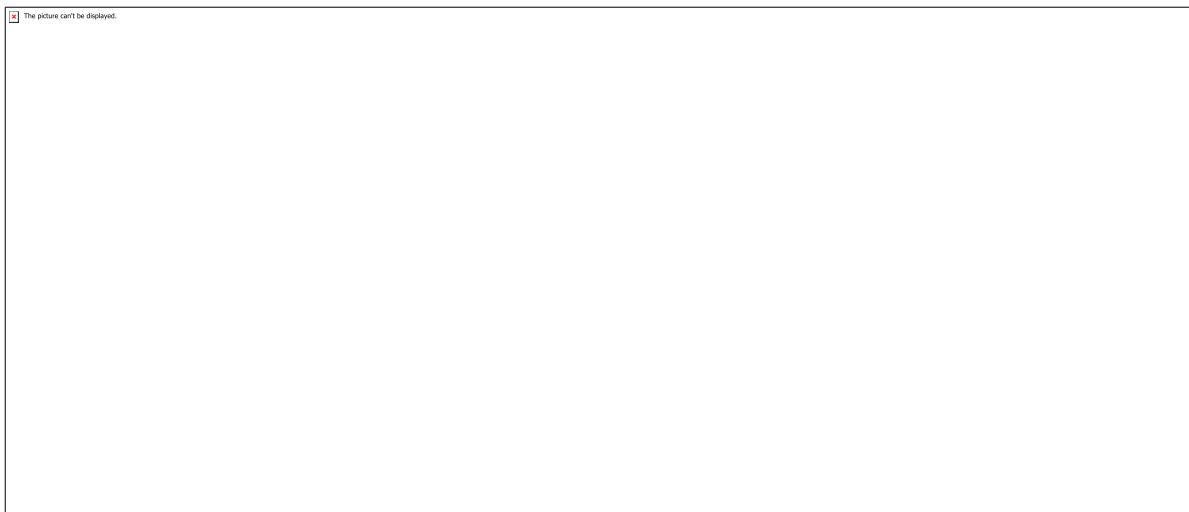


Figura 6

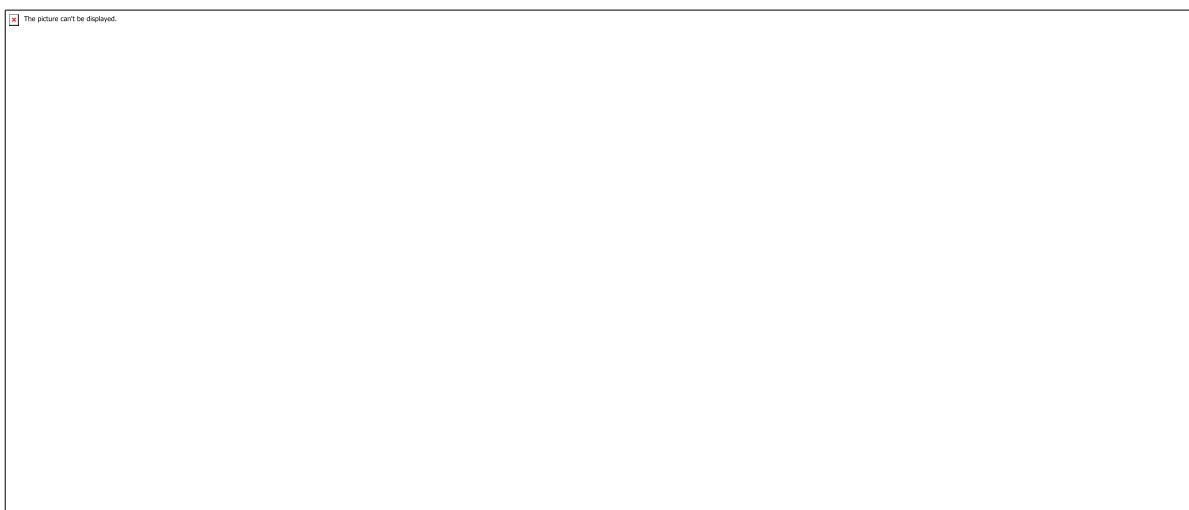


Figura 7

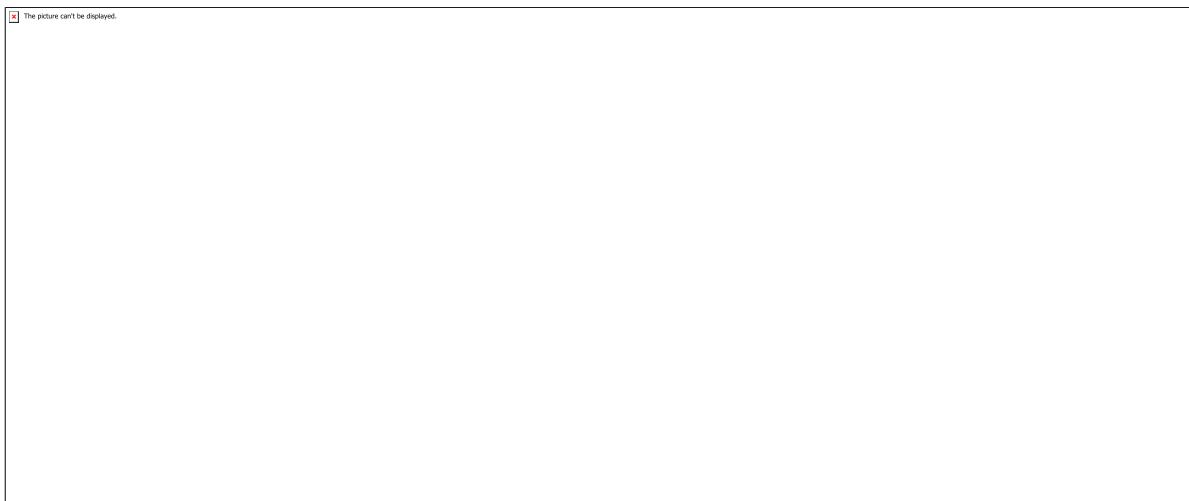


Figura 8

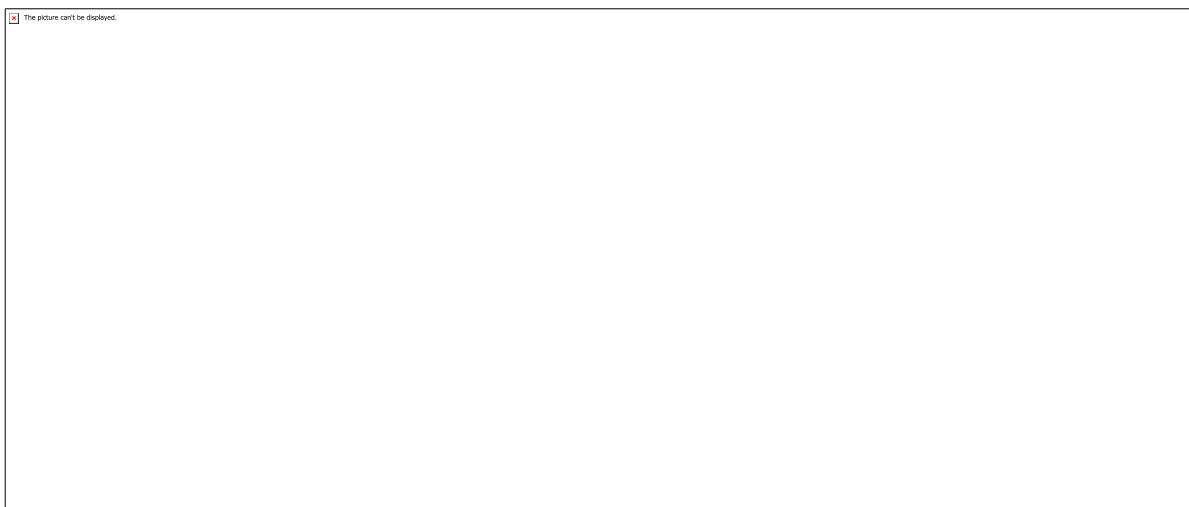


Figura 9

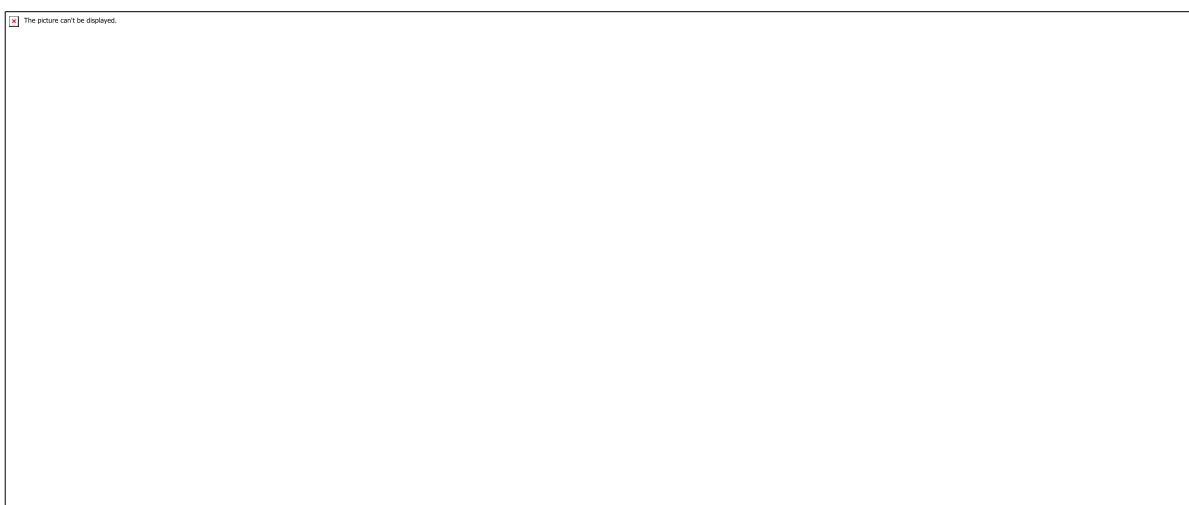


Figura 10

CÓDIGO: ET0853

AUTOR: SAULO COSTA DOS SANTOS

COAUTOR: ARTHUR DA COSTA FERNANDES

COAUTOR: CHARLES KRIST COSTA LINHARES

COAUTOR: ELTON PEREIRA DE SOUZA

ORIENTADOR: MANOEL FIRMINO DE MEDEIROS JUNIOR

TÍTULO: Planejamento de sistemas elétricos utilizando a técnica de Chaveamentos

Corretivos

Resumo

O sistema elétrico brasileiro é composto por diversas companhias de geração, transmissão e distribuição, constituindo o Sistema Interligado Nacional. Com o objetivo de equilibrar consumo e demanda, e garantir o fornecimento de energia elétrica com qualidade e de forma ininterrupta, o Operador Nacional do Sistema (ONS) gerencia e regula toda a rede. Apesar de todo o gerenciamento, a rede elétrica é suscetível a diversos tipos de problemas, muitas vezes inevitáveis, como a queda de uma linha de transmissão. Este tipo de problema pode ocasionar a interrupção do fornecimento de energia aos consumidores, ou a sobrecarga de outras linhas da rede. Se a rede não estiver preparada para suportar a sobrecarga gerada pela queda da linha, o sistema de proteção pode atuar, havendo mais interrupções no sistema. Para eliminar a sobrecarga em uma linha da rede, utiliza-se a técnica de Chaveamentos Corretivos, onde são realizadas alterações na topologia da rede, com o objetivo de reduzir o carregamento da linha. Neste método gera-se diversas variantes (possibilidades), para a eliminação da sobrecarga, e a verificação da qualidade de cada variante é realizada através do uso de funções de alívio. O objetivo da técnica de Chaveamentos corretivos é reduzir o carregamento de uma linha sobrecarregada, através do redirecionamento de potência, evitando-se a geração de novas sobrecargas no sistema após a realização do chaveamento.

Palavras-chave: Chaveamentos Corretivos, Sobrecarga, Transmissão, Funções de alívio.

TITLE: Planning of electrical systems using the Corrective Switching technique

Abstract

The Brazilian electricity system is composed of several generation, transmission, and distribution companies, constituting the National Interconnected System. Intending to balance consumption and demand, and guaranteeing the supply of quality and uninterrupted electricity, the National System Operator (ONS) manages and regulates the entire grid. Despite all management, the power grid is susceptible to many types of problems, often unavoidable, such as a transmission line going down. This type of

problem can cause consumers to interrupt their power supply or overload other lines on the network. If the network is not prepared to withstand the overload generated by the line drop, the protection system may operate, with further system interruptions. The corrective switching technique is used to eliminate the overload on one line of the network. In this technique, there is a change in network topology in order to reduce line load. In this method, several variants are generated (possibilities) for the elimination of overload, and the quality checking of each variant is performed using relief functions. The objective of the Corrective Switching technique is to reduce a load of an overloaded line by redirecting power, avoiding the generation of new overloads in the system after the switching.

Keywords: Corrective Switching, Overload, Transmission, Relief Functions.

Introdução

Na operação de sistemas elétricos, é importante que haja preparação e coordenação das ações para qualquer tipo de contingência que venha a ocorrer na rede, de forma a encontrar soluções rápidas, diminuindo assim os impactos gerados por este problema. Uma contingência pode ser caracterizada por uma situação onde a rede não está funcionando de forma ordinária. Um dos exemplos mais comuns de contingência é a violação dos limites de carregamento de uma linha ou de um transformador. Este tipo de problema pode ser ocasionado pela perda de uma linha ou até mesmo pelo crescimento da carga em conjunto com o mal planejamento do sistema.

Para solucionar um problema de sobrecarga em uma linha ou equipamento da rede, pode-se utilizar vários métodos, como o re-despacho da geração, construção de novas linhas ou subestações, redistribuição de carga, e em último caso, retirada de cargas. Todas estas opções normalmente estão associadas a um aumento de custos ou são muito prejudiciais aos consumidores, como no caso da retirada de cargas, algo que as empresas de transmissão e distribuição não buscam. Outro método de eliminação de sobrecargas, envolve a alteração da topologia da rede, alterando o fluxo de potência nas linhas, sem nenhum custo às companhias de energia. Esta técnica é intitulada Chaveamentos Corretivos.

A técnica de Chaveamentos Corretivos, começou a ser desenvolvida no final da década de 70 e desde então vêm sendo estudada e aprimorada. Através de simulações efetuadas em redes reais foi demonstrado que é possível eliminar sobrecargas de até 30%, segundo o estudo de Koglin & Medeiros Júnior, 1983. Para utilização deste método, é necessário que as subestações escolhidas como nós de chaveamento, possuam dois barramentos, para que a topologia possa ser alterada e seja realizado o redirecionamento de potência.

Para a aplicação da técnica de Chaveamentos corretivos, foram realizadas diversas simulações utilizando a rede de confiabilidade do IEEE, que possui 27 barras e 41 linhas. Utilizando esta rede, foi gerado um simulador de contingências, onde era permitido simular a perda de uma linha do sistema, e com o uso dos Chaveamentos corretivos, é encontrada, de forma automática, uma solução para eventuais sobrecargas ocasionadas por cada contingência gerada pelo simulador.

Metodologia

A rede de confiabilidade do IEEE, representada na figura 1, não apresenta nenhuma sobrecarga nas condições normais de operação. Isso pode ser verificado com a execução do fluxo de carga exato para o caso base desta rede, ou seja, para a rede inicial, sem alterações. Como o objetivo do trabalho é o estudo da técnica de Chaveamentos corretivos para eliminação da sobrecarga, o caso base não será utilizado, já que não possui nenhuma violação nos limites de carregamento de uma linha. Portanto, será realizado um simulador de contingências, onde será simulada a perda de linhas do sistema, uma de cada vez. Ao retirar a linha, será aplicada a técnica de Chaveamentos corretivos para encontrar, se possível, a melhor solução para a eliminação de sobrecarga do sistema para todo tipo de contingência.

O ambiente utilizado para realizar o simulador de contingências foi o SCILAB, onde foi programada toda a rotina de simulação. O primeiro passo do algoritmo consiste em retirar a primeira linha do sistema e executar o fluxo de carga para um novo caso base, sem a primeira linha da rede. A partir da execução do fluxo de carga, são obtidas todas as grandezas necessárias para o estudo da rede, os níveis de tensão nos barramentos, correntes nas linhas, fluxos de potências, etc. De posse de todas as grandezas da rede, é verificado se há alguma sobrecarga no sistema. Se não houver sobrecarga, não há necessidade de utilizar Chaveamentos Corretivos, portanto, o algoritmo irá simular a contingência na próxima linha, em sequência. Se houver sobrecarga, deve-se, primeiramente, encontrar os nós de chaveamento de primeira ordem, que são nós para onde flui uma parcela substancial da sobrecarga redirecionada.

Para encontrar os nós de chaveamento de primeira ordem, é retirada a linha sobrecarregada. Supondo que as barras conectadas pela linha sobrecarregada são chamadas de barra A e barra B, coloca-se uma carga na barra A e uma geração na barra B, de mesmo valor da potência consumida na barra A. Além disso, devem ser retiradas todas as gerações e cargas do sistema. Após esse processo, é executado o fluxo de carga, e é verificado a potência que flui em cada nó, analisando a relação dessa potência com a potência injetada na barra B. Com esses dados, o algoritmo define os nós de primeira ordem e escolhe o nó no qual flui a maior parcela da sobrecarga redirecionada.

Ao escolher o nó de primeira ordem, é considerado que ele possui um barramento duplo e, dessa forma, será alterada a topologia da rede, para realizar o redirecionamento de potência na linha sobrecarregada. Para simular um barramento duplo, é criada uma nova barra no sistema, na qual poderá ser conectada linhas que anteriormente eram conectadas na barra escolhida como nó de chaveamento. Com o nó definido, pode-se gerar as variantes do sistema, ou seja, as possibilidades de arranjos utilizando essa barra como nó de chaveamento. Então, executa-se o fluxo de carga para o caso redirecionado, representado na figura 1. Nota-se que novamente é retirada a linha sobrecarregada, porém é colocado como geração e carga, nas barras A e B, respectivamente, os valores nominais da linha, correspondentes ao limite térmico.

No caso redirecionado, força-se a linha sobrecarregada a se manter no seu valor nominal, redirecionando potência através da rede. A partir disso, faz-se a diferença das potências nos ramos entre o caso base e o caso redirecionado, obtendo-se a potência redirecionada que irá fluir em cada ramo do sistema. Ao final, utiliza-se as Funções de Alívio para avaliar cada variante.

A Função de alívio é utilizada para estimar o carregamento do ramo sobrecarregado para cada variante, sem utilizar o fluxo de carga. Com essa estimativa, é possível identificar quais variantes são promissoras para eliminar a sobrecarga, diminuindo o número de execuções de fluxo de carga exato, reduzindo o tempo de execução do programa e o esforço computacional.

A função de alívio pode ser determinada pela equação da figura 1, onde o "Ps" (potência de chaveamento) é a potência que irá fluir no disjuntor do nó de chaveamento em cada uma das variantes. O "deltaPreS" é a parcela de sobrecarga redirecionada que chega ao nó de chaveamento. O "deltaPreV" é a parcela de sobrecarga redirecionada que passa pelo disjuntor no nó de chaveamento. O "deltaPsob" é a diferença entre a potência no ramo sobrecarregado no caso base, com a contingência, e a potência nominal do ramo sobrecarregado (capacidade da linha).

A partir do resultado da equação (1), obtém-se através da equação (2) o parâmetro Pest (potência estimada no ramo sobrecarregado). Dessa maneira, é possível identificar quais variantes irão causar alívio da sobrecarga. Pode-se observar a representação de cada uma das variáveis da função de alívio na figura 3.

É importante ressaltar que, ao se testar uma variante, além de analisar se a sobrecarga é eliminada, deve ser observado se essa variante não gerou outra sobrecarga no sistema. Portanto, com o objetivo de evitar testes de variantes que possuam altos valores de potência redirecionada, gerando novas sobrecargas, é feito o ranqueamento de variantes, utilizando o valor de Ps. Ou seja, as variantes com menor potência de chaveamento são testadas primeiro, de forma que a primeira variante a eliminar a sobrecarga seja escolhida como solução do problema.

A partir desse algoritmo, foi possível gerar um relatório com as ações necessárias para solucionar qualquer contingência na rede, indicando qual o nó de chaveamento utilizar, qual a variante a ser escolhida e o valor do carregamento da linha sobrecarregada após o chaveamento.

Resultados e Discussões

A rede do IEEE possui 41 linhas. Não convém mostrar os resultados do simulador de contingências para a retirada de todas as linhas. Portanto, serão apresentados apenas três casos, que possibilitam uma melhor demonstração da aplicação da técnica de Chaveamentos corretivos.

CASO 1

No primeiro caso a ser estudado, será realizada a remoção da linha 15-10 da rede, que conecta as barras 10 e 15. Com a remoção dessa linha, executa-se o fluxo de carga, encontrando uma sobrecarga na linha 9-15, por onde flui uma corrente de 523 A, e sua capacidade de corrente é igual à 439 A. O carregamento desta linha, portanto, é de 119,13%.

A partir dessas informações, o algoritmo busca os melhores nós de chaveamento de primeira ordem. O nó escolhido foi 22, por onde flui 92% da potência redirecionada. A

barra 22 é conectada a 4 outras barras, e possui carga e geração, portanto tem-se um total de 32 variantes, pois existem $2^{(4+1)}$ possibilidades de arranjos, considerando a carga e a geração como uma unidade. Das 32 possibilidades, metade são redundantes, e os dois primeiros casos representam o caso base e o caso no qual a carga fica isolada em uma barra, fazendo com que o fluxo de carga venha a não convergir, resultando em 14 variantes. Dentre as 14 variantes, é verificado, através da função de alívio, que apenas 6 variantes reduzem o carregamento da linha sobrecarregada, que podem ser observadas na tabela 1. A variante é capaz de aliviar a sobrecarga quando sua potência de chaveamento (Ps) está no sentido oposto do "deltaPreV" , e ao utilizar a equação (1), é obtido um valor positivo na função de alívio.

Para o teste das variantes que causam alívio, foi realizado o ranqueamento com base na potência de chaveamento. Assim sendo, a primeira variante a ser testada será a variante 10, que possui o menor valor, em módulo, de potência de chaveamento. Ao executar o fluxo de carga para a variante 10, obtém-se os resultados apresentados na tabela 2.

No primeiro teste de variante, já se tem a solução para a eliminação da sobrecarga na linha 9-15, comprovando a importância do ranqueamento das variantes através da potência de chaveamento. Além disso, comprova que os nós de chaveamento de primeira ordem, possuem uma maior facilidade de redirecionar a potência do ramo sobrecarregado. A potência estimada, utilizando a função de alívio, é aproximadamente igual à 1,51 p.u., já a potência calculada através do fluxo de carga exato, é igual à 1,58801 p.u., um valor muito próximo ao estimado. A corrente no ramo sobrecarregado, que anteriormente era de 523 A, tem o valor reduzido para 410,68 A. Como a capacidade da linha 9-15 é de 439 A, tem-se um novo carregamento, igual à 93,55%, ou seja, a sobrecarga foi eliminada. Também foi verificado que após o chaveamento, não foi gerada nenhuma outra sobrecarga na rede, concluindo-se a análise do caso da retirada da linha 15-10.

A configuração da barra 22 para a variante 10 pode ser representada através da figura 6, onde pode-se observar a criação de uma nova barra, 22B, alterando as conexões, as quais eram todas na barra 22A.. Na figura 4, a carga representa tanto a carga da barra, quanto a geração, apenas como forma de simplificar a figura.

CASO 2

No segundo caso, a linha removida foi a linha 26-21. Ao executar o fluxo de carga para esta contingência, foi gerada uma sobrecarga na linha 15-22. A corrente que flui neste ramo é de 1479 A, e sua capacidade é de 1255 A, caracterizando um carregamento de 117 %. Assim como no caso 1, buscam-se os nós de primeira ordem, para a escolha do nó de chaveamento. Neste caso, assim como no caso 1, foi escolhida a barra 22, que por ser uma barra na qual a linha sobrecarregada está conectada, toda a parcela de sobrecarga redirecionada deve, obrigatoriamente, fluir através dela.

Assim como no caso anterior, há um total de 32 variantes. Ao excluir as redundâncias e os casos indesejados, tem-se o total de 14 variantes, das quais apenas 10, conseguem aliviar a sobrecarga. Essas variantes estão dispostas na tabela 3, com seus respectivos valores na função de alívio e de potência de chaveamento.

A partir da tabela 3, nota-se que, novamente, a variante 10 possui o menor valor de Ps, portanto, será a primeira variante a ser testada, através do cálculo exato do fluxo de carga. Os valores obtidos através do fluxo de carga apresentam-se na tabela 4.

Coincidemente, a mesma variante utilizada no caso 1, eliminou a sobrecarga na linha 26-21. Novamente a primeira variante a ser testada já solucionou o problema, sem gerar outra sobrecarga no sistema. Nota-se que os valores de potência estimada através da função de alívio e a potência exata são muito próximos. A corrente na linha, que anteriormente era de 1479 A, foi reduzida para 1226,99 A, representando um novo carregamento de 97,76 %.

A topologia da rede foi alterada da mesma forma que no caso 1. Portanto, a figura 4 também representa o estado da rede após o chaveamento na barra 22, com as barras 3 e 14 conectadas à barra 22A e as barras 8 e 15, além da geração e da carga, conectadas à barra 22B.

CASO 3

O último caso a ser analisado, consiste na retirada da linha 15-22. Ao simular esta contingência, foi gerada uma sobrecarga na linha 15-9, por onde flui uma corrente de 539,94 A, caracterizando uma sobrecarga de 123%, já que a capacidade da linha 15-9 é de 439 A.

O nó de chaveamento de primeira ordem escolhido para resolução do problema foi a barra 15. Por ser uma das barras conectadas pela linha sobrecarregada, representa uma ótima opção para o redirecionamento da sobrecarga. A barra 15 se conecta à 5 barras, 9, 10, 22, 25 e 27. Como a linha 15-22 será retirada, há apenas 4 barras conectadas ao nó de chaveamento, já que ela não possui carga ou geração. Com isso, tem-se um total de 7 variantes para este problema, ao eliminarmos as redundâncias e o caso base. Do total de variantes restantes, apenas 5 aliviam a sobrecarga, estas são apresentadas na tabela 5.

A primeira variante a ser testada pelo algoritmo será a variante 7, cuja potência de chaveamento é a menor entre as variantes que causam alívio. Os resultados obtidos após as alterações na topologia da rede, correspondentes à variante 7, estão dispostos na tabela 6.

A variante 7 apresentou ótimos resultados, diminuindo o carregamento da linha em 35%, e consequentemente, eliminando a sobrecarga. A corrente na linha, que antes do chaveamento era de 539,94 A, diminuiu para 385,58 A, bem abaixo da capacidade da linha, assim como demonstrado pelo carregamento. A potência estimada pela função de alívio está bem próxima da potência real calculada pelo fluxo de carga exato.

Conclusão

O planejamento de um sistema elétrico é essencial nos dias atuais. As companhias de transmissão e distribuição de energia possuem equipes especializadas para preparar, previamente, as manobras que serão realizadas na rede ao ocorrer qualquer tipo de problema. Este planejamento, facilita a ação de um operador da rede, que ao possuir

um plano de ações, definido para cada tipo de problema, é capaz de agir mais rapidamente, reduzindo os impactos causados por qualquer tipo de contingência no sistema. Porém, a rede não é planejada para operar com a perda de linhas.

Ao ocorrer a perda de uma linha, ou de um equipamento da rede, as cargas alimentadas por esta linha são desconectadas, ou seja, há uma interrupção no fornecimento de energia para os consumidores, até o problema ser resolvido, algo que não se deseja, pois gera um prejuízo enorme para as empresas. A utilização da técnica de Chaveamentos Corretivos demonstrou ser uma opção muito viável para eliminar sobrecargas geradas por contingências na rede, de maneira rápida e sem custos adicionais para as companhias de energia.

Os três casos estudados apresentaram ótimas soluções para os problemas de sobrecargas ocasionados por diferentes contingências. Em cada um deles, foi testado apenas uma variante, comprovando a necessidade do ranqueamento através da potência de chaveamento. O uso ranqueamento é muito interessante, já que se evita o teste de diferentes variantes, diminuindo a quantidade de execuções de fluxo de carga, consequentemente, reduzindo o tempo de execução do programa e exigindo um menor custo computacional. A função de alívio utilizada também apresentou ótimas aproximações, nos dando estimativas bem próximas aos valores calculados através do fluxo de carga exato.

Apesar dos ótimos resultados obtidos, nem toda contingência exige o uso de Chaveamentos corretivos. A maioria das contingências na rede do IEEE não geram sobrecarga no sistema, ou seja, apesar da perda de uma linha, o sistema consegue se manter sem nenhuma violação no limite térmico de suas linhas. Além disso, outras contingências geram mais de uma sobrecarga na rede, o que ainda não consegue ser solucionado através do algoritmo desenvolvido.

Referências

Oliveira, A. V. C., "Dedução de Funções de Alívio para Priorização de Variantes de Chaveamento Adequadas à Eliminação de Sobrecargas," Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2011.

Monticelli, J. A. - Fluxo de carga em redes de energia elétrica, São Paulo - São Paulo, Edgard Blucher, 1983.

Pataca, L. C., "Análise de Contingências com critério N-1 em sistemas elétricos de potência utilizando computação paralela em MATLAB", Tese de Conclusão de Curso, São Carlos, 2012.

Pinheiro, D. da C., " Eliminação de sobrecargas em sistemas de transmissão através do chaveamento de ramos", Dissertação de Mestrado, Campinas - São Paulo, 2016.

Anexos

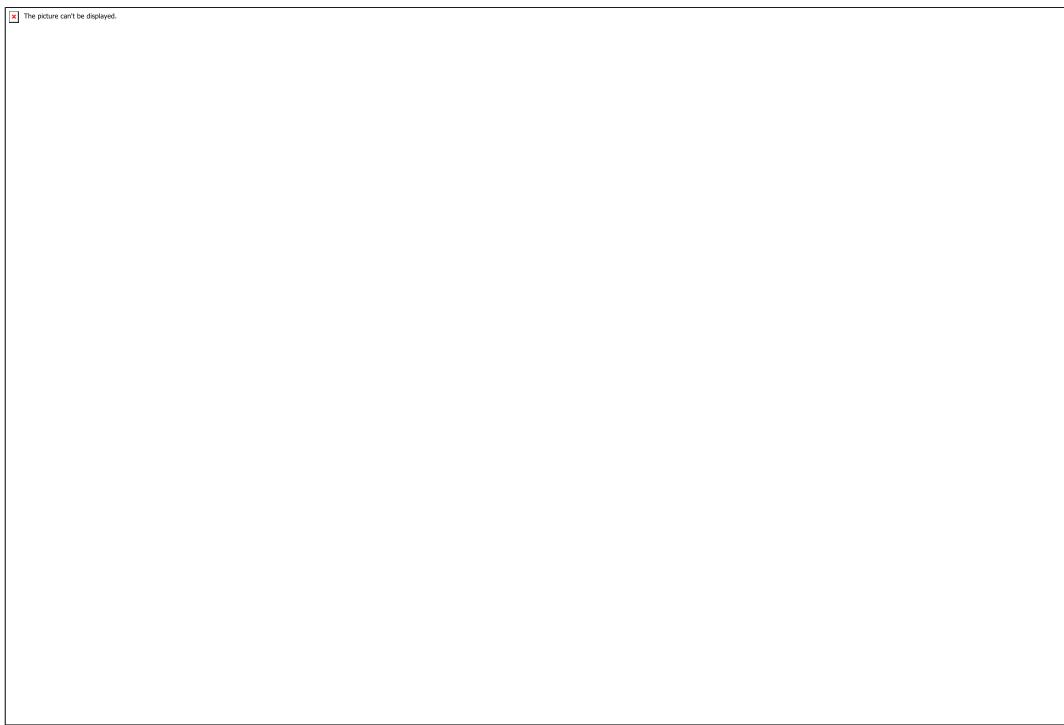


Figura 1- Diagrama da rede de confiabilidade do IEEE.

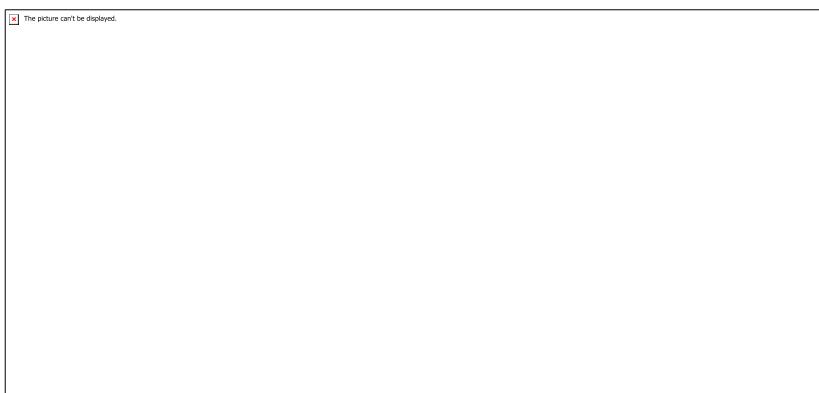


Figura 2- Representação do caso redirecionado.



Equação 1.



Equação 2.

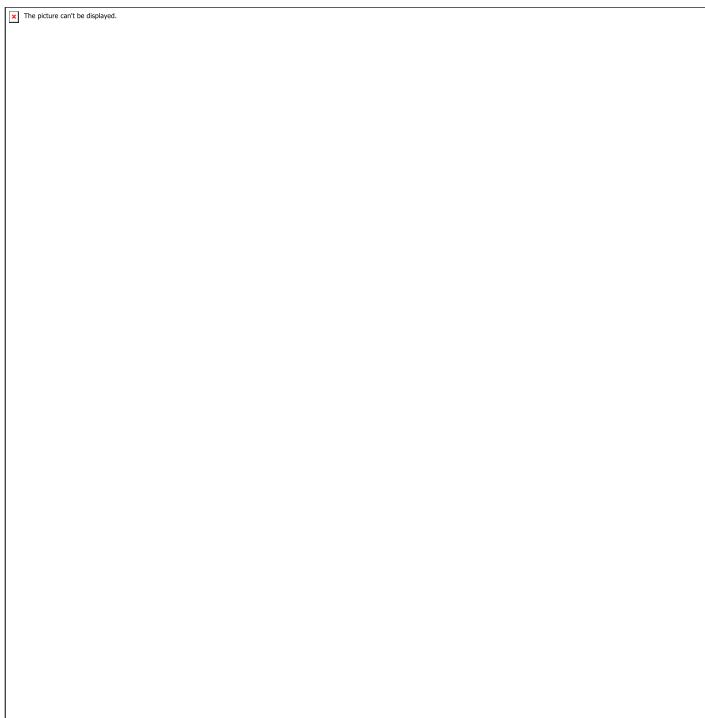


Figura 3- Representação do redirecionamento de potência em um ramo sobrecarregado.

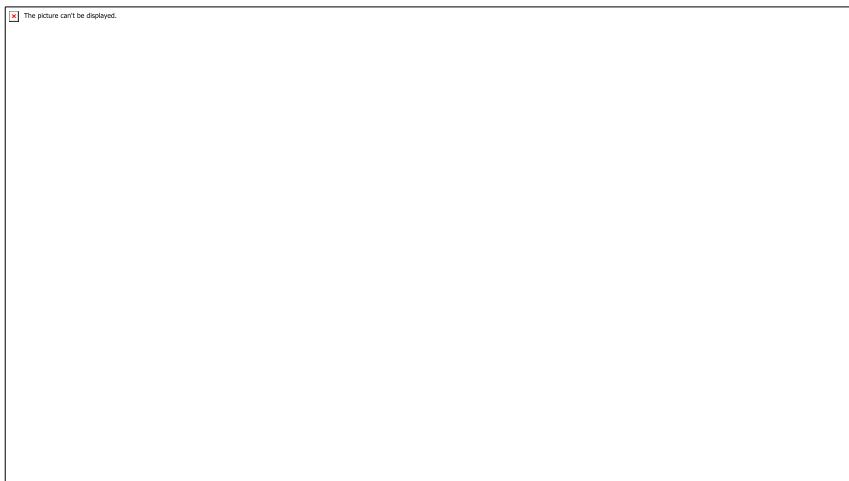


Tabela 1- Variantes que causam alívio da sobrecarga no caso da retirada da linha 15-10, utilizando a barra 22 como nó de chaveamento.



Tabela 2- Valores obtidos para as alterações da topologia correspondentes à variante 10.



Figura 4- Configuração do nó de chaveamento, barra 22, para a variante 10.

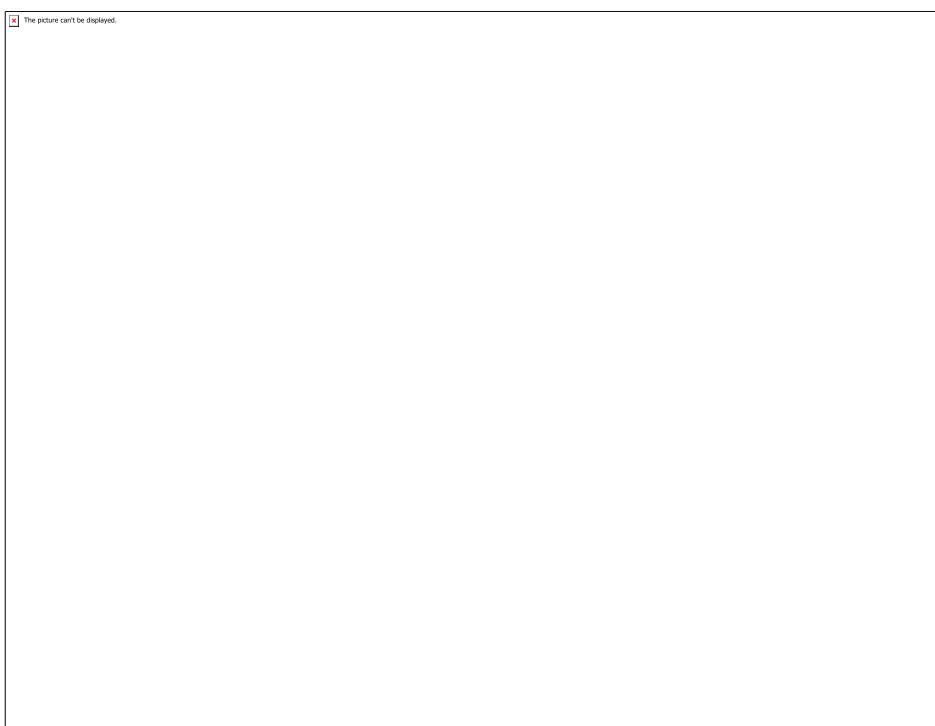


Tabela 3- Variantes que causam alívio da sobrecarga no caso da retirada da linha 26-21, utilizando a barra 22 como nó de chaveamento.



Tabela 4- Valores obtidos para as alterações da topologia correspondentes à variante 10.

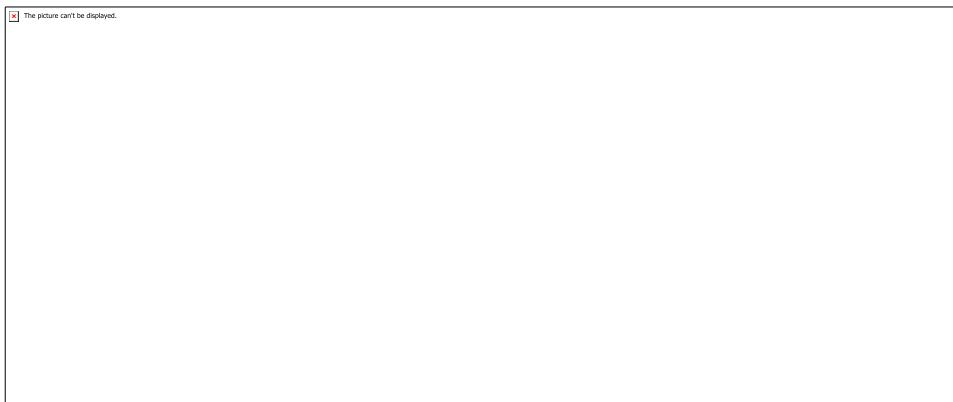

--

Tabela 5 - Variantes que causam alívio da sobrecarga no caso da retirada da linha 15-22, utilizando a barra 15 como nó de chaveamento.



Tabela 6 - Valores obtidos para as alterações da topologia correspondentes à variante 7.

CÓDIGO: ET0861

AUTOR: BRUNO RAMMON SILVA SOUZA

ORIENTADOR: SELMA HISSAE SHIMURA DA NOBREGA

TÍTULO: Sobre a aplicação da metodologia de análise de perigo sísmico e sua importância para o projeto de estruturas

Resumo

Uma das etapas iniciais do projeto de estruturas submetidas a sismos é a determinação da demanda sísmica. Para isso, as normas sísmicas de cada local têm estabelecido mapas de acelerações sísmicas, ou mapas de perigo sísmico, sendo a determinação dessa variável um dos primeiros passos necessários para a adequada realização desse tipo de projeto. Geralmente, esses mapas são elaborados a partir de estudos estatísticos por meio da Análise Probabilística de Perigo Sísmico (PSHA). Desta maneira, na presente pesquisa explorou-se a aplicação da PSHA na construção de espectros de respostas de projeto e na geração de mapas de perigo sísmico. Este objetivo se fundamenta, essencialmente, na opinião corrente, no meio técnico, acerca da necessidade de readequação do atual mapa de acelerações características da ABNT NBR 15421:2006. Por último, dentro do contexto dos espectros de resposta, foram realizadas, em estruturas modelo, a análise sísmica com o espectro de projeto fornecido pela norma sísmica nacional NBR 15421:2006 avaliando os esforços e comparando-os aos de outras ações.

Palavras-chave: Sismos. Perigo sísmico. Espectro de Resposta. Método Espectral.

TITLE: On the application of seismic hazard analysis methodology and its importance for the design of structures

Abstract

One of the early procedures in the design of structures subjected to seismic actions is the determination of the seismic demand. For this, the seismic codes of each place have established maps of characteristic seismic accelerations, being the determination of this variable one of the first necessary steps for the adequate accomplishment of this type of project. Generally, these maps are based on statistical studies through the Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA). In that way, the application of PSHA in the construction of seismic response spectra and hazard maps generation was explored in that resource. This objective is essentially based on the current opinion among technicians about the need to readjust the current characteristic acceleration map of ABNT NBR 15421:2006. Finally, in the context of response spectra, a seismic analysis considering two model structures was performed using a design spectrum obtained by the national seismic code and their internal forces were evaluated and compared them to other actions.

Keywords: Earthquake. Seismic Hazard. Response Spectrum. Spectral Method.

Introdução

A preocupação formal com sismos no Brasil é algo relativamente recente, prova disso é que, apesar de haver alguns dados históricos esparsos, apenas na década de 70 passou-se a registrar os sismos de forma sistemática com instalação de estações sismográficas em diversas partes do país. A pouca atenção que foi dada a esses eventos no território brasileiro pode ser devido à posição geográfica e geológica aparentemente privilegiada do país, contribuindo para que a atividade sísmica no país seja pouco recorrente e, no geral, de baixa magnitude.

Apesar disso, a sismicidade do país não deve ser, de maneira nenhuma, desprezada, uma vez que, quando eventos como esse acontecem, tendem a ser devastadores, acima de tudo quando não há uma preparação (no sentido técnico, político, econômico e social) do país afetado.

Além disso, as atividades sísmicas não são distribuídas uniformemente no território, pelo contrário, existem regiões mais ativas do que outras. Nesse aspecto, o estado Rio Grande do Norte tem se mostrado como um local de sismicidade mais elevada se comparado a maior parte do território nacional. Dados obtidos no catálogo histórico divulgado pela Rede Sismográfica Brasileira (RSBR) em 2014 mostraram que cerca de 14,7% dos sismos registrados são no RN, sendo um número bastante expressivo para um território tão pequeno em relação à área do Brasil (o estado representa cerca de 0,6% da área territorial de todo país). O estado só tem menos registros do que o CE, que apresenta 17,11%.

Portanto, se faz cada vez mais necessário antever e preparar-se para esse tipo de evento que, mesmo sendo pouco recorrente, pode ser catastrófico. Dessa forma, é importante que o Brasil esteja munido de ferramentas que sirvam de subsídios para preparar a sociedade e a engenharia com relação a sismos de maior potencial destrutivo.

Uma dessas ferramentas disponíveis ao meio técnico é a ABNT NBR 15421:2006 que “[...] fixa os requisitos exigíveis para verificação da segurança das estruturas usuais da construção civil relativamente às ações de sismos [...]” (ABNT NBR 15421:2006, p. 1). Essa norma técnica prevê um mapa de perigo sísmico (Figura 1) que divide o Brasil em cinco zonas e cada uma delas apresenta diferentes acelerações do solo com 10% de probabilidade de ocorrer em 50 anos, equivalendo a um período de retorno de 475 anos. Esse mapa foi baseado em um levantamento mundial de um projeto global chamado de GSHAP (Figura 2) como pode ser observado pela semelhança entre eles. Porém, novos estudos em todo o Brasil têm proposto mudanças no mapa de perigo sísmico da NBR 15421:2006, pois se observa que este não tem correspondido bem à realidade do país, subestimando a ação sísmica de algumas regiões (ASSUMPÇÃO et al., 2016; NÓBREGA & NÓBREGA, 2016; VASCONCELOS, 2010).

A importância do mapa de acelerações sísmicas, ou um mapa de perigo sísmico para a engenharia de estruturas reside no fato de que este é um dos primeiros parâmetros determinados nos projetos estruturais que levam em conta a ação sísmica, sendo, por isso, essencial para a construção do espectro de projeto de norma, que, por sua vez, é fundamental para a análise sísmica pelo método espectral, que tem sido o método mais utilizado na prática para proceder à análise estrutural nesses casos.

Diante disso, um mapa de perigo sísmico e espectros de resposta, que bem represente a região em estudo é um item absolutamente fundamental para que o projeto das estruturas possa ser conduzido de forma correta e segura. Ambas as ferramentas podem ser construídas a partir de estudos estatísticas por meio da Análise Probabilística de Perigo Sísmico (PSHA).

Metodologia

O primeiro passo foi o levantamento teórico acerca da PSHA. Poucos são os trabalhos nacionais que façam uma abordagem extensiva sobre esse tema, entretanto podem ser citados os autores Almeida (2002), Silva (2009) e Pirchiner (2014) que desenvolveram produtos nesse campo de pesquisa. Todavia, a maioria das referências usadas nesta etapa foi a de livros e artigos internacionais. Budnitz et al. (1997), McGuire (2004), Baker (2013) e Petersen et al. (2018) são alguns dos trabalhos mais relevantes.

De modo geral a PSHA pode ser dividida em quatro passos (Figura 3). O primeiro consiste na identificação das fontes sísmicas a partir de levantamentos histórico, tectônico e geológico. Posteriormente segue-se à determinação da sismicidade de cada fonte, descrita através das leis de recorrência sísmicas com as magnitudes mínimas e máximas. O terceiro passo compreende a escolha da “equação de predição de movimento do solo” (GMPE) que descreva adequadamente o comportamento sísmico da região em análise. Na etapa final é feito a integração das variáveis anteriores calculando-se as probabilidades de excedência (PE) – que é, em si, o perigo sísmico – para diversos valores de acelerações espectrais (AE). O produto final é a curva de PE x AE (Figura 4).

Essas curvas podem ser usadas para construção dos mapas de perigo e dos espectros de perigo uniforme que são duas formas distintas de apresentar a aceleração sísmica de um determinado local. O mapa mostra graficamente a aceleração espectral para cada ponto da região analisada, assim ele é gerado para um período natural único e preestabelecido. Já o espectro é uma representação gráfica da aceleração para um intervalo de períodos naturais, porém são calculados para um único local geográfico. Isto é, o mapa mostra a variação espacial da aceleração, fixado o período; enquanto o espectro de resposta mostra a variação desta mesma variável em relação ao período natural, fixado o local.

Nesta pesquisa, os espectros de resposta foram construídos por dois procedimentos distintos: o primeiro deles consiste em um procedimento “manual” para o cálculo das probabilidades de excedência a partir da determinação das frequências de excedência, usando apenas planilhas para organização de dados e automatização de cálculos. Para isso, seguiu-se a metodologia apresentada no trabalho de Silva (2009). No segundo procedimento, “automático”, é utilizado, para a construção do espectro, o software R-CRISIS 18.4.2, que tem sido usado em diversas aplicações da PSHA (Figura 5).

Para ambos os procedimentos a região de estudo é o Rio Grande do Norte. A fonte sísmica (Figura 6), do tipo área-fonte, foi escolhida de tal forma que envolvesse a maior parte dos sismos do RN mostrados na Figura 7. O local de análise para a geração do espectro de resposta é centro da fonte sísmica (ponto da Figura 8). Além disso, em ambos, foram usados a GMPE de Toro et al. (1997) e a lei de recorrência de Dourado (2014). Para o procedimento manual também foram gerados espectros de resposta com

outras leis de recorrência para o Nordeste que constam nos trabalhos de Almeida (2002) e Marza et al. (S. I.).

Os resultados obtidos pelos dois procedimentos (Figura 9 – procedimento manual e Figura 10 – procedimento automático) são comparados entre eles. Além disso, ambos foram comparados com os espectros de projeto obtidos pela metodologia da NBR 15421:2006. Podendo-se, assim, observar as diferenças dos valores de acelerações espetrais obtidos (Figura 11).

Como uma aplicação útil e inédita nos estudos da engenharia sísmica, os mapas de perigos sísmicos foram construídos para o estado do RN com uso do R-CRISIS 18.4.2 para as probabilidades de excedência de 10% (Figura 12) e 2% (Figura 13) em 50 anos, isto equivale a períodos de retorno de 475 anos e 2475 anos, respectivamente. A GMPE, a lei de recorrência e a fonte sísmica empregadas nesta etapa foram as mesmas utilizadas para os procedimentos da geração de espectros de resposta anteriormente mencionadas.

Posteriormente, com o uso do programa computacional de projeto de estruturas de concreto TQS 21.3, é feito a aplicação dos espectros de respostas obtidos pela metodologia da norma nacional para o valor de aceleração característica do mapa de perigo vigente. Para isso são analisadas duas estruturas modelo – uma de quatro pavimentos (modelo I) e outra de doze (modelo II) – (Figura 14) comparando-se os valores de esforços internos obtidos pela análise sísmica espectral com aqueles oriundos do vento.

Resultados e Discussões

Com respeito à geração dos espectros de resposta puderam-se observar diferenças significativas entre aqueles gerados pelo procedimento “manual” (Figura 9) e pelo procedimento “automático” (Figura 10). Entretanto, pode-se observar na Figura 11 que os valores de aceleração espectral são mais discrepantes em intervalos de período menores que 0.5s. Estas diferenças podem estar ligadas à consideração das incertezas em cada procedimento.

Na Figura 11 pode-se comparar os espectros de resposta de perigo sísmico uniforme obtidos neste trabalho com o espetro da NBR 15421:2006. Observa-se que para menores valores de período natural a maioria dos espectros tiveram valores de aceleração superiores ao espetro de norma em intervalos de menores períodos naturais.

A partir da Figura 12 pode-se notar que o mapa de perigo sísmico com probabilidade de excedência de 10% para o RN gerado nesta pesquisa apresenta valor de aceleração máxima de 0.11g. Este valor é condizente com aqueles apresentados em outros trabalhos como o de Assumpção et al. (2016) e Petersen et al. (2018). Em contrapartida, o mapa vigente da NBR 15421:2006 sugere acelerações para o RN (localizado na zona 1) de 0.05g (Figura 1). Isto indica que os valores de aceleração de do estado podem estar sendo subestimados pela norma.

Além disso, é importante salientar que tem sido tendência nas normas sísmicas internacionais o uso de mapas com 2% de PE em 50 anos (período de retorno de 2.475

anos). Isso tem consequências significativas no valor final da aceleração característica como pode ser observado na Figura 13, em que a aceleração máxima alcançou o valor de 0,33g. Assim, o aumento do valor de aceleração neste último mapa foi cerca de 3 vezes com relação àquele com probabilidade de 10%.

Por se tratar de menores probabilidades de excedência é evidente que as acelerações resultarão maiores. Entretanto, para estruturas de grande importância, tais como prédios de instituições públicas (hospitais, departamentos de polícia, corpo de bombeiro, entre outros), barragens e outros tipos semelhantes, em que é necessário maior segurança estrutural, deve-se haver a consideração de uma ameaça (perigo) sísmica mais elevada.

Na última etapa da pesquisa correspondente à análise estrutural pelo método do espectro de resposta, pode-se observar (Tabela 1 e Tabela 2) que os esforços gerados pelos sismos no modelo I são muito maiores que os devidos ao vento, pois este é uma estrutura baixa e, por isso, o vento exerce pouca influência sobre a edificação resultando em esforços mais baixos.

Já na estrutura no modelo II, nota-se que os esforços gerados pelos sismos ainda são maiores que os esforços devidos ao vento (Tabela 3 e Tabela 4), porém o vento passa a ter maior influência no modelo II se comparado em relação ao modelo I. Também, na primeira estrutura poderia ter sido considerada a ação de desaprumo global, que provavelmente seria superior ao vento, mas foi propositalmente desconsiderada.

Confrontando as diferenças percentuais médias obtidas dos esforços de sismos entre as duas estruturas com as diferenças percentuais médias dos esforços de vento, pode-se notar que o vento tem uma maior variação relativa do modelo I para o modelo II do que o sismo (Tabela 5 – resultados do modelo II em relação ao modelo I). Se essa tendência continuar a ocorrer, poder-se-ia concluir que, na medida em que há o aumento da altura, o vento passa a ser uma ação mais relevante do que a do sismo. Entretanto, deve-se reconhecer que as análises feitas nesse trabalho foram poucas para se chegar a essa conclusão, pois a comparação direta entre sismo e vento não é algo que deve ser feito diretamente. Além disso, outros fatores que influenciam nos esforços devidos ao sismo, não foram levados em consideração, tais como a mudança da geometria da estrutura, por exemplo.

Conclusão

Diante de tudo o que foi exposto anteriormente, conclui-se que a presente discussão levantada neste trabalho é atual e de grande relevância, uma vez que a norma NBR 15421 – Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos – Procedimento, deverá ser revisada, especialmente pelas críticas feitas ao seu mapa de acelerações características, que não representa adequadamente a realidade brasileira.

Isto também foi mostrado, ainda que necessite de maior aprofundamento, pelas análises realizadas nesta pesquisa, na qual os mapas de perigo sísmico gerados para a região de análise (o estado do RN) se apresentaram com valores de aceleração maiores que os valores do mapa da norma. Assim, afirma-se neste ponto a importância da revisão da NBR 15421:2006, principalmente no que diz respeito a esse mapa.

Quanto à geração de espectros de resposta para o RN, foram realizados dois procedimentos distintos. Assim, puderam-se notar diferenças consideráveis nos resultados obtidos por cada um. Entretanto, mesmo apesar das diferenças, os valores de acelerações espectrais resultaram maiores que o espectro obtido pela NBR 15421:2006 para menores valores de período natural.

Nesse contexto, destaca-se, também, a importância da seleção/construção adequada das equações de recorrência e movimento do solo (GMPE). Caso haja incorreções em uma dessas duas etapas a análise pode resultar em respostas equivocadas com valores de acelerações (ou outro parâmetro) não condizentes com a realidade da região. A consequência disso será ou a superestimativa ou a subestimativa da ação sísmica considerada na análise estrutural, pois este é o primeiro parâmetro definido em um projeto de estruturas submetidas a esse tipo de solicitação.

Na aplicação dos conceitos expostos foi realizada a análise sísmica espectral de duas estruturas modelo. Notou-se que, em ambas, as ações devidas ao sismo foram maiores que as devidas aos casos de vento e, diante disso, conclui-se afirmando a importância da consideração da ação sísmica para as estruturas mesmo diante da confortável situação do Brasil devido a sua baixa sismicidade.

É importante salientar que os resultados provenientes desta pesquisa já renderam um artigo aprovado no Congresso Brasileiro do Concreto 2019, outro artigo submetido no XL Ibero-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering (CILAMCE 2019) (Figura 15) e, por último, um Trabalho de Conclusão de Curso de Souza (2019) publicado na Biblioteca Digital de Monografias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Figura 16).

Referências

ALMEIDA, Andréia Abreu Diniz de. **Análise Probabilística de Segurança Sísmica de Sistemas e Componentes Estruturais**. 2002. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 26 p.

ASSUMPÇÃO, Marcelo; PIRCHINER, Marlon; DOURADO, João Carlos; BARROS, Lucas Vieira. Terremotos no Brasil: Preparando-se para Eventos Raros. **Boletim SBGf**. Rio de Janeiro, p. 25-29. mar. 2016. Disponível em: <https://sbgf.org.br/noticias/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BAKER, Jack W. (2013). **Probabilistic Seismic Hazard Analysis**. White Paper Version 2.0.1, 79 pp. Disponível em: <[https://web.stanford.edu/~bakerjw/Publications/Baker_\(2013\)_Intro_to_PSHA_v2.pdf](https://web.stanford.edu/~bakerjw/Publications/Baker_(2013)_Intro_to_PSHA_v2.pdf)>.

BUDNITZ, R. J.; APOSTOLAKIS, G.; COPPERSMITH, K.; MORRIS, Peter A. **Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use for Experts**. Livermore: Lawrence Livermore National Laboratory, 1997. 185 p. Disponível em: <<https://www.nrc.gov/docs/ML0800/ML080090003.pdf>>.

DOURADO, J. C. Mapa de Ameaça Sísmica do Brasil. Em **Congresso Brasileiro de Geologia.** 2014. Disponível em: <<http://www.47cbg.com.br/apresentacoes/PAP015043.pdf>>.

MARZA, V. I.; BARROS, L. V.; CHIMPLIGANOND, C. N.; CAIXETA D. F. **Breve Caracterização da Sismicidade do Ceará.** Observatório Sismológico, Universidade de Brasília, Brasília, S. I. 5 p.

MCGUIRE, Robin K. **Seismic Hazard and Risk Analysis.** Boulder: Earthquake Engineering Research Institute, 2004. 221 p.

NÓBREGA, Petrus G. B. da; NÓBREGA, Selma H. S. da. Perigo sísmico no brasil e a responsabilidade da engenharia de estruturas. **HOLOS**, Natal, v. 4, n. 32, p.162-175, jul. 2018. DOI: 10.15628/holos.2016.4703. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4703>>. Acesso em: 16 set. 2018.

PETERSEN, Mark D.; HARMSEN, Stephen C.; JAISWAL, Kishor S.; RUKSTALES, Kenneth S.; LUCCO, Nicolas; HALLER, Kathleen M.; MUELLER, Charles S.; SHUMWAY, Allison M. Seismic Hazard, Risk, and Design for South America. **Bulletin of the Seismological Society of America**, [S.I.], v. 108, n. 2, p.781-800, jan. 2018a. DOI: 10.1785/0120170002.

PIRCHINER, Marlon. **Técnicas de suavização aplicadas à caracterização de fontes sísmicas e à análise probabilística de ameaça sísmica.** 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Modelagem Matemática da Informação, Escola de Matemática Aplicada, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

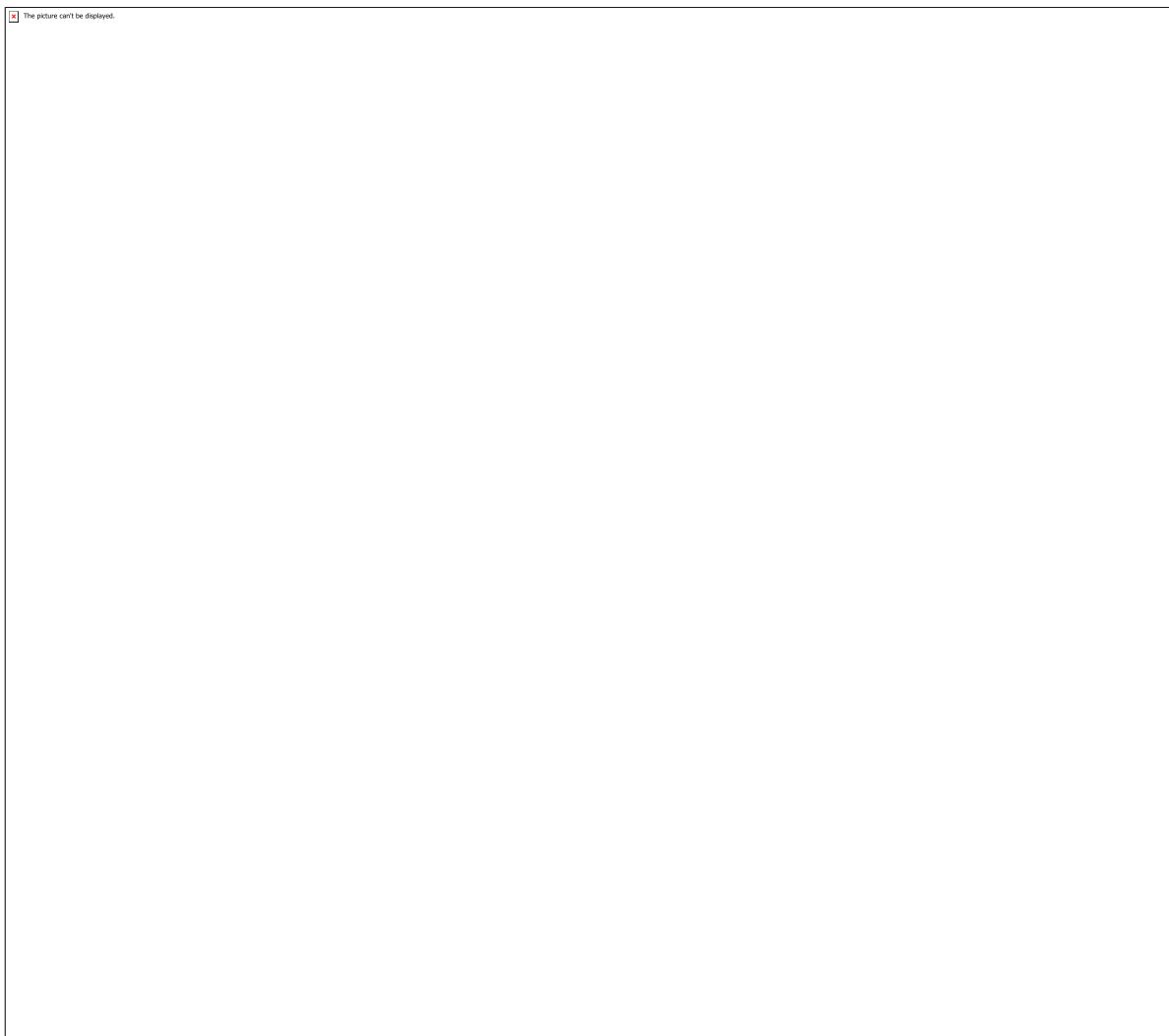
SILVA, Fernanda Cristina Moreira da. **Avaliação do Risco Sísmico nas Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil.** 2009. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA, Bruno Rammon Silva. **Projeto de estruturas submetidas a sismo: geração de espectros de respostas e mapas de perigo sísmico.** 2019. 126 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

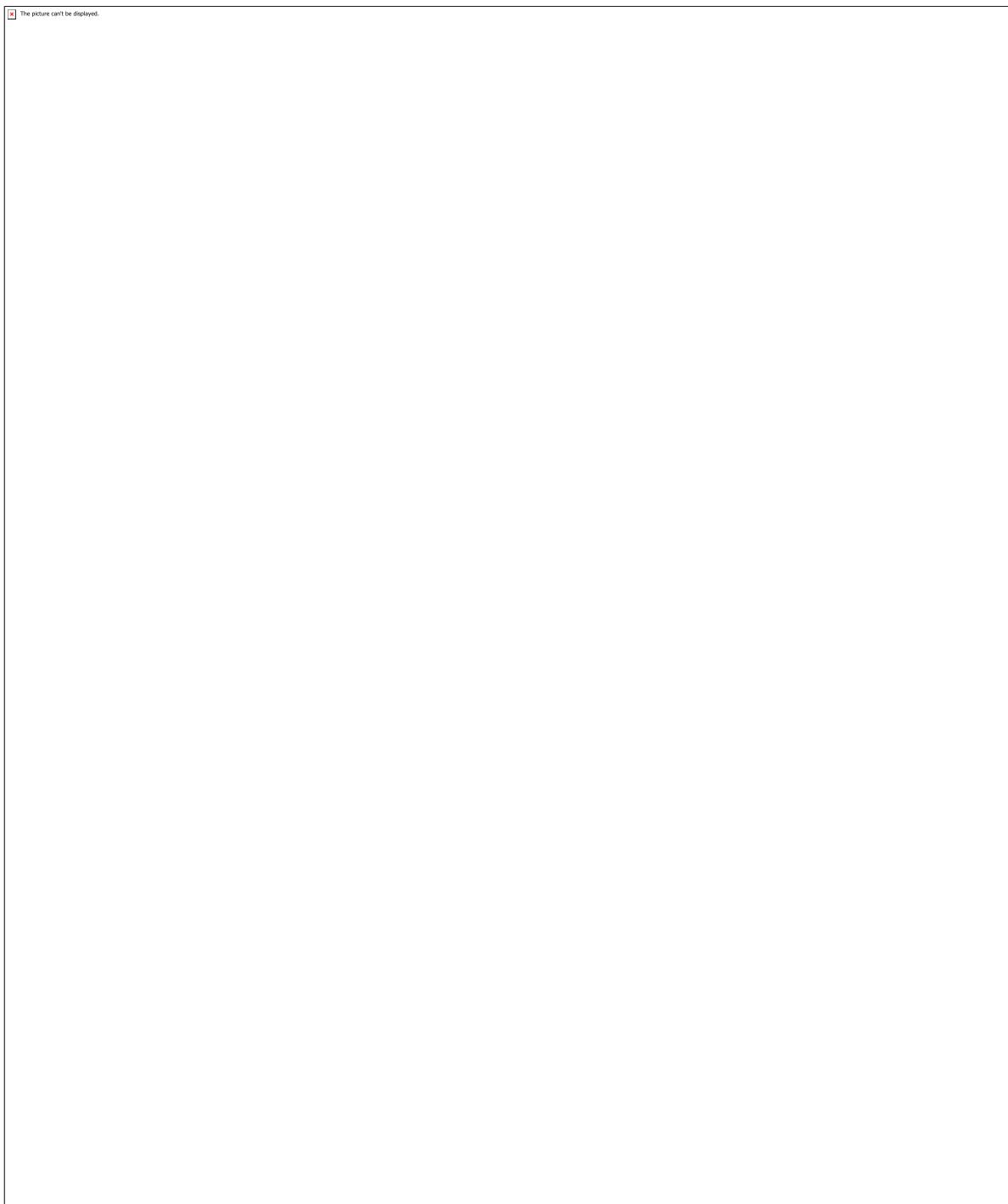
TORO, Gabriel R.; ABRAHAMSON, Norman A.; SCHNEIDER, John F. Model of Strong Ground Motions from Earthquakes in Central and Eastern North America: Best Estimates and Uncertainties. **Seismological Research Letters**, [S. I.], v. 68, n. 1, p.41-57, jan. 1997.

VASCONCELOS, Afonso. Risco Sísmico no Brasil: e seu impacto sobre grandes obras. **Jornal do Instituto de Engenharia.** São Paulo, p. 7-7. abr. 2010. Disponível em: <<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/wp-content/uploads/2018/02/arqjornalie40.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.

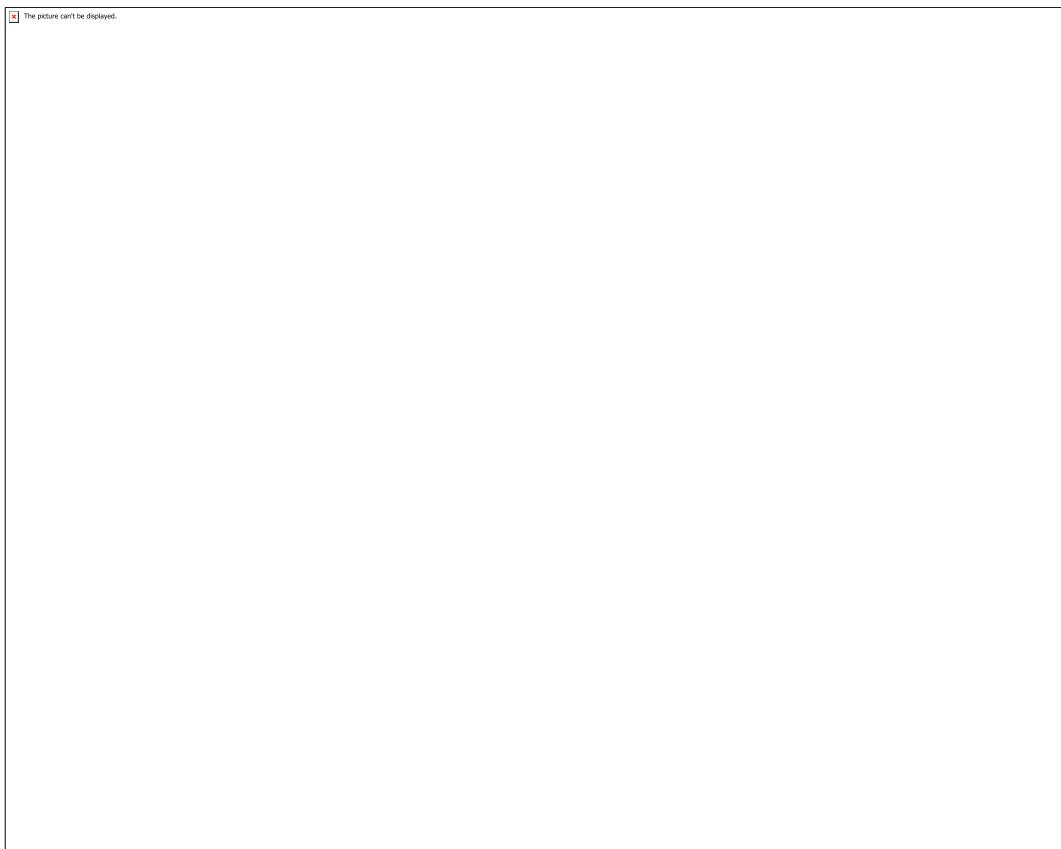
Anexos



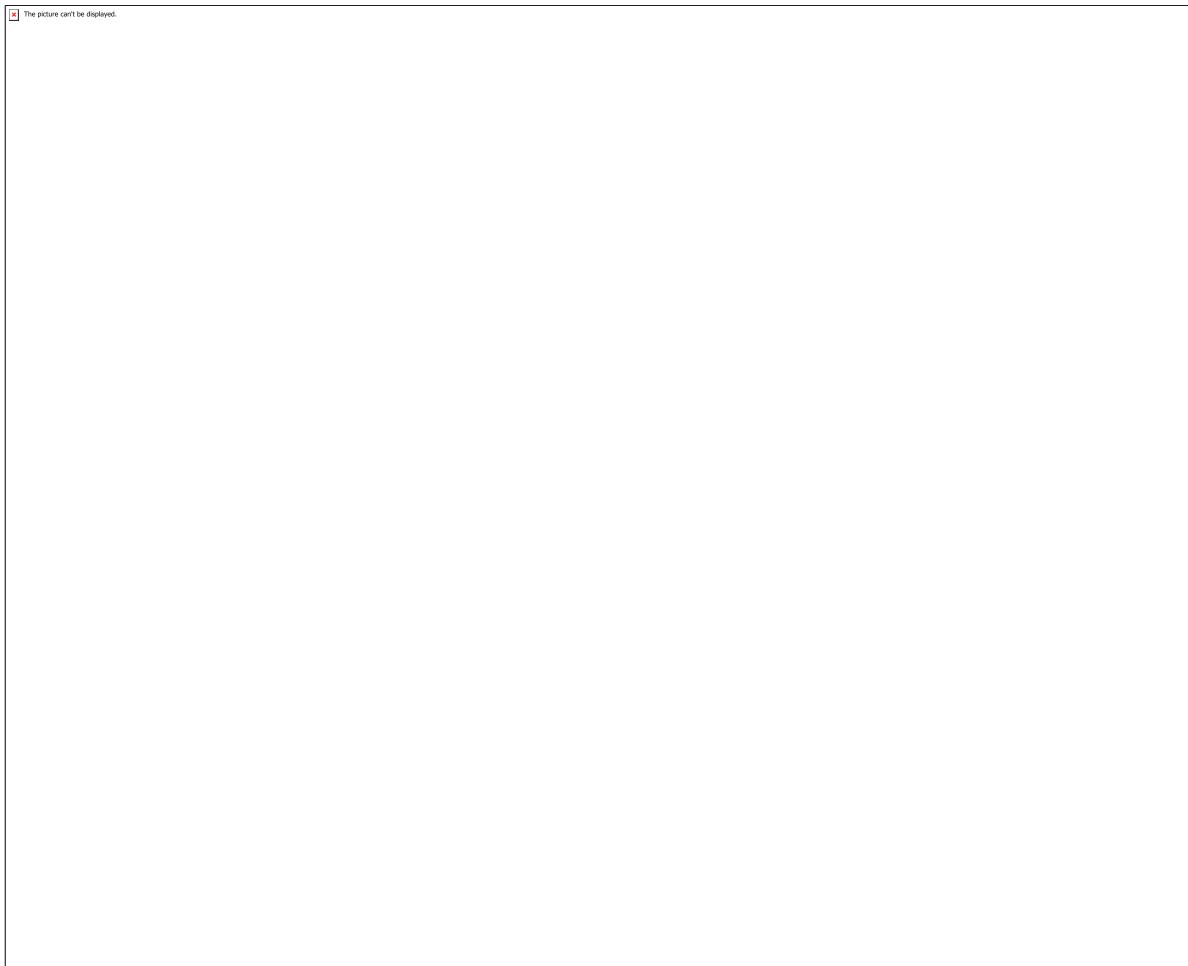
Mapa de acelerações horizontais da NBR 15421:2006



Recorte do mapa mundial do projeto GSHAP



Etapas da análise probabilística de perigo sísmico



Exemplo de curva de aceleração espectral versus taxa anual de excedência

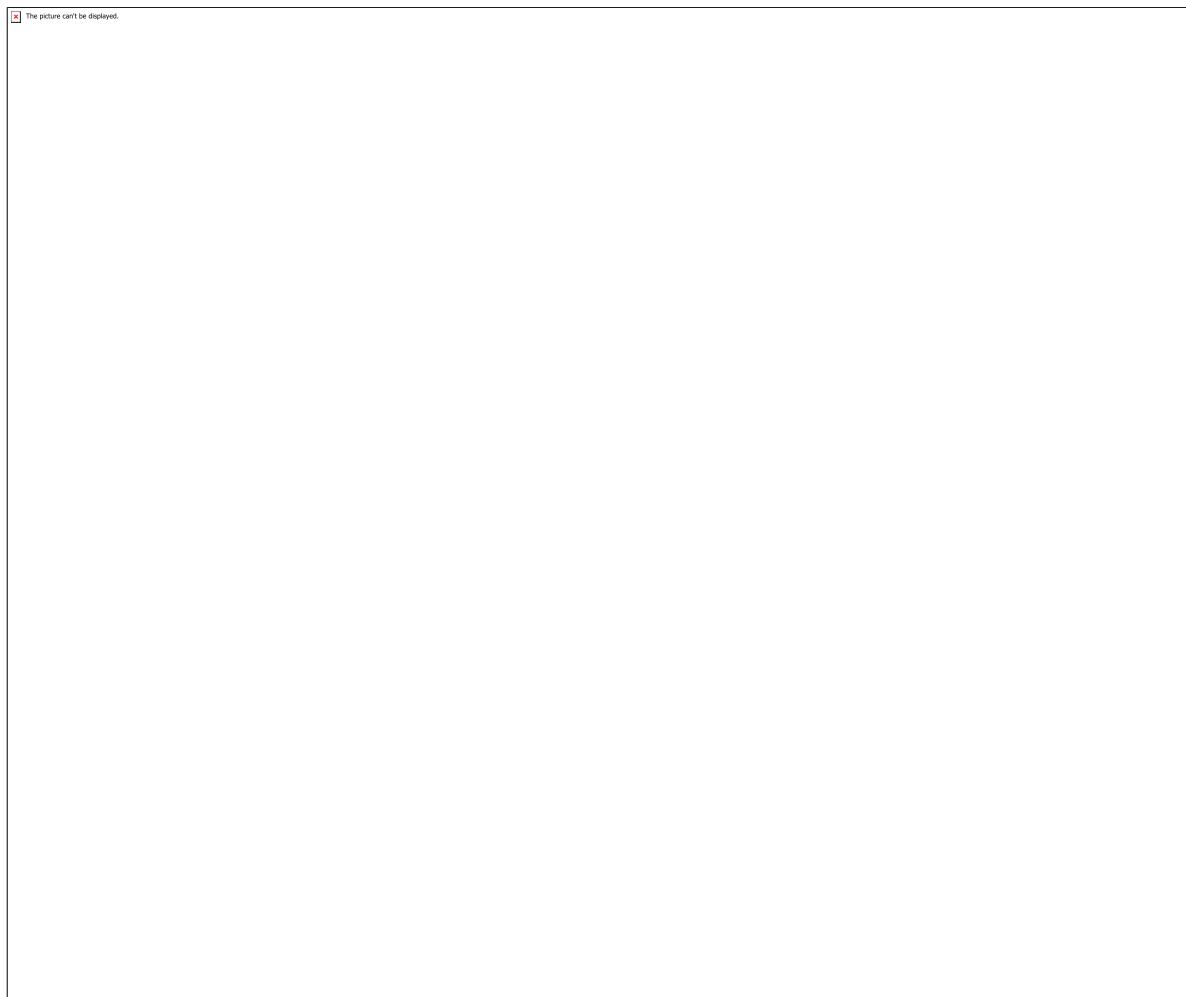


Figura 5 - Tela de opções do R-CRISIS Ver. 18.4.2

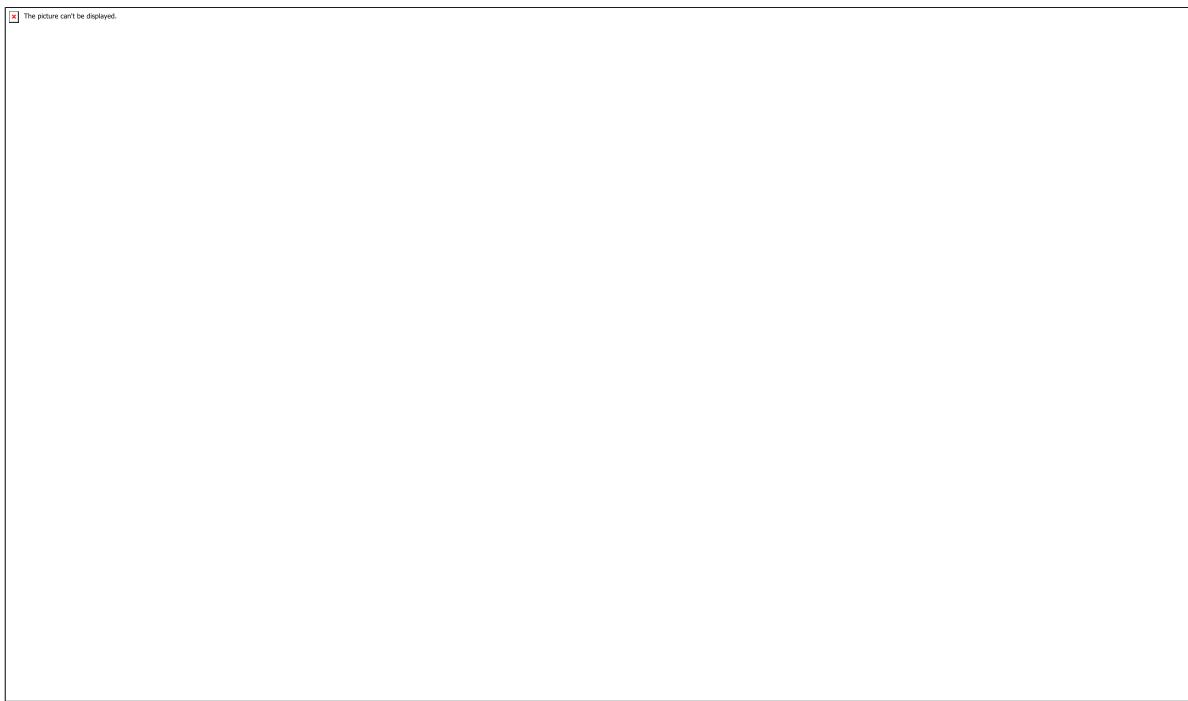


Fig 6 - Área-Fonte sísmica

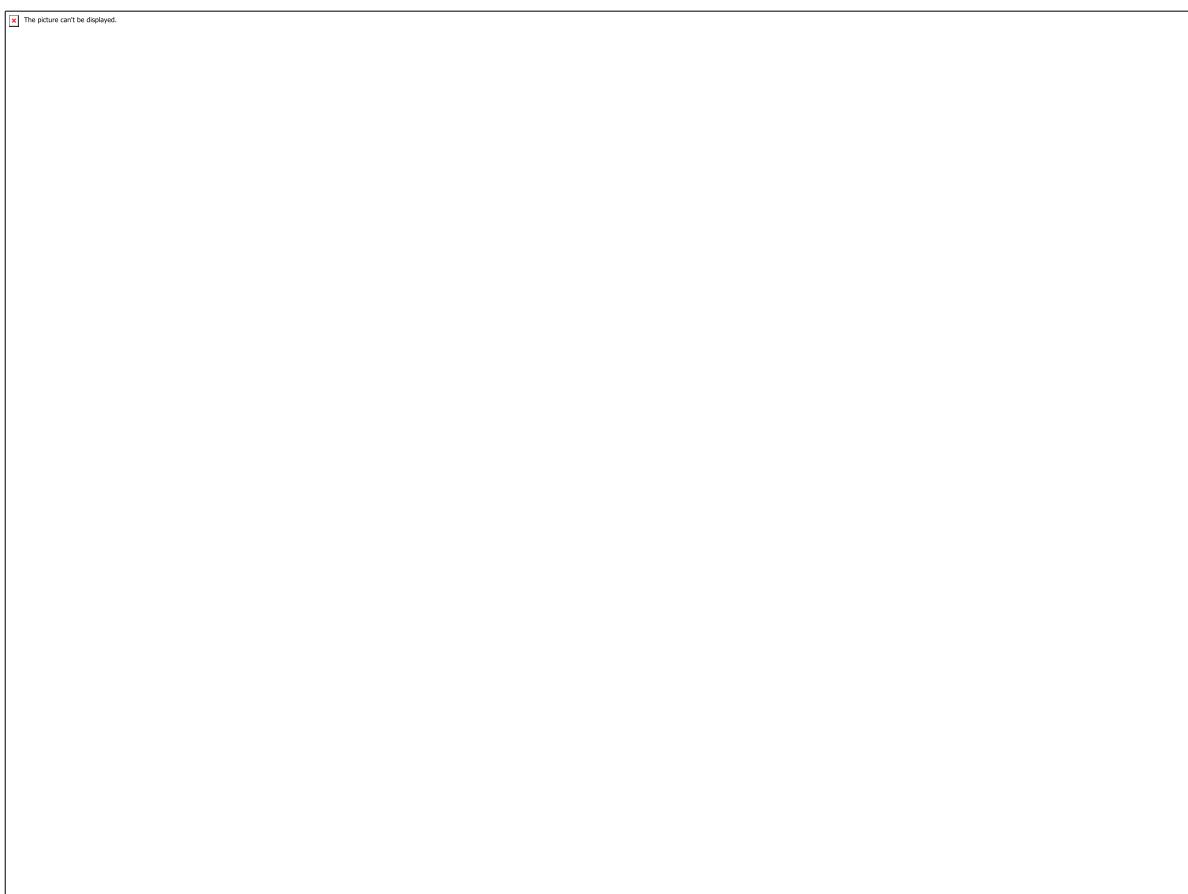


Figura 7 - Distribuição de sismos no RN

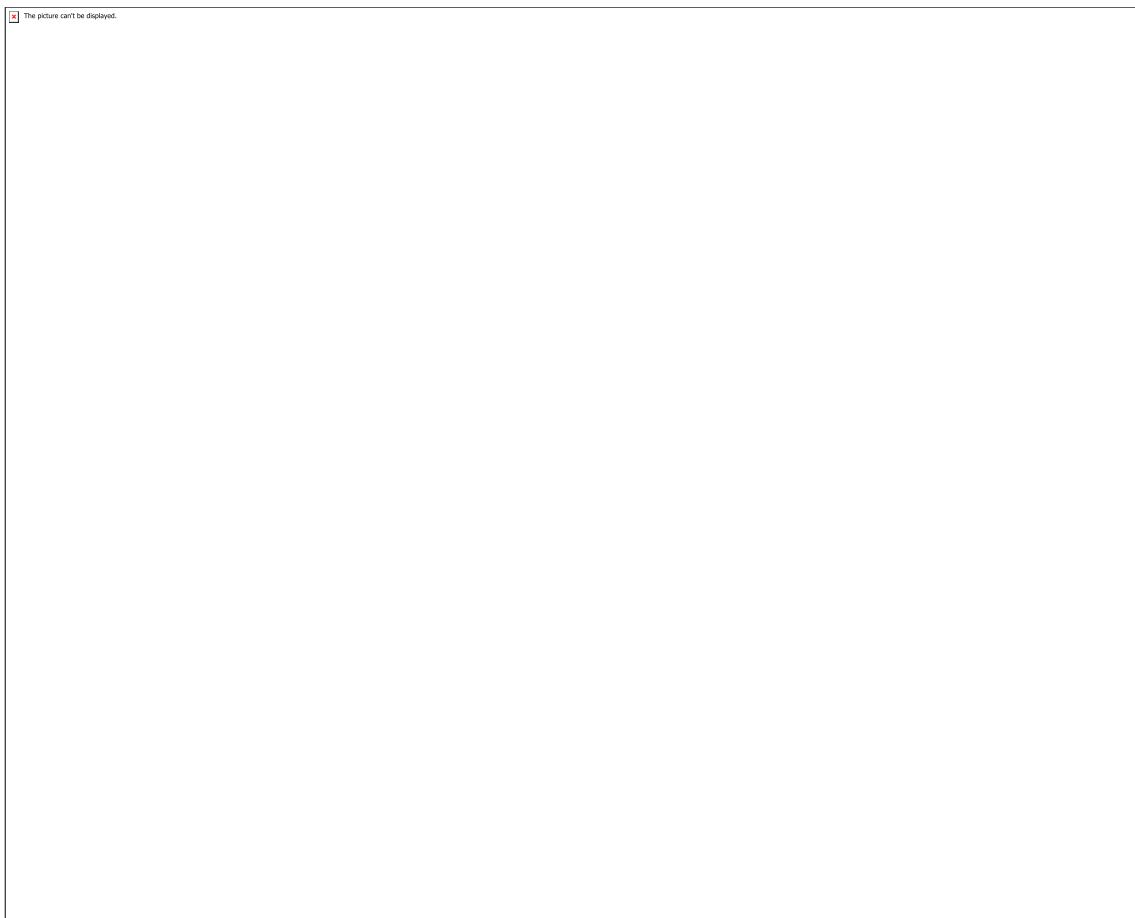


Figura 8 - Local de análise

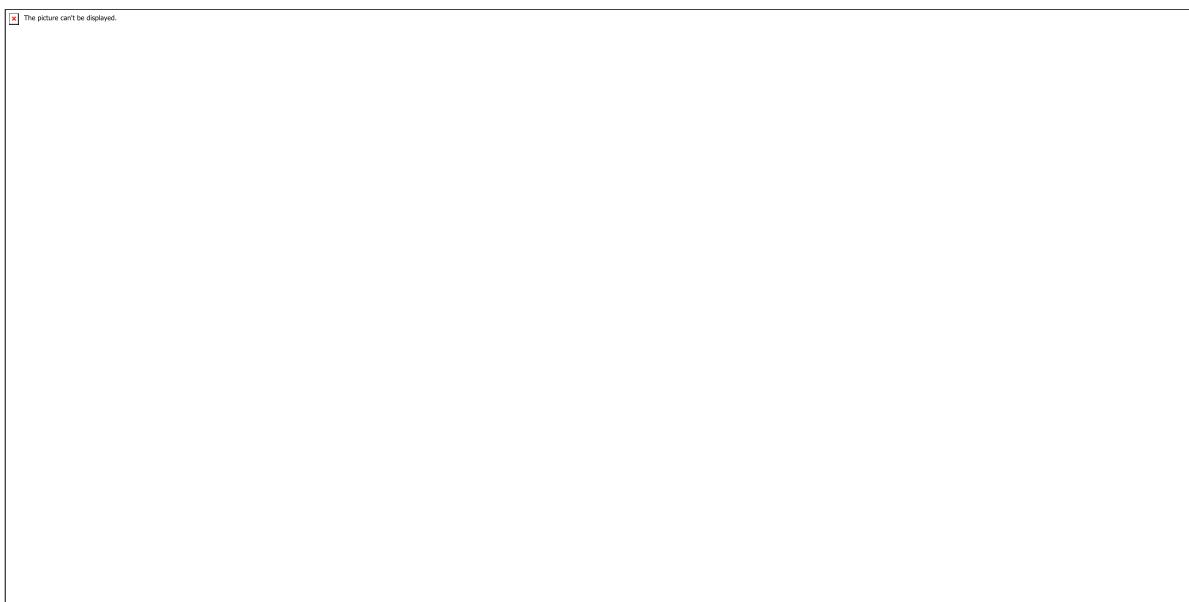


Figura 9 - espectros gerados pelo procedimento manual

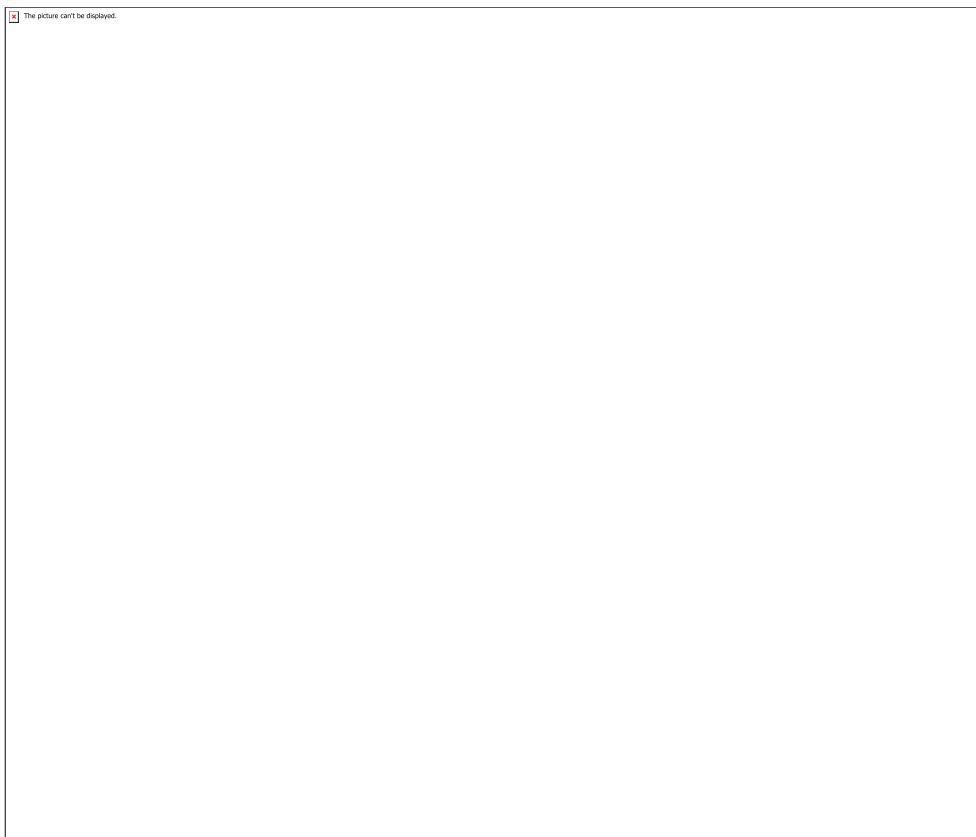


Figura 10 - espectro gerado pelo procedimento automático

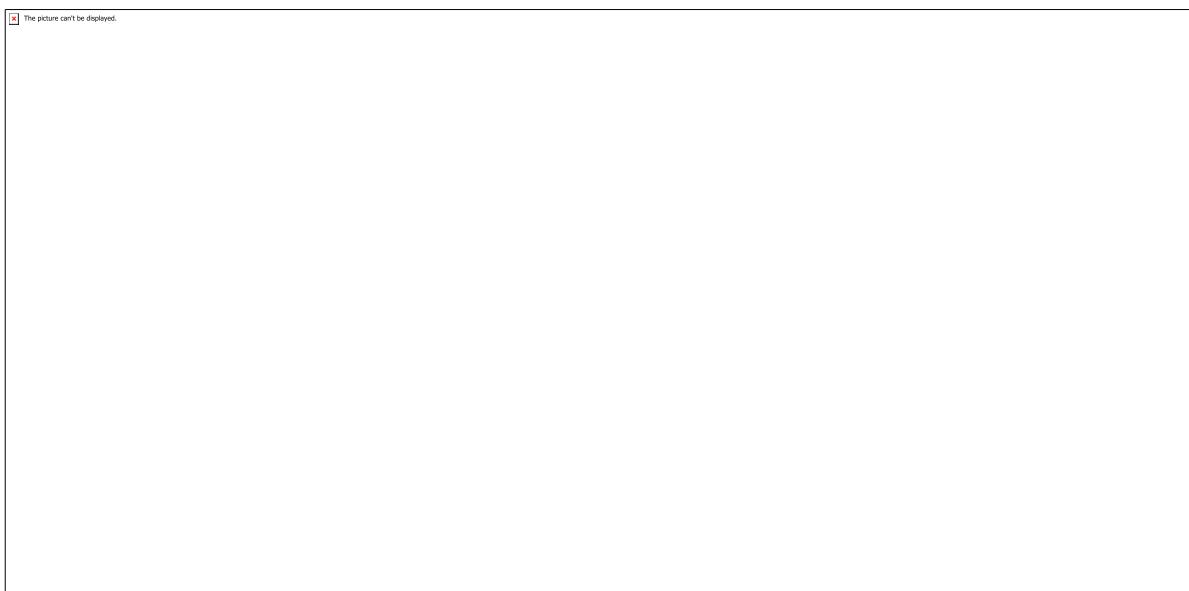


Figura 11 - comparação dos espectros

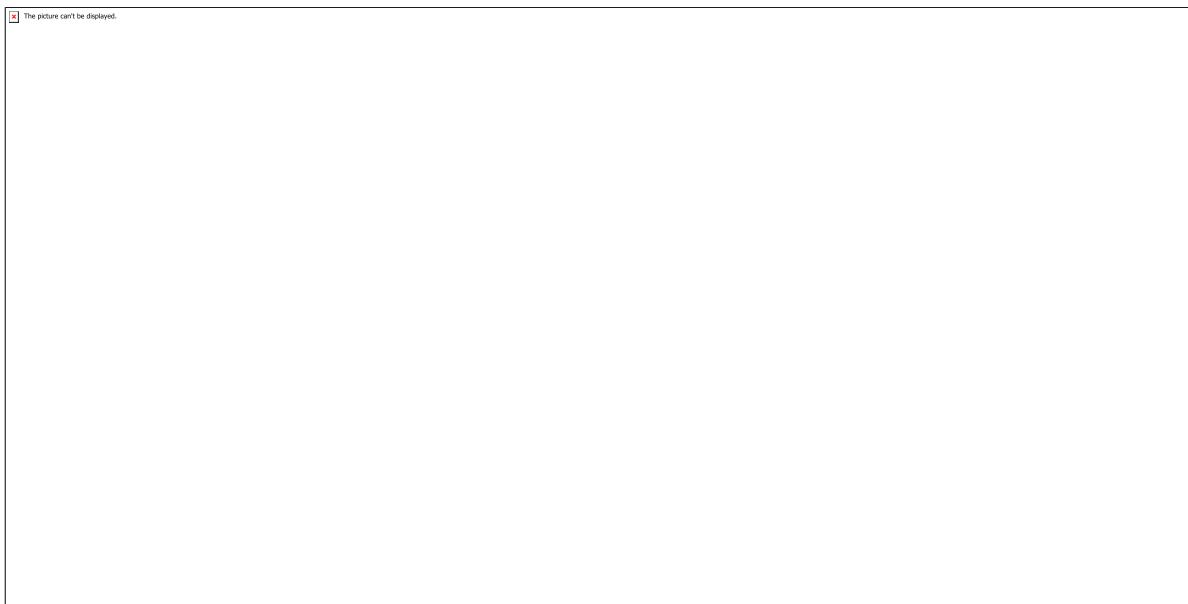


Figura 12 - Mapa de perigo sísmico gerado para o RN com GMPE de Toro et al. (1997).
PE 10% em 50 anos

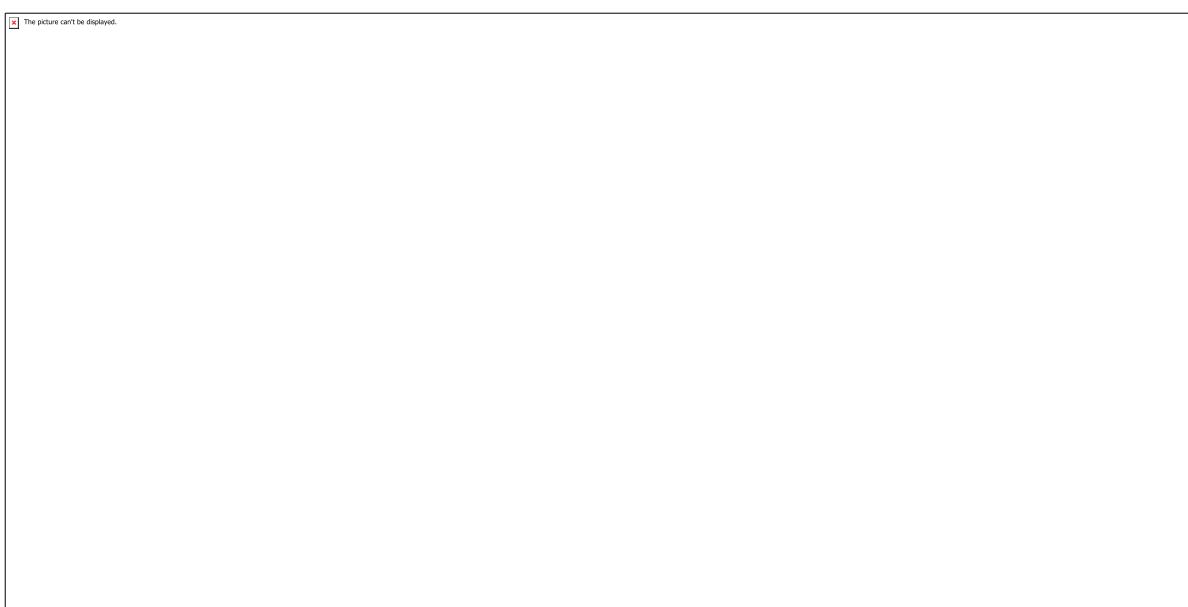


Figura 13 - Mapa de perigo sísmico gerado para o RN com GMPE de Toro et al. (1997).
PE 2% em 50 anos

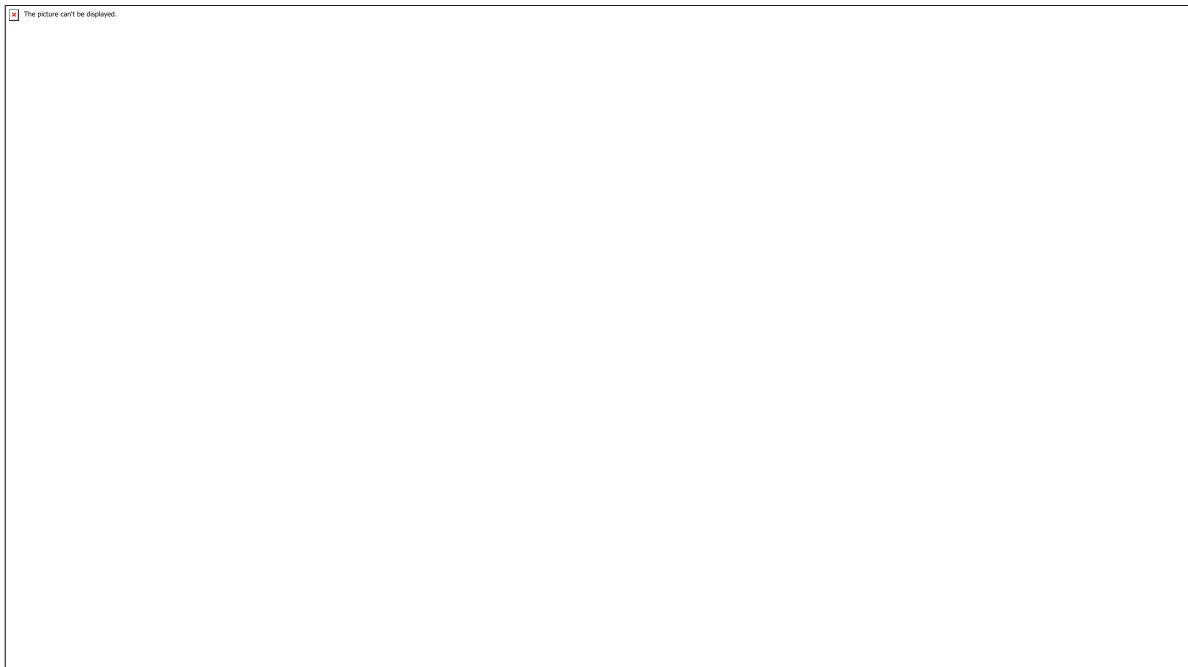


Figura 14 - estruturas modelo

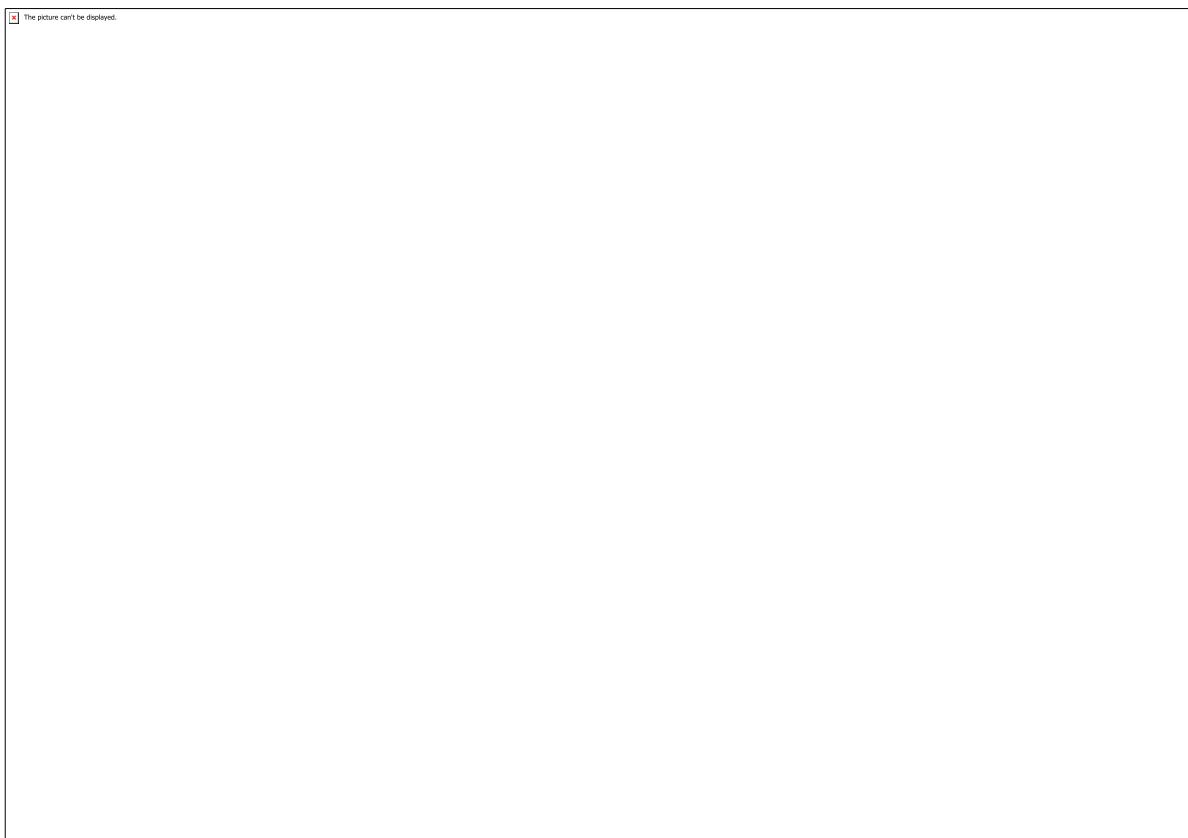


Figura 15 - artigos publicados

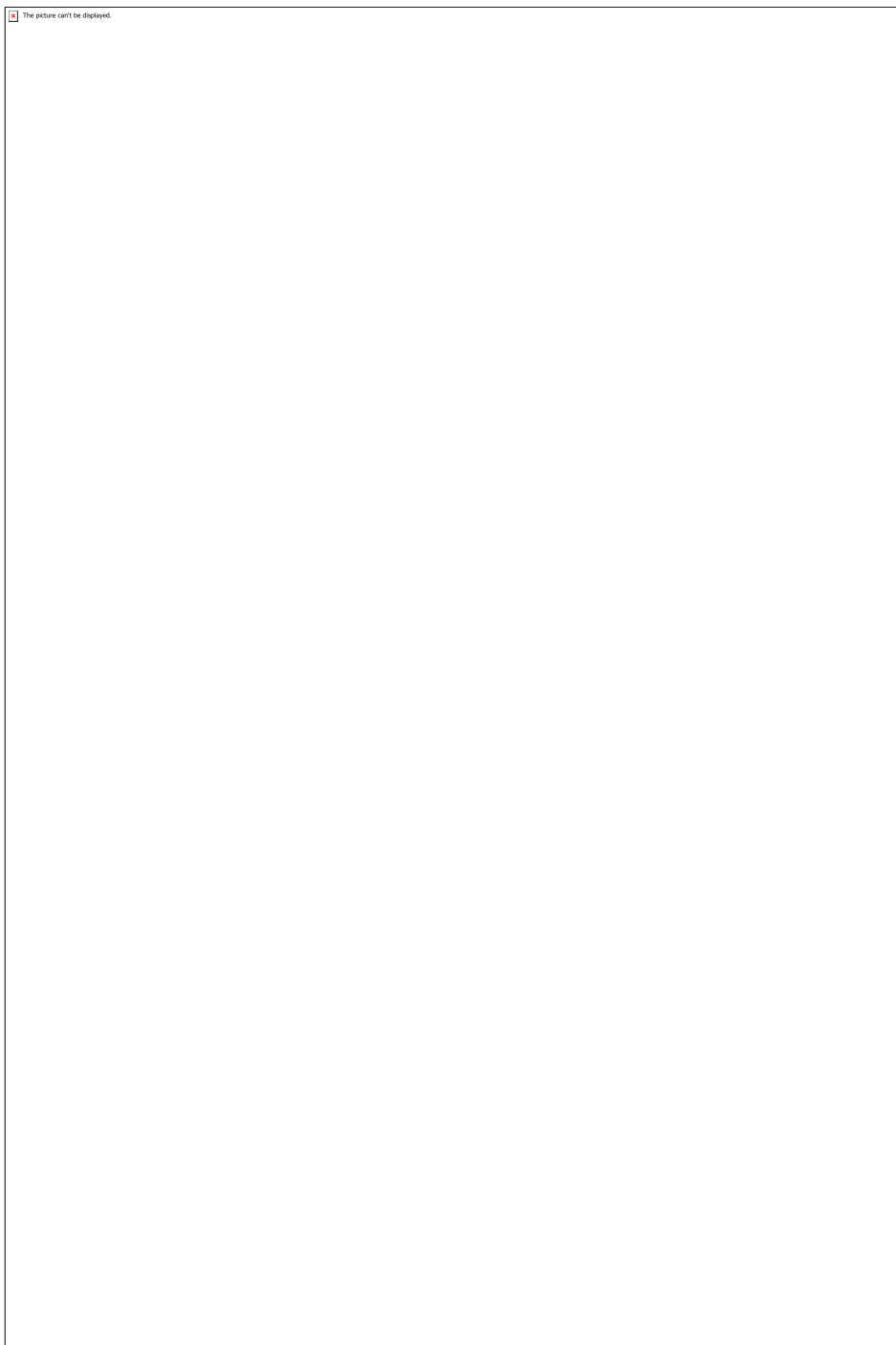


Figura 16 - TCC publicado

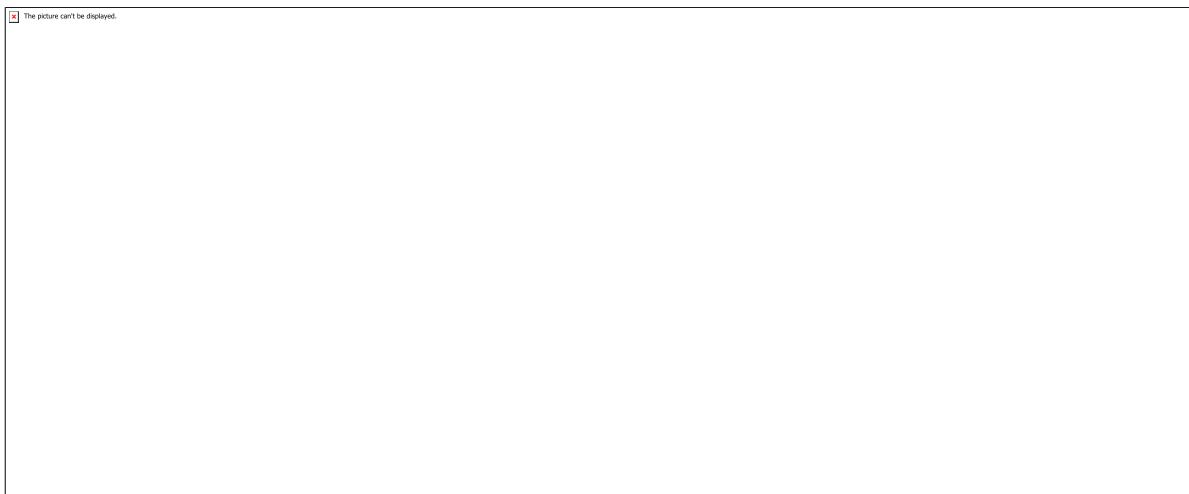


Tabela 1 - esforços dos pilares no modelo I

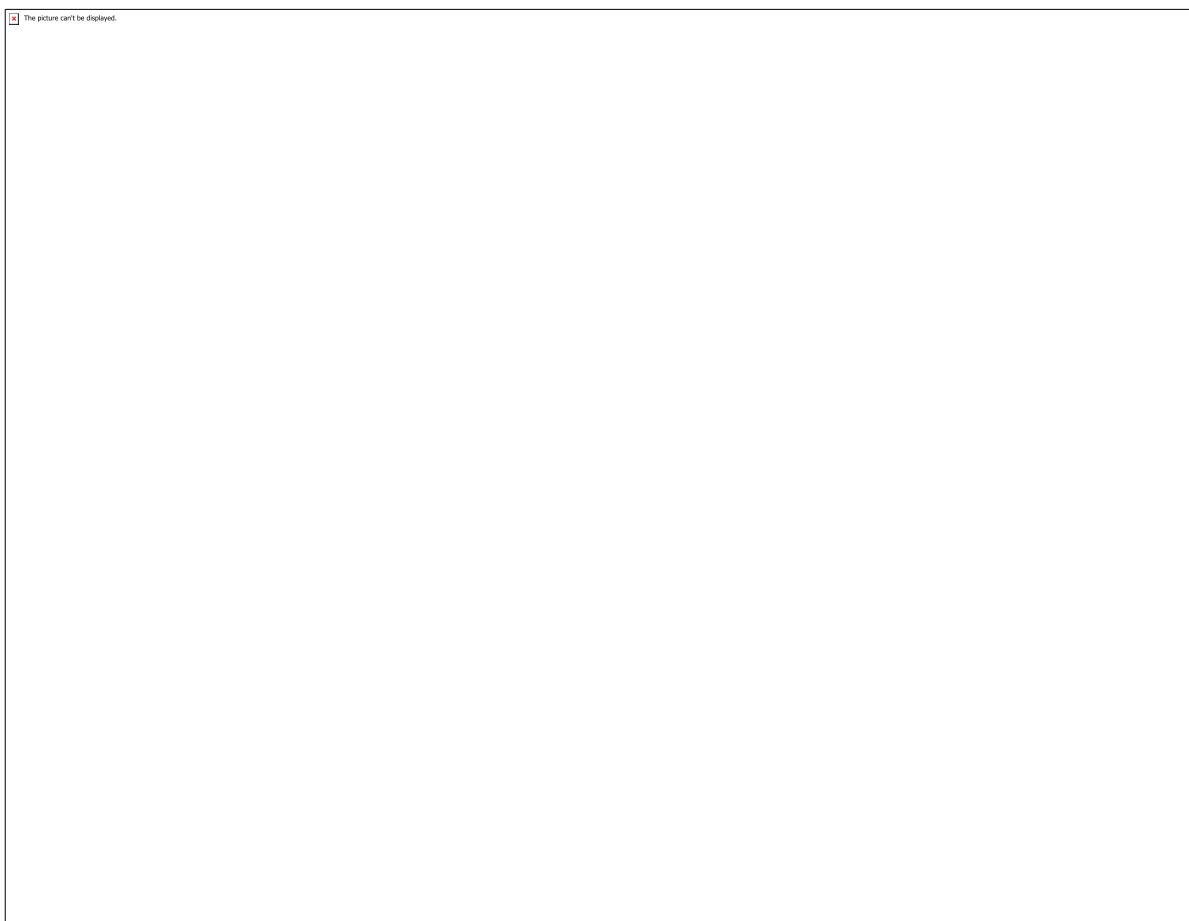


Tabela 2 - esforços das vigas no modelo I

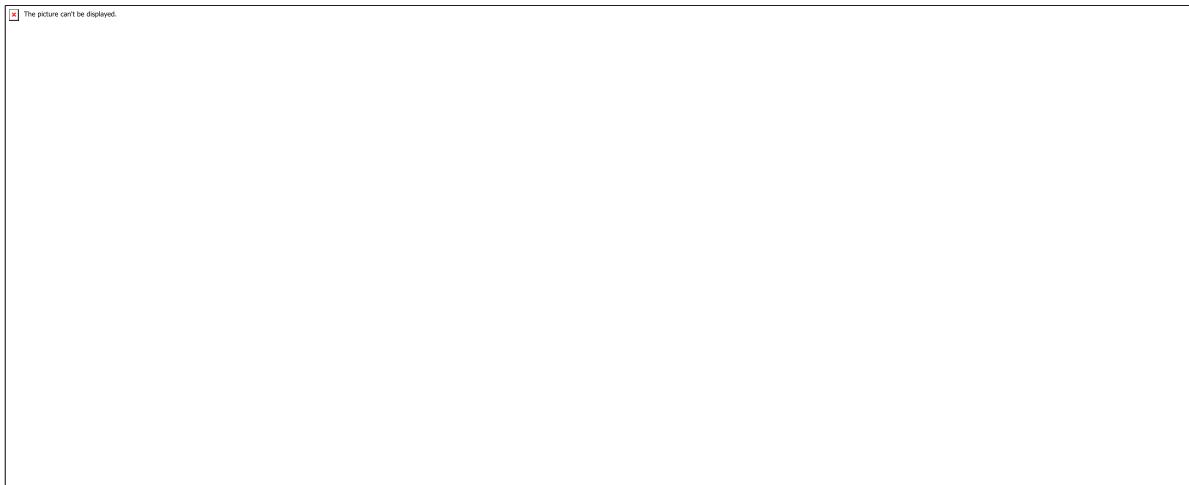


Tabela 3 - esforços dos pilares no modelo II

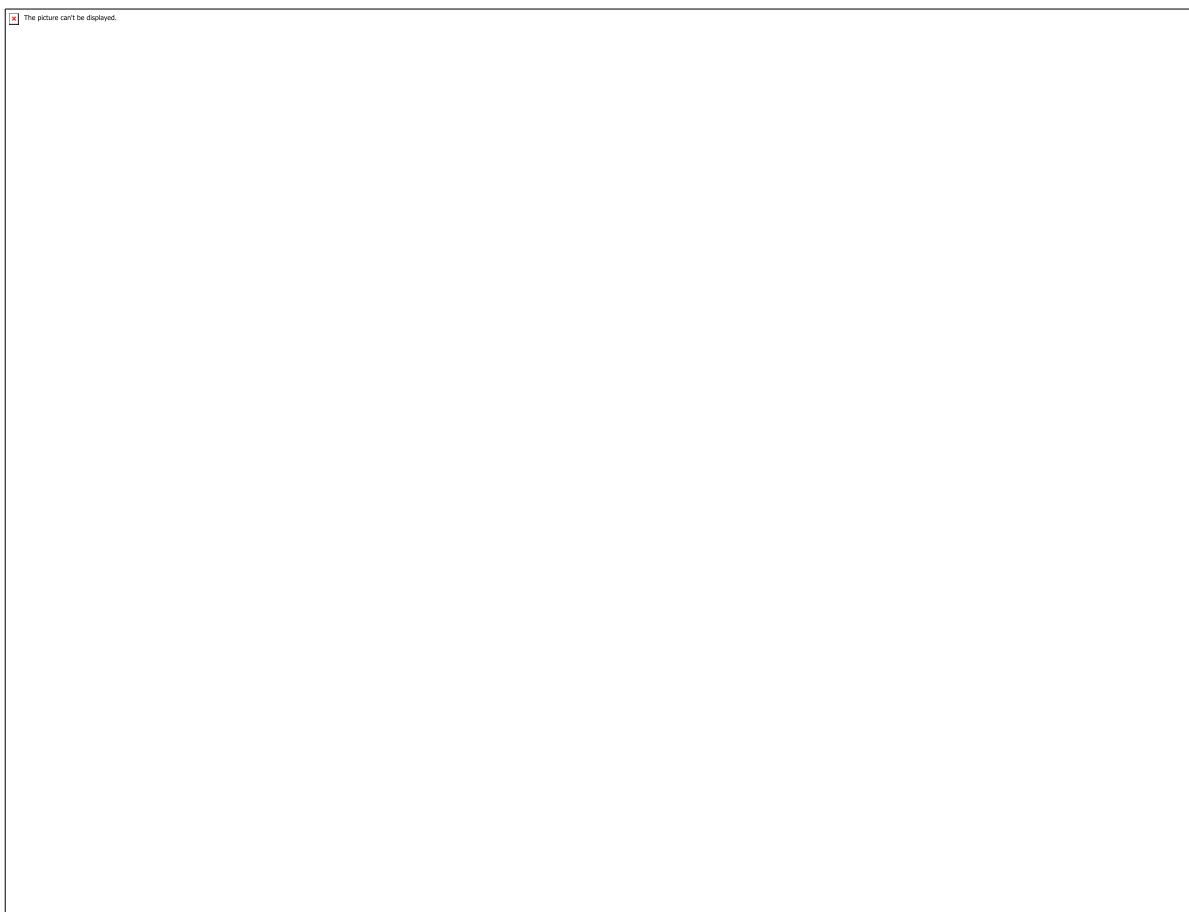


Tabela 4 - esforços das vigas no modelo II

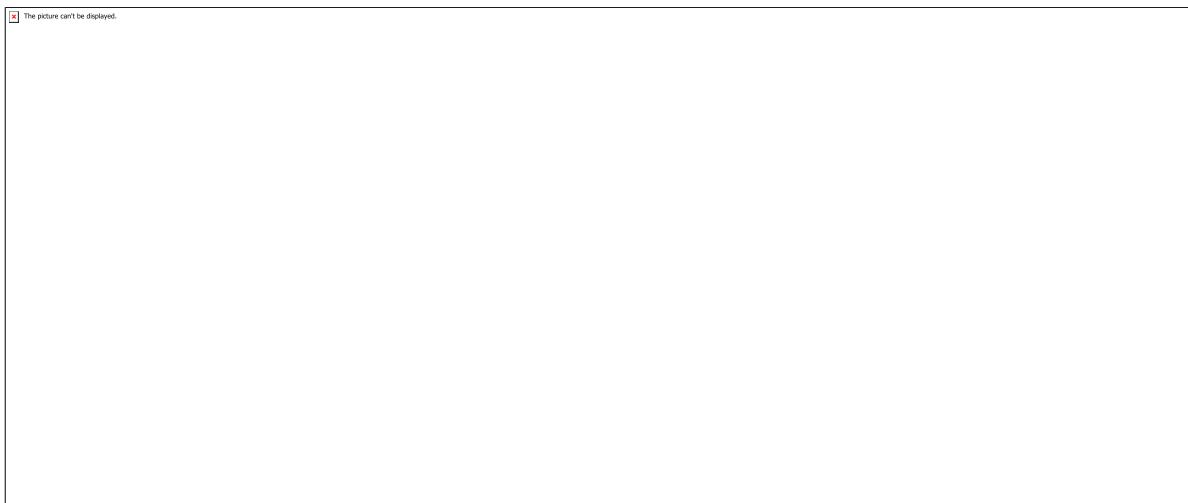


Tabela 5 - diferenças percentuais entre os modelos I e II

CÓDIGO: ET0868

AUTOR: TEREZA BEATRIZ OLIVEIRA ASSUNÇÃO

COAUTOR: FELIPE FERNANDES NETO

COAUTOR: FLÁVIA BEATRIZ CAVALCANTE SOUZA

COAUTOR: GIOVANNA MEDEIROS CAMILO

ORIENTADOR: CUSTODIO LEOPOLDINO DE BRITO GUERRA NETO

TÍTULO: Moldagem 3D das arcadas dentárias

Resumo

A moldagem odontológica é uma técnica muito utilizada na odontologia, porém, é um procedimento que causa desconforto aos pacientes. Na busca por novos métodos para substituir a moldagem surgiu uma alternativa, os sistemas digitais de moldagem e escaneamento. Entretanto os dispositivos, disponíveis atualmente no mercado, com essa tecnologia possuem um alto custo de obtenção, sendo assim, esse projeto visa criar um equipamento que possa substituir a moldagem a um preço mais acessível. Para isso, o projeto iniciou-se com uma revisão bibliográfica, para avaliar diferentes métodos de escaneamentos, e o desenvolvimento de um protótipo de scanner de sólidos. Como resultado dos escaneamentos realizados com o protótipo, foram identificados alguns parâmetros do escaneamento que devem ser levados em consideração no desenvolvimento dos próximos protótipos.

Palavras-chave: Escaneamento 3D, Moldagem odontológica, Scanner intra-oral

TITLE: 3D impression of dental arch

Abstract

Dental impression is a technique widely used in dentistry, but it is a procedure that causes discomfort to patients. In the search for new methods to replace it, came an alternative, digital molding and scanning systems. However, the devices currently available in the market with this technology have a high cost of purchase, so this project aims to create an equipment that can replace dental impression at a more affordable price. To this end, the project began with a literature review to evaluate different scanning methods and the development of a solids scanner prototype. As a result of the prototype scans, some scanning parameters were identified that should be taken into account in the development of the next prototypes.

Keywords: 3D Scanning, Dental Impression, Intraoral Scanner

Introdução

Uma técnica muito utilizada na prática da odontologia é a moldagem das arcadas dentárias, esta é importante para que o dentista obtenha uma réplica da boca do paciente e seja capaz planejar o caso sem que o paciente esteja presente (OLIVEIRA, 2018). Entretanto, a pressão aplicada e a quantidade de material aplicados durante o

procedimento da moldagem podem causar um escoamento do material para a garganta do paciente, o que causa desconforto e, às vezes, regurgitamento (VEIGA, 2018). Há um busca constante por novos métodos e técnicas que possam atingir uma representação ideal da boca do paciente (OLIVEIRA, 2012). Nos anos 80 surgiu uma alternativa para esse procedimento, os sistemas digitais de moldagem e escaneamento, que vem evoluindo ao passar dos anos (UEDA, 2015).

Considerando a boa precisão dos modelos e o conforto oferecido ao paciente com a substituição da moldagem tradicional, pode-se dizer que o uso do escaneamento na odontologia é benéfico. Porém, os dispositivos disponíveis no mercado que possuem essa tecnologia, atualmente, possuem um alto custo de obtenção, inviabilizando o seu uso (ZAVANELLI, 2016). Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo construir um protótipo de scanner 3D para modelagem de arcadas dentárias que possua um menor custo de obtenção do que os dispositivos já existentes no mercado, tornando-o mais acessível.

Metodologia

Para construção de um protótipo de scanner 3D para modelagem de sólidos foram seguidas as seguintes etapas: A primeira etapa deste trabalho foi uma revisão bibliográfica. Os artigos foram pesquisados nas bases de dados Science direct e ResearchGate, e as palavras chave utilizadas foram as seguintes, moldagens odontológicas, escaneamento 3D e scanners intra-orais. Foram encontrados 45 artigos de interesse dos últimos 9 anos. Com base na revisão, chegou-se a conclusão de que o método de escaneamento mais indicado para a aplicação desse trabalho seria por meio de um laser de linha associado a uma câmera. A segunda etapa foi a criação do protótipo, um scanner de sólidos composto por uma câmera de 12 megapixels e um laser de linha, que possui comprimento de onda de 650 nm e potência de saída de 5 mW, ambos fixos à um suporte, enquanto o objeto escaneado permanece em uma plataforma giratória. A terceira etapa se deu pela calibração do equipamento, fazendo o posicionamento dos dispositivos envolvidos visando minimizar erros sistemáticos. Nessa etapa o laser foi posicionado a 35 graus em relação à câmera e a base foi ajustada até que não houvessem deformações no feixe. Para a realização da quarta etapa, a aquisição das imagens, foram selecionados 3 objetos, ambos eram taças, porém, de diferentes materiais para analisar como cada um seria escaneado. Além disso, os escaneamentos foram feitos variando os parâmetros de luminosidade e foco do feixe de laser, para avaliar sua influência. A quinta etapa se deu pelo tratamento das imagens adquiridas. Foram aplicados filtros de cores e códigos de interpolação e afinamento. As imagens foram comparadas com a da calibração para criação da nuvem de pontos. Adquirida a nuvem de pontos, ela foi plotada.

Resultados e Discussões

O desenvolvimento do protótipo deu-se pela aquisição e posicionamento dos materiais necessários, uma base giratória, um laser de linha, uma câmera e um suporte para fixá-los. Com o protótipo montado, foi possível realizar as etapas de calibração e aquisição das imagens. Para a etapa de tratamento das imagens foi utilizado o programa MATLAB (MATrix LABoratory, versão R2018a). Inicialmente, as imagens foram cortadas para evidenciar a área de interesse. Em seguida, foram aplicados filtros de cor para que o feixe de laser se destacasse na imagem, e códigos de interpolação e afinamento, para

que o feixe estivesse na condição ideal para aquisição das coordenadas. O último código aplicado foi o de detecção de coordenadas, que calcula os pontos 3D do objeto em cada frame, unido-os em uma nuvem de pontos. Para visualização dessas nuvens, elas foram plotadas.

Com as nuvens plotadas, foi possível comparar os diferentes parâmetros do escaneamento, como a luminosidade, o foco do feixe de laser e o material do objeto escaneado. Quanto à luminosidade do ambiente, percebeu-se que a luminosidade influencia negativamente no escaneamento. Já quanto ao foco do feixe de laser, para um escaneamento mais preciso, o feixe de laser focado é o ideal. E quanto ao material do objeto, foi observado que o escaneamento tem resultados melhores e superfícies mais opacas, pois não há reflexão do feixe de laser.

Conclusão

Pode-se concluir com os resultados obtidos que o escaneamento, nas condições ideais, é preciso e possui menos custos do que a moldagem tradicional. Pois o equipamento desenvolvido neste trabalho foi construído com materiais de fácil obtenção e baixo custo. Além disso, conclui-se que a variação dos parâmetros de escaneamento influencia bastante no resultado final.

Quanto aos parâmetros avaliados, observou-se que, a superfície teve grande influência e objetos reflexivos não são ideais para escaneamento. Já a luminosidade interfere no escaneamento pois o feixe de laser não se destaca nas imagens. E o foco do feixe de laser tem grande influência, pois o feixe difuso causa ruído. Sendo assim, o escaneamento com maior fidelidade foi o escaneamento realizado no objeto opaco, com o ambiente pouco luminoso e o laser com feixe focado.

Para trabalhos futuros, espera-se aprimorar o protótipo criado, ajustando-o para o escaneamento intra-oral. Visto que o protótipo desenvolvido escaneia objetos posicionados na plataforma, girando em seu próprio eixo, e para o contexto intra-oral, ele precisa varrer a área a ser escaneada.

Referências

ARAKIDA, T. et al. Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. *Journal of Prosthodontic Research*, volume 62, edição 3, páginas 324-329, Julho, 2018.

CARREIRO, A. F. P. et al. Protocolo clínico para confecção de próteses removíveis [recurso eletrônico]. Natal, RN : EDUFRN, 2016.

GENTA, G.; MINETOLA, P.; GIULIO, B. Calibration procedure for a laser triangulation scanner with uncertainty evaluation. *Optics and Lasers in Engineering*. 86 (2016) 11-19.

HUDIEB, A.; AL-AZZAM, S. A Simple and Inexpensive 3D Scanning of Remote Objects by Robot. *Modern Applied Science*, vol. 12, no. 4, 2018.

ISA, M. A.; LAZOGLU, I. Design and analysis of a 3D laser scanner. *Measurement*, Volume 111, Dezembro 2017, páginas 122-133.

OLIVEIRA, L. S. Moldagem em prótese total – uma revisão de literatura. 2012. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

OLIVEIRA, M. C. et al. Dimensional Stability of Alginates Molds Tridimensionally Scanned. *Journal of Health Sciences*, 20(2):78-82, Abril, 2018.

PELEGRIINI, R. C. Técnicas de moldagem em prótese total: revisão da literatura. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba, 2015.

UEDA, N. C. Sistema CAD/CAM como ferramenta na Odontologia. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

VAGOVSÝ, J. et al. Evaluation of Measuring Capability of the Optical 3D Scanner. *Procedia Engineering*, Volume 100, 2015, Páginas 1198-1206

VEIGA, L. A. Análise da evolução dos materiais e tecnologias de moldagem quanto à capacidade de impressão e estabilidade dimensional: revisão narrativa de literatura. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

WANG, Y.; FENG, H. Effects of scanning orientation on outlier formation in 3D laser scanning of reflective surfaces. *Optics and Lasers in Engineering*, Volume 81, Junho 2016, Páginas 35-45

WISPEL, W. et al. Um scanner 3D de baixo custo. *Xxxv Simpósio Brasileiro De Telecomunicações e Processamento De Sinais - SBrT2017*, 3-6 De Setembro De 2017, São Pedro, Sp.

ZAVANELLI, R. A.; ZAVANELLI, A. C.; MAGALHÃES, J. B.; PAULA, W. N.; CARDOSO, L. C.; LIMA, G. R. B. et al. Técnicas convencionais e atuais de moldagem em próteses fixas. In: Associação Brasileira de Odontologia; Pinto T, Verri FR, Carvalho Junior OB, organizadores. *PRO-ODONTO PROTÉSE E DENTÍSTICA Programa de Atualização em Prótese Odontológica e Dentística: Ciclo 7*. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2016. p. 119-76. (Sistema de Educação Continuada a Distância; v. 2).

CÓDIGO: ET0870

AUTOR: SIDNEI ARAÚJO JÚNIOR

ORIENTADOR: ADRIAON DUARTE DORIA NETO

TÍTULO: Estudo dos Parâmetros Críticos no Controle de Plantas via Redes industriais

Sem Fio (WSIN)

Resumo

A instrumentação sem fio (wireless) tem sido empregada em sistemas de controle em rede, formando uma arquitetura de controle com o tráfego de informações via meio sem fio. Contudo, existem algumas características que podem influenciar no projeto do sistema de controle, como a taxa de perda de pacotes ou de entrega de pacotes. Este trabalho propõe avaliar a influência da taxa de entrega de pacotes na variação do erro de regime permanente de uma malha de controle de nível. Foi implementada uma arquitetura de sistema de controle em rede sem fio com tecnologia ISA 100.11a para realizar os testes e a coleta de dados. Os resultados comprovam que existe uma correlação direta da perda de pacotes com o erro do controlador.

Palavras-chave: Sistemas de Controle em Rede, Redes Industriais Sem Fio, ISA 100.11a

TITLE: Study of Critical Parameters in Plant Control via Industrial Wireless Networks (WSIN)

Abstract

Wireless instrumentation has been used in networked control systems (NCS), generating a control architecture with wireless information traffic. However, there are some features that can influence the design of the control system, such as the packet loss rate or the package delivery rate. This work proposes to evaluate the influence of the packet delivery rate on the variation of the steady state error of a level control. A wireless networked control system architecture with ISA 100.11a technology was implemented to perform the tests and data collection. The results show that there is a direct correlation of packet loss with the controller error.

Keywords: Wireless Networked Control Systems, Industrial Wireless Sensor Network

Introdução

Ao analisarmos a linha temporal dos avanços tecnológicos, mais especificamente as três revoluções industriais, é possível observar cada fase que a indústria passou, trazendo consigo inovações em cada um desses períodos. Desde a máquina a vapor até o avanço colossal da microeletrônica, e consequentemente a criação de computadores com maior poder de processamento. Todas essas tecnologias influenciaram a forma de produtividade nos ambientes industriais, que facilitou a automação dos processos. A concepção de sistemas automatizados que realizam suas tomadas de decisões a partir de uma rede colaborativa de diferentes tecnologias levou a uma nova fase da indústria. Denominada como Indústria 4.0 (I4.0) ou Manufatura Avançada, a quarta fase da indústria trás como inovação a interconectividade, reunindo

alguns conceitos e tecnologias que formam os pilares de sustentação: Internet das coisas, Segurança cibernética, Computação em nuvem, Manufatura aditiva, Realidade aumentada, Big Data, Robótica colaborativa e Inteligência Artificial (3). Neste contexto de fusão de tecnologias para garantir maior integração dos sistemas com a finalidade de tomar decisões para otimizar os processos, maximizando lucros e minimizando riscos, a implantação de sistemas de comunicação nos processos de monitoramento e controle deve ser cuidadosamente projetada (7). No cenário atual, é possível observar que grande parte dos sistemas de controle em rede (Networked Control System) é feito de forma cabeada e por mais que esse modelo esteja consolidado no ambiente fabril, algumas necessidades deram espaço às tecnologias sem fio. Não de forma substitutiva, mas como um suplemento ao sistema de conectividade da planta. Com a inclusão de tecnologias sem fio no sistemas de monitoramento e controle, tornou-se essencial a avaliação do sistemas de controle em redes sem fio (WNSC -- Wireless Networked Control System). A tecnologia sem fio oportuniza o controle de variáveis que precisam ser medidas em locais dificilmente acessíveis ao operador. Contudo, a diversidade de interferências eletromagnéticas presentes nas instalações industriais pode afetar diretamente o desempenho das malhas de controle. Nesse sentido, é fundamental analisar a influência do comportamento da rede sem fio no desempenho do sistema de controle. Dependendo do tipo e da natureza crítica do tráfego de dados da rede (4), um curto período de inconsistência da rede pode causar uma instabilidade no sistema de controle. Neste trabalho, é apresentado a implantação de um sistema de controle em rede sem fio do protocolo ISA 100.11a e avaliado a influência da taxa de perda de pacotes no desempenho do controle realimentado. O desempenho do sistema de controle é mensurado com base na variância do erro em regime permanente.

Metodologia

O sistema de controle em rede ISA 100.11a implementado neste trabalho segue a seguinte arquitetura: Um tanque com instrumentos YOKOGAWA para medição da altura da coluna de água. O sinal do sensor de nível é enviado via rede ISA 100.11a para um dispositivo roteador que, por sua vez, transmite o pacote para o gerente da rede ISA 100.11a a partir do ponto de acesso. O Controlador comunica-se com o gateway a partir de uma rede de controle do protocolo Modbus TCP. Assim, o sinal da variável de processo (nível) é enviado para o controlador via rede Modbus TCP. A partir do sinal do nível e do valor desejado (setpoint), o controlador executa o algoritmo do controle PID (Proporcional Integrativo Derivativo) para enviar o sinal da variável manipulada para o atuador (a bomba). Os ganhos do controle PID foram definidos de modo emírico em testes anteriores nesse mesmo sistema. Para realizar a medição de nível foi utilizado o sensor de pressão diferencial EJX110B da empresa Yokogawa Electric, tecnologia ISA 100.11a. O acesso à rede ISA 100.11a do gerente da rede e do gateway é realizado através do roteador backbone YFGW510 da Yokogawa Electric. Por fim, o gerente da rede, gerente de segurança e o gateway estão implementados em uma única estação de gerenciamento: YFGW410. Coleta dos dados de avaliação da rede Com o intuito de avaliar o desempenho da rede, foram enviados comandos GSAP (Gateway Service Access Point) para comunicação com o gateway da rede. O protocolo GSAP especifica o quadro de comunicação via Ethernet TCP entre qualquer Gateway de uma rede ISA 100.11a com uma aplicação cliente. Definido na norma ISA 100.11a (IEC 62734), o tipo de serviço definido no comando GSAP estabelece quais são os dados da rede solicitados. Neste trabalho, o sistema de supervisão utiliza uma ferramenta que envia comandos GSAP para solicitar os dados de número de pacotes transmitidos com sucesso e falhos na transmissão de todos os links da rede. A partir dos dados de pacotes transmitidos e falhos é calculado o PDRI (taxa instantânea de pacotes entregues).

Avaliação do controlador O controlador PID recebe o setpoint do sistema de supervisão e o valor do nível do gateway para calcular o erro e processar o valor de saída para o atuador. Após o regime transitório do sistema de controle, o sistema estabiliza e gera um erro de regime permanente constante dentro da faixa de aceitação. Após o sistema alcançar o regime permanente, foi aplicado uma atenuação na antena do dispositivo roteador para gerar perdas de pacotes nos links entre o sensor de nível LD01 e o ponto de acesso do gerente da rede. As perdas de pacotes gera uma redução no valor do PDRi e, consequentemente, causa uma variação no erro de regime do controlador. O controlador envia para o sistema de supervisão o valor do erro de regime para que seja calculado a variância móvel do erro (MVE). A metodologia proposta neste trabalho avalia o valor do PDRi gerado pela ferramenta de coleta de dados do gateway com o valor do MVE gerado pelo sistema de supervisão para comprovar a forte influência da perda de pacotes no valor da variância do erro (MVE). Essa verificação da influência é indicada pela métrica de correlação.

Resultados e Discussões

Com a implantação do sistema é possível elaborar os testes de coleta de dados e executar a metodologia de avaliação descrita na seção anterior. O objetivo dos testes é estabilizar o controlador em um setpoint fixo, aplicar uma atenuação para causar perda de pacotes nos links e avaliar a correlação entre PDRi e MVE. Foram realizados três testes com períodos de execução de 30 minutos em média. Com os dados desses três testes foi possível usar a fórmula de correlação, essa correlação comprova a hipótese de que é possível identificar uma alta variação do erro quando ocorre uma alta perda de pacotes mesmo com os algoritmos de retransmissão. Os valores das correlações para os testes de 1 à 3, respectivamente foram -0.719370, -0.699224 e -0.830738. A média dos três testes apresenta uma correlação de -0.749774, indicando que em aproximadamente 75% dos dados uma baixa taxa de entrega de pacotes (PDRi) está associada a uma alta variação do erro em regime (MVE).

Conclusão

Esse trabalho comprova que há influência da perda de pacotes no erro em regime do controlador no sistemas de controle em redes sem fio. Considerando que a implantação de sistemas de controle baseados em comunicação sem fio é uma área recente, desde 2010, estudos de avaliação da influência do desempenho da rede no comportamento das malhas de controle podem direcionar os projetistas quanto ao uso das tecnologias. Considerando que é possível saber a faixa de variação do erro em regime quando existe uma determinada atenuação no ambiente, como mostra a metodologia deste trabalho, a equipe de projeto pode julgar se é viável a implantação do sistema. Além disso, os dados resultantes da metodologia fornecem uma base para inferência de possíveis falhas do controlador com o uso de técnicas de predição. Portanto, este trabalho apresentou resultados que avaliam o desempenho de um sistema de controle de nível em rede sem fio ISA 100.11a e mostra-se uma excelente ferramenta para uso em projetos e predição.

Referências

- [1] YOKOGAWA Electric. YFGW510 Field Wireless Access Point. Available from: <https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/field-instruments/field-wireless/wireless-infrastructure/yfgw510-field-wireless-access-point/>. Access Apr 29,

2019. [2] YOKOGAWA Electric. EJX110B Wireless Differential Pressure Transmitter. Available from: <https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/field-instruments/field-wireless/wireless-differential-pressure-pressure-transmitters/ejx110b-wireless-differential-pressure-pressure-transmitter/>. Access Apr 29, 2019. [3] SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. Genebra: World Economic Forum, 2016. [4] RAZA, Mohsin et al. A critical analysis of research potential, challenges, and future directives in industrial wireless sensor networks. IEEE Communications Surveys Tutorials, v. 20, n. 1, p. 39-95, 2017. [5] TIPSUWAN, Yodyium; CHOW, Mo-Yuen. Control methodologies in networked control systems. Control engineering practice, v. 11, n. 10, p. 1099-1111, 2003. [6] MARTINS, D. L. ; FLORENCIO, H. M. , et al. Cenário Atual das Redes Industriais Sem Fio: Experimentos e Testes de Campo. In: Rio Automação 2015, 2015, Rio de Janeiro. Rio Automação 2015, 2015. [7] ZIPPEL, S. Process Industry 4.0 . Revista In-Tech, 2018

CÓDIGO: ET0897

AUTOR: ANA PAULA TEIXEIRA ARAUJO DE FREITAS

ORIENTADOR: MARCOS ALLYSON FELIPE RODRIGUES

TÍTULO: Análise Econômica da Aplicação de Energia Solar para Geração de Vapor para Injeção em Reservatórios de Óleos Pesados do Nordeste Brasileiro

Resumo

Em virtude do cenário atual exigir a redução de grandes impactos ambientais, torna necessário emergir ideias de possíveis desenvolvimentos sustentáveis para a sociedade. Nesse viés, utilizar energias renováveis, por conter recursos naturais como cofator de sustentabilidade, além de conseguir suprir nossas necessidades sem danificar o meio ambiente, pode apresentar uma maior viabilidade econômica no mercado. Este trabalho teve por objetivo estudar a efetividade de energia solar, relacionada com diferentes dimensionamentos de coletores solares, visando à geração de vapor de água para a injeção em poços petrolíferos. A metodologia abordada foi embasada em seis casos para apresentar diferentes dimensionamentos de concentradores solares que possam se adequar às temperaturas, e aos volumes de injeção dos reservatórios com características do nordeste brasileiro. A partir disso, a quantidade de calor fornecida em cada situação, possibilitou determinar respectivamente, cada área necessária. Sendo assim, a área escolhida para o concentrador foi de 3,0 m². Então, levando em consideração os aspectos anteriormente mencionados, se apropriar de coletores solares seria uma forma viável para complementar a quantidade de calor gerado pelas caldeiras, reduzindo o consumo de combustíveis e consequentemente a emissão de gases poluentes.

Palavras-chave: injeção de vapor; coletor solar; campos maduros; produção de petróleo

TITLE: Economic Analysis of the Application of Solar Energy for Steam Generation for Injection in Heavy Oil Reservoirs of Brazilian Northeast

Abstract

Because the current scenario requires the reduction of large environmental impacts, it is necessary to emerge ideas of possible sustainable developments for society. In this way, using renewable energy, as it contains natural resources as a sustainability co-factor, besides being able to meet our needs without damaging the environment, can present a greater economic viability in the market. The objective of this work was to study the effectiveness of solar energy, related to different solar collector designs, aiming at the generation of water vapor for the injection into oil wells. The methodology was based on six cases to present different sizes of solar concentrators that can be adapted to the temperatures and to the injection volumes of the reservoirs with characteristics of the Brazilian northeast. From this, the amount of heat supplied in each situation made it

possible to determine, respectively, each required area. Therefore, the area chosen for the concentrator was 3.0 m². Thus, it is taking into account the above mentioned aspects, appropriating solar collectors would be a viable way to complement the amount of heat generated by boilers, reducing fuel consumption and consequently the emission of polluting gases.

Keywords: steamflood; solar energy; mature fields; oil production

Introdução

É indiscutível que o sol é a maior fonte de energia que a Terra possui atualmente, devido aos seus elevados índices solares. Seguindo essa linha, cabe observar que além dessa fonte conter em abundância, ela também é renovável e pode atuar como gerador térmico. Por isso, convém analisar as viabilidades à indústria petrolífera, ao utilizar essa energia solar para produção de petróleo.

Devido ao óleo pesado conter característica própria em ser altamente viscoso e com isso existir grandes dificuldades para o seu deslocamento, faz desse fator prejudicar significativamente a extração do petróleo. Assim, visar métodos como os térmicos, que são capazes de melhorar a fluidez do mineral, ao injetar calor para aquecê-lo e posteriormente aumentar sua permeabilidade, pode ser um grande facilitador à sua recuperação (SANTANA, 2009). A questão negativa é que muitas indústrias propiciam esses métodos térmicos somente através da queima de combustível fóssil, no qual acarreta diversos problemas ambientais e em um alto custo para sua execução.

É nessa hora que os modelos térmicos oriundos da energia solar ganham espaço no mercado. Conhecidos como capazes de absorver calor através de coletores que possuem geralmente água, acabam aquecendo o líquido e o transformando em vapor. Esse vapor posteriormente é injetado no reservatório, no intuito de aumentar sua temperatura interna para poder aquecer o óleo e viabilizar assim o seu descolamento quando a pressão interna emergir (SANTANA, 2009). Uma pequena diferença nesse processo acontece quando os coletores são concentradores, pois no lugar de possuir o líquido e passar a energia por indução, os concentradores, por suportar uma temperatura maior, eles apenas absorvem o calor e o reflete para uma caldeira.

Outro fator importante a ser mencionado é a questão da dimensão e os tipos desses coletores que influenciam consideravelmente durante a absorção de calor. Proporcional ao aumento da área dos coletores solares, também ocorre o aumento da absorção do calor, porém, cada tipo de coletor fornece uma quantidade distinta de absorção.

O concentrador solar selecionado para fazer essa pesquisa foi do tipo Fresnel, por apresentar maior viabilidade nesse processo. Isso ocorre devido ao seu modelo apresentar uma série de espelhos, geralmente lineares, capazes de concentrar a luz para um receptor fixo. (LODI, 2011)

Assim sendo, o principal objetivo deste trabalho foi analisar procedimentos utilizando energia solar, levando em consideração a dimensão dos coletores, a fim de elaborar um sistema adequado para geração de vapor. Tudo isso visando estabelecer um sistema que reduza o custo unitário do vapor e as emissões de gases poluentes na atmosfera.

Metodologia

Para a análise dos dimensionamentos dos coletores solares foram utilizados os métodos térmicos convencionais. Esses procedimentos são caracterizados por adicionarem uma energia artificial para suplementar à queda da energia primária do reservatório no decorrer do tempo, e assim, não diminuir a produção de petróleo no poço. (ROSA, 2006)

Tendo em vista compensar essa queda de energia, durante a execução da pesquisa foi utilizado o método de injeção de fluidos quentes para auxiliar a recuperação de petróleo. O objetivo de utilizar esse processo é de aquecer o reservatório, para que o óleo em uma alta temperatura diminua sua viscosidade, e assim aumente sua eficiência de deslocamento e, consequentemente, a produção de petróleo.

Para captar a energia solar como fonte térmica para auxiliar no processo de geração de vapor, foi necessária a utilização de coletores solares para um pré-aquecimento da água. Ele absorve a energia oriunda do sol vindo de um espaço extenso, e concentrou essa energia em uma área menor, acarretando em elevar a temperatura dessa área. Com o intuito de obter uma forte aplicação para esta tecnologia, visando fornecer calor para os processos de recuperação de óleos pesados, o modelo de concentrador selecionado para auxiliar na análise foi do tipo Fresnel (LODI, 2011).

Adicionalmente, para determinar o dimensionamento do sistema foi necessário dimensionar a quantidade de calor que viria a ser fornecida ao procedimento. Para isso, tomou-se por base dados aproximados de poços da Petrobras do campo de Mossoró – RN, localizados no nordeste brasileiro. A temperatura de entrada da água na caldeira foi de 30°C, a massa total de água para o sistema foi de 400 toneladas por dia e a temperatura de saída, da caldeira, foi de 550° F. O uso de coletores permitirá o aumento da temperatura da água antes de sua entrada no gerador de vapor, reduzindo a energia necessária para a mudança de fase da água.

Como as horas de insolação diária média em Mossoró variam de 6 a 9 horas e considerando o tempo útil de sol de 8h por dia, a massa de água diária a ser aquecida pelo concentrador pode ser encontrada utilizando a seguir a equação 1:

$$mt = ma \cdot ts \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

$$mt = \text{massa total (kg)}$$

$$ma = \text{massa da água por hora (16.666 kg/h)}$$

$$ts = \text{tempo útil do sol (h)}$$

Em contra partida, para determinar a área do coletor solar utilizou a Equação 2. Para realizar a operação foi adotada a eficiência térmica do coletor de 60%, segundo Desai, Kedare e Bandyopadhyay (2014). A irradiação global no plano horizontal no nordeste brasileiro de 5483 Wh/m² (PEREIRA, 2017). Além disso, de acordo com Malagueta (2012) as dimensões do coletor Fresnel são 1m x 3m e uma espessura de 5 cm, ou seja,

a área refletora total de cada coletor é de 3 m². Assim, também foi admitida toda a conversão de energia da água em vapor, como na situação inicial com variação de temperatura = (287,77 – 30) = 257,77° C (Maranhão, 2016):

$$A_{col} = mcp^*(T_f - T_i)/I_{gn} \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

A_{col} – Área do coletor ()

m – Mássica do fluido de trabalho (kg/s)

n – Eficiência do coletor

c_p – Calor específico do fluido de trabalho (J/kg°C)

I_p – Irradiação global no plano horizontal (W/)

T_f – Temperatura final do fluido (°C)

T_i – Temperatura inicial do fluido (°C)

Desse modo, foram criados seis casos nas quais variavam a temperatura de entrada da água na caldeira, entre 40°C e 90°C, a partir do uso de coletores solares para aquecimento prévio desse fluido. Em sequência, obtém-se a área necessária para fornecer todo calor ao processo em cada situação.

Resultados e Discussões

A análise dos resultados sobre esta pesquisa foi decorrente da comparação do modelo atual com os modelos aqui propostos. Levando em consideração que o modelo atual consiste em elevar a temperatura inicial da água de 30°C para uma temperatura final de 287,77°C, os modelos das seis situações apresentadas, indicaram um incremento no de apenas 10°C para cada uma.

Como visto anteriormente, a massa de água por hora que será utilizada na caldeira foi de 16.666,67 kg/h. Esse cálculo se baseou na divisão da massa total pelo total de horas por dia, como mostra na equação 3

$$\text{massa de água 24 hs} = 400000 \text{ kg}/24 \text{ hs} = 16666,67 \text{ kg}/\text{h} \quad (\text{equação 3})$$

Contudo, tendo em vista que são apenas 8 horas de tempo útil do sol, a massa de água que será realmente aquecida pelo coletor solar será de 133.333,33 kg. Pode-se chegar nesse resultado utilizando a equação 4.

$$\text{massa de água 8 hs} = (16666,67 \text{ kg}/\text{h}) * 8 \text{ hs} = 133.333,33 \text{ kg} \quad (\text{equação 4})$$

Vale ressaltar também que nesse parâmetro utilizado na caldeira na situação atual, sem o uso de coletores solares, a variação de temperatura foi de 257,78 °C. Assim como mostra na equação 5.

$$\Delta T = (T_{final} - T_{inicial}) \rightarrow (287,78^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 257,78^\circ\text{C} \text{ (equação 5)}$$

Logo após todos esses cálculos se torna possível encontrar o valor da área necessária para instalar o coletor na situação inicial, considerando a equação 2. Para a realização da operação se estabeleceram distintos segmentos longitudinais de espelhos, atribuindo para cada um, uma área de 3m². Além disso, a distância considerada entre as fileiras se manteve em 10 cm. Em cada sistema foi incrementado no ΔT um valor de 10°C na temperatura final, partindo de 40°C. Já a de entrada se manteve em 30°C. Também foi estabelecida a irradiação global de 685,375 W/m² durante as 8 horas úteis do sol e a eficiência térmica do coletor de 60%.

Situação 1:

A temperatura inicial da água foi de 30°C e a final de 40°C. Substituindo esses valores na Equação 2, a área exigida para instalar o coletor com aproximadamente 20 m X 24,7 m, composta por 8 fileiras, cada uma com 20 espelhos, totalizando 160 espelhos.

Situação 2:

No sistema 2 a temperatura inicial da água foi de 30°C e a final de 50°C. Substituindo os valores na Equação 2, a área exigida para instalar o coletor seria de 945,68396 m² com aproximadamente 20 m X 49,5 m, composta por 16 fileiras e cada uma com 20 espelhos, totalizando 320 espelhos.

Situação 3:

Neste sistema a temperatura inicial da água foi de 30°C e a final de 60°C. Utilizando a Equação 2, a área exigida para a instalação do coletor seria de 1418,525949 m² com aproximadamente 20 m X 74,30 m, composta por 24 fileiras e cada uma com 20 espelhos, totalizando 480 espelhos.

Situação 4:

A temperatura inicial da água neste sistema foi de 30°C e a final de 70°C. Substituindo esses valores na Equação 2, a área exigida para instalar o coletor solar seria de 1891,3679 m², com aproximadamente 20 m X 99 m. Composta por 32 fileiras, cada uma com 20 espelhos, totalizando 640 espelhos.

Situação 5:

A temperatura inicial da água nesse sistema foi de 30°C e a final de 80°C. Utilizando a Equação 2, a área exigida para instalar o coletor seria de 2364,2099 m² com aproximadamente 20 m X 123,8 m. Composta por 40 fileiras, cada uma com 20 espelhos, totalizando 800 espelhos.

Situação 6:

Nessa situação a temperatura inicial da água foi de 30°C e a final de 90°C. Substituindo esses valores na Equação 2, a área exigida para instalar o coletor seria de 2837,0519 m² com aproximadamente 20m X 148m, composta por 48 fileiras e cada uma com 20 espelhos, totalizando 960 espelhos.

Conclusão

Tendo em vista os aspectos observados anteriormente, esta pesquisa conseguiu promover uma avaliação geral do uso de energia solar associados ao processo de geração de vapor em seis situações. Desse modo, foi possível obter resultados satisfatórios referentes à viabilidade técnica da aplicação desse sistema.

Levando em consideração a necessidade de aumentar a produção de poços petrolíferos, foi desenvolvido nesta pesquisa métodos para diminuir a viscosidade do óleo e aumentar sua fluidez para ser trazido a superfície. Esse processo acontece com a utilização de caldeiras propiciando a combustão do óleo diesel e os coletores solares, como um auxiliar para a geração de vapor, reduzindo a energia gasta pelo gerador (caldeira).

Foi estabelecida para todas as situações analisadas uma temperatura inicial de 30°C, temperatura ambiente em Mossoró, e uma temperatura final de 287,77°C na saída da caldeira. Além disso, a massa de água a ser aquecida foi mantida em 133.333kg e o concentrador adotado foi do tipo Fresnel.

Em cada situação teve um incremento de 10°C no ΔT da caldeira. Esse fator viabilizou uma redução da quantidade de energia necessária para converter toda a água em vapor, pois a água deixa de entrar a 30°C e passa a entrar numa temperatura mais elevada, gerando uma economia de energia do gerador de vapor.

Outro ponto positivo é que essa redução de energia se converte em economia de custos com o combustível utilizado para queima. Precisando de menos consumo de combustível, há um melhor racionamento de capital. Além disso, ao reduzir o processo de combustão você também reduz as emissões de gases poluentes na atmosfera, sendo assim um modelo mais sustentável para o planeta.

Por fim, para as seis situações foram estabelecidos espaços distintos de áreas. Sendo criados diferentes segmentos longitudinais de espelhos, em que cada espelho teve uma área de 3m², e a distância considerada entre as fileiras se manteve em 10cm. Ao comparar todas as situações, percebeu uma relação de crescimento linear das áreas, a medida que o ΔT aumentava. Sendo assim, para aquecer a água com temperaturas cada vez maiores, serão necessárias mais placas, resultando em um custo maior com o sistema de aquecimento fotovoltaico.

Referências

DESAI, Nishith B.; KEDARE, Shireesh B.; BANDYOPADHYAY, Santanu. Optimization of design radiation for concentrating solar thermal power plants without storage. 2014.

15f. Dissertação (Department of Energy Science and Engineering) – Indian Institute of Technology Bombay, India, 2014.

LODI, Cristiane. Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil Utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada. Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, 2011. Rio de Janeiro: UFRJ/COOPE, 2011.

MALAGUETA, Diego C. Geração Heliotérmica – Princípios e Tecnologias. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB. Rio de Janeiro, 2012.

MARANHÃO, Diego Carvalho. Projeto e Construção de um Concentrador Solar Tipo Fresnel Linear. 2016. 111 f. Dissertação (Projeto de Graduação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2018.

PEREIRA, Enio Bueno et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p.

ROSA, Adalberto José; CARVALHO, Renato de Souza; XAVIER, José Augusto Daniel. Engenharia de reservatórios de petróleo. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

SANTANA, K. R. Estudo de segregação gravitacional no processo de injeção de vapor em reservatórios heterogêneos. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.136p.

CÓDIGO: ET0900

AUTOR: MONALISA SIMONELLY REBOUÇAS DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: IRIS OLIVEIRA DA SILVA

TÍTULO: Aplicação de nanopartículas de ouro em fibras de PLA para aplicação de proteção antimicrobiana e de proteção ultra-violeta.

Resumo

Nos últimos anos, a área têxtil tem desenvolvido pesquisas em busca de encontrar o equilíbrio entre produzir e minimização dos danos causados ao meio ambiente. Diante disso, a nanotecnologia vem como um dos recursos utilizados pelo segmento têxtil para solucionar possíveis problemas e agregar valor aos seus produtos. O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e objetivo exploratório, elaborada por meio de uma revisão bibliográfica atualizada sobre os métodos de obtenção de nanopartículas de ouro e aplicação em substrato têxtil de fibra de poliácido lático. Os resultados obtidos permitiram concluir que a nanotecnologia ainda há muito a contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta, tendo como uma das maneiras é a utilização do citrato de sódio para obtenção e estabilização de nanopartículas de ouro, a utilização da quitosana para modificar a fibra de PLA, e aumentar a ligação entre as NPAu e a fibra de poliácido lático, num processo, via exaustão.

Palavras-chave: Nanotecnologia; nanopartícula de ouro; quitosana; fibra de PLA.

TITLE: Application of gold nanoparticles in PLA fibers for antimicrobial and ultraviolet protection application

Abstract

In the last years, the textile area has been developing researches to find the balance between producing and minimizing the damages caused to the environment. Given this, nanotechnology comes as one of the resources used by the textile segment to solve possible problems and add value to their products. The present study is an applied research, with qualitative approach and exploratory objective, elaborated through an updated bibliographical review about the methods of obtaining gold nanoparticles and application on textile substrate of lactic polyacid fiber. The results showed that nanotechnology still has a long way to contribute to the sustainable development of the planet, having as one way is the use of sodium citrate to obtain and stabilize gold nanoparticles, the use of chitosan to modify the fiber. polyacid, and increase the bond between the gold nanoparticles and the lactic polyacid fiber in a process via exhaustion.

Keywords: Nanotechnology; gold nanoparticle; chitosan; lactic polyacid fiber.

Introdução

Nos últimos anos, a área têxtil tem desenvolvido pesquisas buscando encontrar o equilíbrio entre a produção e a minimização dos danos causados ao meio ambiente. Em reportagem da British Broadcasting Corporation (BBC), a indústria têxtil e da moda é a segunda maior poluente do mundo, ficando atrás apenas da indústria petrolífera. Ela recebe essa colocação, em virtude de uma grande parcela de processos têxteis fazerem

o uso de água e produtos químicos que a poluí, como o beneficiamento têxtil. A nanotecnologia refere-se à manipulação da matéria e controle da engenharia em microescala, procurando beneficiar a indústria, por meio de suas inovações tecnológicas, e o meio ambiente, conforme Casanova (2010), essa tecnologia fará uso de processos mais limpos e eficientes. Por intermédio da manipulação de materiais em escala nanométricas, na ordem de 10⁻⁷ m a 10⁻⁹ m, como as nanopartículas (NP), a nanotecnologia é um dos recursos utilizados pelo segmento têxtil para solucionar possíveis problemas e agregar valor aos seus produtos. (GOMES; COSTA; MOHALLEM, 2016) De acordo com Casanova (2010), as NP passaram a conquistar seu espaço a partir do século XX, mas as NP metálicas apresentam considerável relevância desde os estudos realizados por Michael Faraday, sobre as propriedades óticas proporcionada em filmes finos provenientes de soluções de NPAu. Silva (2015) afirma que, as nanopartículas de ouro (NPau) podem ser obtidas através de diversas técnicas, sendo o método mais utilizado, desenvolvido por Turkevich, baseada no aquecimento, até a ebólition, da mistura do precursor, ácido tetracloroáurico (HAuCl₄), com água (H₂O), adicionado o citrato de sódio (Na₃C₆H₅O₇) hidratado como agente redutor e estabilizador, obtendo um líquido avermelhado. Casanova (2010) propôs que, o método Brust-Schiffrin facilitou a síntese de NPAu devido ao controle do tamanho das NP, dispersão reduzida e termicamente estável, proporcionando a capacidade de isolar e redissolver, impactando o campo das pesquisas. Conforme Silva (2015), as NPAu possuem propriedades óticas singulares, possibilitando inúmeras aplicações, como a funcionalização do substrato, por meio de um tratamento de superfície, agregando propriedades antimicrobiana e aumentando a proteção aos raios ultravioleta. A viabilização das inúmeras aplicações das NPAu ocorrem devido a ampla variedade de tamanhos e formas que podem ser obtidos a partir do controle da síntese utilizada. A utilização da quitosana, polímero biodegradável que não apresenta toxicidade, encontrado abundantemente na natureza, como nas carapaças dos crustáceos, segundo Silva (2016), é uma das formas de auxiliar no controle na modificação de superfície do PLA, em virtude da presença dos grupos amina (-NH₂) em sua estrutura química, melhorando a interação química entre a fibra e as NPAu. O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica atualizada sobre a métodos de obtenção e aplicação de NPAu em substrato têxtil de fibra de poliácido lático (PLA), em busca da obtenção de uma superfície com capacidade de antimicrobiana, aptidão de destruição dos microrganismos – bactérias, fungos e vírus – que penetram no substrato funcionalizado (SÁNCHEZ, 2006), e proteção ultravioleta. A fibra de PLA, conforme Nascimento (2012), é uma fibra biodegradável, por se decompor facilmente ao final de sua vida útil. Uma característica importante sobre a produção do o ácido polilático, comparado a outros polímeros de base petroquímica, é consumir de 30 a 40% menos combustível e emitir menos de dióxido de carbono na atmosfera. (ALVES e RUTHSCHILLING, 2008 apud PAES, 2015) Esta fibra é obtida a partir de duas rotas de polimerização, a policondensação do ácido láctico encontrado e matérias primas de origem agrícola, ou a polimerização por abertura do anel do lactídeo. (OLIVEIRA, 2016). A fibra de PLA, segundo Lemos (2014), apresenta temperatura de transição vítreia entre 50°C e 80°C e temperatura de fusão entre 130°C e 180°C.

Metodologia

O presente estudo, no que se refere à natureza da pesquisa, pode ser definida como aplicada, propondo aplicações práticas e direcionada a solução de problemas específicos da área têxtil, com abordagem qualitativa. Com relação aos objetivos, a presente pesquisa é exploratória, por meio da elaboração de uma revisão bibliográfica atualizada sobre os métodos de obtenção de nanopartículas de ouro e aplicação em

substrato têxtil de fibra de poliácido lático. Primeiramente, realizou-se a coleta de publicações científicas, como artigos, teses e dissertações a cerca da nanotecnologia, nanociência e fibra de PLA. Em seguida, foram analisadas e mapeadas informações sobre obtenção e caracterização de nanopartículas de ouro e fibra de PLA, síntese da NPAu por rota química convencional e modificação da superfície do PLA com o polieletrólio quitosana, para melhorar a interação química entre a fibra e as Nanopartículas de ouro. Concluindo com a revisão da literatura, quanto aos métodos de aplicação das NPAu na fibra de poliácido lático.

Resultados e Discussões

O presente estudo possibilitou a definição do termo nanociência, designado para a área da ciência que estuda matérias e equipamentos em escala manométrica, ou seja, com dimensão na ordem de 10-7 m a 10-9 m, e a nanotecnologia é o segmento que realiza o desenvolvimento e aplicação de tecnologias nesta dimensão. (CASANOVA, 2010; MELO e PIMENTA, 2010; SILVA, 2016). A nanociência e a nanotecnologia são consideradas um dos mais fascinantes avanços tecnológicos alcançados, proporcionando inovações nas mais diversas áreas, como a promoção de propriedades hidrofílicas, antimicrobianas, maleabilidade e resistência. (CASANOVA, 2010; ELLWANGER, 2012; AOUADA, 2016) As nanopartículas de ouro são nanomateriais metálicos obtidas através de diversas técnicas, sendo este, de acordo com Casanova (2010) e Silva (2015), o método mais simples e comumente utilizado é o método desenvolvido por Turkevich em 1951. Quanto a estabilização da NPAu, Casanova (2010) apresenta além do uso do citrato de sódio, como o método de Helcher de 1718, consiste no uso de polímeros como polivinil pilorridona (PVP) e poliestilenoglicol por meio da síntese in situ de nanopartículas, e o método de Brust faz a utilização do Fosfina. Este estudo propôs a investigação do uso da quitosana, polissacarídeo de origem natural, como ferramenta de modificação superficial da fibra de PLA para que ocorra interações químicas entre ela e as nanopartículas de ouro, em concordância com Silva (2015), há viabilidade de modificar o PLA com a quitosana devido ao grupo amina (-NH₂) presente na estrutura do polímero, além de ser encontrado com facilidade, de valor comercial baixo, não irá agredir a natureza devido a sua biodegradabilidade e não toxicidade. À procura de agregar aos materiais têxteis novas propriedades físico-químicas, além de sua funcionalidade convencional, diversas técnicas estão em desenvolvimento, de acordo com Silva (2015). por meio do processo químico, via exaustão, agregando ao substrato de PLA possíveis propriedades de proteção aos raios ultravioleta e atividade antimicrobiana.

Conclusão

Os resultados obtidos por intermédio desta revisão bibliográfica até o presente momento demonstram que, a nanotecnologia ainda há muito a contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta, com a utilização das nanopartículas, é possível conseguir abranger maior área com uma quantidade muito menor de matéria prima. Contudo, foi possível concluir que, o método mais apropriado para obtenção de nanopartículas de ouro até a atualidade é o método de publicado por Turkevich em 1951, por meio do uso do citrato de sódio; o uso da quitosana poderá auxiliar na imobilização da NPAu na fibra de PLA, por diversas lavagens; e a tratamento realizado para funcionalização de substrato de fibra de PLA com NPAu deverá realizado por síntese química, via exaustão.

Referências

AOUADA, Márcia Regina de Moura et al. Aplicação de nanopartículas em filmes utilizados em embalagens para alimentos. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. BBC. Qual é a indústria que mais polui o meio ambiente depois do setor do petróleo?. BBC (British Broadcasting Corporation), 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-39253994>>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

CASANOVA, Monise Cristina Ribeiro. Síntese, caracterização e estudo da estabilidade de nanopartículas metálicas estabilizadas com polieletrolitos e tióis. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. ELLWANGER, Anderson Luis et al. O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. RENOTE, v. 10, n. 1, 2012.

GOMES, Anne Velloso Sarmento; COSTA, Ney Róblis Versiani; MOHALLEM, Nelly Della Santina. Os Tecidos e a Nanotecnologia. Revista Química Nova na Escola, v. 38, n. 4, p. 288-296, 2016.

LEMOS, Alessandra Luiza de; MARTINS, Ricardo Martins de. Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos à base de poli (ácido láctico) e fibras naturais. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 24, n. 2, p. 190-197, 2014.

MELO, Celso Pinto de; PIMENTA, Marcos. Nanociências e nanotecnologia. Parcerias estratégicas, v. 9, n. 18, p. 09-22, 2010.

MELO, Celso Pinto de; PIMENTA, Marcos. Nanociências e nanotecnologia. Parcerias estratégicas, v. 9, n. 18, p. 09-22, 2010.

MENDES, Adriano A. et al. Aplicação de quitosana como suporte para a imobilização de enzimas de interesse industrial. Química Nova, v. 34, n. 5, p. 831-840, 2011.

NASCIMENTO, José Heriberto Oliveira do. Aplicação e caracterização de nanorevestimentos PVD e de outros materiais com comportamento termocromático e hidrofóbico em substratos têxteis. 2012.

OLIVEIRA, Janaíne Mônica de. Obtenção e caracterização de compósitos biodegradáveis de Poliácido Láctico (PLA) reforçados com fibras de curauá. 2016.

PAES, Jônatas Tavares et al. Influência da Cationização da Fibra de PLA no Processo de Tingimento com Corante Ácido. 3º CONTEXMOD, v. 1, n. 3, 2015.

ROCHA, Túlio Costa Rizuti da et al. Nanopartículas metálicas anisotrópicas: mecanismos de formação e aplicações ópticas. 2008.

SÁNCHEZ, José Cegarra. Têxteis inteligentes. Revista Química Têxtil, v. 82, p. 58-77, 2006.

SILVA, Andressa Alves da. Síntese e estabilização de nanopartículas de ouro para fins biotecnológicos e cosméticos. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, Iris Oliveira da. Síntese e imobilização de nanopartículas de ouro em fibras regeneradas via exaustão para potencial aplicação biomédica. 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

VENTURA, Sandra; CARNEIRO, Noémia; SOUTO, A. Pedro. Acabamento de têxteis multifuncionais com nanocompósitos poliméricos. Nova Têxtil, v. 97, n. 1^a, p. 8-13, 2011.

CÓDIGO: ET0926

AUTOR: ELIEL SILVA DA COSTA

ORIENTADOR: CARLSON PEREIRA DE SOUZA

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO E RECICLAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE COMPUTADORES DESKTOPS OBSOLETOS DA UFRN

Resumo

Os constantes avanços tecnológicos proporcionaram inúmeros avanços socioeconômicos para a humanidade, sobretudo com o surgimento dos equipamentos eletroeletrônicos. Entretanto, a quantidade de resíduos perigosos que são acumulados em decorrência do descarte inadequado destes equipamentos tem gerado bastante preocupação para os órgãos de proteção ambiental. Dentre os inúmeros resíduos eletroeletrônicos (REEE) podemos destacar as placas de circuito impresso (PCI) como um dos principais resíduos perigosos existentes da atualidade, pois podem ter em sua composição chumbo e cádmio dentre outros metais pesados e substâncias perigosas (retardadores de chama). Sendo assim, o plano de trabalho teve como objetivo realizar um procedimento experimental que buscasse separar a resina epóxi e demais polímeros presentes nas PCI utilizando o ácido sulfúrico concentrado como agente despolimerizante para facilitar a recuperação dos metais de interesse (cobre, prata, zinco, ouro, etc.) em etapas posteriores. De acordo com os resultados experimentais obtidos foi constatado que o potencial de despolimerização aumenta conforme há o aumento da temperatura, tendo sido atingido o percentual máximo de 10,38% de rendimento na temperatura de 70 °C e no tempo de uma hora de reação.

Palavras-chave: Placas de circuito impresso. reciclagem. ácido sulfúrico. resina epóxi

TITLE: CHARACTERIZATION AND RECYCLING OF PRINTED CIRCUIT BOARDS OF OBSOLETE DESKTOPS COMPUTER OF UFRN

Abstract

Constant technological advances have provided countless socioeconomic advances for humanity, especially with the emergence of electro-electronic equipment. However, the amount of hazardous waste that is accumulated as a result of improper disposal of this equipment has generated considerable concern for environmental protection agencies. Among the many electro-electronic waste we can highlight the printed circuit boards (PCB) as one of the main existing hazardous wastes today, as they may contain lead and cadmium among other heavy metals and hazardous substances (flame retardants). Thus, the work plan aimed to perform an experimental procedure that sought to separate epoxy resin and other polymers present in PCBs using concentrated sulfuric acid as a depolymerizing agent to facilitate the recovery of metals of interest (copper, silver, zinc, gold , etc.) in later steps. According to the experimental results obtained it was found that the potential for depolymerization increases as the temperature increases, the maximum percentage of 10.38% yield was reached at 70 ° C and within one hour of reaction time.

Keywords: Printed circuit boards. Recycling. sulfuric acid. epoxy resin.

Introdução

O crescimento tecnológico proporcionou avanços socioeconômicos, tendo sido responsável pelo surgimento de produtos para facilitar a vida dos seres humanos. Entre o século XIX e o século XX acreditava-se na inesgotabilidade dos recursos naturais e, com isso, a atividade industrial estava voltada para o lucro sem se preocupar com as condições ambientais (ABRAMOVAY, 2012 apud CARVALHO, 2015). Os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) surgiram e puderam ser produzidos em grande escala, sendo vendidos a preços competitivos e contribuindo para a obsolescência programada, acarretando no desperdício dos recursos naturais (OLIVEIRA, 2012).

A utilização dos EEE é importante, mas acarreta na geração de milhões de toneladas de resíduos com alto potencial de degradação ambiental. De acordo com a ABINEE (2019) só no Brasil são geradas 1,5 milhão de toneladas de resíduos provenientes de EEE, sendo necessária a assinatura de um acordo setorial visando à coleta de ao menos 17% dos resíduos produzidos pela geração de tais produtos em 2019.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída pela Lei nº 12.305 e busca orientar aos fabricantes de agrotóxicos, pneus, óleos, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos que criem formas de implementar sistemas de logística reversa para diminuir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desses resíduos. A PNRS serve como meio de compartilhar a responsabilidade pela reciclagem entre os vários agentes envolvidos, indo dos importadores até o consumidor final.

Dentre os resíduos eletroeletrônicos (REEE) produzidos em grande escala se podem citar as placas de circuito impresso (PCI) presentes em aparelhos como celulares, notebooks, desktops, etc. Os componentes das PCI possuem elementos químicos como o tântalo, titânio, silício, chumbo, etc. (OLIVEIRA, 2012). Esse tipo de resíduo podem causar inúmeros impactos ambientais, sendo eles relacionados às emissões de toxinas decorrentes do descarte inadequado em aterros sanitários, podendo acarretar na poluição do ar, do solo e das águas subterrâneas (WILLIAMS et al., 2008).

Portanto, a reciclagem das PCI é uma atividade bastante importante, visto que elas possuem metais perigosos como chumbo e cádmio que podem causar problemas respiratórios caso entrem em contato com os seres vivos.

As PCI também são compostas de metais preciosos como o ouro e a prata além de metais de base como o cobre e o zinco, sendo a sua reciclagem capaz de gerar incremento financeiro ao passo que é capaz de diminuir os efeitos nocivos causados ao meio ambiente. Devido a grande variedade de materiais existentes na composição das placas, a sua reciclagem pode se tornar complexa, sendo necessário realizar experimentos que facilitem o processo de obtenção dos metais de interesse.

Nas PCI há a presença da resina epóxi, que são polímeros utilizados na indústria química e tecnológica, sendo sua separação essencial e feita a partir de procedimentos de despolimerização que – de acordo com De Paoli (2008) apud Carmo (2018) – é a degradação para obtenção do manômero que deu origem ao polímero. A despolimerização se caracteriza pela quebra das ligações C-C em altas temperaturas, tendo como principal característica o alto rendimento conforme há o aumento na temperatura (CARMO, 2018).

Considerando a grande quantidade de computadores/desktops obsoletos na UFRN foi desenvolvido este estudo para criar uma metodologia para remover a resina epóxi presente nas placas para, então, atuar no reaproveitamento dos metais de interesse. Conforme Bentes (2008) a hidrólise ácida utilizando o ácido sulfúrico é comumente realizada, podendo variar aspectos como a temperatura e o tempo de reação.

O ácido sulfúrico tem capacidade de atuar na hidrólise das ligações entre os monômeros dos polímeros em temperaturas elevadas. (PAZSUN; SPYCHAJ, 1997 apud CARMO, 2018).

Metodologia

Para o processamento mecânico das placas de circuito impresso foi utilizada como metodologia de referência os procedimentos experimentais realizados por Melo (2017). Portanto, as PCI foram retiradas de computadores desktops obsoletos disponibilizados pelo Departamento de Materiais e Patrimônio (DMP) da UFRN, sendo inicialmente realizado o processo de desmantelamento das PCI para retirar os componentes eletrônicos mais grosseiros objetivando aperfeiçoar o processo de reaproveitamento dos componentes. Após o desmantelamento as PCI foram cortadas em partes menores de aproximadamente 4 cm² para então serem submetidas às reações com o ácido sulfúrico.

Os ensaios de despolimerização foram realizados a diferentes temperaturas (T) e tempos (t) utilizando-se como reagente o ácido sulfúrico concentrado. Na execução dos experimentos foram utilizados 5 ml do ácido concentrado reagindo nos tempos de trinta minutos à três horas em diferentes temperaturas com uma PCI diferente em cada ensaio. Para o controle das temperaturas as soluções contendo o ácido e as placas foram submetidas ao “banho-maria” conforme ilustrado no sistema da figura 1 a seguir:

Na figura 1 é possível observar o sistema reacional utilizado, sendo composto por um agitador magnético, um erlenmeyer (contendo água), um tubo de ensaio (contendo a solução de H₂SO₄ e PCI) e um termômetro para o controle da temperatura.

As variáveis na realização dos experimentos foram a temperatura e o tempo de reação, visto que a concentração do ácido sulfúrico permaneceu a mesma.

Resultados e Discussões

Os resultados obtidos na realização dos três diferentes ensaios feitos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C foram submetidos a um balanço de massa considerando-se as massas das PCI antes e depois do processo reacional. A figura 2 a seguir exemplifica o aspecto das PCI antes e depois da reação:

Como se pode observar através da figura 2 (a e b) houve a degradação das PCI conforme reagiram com o ácido sulfúrico. A seguir se dará início a exposição e discussão do potencial de despolimerização identificado de acordo com as reações realizadas em cada um dos ensaios experimentais.

Na tabela 1 a seguir estão descritos os resultados experimentais obtidos no ensaio realizado à temperatura de 50 °C. Observe:

Como observado na tabela 1 o potencial de despolimerização das PCI submetido à temperatura de 50 °C não apresenta grande eficiência quando o tempo de reação é inferior a duas horas de reação, sendo o melhor rendimento obtido o de 8,93% no experimento C para o tempo de duas horas.

O segundo ensaio foi realizado para a temperatura de 60 °C, onde foi possível observar melhores resultados quanto ao potencial de despolimerização como descrito na tabela 2 a seguir.

Conforme descrito na tabela 2 o potencial de despolimerização obteve, de maneira geral, resultados satisfatórios se comparado ao ensaio 1. O rendimento observado no experimento C foi de 8,88% sendo aproximadamente igual ao rendimento obtido no mesmo intervalo de tempo no ensaio anterior. O experimento D obteve um rendimento total de 9,17% sendo o melhor rendimento identificado até então. Quanto ao aspecto da solução observou-se que a coloração passou a ter um tom mais escuro diferente do tom avermelhado observado no primeiro ensaio.

O terceiro e último ensaio realizado ocorreu com a solução contendo o ácido sulfúrico e a PCI submetido à temperatura de 70 °C como está descrito na tabela 3 a seguir.

A partir dos dados da tabela 3 se pode observar que o potencial de despolimerização obteve melhores resultados a partir do tempo de uma hora de reação, tendo o rendimento chegado a 10,38% no experimento B, 9,61% no experimento C e 8,13% no experimento D. O ensaio realizado à temperatura de 70 °C foi o que obteve os melhores rendimentos se comparado aos ensaios analisados anteriormente. No que tange aos aspectos observados na solução de PCI e ácido sulfúrico se pode destacar que a solução apareceu ter um aspecto mais viscoso e uma tonalidade mais escura.

A partir dos resultados experimentais obtidos nas reações de despolimerização foi plotado o gráfico 1 a seguir para demonstrar graficamente a eficiência do potencial despolimerizante conforme houve o aumento na temperatura. Observe:

De acordo com o gráfico 1 é possível destacar que o potencial de despolimerização cresceu conforme houve o aumento de temperatura desde o tempo de reação inicial de 30 minutos. Ao contrário do que é observado no conjunto de reações realizadas a 50 °C onde a eficiência do método utilizado só apresentou bons resultados a partir do tempo de duas horas de reação, nas temperaturas de 60 °C e 70 °C o potencial despolimerizante atingiu bons resultados já no intervalo de tempo de 30 minutos, sendo o melhor rendimento atingido no conjunto de reações realizadas a 70 °C. Os resultados experimentais vão de encontro ao que é proposto pela literatura, visto que o H₂SO₄ concentrado funcionou como um bom agente despolimerizante conforme houve o aumento na temperatura envolvida na reação.

Conclusão

A dissolução da resina epóxi presente nas placas de circuito impresso de computadores/desktops obsoletos por meio do ácido sulfúrico concentrado possibilitou

observar que o potencial de despolimerização melhora conforme há o aumento da temperatura envolvida na reação, sendo o melhor percentual obtido por meio da análise gravimétrica o de 10,38% na temperatura de 70 °C.

O estudo da despolimerização das PCI usando o ácido sulfúrico como reagente é de extrema importância, tendo em vista que tem alto potencial econômico, pois é capaz de nortear a separação dos polímeros para uma posterior separação dos metais constituintes, sendo capaz de diminuir os impactos causados pelo descarte dos equipamentos eletroeletrônicos ao passo que é capaz de gerar incremento financeiro para a instituição a partir do reaproveitamento dos metais obtidos após os processos hidrometalúrgicos.

Referências

ABINE. São Paulo já reciclou 185 toneladas de lixo eletrônico. Disponível em: <http://www.clipping.abinee.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=299526&query=advsearch&search_by_section=111&sid=111&text>. Acesso em: 08 de agosto de 2019.

BENTES, V. L. I. Hidrólise básica de resíduos poliméricos de PET pós-consumo e degradação catalítica dos monômeros de partida. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, p. 100. 2008.

BRASIL. LEI N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Brasília, DF, ago 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 13 ago. 2019.

CARMO, E. S. Obtenção do ácido tereftálico através da despolimerização do PET pós consumo via hidrólise ácida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós Graduação de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 58. 2018.

MELO, R. A. C. Estudo da lixiviação de placas de circuito impresso de computadores desktops obsoletos da UFRN. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ), Departamento de Engenharia Química (DEQ), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 71. 2017.

OLIVEIRA, P. C. F. Valorização de Placas de Circuito Impresso por hidrometallurgia. Tese (Doutorado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, p. 290. 2012.

WILLIAMS, E.; KAHHAT, R.; ALLENBY, B.; KAVAZANJIAN, E.; KIM, J.; XU, M. Environmental, social, and economic implications of global reuse and recycling of personal computers. *Environmental Science & Technology*, v. 42. n. 17, p. 6446-6454, 2008.

Anexos

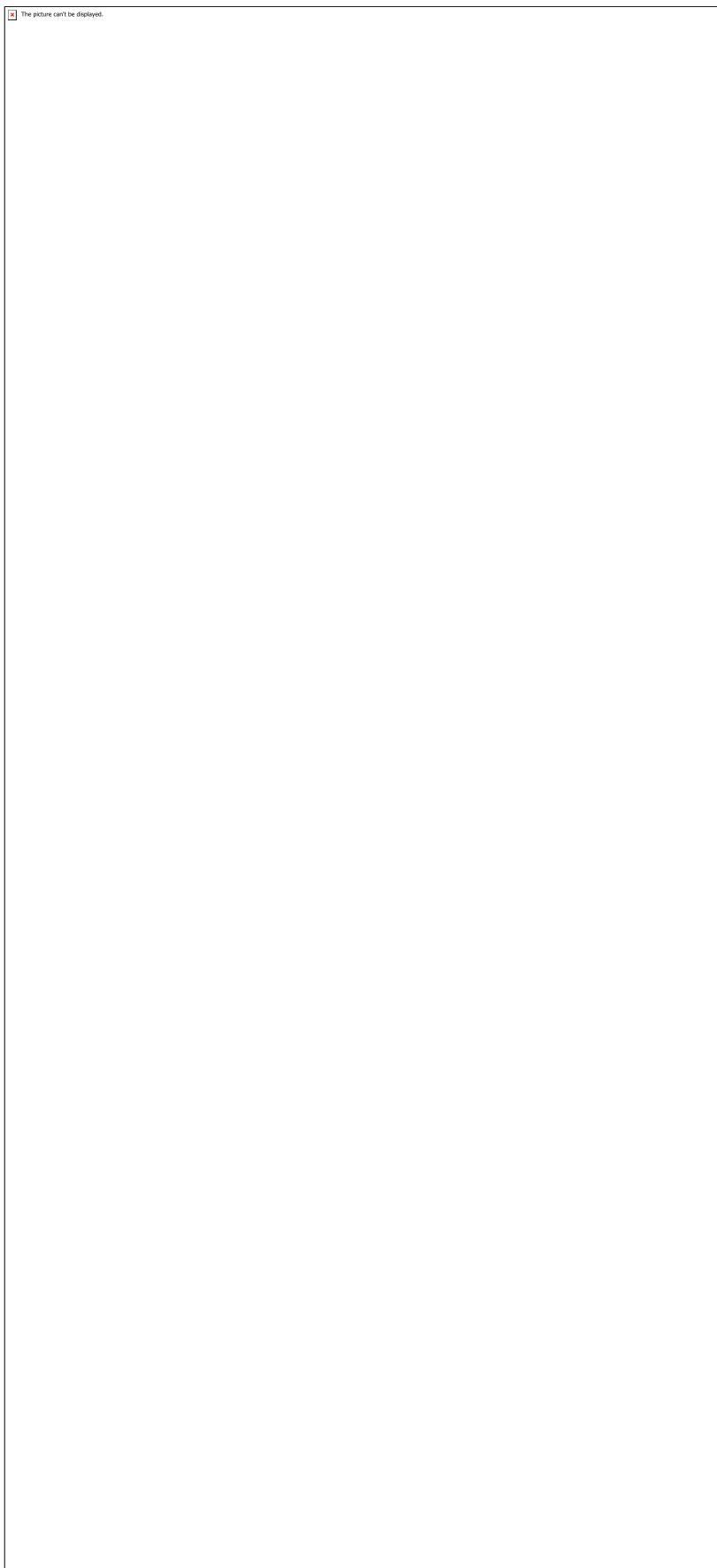


Figura 1 - Sistema reacional de despolimerização

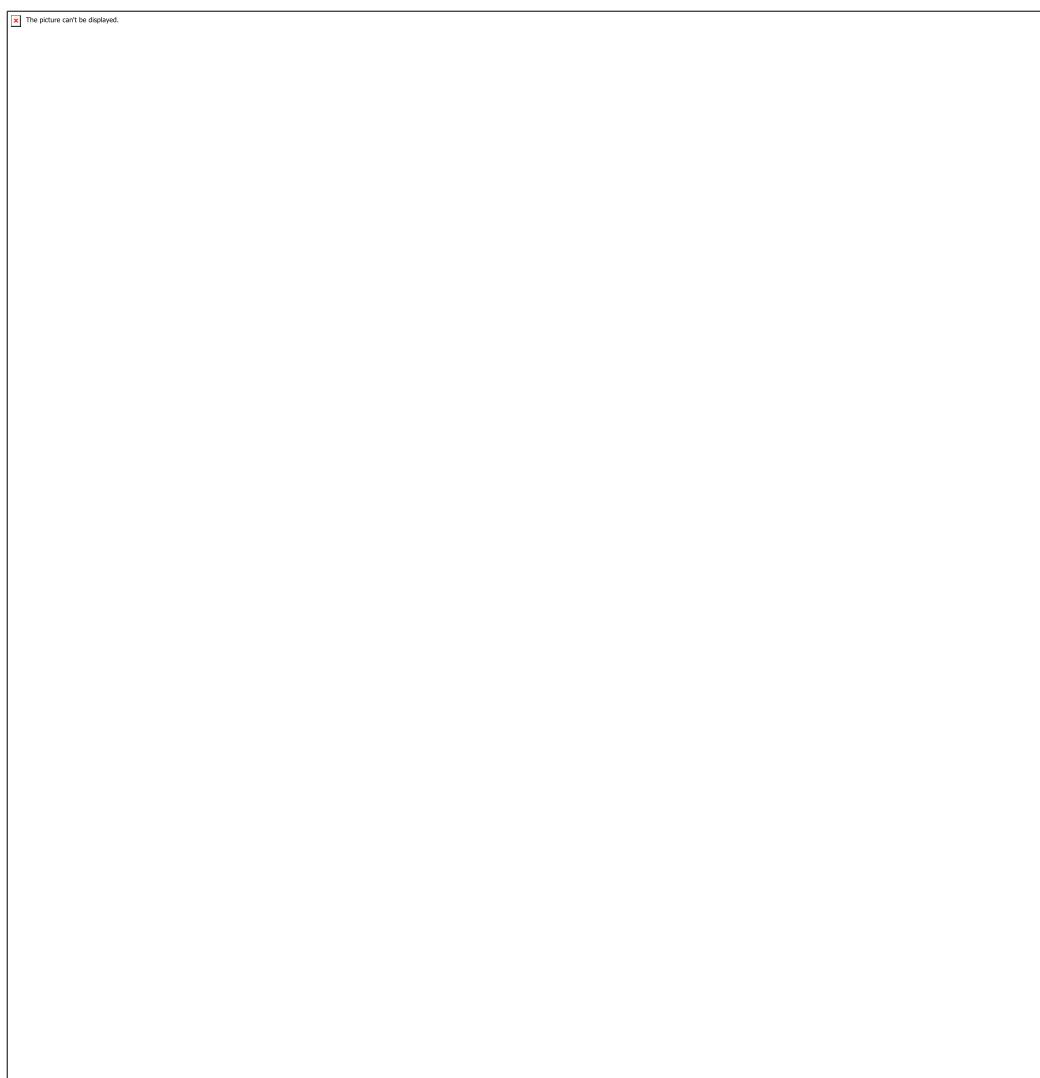


Figura 2a - PCI antes da reação

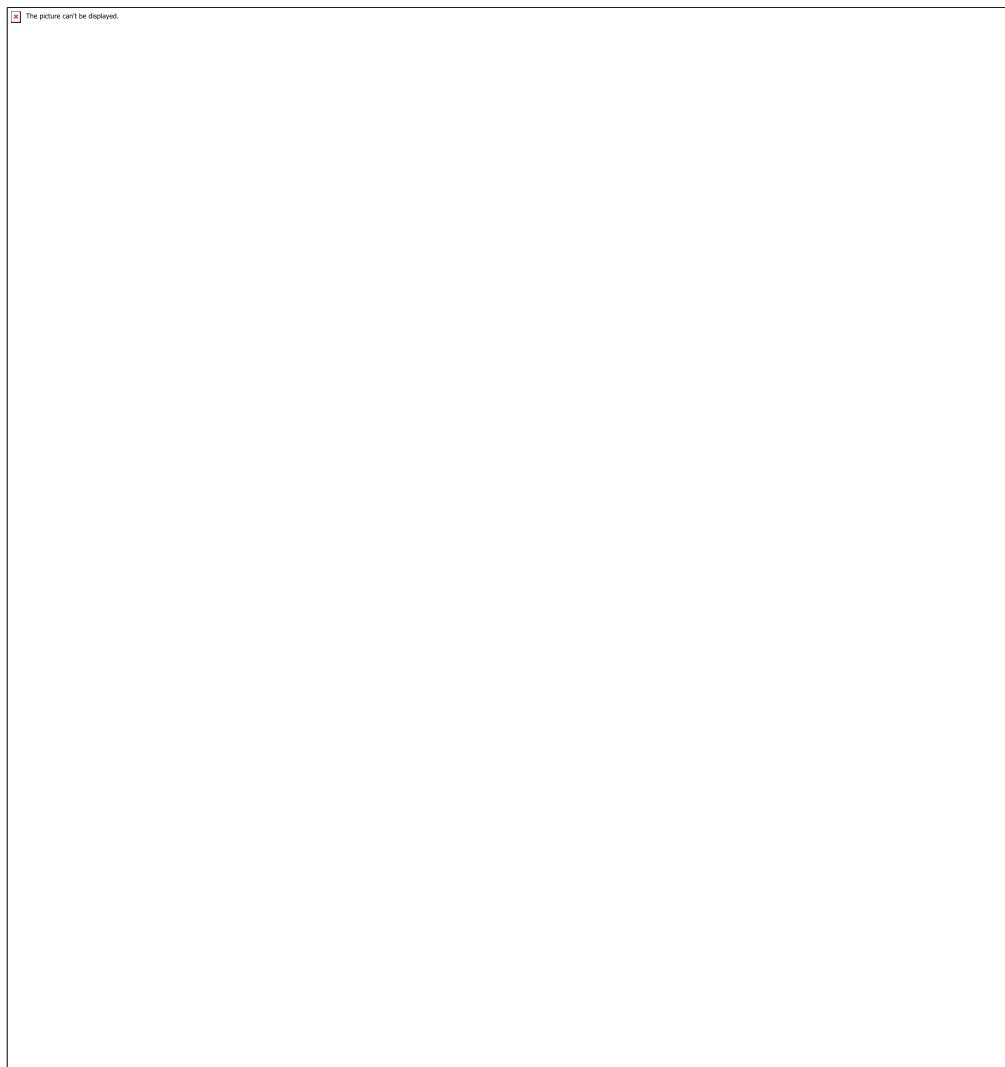


Figura 2b - PCI depois da reação



Tabela 1 - Resultados experimentais do ensaio 1

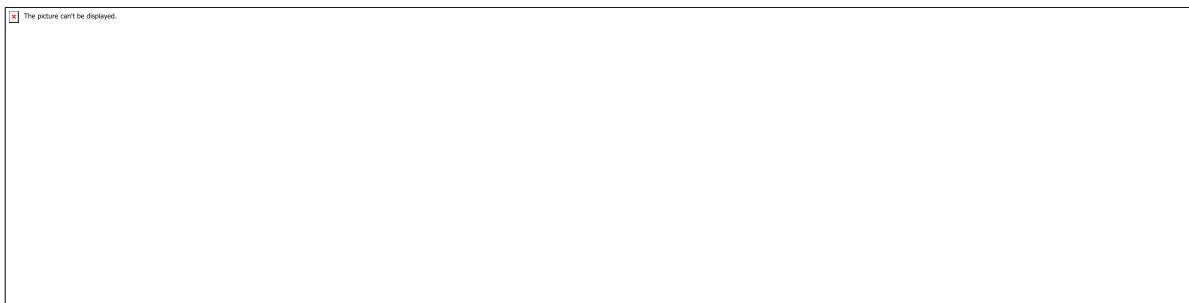


Tabela 2 - Resultados experimentais do ensaio 2

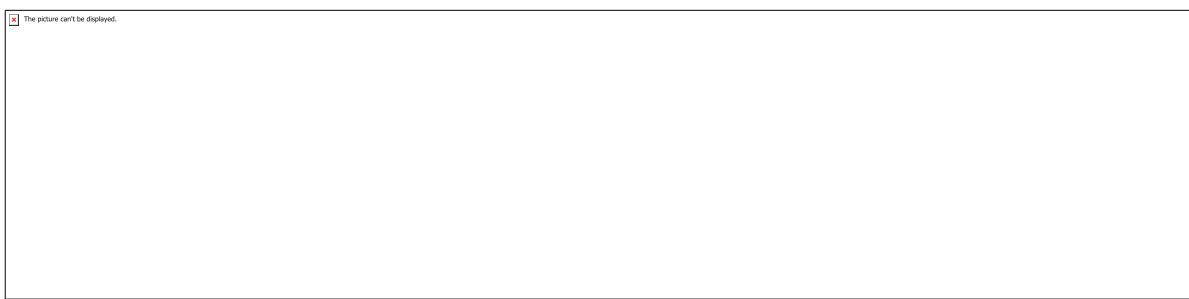


Tabela 3 - Resultados experimentais do ensaio 3

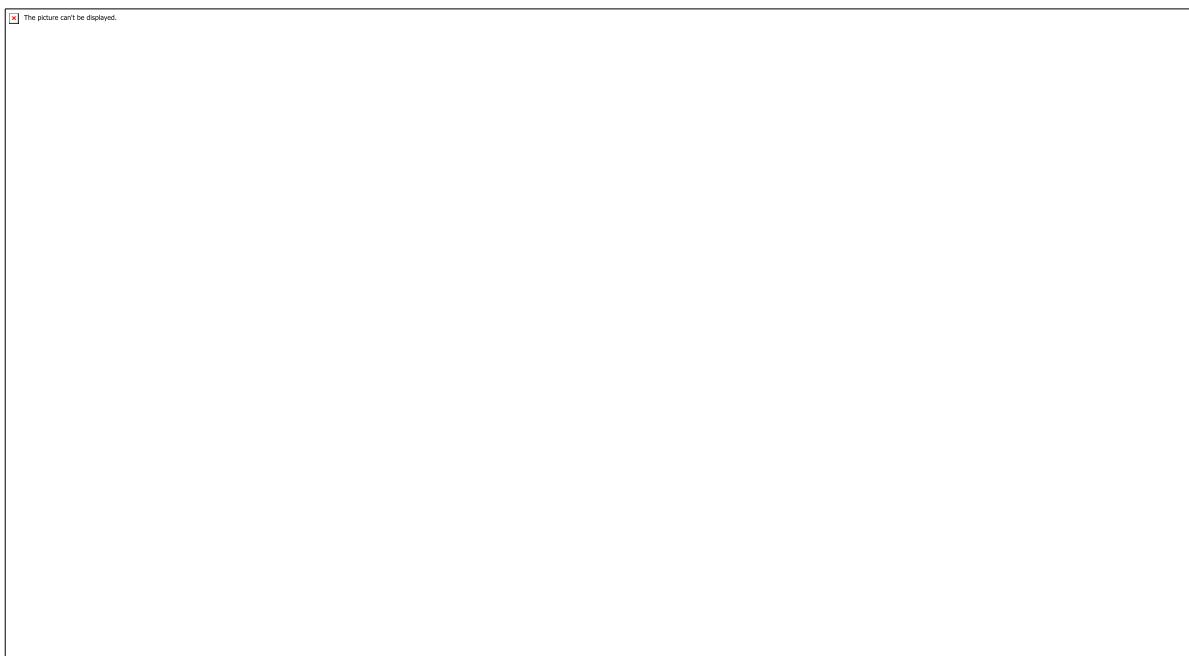


Gráfico 1 - Potencial de despolimerização

CÓDIGO: ET0932**AUTOR:** YASMIM GOMES DE OLIVEIRA**ORIENTADOR:** FABIANA VILLELA DA MOTTA**TÍTULO:** Síntese de nanocompósitos de Óxido de Grafeno (GO) com Cloreto de Prata (AgCl) com propriedades fotocatalíticas**Resumo**

Neste trabalho, obteve-se pós de óxido de grafeno (GO), cloreto de prata (AgCl) e compósitos AgCl/xGO, variando-se a concentração de GO em 1, 2, 4 e 8% em massa. Os compósitos foram caracterizados por difração de raios-X (DRX), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (SEM), absorbância na região do ultravioleta visível e espectroscopia de reflectância difusa. As propriedades fotocatalíticas dos pós foram estimadas pela variação da concentração do corante azul de metileno, quando iluminados por lâmpadas de UV. Os padrões de DRX mostram que a modificação do método Hummer's e a ponteira sonoquímica são eficazes na obtenção de pós de GO e AgCl, respectivamente. As imagens de SEM mostram a formação de nanopartículas de prata na superfície das partículas de AgCl e a interface formada entre as partículas de AgCl/GO. A adição de GO promoveu uma otimização das propriedades ópticas do AgCl, aumentando sua absorção para maiores comprimentos de onda e reduzindo a sua Egap. A interface gerada pelo AgCl/GO gera um aumento na eficiência fotocatalítica do compósito, pelo impedimento da recombinação dos pares elétron/buraco (e^-/h^+). Após 3 minutos de exposição à radiação UV, o compósito AgCl/8%GO degradou completamente o corante, enquanto que a amostra de AgCl puro degradou 75.3%.

Palavras-chave: Óxido de grafeno; cloreto de prata; AgCl/xGO; fotocatálise.**TITLE:** Photocatalytic properties of AgCl/xGO composite obtained by facile synthesis**Abstract**

In this work, the composite of silver chloride and graphene oxide (AgCl/xGO) was obtained varying the concentration of GO in 1, 2, 4 and 8% of mass. The composites were characterized by X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), field scanning electron microscopy (SEM), absorbance in the visible ultraviolet region and reflectance spectroscopy diffuse. The photocatalytic properties of the powders were estimated by the varying the concentration of the methylene blue. The XRD patterns showed that the modification of the Hummer's method and the sonochemistry tip were effective in obtaining GO and AgCl powders, respectively. The SEM images show the formation of silver nanoparticles on the surface of AgCl particles and the interface formed between the particles AgCl-GO. The addition of GO promoted an optimization of the optical properties of AgCl, increasing its absorption to longer wavelengths and reducing its Egap. The interface generated by AgCl-GO generates an increase in the photocatalytic efficiency of the composite, by impeding recombination of the pairs electron/hole (e^-/h^+). After 3 minutes of exposure to UV radiation, the AgCl-8% GO composite completely degraded the dye, while the pure AgCl sample degraded 75.3%.

Keywords: Graphene oxide; silver chloride; AgCl/xGO; photocatalysis.

Introdução

Compostos de prata tem ganhado grande atenção nas últimas décadas, devido seu elevado potencial em áreas como catálise [1], células combustíveis [2], baterias íon-lítio [3], etc. O AgCl é um composto também muito estudado devido sua elevada eficiência na degradação de materiais orgânicos [4-6]. Óxido de grafeno (GO) é um composto a base de carbono, com estrutura lamelar, fazendo com que possua uma elevada área superficial e aplicabilidade em diversas áreas tecnológicas [7]. Sua elevada área superficial o torna um material com excelentes propriedades adsorvente [8]. Labhane et al. [9] mostrou que a atividade fotocatalítica do ZnO é melhorada com a adição de óxido de grafeno.

Neste trabalho, obteve-se pós de cloreto de prata (AgCl) e óxido de grafeno (GO) para obtenção do compósito AgCl/xGO ($x = 0, 1, 2, 4$ e 8% massa). Os pós foram caracterizados por difração de raios-X (DRX), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (SEM), espectroscopia de absorbância na região do ultravioleta visível, espectroscopia de reflectância difusa e as propriedades fotocatalíticas foram estimadas pela degradação do corante azul de metileno.

Metodologia

O óxido de grafeno foi obtido através do grafite em flocos e o nitrato de sódio que foram mantidos sob agitação com ácido sulfúrico por 1 hora. Em seguida o permanganato de potássio foi adicionado gradualmente, com temperatura inferior a 20°C em banho de gelo. A solução então permaneceu sob agitação a uma temperatura de 35°C por 14 horas. Água deionizada foi adicionada e manteve a solução sob vigorosa agitação por 1 hora. A solução então foi tratada com peróxido de hidrogênio (30%) por 30 minutos, para completar a reação com o permanganato de potássio. Por fim a mistura foi lavada e filtrada com ácido clorídrico e água deionizada.

Para obtenção dos pós de Cloreto de prata, nitrato de prata, cloreto de sódio e PVP foram adicionados com de água deionizada e mantidos sob agitação por 15 minutos, em seguida levada para a ponteira sonoquímica por 30 minutos. O compósito AgCl/xGO (com $x = 0, 1, 2, 4$ e 8% massa) foi preparado com os pós de AgCl e GO em 50 mL de água deionizada sob agitação magnética por 3 horas.

As composições foram caracterizadas através do difratômetro difração de raio X (DRX), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEV-FEG), espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis). As propriedades fotocatalíticas dos materiais foram testadas frente a concentração do corante azul de metileno, sob radiação UV-Vis.

Resultados e Discussões

Os resultados de DRX mostram a síntese do AgCl foi obtida com sucesso, sem a formação de fases secundárias. Os compósitos apresentaram um padrão de difração, com ausência do pico de GO devido a sua redução [10-11].

Os resultados de FTIR indicam que a banda de todas as amostras em torno podem ser associadas a vibrações de alongamento da ligação Ag-Cl. Houve também o aparecimento de bandas associadas a vibrações de alongamento das ligações C-O-C e C=C[12,13]. Vibrações de moléculas livres de água e grupo OH adsorvidas na superfície do óxido foram detectadas[1,14].

Com o MEV foi observado na síntese do AgCl, a formação de nanopartículas de prata metálica na sua superfície que promove o aumento das propriedades eletrônicas[15]. E a irregularidade da superfície do GO que caracteriza sua elevada área superficial e maximização de suas propriedades correlacionadas. Em relação aos compósitos foi visto que as partículas de AgCl se depositaram nas camadas do GO, conferindo aumento das sua propriedades físicas e mecânicas[16,17].

A capacidade de absorção obtida pelo espectro de ultravioleta visível caracterizou o deslocamento do pico de absorção máxima em função da adição do GO. O método usado na obtenção do GO induz a formação de grupos funcionais com oxigênio entre camadas gerando defeitos e aumentando absorção de maiores comprimentos de onda.

Com a espectroscopia de reflectância difusa os valores de Egap para AgCl estão de acordo com a literatura. Para os compósitos a adição de GO promoveu a redução da Egap [18-20].

A atividade photocatalítica foi obtida em função da variação do MB, iluminado por radiação UV-Vis. em 4 min. A adição de GO promove a redução da concentração do corante em menor tempo.

Conclusão

Os métodos de síntese utilizados se mostraram eficientes para a produção dos produtos desejados. O padrão de DRX mostra que AgCl é facilmente produzido pela síntese sonoquímica, obtendo elevada cristalinidade e não havendo formação de fases secundárias. A modificação do método Hummer's também se mostrou eficiente para obtenção do GO, com o aparecimento de seu pico característico em 10°. Os espectros de FTIR mostram que em todos os compósitos se têm a presença dos grupos funcionais característicos do GO. As imagens de SEM mostraram que a utilização de agitação mecânica é eficiente na obtenção do compósito AgCl/xGO, ocorrendo a formação de interface entre os componentes. A adição de GO promoveu melhorias significativas nas propriedades ópticas do AgCl. Os espectros de absorbância mostram que o GO promove maior absorção em comprimentos de onda maiores que 400 nm. O aumento da quantidade de GO promove uma redução na Egap dos compósitos, indicando uma menor energia necessária para a excitação de seus elétrons para a banda de condução. Os pós obtidos, principalmente os compósitos AgCl/xGO, se mostraram muito eficientes na redução da concentração do corante azul de metileno, onde a amostra com 8% GO o degradou completamente em apenas 3 minutos, quando iluminado por radiação UV.

Referências

- [1] M.L. Yola, T. Eren, N. Atar, S. Wang, Adsorptive and photocatalytic removal of reactive dyes by silver nanoparticle-colemanite ore waste, *Chem. Eng. J.*, 242 (2014) 333-340.
- [2] M. Shamsipur, L. Farzin, M. Amouzadeh Tabrizi, S. Sheibani, Functionalized Fe₃O₄/graphene oxide nanocomposites with hairpin aptamers for the separation and preconcentration of trace Pb²⁺ from biological samples prior to determination by ICP MS, *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 77 (2017) 459-469.
- [3] N. Atar, T. Eren, M.L. Yola, H. Gerengi, S. Wang, Fe@Ag nanoparticles decorated reduced graphene oxide as ultrahigh capacity anode material for lithium-ion battery, *Ionics*, 21 (2015) 3185-3192.
- [4] N.F.A. Neto, L.M.P. Garcia, E. Longo, M.S. Li, C.A. Paskocimas, M.R.D. Bomio, F.V. Motta, Photoluminescence and photocatalytic properties of Ag/AgCl synthesized by sonochemistry: statistical experimental design, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28 (2017) 12273-12281.
- [5] Y. Pang, L. Song, C. Chen, L. Ge, Cu(II) cocatalyst modified Ag@AgCl cubic cages with enhanced visible light photocatalytic activity and stability, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28 (2017) 12572-12579.
- [6] W.-L. Dai, H. Xu, L.-X. Yang, X.-B. Luo, X.-M. Tu, Y. Luo, Ultrasonic-assisted facile synthesis of plasmonic Ag@AgCl cuboids with high visible light photocatalytic performance for Rhodamine B degradation, *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 115 (2015) 773-786.
- [7] A. Hosseinzadeh, S. Bidmeshkipour, Y. Abdi, E. Arzi, S. Mohajerzadeh, Graphene Based Strain Sensors: A Comparative study on Graphene and its Derivatives, *Applied Surface Science*.
- [8] P. Luo, X. Guan, Y. Yu, X. Li, New insight into electrooxidation of graphene into graphene quantum dots, *Chemical Physics Letters*, 690 (2017) 129-132.
- [9] P.K. Labhane, S.H. Sonawane, G.H. Sonawane, S.P. Patil, V.R. Huse, Influence of Mg doping on ZnO nanoparticles decorated on graphene oxide (GO) crumpled paper like sheet and its high photo catalytic performance under sunlight, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 114 (2018) 71-82.
- [10] J. Ma, J. Liu, W. Zhu, W. Qin, Solubility study on the surfactants functionalized reduced graphene oxide, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 538 (2018) 79-85.
- [11] P. Kumar, S. Som, M.K. Pandey, S. Das, A. Chanda, J. Singh, Investigations on optical properties of ZnO decorated graphene oxide (ZnO@GO) and reduced graphene oxide (ZnO@r-GO), *Journal of Alloys and Compounds*, 744 (2018) 64-74.
- [12] A. Hosseinzadeh, S. Bidmeshkipour, Y. Abdi, E. Arzi, S. Mohajerzadeh, Graphene based strain sensors: A comparative study on graphene and its derivatives, *Applied Surface Science*, 448 (2018) 71-77.

- [13] M.E. Uddin, R.K. Layek, N.H. Kim, D. Hui, J.H. Lee, Preparation and properties of reduced graphene oxide/polyacrylonitrile nanocomposites using polyvinyl phenol, Composites Part B: Engineering, 80 (2015) 238-245.
- [14] C. Gautam, A.K. Yadav, V.K. Mishra, K. Vikram, Synthesis, IR and Raman Spectroscopic Studies of $(Ba, Sr)TiO_3$ Borosilicate Glasses with Addition of La^{2+} , Open Journal of Inorganic Non-metallic Materials, Vol.02No.04 (2012) 8.
- [15] P. Wang, C. Yu, J. Ding, X. Wang, H. Yu, Facile synthesis and improved photocatalytic performance of Ag-AgCl photocatalyst by loading basic zinc carbonate, Journal of Alloys and Compounds, 752 (2018) 238-246.
- [16] V. Siahpoush, S. Ahmadi-kandjani, A. Nikniazi, Effect of plasmonic coupling on photothermal behavior of random nanoparticles, Optics Communications, 420 (2018) 52-58.
- [17] J. Li, X.a. Dong, Y. Sun, W. Cen, F. Dong, Facet-dependent interfacial charge separation and transfer in plasmonic photocatalysts, Applied Catalysis B: Environmental, 226 (2018) 269-277.
- [18] A.G. Bannov, A. Manakhov, A.A. Shibaev, A.V. Ukhina, J. Polčák, E.A. Maksimovskii, Synthesis dynamics of graphite oxide, Thermochimica Acta, 663 (2018) 165-175.
- [19] G. Shao, Y. Lu, F. Wu, C. Yang, F. Zeng, Q. Wu, Graphene oxide: the mechanisms of oxidation and exfoliation, Journal of Materials Science, 47 (2012) 4400-4409.
- [20] N.E. Sorokina, O.N. Shornikova, V.V. Avdeev, Stability limits of graphite intercalation compounds in the systems graphite-HNO₃(H₂SO₄)-H₂O-KMnO₄, Inorganic Materials, 43 (2007) 822-826.

Anexos

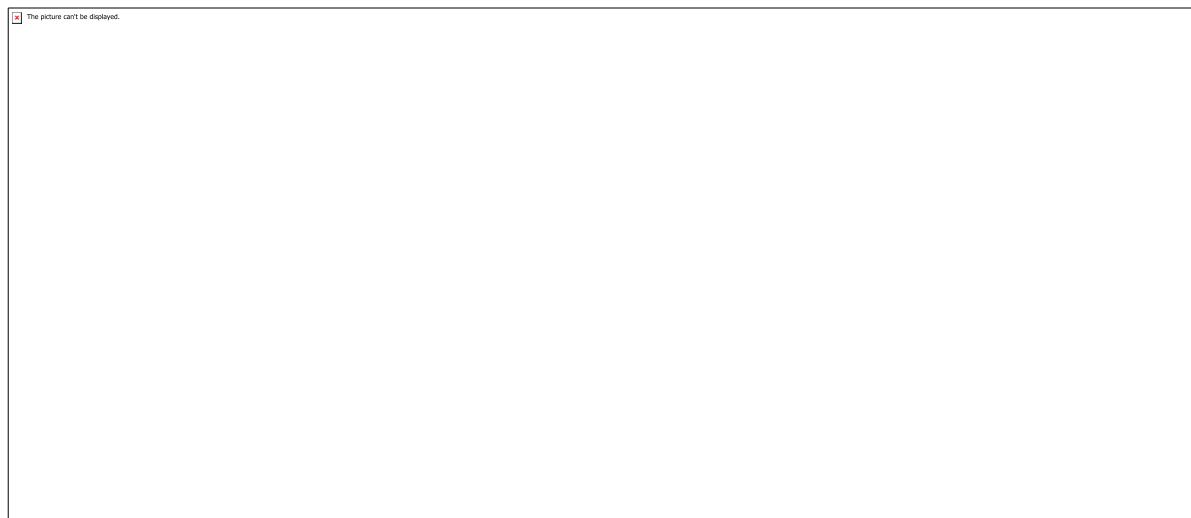


Figura 1 - Padrões de DRX para as amostras de grafite, GO, AgCl e os compósitos AgCl/xGO ($x = 1, 2, 4$ e 8% massa).

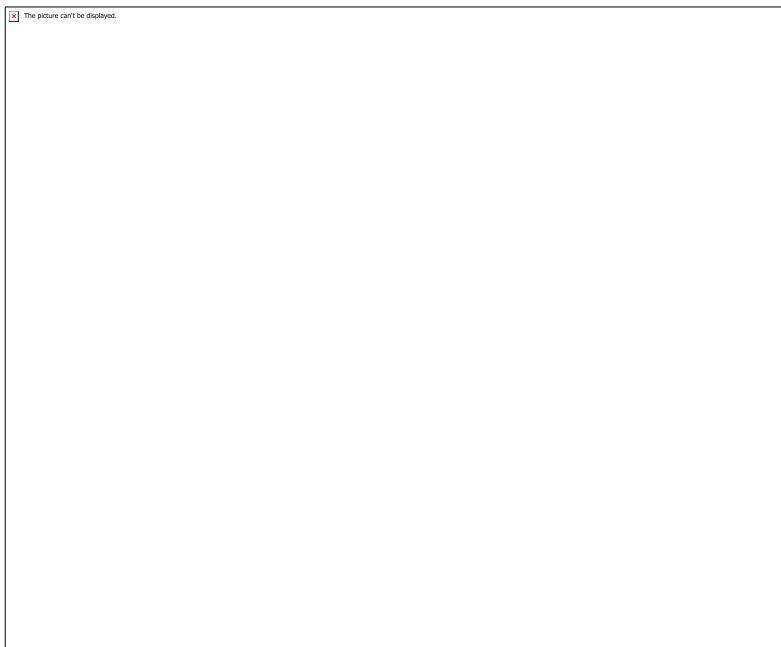


Figura 2 - Espectros de FTIR obtidos para as amostras de (a) AgCl, (b) AgCl/1%GO, (c) AgCl/2%GO, (d) AgCl/4%GO e (e) AgCl/8%GO.



Figura 3 – Micrografias obtidas por SEM para os pós de (a) AgCl, (b) GO, (c-d) AgCl/1%GO, (e-f) AgCl/2%GO, (g-h) AgCl/4%GO e (i-j) AgCl/8%GO.

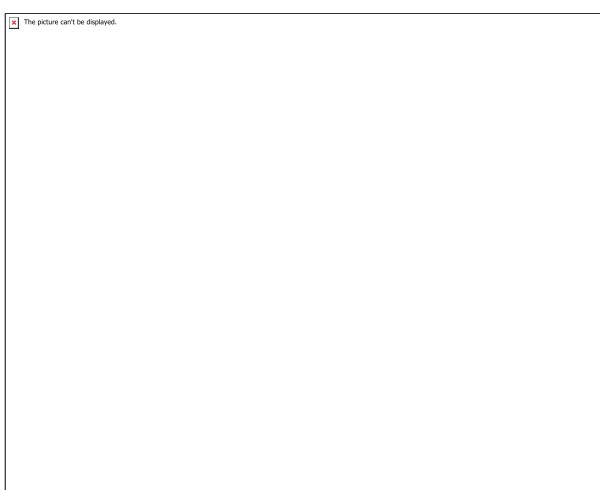


Figura 4 - Espectro de absorbância na região do ultravioleta visível para as amostras AgCl/xGO ($x = 0, 1, 2, 4$ e 8%).

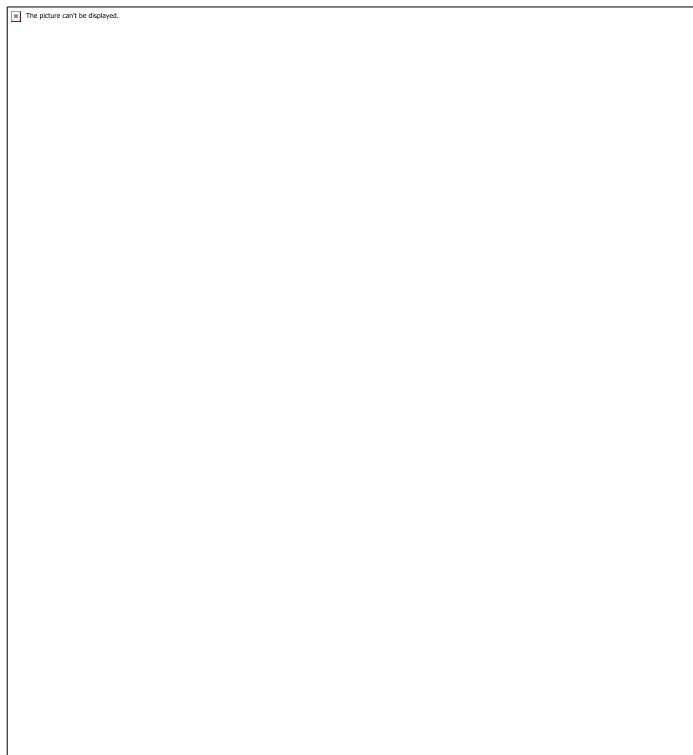


Figura 5 – Extrapolação da porção linear da curva de absorbância versus energia de fóton para (a) AgCl, (b) AgCl/1%GO, (c) AgCl/2%GO, (d) AgCl/4%GO e (e) AgCl/8%GO e representação da variação da Egap aumento GO.

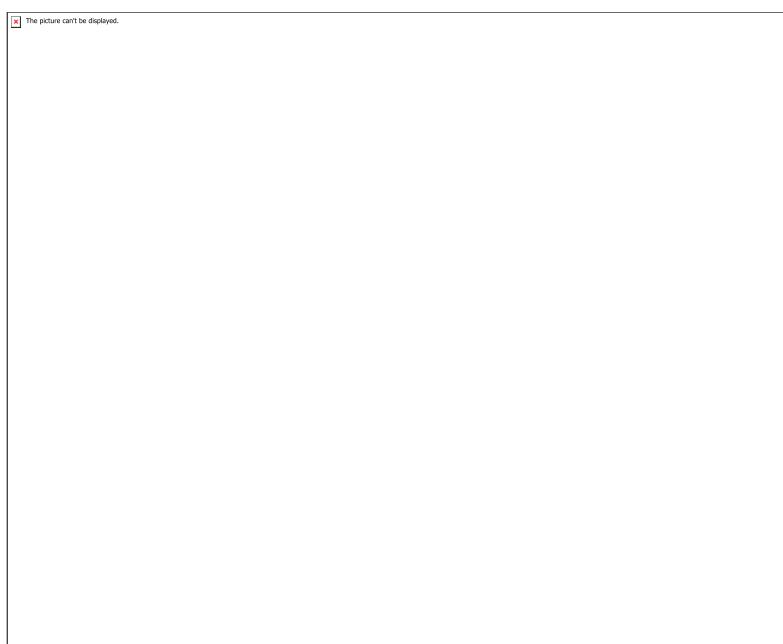


Figura 6 - (a) Variação da absorbância para o AgCl, (b) Variação da concentração do MB pelo tempo de ensaio para AgCl e AgCl/xGO ($x = 1, 2, 4$ e 8%) e (c) Comparaçāo da porcentagem de degradação sem e com catalisador.

CÓDIGO: ET0944

AUTOR: SILDOLFO FRANCISCO GOMES NETO

COAUTOR: JOSÉ MARTINS CASTRO NETO

ORIENTADOR: VICENTE ANGELO DE SOUSA JUNIOR

TÍTULO: Concepção e Análise de desempenho de funcionalidades dos sistemas 3GPP para o 5G-eMBB

Resumo

A literatura recente demonstrou resultados promissores de implantações de Long-Term Evolution (LTE) em bandas não licenciadas ao coexistir com redes Wi-Fi por meio da abordagem de Duty-Cycle (DC). No entanto, sabe-se que o desempenho na coexistência depende fortemente dos padrões de tráfego e da taxa ON-OFF do Duty-Cycle. A maioria das soluções DC depende da configuração de parâmetros de coexistência estática; portanto, o desempenho na vida real em cenários dinamicamente variáveis pode ser afetado. Técnicas avançadas de aprendizado por reforço podem ser usadas para ajustar os parâmetros do DC para uma coexistência eficiente, e propomos um mecanismo de Transmissão Adaptativa com Detecção de Portadora com Q-learning que adapta a razão de tempo ON-OFF do Duty-Cycle à taxa de dados transmitida, com o objetivo de maximizar a taxa de transferência agregada do Wi-Fi e LTE Unlicensed (LTE-U). O problema é formulado como um processo de decisão de Markov, e a solução de Q-learning para encontrar a melhor razão de tempo ON-OFF do LTE-U é baseada na equação de Bellman. Avaliamos o desempenho da solução proposta para diferentes cenários de carga de tráfego usando o simulador ns-3. Os resultados demonstram os benefícios da adaptabilidade às mudanças nas circunstâncias do método proposto em termos de taxa de transferência agregada de Wi-Fi/LTE, além de alcançar uma coexistência justa.

Palavras-chave: NR-U, LTE-U, LTE-LAA, WiFi, eMBB, Coexistência, Q-Learning

TITLE: Conception and performance analysis of 3GPP system functionalities for 5G-eMBB

Abstract

Recent literature demonstrated promising results of Long-Term Evolution (LTE) deployments over unlicensed bands when coexisting with Wi-Fi networks via the Duty-Cycle (DC) approach. However, it is known that performance in coexistence is strongly dependent on traffic patterns and on the duty-cycle ON-OFF rate of LTE. Most DC solutions rely on static coexistence parameters configuration, hence real-life performance in dynamically varying scenarios might be affected. Advanced reinforcement learning techniques may be used to adjust DC parameters towards efficient coexistence, and we propose a Q-learning Carrier-Sensing Adaptive Transmission mechanism which adapts LTE duty-cycle ON-OFF time ratio to the transmitted data rate, aiming at maximizing the Wi-Fi and LTE-Unlicensed (LTE-U) aggregated throughput. The problem is formulated as a Markov decision process, and

the Q-learning solution for finding the best LTE-U ON-OFF time ratio is based on the Bellman's equation. We evaluate the performance of the proposed solution for different traffic load scenarios using the ns-3 simulator. Results demonstrate the benefits from the adaptability to changing circumstances of the proposed method in terms of Wi-Fi/LTE aggregated throughput, as well as achieving a fair coexistence.

Keywords: NR-U, LTE-U, LTE-LAA, WiFi, eMBB, Coexistence, Q-Learning

Introdução

O crescimento da demanda por banda larga móvel (*Mobile Broadband – MBB*) e a escassez de espectro licenciado desafia as operadoras a aumentar a capacidade das redes LTE (*Long-Term Evolution*), comercialmente conhecidas como redes 4G. Neste cenário as operadoras tendem a implantar as redes LTE no espectro não licenciado para a descarga do tráfego móvel [1]. Além disso, um dos casos do 5G, eMBB (*Enhanced Mobile Broadband*), promete aumentar a taxa mínima de dados por usuário exigindo cada vez mais a demanda por espectro. Diante dessa situação, a indústria de telecomunicações e órgãos de padronização fizeram algumas tentativas para aumentar a capacidade das redes LTE. Para operação em banda não-licenciada, a faixa de interesse é a 5 GHz ISM, caracterizada por menor congestionamento de tecnologias e disponibilidade de uma banda de aproximadamente 600 MHz [1]. No entanto, essa faixa já está sendo ocupada por redes Wi-Fi (IEEE 802.11a/n/ac/ax) [2], transmissões de radar meteorológico, dispositivos médicos e outros sistemas sem fio. Portanto, faz-se necessário que o LTE coexista adequadamente com essas tecnologias no espectro não licenciado, já que ele foi projetado para operar em espectro licenciado.

Existem algumas alternativas tecnológicas para implantação do LTE em espectro não licenciado. Uma das primeiras propostas foi feita pela Qualcomm [3], que propôs explorar o recurso já existente de CA (*Carrier Aggregation*), consistindo em agrregar múltiplos canais (não-contíguos), e usar canais secundários (*downlink*) no espectro não licenciado. A proposta estava voltada para implantação de operadoras móveis nos EUA, Coréia do Sul e Índia, regiões onde a regulamentação não exige o uso de um mecanismo específico para acesso ao meio. Tal proposta levou à tecnologia chamada LTE-U (*LTE Unlicensed*) que está sendo desenvolvida pelo LTE-U Forum [5]. Esta tecnologia apresenta como principal característica a existência de períodos ON e OFF, atribuído a um valor de DC (Ciclo de Trabalho – *Duty-Cycle*), no qual o LTE “liga” e “desliga” para permitir a transmissão do Wi-Fi, dando origem ao nome LTE-DC.

O 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) em seu LTE Release 13 [6] introduziu o LAA (*License-Assisted Access*) para operação em célula secundária, com o objetivo em atuar em regiões como Europa e Japão, onde a regulamentação exige um mecanismo de acesso ao meio, conhecido por LBT (*Listen Before Talk*), que “escuta” o canal antes de transmitir, buscando evitar interferência em outros sistemas. O LAA também explora a agregação de uma célula primária, destinada a garantir a QoS (*Qualidade do Serviço - Quality of Service*) e sinais de controle, com uma célula secundária operando no espectro não licenciado. No mesmo período, a Qualcomm lança uma tecnologia proprietária que não necessita de célula licenciada, chamada de MuLTEFire [8], atuando completamente em espectro não licenciado.

No final de 2018, no Rel. 16 [19], o 3GPP acordou em um item de trabalho suportar o 5G NR (*5G New Radio*) em espectro não licenciado, conhecido por NR-U (*New Radio Unlicensed*). O item inclui suporte ao acesso licenciado assistido (usando canais

ancorados em LTE ou 5G NR) e independente (sem âncoras). Além disso, as redes ultra densas 5G NR precisam de protocolos mais avançados, como o LBT cooperativo para reduzir a probabilidade de colisão [22], e a técnica pairLBT, que melhora a capacidade de realizar detecção de portadora, evitando problemas de nós ocultos [23]. Isso faz com que o estudo do impacto de mecanismos de coexistência entre redes LTE e Wi-Fi, tema deste trabalho, tenha relevância também no cenário 5G eMBB.

Este artigo apresenta a análise de desempenho entre o LTE-DC e o Wi-Fi em cenário simples e, além disso, propõe-se uma solução mais inteligente na tomada de decisão do valor do DC, considerando a taxa agregada do sistema. Em seguida é exposta à metodologia e a discussão dos resultados. Por fim, conclusões mais gerais sobre o método proposto são apresentadas.

Metodologia

Este trabalho utiliza a metodologia de simulação computacional para complementar a investigação analítica. Este método é conveniente e indicado pelos principais órgãos de padronização de telecomunicações (3GPP, IEEE, etc.) [11] [12], no sentido de que os cenários de comunicações móveis possuem naturalmente alto grau de variabilidade e caracterização estatística, levando a uma notável dificuldade da investigação analítica. Assim, parte deste trabalho usa simulações para análise de desempenho com o auxílio do simulador *ns-3*.

O *ns-3* [13] é um simulador de redes baseado em eventos discretos desenvolvido especialmente para pesquisa e uso educacional. Foi criado oficialmente em 2006 pela Universidade de Washington, pela *INRIA Sophia Antipolis* e pela *Georgia Tech University*. A perspectiva de crescimento do simulador é positiva e possui vários fomentos de origem privada como o *Google Summer of Code* [14]. Por esses motivos, o *ns-3* foi escolhido como ferramenta de prototipagem nas análises de desempenho sistêmica deste trabalho.

2.1. MODELAGEM DA COEXISTÊNCIA ENTRE LTE E WI-FI

O código que modela a coexistência entre redes LTE e Wi-Fi é mantido em um repositório chamado *laa/ns-3-lbt* [15], separado do principal. Esse repositório é resultado do investimento da Wi-Fi Alliance e conduzido pelo CTTC (*Centre Tecnològic de Telecommunications de Catalunya*) e pela Universidade de Whashington [16]. Foram desenvolvidos dois novos modos de transmissão do LTE: **(i) o LTE Duty-Cycle (LTE-DC); e (ii) o LTE Listen Before Talk (LTE-LBT)**. Adicionalmente, estão disponíveis alguns cenários de avaliação (e.g, *indoor*) definidos em [17]. A seguir são mostrados alguns detalhes do design LTE-DC desse projeto.

LTE-DC: para incorporar várias maneiras de acessar ao meio, a classe *ChannelAccessManager* foi especializada para a classe *DutyCycleAccessManager*. O projeto do LTE-DC é baseado na funcionalidade ABS (*Almost Blank Subframe*) introduzido por [20]. Essa funcionalidade desabilita as transmissões LTE em determinados *subframes*. Esse componente é implementado em um padrão específico de ABS com duração de 40 ms. O ABS é configurado com uma máscara de bits de 40

valores (um por LTE TTI, Intervalo de Tempo de Transmissão - *Transmission Time Interval*), de acordo com o formato especificado por [21].

2.2. MODELAGEM DA SOLUÇÃO PROPOSTA

A Qualcomm fornece uma solução proprietária, denominada CSAT (Transmissão Adaptativa com Detecção de Portadora - *Carrier-Sensing Adaptive Transmission*), para a implantação do padrão LTE-U. No entanto, o algoritmo da Qualcomm para definir a taxa de tempo ON-OFF não é revelado.

A solução CSAT se encaixa em uma modelagem analítica muito comum chamada MDP (*Markov Decision Process*). Portanto, pode-se observar o problema da alteração adaptativa do DC como na representação da Figura 1. Assim, o algoritmo (agente) instalado em um AP (Ponto de Acesso - *Access Point*) LTE, do qual se encontra em determinado estado, toma uma ação e recebe como consequência do ambiente uma recompensa ou punição para tal par estado/ação, passando para um novo estado e reiniciando o ciclo. Uma forma clássica de resolver uma MDP é usar as equações de *Bellman*. Apesar de ser uma solução elegante, a modelagem do problema requer o conhecimento de todas as probabilidades de transição e as recompensas associadas. Em um problema de comunicações móveis existe uma infinidade de variáveis que podem influenciar nessa modelagem, tornando-a inviável.

Dada à inviabilidade de resolver as equações de Bellman em determinadas situações, estratégias de *machine learning* podem ser usadas na resolução de MDPs. Uma delas é o *Q-learning*. Essa técnica de aprendizado por reforço classificada como *model-free*, irá atribuir um valor, *Q-value*, para cada par estado/ação e, com isso, consegue-se avaliar as equações de Bellman a partir de informações recebidas do sistema.

Uma limitação, que deve ser destacada nesse algoritmo, é que a cadeia Markoviana em análise dever ser completamente observável e finita. Em outras palavras, é preciso ter uma quantidade de estados e ações presentes na MDP, para que o algoritmo consiga associar um *Q-value* a cada par (estado/ação). Assim, o agente é capaz de aprender, através de tentativa e erro, uma política que indica qual ação ideal tomar sob quais circunstâncias. Por essa razão, o *Q-learning* é altamente adequado para resolver problemas de decisão de Markov sem o conhecimento das probabilidades de transição.

O algoritmo precisa basicamente da definição de três variáveis:

- Os estados do sistema;
- As ações que o agente poderá exercer;
- A recompensa imediata por cada ação.

Assim, partindo de uma abordagem simples que possibilite estender sua aplicação também para um contexto prático, os seguintes critérios técnicos foram levados em consideração:

- O agente será um AP LTE-DC no qual o Q-learning estará instalado;
- As ações que o agente poderá tomar estão dentro de um determinado conjunto de padrões de DC A = {30%, 60%, 90%};
- A recompensa será dada pela taxa agregada oferecida pelo sistema, ou seja, $TX_{LTE} + TX_{WIFI}$;
- Os estados do sistema serão definidos pela taxa agregada oferecidos, obedecendo

aos limites dados na Figura 2;
 • A tomada de decisão do algoritmo ocorre a cada *duty-cycle duration* (TABS = 40 ms).

Por precisar da taxa oferecida, que pode ser obtida diretamente nas camadas PHY e MAC, evitando a necessidade de métricas de camadas superiores, a convergência do Q-learning torna-se mais rápida.

É necessário também levar em consideração o quanto a taxa agregada do LTE ou do Wi-Fi pode impactar no desempenho sistêmico. Para isso foi levado em consideração um fator multiplicativo tanto na taxa agregada do LTE quanto do Wi-Fi. A Figura 3 expõe a equação usada.

O pseudocódigo é mostrado na Figura 4. O cenário está definido na Figura 5. Os parâmetros usados estão na Figura 6.

Resultados e Discussões

A comparação do desempenho é avaliada através da CDF (*Cumulative Distribution Function*) do *throughput* (taxa de transferência) medido na camada de transporte de cada um dos usuários indicados na Figura 5. O desempenho da coexistência leva em consideração dois casos: (i) **sistemas desacoplados ($d_2 = 10000$ m); e (ii) sistemas em coexistência, quando acontece sobreposição de cobertura entre eles ($d_2 = 10$).** Ambos os casos $d_1 = 10$ m é constante e o tempo de simulação é 200 segundos.

3.1. Wi-Fi x WI-FI

A Figura 7 mostra quando as duas operadoras adotam o Wi-Fi. São recebidos 18% dos pacotes com vazão inferior, devido à coexistência. Ao analisar o décimo *percentil*, 10% dos fluxos são recebidos com até 37% a menos de vazão.

3.2. LTE-DC x WI-FI – SEM Q-LEARNING

A Figura 8 mostra o desempenho da coexistência entre o Wi-Fi e o LTE-DC para o valor crescente do *duty-cycle*.

No cenário de alta interferência, é possível notar quando comparados os extremos da variação do *duty-cycle* (0 - 1), um crescente aumento das colisões de pacotes. Estas colisões reduziram o desempenho do Wi-Fi em 47%.

Quando não interferentes, o LTE-DC aumenta gradativamente sua vazão à medida que o período de OFF do DC diminui e, além disso, o Wi-Fi não sofre influências do LTE-DC.

É importante observar que o para $dc = 1$, em ambiente interferente, o esperado é o LTE-DC ocupar todo o canal e o Wi-Fi não conseguir transmitir. Entretanto, o modelo FTP (Protocolo de Transferência de Arquivos – *File Transfer Protocol*) do 3GPP não consegue ocupar 100% do tempo o canal, logo, ao observar *gaps* deixados pelo LTE o Wi-Fi transmite.

A Figura 9 mostra o que realmente acontece quando o LTE-DC está em plena carga. O valor do *duty-cycle* mais uma vez é crescente, mas agora o tráfego é o UDP (Protocolo de Datagrama de Usuário - *User Datagram Protocol*) *full buffer*. Nota-se na Figura 9 que a vazão do Wi-Fi para $dc = 1$ é reduzido a 0 Mbps, devido a interferência do LTE-DC em plena carga.

Outra observação importante é que tanto na Figura 9 quanto na Figura 8, o LTE-DC sofre com o problema de colisões de pacotes em cenário interferente ($d2 = 10$ m). Outra conclusão importante é que na Figura 8 é possível observar o ponto máximo de *throughput* agregado próximo do valor de 0.65 *duty-cycle*. Considerando esse ponto, a Figura 10 mostra a CDF do tráfego FTP no cenário de coexistência LTE/WiFi.

Tomando-se o décimo *percentil* da CDF como referência na Figura 10, é possível inferir que, no cenário de maior interferência ($d2 = 10$ m), há uma perda de desempenho de 7% para o LTE e de 50% para o Wi-Fi.

3.3. LTE-DC x WI-FI – COM Q-LEARNING

Ao usar um cenário simples é mais fácil observar as mudanças do perfil de interferência do sistema, levando a necessidade ou não da adaptação do *duty-cycle*.

Uma forma encontrada foi variar a taxa (*udpRate*) do tráfego UDP *full buffer*. Assim, é possível observar o impacto dos diferentes valores do *duty-cycle* no sistema quando confrontado por diferentes valores de *udpRate*. As Figuras 11, 12 e 13 mostram esse impacto.

Na Figura 12, o Wi-Fi opera com $udpRate = 37,5$ Mbps, mantendo seu máximo de desempenho até um *duty-cycle* de 0,6. Isso deixa de ser verdade quando o Wi-Fi trabalha com $udpRate = 75$ Mbps, em que seu desempenho cai pela metade com um *duty-cycle* de 0,3, como mostrado na Figura 11. Isso é refletido no *throughput* agregado do sistema que pode ser observado pela linha pontilhada nas figuras.

É necessário agora avaliar os parâmetros de aprendizagem (α e γ). O método de ajuste dos parâmetros seguiu o procedimento explicitado abaixo.

- Ambos os sistemas (Wi-Fi e LTE) iniciam a simulação com $udpRate = 75$ Mbps em um total de 40 segundos de simulação;
- No instante 10 segundos, o **Wi-Fi decai** seu *udpRate* para 37,5 Mbps;
- No instante 20 segundos, o **Wi-Fi decai** seu *udpRate* para 18,75 Mbps;
- No instante 30 segundos, o **Wi-Fi retorna** seu *udpRate* para 75 Mbps;
- Obedeceu-se aos mesmos parâmetros mostrados na Figura 6.

Espera-se que o *Q-learning* reaja a cada valor de taxa e tente encontrar o valor de *duty-cycle* que maximize a taxa agregada do sistema.

Notou-se, que para α e γ iguais a 0.4 e 0.5, respectivamente, o comportamento é o mostrado na Figura 14.

No início, quando os dois sistemas estão com a mesma taxa de *udpRate* = 75 Mbps ($0 < t < 10$ s), a taxa oferecida agregada é de aproximadamente 103 Mbps, que é um valor muito próximo do ponto de máxima vazão mostrado na Figura 11. Ao avaliar as taxas do LTE e Wi-Fi separadamente, e comparando com a Figura 11, é possível observar

que o algoritmo convergiu exatamente para o valor de *duty-cycle* 0,3, valor que maximiza a vazão agregada do sistema.

O mesmo acontece quando o Wi-Fi é reduzido para a taxa de *udpRate* = 37,5 Mbps ($10 < t < 20$ s). A taxa oferecida agregada converge para 86 Mbps, valor muito próximo ao valor máximo observado na Figura 12. O algoritmo converge para o valor de *duty-cycle* 0,6, valor que maximiza a vazão agregada do sistema na Figura 12. Ou seja, o *Q-learning* conseguiu deslocar o valor do *duty-cycle* de 0,3 para 0,6, na tentativa de acompanhar a vazão útil intersistêmica.

Ao se reduzir o Wi-Fi para uma taxa de *udpRate* = 18,75 Mbps ($20 < t < 30$ s), o mesmo comportamento é observado: o *Q-learning* sempre tenta manter a máxima taxa agregada. Aqui a taxa máxima alcançada é de 82 Mbps, muito próximo do valor máximo de 86 Mbps quando o Wi-Fi estava com 37,5 Mbps ($10 < t < 20$ s). Neste caso, ao reduzir a taxa do Wi-Fi, o algoritmo aumentou a taxa do LTE-DC, de forma que o valor do *duty-cycle* 0,6 se desloque para 0,9, e tente manter a máxima taxa agregada do sistema.

No pior caso, a convergência do algoritmo se deu em 20 iterações, tendo como cada iteração o tempo de duração de 40 ms.

Tendo em vista os resultados obtidos acima, é possível avaliar o algoritmo no seguinte cenário:

- Em uma simulação de 100 segundos, manteve-se o AP LTE-DC com o *udpRate* fixo em 75 Mbps;
- O Wi-Fi variou o seu *udpRate* de acordo com uma variável aleatória uniforme, entre 4 e 7 segundos;
- Cada variação do Wi-Fi obedece à outra variável aleatória uniforme que irá escolher um entre os valores de 75 Mbps, 37,5 Mbps e 18,75 Mbps;
- Avaliou-se a vazão útil de cada sistema (calculada na camada L3) ao final da simulação.

O objetivo é avaliar o desempenho do LTE-DC adaptável em relação ao LTE-DC estático quando coexistindo com o Wi-Fi nas mesmas condições. A figura 15 mostra essa avaliação.

É notável na Figura 15 que o LTE-DC adaptável mostrou um ganho de desempenho superior ao LTE-DC estático quando em melhor vazão útil agregada ($dc = 0,8$). Este ganho foi de 9 Mbps para o LTE-DC adaptável em relação ao LTE-DC estático. Outra análise importante pode ser feita quando observada a vazão útil intersistêmica. No cenário de taxa adaptável, o LTE ficou com 49,5% dos recursos, enquanto o Wi-Fi ficou com 50,5%. Em outras palavras, o LTE-DC adaptável conseguiu não só um maior ganho em relação a melhor vazão útil do LTE-DC estático ($dc = 0,8$), mas também uma melhor justiça no compartilhamento de recursos. Ao confrontar a melhor justiça do LTE-DC estático ($dc = 0,5$, LTE = 47% dos recursos, Wi-Fi = 53% recursos) com a do LTE-DC adaptável, a vazão útil agregada do *Q-learning* é superior em 12 Mbps.

De forma análoga a Figura 15, o LTE é mantido a taxa fixa de *udpRate* = 37,5 Mbps e o Wi-Fi varia sua taxa. Os resultados foram semelhantes, como observado na Figura 16. Entretanto, o $dc = 0,6$ foi o escolhido pelo algoritmo para maximizar a vazão útil do sistema, 83 Mbps, muito próxima do caso em que o LTE-DC adaptável tinha o dobro de taxa. Consequentemente, o LTE diminuiu sua carga, mas os recursos foram transferidos

para o Wi-Fi a fim de manter a vazão útil agregada do sistema. Assim, a alocação de recursos se tornou mais eficiente.

A Figura 17 demonstra o desempenho do LTE-DC com $udpRate = 18,5\ Mbps$ fixo e o Wi-Fi variável. Nesse caso, para alcançar o máximo de *throughput* não é necessário aumentar o valor do *duty-cycle* para um valor superior a $dc = 0,3$. Logo, o *Q-learning* opera em quase todo o tempo a um valor de 0,3 de *duty-cycle*. Ao ultrapassar tal valor, o LTE influencia na queda do desempenho do Wi-Fi. Para um valor $dc = 0,5$, a taxa agregada intersistêmica com LTE estático é inferior em $10\ Mbps$ em relação ao valor alcançado com *Q-learning*. Se o $dc = 0,6$, essa diferença aumenta mais, chegando a $16\ Mbps$ a mais para o LTE-DC com *Q-learning*.

Conclusão

Apresentou-se o panorama geral do problema do LTE implantado em espectro não licenciado, o qual as atuais redes de banda larga móvel migram parte da sua carga para células secundárias em espectro não licenciado, a fim de aumentar a vazão de dados. Isso leva ao desafio de uma coexistência justa e eficiente entre as tecnologias já implantadas em tais espectros não licenciados.

Esse desafio será recorrente em futuras redes 5G, em que o caso de uso eMBB aumentará exponencialmente a demanda por espectro. Algumas alternativas foram citadas para sanar esta necessidade, por exemplo, o NR-U.

Por meio do simulador ns-3, analisou-se o impacto no desempenho sistêmico da coexistência LTE-DC com o Wi-Fi em um cenário simples. A solução padronizada do LTE-DC quando confrontada com cenários mais dinâmicos, mostrou-se não ser por si só a melhor solução para a coexistência justa e eficiente com outras redes, chegando a cessar totalmente a transmissão do Wi-Fi.

Por isso, como parte da investigação deste trabalho, modelou-se o problema da escolha adaptativa do *Duty-Cycle* como uma MDP. A solução da MDP foi alcançada com o uso da técnica de aprendizado por reforço conhecida como *Q-learning*, que evita a necessidade das probabilidades de transições necessárias para a solução da equação de Bellman.

Quando comparado à solução sem *Q-learning*, a proposta dos autores (com *Q-learning*) obteve um desempenho superior ao decidir pela melhor taxa de *Duty-Cycle*, levando ao aumento do *throughput* agregado do sistema e um compartilhamento justo de recursos entre as tecnologias.

Referências

- [1] GSA, LTE in unlicensed spectrum: Trials, deployments and devices. Technical report, Global Mobile Suppliers Association (2018).

- [2] ITU, RESOLUTION 229 (Rev. WRC-12): Use of the bands 5 150-5 250, 5 250-5 350 MHz and 5 470-5 725 MHz by the mobile service for the implementation of wireless access systems including radio local area networks, ITU Std., 2012.
- [3] Qualcomm Incorporated, Extending LTE advanced to unlicensed spectrum, 2013, (<https://www.qualcomm.com/media/documents/files/white-paper-extending-lte-advanced-to-unlicensed-spectrum.pdf>) Acessado em Agosto 2019.
- [4] 3GPP. (2013) 3GPP Release 11. [ONLINE]. Disponível em: <https://www.3gpp.org/specifications/releases/69-release-11>
- [5] <http://www.lteforum.org/>.
- [6] 3GPP. (2016) 3GPP Release 13. [ONLINE]. Disponível em: <http://www.3gpp.org/release-13>
- [7] 3GPP. (2017) 3GPP Release 14. [ONLINE]. Disponível em: <http://www.3gpp.org/release-14>
- [8] Qualcomm Incorporated, Introducing multefire: LTE-like performance with Wi-Fi-like simplicity, 2015, (<https://www.qualcomm.com/news/onq/2015/06/11/introducing-multefire-lte-performance-wi-fi-simplicity>) Accessado em Agosto 2017
- [9] 3GPP. (2019) 3GPP Release 16. [ONLINE]. Disponível em: <https://www.3gpp.org/release-16>
- [10] [TR36889] 3GPP TR 36.889 "Study on Licensed-Assisted Access to Unlicensed Spectrum", (Release 13) TR 36.889v13.0.0 (2015-06), 3rd Generation Partnership Project, 2015
- [11] PROJECT, N.-. Página Principal do NS-3. 2014. Disponível em: <<http://www.nsnam.org/>>.
- [12] SOUSA, J. J. F. Autoria e simulação de cenários de redes em NS-3. Dissertação (Mestrado) _ Universidade da Madeira - Centro de Ciências Exatas e da Engenharia, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.13/413>>.]
- [13] PROJECT, N.-. NS-3 Tutorial - versão 3.20. 2014. Disponível em: <<http://www.nsnam.org/docs/release/3.20/tutorial-pt-br/ns-3-tutorial.pdf>>.
- [14] Summer of Code. (2019). [ONLINE]. Disponível em: https://www.nsnam.org/wiki/Summer_Projects
- [15] —. (2016) Página com repositórios do ns-3 (<http://code.nsnam.org/>). [Online]. Disponível em: <http://code.nsnam.org>
- [16] —. (2016) Página do projeto license-assisted access do ns-3 (<https://www.nsnam.org/wiki/laa-wifi-coexistence>). [Online]. Available: <https://www.nsnam.org/wiki/LAA-WiFi-Coexistence>
- [17] 3GPP, TR 36.889: Feasibility Study on Licensed-Assisted Access to Unlicensed Spectrum (Release 13), The 3rd Generation Partnership Project Std., 2015.
- [18] H. Koorapaty, "RP-151866: Work item on Licensed-Assisted Access to Unlicensed Spectrum (TSG RAN meeting 70)," 3GPP, Tech. Rep., 2015.
- [19] —, "LTE LBT Wi-Fi coexistence module documentation (Release ns-3-lbt rev. b48bfc33132b)," Tech. Rep., 2016. [Online]. Disponível em: <https://www.nsnam.org/~tomh/ns-3-lbt-documents/lbt-wifi-coexistence.pdf>
- [20] Almeida, E., Cavalcante, A. M., Paiva, R. C. D., Chaves, F. S., Abinader, F. M., Vieira, R. D., Choudhury, S., Tuomaala, E., & Doppler, K. (2013). In IEEE ICC 2013. <https://doi.org/10.1109/ICC.2013.6655388>.
- [21] 3GPP, TS 36.423: LTE E-UTRAN X2 Application Protocol (X2AP), (Release 10), The 3rd Generation Partnership Project Std., 2011.
- [22] H. Song et al., "Cooperative LBT design and effective capacity analysis for 5G NR ultra dense networks in Unlicensed Spectrum," IEEE Access, vol. 7, pp. 50265–50279, 2019.
- [23] S. Lagen, L. Giupponi, B. Bojovic, A. Demir and M. Beluri, "Paired listen before talk for multi-RAT coexistence in unlicensed mmWave bands," 2018 IEEE International

Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), Kansas City, MO, 2018,
pp. 1–6.

Anexos

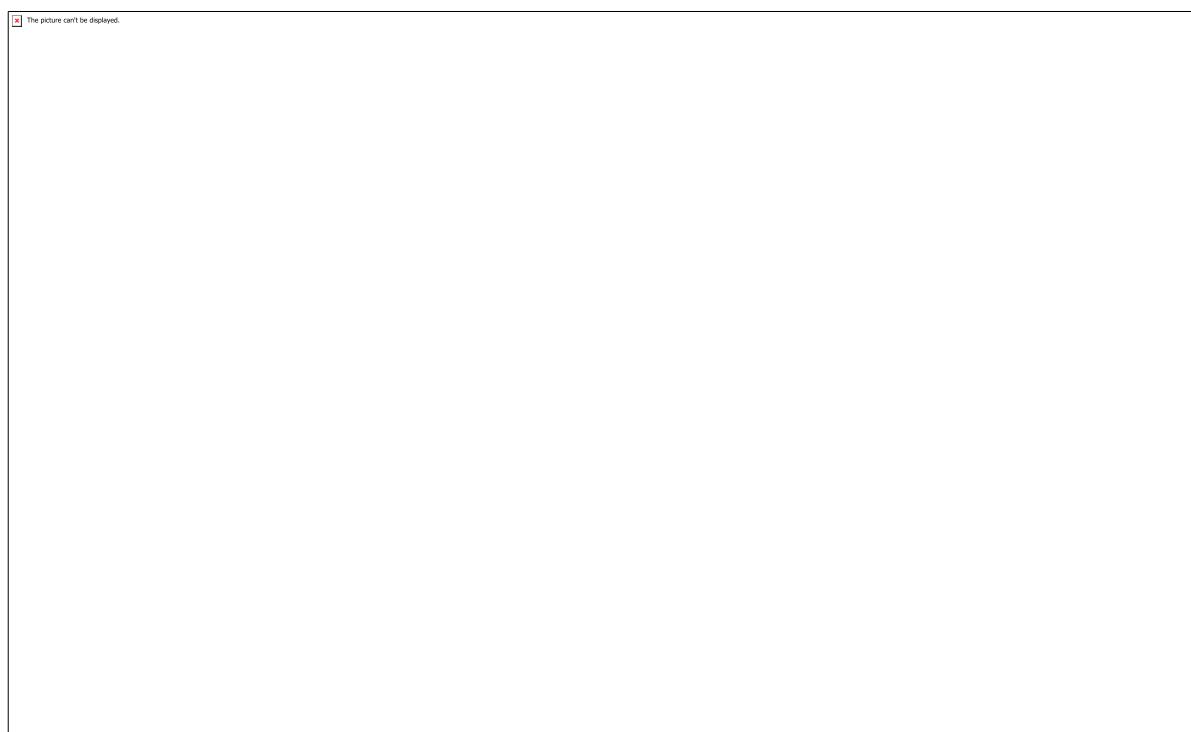


Figura 1: Representação de uma Markov Decision Process (MDP).



Figura 2: Estados do Q-learning.



Figura 3: Equação dos parâmetros de aprendizado.

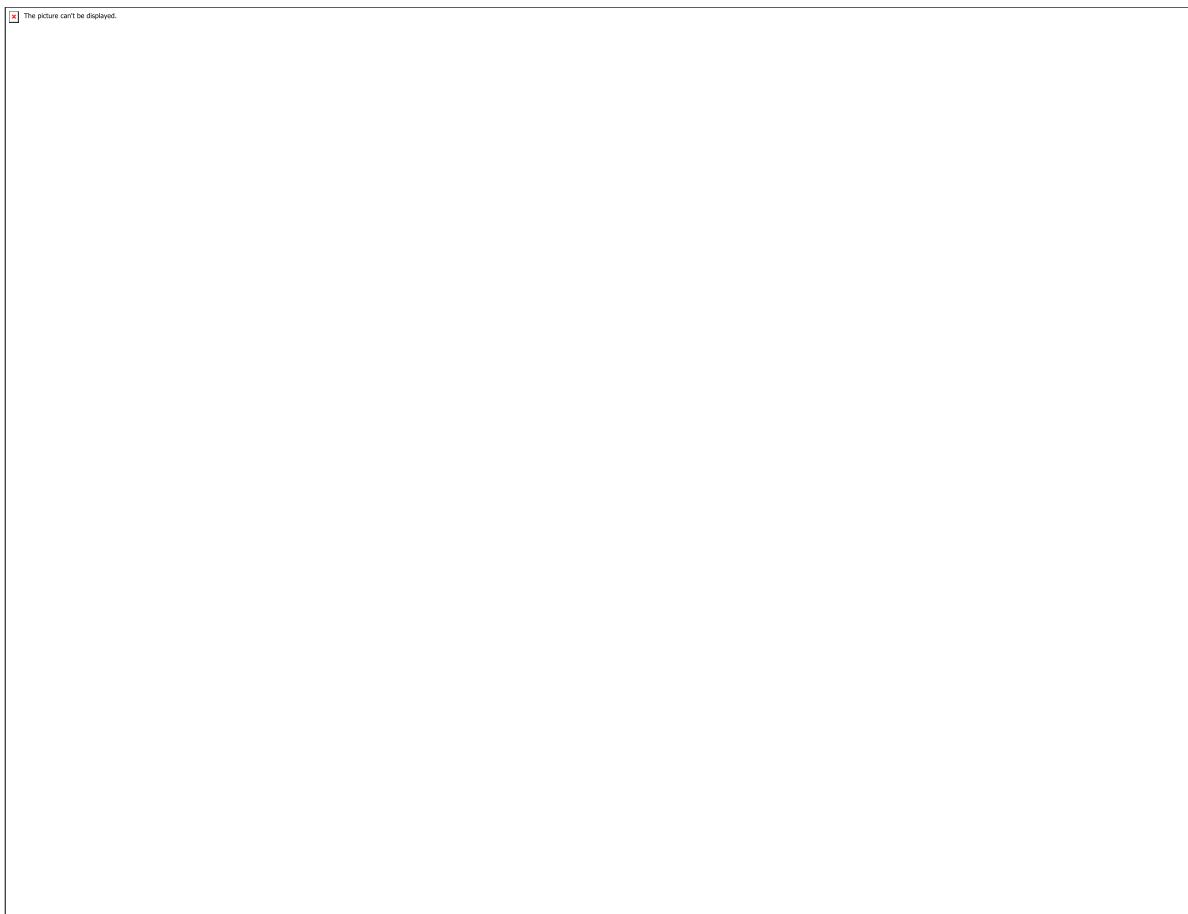


Figura 4: Algoritmo de aplicação do Q-learning na variação adaptativa do duty-cycle de um AP LTE-DC.

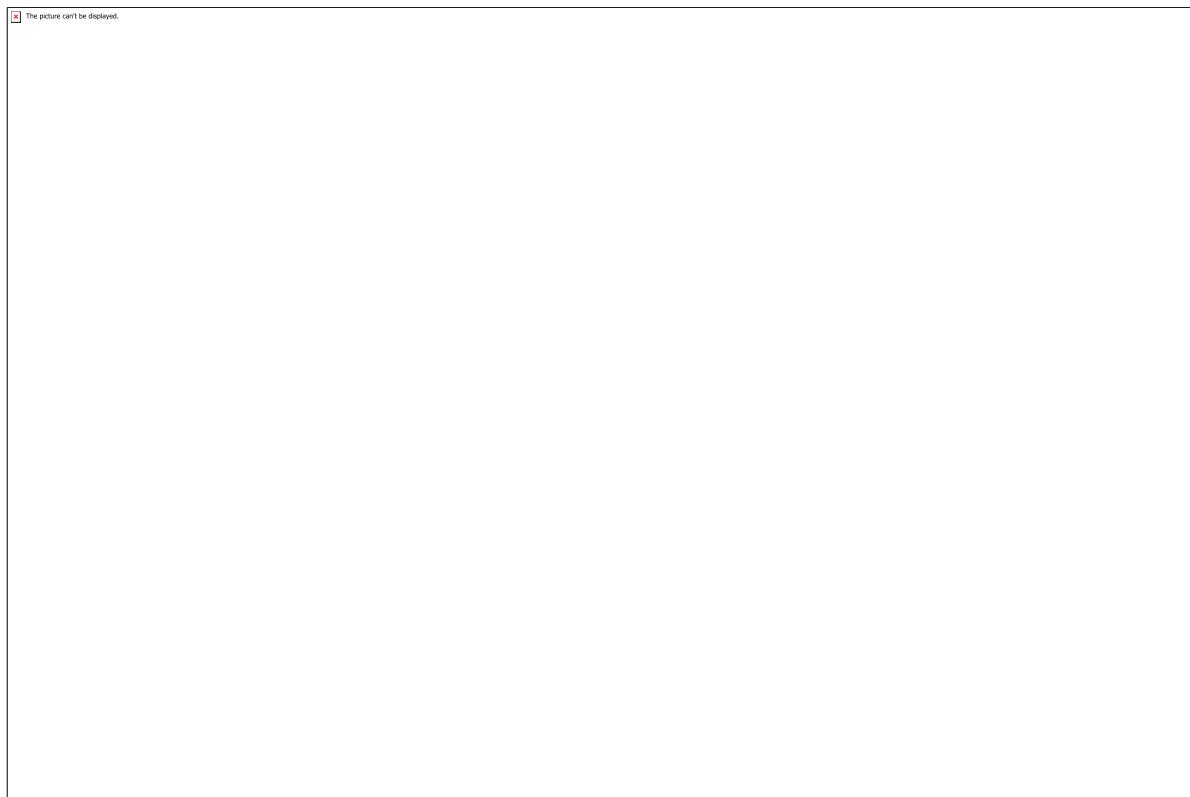


Figura 5: Cenário Simples.

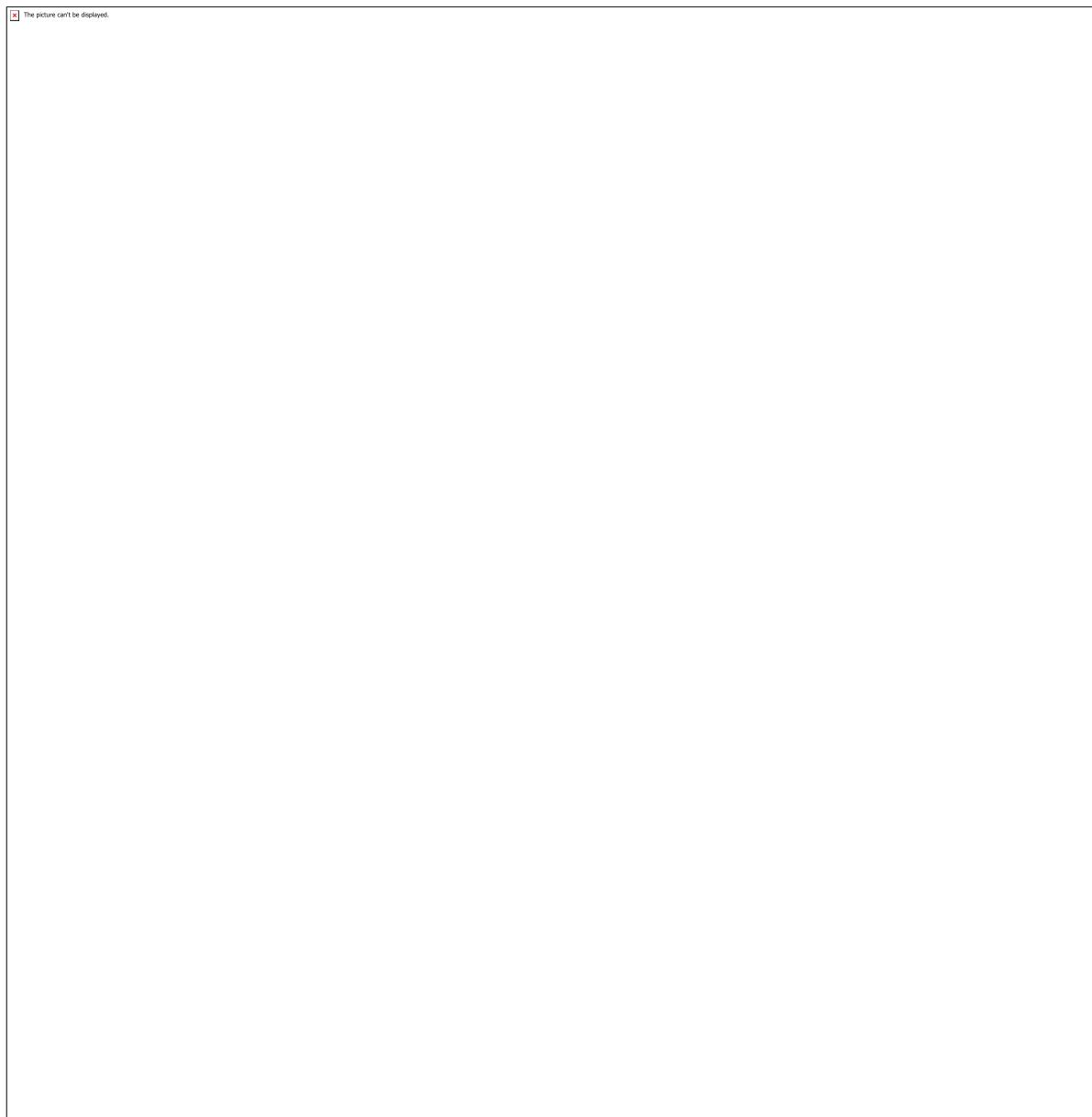


Figura 6: Tabela de parâmetros usados na simulação.

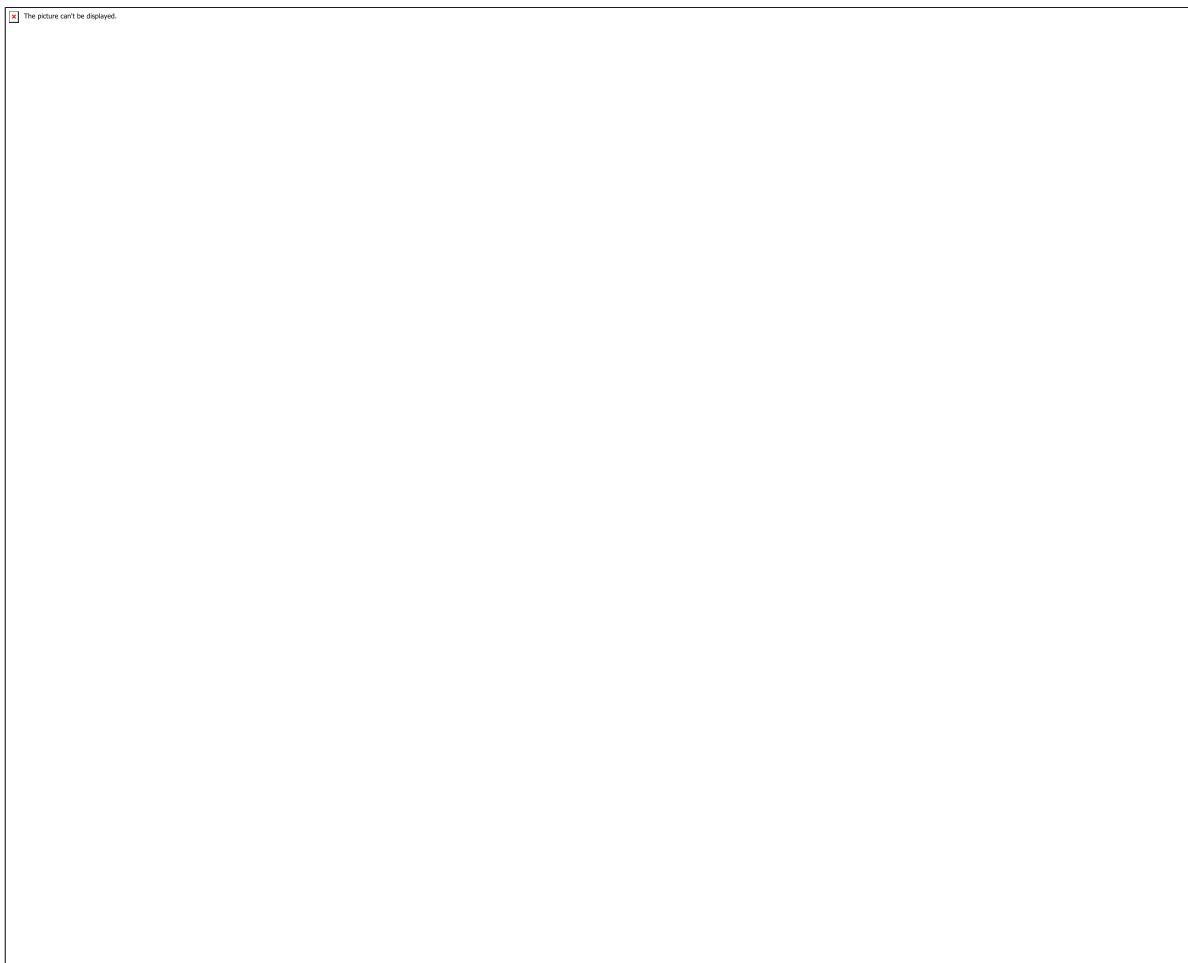


Figura 7: Coexistência Wi-Fi x Wi-Fi.

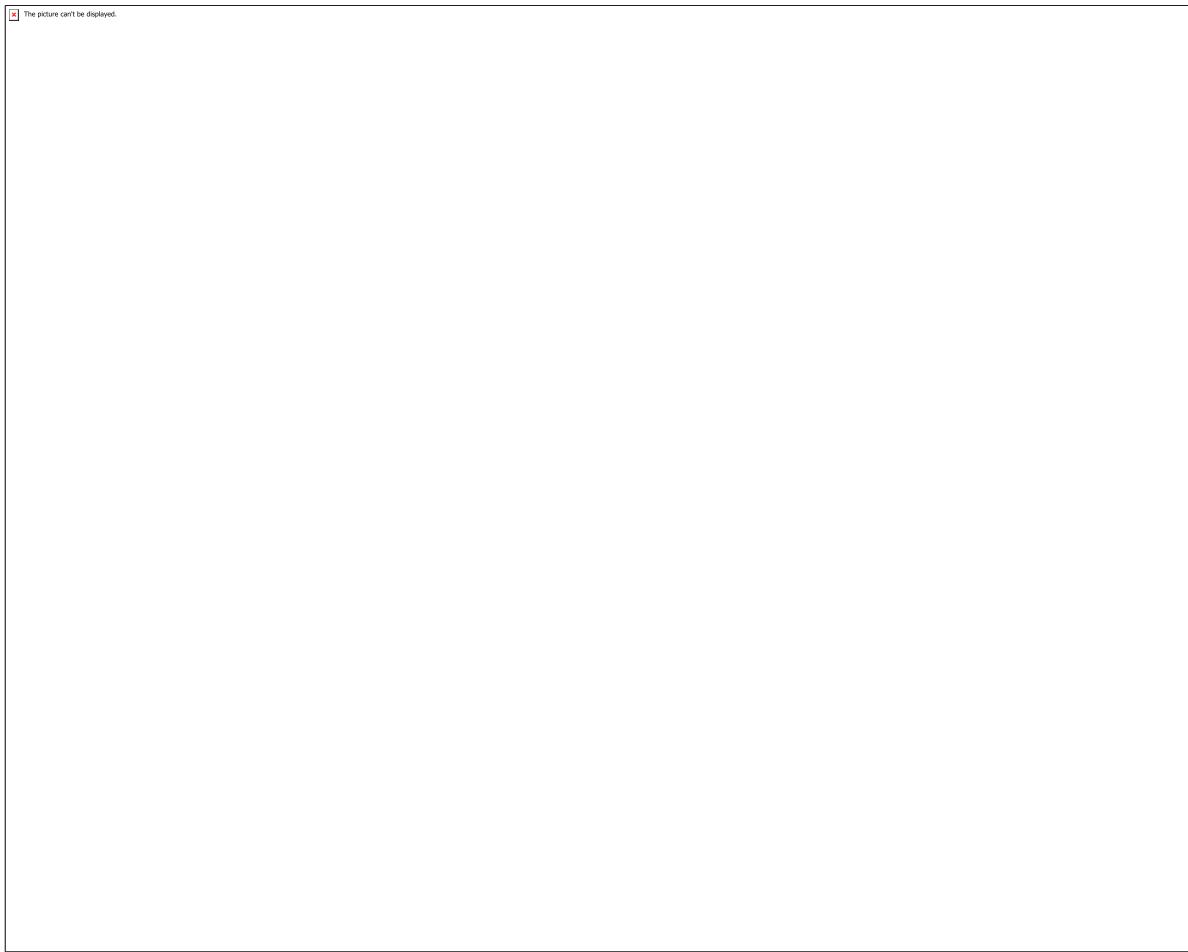


Figura 8: Coexistência do LTE-DC x Wi-Fi com DC variável e tráfego FTP.

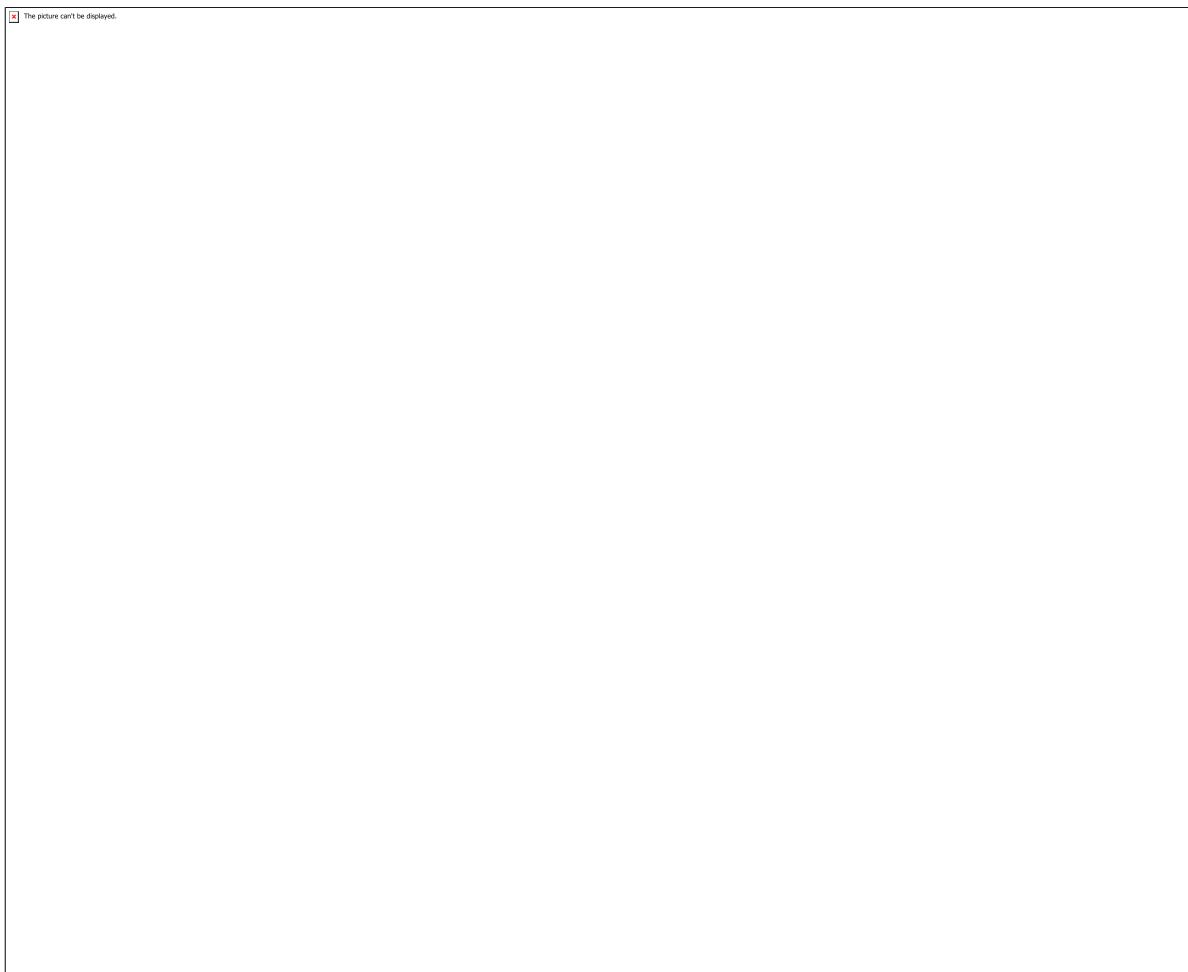


Figura 9: Coexistência LTE-DC x Wi-Fi com DC variável e tráfego UDP full buffer.

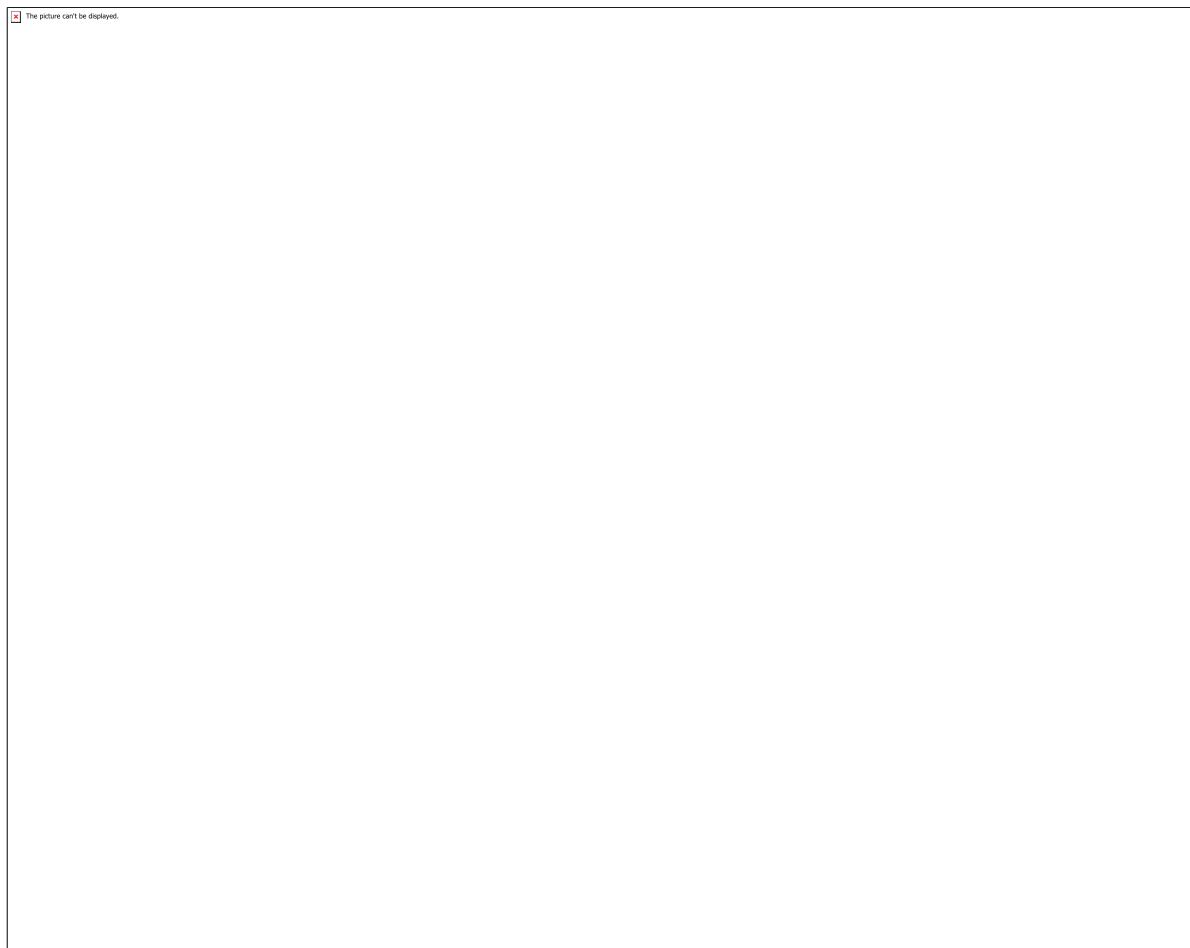


Figura 10: Coexistência LTE-DC x Wi-Fi com tráfego FTP (duty-cycle em 0.65).

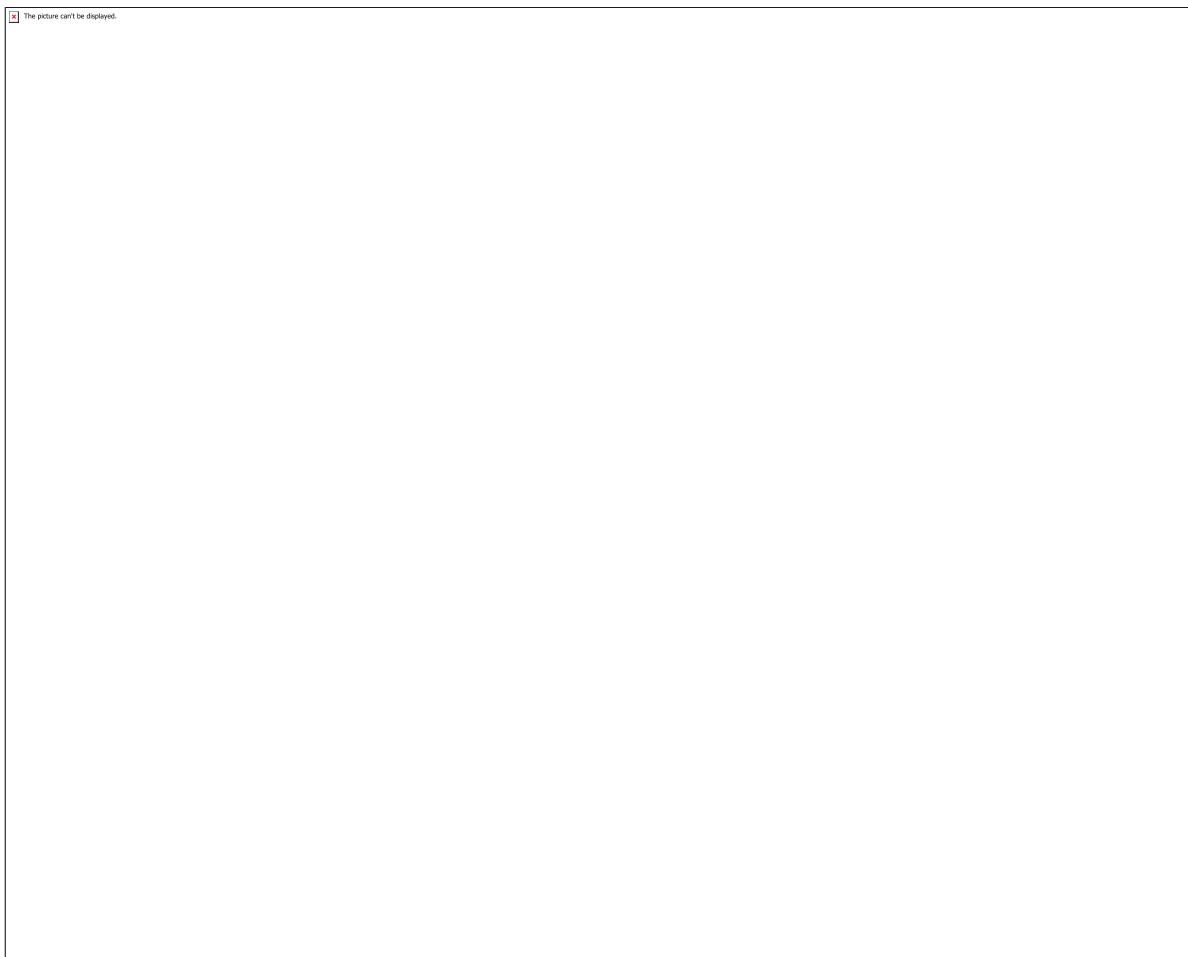


Figura 11: LTE-DC e Wi-Fi operando com o mesmo udpRate de 75 Mbps.

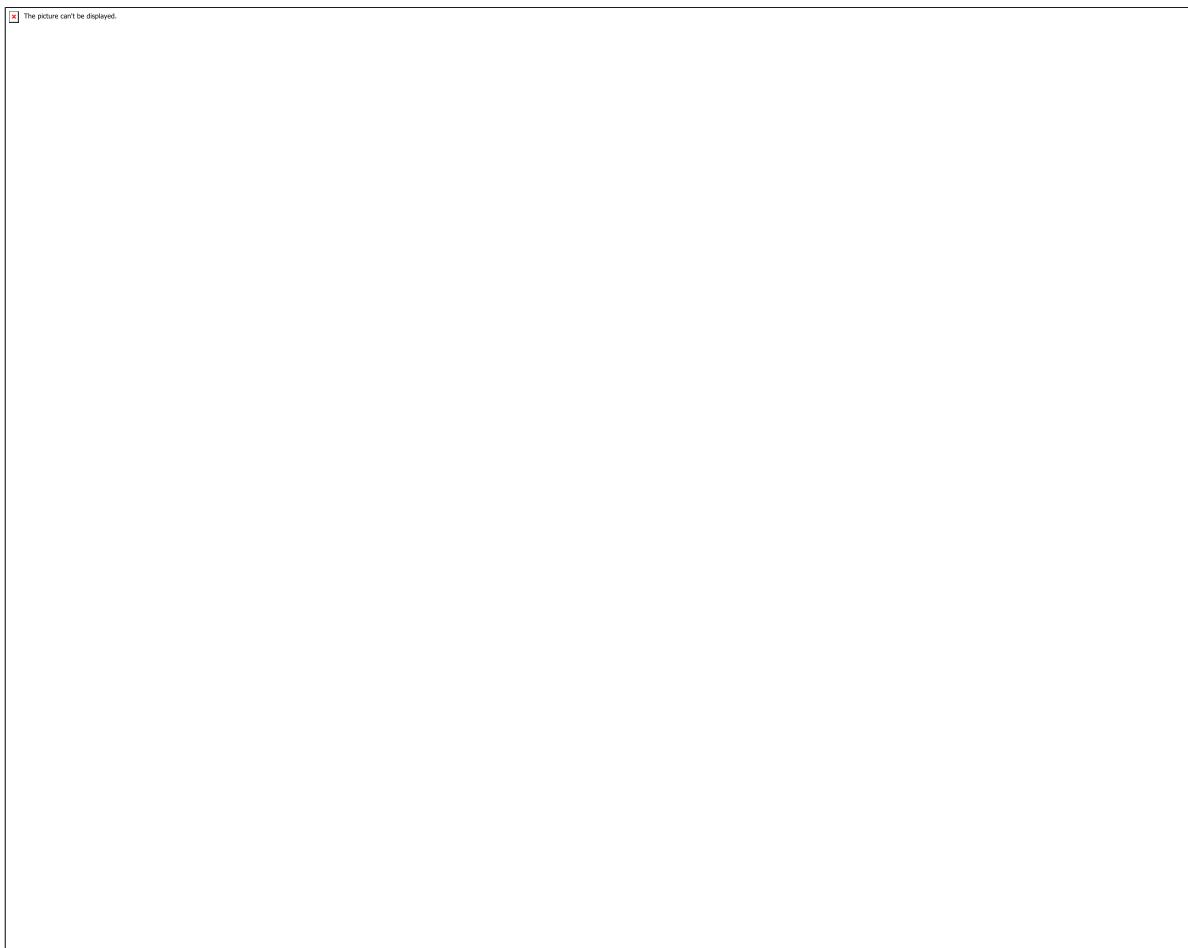


Figura 12: LTE-DC operando com $\text{udpRate}=75\text{Mbps}$ e Wi-Fi operando com $\text{udpRate}=37,5\text{ Mbps}$.

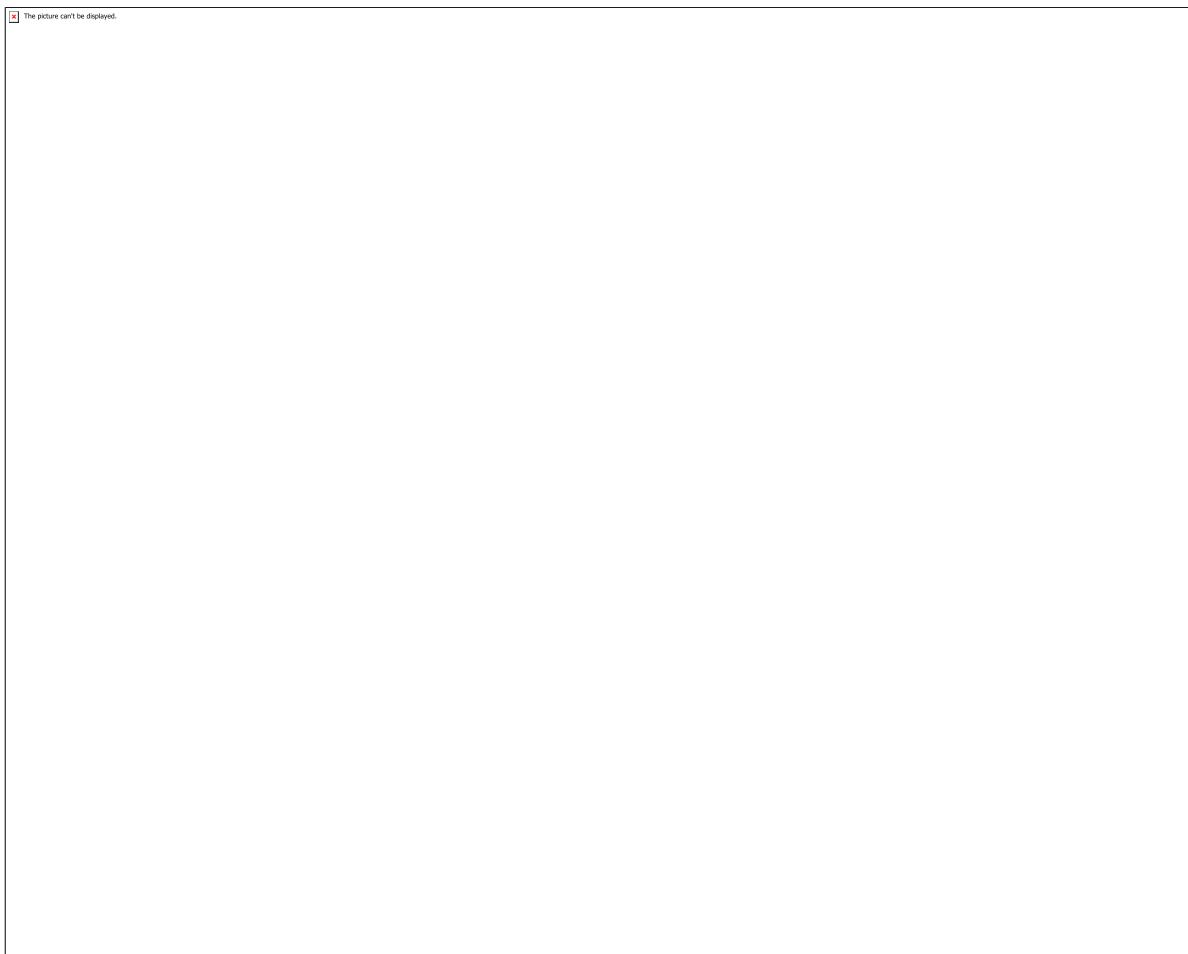


Figura 13: LTE-DC operando com $\text{udpRate}=37,5$ Mbps e Wi-Fi operando com $\text{udpRate}=75$ Mbps.

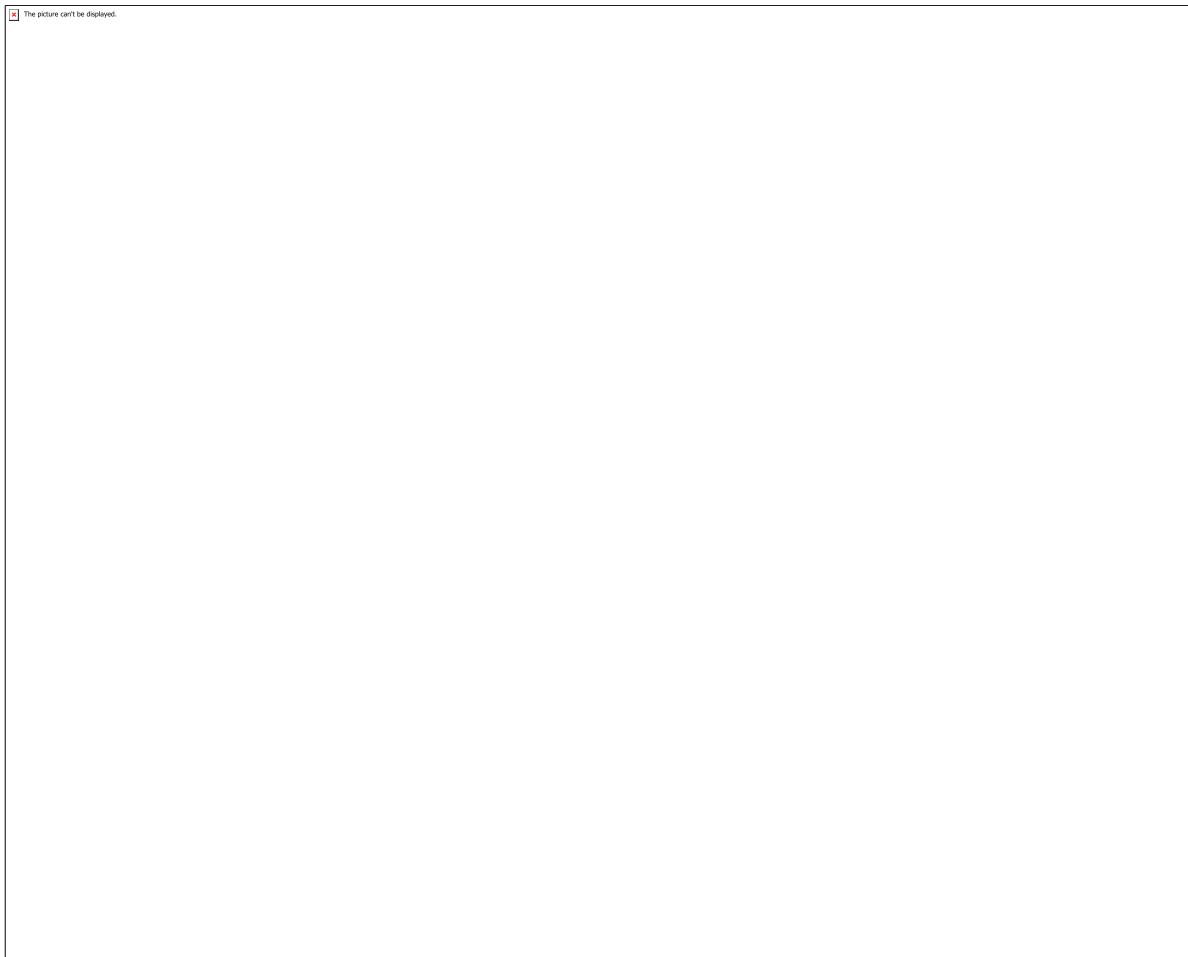


Figura 14: Funcionamento do Q-Learning.

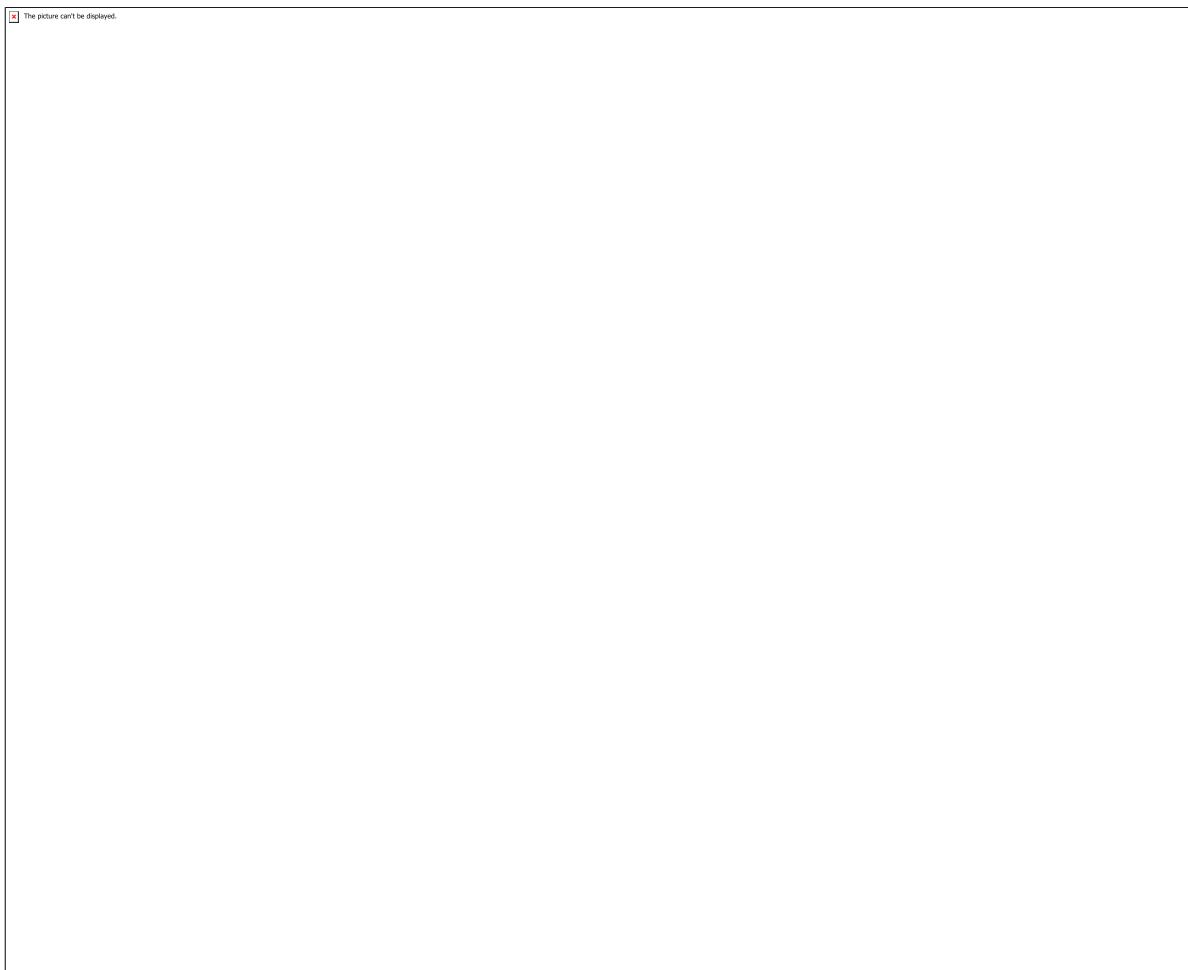


Figura 15: Desempenho do Q-Learning para o LTE com udpRate fixo a 75 Mbps e Wi-Fi com udpRate variável.

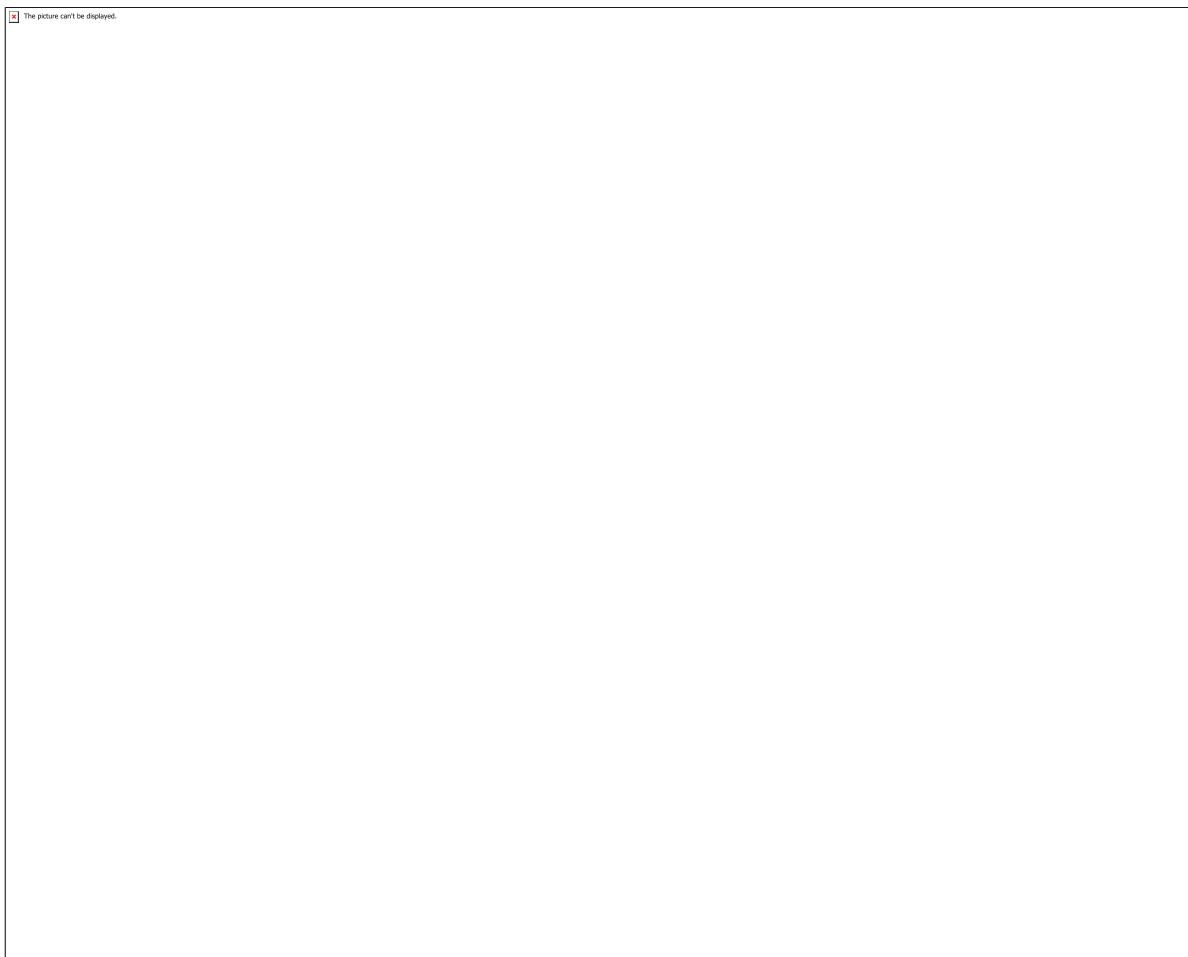


Figura 16: Desempenho do Q-Learning para o LTE com udpRate fixo a 37,5 Mbps e Wi-Fi com udpRate variável.

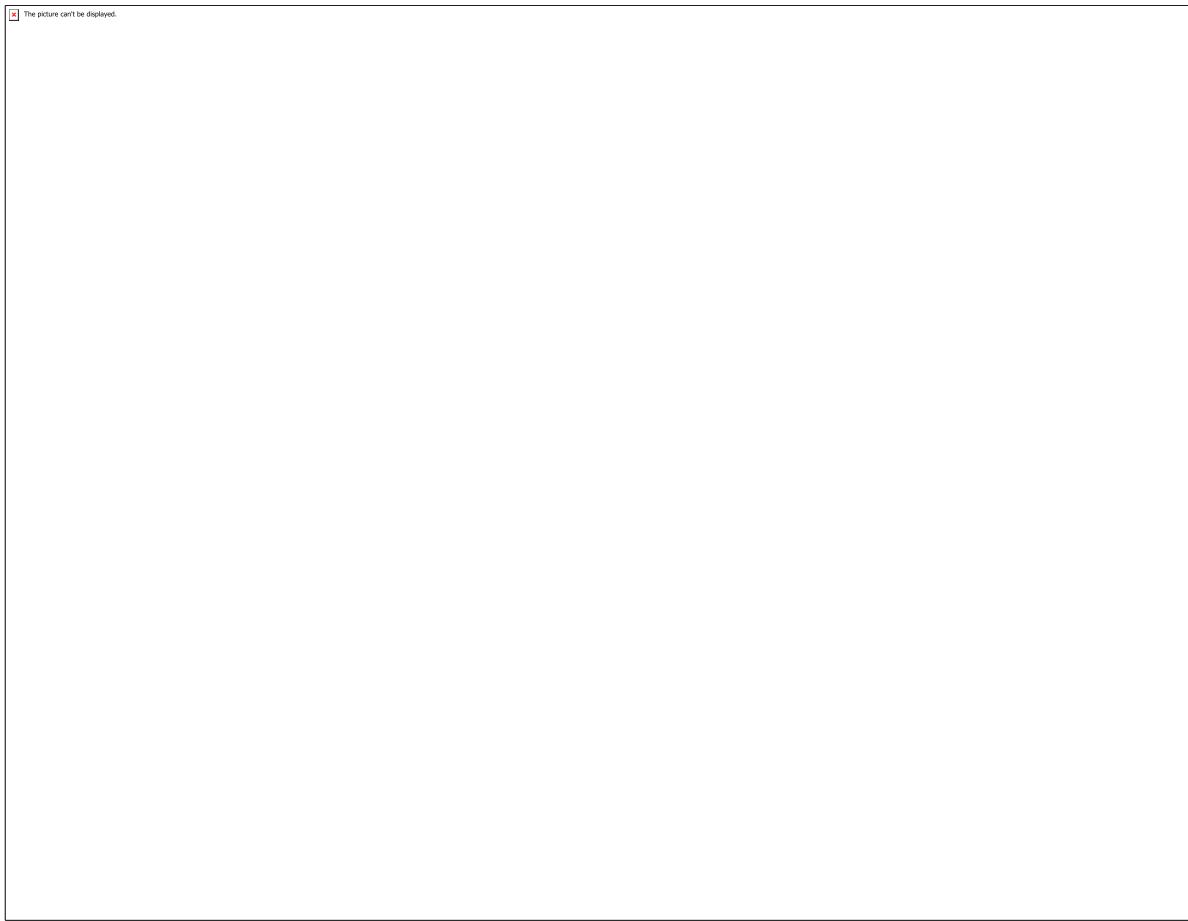


Figura 17: Desempenho do Q-Learning para o LTE com udpRate fixo a 18,75 Mbps e Wi-Fi com udpRate variável.

CÓDIGO: ET0964

AUTOR: DÉBORA FERREIRA DOS SANTOS

ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO PASKOCIMAS

TÍTULO: PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO CaMoO₄ DOPADO COM TERRAS RARAS

Resumo

A eficácia da técnica via spray pirólise ultrassônico (SPU) foi investigada na obtenção de partículas de Molibdato de Cálcio puro (CaMoO₄) e dopado nas porcentagens em mol de 1%, 2% e 4% da mistura (ETT) de três terras raras Eu+3, Tb+3,Tm+3. Características dos pós sintetizados, quanto à estrutura e morfologia, foram obtidas e analisadas via técnicas de difração de raios X (DRX), espectroscopia Raman, espectroscopia ótica nas regiões do ultravioleta-visível (UV-Vis), microscopia eletrônica de varredura (MEV) com canhão de elétrons por emissão de campo e espectroscopia de fotoluminescência (PL). Os resultados indicaram que a técnica de spray pirólise ultrassônico produziu material de alta pureza, nas dimensões nano e micro, com morfologia esférica. A adição das três terras raras com diferentes porcentagens em mol de 1%, 2% e 4% na estrutura do CaMoO₄, possibilitou a obtenção das emissões de fotoluminescência características das terras raras tendo como resultado materiais com emissões no branco para as amostras de CaMoO₄ 2% ETT e CaMoO₄ 4% ETT.

Palavras-chave: CaMoO₄, Spray Pirólise Ultrassônico, Dopagem, Fotoluminescência.

TITLE: PROCESSING AND CHARACTERIZATION OF RARE LAND DONED CAMoO₄

Abstract

The effectiveness of the ultrasonic spray pyrolysis (USP) technique was investigated to obtain pure calcium molybdate particles (CaMoO₄) and doped to mol percentages of 1%, 2% and 4% of the mixture (ETT) of the three rare earths Eu+3, Tb + 3, Tm + 3. Characteristics of the synthesized powders, regarding their structure and morphology, were obtained and analyzed by X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, optical ultraviolet-visible (UV-Vis), scanning electron microscopy (SEM) with field emission electron gun and photoluminescence (PL) spectroscopy. The results indicated that the ultrasonic pyrolysis spray technique produced high-purity nano and micro material with spherical morphology. The addition of the three rare earths with different mol percentages of 1%, 2% and 4% in the CaMoO₄ structure made it possible to obtain the characteristic rare earth photoluminescence emissions resulting in blank emissions materials for CaMoO₄ 2 samples 2% ETT and CaMoO₄ 4% ETT.

Keywords: CaMoO₄, Ultrasonic Pyrolysis Spray, Doping, Photoluminescence.

Introdução

Devido à propriedades singulares de luminescência como também excelentes propriedades ópticas e propriedades photocatalíticas[1-3], materiais que compõem à família dos molibdatos tem sido alvo de extensas pesquisas exibindo um longo histórico de aplicações práticas: materiais hospedeiros a laser[4], dispositivos de microondas

sintonizáveis[5], baterias de íons de lítio[6,7], laser ativado por lantanídeos[8], LED's[9], detectores de cintilação criogênica[10], armazenamento de energia[11]. Tais molibdatos apresentam como fórmula geral $AMoO_4$, podendo exibir duas estruturas: estrutura tetragonal do tipo scheelite composta de cátions bivalentes ($A = Mg, Ca, Sr, Pb, Ba$) e estrutura monoclinica do tipo wolframita contendo como cátion metais de transição ($A = Zn, Mn, Ni$)[12]. Apesar da extensa família, o molibdato metálico $CaMoO_4$ tem se destacado devido suas características físicas (refletividade, propriedades térmicas) e químicas (luminescência, estabilidade química) particulares que o diferencia dos demais, apresentando grande potencial como matrizes hospedeiras promissoras para a substituição de íons lantanídeos por excelentes materiais luminescentes[13-15]. A escolha do material hospedeiro é de suma importância pois as propriedades de luminescência de materiais dopados com terras raras podem sofrer forte influencia pelo ambiente criado através do campo de cristal ao redor dos íons de terras raras no hospedeiro [15]. Ao se introduzir terras raras³⁺ em sua estrutura, a energia pode ser transferida do MoO_4^{2-} para o terra rara³⁺, resultando nas emissões características do terra rara³⁺. Portanto, é esperado que a alta intensidade de emissão seja obtida em fósforos $CaMoO_4$ dopados com terra rara³⁺ sob excitação por luz UV [15,16,17] Tais configurações possibilitou a aplicação do $CaMoO_4$ como fibra óptica[16], WLED baseado em chip UV[13,18]. Vários métodos sintéticos foram utilizados para sintetizar pós de $CaMoO_4$: sonoquímica[13], co-precipitação[18], rota hidrotermal [15,19-21], coprecipitação de liberação lenta[22], método solvotérmico assistido por microondas [1], co-deposição na água/óleo [14], método Bridgman [10], auto-combustão [17], método do estado sólido[23], microemulssão[24], processo de quelação de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) assistido por ultra-sons[25], método bioquímico-mecânico [26]. Mas ainda não foram encontrados trabalhos de síntese de pós de $CaMoO_4$ puro e dopado via técnica spray pirólise ultrassônico (SPU). A técnica spray pirólise se destaca das demais por suas vantagens: não necessita de alto vácuo, instrumentação simples e baixo custo, excelente reprodutibilidade, e excelente potencial para produção em larga escala de nanopartículas de tamanhos de partículas controladas e uniformes[27-31]. Portanto, neste trabalho, foi estudado a obtenção de partículas de molibdato de cálcio ($CaMoO_4$) puro, dopado com diferentes porcentagens em mol de 1%, 2% e 4% da mistura das três terras raras (ETT) a partir da técnica de spray pirólise ultrassônico. Os materiais obtidos foram caracterizados pelas técnicas de difração de raios X, espectroscopia de micro Raman, espectroscopia ótica nas regiões do ultravioleta visível, microscopia eletrônica de varredura com canhão de elétrons por emissão de campo e espectroscopia de fotoluminescência. Os resultados indicaram que a técnica de spray pirólise ultrassônico produziu material de alta pureza, nas dimensões nano e micro, com morfologia esférica. Com a adição e mistura das três terras raras com diferentes porcentagens em mol de 1%, 2% e 4% na estrutura do $CaMoO_4$, foi possível observar as emissões de fotoluminescência características das terras raras e a obtenção de materiais com emissões no branco para as amostras de $CaMoO_4$ 2% ETT e $CaMoO_4$ 4% ETT.

Metodologia

a) Síntese: Para a obtenção dos pós de $CaMoO_4$ puro e dopado com a mistura das três terras raras (Eu, Tb e Tm) com diferentes porcentagens em mol de 1%, 2% e 4%, foi preparada soluções aquosas dos precursores solúveis de molibdato e cálcio e os nitratos das terras raras, utilizando como reagentes: Ácido Molibídico (H_2MoO_4 , Alfa aesar , 85%), nitrito de cálcio ($Ca(NO_3)_2$, Óxido de europíio (Eu_2O_3 , Aldrich, 99,9%), óxido de Túlio (Tm_2O_3 , Aldrich, 99,9%) Nitrito de Térbio pentahidratado ($Tb(NO_3)_5H_2O$, Aldrich, 99,9%) e ácido nítrico (HNO_3 , Synth, 99,9%). A tabela 1 exibe as

composições que foram sintetizadas:Tabela 1: Composição dos pós de CaMoO₄ puro e dos pós de CaMoO₄ dopados com a mistura de Eu, Tb, Tm com diferentes concentrações. CaMoO₄ (%) Eu (%) Tb(%) Tm (%) 100 0 0 0 99 0,0033 0,0033 0,0033 98 0,0066 0,0066 0,0066 96 0,0133 0,0133 0,0133 O experimento consistiu da dissolução dos precursores de nitrato de cálcio ([Ca(NO₃)₂.4H₂O]) e o ácido molíbdico (H₂MoO₄) em bêqueres separados contendo 50 ml de água deionizada. Tais soluções foram misturadas em um terceiro bêquer, cuja solução resultante foi mantida sob agitação constante em uma temperatura em torno de 60 °C. Foi realizada também a dissolução dos óxidos Eu₂O₃ e Tm₂O₃ em aproximadamente 10 ml de ácido nítrico HNO₃ em agitação a uma temperatura de 60°C para formação dos respectivos nitratos, produzindo os dopantes Eu+3 e Tm+3 garantindo a solubilização dos dopantes durante a reação. Os dopantes foram adicionados ao terceiro bêquer, e comprovada a dissolução, a solução foi adicionada na solução do molibdato de cálcio, mantida sob agitação, durante 30 minutos, submetida a temperatura controlada de 60°C. A solução resultante foi transferida para o nebulizador ultrassônico (HUMIDAIR PETIT), e atomizado a uma frequência de 2.4 MHz, em que gotículas pulverizadas foram carregadas ao reator, aquecido pelo forno elétrico com dupla zona, com temperatura de 500 °C na zona 1 e 600 °C na zona 2. Estas gotículas foram convertidas em óxido sólido no interior do reator de fluxo laminar, e as partículas resultantes foram recolhidas na saída do reator por um precipitador eletrostático. b) Caracterização: b.1 DRX Os ensaios de difração de raios-X (DRX) foram realizados em um equipamento Shimadzu /XRD-7000, radiação CuK α ($\lambda = 1,54 \text{ \AA}$), com 40 kV e 30 mA e 2θ de 10° a 75° para determinação das fases cristalinas presentes. b.2 UV-Vis As caracterizações por UV-vis foram realizadas em um espectrômetro UV-VIS, modelo UV-2600, da marca Shimadzu. b.3 FT - Raman Para a espectroscopia Raman (FT- Raman), foi utilizado o equipamento Bruker - SFR 100, para análise das transições de fase. b.4 MEV - FEG Para análise e estimativa da microestrutura com exatidão, foi utilizada a técnica de microscopia eletrônica de varredura por canhão de emissão de campo de alta resolução (FEG). As medidas de FEG foram realizadas por intermédio de um microscópio eletrônico de varredura da marca Carl Zeiss, modelo supra 35-VP. b.5 PL Estudos das propriedades ópticas dos materiais investigados e sintetizados neste trabalho foram realizados utilizando-se um laser de íons kriptônio (Coherent Innova) com comprimento de onda de excitação de 350,7 nm.

Resultados e Discussões

a) DRX Os padrões de difração de raios X (figura 1) demonstram que a estrutura do CaMoO₄ puro obtido exibe a estrutura tetragonal, tipo scheelita, sem presença de fases secundárias, conforme sua respectiva ficha cristalográfica JCPDS no 60-5552. Os fortes e intensos picos de difração indicam que o CaMoO₄ é cristalino com estrutura ordenada a longa distância. O resultado evidencia que através do sistema de spray pirólise ultrassônico houve a formação do pó mantendo sua respectiva cristalinidade. Para os pós com as diferentes porcentagens de ETT, os difratogramas de raios X comprovam que os materiais estão estruturalmente relacionados com a fase cristalina tetragonal da scheelita. Devido ao tamanho dos raios iônicos de Ca+2 ($r = 0.99 \text{ \AA}$), Eu+3 ($r = 0.95 \text{ \AA}$), Tb+3 ($r = 0.93 \text{ \AA}$) e Tm+3 ($r = 0.87 \text{ \AA}$) estarem próximos uns dos outros a substituição dos íons de Eu+3, Tb+3 e Tm+3 no local dos íons de Ca+2 ocorrem com sucesso, ou seja, a dopagem foi bem sucedida. Foi observado o alargamento dos picos (112) para a maioria das amostras e diminuição da sua intensidade devido ao aumento da concentração de terras raras na rede CaMoO₄. Amostras com dopagem 2% e 4% ETT, apresentam picos extras na difração de raios X (marcados com *) vistos em $2\theta = 12,87$ 25.71 e 36.65 (figura 1). Estas difrações extras podem estar relacionadas ao composto

ter atingido o limite de solubilidade das terras raras na estrutura cristalina do CaMoO₄. b) Raman Os espectros de Raman mostraram picos bem definidos, externos e internos para o pó de CaMoO₄ puro, indicando que o pó sintetizado é altamente cristalino e ordenado a longo e curto alcance apresentando poucos defeitos, tais como vacâncias de oxigênio. Para os pós dopados com ETT, picos bem definidos foram observados tanto para os modos internos quanto para externos, e os modos de vibração característica da fase scheelita na estrutura tetraédrica foram observados para todas as amostras. c) Caracterização Morfológica Através das microscopias de MEV-FEG, para o pó de molibdato de cálcio (CaMoO₄), foi identificado a formação de microesferas pela técnica de spray pirólise ultrassônico. A morfologia dos pós de molibdato de cálcio dopado com distintas porcentagens de ETT, exibem uma morfologia irregular (figura 2). Todavia, apesar das distorções, elas apresentam formato esférico peculiar da técnica de síntese. As irregularidades e perda da morfologia inicial pode estar ligada a adição das terras raras na matriz de CaMoO₄ que modifica a superfície das partículas, influenciando no processo final de formação das partículas pela técnica de SPU. O mapeamento das partículas de CaMoO₄ com 4% de ETT foi realizado com o objetivo de avaliar a distribuição das terras raras na estrutura do CaMoO₄ obtidos pela técnica SPU. Foi observado (figura 3) que as terras raras Eu, Tb e Tm estão distribuídas homogeneamente por toda as partículas de CaMoO₄. Assim, a técnica SPU é eficaz na dopagem homogênea de terras raras em materiais hospedeiros. Essa homogeneidade no material é de extrema importância para se obter materiais fotoluminescente, pois a concentração e distribuição dos elementos de terra rara é imprescindível para a obtenção da propriedade luminescente desejada. d) PL Os resultados mostram uma emissão de banda larga cobrindo uma grande parte do espectro visível (400nm a 800 nm) para o molibdato de cálcio puro (figura 4). Para os pós de molibdato de cálcio dopados com ETT, foi possível identificar as bandas características para todas as terras raras. Para o európio encontrasse em 615 nm e referente a transição 5D0 → 7F2 do Eu⁺³, para o térbio observa-se a banda em 545 nm referente a banda de transição 5D4 → 7F5 e para o túlio a banda de absorção em torno de 800 nm referente a 3H4 → 3H6 (figura 5). As terras raras európio, térbio e túlio, emitem luz nos intervalos do vermelho, verde e azul, respectivamente, e sabe-se que a luz branca é obtida por meio de mistura proporcional de fluxos de luz de três LEDs que emitem nos intervalos do vermelho, verde e azul (modelo de cor RGB). Deste modo os pós de molibdato de cálcio com ETT (Eu⁺³, Tb⁺³, Tm⁺³) apresentaram um excelente desempenho fotoluminescente. e)UV-Vis O gap óptico experimental do pó CaMoO₄ puro foi obtido pela extrapolação da região linear da curva de absorbância segundo o método de Wood e Tauc, sendo obtido um valor de 3,87 eV. Portanto, o material é ordenado a longa e curta distância. f)Coordenadas de cor As coordenadas de cromaticidade foram calculadas a partir de integrais de sobreposições (equações 1, 2, 3). Os valores das coordenadas de cromaticidade (x,y) para amostras dopadas com 1%, 2% e 4% de ETT foram, respectivamente: (0.41, 0.47); (0.35, 0.35); (0.34, 0.33), apresentando coloração amarelo-verde, para 1% ETT, e coloração branca, para 2% e 4% ETT. No entanto, para a luz branca equilibrada, uma combinação adequada de emissões no vermelho, verde e azul é desejável para uma melhor capacidade de reprodução de cor do fósforo. As coordenadas da região da luz branca equilibrada do diagrama de cromaticidade se encontram na faixa de (x= 0.28 a 0.35) e (y = 0.30 a 0.37) [33]. Portanto, os resultados indicaram que os pós de molibdato de cálcio e dopados com a ETT a 600°C possuem grande potencial para aplicações como materiais fotoluminescentes capazes de emitir luz branca, podendo ser um hospedeiro para LEDs brancos.

Conclusão

A partícula pura de CaMoO₄ foi obtida com sucesso por meio do método de spray pirólise ultrassônico a 600°C. Através do DRX e espectroscopia Raman foi comprovada a ordenação tanto a longa quanto a curta distância. A análise de MEV-FEG permitiu identificar a formação de microesferas. Para os pós de CaMoO₄ dopados com distintas porcentagens de ETT, os resultados de DRX comprovaram a eficiência da dopagem com a obtenção da estrutura scheelita. A adição de terras raras influenciou nas características morfológicas do material hospedeiro, porém o formato esférico prevaleceu. Espectroscopia Raman apresentou picos bem definidos tanto para os modos internos e externos, onde foi observado os modos de vibração característicos da fase scheelita na estrutura tetraédrica em todas as amostras. As bandas características para os materiais dopados foram encontradas através das medidas de fotoluminescência: Európio com transição 5D0 → 7F2 do Eu⁺³ e 615 nm; Térbio, com 545 nm referente a banda de transição 5D4 → 7F5 do Tb⁺³; e Túlio 800 nm referente a 3H4 → 3H6 do Tm⁺³. O diagrama de cromaticidade dos pós com ETT, indicaram que as amostras com 2% e 4% ETT, com emissão no branco, são candidatos em potencial a hospedeiros para LEDs brancos.

Referências

- [1] BOTELHO, G., et. al. Study of structural and optical properties of CaMoO₄ nanoparticles synthesized by the microwave-assisted solvothermal method. *Materials Chemistry and Physics.* 183, 110-120, 2016. [2] LUÉVANO-HIPÓLITO, E. MARTÍNEZ DE-LA CRUZ, A. Photooxidation of NO_x using scheelite type ABO₄(A = Ca, Pb; B = W, Mo) phases as catalysts. *Advanced Powder Technology.* 28, 1511-1518, 2017. [3] XIANG, Yubin., et. al. Synthesis of CaMoO₄ hierarchical structures via a simple slow-release coprecipitation method. *Applied Surface Science.* 349, 374-379, 2015. [4] CHANDRASEKHAR, B. K. WHITE, William B. Luminescence of single crystal CaMoO₄. *Materials Research Bulletin.* 25, 1513-1518, 1990. [5] TANG, Linjiang., et. al. Microwave dielectric properties of tunable Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ and scheelite AMoO₄ (A = Ba, Sr) composite ceramics. *Journal of Alloys and Compounds.* 551, 556-561, 2013. [6] SHARMA, N., et. al. Carbon-Coated Nanophase CaMoO₄ as Anode Material for Li Ion Batteries. *Chemistry of Materials.* 16, 504 – 512, 2004. [7] REDDY, M. V., et. al. Metal Oxides and Oxsalts as Anode Materials for Li Ion Batteries. *Chemical Reviews.* 113, 5364-5457, 2013. [8] HORYU, Jeong., et. al. Microwave-assisted synthesis of barium molybdate by a citrate complex method and oriented aggregation. *Materials Research Bulletin.* 40, 1468-1476, 2005. [9] YANG, Piaoping., et. al. Uniform AMoO₄:Ln (A=Sr²⁺, Ba²⁺; Ln=Eu³⁺, Tb³⁺) submicron particles: Solvothermal synthesis and luminescent properties. *Journal of Solid State Chemistry.* 182, 2510-2520, 2009. [10] JIANG, Linwen., et.al. Thermal annealing effects on the luminescence and scintillation properties of CaMoO₄ single crystal grown by Bridgman method. *Journal of Alloys and Compounds.* 734, 179-187, 2018. [11] MATAR, S. F., et. al. AMoO₄ (A = Mg, Ni) molybdates: Phase stabilities, electronic structures and chemical bonding properties from first principles. *Solid State Sciences.* 12, 1779-1785, 2010. [12] CHOI, Geun-Kyu., et. al. Microwave dielectric properties of scheelite (A = Ca, Sr, Ba) and wolframite (A = Mg, Zn, Mn) AMoO₄ compounds. *Journal of the European Ceramic Society.* 27, 3063-3067, 2007. [13] ZHANG, Junjun., et. al. Self-assembled CaMoO₄ and CaMoO₄:Eu³⁺hierarchical superstructures: Facile sonochemical route synthesis and tunable luminescent properties. *Journal of Physics and Chemistry of Solids.* 75, 878-887, 2014. [14] XIE, Ying., et. al. Controlled synthesis and luminescence properties of CaMoO₄:Eu³⁺ microcrystals. *Optical Materials.* 77, 13-18, 2018. [15] ZHAI, Yongqing., et. al. CaMoO₄:Dy³⁺,Eu³⁺ phosphors: microwave synthesis, characterization, tunable luminescence properties and energy transfer mechanism. *Optik.* 164, 433-442, 2018.

[16] GAO, Daojiang., et. al. Oxidant-assisted preparation of CaMoO₄ thin film using an irreversible galvanic cell method. *Thin Solid Films.* 518, 3151-3155, 2010. 1. [17] RAMAKRISHNA, P. V. Cathodoluminescence properties of gadolinium-doped CaMoO₄:Eu nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.* 149, 312-316, 2015. [18] EL-AZIZ, ABD., et. al. Superior catalytic performance of CaMoO₄catalyst in direct dehydrogenation of methanol into anhydrous formaldehyde. *Chemical Physics Letters.* 703, 44-51, 2018. [19] YU, Fangyi., et. al. Low temperature synthesis and photoluminescent properties of CaMoO₄:Eu³⁺ red phosphor with uniform micro-assemblies. *Materials Research Bulletin.* 46, 1327-1332, 2011. [20] WANG, Liyong., et. al. Synthesis of hollow spindle-like CaMoO₄: Ln³⁺(Tb, Eu) phosphors for detection of iron(III) ions. *Optik.* 185, 957-964, 2019. [21] LI, Jinping., et. al. Up-conversion photoluminescence emissions of CaMoO₄:Pr³⁺/Yb³⁺ powder. *Journal of Rare Earths.* 35, 645-651, 2017. [22] XIANG, Yubin., et. al. Synthesis of CaMoO₄ hierarchical structures via a simple slow-release co-precipitation method. *Applied Surface Science.* 349, 374-379, 2015. [23] M. HUERTA-FLORES, Ali., et. al. Synthesis of AMoO₄ (A = Ca, Sr, Ba) photocatalysts and their potential application for hydrogen evolution and the degradation of tetracycline in water. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry.* 356, 29-37, 2018. [24] YIN, Yongkui., et. al. Synthesis and photoluminescent properties of CaMoO₄ nanostructures at room temperature. *Materials Letters.* 64, 602-604, 2010. [25] ZHANG, Yongfang., et. al. Controllable synthesis and luminescent properties of hierarchical flowerlike CaMoO₄ microspheres. *Nano-Structures & Nano-Objects.* 6, 46-51, 2016. [26] JANBUA, Wanwisa., et. al. Direct synthesis and growth mechanism of metal molybdate (AMoO₄; A = Ca and Ba) fine particles via the mechanochemical method. *Ceramics International.* 43, 435-443, 2017. [27] RAHEMI, Saeed., et. al. A comprehensive review on ultrasonic spray pyrolysis technique: Mechanism, main parameters and applications in condensed matter. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.* 141, 104631, 2019. [28] S. Stopić , S. Gürmen , B. Friedrich. *Metalurgija* , 11 (2005) , p. 65 [29] S. Stopić , P. Dvorak , B. Friedrich. *Metall* , 60 (2006) , p. 377 [30] GURMEN, Sebahattin., et. al. Synthesis of nanosized spherical cobalt powder by ultrasonic spray pyrolysis. *Materials Research Bulletin.* 41, 1882-1890, 2006. [31] YOO, Youngju., et. al. Carbon microspheres with micro- and mesopores synthesized via spray pyrolysis for high-energy-density, electrical-double-layer capacitors. *Chemical Engineering Journal.* 365, 193-200, 2019. [32] ANSARI A., Anees. ALAM, M. Optical and structural studies of CaMoO₄:Sm, CaMoO₄:Sm@CaMoO₄ and CaMoO₄:Sm@CaMoO₄@SiO₂ core–shell nanoparticles. *Journal of Luminescence.* 157, 257-263, 2015. [33] MUKHERJEE, S. et al. Sonochemically synthesized rare earth double-doped zirconia nanoparticles: probable candidate for white light emission. *Journal of Nanoparticle Research.* 14, 814, 2012.

Anexos



Tabela 1: Composição dos pós de CaMoO₄ puro e dos pós de CaMoO₄ dopados com a mistura de Eu, Tb, Tm com diferentes concentrações.

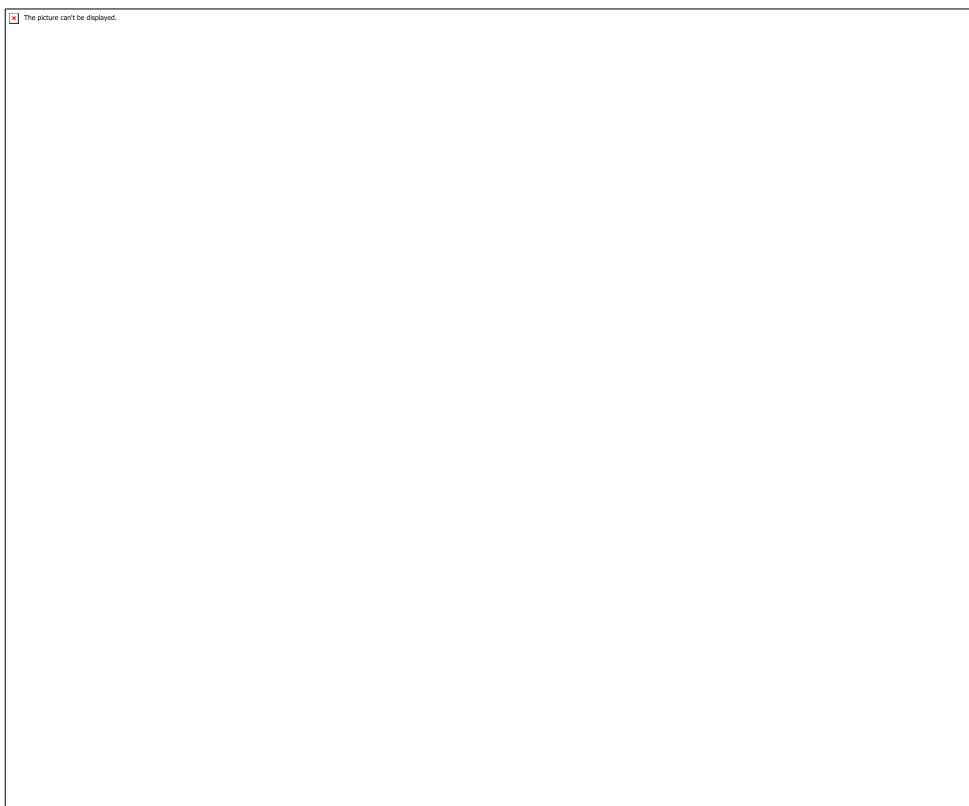


Figura 1: Difratograma de Raios X dos materiais puro e dopados com ETT a 600°C:
CaMoO₄ puro e CaMoO₄ com 1%, 2% e 4% ETT

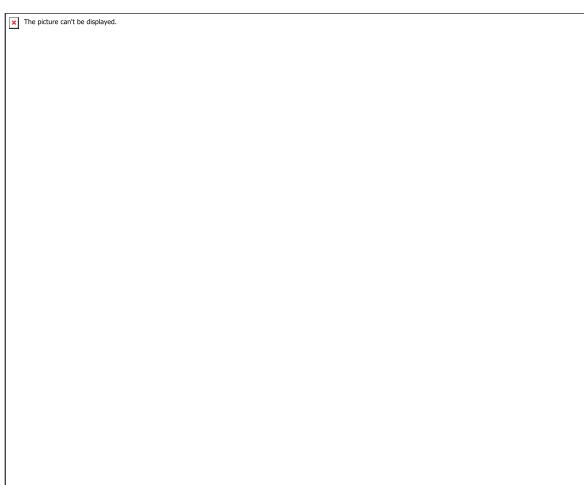


Figura 2: Micrografia do CaMoO₄ com 4% ETT

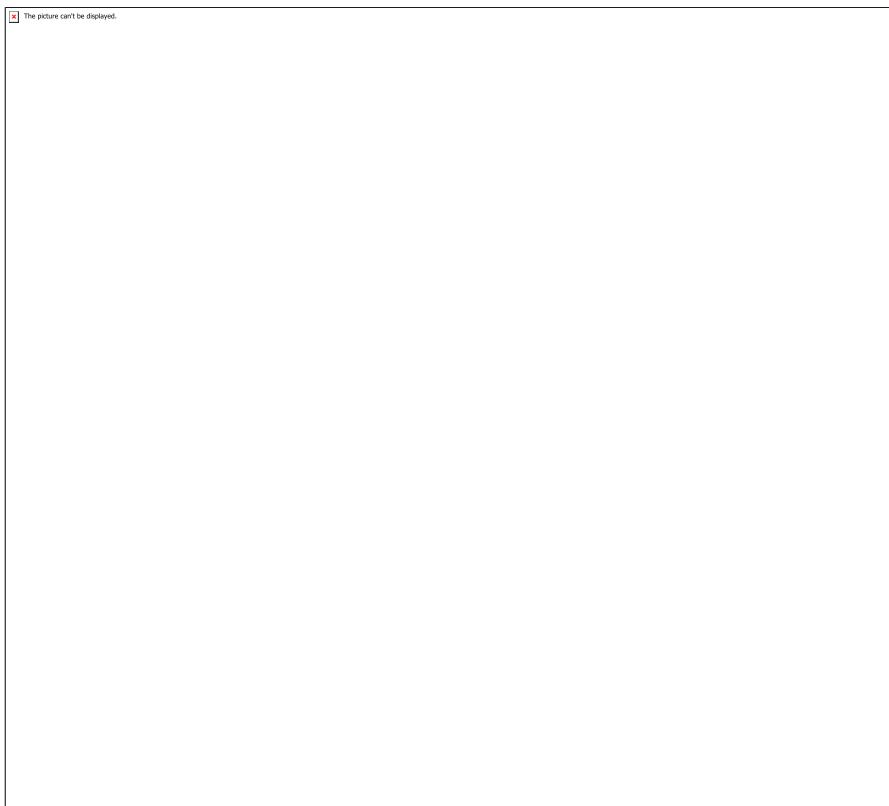


Figura 3: Mapeamento (EDS) do CaMoO₄ com 4% ETT

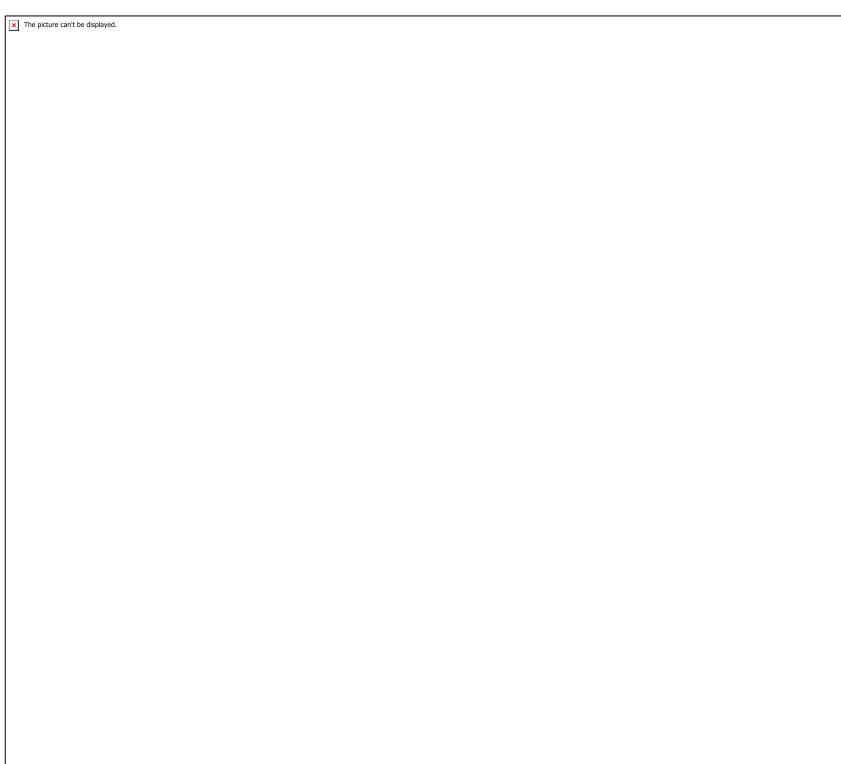


Figura 4: Fotoluminescência do pó CaMoO₄ puro

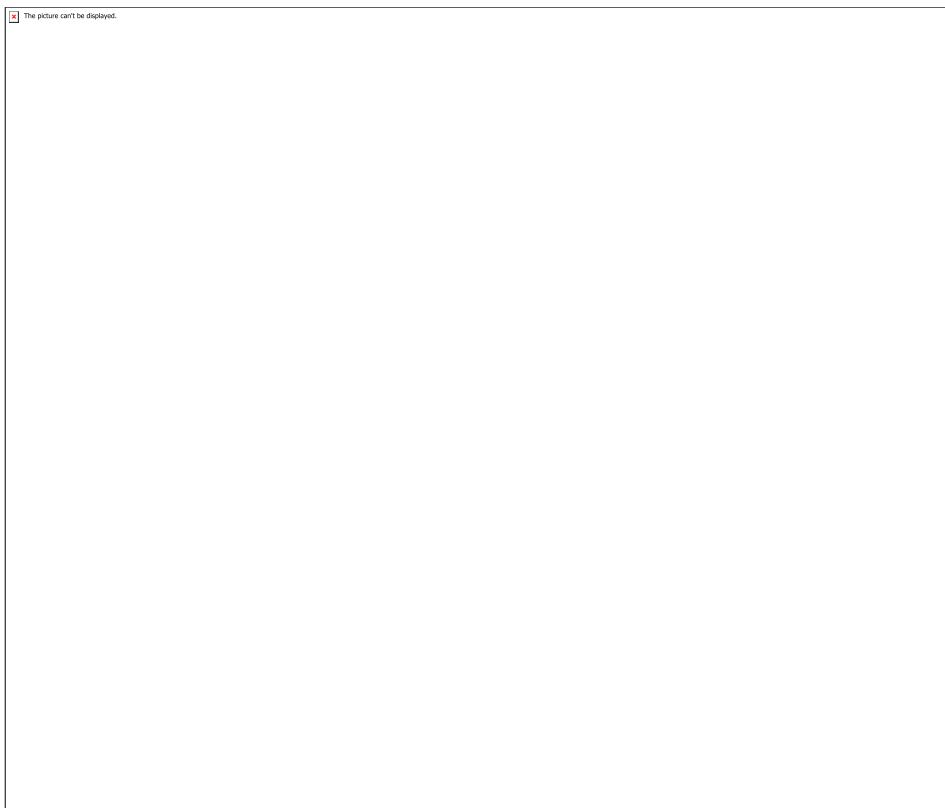


Figura 5: Fotoluminescência dos pós de CaMoO₄ dopados com 1%, 2% e 4% ETT

CÓDIGO: ET0970

AUTOR: IANE BARBOSA AUGUSTO DOS SANTOS

ORIENTADOR: VANESSA CRISTINA SANTANNA

TÍTULO: Caracterização de argila atapulgita aplicada a fluidos de perfuração não-aquosos

Resumo

Com os grandes desafios advindos da perfuração de poços, surge a necessidade de desenvolvimento ou modificação de fluidos cujas propriedades são capazes de atender as exigências de perfuração. Devido a isso, o estudo com argilas vem sendo desenvolvido cada vez mais, uma vez que estas apresentam propriedades como a capacidade de inchamento, alta capacidade de troca iônica, além de forte capacidade de adsorção. Para a obtenção de resultados favoráveis, faz-se necessário modificar a argila para que esta tenha papel fundamental na preparação do fluido de perfuração. Os fluidos de perfuração não-aquosos foram desenvolvidos para perfurações com condições de alta temperatura e elevada pressão, aspectos comuns em perfurações direcionais, o que gera limitação para os fluidos aquosos. Esse trabalho teve por objetivo modificar a argila atapulgita, com o intuito de aumentar sua afinidade pela fase orgânica de fluidos de perfuração não-aquosos, aplicando um tensoativo do tipo catiônico em uma concentração pré-estabelecida. As medidas de ângulo de contato apontaram um aumento da característica hidrofóbica da atapulgita modificada. No contexto da análise reológica, a atapulgita organofertilizada apresentou propriedades reológicas semelhantes a uma argila organofertilizada comercial.

Palavras-chave: fluido de perfuração, atapulgita, adsorção.

TITLE: Characterization of attapulgite clay applied to non-aqueous stirring fluids

Abstract

The major challenges arising from well drilling, flow change outbreaks or fluid modeling are concession rates as drilling requirements. Due to this, the study with clays is being developed more and more, since they have properties such as swelling capacity, ion exchange capacity high, and adsorption capacity strong. In order to obtain favorable results, it is necessary to modify the clay so that it plays a fundamental role in the preparation of the drilling fluid. Non-aqueous drilling fluids are designed for drilling with temperature high and pressure high conditions, which are common features of directional drilling, which creates limitation for aqueous fluids. This work aimed to modify the attapulgite clay, in order to increase its affinity for the organic phase of non-aqueous drilling fluids, applying a cationic surfactant at a pre-established concentration. Contact angle measurements indicated an increase in the hydrophobic characteristic of modified attapulgite. In the context of rheological analysis, organophilized attapulgite showed rheological properties similar to a commercial organophilized clay.

Keywords: drilling fluid, attapulgite, adsorption

Introdução

Nas perfurações sensíveis ao contato com a água e “offshore”, normalmente torna-se necessária a utilização de fluidos de perfuração não-aquosos (Melton et al., 2004). Nestes casos, as argilas (atapulgitas) perdem suas propriedades tixotrópicas e não podem ser usadas sem um prévio tratamento orgânico para que suas superfícies se tornem hidrofóbicas, uma vez que naturalmente seu estado é hidrofílico (Silva; Ferreira, 2008). Após o tratamento, quando hidrofóbicas, as argilas passam a ser organofílicas, passando a ter a capacidade de gelificação do fluido de perfuração, em virtude da recuperação de suas propriedades. O Brasil se destaca em exploração de petróleo em águas profundas, onde são utilizados fluidos de perfuração não-aquosos. O sucesso das operações de perfuração e seu custo dependem, fundamentalmente, da qualidade dos fluidos de perfuração, o qual venha a tornar o processo de produção de petróleo mais prático, rápido e eficiente. Assim, proporciona melhores propriedades reológicas e, consequentemente, maiores eficiências nas atividades realizadas durante o processo de perfuração. Ultimamente, as empresas de petróleo no Brasil utilizam argilas organofílicas importadas na preparação de fluidos de perfuração não-aquosos. No presente trabalho foi estudado como um tipo de tensoativo (catiônico) se adsorve na argila (atapulgita), por meio da utilização de banho finito como método de adsorção. Posteriormente, verificou-se o desempenho do tensoativo na organofilização da atapulgita por meio da caracterização por FRX, medida de ângulo de contato e análise reológica.

Metodologia

2.1. Organofilização da atapulgita Para este processo, foram preparadas amostras de atapulgita com a massa definida dos ensaios de adsorção em banho finito, para um volume fixo de 80 mL de tensoativo catiônico do tipo CTAB na concentração de 27,5 g/L. Estas amostras foram colocadas na mesa agitadora sob agitação constante de 200 rpm durante uma hora. Posteriormente, foram filtradas em um filtro de papel comum por 24 h para que a argila ficasse retida. Em seguida, a argila foi colocada em estufa a uma temperatura de 60 °C durante 24 h. Após isto, a argila já organofilizada foi macerada e utilizada no preparo do fluido de perfuração e no preparo de pastilhas. 2.2. Análise de Fluorescência de raios X – FRX A argila atapulgita in natura e a argila organofílica obtida foram submetidas à análise por espectrômetro de fluorescência de raios X que determina, semi quantitativamente, os elementos presentes, na forma de óxidos. Isso ocorre através da aplicação de raios X na superfície da amostra e a posterior análise dos raios X fluorescentes emitidos por cada um dos elementos químicos presentes na amostra. As análises de fluorescência de raios X foram realizadas no Laboratório NUPPRAR, no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2.3. Confecção das pastilhas de atapulgita Foram preparadas pastilhas com a atapulgita com o objetivo de diminuir as imperfeições da superfície e facilitar as medidas de ângulo de contato. Dois tipos de pastilhas foram confeccionados: o primeiro tipo foi feito com a atapulgita in natura (sem modificação, após o seu processo de peneiramento); o outro tipo foi confeccionado com a argila organofilizada. Ambas foram feitas com o auxílio de uma prensa hidráulica da marca Schulz, submetidas a uma pressão de 6 toneladas. Foi utilizada uma massa de aproximadamente 1,6 gramas para a confecção de cada pastilha. 2.4. Medidas de ângulo de contato O ângulo de contato é a medida entre a interface sólido/líquido e a interface sólido/gás. Estas medidas foram realizadas no equipamento goniômetro (Marca Krüss, modelo DSA100). Este equipamento efetua as medidas de ângulo de contato por meio de um software de análise de imagem. O procedimento feito foi colocar as pastilhas em posição horizontal e ajustar o equipamento manualmente de forma que o fluido utilizado, no caso água destilada, fosse gotejado sobre a superfície por meio de uma seringa. 2.5. Preparação do fluido

de perfuração não-aquoso Para a preparação do fluido de perfuração não-aquoso foram utilizados 400 mL do óleo n-parafina e uma massa de 12 gramas da argila atapulgita modificada. Colocou-se o óleo no agitador mecânico Hamilton Beach, e, sob agitação constante do óleo, adicionou-se o viscosificante, permanecendo esta etapa por 20 minutos. Nestas mesmas condições, um outro fluido foi preparado, porém desta vez utilizou-se uma argila organofílica comercial, seguindo o mesmo procedimento, apenas para efeito comparativo. Em seguida, os fluidos foram colocados em repouso por 24 horas. Logo após isto, os fluidos foram agitados por 10 minutos e caracterizados reologicamente. Posteriormente, foram envelhecidos, onde para isto utilizou-se células para armazenamento dos fluidos, colocando-as em uma estufa do tipo Roller Oven durante um período de 16 horas a uma temperatura de 160 °F, equivalente a aproximadamente 71 °C. O fluido em estufa, submetido à rotação, simula a circulação do fluido no poço. Os dois fluidos preparados foram submetidos ao mesmo procedimento. A etapa seguinte foi a medição das propriedades reológicas destes. Para os fluidos que foram submetidos à estufa, esperou-se um tempo aproximado de 2 horas, em água corrente, para que os mesmos ficassem em temperatura ambiente.

2.6. Determinação da reologia do fluido Para a caracterização reológica dos fluidos de perfuração à base de óleo foi utilizado um viscosímetro da marca Ofite, modelo 800. Os parâmetros reológicos são obtidos de acordo com a rotação da amostra em diferentes velocidades. Sendo assim, tornou-se possível obter a viscosidade aparente (VA), viscosidade plástica (VP) e o limite de escoamento (LE) com as leituras em 600 e 300 rpm, além da medida de força gel. Segundo a API, para o cálculo da viscosidade aparente, viscosidade plástica, limite de escoamento e força gel são utilizadas as Equações:

$$\text{VA (cP)} = L600/2 \quad \text{VP (cP)} = L600 - L300 \quad \text{LE (lbf/100 ft²)} = L300 - VP$$

Força gel (lbf/100 ft²) = GF - GI

A força gel inicial (GI) é medida com o fluido a 600 rpm durante um minuto, desligando o equipamento durante 10 segundos e, após isso, coloca na chave seletora na posição "gel", lendo a maior deflexão do indicador. Para medida da força gel final (GF), o fluido também é submetido a uma rotação de 600 rpm durante um minuto, deixando-o em repouso por 10 minutos. Após isso, coloca a chave seletora na posição "gel", lendo também a maior deflexão do indicador.

Resultados e Discussões

3.1. Medidas de Ângulo de contato Para analisar a molhabilidade da argila foram realizadas medidas de ângulo de contato em pastilhas feitas com a atapulgita in natura e com a atapulgita organofilizada, após todo o processo para assim obtê-la. O fluido utilizado para os testes foi água destilada. Para as pastilhas preparadas com a atapulgita in natura, não foi possível medir o ângulo de contato, visto que as mesmas apresentaram alta molhabilidade à água, não dando tempo para o goniômetro fazer as medidas. Para a atapulgita organofilizada, os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que o fluido não se adsorveu completamente à superfície da pastilha, garantindo sua característica mais hidrofóbica. A Tabela 1 apresenta os resultados para as pastilhas de atapulgita organofilizada.

Tabela 1. Ângulos de contato para as pastilhas feitas com atapulgita organofilizada

Pastilhas	Ângulo de contato 1	53,6	2	52,8	3	52,9
Atapulgita In natura Organofilizada	% SiO ₂	63,3711	60,5263	% Al ₂ O ₃	13,4537	
	12,7272	% Fe ₂ O ₃	11,3183	11,2342	% MgO	7,3785
					5,2017	% K ₂ O
					2,2931	4,2065 % Br
					- 4,0941	% TiO ₂
					1,2637	1,3487 % MnO
					0,3363	0,3251 % CaO
					0,2787	0,0634 % SO ₃
					0,1089	0,0281 % BaO
					0,0873	0,0674 % Na ₂ O
					0,0558	0,1025 % P ₂ O ₅
					0,0546	0,0554

A Tabela 2 apresenta as composições químicas da argila in natura e da atapulgita organofilizada.

Tabela 2. FRX das argilas ativada e in natura. Atapulgita In natura Organofilizada

Elemento	Concentração (%)
SiO ₂	63,3711
Al ₂ O ₃	13,4537
Fe ₂ O ₃	12,7272
MgO	7,3785
K ₂ O	5,2017
Br	- 4,0941
TiO ₂	1,2637
MnO	1,3487
CaO	0,3363
SO ₃	0,3251
BaO	0,2787
Na ₂ O	0,0634
P ₂ O ₅	0,0554

Analizando os resultados da Tabela 2, observa-se a presença de bromo na atapulgita organofilizada. Isso ocorreu, possivelmente, devido à adsorção do bromo presente no

tensoativo CTAB. Onde o bromo, mesmo dissociado da molécula do tensoativo em solução, se adsorveu em algum sítio positivo na superfície da argila. 3.3. Análise Reológica A Tabela 3 apresenta os valores de viscosidade plástica (VP), viscosidade aparente (VA), limite de escoamento (LE) e força gel para os fluidos antes do processo de envelhecimento. Tabela 3. Resultados reológicos para os fluidos preparados com argila organofílica comercial e atapulgita organofilizada antes do processo de envelhecimento. Argila organofílica comercial Atapulgita organofilizada VA (cP) 3,5 5 VP (cP) 3,5 3 LE (lbf/100 ft²) 0 4 FG (lbf/100 ft²) 1 0 Analisando a Tabela 3, observa-se que o fluido preparado com a atapulgita organofilizada apresenta quase todas as propriedades reológicas próximas as do fluido preparado com a argila organofílica comercial. No entanto, não é tixotrópico. A Tabela 4 apresenta os valores de viscosidade plástica (VP), viscosidade aparente (VA), limite de escoamento (LE) e força gel para os fluidos após o processo de envelhecimento. Tabela 4. Resultados reológicos para os fluidos preparados com argila organofílica comercial e atapulgita organofilizada após o processo de envelhecimento. Argila organofílica comercial Atapulgita Organofilizada VA (cP) 3,5 5 VP (cP) 3,5 3 LE (lbf/100 ft²) 0 4 FG (lbf/100 ft²) 0 0 Com o envelhecimento dos fluidos (Tabela 4), observa-se que não houve alteração na reologia dos fluidos, com exceção para a força gel do fluido com a argila organofilizada comercial que também se apresentou nula. Esses resultados mostram a eficiência na organofilização da atapulgita, visto que essa apresentou propriedades reológicas semelhantes às da argila organofilizada comercial.

Conclusão

Com relação ao ângulo de contato, os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que a água não se espalhou completamente sobre a superfície da atapulgita organofilizada, reiterando sua característica hidrofóbica pós-tratamento. Embora o grau de gelificação não atenda às normas especificadas, o processo de modificação superficial da atapulgita apresenta-se como uma alternativa aceitável em sua utilização como fluido de perfuração à base de óleo, após todo o processo de organofilização.

Referências

- MELTON, H. R. et al. Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations. SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, n. 342, 2004. SILVA, A. R. V; FERREIRA, H. C. Industriais, Reservas, Produção E Produtores / Fornecedores Nacionais E Internacionais. Revista eletrônica de Materiais e Processos, v. 3, p. 26-35, 2008.

CÓDIGO: ET0990

AUTOR: MARCOS VINICIUS RIBEIRO DE PAIVA PEREIRA

ORIENTADOR: ANTONIO LUIZ PEREIRA DE SIQUEIRA CAMPOS

TÍTULO: Plano de trabalho para Estudo de tecnologias NB-IoT como alternativa para conectividade de redes de Internet das coisas

Resumo

Nosso estudo consiste em unir novas tecnologias a uma aplicação que fornecerá suporte para quem necessita da chuva para seu projeto. Unimos a Internet das Coisas a um projeto de baixo custo que, consiste em um pluviômetro, usado para recolher e medir, em milímetros lineares, a quantidade de líquidos ou sólidos (chuva, neve, granizo) precipitados durante um determinado tempo e local. Porém, segue nos pilares da IoT, que consiste em baixo custo, longo alcance e baixo consumo de energia.

Palavras-chave: IoT, LPWAN, LoRa, SigFox, M2M, Aplicações.

TITLE: Internet of Things, low cost support for your rain gauge

Abstract

Our study is to combine new technologies with an application that will provide support to those who need rain for their project. We link the Internet of Things to a low-cost project that consists of a rain gauge used to collect and measure in linear millimeters the amount of liquid or solid (rain, snow, hail) precipitated over a given time and place. However, it follows the pillars of IoT, which consists of low cost, long range and low power consumption

Keywords: IoT, LPWAN, LoRa, SigFox, M2M, Applications

Introdução

O termo Internet das Coisas surgiu em setembro de 1999 por Kevin Ashton, um pioneiro tecnológico britânico que concebeu um sistema de sensores omnipresentes conectando o mundo físico à Internet, enquanto trabalhava em identificação por rádio frequência (RFID). O IoT (Internet das Coisas, do inglês Internet of Things) tem como objetivo conectar o mundo físico (veículos, cidades, prédios e etc.) com a internet, através de tecnologias introduzidas, sensores e conexão com uma determinada rede que é capaz de receber e transmitir dados. De forma bem enxuta, o IoT é como os sensores inteligentes e softwares se comunicam com objetos físicos de diversos tipos. Isso gera uma rede de comunicação bilateral, onde ocorre uma troca de informações entre dois ou mais pontos. Desde às tecnologias mais simples, as mais complexas, conseguimos de uma forma ou de outra, conectar-las ao termo Internet das Coisas, onde eles possuem uma conversa entre si, que trazem uma maior praticidade em suas aplicações. Essas aplicações variam de monitoramento de saúde, fornecimento em tempo real sobre monitoramento de cidades, como número de vagas, trânsito em determinada região, no agronegócio, monitorando plantações, cargas e outras diversas aplicações que estão disponível para essa comunicação. Com um grande avanço e desenvolvimento de outros diversos tipos de ramos da internet, como sensoriamento, processamento e comunicação, novos dados da empresa de pesquisas Juniper Research revelaram que

o número total de sensores e dispositivos IoT (Internet das Coisas) conectados deve ultrapassar 50 bilhões até 2022, mais que o dobro dos estimados 21 bilhões em 2018. A nova pesquisa da Juniper, "A Internet das Coisas: Consumidor, Industrial e Serviços Públicos 2018-2023", descobriu que esse crescimento, equivalente a 140% nos próximos 4 anos, será impulsionado por serviços de computação de ponta (Edge Computing, processamento de dados longe da nuvem e mais perto da fonte); aumentando a escalabilidade e a segurança da implantação

Metodologia

A rede de conexão de vários dispositivos na IoT, estava sendo suprido por tecnologia de curto alcance e utilizando rede mesh, com algoritmos de roteamento com múltiplos saltos. Dessa maneira, essas tecnologias influem diretamente na eficiência do uso de energias, aumentando seu consumo, e no encarecimento de dispositivos para gerenciar redes de dados que são trafegados, assim aumentando o custo de solução. Com um crescente aumento de aplicações na IoT, a necessidade de aplicações com custos reduzidos, longo alcance e menor consumo de energia cresce cada vez mais. Assim as redes LPWAN (do inglês Low-Power WideArea Network), surge como uma nova oportunidade e alternativa para as conexões em redes M2M (do inglês Machine-to-Machine). As redes LPWAN devem seguir alguns pré-requisitos como: longo alcance, baixo consumo de energia, capacidade do sinal em vencer barreiras físicas e com menor nível de atenuação, pervasividade e por fim, mas não menos importante, o baixo custo. No Brasil, as alternativas para LPWAN, se encontram em diferentes estágios de disponibilidade. As redes que estão ligeiramente avançadas, mas por questões de homologação e/ou por pouca cobertura, são as redes LoRa e SigFox. De início, percebesse uma diferença entre a prestação de serviço das duas redes, a SigFox como uma prestadora de serviço, que oferece seu "produto" em forma semelhante a operadoras de telefonia móvel, no formato NaaS (do inglês Network as Service), de uma forma que o usuário não consiga modificar ou ter ações diretas na rede, com questões de cobertura, falhas ou qualquer tipo de gestão. Já a rede LoRa, se oferece aos usuários como uma rede aberta, em questões de cobertura, configuração e etc. Esses dois parâmetros são fundamentais para escolha em um projeto. Lora: Atualmente não existem empresas que disponibilizam a rede LoRa publicamente como a rede SigFox, logo a sua escolha para um projeto irá estar intimamente ligada à como ela será administrada, pois é uma arquitetura bastante aberta, podendo ter mais dados apurados e assim conseguir um melhor gerenciamento de rede. A rede LoRa é uma tecnologia de comunicação de longo alcance (Long Range) e baixo consumo de energia. Alguns pontos positivos que podemos citar é que, o longo alcance que a LoRa possui, deixa a rede resistente a interferências, aumento da vida útil para as baterias devido ao baixo consumo, os dispositivos Machine-to-Machine (M2M) podem ficar em estado de hibernação sendo acionados apenas por curtos períodos de tempo, o multiuso também é um benefício a ser citado, pois os mesmos dispositivos podem ser usados tanto para rede pública, ou para rede privada. Possui também uma boa precisão na geolocalização dos EndDevices. Os End-Devices podem ser separados em 3 tipos de classes (A,B e C), que atuam classificando-se em mais simples (Classe A) até os mais sofisticados (Classe C), essas classes influem diretamente em características neles contidos. Em relação aos Gateways, existem diversos tipos de modelos, que podem atender a necessidades específicas, como ambientes em subsolo ou fechado (Garagens, subsolos e etc.), os industriais e até os mais caros para topo de edifício. SigFox: A rede SigFox já possui um modelo de negócios um pouco diferente da rede LoRa, pois ela detém o controle da tecnologia, servidores, abrindo espaço para outras entidades desenvolverem os dispositivos (end-points). A rede SigFox já possui uma boa área de

cobertura e os custos das tendem a ser bem chamativos. Se uma empresa deseja produzir um produto baseado em SigFox, ela deve desenvolver um hardware em módulo sub-Ghz que seja compatível com a tecnologia, e entrar em contato com o operador da região para informações de custos e dados. As redes SigFox e LoRa trabalham com topologias parecidas (citada na imagem acima). Em relação ao geoposicionamento, a rede SigFox usa um modelo chamado Spot It, que se baseia em, receber as mensagens nos diferentes Gateways, e de acordo com a intensidade do sinal recebido, ela calcula a localização de um possível End-Devices. Na camada Network Server, também é possível criar suas próprias soluções, ou adotar algumas soluções fornecidas pelo gerenciador do dispositivo. Outro ponto positivo é o acesso aleatório a plataforma, que passa a ser um recurso fundamental para atingir uma alta qualidade de serviço. O dispositivo envia a mensagem em uma frequência aleatória e em seguida envia 2 réplicas em diferentes frequências e tempo, criando diversidade de tempo e frequência. Esta diversidade aumenta muito a resistência do sistema a interferências, pois uma mesma mensagem tenta vários “caminhos” – frequências e tempos diferentes para garantir a recepção bem-sucedida da mensagem. A capacidade de rede da SigFox é muito ampla, assim permitindo a conexão de diversos tipos de aparelhos. Essa capacidade de rede decorre devido a alguns fatores ali presentes, como, diversidade de tempo e frequência, introduzida pelo acesso aleatório; diversidade espacial devido às células de rede sobrepostas. Outro ponto que podemos citar, é que independentemente do link de rádio, a capacidade é a mesma, já que em outras redes, a capacidade decai quando a qualidade do link piora. A rede SigFox também possui uma alta resiliência a interferência, pois possui capacidade de transmissão apesar da presença de interferências.

Resultados e Discussões

Com toda essa tecnologia, a internet das coisas engloba um mundo de aplicações e que podem automatizar o funcionamento de diversas coisas do nosso cotidiano, podemos citar algumas aplicações bem futurísticas, mas que em breve, não será algo impossível de possuirmos em nossas residências. Algumas delas são, geladeiras que conseguem se comunicar com o supermercado e fazer o pedido ou luzes que controlam o próprio funcionamento de acordo com fatores externos. Hoje em dia, já existe no mercado algumas soluções para automatização de casas inteligentes, onde permitem configurar a intensidade da luz em determinado horário, ou programar para que as mesmas se acendam ao perceber o movimento em determinado ambiente, até robôs que já fazem a limpeza da sua residência. Apesar de possuir um preço bastante elevado, essas soluções já estão disponíveis no mercado. Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial, um projeto de automação residencial básico (iluminação de ambientes, ar condicionado e monitoramento do acesso a residência) custa a partir de R\$ 6mil. Em 2017, a Google adquiriu por U\$ 3,2 bilhões a Nest. A empresa criou um sistema de controle de temperatura de ambientes usando sensores que são integrados ao sistema de refrigeração, e promete uma economia de energia de até 30%. A Samsung apresentou um projeto de geladeira inteligente, que é basicamente uma geladeira com um tablet na porta. O produto é capaz de ajudar a gerenciar a vida de uma família (com calendário e restrições alimentares, por exemplo), e mostrar o que tem na geladeira sem abrir sua porta. Além disso, também existem iniciativas envolvendo TVs, caixas de som e outros eletrodomésticos inteligentes. Outra aplicação que já faz parte da rotina da maioria da população, são as formas de pagamento online, que atualmente já é totalmente possível realizar pagamentos a qualquer horário e de forma segura, por telefones, relógios ou até pulseiras. O Visa Ready, fornece a fabricantes de dispositivos um caminho para inserir pagamentos seguros a dispositivos

conectados, fazendo com que qualquer objeto possa iniciar transações com apenas um clique. Outro exemplo é a Google Pay, que busca unificar diferentes métodos de pagamento em um só lugar. Uma área do IoT que vem crescendo exponencialmente e recebendo grandes investimentos é a área de carros autônomos, apesar de não está disponível com tanta facilidade, já é uma realidade no cenário atual. A Waymo, braço da Google que desenvolve carros que dirigem sozinhos, iniciou seus trabalhos em 2008 e é a empresa mais avançada nesse mercado. Os carros autônomos também estão em fase de desenvolvimento dentro das Universidades Federais, com projetos na Universidade Federal do Espírito Santo e na Universidade de São Paulo. Outra área que podemos citar também, que vem numa crescente evolução é a parte dos drones, que apesar de muitas pessoas levarem como curtição, os drones são uma boa oportunidade de negócio. Seu tamanho reduzido e suas multi-utilidades são dois dos fatores que fazem dos drones muito interessantes. Os drones são capazes de realizar manobras de voo, a um custo bem menor do que pequenos aviões e helicópteros. Eles podem ser usados para filmar eventos, monitorar de plantações, e obter de fotos aéreas para composição de imagens. A Amazon possui um projeto no qual utiliza drones para realizar entregas de produtos. A empresa BioCarbon Engineering, apoiada pela fabricante de drones Parrot, criou uma tecnologia que permite aos drones colher dados detalhados de terrenos para produzir mapas 3D de terras agrícolas, plantações e florestas. Já no âmbito rural, o IoT vem trazendo diversos avanços tecnológicos que auxiliam e trazem suporte ao produtor rural de uma forma mais simples e eficaz, onde o responsável pelo campo consegue fazer o monitoramento de diversas áreas diferentes, por meio de um telefone. Hoje em dia existem sistemas que são construídos para monitorar todas uma rede de produção, desde a irrigação, passando pela umidade da luz e do solo, temperatura e a partir daí gerar toda uma automação no processo de plantio. As empresas Vivo, Raízen e Ericsson, com apoio da EsalqTec, apresentaram durante a última semana, em Piracicaba, interior do estado de São Paulo, soluções para o agronegócio brasileiro com foco em telemetria de maquinário, pecuária e previsões climáticas. Todas com objetivo de tornar a vida do agricultor mais fácil, com uma gestão do campo mais eficiente, rápida e automatizada. Os projetos foram desenvolvidos por startups que compõe o programa Agro IoT Lab, iniciado em janeiro de 2019, com a divulgação das seis iniciativas selecionadas para o desenvolvimento de soluções e aplicações em IoT no agronegócio, utilizando a frequência de 450 MHz e direcionadas para operar nas redes Narrow Band IoT (NB-IoT) e Long Term Evolution for Machines (LTE-M) – lançadas oficialmente pela Vivo em 19 de março deste ano. As demonstrações das novas aplicações foram acompanhadas pelo presidente da Anatel, Leonardo Euler, e pelo conselheiro Aníbal Diniz. Apesar de todo esse avanço tecnológico, a Internet das Coisas não só dá suporte aos grandes projetos, mas também consegue dar suporte a algumas tendências que são comuns no âmbito rural, como agricultura biológica, agricultura familiar (espaços complexos ou pequenos, gado particular e / ou culturas, preservação de variedades particulares ou de alta qualidade etc.), e melhorar a agricultura altamente transparente.

Conclusão

Com todo esse leque que o IoT abrange, começamos a analisar e pesquisar sobre o que iríamos desenvolver, onde surgiu a ideia de construir um sensor que iria medir a quantidade de chuvas em milímetros e enviar essas informações a um dispositivo que informaria em tempo real essa metrificação. Esse sensor consiste em dois sensores, que o primeiro serve para informar ao dispositivo que a chuva começou, logo, o dispositivo consegue permanecer desligado em quanto não está ocorrendo chuva em determinado instante, essa forma abrange um dos pilares da Internet das Coisas, que é

o baixo uso de energia, já que o sensor só ativaría em quando a chuva estiver ocorrendo. Já o segundo sensor, serve para calcular, em capacidade, e cada capacidade irá responder por uma quantidade de milímetros e depois converte essa capacidade para milímetros, assim, enviar as informações para um dispositivo. Esse projeto tem por finalidade ter um baixo custo, para assim qualquer a maioria dos produtores rurais terem um acesso mais fácil a uma tecnologia que já é facilmente encontrada em algumas propriedades, mas ainda possui um custo elevado, além de que é uma tecnologia que o produtor rural pode está metrificando essa quantidade de chuva, de qualquer localização, e assim fazer media, para determinadas períodos de muita seca ou de muita chuva, para conseguir metrificar toda essa estatística e assim ter um suporte maior para sua caminhada no campo. Em virtude dos fatos mencionados, procuramos desenvolver um protótipo que segue a risca os pilares da Inter das Coisas, que são baixo consumo de energia, já que o software só começará a funcionar quando o sensor de chuva for acionado, assim ativando todo sistema, baixo custo, já que o protótipo seria desenvolvido com pouco investimento e baixo valor na aquisição dos produtos, e que abrange uma grande área, já que possibilita o cálculo de determinada quantidade de chuva em determinada região.

Referências

- [1]. Tecnologias Emergentes de Conectividade na IoT: Estudo de Redes LPWAN; [2]. Low Power Wide Area Networks: An Overview; [3]. Long-Range Communications in Unlicensed Bands: The Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios; [4]. State of the Art in LP-WAN Solutions for Industrial IoT Services;

CÓDIGO: ET1052

AUTOR: LEVY GABRIEL DA SILVA GALVAO

ORIENTADOR: RICARDO FERREIRA PINHEIRO

TÍTULO: Uso do DSP no controle de máquinas elétricas: estudo de caso do regulador eletromagnético de frequência (REF)

Resumo

O presente trabalho pretende explicar sobre o processador digital de sinais (DSP) e como ele pode ser aplicado no controle de máquinas elétricas, com foco especial no regulador eletromagnético de frequência (REF). Apresenta alguns outros sistemas embarcados que podem servir como alternativas ao DSP a depender do tipo de aplicação desejada. Também foca os DSPs fabricados pela Texas Instruments (TI), em especial na família C28x, permitindo que sejam descritas formas de aplicar uma lei de controle desejada no contexto dos módulos e submódulos e da programação em C do DSP.

Palavras-chave: REF. DSP. Controle. Máquinas elétricas.

TITLE: Use of DSP in the control of electric machines: case study of the electromagnetic frequency regulator (EFR)

Abstract

The present work intends to explain about the digital signal processor (DSP) and how it can be applied in the control of electric machines, with special focus on the electromagnetic frequency regulator (REF). Features some other embedded systems that may serve as alternatives to DSP depending on the type of application you want. It also focuses on DSPs manufactured by Texas Instruments (TI), especially in the C28x family, allowing for ways to apply a desired control law in the context of DSP modules and submodules and C programming.

Keywords: EFR. DSP. Control. Electric machines.

Introdução

No atual contexto de desenvolvimento populacional e das tecnologias, o papel da energia elétrica e dos sistemas elétricos se tornaram ainda mais importantes. Junto a eles estão associadas condições de vida melhor, como: acesso à educação, melhoria da saúde, inovação, bem estar e lazer, etc. Cabe destacar a exigência que degradação ambiental em todo o mundo tem trazido ao apelo pela redução dos impactos, e, nesse contexto, as vantagens que podem ser obtidas pelo uso de energia elétrica oriunda de fontes renováveis.

Novas estratégias de controle de sistemas elétricos são essenciais para permitir uma melhoria na qualidade dos serviços de forma que haja um desenvolvimento na geração e consumo sustentável da energia elétrica, redução de custos de implementação dos sistemas de forma inclusiva que atenda a todos, construindo infraestruturas resilientes que fomente a inovação.

Os dados de demanda energética global fornecidos pelo World Energy Outlook 2018 (WEO 2018) mostram que dentre os 20 países maiores consumidores de energia elétrica, de 2000 a 2017, o consumo teve alta na maior parte. No top 2 entre China e Estados Unidos, vê-se que este já possuía uma alta demanda em 2000, tendo um pequeno adicional. Enquanto que a China apresenta um alto acréscimo na demanda, mostrando que seu consumo é um quarto da eletricidade global, porém seu consumo per capita está bem abaixo de muitas das economias mais avançadas (WEO, 2018).

Dados do WEO 2018 expressos no gráfico da figura 2 mostram que em 2017 mais de 70% dos investimentos mundiais em geração de energia foram em fontes de baixo carbono. Isso demonstra a crescente preocupação das nações pela necessidade de uma energia mais limpa. Vale destacar que a China possui o maior investimento, de cerca de 100 bilhões de dólares, enquanto que o Brasil ainda mostra uma parcela menor de investimento, porém maior do que alguns centros, como a África subsaariana, o sudeste da Ásia, etc.

Esses estudos mostram que de fato as principais economias mundiais possuem uma alta demanda de eletricidade aliado ao desejo de fomentação de fontes renováveis. Dessa forma, o presente trabalho visa abordar, no contexto de otimização de sistemas elétricos e de energias renováveis, a proposição de alternativas técnicas para o desenvolvimento das tecnologias que contribuam para uma energia mais limpa, sustentável e acessível.

No âmbito mais específico, este trabalho pretende explicar um pouco sobre o processador digital de sinais (DSP, do inglês digital signal processor) e como ele pode ser aplicado no controle de máquinas elétricas, com foco especial no regulador eletromagnético de frequência (REF).

Para isso será necessário mostrar outras alternativas de sistemas embarcados que podem substituir o DSP em outras aplicações. Porém o foco principal será apresentar fluxos de programas que podem contribuir para bons resultados no desenvolvimento de estratégias de controle.

Os DSPs tratados aqui são fabricados pela Texas Instruments (TI), em especial os da família C28x. Serão descritas formas de aplicar uma lei de controle desejada no contexto dos módulos e submódulos e da programação em C do DSP.

Vale destacar que no decorrer deste trabalho haverão alguns termos que, apesar de terem sido traduzidos para o português, apresentam um significado mais expressivo em inglês, sendo assim preferivelmente utilizados nesta última forma.

Metodologia

2.1 DSP

O DSP, como o próprio nome sugere é um microprocessador especializado na natureza repetitiva do processamento digital de sinais e na reprogramação de suas aplicações com agilidade, permitindo a expansão de funcionalidades por meio de software (SALAZAR, 2009).

Dessa forma ele possui as mesmas características que um microprocessador, tais como: uma unidade central de processamento (CPU, do inglês central process unit), memória, conjunto de instruções, barramentos, etc. Sendo que a diferença principal desses componentes é que eles são customizados para uma maior eficiência em certas tarefas, a exemplo do processamento digital de sinais em tempo real (OSHANA, 2006).

Além do DSP existem outros sistemas embarcados que podem se mostrar mais viáveis para uso no projeto, ficando a escolha a título da aplicação ou conjunto de aplicações desejados, para que permita um diálogo entre flexibilidade e custos. Existem os circuitos integrados de aplicação específica (ASIC, do inglês application specific integrated circuit), os arranjos de portas programáveis no campo (FPGA, do inglês field programmable gate arrays) e os microprocessadores em si.

Os ASICs são hardwares com uma única opção de implementação, pois possuem um conjunto limitado de funções, porém não sofrem das limitações de carregamento e armazenamento de instruções e dados que a programação de Von Neumann possui, apresentando rapidez e baixo consumo de energia. Já os FPGAs permitem a programação e reprogramação. São mais flexíveis do que ASICs, mas não tanto, pois é composto por várias portas que podem ser ligadas de acordo com a função necessária. Mas no final, isso gera várias portas em desuso, implicando em consumo de espaço e de recursos. Em seguida vêm os DSPs e os microprocessadores, sendo estes de uso mais amplo e de flexibilidade maior que os DSPs, porém com alto custo (OSHANA, 2006).

Existem diversos fabricantes de DSPs, tais como: Analog Devices, Texas Instruments, Motorola, Freescale, Hewlett-Packard, etc. Como fora dito antes, este trabalho tratará das especificidades da Texas Instruments.

2.2 REF

O regulador eletromagnético de frequência (REF) é uma tecnologia desenvolvida com base na problemática de que a velocidade do vento é variável, refletindo diretamente na velocidade das turbinas eólicas (COSTA, 2016). Assim o REF surge como uma alternativa para controlar essa velocidade. Ele é assim denominado, pois a variável de controle principal é a frequência. Na prática isso se reflete no controle da velocidade de saída (SILVA, 2015).

Em termos de sua composição física, o REF se assemelha a uma máquina de indução com o rotor em gaiola de esquilo, apresentando dois rotores, pois sua carcaça, contendo os enrolamentos e o circuito magnético da armadura, giram solidariamente à turbina eólica. Possui os enrolamentos trifásicos da armadura localizados na parte da máquina denominada estator, pois em máquinas convencionais essa parte é denominada de tal forma (SILVA et all., 2015).

COSTA (2016) e SILVA et all (2015) renomeiam o rotor como “rotor síncrono”, sendo aquele que gira junto ao eixo rotórico do gerador síncrono e o estator se torna o “rotor assíncrono”, pois os enrolamentos da armadura giram junto ao eixo da turbina eólica.

O rotor assíncrono é alimentado eletricamente através de um inversor de frequência cujas correntes produzidas determinam a velocidade do campo girante (SILVA, 2015). O controle deve ser tal que permita a constância da velocidade de saída e no caso de

ausência de vento, as fontes responsáveis por alimentar o inversor forneçam a energia demandada pela carga (COSTA, 2016).

As figuras 3 e 4 são resultantes de ensaios com o REF e ocorrem no mesmo instante.

Elas contribuem para mostrar resultados práticos fornecidos por SILVA (2015) de que variações na velocidade do vento da turbina eólica alteram a velocidade de rotação do rotor assíncrono, porém o controle deve atuar garantindo uma velocidade constante no rotor síncrono. Vale destacar que o erro em regime permanente tende a zero, um resultado direto do controle PI.

Resultados e Discussões

Por meio de uma pesquisa bibliográfica foram reunidas teses e dissertações para entender as inúmeras aplicações do DSP em projetos de engenharia, inclusive se valendo dos manuais necessários para entender a família C28x dos DSPs da Texas Instruments (TI).

Reunindo os conhecimentos obtidos acerca dos scripts de código realizados pelos autores acima e das orientações sugeridas nos manuais da TI, foi construído o fluxograma da figura 5 que exemplifica os passos para desenvolver um programa no DSP de acordo com as indicações da TI.

O primeiro campo reinicia o sistema. O segundo campo é a sequência de início e é responsável pelo Boot da ROM ou Boot do XINTF Zone 7 (interface externa). Em seguida a execução do código se encaminha do ponto de entrada da inicialização para a rotina de inicialização em C.

No terceiro campo algumas outras funções genéricas para configurar periféricos para um estado definido ou funções que podem ser úteis para diferentes aplicações são chamadas por meio de um código fonte em Assembly chamado `DSP281x_CodeStartBranch.asm`. O código pode ser configurado opcionalmente para desabilitar o WatchDog, caso ele esteja contando em seu limite antes da `main()` ser alcançada.

O WatchDog (WD) é o temporizador que pode ser usado para prevenir travas em um sistema, quando o software se encontra bloqueado ou preso em um loop sem controle para sair. Quando o contador do WD é esgotado, uma reinicialização do hardware é gerada. No caso de um funcionamento normal, a manutenção do WD deve ser realizada regularmente para evitar um reinício indesejado no hardware, assim, permitindo que o contador volte para seu valor inicial e comece a contar novamente (sprufo2, 2009).

O quarto campo é o da inicialização em C, contando com a inicialização das variáveis necessárias para o programa. O `boot.asm` do compilador é automaticamente incluído com a biblioteca `runtime`. Essa parte irá atribuir o `OBJMODE` para 28x.

A compatibilidade do modo de operação da CPU do 28x é determinada por uma combinação entre os bits `OBJMODE` e `AMODE` no Status Register 1 (ST1) (spru712h pg.117, 2012). Em dispositivos 28x, se iniciados da ROM, o modo de configuração

padrão será o do 28x. Dependendo da aplicação, pode-se alterar o modo de compatibilidade, incluindo: modo C27x, modo de compatibilidade da fonte C2xLP.

Entrando na main(), o quinto campo é responsável pelas inúmeras inicializações do DSP, ele realiza as seguintes ações:

1. Inicializa o controle do sistema;
2. Inicializa o loop de fase-bloqueada (PLL, do inglês, phase-locked loop), ligando os clocks dos periféricos e atribuindo os pré-escalonadores do clock;
3. Também desabilita o WatchDog;
4. Configura os pinos GPIO para as funções de: periférico, entrada ou saída; como requerido de acordo com o que a aplicação solicitar;
5. Inicializa a tabela de vetor Peripheral Interrupt Expansion (PIE) com ponteiros para o padrão de rotinas de interrupção de serviço (ISRs, do inglês, Interrupt Service Routines) encontradas no código DSP281x_DefaultISR.c. Isso é útil para propósitos de depuração para ter a tabela inteira inicializada, inclusive se a ISR não for ser usada. Esse campo também será responsável por mapear os vetores PIE usados pelo exemplo das funções ISR encontradas no programa exemplo;
6. Inicializa os periféricos assim como requeridos pelo código a ser executado.

O penúltimo campo habilita os PIE e interrupções da CPU que se fizerem necessárias. Qualquer código adicional pode ser inserido aqui.

O último campo vai conter as funções adicionais e as rotinas de interrupção de serviço que serão executadas de acordo com a necessidade da aplicação. Há a opção de que nessas rotinas de interrupção seja aplicada a lei de controle.

Vale destacar que nesse contexto, uma interrupção é um mecanismo utilizado para informar à CPU de que algum evento ocorreu, seja uma interrupção de hardware ou software e o evento pode ser síncrono ou assíncrono (SALAZAR, 2009).

Análise que baseou as instruções para a junção entre a aplicação da lei de controle com a estrutura de código do DSP orientada pela TI fora realizada com base nas estratégias de controle utilizadas na tese de doutorado de LOPES (2016).

A figura 6 acompanha os passos mais gerais para a implementação completa do código, deixando implícito alguns passos do fluxo de programa explicado anteriormente.

No início do código devem ser realizadas uma série de inicializações em C, contando com as variáveis, protótipo de funções (incluindo as funções de interrupção), estruturas, etc. Algumas dessas funções devem ser responsáveis pela inicialização dos módulos do DSP, por exemplo: ePWM, eCAP, ADC, GPIO, etc. Nessas funções o usuário deve definir suas configurações de trabalho, tais como a fração do clock do sistema que ele quer usar, em qual configuração os GPIO devem estar, etc.

Caso haja interrupção por meio do ADC, o código vai se encaminhar para a rotina de interrupção. LOPES (2016) realiza o controle de suas variáveis nessa rotina, eventualmente chamando algumas funções para auxiliar.

Considerando um controle por realimentação, os passos que esta rotina de interrupção pode contemplar, são:

1. Gerar as variáveis de referência;
2. Ler as variáveis de referência oriundas dos registradores do ADC;
3. Calcular os parâmetros para a realização do controle (ou calculá-los em outro momento anterior) e aplicar a lei de controle gerando o sinal de controle;
4. Aplicar o sinal de controle nos PWMs;
5. Atualizar variáveis para plotagem (opcional);
6. Reinicializa a sequência do conversor ADC.

No caso da malha de controle do REF, as correntes trifásicas que alimentam o rotor assíncrono, a velocidade do rotor síncrono, a tensão DC no barramento do inversor e a velocidade do rotor síncrono são as variáveis de entrada necessárias para realizar o controle. Sensores adquirem esses valores. As correntes de controle dq são decorrentes das transformadas de Clark e Park das correntes trifásicas (SILVA, 2015).

Logo após são realizados os controles PI do fluxo, correntes e velocidade. Os sinais de controles resultantes são passados pelas transformadas inversas de Clark e Park para gerar as tensões abc de referência que geram os sinais PWM que acionam o inversor de frequência para alimentar o REF (SILVA, 2015).

Conclusão

O DSP é uma ferramenta extremamente importante para realizar o controle de sistemas elétricos, apresentando, em geral, desempenho superior ao de outros sistemas embarcados que podem ser utilizados em outras aplicações.

O controle de máquinas elétricas por meios de rotinas no DSP permite uma maior flexibilidade em termos de projeto, permitindo que as estratégias de controle sejam facilmente substituídas por software, sendo essa capacidade uma grande virtude do DSP.

Tudo isso pode contribuir imensamente para o desenvolvimento sustentável e inovação mundial, permitindo que novas linhas de pesquisa desenvolvam seus experimentos rodando em tempo real e com maior precisão possível.

Também vale destacar que isso gera contribuições para a otimização de sistemas elétricos. Tomando contexto do REF, isso permite que a geração de energia eólica se torne mais eficiente, contribuindo para a redução de custos da energia elétrica e sustentável, permitindo que os diversos núcleos da sociedade possuam acesso a esse bem.

Referências

Costa, Delson Alves da. Projeto de um sistema híbrido de geração de energia elétrica conectado à rede, incluindo o regulador eletromagnético de frequência-REF. MS thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

Júnior, Santos. "Implementação de um sistema de controle inteligente de posição radial aplicado em uma máquina de indução como motor-mancal do tipo bobinado dividido." (2017).

Lopes, José Soares Batista. "Estudo e implementação da técnica de inteligência artificial para o controle de velocidade do motor-mancal com bobinado dividido utilizando o DSP TMS3208F28335." (2016).

Oshana, Robert. DSP software development techniques for embedded and real-time systems. Elsevier, 2006.

Salazar, Andrés Ortiz, et al. Processamento embarcado aplicado a um sistema de detecção de vazamentos. MS thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

Silva, Paulo Vitor. "Regulador eletromagnético de frequência aplicado no controle de velocidade de geradores eólicos." (2015).

Silva, P.V. & Pinheiro, Ricardo & Salazar, Andrés & D. Fernandes, J. (2015). Performance analysis of a new system for speed control in wind turbines. Renewable Energy and Power Quality Journal. 455-460. 10.24084/repq13.356.

Texas Instruments (2009), C281x C/C++ Header Files and Peripheral Examples Quick Start.

Texas Instruments (2012), TMS320x280x, 2801x, 2804x DSP System Control and Interrupts Reference Guide

Texas Instruments (2009), TMS320C5515/14/05/04/VC05/VC04 DSP Timer/Watchdog Timer User's Guide

Texas Instruments (2009), TMS320x280x, 2801x, 2804x Enhanced Pulse Width Modulator (ePWM) Module Reference Guide

WEO (2018), World Energy Outlook 2018. International Energy Agency.

Anexos

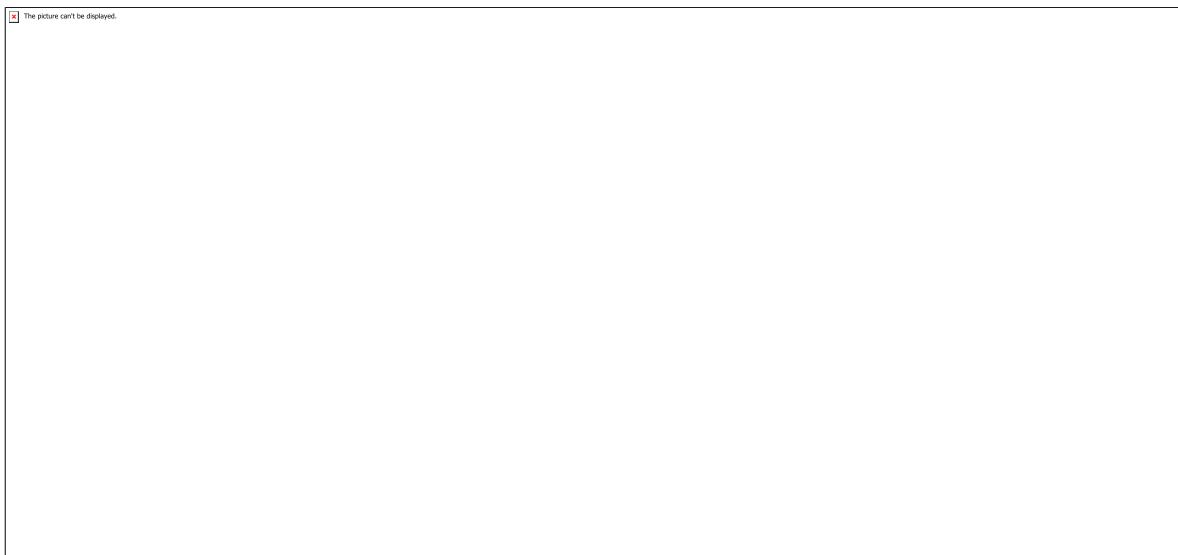


Figura 1 - Top 20 de países por consumo de electricidade, de 2000 a 2017 e consumo per capita de eletricidade em 2017.

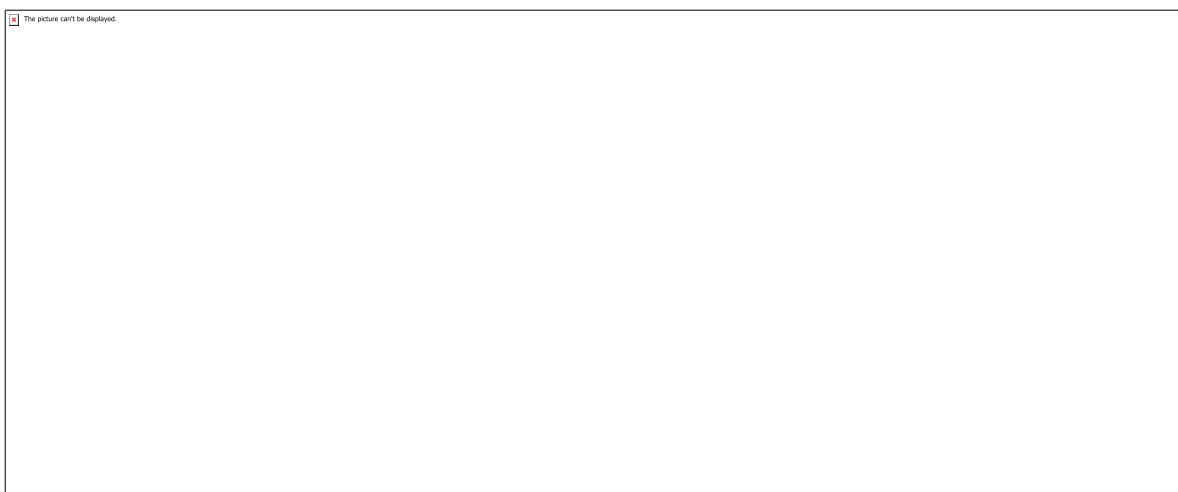


Figura 2 - Investimento no setor energético por região no ano de 2017. Fonte: WEO 2018.

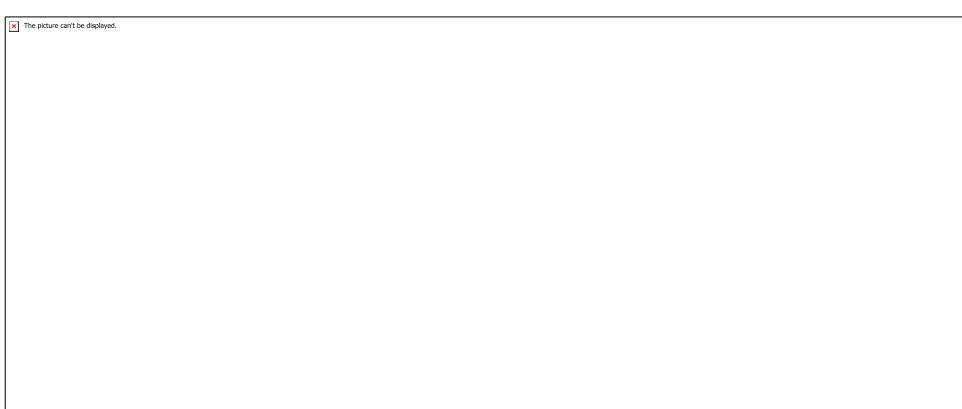


Figura 3 - Gráfico descrevendo o comportamento da velocidade do rotor assíncrono (turbina) aplicadas variações em degrau na velocidade do vento. Fonte: (SILVA, 2015).

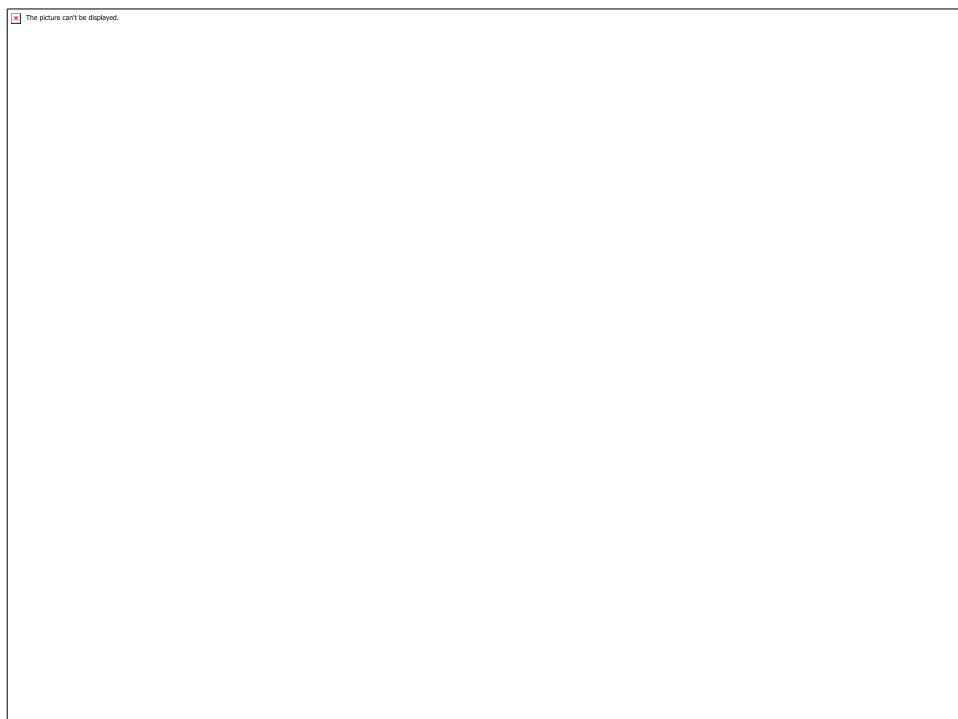


Figura 4 - Gráficos descrevendo os comportamentos da velocidade do rotor síncrono (a) e do erro de velocidade (b), durante variações em degrau da velocidade do vento. Fonte: (SILVA, 2015).

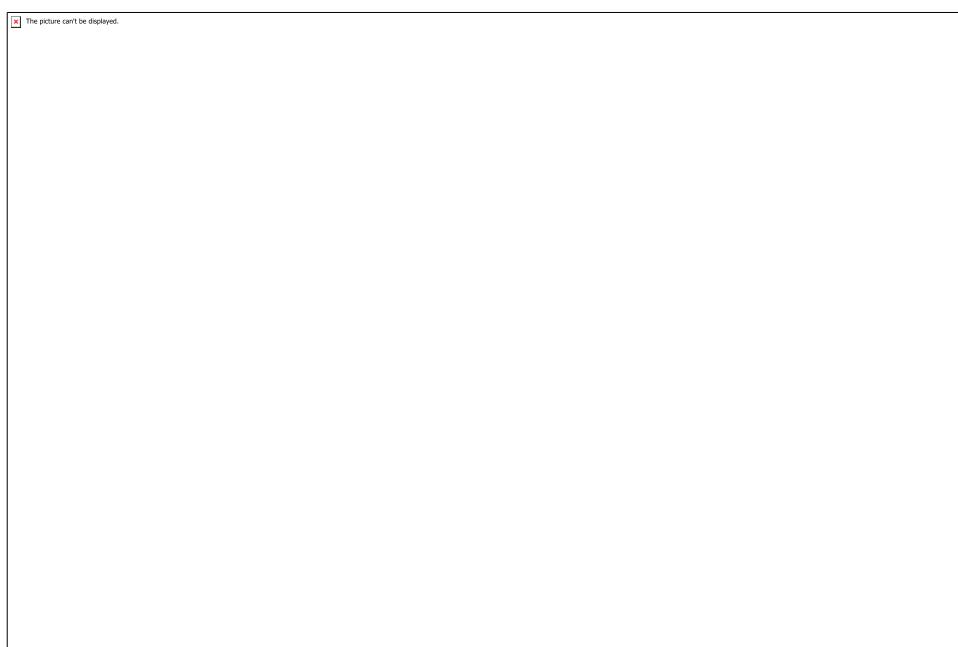


Figura 5 - Fluxograma indicando os passos recomendados pela TI para a criação de um software para o DSP. Fonte: Adaptado do manual C281x C/C++ Header Files and Peripheral Examples Quick Start.



Figura 6 - Fluxograma resumo da estrutura completa do código para o DSP. Fonte: própria.

CÓDIGO: ET1057**AUTOR:** TAYNARA EWERLYN BARBOSA RAMALHO**COAUTOR:** ANGELICA BELCHIOR VITAL**ORIENTADOR:** CARLSON PEREIRA DE SOUZA**TÍTULO:** Estudo e desenvolvimento de materiais para membranas cerâmicas**Resumo**

A síntese do material com fasepirocloro $\text{La}(1-x)\text{NdxCe}(1-y)\text{PrY}_7$ foi desenvolvida através da dopagem da fase $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ com substituição parcial nos sítios do lantânia e do cério por neodírmio e praseodírmio utilizando como rota de síntese o método de complexação combinando EDTA-Citrato. A caracterização do material se deu através de análises térmicas (TG/DSC), difratométricas (DRX) e microscópicas (MEV). Os resultados apontam para uma efetividade da metodologia de síntese adotada e na dopagem dos sítios do lantânia e do cério na fase $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$, além de estabilidade térmica a partir de 500 °C até 1000°C, confirmando a possibilidade de aplicação desse material na produção de membranas cerâmicas em trabalhos futuros.

Palavras-chave: Pirocloro; Síntese de óxidos; EDTA-Citrato; Dopagem**TITLE:** Study and development of materials for ceramic membranes**Abstract**

The synthesis of the $\text{La}(1-x)\text{NdxCe}(1-y)\text{PrY}_7$ pyrochlore phase was developed by doping the $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ phase with partial replacement at the lanthanum and cerium sites by neodymium and praseodymium using the complexation method combining EDTA-Citrate. The material was characterized by thermal (TG / DSC), diffraction (XRD) and microscopic (SEM) analyzes. As the result, the effectiveness of the synthesis methodology adopted and the doping of the lanthanum and cerium sites in the $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ phase, as well as thermal stability from 500 °C till 1000° C, confirming the possibility of application of this material in the production of ceramic membranes in works.

Keywords: Pyrochlore; Oxides synthesis; EDTA-Citrate; Doping**Introdução**

Óxidos cerâmicos são materiais que tendem a ser duros, refratários e inertes o que lhes confere resistência mecânica, térmica e química, respectivamente, devido à forte ligação exercida entre os cátions e os ânions desses compostos. A variação do tamanho

dos raios iônicos também apresenta forte influência sob estes materiais, uma vez que a razão entre os raios catiônicos e aniónicos podem determinar seu arranjo estrutural (WANG et al., 2013; XU et al., 2018). Nesse sentido, a estrutura pirocloro A₂B₂O₇ resulta de uma proporção entre os raios iônicos na faixa de $1,46 < r_{A3+}/r_{B4+} < 1,78$ e a ausência de íons de oxigênio nessa estrutura encontra-se na forma de vacâncias de oxigênio (XU et al., 2018; ZHU et al., 2016), onde um maior desajuste entre os raios implica em uma deficiência de carga que consequentemente leva a um aumento no número de vacâncias geradas (BESIKIOTIS et al., 2012; GÖTSCH et al., 2018).

A síntese da fase La₂Ce₂O₇ pode ocorrer por meio de diferentes metodologias dentre as quais podem ser citadas a síntese hidrotermal (KHADEMIA; BEHZAD, 2015), sol-gel (XU et al., 2019) e co-precipitação (TINWALA et al., 2016). Os parâmetros adotados no processo de produção da fase podem influenciar na estrutura e morfologia dos materiais, que por sua vez interferem diretamente nas propriedades físicas, químicas e eletrônicas do produto (WANG et al., 2017).

Em geral, o La₂Ce₂O₇ possui boa capacidade de condução iônica e eletrônica, bem como uma considerável estabilidade química, o que o tornado um forte candidato como material de partida para a produção de membranas cerâmicas que podem ser empregadas na separação de oxigênio do ar, em sensores de gases (LING et al., 2013), no acoplamento oxidativo do metano (XU et al., 2019) e em células a combustível de óxido sólido (SOFC) (TAO et al., 2011; TU; LIU; PENG, 2017). Para aplicação em membranas cerâmicas é importante que o material selecionado possua propriedades como resistência a altas pressões e temperaturas, e inercia química. Ouros fatores a serem destacados são seu longo período de vida útil, baixo consumo de energia e elevada área superficial, o que implica em um reduzido espaço físico ocupado pelo material, e que irão influenciar diretamente sob os custos do processo (BODDEKER, 1995; SILVA; LIRA, 2006).

Sendo assim, o arranjo adequado dos elementos terras raras presentes na estrutura pirocloro por meio de substituições totais ou parciais dos sítios A e B irão favorecer determinadas propriedades como a estabilidade térmica e a mobilidade de oxigênio, convenientes a possíveis aplicações destes materiais, tal como a catalise. Desse modo, o presente estudo busca sintetizar um material com fase pirocloro, o La(1-x)NdxCe(1-y)PryO₇ através da dopagem do La₂Ce₂O₇ com neodímio e praseodímio por meio do método de complexação combinando EDTA-Citrato para posterior obtenção de membranas cerâmicas.

Metodologia

A síntese do material La(1-x)NdxCe(1-y)PryO₇ foi realizada através do método de complexação combinando EDTA-Citrato (SANTOS et al., 2014; VITAL, 2015). A rota de síntese (Figura 1) consiste na diluição do EDTA ácido em hidróxido de amônia (1 g:10 mL) sob agitação e aquecimento (40 °C). Posteriormente são adicionados os nitratos dos elementos terras raras (La, Ce e Nd) e o ácido cítrico, seguindo a razão molar de EDTA ácido, ácido cítrico e íons metálicos totais de 1:1,5:1. Nesta etapa a temperatura foi ajustada para 80 °C, bem como o pH para 7 e 9, respectivamente, através da adição de hidróxido de amônia, permanecendo sob agitação e aquecimento até a formação do gel, que foi submetido a um tratado termicamente de 1000°C por 5 horas com velocidade de 5°C/min.

A caracterização do material sintetizado foi realizada por meio da difração de raios X para identificação das fases cristalográficas em equipamento da marca RIGAKU, modelo MINIFLEX II, com varredura na faixa de 20 de 10° a 80° em varredura de 15°/min em passos de 0,01°. Uma avaliação térmica do material foi realizada através das técnicas de análise termogravimétrica (TG) e calorimetria exploratória diferencial (DSC) utilizando uma balança termogravimétrica STD-Q600 de marca TA INSTRUMENTS, com temperatura à 1100°C, atmosfera de ar sintético, razão de aquecimento de 5°C/min e vazão do gás de 50 mL/min. A análise morfológica foi realizada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) em equipamento da marca HITACHI, modelo TM3000.

Resultados e Discussões

Na análise termogravimétrica (Figura 2) podem ser identificados duas grandes regiões de perda de massa. Na primeira região, referente a faixa de temperatura de 50 °C a 150 °C, aproximadamente, é possível notar uma perda de massa de cerca de 10% que pode ser relacionado a eliminação de substâncias voláteis presentes na amostra, tal como a água e amônia. A segunda região se encontra na faixa de 270 °C a 420 °C e representa uma perda de massa de 65% referente a eliminação de compostos orgânicos utilizados na síntese do material: EDTA, ácido cítrico, amônia. A partir de 500 °C nota-se uma eliminação total de toda a matéria orgânica. A perda de massa total apresentada pelo material corresponde a aproximadamente 75% (MOHARIL; NAGRARE; SHAIKH, 2012; PATRA et al., 2011; WU; HUANG; CHIBA, 2010). A análise calorimétrica exploratória diferencial (Figura 2) apresenta dois picos exotérmicos na faixa de temperatura entre 310 °C e 440 °C, seguido por um fenômeno endotérmico referente a cristalização (TAN et al., 2003).

De acordo com o difratograma (Figura 3) observa-se que a amostra apresenta picos bem definidos referentes a estrutura do tipo cúbica, podendo ser comparada a Han, Li e Liu (2019) e a Hong-Song et al. (2012). Outra característica observada na amostra é que embora seja inserido outros cátions em sua estrutura, a cristalinidade do material é mantida, bem como sua estrutura cúbica, indicando uma boa acomodação dos cátions do neodímio e praseodímio nos sítios do lantâno e do cério, respectivamente. Nota-se ainda uma maior intensidade dos quatro primeiros picos, sendo estes característicos dos planos cristalinos da estrutura do La₂Ce₂O₇ (Figura 3 e 4) (HUANG et al., 2017).

A microscopia eletrônica de varredura (Figura 5) permite observar a presença de cristais aglomerados com distribuição de tamanhos variados e morfologia heterogênea, no entanto, devido as características do material, sendo este um pó muito fino e a limitação de resolução do equipamento para ampliações maiores, não é possível atestar maiores conclusões.

Conclusão

A obtenção da fase La(1-x)Nd_xCe(1-y)PryO₇ se mostrou possível e eficiente através da metodologia combinando EDTA-Citrato. A partir das análises térmicas pode-se perceber que o material alcança estabilidade térmica a partir de 500 °C com uma perda de massa de 65%. A inserção dos cátions dopantes nos sítios do lantâno e do cério não

apresentou interferência na estrutura cristalina do La₂Ce₂O₇, havendo convergência entre os picos referentes as fases cristalinas do La(1-x)Nd_xCe(1-y)PryO₇ e do La₂Ce₂O₇. A morfologia do material se mostrou heterogênea com distribuição variada de tamanhos. Os resultados obtidos confirmando a possibilidade de aplicação desse material na produção de membranas cerâmicas em trabalhos futuros.

Referências

- BESIKIOTIS, V. et al. Crystal structure, hydration and ionic conductivity of the inherently oxygen-deficient La₂Ce₂O₇. Solid State Ionics, [s.l.], v. 228, p.1-7, nov. 2012.
- BÖDDEKER, K. W. Commentary: Tracing membrane science. Journal of Membrane Science, [s.l.], v. 100, n. 1, p.65-68, mar. 1995.
- GÖTSCH, T. et al. Complex oxide thin films: Pyrochlore, defect fluorite and perovskite model systems for structural, spectroscopic and catalytic studies. Applied Surface Science, [s.l.], v. 452, p.190-200, set. 2018.
- HAN, W.; LI, Z.; LIU, H. La₂Ce₂O₇ supported ruthenium as a robust catalyst for ammonia synthesis. Journal of Rare Earths, [s.l.], v. 37, n. 5, p.492-499, maio 2019.
- HONG-SONG, Z. et al. Investigation about thermal conductivities of La₂Ce₂O₇ doped with calcium or magnesium for thermal barrier coatings. Journal of Alloys and Compounds, [s.l.], v. 537, p.141-146, out. 2012.
- HUANG, B. et al. Environment-friendly pigments based on praseodymium and terbium doped La₂Ce₂O₇ with high near-infrared reflectance: Synthesis and characterization. Dyes and Pigments, [s.l.], v. 147, p.225-233, dez. 2017.
- KHADEMIA, S.; BEHZAD, M. Lanthanum cerate (La₂Ce₂O₇): hydrothermal synthesis, characterization and optical properties. International Nano Letters, v. 5, n. 2, p. 101–107, 2015.
- LING, Y. et al. New ionic diffusion strategy to fabricate proton-conducting solid oxide fuel cells based on a stable La₂Ce₂O₇ electrolyte. International Journal of Hydrogen Energy, v. 38, n. 18, p. 7430–7437, 2013.
- MOHARIL, S. V.; NAGRARE, B. S.; SHAIKH, S. P. Nanostructured MIEC Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.6}Fe_{0.4}O_{3-δ} (BSCF5564) cathode for IT-SOFC by nitric acid aided EDTA-citric acid complexing process (NECC). International Journal of Hydrogen Energy, [s.l.], v. 37, n. 6, p.5208-5215, mar. 2012.
- PATRA, H. et al. Effect of process parameters on combined EDTA–citrate synthesis of Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-δ} perovskite. Powder Technology, [s.l.], v. 209, n. 1-3, p.98-104, maio 2011.
- SANTOS, A.G. et al. Efeito do pH, Razão molar de EDTA: Ácido cítrico: íons metálicos totais e do tratamento térmico na obtenção da BaCeO₃ com base no método de

complexação EDTA-Citrato. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 9, 149, 2014.

SILVA, F. A.; LIRA, H. L.. Preparação e caracterização de membranas cerâmicas de cordierita. Cerâmica, [s.l.], v. 52, n. 324, p.276-282, dez. 2006.

TAN, L. et al. Influence of powder synthesis methods on microstructure and oxygen permeation performance of Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-δ} perovskite-type membranes. Journal of Membrane Science, [s.l.], v. 212, n. 1-2, p.157-165, fev. 2003.

TAO, Z. et al. A stable La_{1.95}Ca_{0.05}Ce₂O_{7-δ} as the electrolyte for intermediate-temperature solid oxide fuel cells. Journal of Power Sources, v. 196, n. 14, p. 5840–5843, 2011.

TINWALA, H. et al. Investigation of ionic conductivity of lanthanum cerium oxide nano crystalline powder synthesized by co precipitation method. Journal of Crystal Growth, [s.l.], v. 452, p.54-56, out. 2016.

TU, T.; LIU, J.; PENG, K. Preparation and performance of Na-doped La₂Ce₂O₇ electrolytes for protonic ceramic fuel cells. Ceramics International, v. 43, n. 18, p. 16384–16390, 2017.

VITAL, A. B. Síntese e caracterização de rutenato de bário. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

WANG, C. et al. The influence of ionic radii on the grain growth and sintering-resistance of Ln₂Ce₂O₇ (Ln = La, Nd, Sm, Gd). Journal of Materials Science, [s.l.], v. 48, n. 23, p.8133-8139, 6 ago. 2013.

WANG, J. et al. Controlled synthesis and optical properties of porous ceria nanosheets on optical fiber via a simple hydrothermal route. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, [s.l.], v. 29, n. 5, p.3730-3735, 27 nov. 2017.

WU, W.; HUANG, J.; CHIBA, A. Synthesis and properties of samaria-doped ceria electrolyte for IT-SOFCs by EDTA-citrate complexing method. Journal of Power Sources, [s.l.], v. 195, n. 18, p.5868-5874, set. 2010.

XU, J. et al. Optimizing the Reaction Performance of La₂Ce₂O₇-Based Catalysts for Oxidative Coupling of Methane (OCM) at Lower Temperature by Lattice Doping with Ca Cations. European Journal of Inorganic Chemistry, v. 2019, n. 2, p. 183–194, 2019.

XU, J. et al. Developing reactive catalysts for low temperature oxidative coupling of methane: On the factors deciding the reaction performance of Ln₂Ce₂O₇ with different rare earth A sites. Applied Catalysis A: General, [s.l.], v. 552, p.117-128, fev. 2018.

ZHU, Z. et al. La₂Ce₂O₇: A promising proton ceramic conductor in hydrogen economy. Journal of Alloys and Compounds, [s.l.], v. 659, p.232-239, fev. 2016.

Anexos

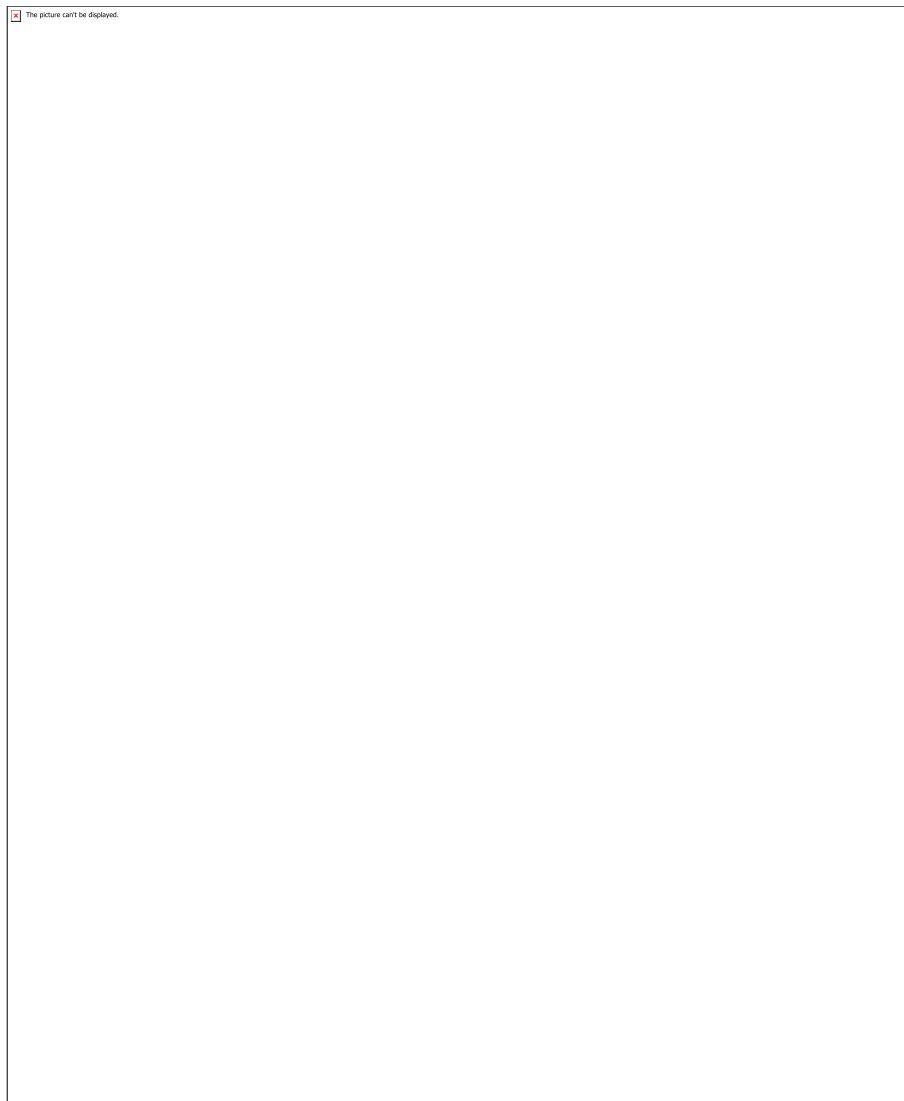


Figura 1 - Rota de síntese EDTA-Citrato.

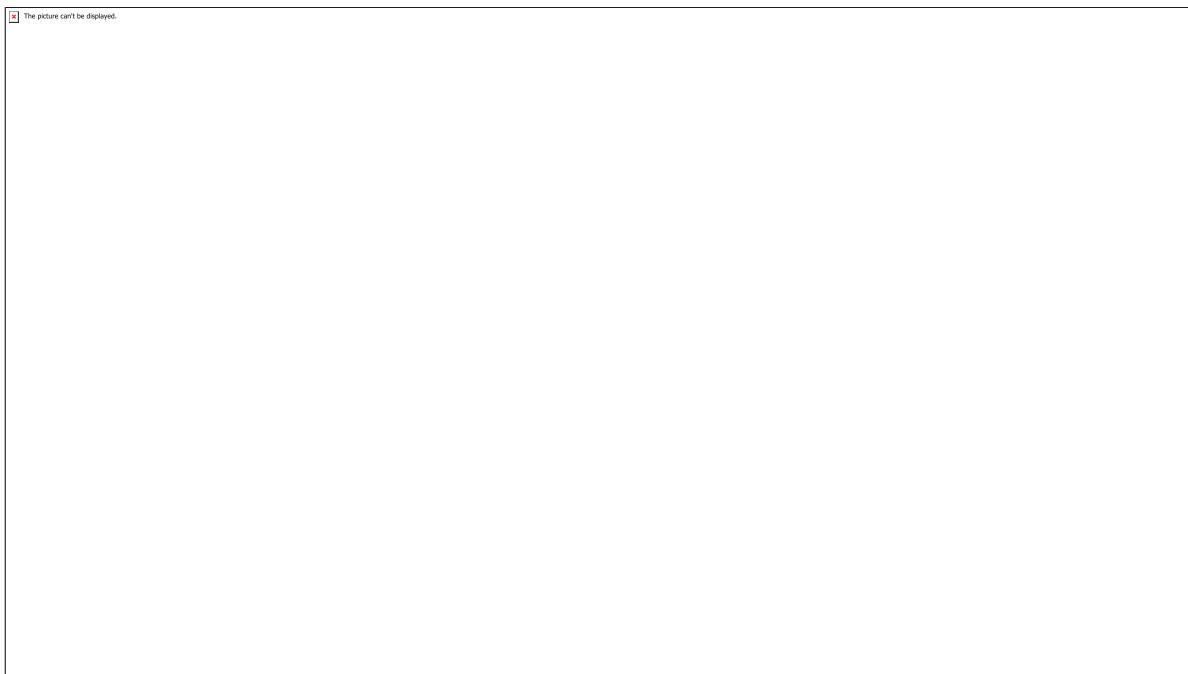


Figura 2 – TG e DSC do $\text{La}(1-x)\text{NdxCe}(1-y)\text{PryO}_7$ sintetizado pela metodologia EDTA-Citrato.

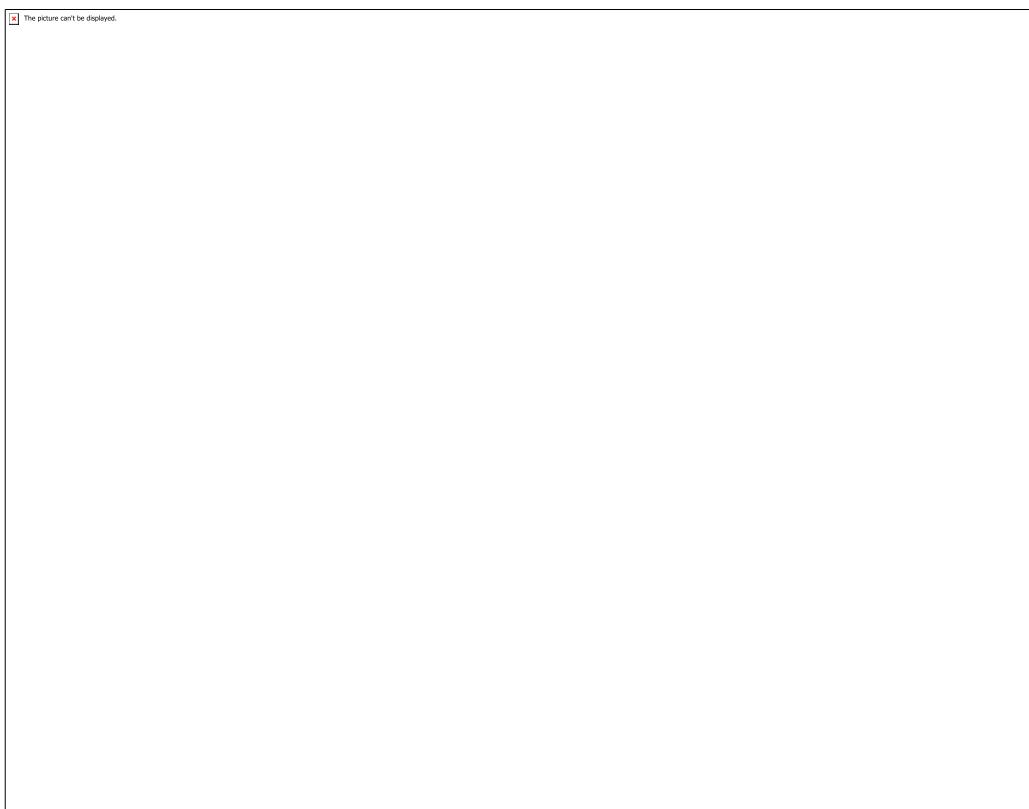


Figura 3 – DRX do $\text{La}(1-x)\text{NdxCe}(1-y)\text{PryO}_7$ sintetizado pela metodologia EDTA-Citrato.

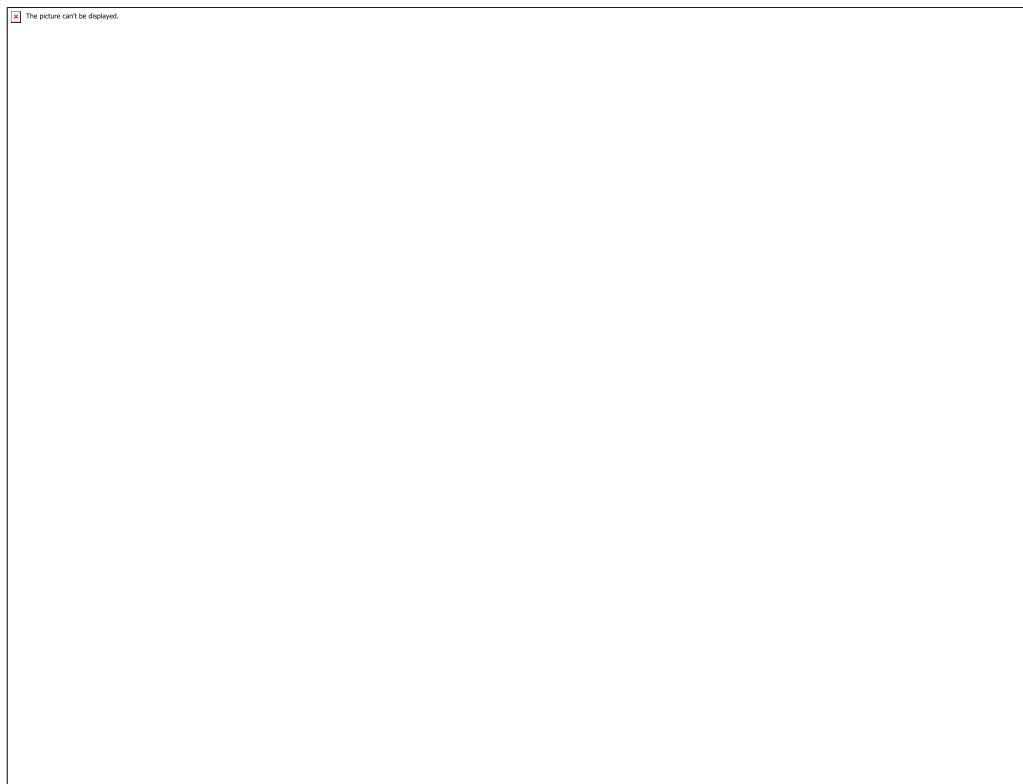


Figura 4 – DRX do La₂Ce₂O₇ sintetizado pela metodologia EDTA-Citrato.

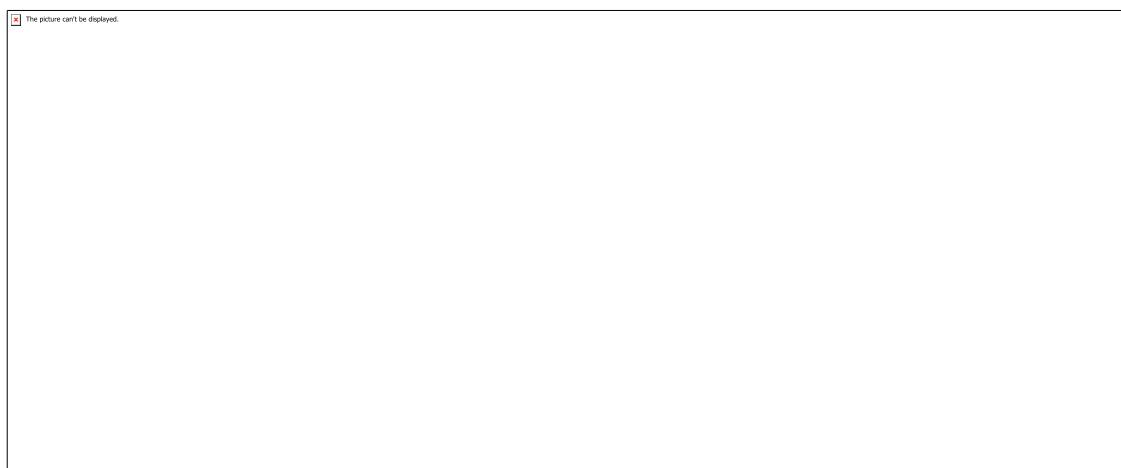


Figura 5 – MEV do La(1-x)NdxCe(1-y)PryO₇ sintetizado pela metodologia EDTA-Citrato com aproximação de 1000X (a) e 2000X (b).

CÓDIGO: ET1058

AUTOR: JOYCE KARYNE DE MEDEIROS

ORIENTADOR: OLAVO FRANCISCO DOS SANTOS JUNIOR

TÍTULO: Determinação do módulo de elasticidade de misturas de solo-cimento em ensaios triaxiais não drenados

Resumo

O comportamento tensão-deformação pode se apresentar de diferentes formas, a depender do tipo de material. A análise de tal comportamento compreende o estudo das propriedades de elasticidade e plasticidade do material. A importância da determinação do módulo de elasticidade para solos está na análise de deformações sob diferentes níveis de carregamento, principalmente quando se trata de recalques. Medeiros (2019) determinou o módulo de elasticidade secante tendo como critério uma deformação correspondente à metade da tensão desvio de pico. Este parâmetro também pode ser obtido para diferentes deformações. A partir de um modelo constitutivo, a exemplo do modelo hiperbólico, determina-se também o módulo de elasticidade, objeto de estudo nessa pesquisa. Diante das análises apresentadas nesse trabalho, foi possível verificar que o modelo constitutivo hiperbólico se mostrou adequado para a determinação do módulo de elasticidade de amostras de solo-cimento submetidas a ensaios triaxiais não drenados.

Palavras-chave: Modelo hiperbólico. Módulo de elasticidade. Ensaio CU.

TITLE: Determination of Young's modulus of soil-cement mixes in undrained triaxial tests

Abstract

The stress-strain behavior may be different, depending on the type of material. The analysis of this behavior comprises the study of elasticity and plasticity properties of a material. The importance of determining the Young's modulus for soils is in the analysis of deformations under different loading levels, especially about settlement. Medeiros (2019) determined the secant modulus based on a criterion of deformation corresponding to half of peak stress. This parameter can also be obtained for different deformations, as well as from a constitutive model, such as hyperbolic model, object of study in this research. Based on analyzes presented in this work, it was possible to verify that hyperbolic constitutive model was adequate for the determination of the elastic modulus of soil-cement samples submitted to undrained triaxial tests.

Keywords: Hyperbolic model. Young's modulus. Consolidated Undrained test.

Introdução

O comportamento tensão-deformação pode se apresentar de diferentes formas, a depender do tipo de material. A análise de tal comportamento compreende o estudo das

propriedades de elasticidade e plasticidade do material. A elasticidade diz respeito a capacidade de um material voltar ao seu estado inicial após um carregamento e descarregamento de tensão, isto é, não são verificadas deformações residuais. Contrária a elasticidade, a plasticidade se refere à ocorrência de deformação após um carregamento, ainda que seja realizado o descarregamento.

Quando um material obedece a lei de Hooke é denominado elástico linear, ou seja, a variação da tensão com a deformação é constante e vale E (módulo de elasticidade), não havendo deformações residuais. Um material pode ainda ser elástico sem apresentar uma variação constante entre tensão e deformação e, por isso, é denominado elástico não linear.

Existem também materiais com comportamento elástico e plástico, a depender do nível de tensão, denominados elastoplásticos. E, por fim, existem aqueles que possuem apenas comportamento plástico, ou seja, apresentando deformação permanente para qualquer nível de tensão.

Modelos constitutivos surgem como forma de melhor compreender o comportamento mecânico de um material. Na categoria de elástico não linear, o modelo constitutivo hiperbólico pode ser usado para representar curvas tensão-deformação de solos que variam de argilas, areias até pedregulhos, sob condições drenadas ou não drenadas (GERSCOVICH, 2008).

A importância da determinação do módulo de elasticidade para solos está na análise de deformações sob diferentes níveis de carregamento, principalmente quando se trata em recalques. O recalque inicial ou imediato corresponde as deformações devido a transmissão imediata das tensões às partículas sólidas (GERSCOVICH, 2011). Para o cálculo deste recalque, utiliza-se a Teoria da Elasticidade.

Para que seja alcançado um bom desempenho das obras de engenharia, o solo deverá atender propriedades adequadas a necessidade da obra, em termos de capacidade de suporte, rigidez, permeabilidade, entre outros. Medeiros (2019) estudou o comportamento mecânico de uma areia de duna com adição de cimento, que dará base à análise apresentada neste trabalho. Com isso, objetiva-se comparar diferentes formas de determinação do módulo de elasticidade de um solo de areia de duna cimentado artificialmente, sob condições não-drenadas.

Metodologia

A justificativa do estudo de solos cimentados artificialmente, em detrimento aos solos naturalmente cimentados, se dá principalmente pela dificuldade na coleta de amostras indeformadas.

Fontoura (2015) realizou um estudo sobre a influência do índice de vazios e teor de cimento no comportamento tensão-deformação em solo de areia de duna na cidade de Natal-RN, a partir de ensaios triaxiais drenados. Como forma de complementar tal estudo, Medeiros (2019) realizou ensaios triaxiais não-drenados sob as mesmas variações de índice de vazios e teor de cimento.

Medeiros (2019) determinou valores de módulo de elasticidade secante para amostras preparadas com solo de areia de duna, utilizando-se de três teores de cimento (2,5%, 5,0% e 7,5%) e três índices de vazios (0,6, 0,7 e 0,8), para quatro tensões confinantes, a saber: 50, 100, 200 e 300 kPa.

A determinação do módulo de elasticidade secante realizada por Medeiros (2019) teve como critério uma deformação correspondente à metade da tensão máxima desviatória. O módulo de elasticidade secante pode ainda ser determinado para diferentes deformações. A partir de um modelo constitutivo, a exemplo do modelo hiperbólico, determina-se também o módulo de elasticidade, objeto de estudo nessa pesquisa.

O modelo hiperbólico utiliza-se de uma curva transformada para a determinação do módulo de elasticidade, como pode ser percebido na Figura 1.

Desse modo, a partir dos dados de Medeiros (2019), foram traçados gráficos das curvas transformadas para todas as combinações de índice de vazios (e), teor de cimento (C %) e tensões confinantes, com o objetivo de determinar o parâmetro módulo de elasticidade secante.

Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta os valores de módulo de elasticidade determinados pelo modelo constitutivo hiperbólico (*) e o módulo de elasticidade secante por Medeiros (2019).

A partir dos valores apresentados na Tabela 1, é possível perceber que o modelo hiperbólico se aproximou do critério de determinação do módulo de elasticidade apresentado por Medeiros (2019).

Da Figura 2 a Figura 10, são apresentadas as curvas transformadas do modelo constitutivo hiperbólico.

A partir da Figura 2 a Figura 10, nota-se que algumas curvas transformadas, para determinado valor de deformação, têm sua inclinação alterada. Isso se deve ao fato de algumas das amostras estudadas apresentarem picos de resistência, como pode ser verificado no trabalho de Medeiros (2019). Tendo em vista que a primeira inclinação da curva transformada compreende o valor de tensão desviatória máxima, o ajuste linear foi feito para tal inclinação. Além disso, para a segunda inclinação, que diz respeito a tensão residual, por vezes, era observado um valor negativo para o parâmetro, o que se caracterizava como absurdo. Assim como foi verificado por Medeiros (2019), em termos gerais, é possível concluir que, para um dado teor de cimento, o módulo de elasticidade aumenta com o aumento da tensão confinante e do teor de cimento e diminui com o aumento do índice de vazios.

Tabela 1 - Módulo de Elasticidade Secante

E	C (%)	σ_c								
		50 kPa	50 kPa *	100 kPa	100 kPa *	200 kPa	200 kPa *	300 kPa	300 kPa *	
0,6	2,5%	70,3 MPa	89,2 MPa	111,8 MPa	156,7 MPa	137,3 MPa	194,7 MPa	-	-	
	5,0%	146,7 MPa	147,5 MPa	146,5 MPa	147,8 MPa	-	-	212,3 MPa	229,3 MPa	

	7,5%	-	-	248,5 MPa	246,0 MPa	243,6 MPa	244,7 MPa	302,1 MPa	300,2 MPa
0,7	2,5%	71,1 MPa	101,6 MPa	55,1 MPa	76,3 MPa	88,5 MPa	121,7 MPa	-	-
	5,0%	128,3 MPa	134,5 MPa	132,4 MPa	142,3 MPa	141,0 MPa	170,8 MPa	209,0 MPa	207,6 MPa
	7,5%	217,1 MPa	217,6 MPa	234,3 MPa	236,0 MPa	292,7 MPa	312,7 MPa	395,2 MPa	393,1 MPa
0,8	2,5%	87,0 MPa	83,6 MPa	30,5 MPa	50,1 MPa	71,0 MPa	76,0 MPa	-	-
	5,0%	68,9 MPa	71,8 MPa	87,6 MPa	117,7 MPa	85,0 MPa	88,2 MPa	-	-
	7,5%	134,9 MPa	127,3 MPa	-	-	158,9 MPa	168,7 MPa	198,2 MPa	204,8 MPa

Conclusão

Diante das análises apresentadas nesse trabalho, é possível perceber que o modelo constitutivo hiperbólico se mostrou adequado para a determinação do módulo de elasticidade. Para o solo de areia de duna cimentado artificialmente estudado, o aumento do índice de vazios provoca uma redução no módulo de elasticidade secante, enquanto que o aumento do teor de cimento e da tensão confinante implicam no aumento do mesmo parâmetro.

Referências

FONTOURA, T. B. Comportamento tensão - deformação e resistência ao cisalhamento de uma areia de duna cimentada artificialmente. 2015. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2015.

GERSCOVICH, Denise. Modelos Constitutivos: Hiperbólico. Notas de aula do Mestrado em Engenharia Civil. UERJ, Rio de Janeiro-RJ, 2008.

GERSCOVICH, Denise. Compressibilidade e Adensamento. Notas de aula da disciplina Mecânica dos Solos II da Graduação em Engenharia Civil. UERJ, Rio de Janeiro-RJ, 2011.

MEDEIROS, J. K. de. Comportamento mecânico de uma areia de duna cimentada artificialmente na cidade de Natal-RN. 2019. 61 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019.

Anexos

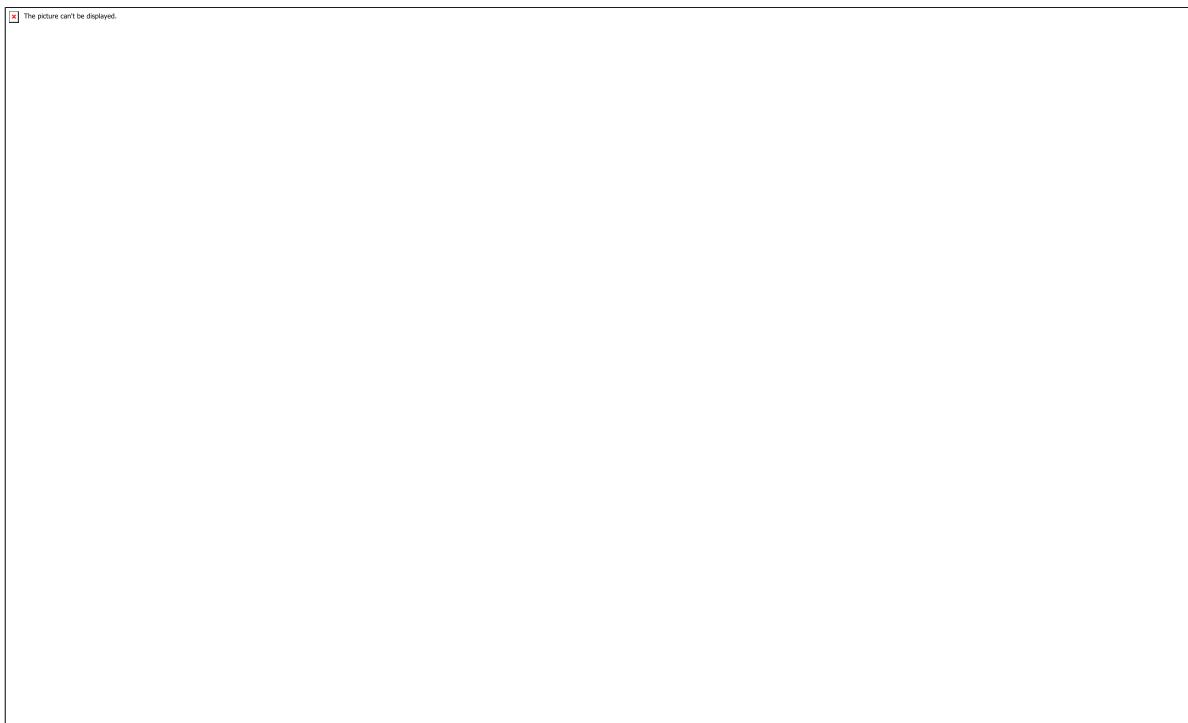


Figura 2 - Curva transformada para $e = 0,6$ e $C = 2,5\%$

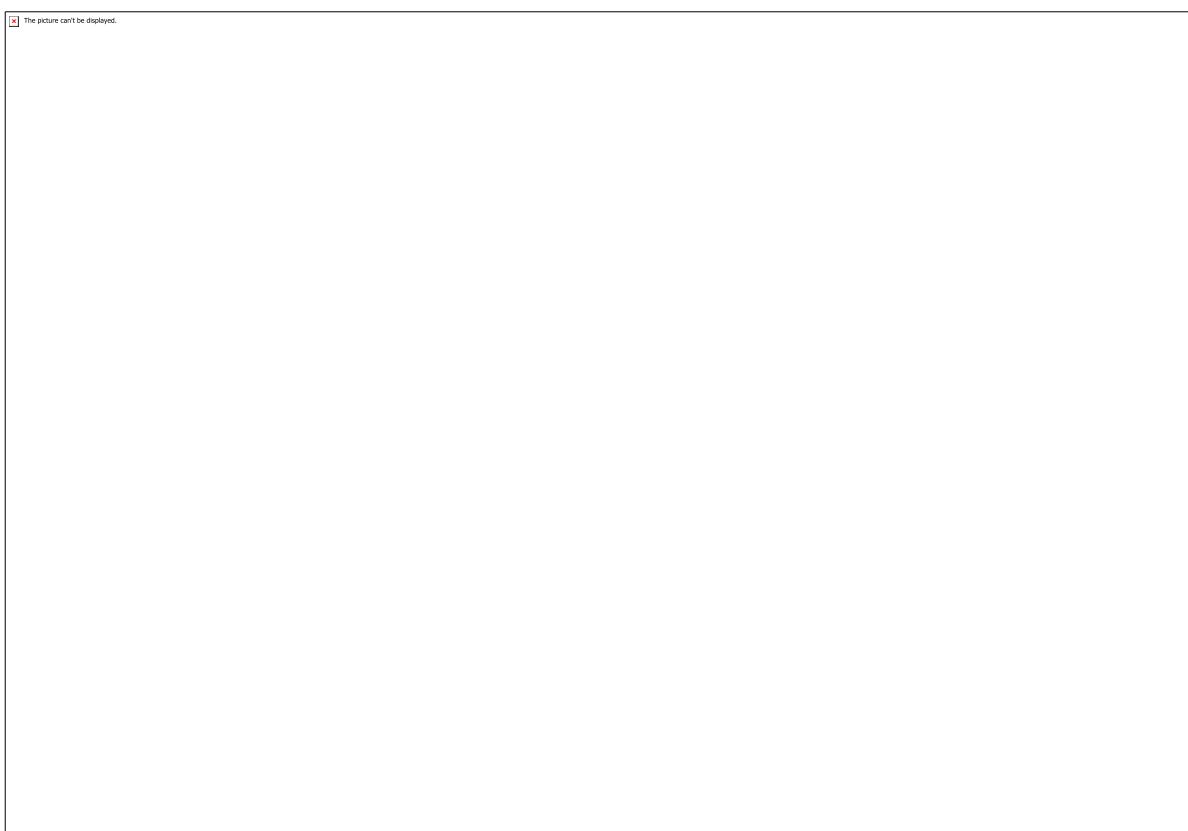


Figura 3 - Curva transformada para $e = 0,6$ e $C = 5,0\%$

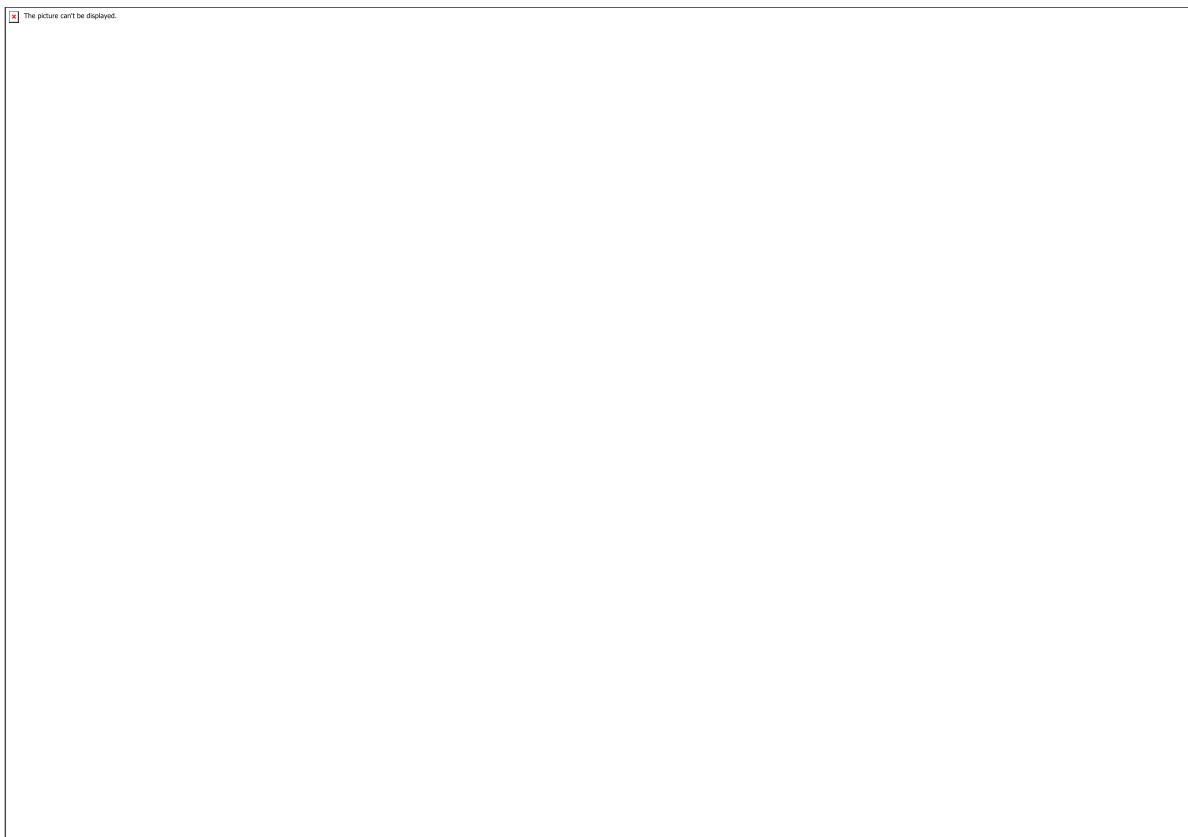


Figura 4 - Curva transformada para $e = 0,6$ e $C = 7,5\%$

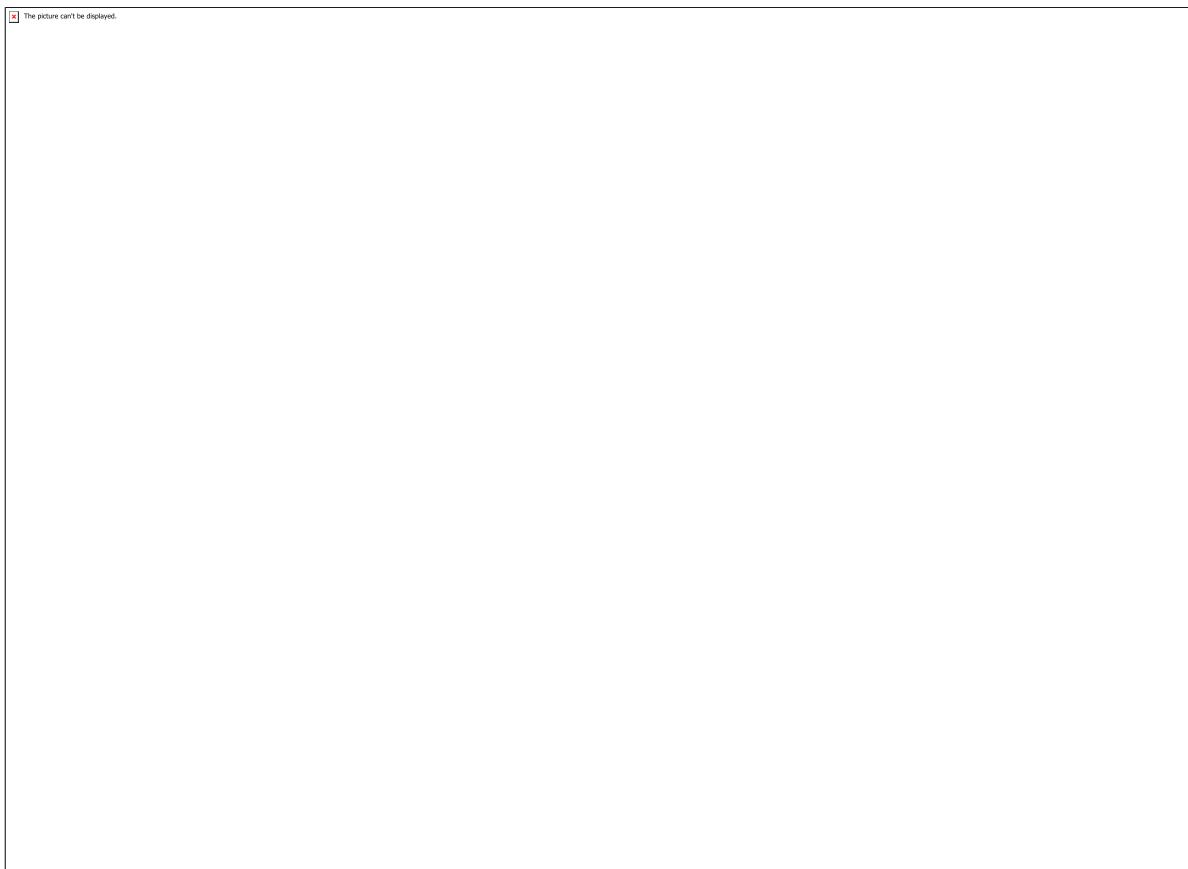


Figura 5 - Curva transformada para $e = 0,7$ e $C = 2,5\%$

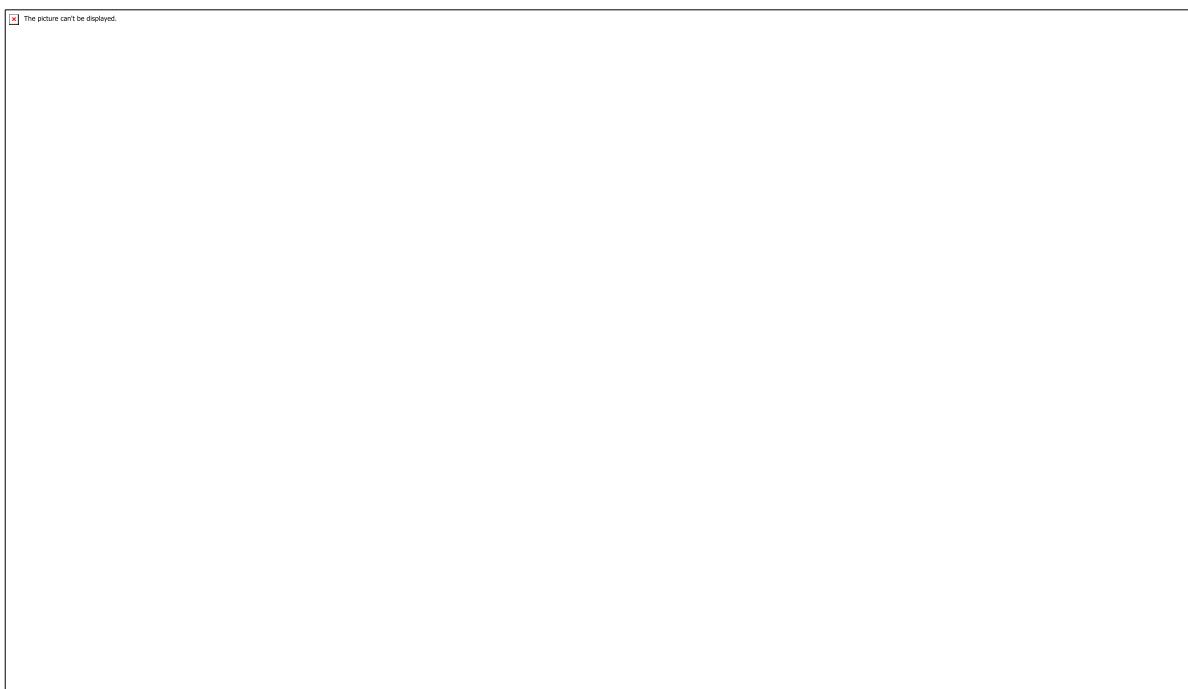


Figura 6 - Curva transformada para $e = 0,7$ e $C = 5,0\%$

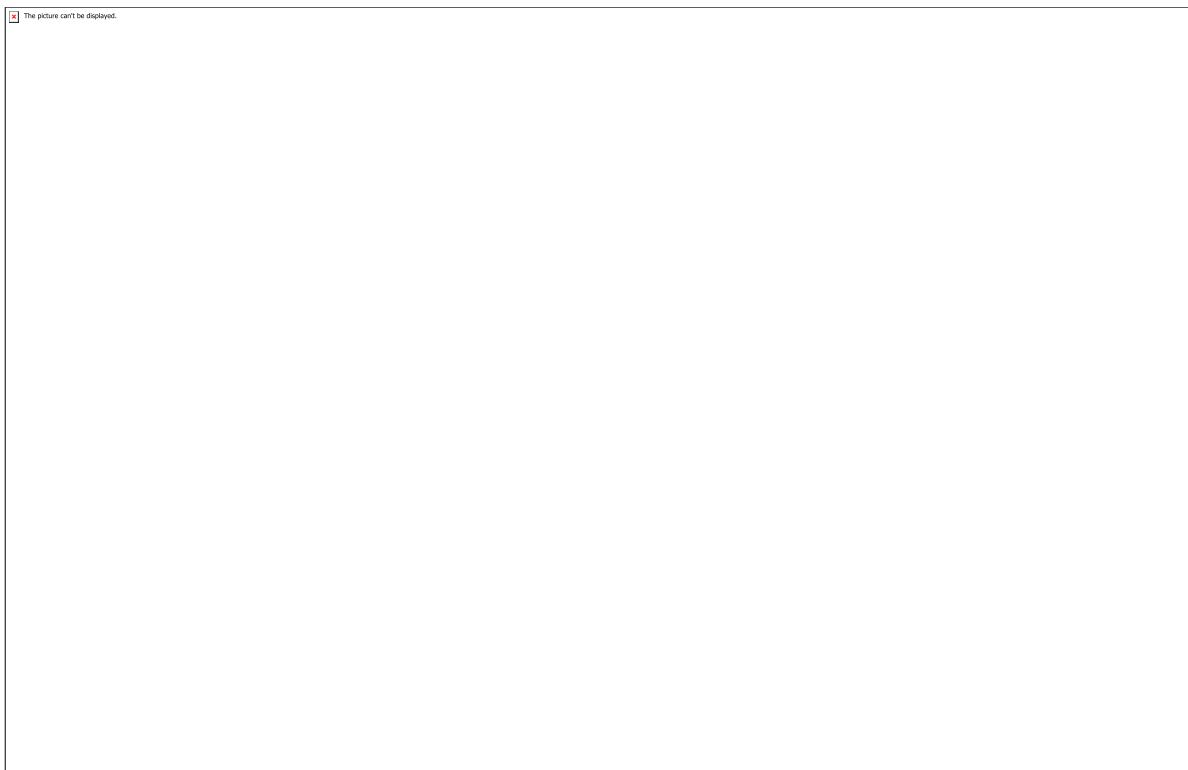


Figura 7 - Curva transformada para $e = 0,7$ e $C = 7,5\%$

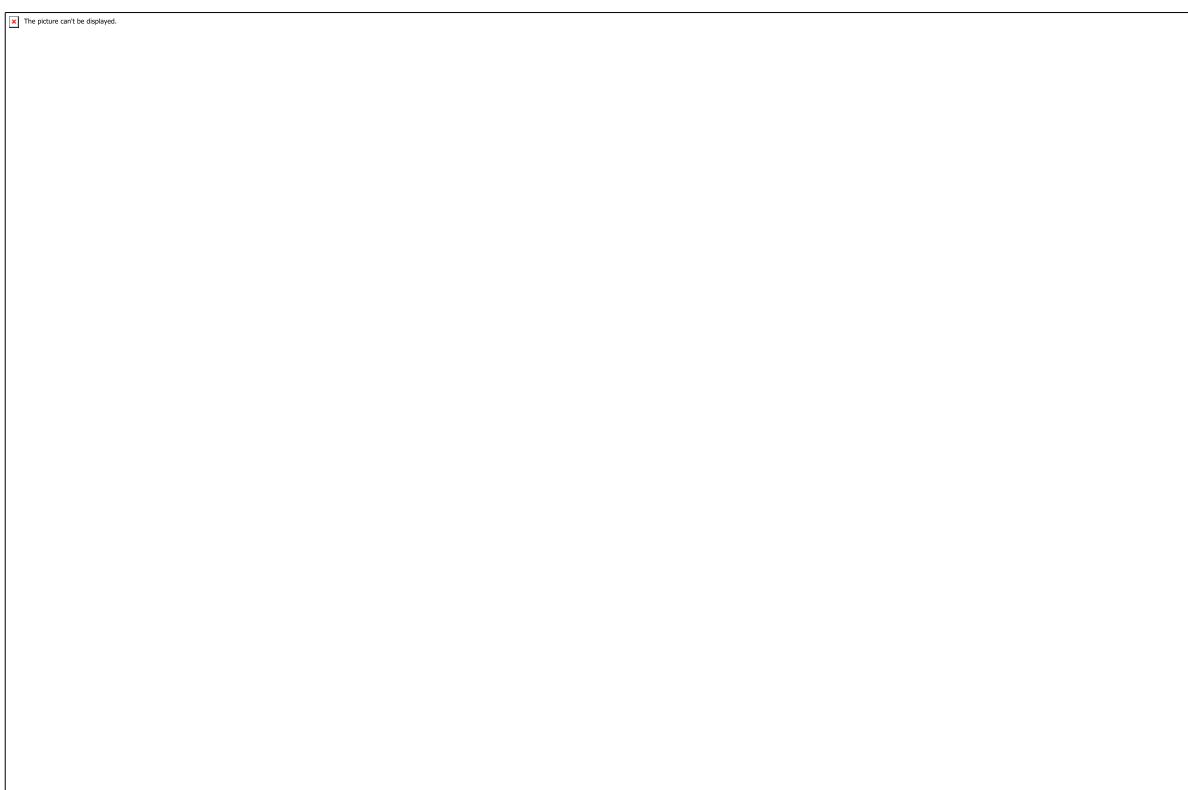


Figura 8 - Curva transformada para $e = 0,8$ e $C = 2,5\%$

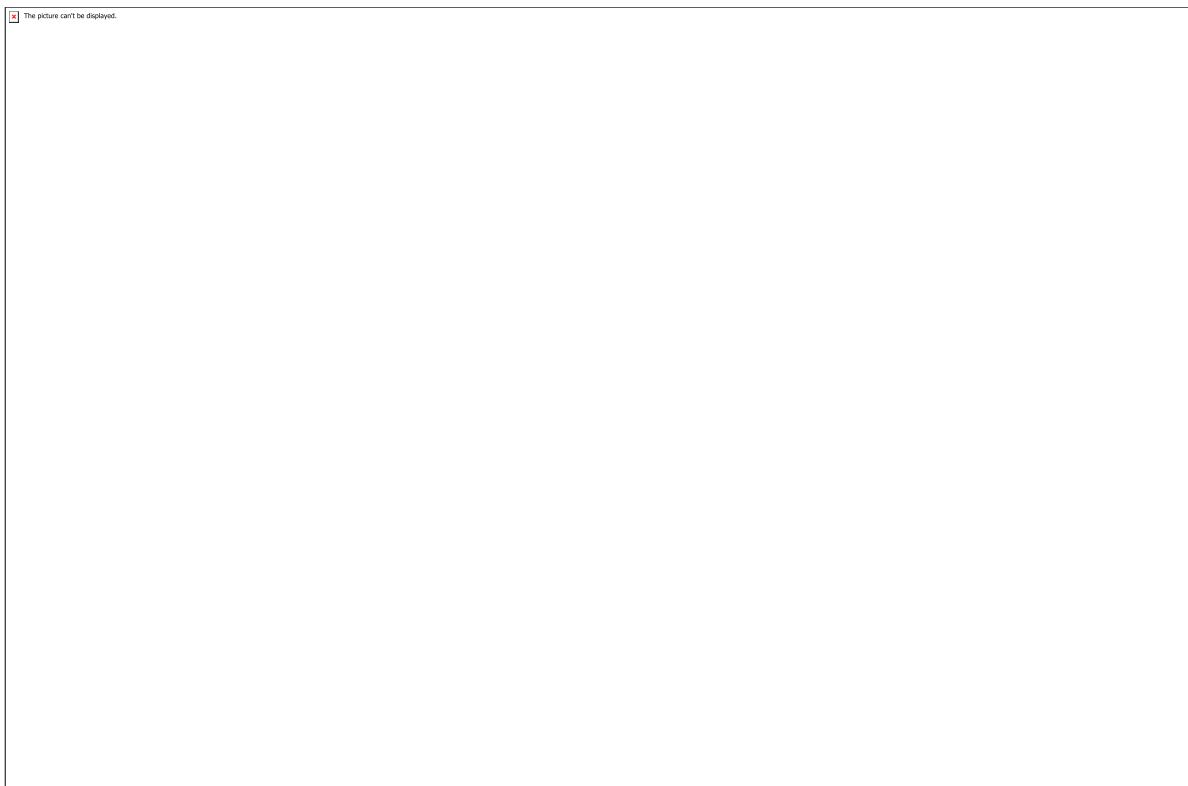


Figura 9 - Curva transformada para $e = 0,8$ e $C = 5,0\%$

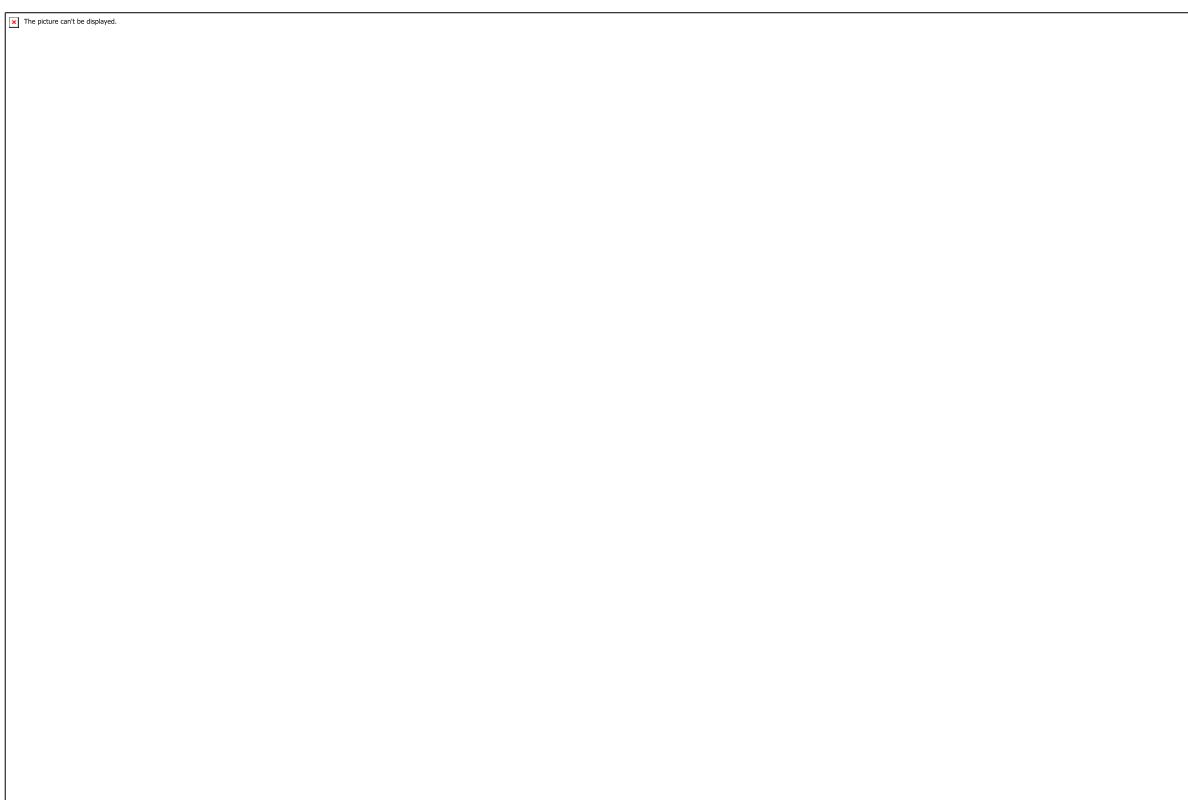


Figura 10 - Curva transformada para $e = 0,8$ e $C = 7,5\%$

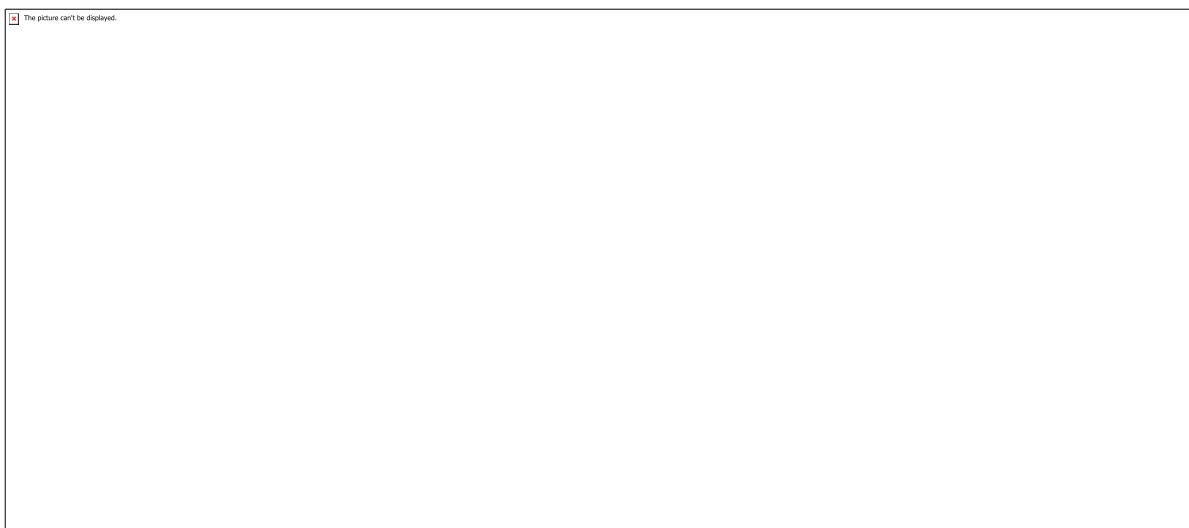


Figura 1 – Curvas real e transformada de tensão-deformação

CÓDIGO: ET1080

AUTOR: PEDRO RENAN LOPES COSTA

ORIENTADOR: LUIZ ALESSANDRO PINHEIRO DA CAMARA DE QUEIROZ

TÍTULO: ANÁLISE DA ATRATIVIDADE DAS ÁREAS VERDES SOBRE A PRODUÇÃO IMOBILIÁRIA DA CIDADE DE NATAL NO PERÍODO DE 1989 A 2018

Resumo

No Brasil, o processo de urbanização ocorreu na segunda metade do século XX, de forma intensa e desordenada, contribuindo para afastar ainda mais o homem da natureza. A expansão populacional nos centros urbanos ocasionou um crescimento na construção de edifícios, vias de tráfego, indústrias e diversos tipos de elementos físicos inerentes ao processo de urbanização, tais como as periferias, onde as pessoas com menor poder aquisitivo ocupam áreas com infraestrutura deficiente e menos valorizadas. Todos esses fatores causaram impactos em áreas verdes, que muitas vezes findam por ceder espaço para as novas construções. Tendo em vista os benefícios incorporados pela vegetação urbana e a tendência à escassez das mesmas, o interesse dos promotores imobiliários em construir edificações nos entornos das áreas verdes é justificado, uma vez que a natureza incorpora valores intangíveis aos imóveis, que podem inclusive ser vendidos no seu anúncio, como qualidade de vida, paisagem, ventilação e ar puro. O presente estudo trata-se de uma análise acerca do papel das Zonas de Proteção ambiental na cidade de Natal, avaliando os instrumentos da legislação urbanística que visam preservar a paisagem e o processo de valorização desta na produção imobiliária da cidade. Essa análise contribui na formulação de indicativos capazes de questionar a não mensuração de valores subjetivos, como o valor cultural e afetivo da paisagem.

Palavras-chave: :Mercado Imobiliário, Áreas Verdes, Urbanização, Natal, ZPAs

TITLE: ANALYSIS OF THE ATTRACTIVENESS OF GREEN AREAS ON THE REAL ESTATE PRODUCTION AT NATAL IN THE PERIOD OF 1989 TO 2018

Abstract

In Brazil, the process of urbanization occurred in the second half of the twentieth century, in an intense and disorderly way, contributing to separate even further man from nature. Population expansion in urban centers has led to growth in the construction of buildings, traffic routes, industries and various types of physical elements inherent in the urbanization process, such as the peripheries, where people with lower purchasing power occupy areas with poor infrastructure and less valued. All of these factors have caused impacts on green areas, which often end up giving up space for new construction. Given the benefits incorporated by urban vegetation and their tendency to scarcity, the interest of property developers in constructing buildings in green areas is justified, since nature incorporates intangible property values, which can even be sold in

the your advertisement, such as quality of life, landscape, ventilation and fresh air. The present study deals with an analysis about the role of enviromental protection zone in the city of Natal, evaluating the instruments of urban legislation that aim to preserve the landscape and the valorization process of this in the real estate production of the city. This analysis contributes to the formulation of indicatives capable of questioning the non-measurement of subjective values, such as the cultural and affective value of the landscape.

Keywords: Real Estate Market, Green Areas, Urbanization, Natal.

Introdução

A crescente que o processo de urbanização vem sofrendo no Brasil é inegável. Segundo um estudo do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) em 2006, a parcela urbana da população brasileira cresceu de 58%, em 1970, para 80%, em 2000, e o crescimento populacional dos próximos 30 anos é previsto para ocorrer somente nas grandes cidades. Tendo em perspectiva esse crescimento, Soares (2006) afirma que a urbanização brasileira apresenta um amplo processo de reestruturação, caracterizada pela explosão das tradicionais formas de concentração urbana e pela emergência de novas formas espaciais e novas territorialidades.

Portanto, é sabido que o processo de urbanização está em constante mutação e crescimento, e esse desenvolvimento funciona como uma mola propulsora para atividades econômicas do país. Tendo em vista o potencial econômico das cidades, a rede imobiliária se vê em ascensão, acelerando o desenvolvimento das produções capitalistas e consequentemente, impulsionando o mercado imobiliário.

Esse desenvolvimento, no entanto, deve ser realizado de forma responsável. É comum encontrar casos onde o processo de urbanização ocorre de forma intensa e desordenada e acaba por afastar mais ainda o homem da natureza. A expansão populacional nos centros urbanos ocasionou um crescimento na construção de edifícios, vias de tráfego, indústrias e diversos tipos de elementos físicos inerentes ao processo de urbanização, tais como as periferias, onde as pessoas com menor poder aquisitivo ocupam áreas com infraestruturas deficientes e menos valorizadas. Todos esses fatores causaram impactos em áreas verdes, que muitas vezes findam por ceder espaço para as novas construções. (ZINKOSKI; LOBODA, 2005).

Tendo em vista os benefícios incorporados pela vegetação urbana, o interesse dos promotores imobiliários em construir edificações nos entornos das áreas verdes é justificado, uma vez que a natureza incorpora valores intangíveis aos imóveis, que podem inclusive ser vendido

A compreensão acerca do valor decorrente da cobertura vegetal da terra se faz necessário tanto para os promotores imobiliários, que podem ampliar seus lucros entendendo como funciona a capitalização dos espaços verdes, como também pelo setor público, para que possam distribuir de forma adequada os benefícios provenientes das áreas verdes dentro do seu espaço urbano, através do zoneamento e uso do solo. (MURRAY, 1998).

Segundo o artigo 17 do Plano Diretor de Natal, considera-se Zona de Proteção Ambiental a área na qual as características do meio físico restringem o uso e ocupação,

visando a proteção, manutenção e recuperação dos aspectos ambientais, ecológicos, paisagísticos, históricos, arqueológicos, turísticos, culturais, arquitetônicos e científicos. Esse estudo, portanto, seleciona dentre as áreas verdes da cidade algumas zonas de proteção ambiental, procurando filtrar as zonas mais relevantes e a partir delas, homogeneizar as análises referentes aos espaços verdes, a fim de obter resultados mais objetivos.

A partir de dados geográficos obtidos através SEMURB, foi possível perceber que as Zonas 1, 2, 5 e 8 se destacavam de imediato.

A zona de proteção ambiental 8 se destacou por ser a maior em área, seguida da ZPA 2 (Parque das dunas), que é a mais próxima do centro urbano da cidade, onde seu formato comprido possibilita ocupar duas zonas administrativas, abrangendo diversos bairros. As zonas 1 e 5, portanto, foram selecionadas por estarem localizadas em áreas estratégicas da zona sul, a qual passou por um grande boom imobiliário na década de 2000 e hoje é uma das áreas da cidade com maior densidade de empreendimentos verticais.

Portanto, esse estudo justifica-se na contribuição na formulação de indicativos capazes de questionar a não mensuração de valores subjetivos, como o valor cultural e afetivo da paisagem, especificamente o valor agregado pelas ZPAs aos empreendimentos.

Metodologia

Para a realização deste estudo, foi utilizado o banco de dados disponibilizado por Queiroz (2012), contendo todos os empreendimentos imobiliários privados registrados em Natal compreendidos entre o período de 1967 a 2010 e expandido por Costa (2017) até 2015.

Os dados fornecidos foram conferidos com o auxílio da ferramenta Google Earth, ou em certos casos, in loco, sendo acrescentados alguns empreendimentos que não foram constados nos dados de Costa (2017) por não terem sido efetivamente edificados.

Com o auxílio de ferramentas de geotecnologias, foi acrescentada uma maior precisão à interpretação dos dados obtidos possibilitando diversas análises que caracterizem o fenômeno de forma mais objetiva.

No caso desse estudo, foi utilizado o software QGis para georreferenciar os empreendimentos compreendidos no período de 1990 até 2019, formando assim um objeto de estudo abrangendo um intervalo de 29 anos, onde é preciso considerar os efeitos dos ciclos imobiliários que ocorreram durante esse período.

Após a escolha das zonas de proteção ambiental, foram elaborados a partir da ferramenta de preenchimento de símbolo simples raios de influência em torno de cada ZPA selecionada. Para tanto, foi levado em consideração os parâmetros de detalhamento recomendados por Castello (2013), isto é, um raio de influência máximo para cada equipamento comunitário. Para Castello (2013), equipamentos de relações frequentes e numerosas como praças, playgrounds e áreas verdes, deve ser considerado um raio de influência de 400 metros. No entanto, esses critérios não se

mostraram adequados para a análise em questão, tendo em vista que a área das ZPAs são consideravelmente maiores que a maioria dos equipamentos urbanos. Portanto, levando em consideração o formato da cidade e a dimensão das zonas selecionadas, optou-se por separar a análise em raios de 500 e 250 metros, permitindo assim uma visualização mais realista dos efeitos que essas zonas geram no mercado imobiliário local.

Em seguida, os empreendimentos que estavam compreendidos pelos raios de influência foram selecionados e separados por suas respectivas zonas, raios e classificados por ordem de construção, possibilitando assim uma avaliação em relação aos fenômenos do mercado imobiliário no tempo.

Com esses dados em mãos, foi possível realizar diversos tipos de análises da influência das áreas verdes sobre o mercado imobiliário, assim como os efeitos que o mesmo causa nas zonas de proteção ambiental da cidade.

Resultados e Discussões

Através das informações e dados obtidos foi possível o desenvolvimento de um mapa (Mapa 1) no programa QGis 3.4.4 para análise da pesquisa e desenvolvimento do trabalho realizado. O mapa criado foi sobre a espacialização e quantidade de empreendimentos que atendem aos raios de influência de 250 e 500 metros em torno das ZPAs selecionadas.

A partir do mapa 1, observa-se um total de 178 empreendimentos compreendidos dentro dos raios de influência (em nível de ZPA), sendo subdivididos em:

Para ZPA 1 - 16 empreendimentos no raio de 250m; 15 empreendimentos no raio de 500m

Para ZPA 2 - 42 empreendimentos no raio de 250m; 68 empreendimentos no raio de 500m

Para ZPA 5 - 15 empreendimentos no raio de 250m; 16 empreendimentos no raio de 500m

Para ZPA 8 - 4 empreendimentos no raio de 250m; 2 empreendimentos no raio de 500m

Com base nesses dados, nota-se que, com exceção da ZPA 2, que é a mais próxima dos polos mais urbanizados, a quantidade de empreendimentos dentro dos raios de influência de 250 metros é equiparada com o raio de 500 metros, indicando uma certa consistência em relação à disposição dos empreendimentos.

Antes de desenvolver uma análise mais aprofundada, é interessante fazer uma caracterização da construção de edifícios próximos à essas zonas em relação ao tempo.

Para tanto, o gráfico 1 informa a quantidade de unidades habitacionais compreendida dentro dos raios de influência de cada ZPA.

A partir do gráfico 1 é possível perceber que, de modo geral, a quantidade de empreendimentos vai crescendo até o período de 2006 até 2010, enquanto nos anos seguintes houve uma forte queda. Considerando que ao final da década de 2000 houve um boom imobiliário, entende-se que as áreas próximas às ZPAs também foram atingidas por essa elevação no número de imóveis. O gráfico também mostra um pico atípico na quantidade de empreendimentos próximos à ZPA 1 no período compreendido entre 2001 e 2005, caracterizado pela construção de edifícios populares com um grande número de unidades habitacionais. Dessa forma, esse crescimento no número de edifícios residenciais possibilitaram a formação de vários polos com uma alta densidade de imóveis e pessoas, forçando a administração pública a ampliar os equipamentos de infraestrutura da cidade.

Tendo em vista os dados obtidos e a visualização da espacialização dos empreendimentos no mapa, é importante fazer um recorte na zona sul da cidade, em especial nos bairros de Capim Macio e Ponta Negra. Esses bairros estão mais próximos da principal zona de interesse turístico da cidade (ZET 1), que diz respeito ao litoral mais urbanizado da cidade, e somando o fato de apresentarem uma boa infraestrutura, a densidade de empreendimentos e unidades habitacionais é maior se comparada à outras regiões da cidade. Juntos, os bairros abrigam parte da ZPA 2 e ZPA 5 e o gráfico 1 indica a quantidade de imóveis em relação à proximidade com essas zonas.

O gráfico 2 aponta que 41% dos empreendimentos estão localizados próximos às ZPA 2 e ZPA 5. No entanto, apesar de não ser maioria, é importante fazer algumas ressalvas. Ao observar o mapa, percebe-se que a maior concentração de empreendimentos ocorre ao longo da Avenida Roberto Freire. Com uma localização privilegiada próxima ao mar, o lado da avenida mais perto do oceano é regulamentado por leis de controle de gabarito, enquanto o lado oposto é uma zona adensável. Dessa forma, considerando que a definição de zonas de proteção ambiental também visa proteger áreas de interesse turístico, cultural e paisagístico da cidade, entende-se que a proximidade ao mar é tida como um grande potencial atrativo para a indústria imobiliária.

A partir do mapa também é possível observar que existem alguns empreendimentos construídos dentro das zonas, o que vai de encontro com diretrizes estabelecidas no plano diretor e nas leis específicas de cada ZPA, que procuram piamente preservar a natureza dessas áreas importantes da cidade.

No caso da ZPA 8, que comprehende grande parte dos entornos do rio Potengi, existe apenas um empreendimento dentro de sua área. Trata-se do empreendimento Residencial Colinas do Potengi, e apesar do mesmo possuir uma dimensão considerável, tanto em relação à altura (cerca de 20 metros), como em relação à densidade (contendo 196 unidades habitacionais), essa ZPA não é regulamentada e, portanto, não tem prescrições urbanísticas específicas que funcionem limitadores adensamento nessa área verde.

Já no caso do parque das dunas (ZPA 2), por se tratar de uma área reservada para as dunas, não existem empreendimentos dentro dela. No entanto, por sua dimensão e relevância para a cidade, existe uma parcela dos entornos do parque, na parte oeste do bairro de Lagoa Nova, que possui uma regulamentação específica de controle de gabarito, no entanto, existem diversos empreendimentos, onde alguns deles chegam a

ultrapassar o gabarito máximo de acordo com as repartições contidas no quadro 2 do anexo I do plano diretor de Natal.

Na ZPA 5, existe apenas um empreendimento dentro de sua área, no entanto trata-se um condomínio residencial horizontal, portanto não ocasiona maiores impactos a zona. Na ZPA 1, no entanto, existem quatro empreendimentos dentro das suas imediações, e apesar de não ter limite de gabarito, a legislação específica da ZPA estabelece um limite de 0.4 no coeficiente de aproveitamento, o que acaba por limitar consideravelmente a dimensão dos empreendimentos. Portanto, é observado que os promotores imobiliários priorizaram por investir em empreendimentos horizontais.

De modo geral, entende-se que muitas vezes os empreendimentos fogem às diretrizes estabelecidas, o que acaba por prejudicar a preservação das zonas de proteção, além de infringir diretamente a legislação urbanística, dando origem a diversos tipos de conflitos socioambientais.

Conclusão

Após o término da pesquisa, ressalta-se que o geoprocessamento de dados, através do uso de SIG torna-se relevante para o entendimento da distribuição dos empreendimentos da cidade, nesse caso específico em relação a atratividade das Zonas de Proteção Ambiental.

A possibilidade de manipulação dos dados coletados, de confecção de mapas, utilizando as ferramentas computacionais, facilita muito o processo de investigação e a tomada de decisões futuras, além de gerar uma base cartográfica para uma região importante como Natal. Essa plataforma possibilita não só o entendimento da dinâmica imobiliária, como também permite que os órgãos públicos de fiscalização dediquem mais atenção aos empreendimentos próximos a essas zonas especiais, a fim de preservar o ambiente e garantir o cumprimento da lei.

Ressalta-se também a necessidade de cautela perante a Prefeitura Municipal quanto da formação de novos bairros, para que considere as características locais e consequentemente, atenda aos princípios da legibilidade, tendo em vista que o mercado imobiliário apresenta uma tendência de expansão da cidade, ampliando a necessidade de infraestrutura.

A partir dos resultados, foi possível perceber que o nível de atração dessas zonas especiais é significante, e não se prendendo às zonas estudadas, foi possível identificar uma concentração significante na Avenida Roberto Freire, a qual conta com os benefícios advindos da área litorânea, que não agrupa apesar o fator natural, mas também os valores turísticos e paisagísticos.

Tendo em vista os efeitos advindos das áreas verdes, entende-se que as ZPAs têm um impacto potencialmente positivo nas comunidades residenciais vizinhas. Idealmente, a proximidade a uma área verde pode fornecer aumento significativo nos valores de moradia. Portanto, compreendendo essa valorização, é interessante realizar um estudo específico para avaliar o efeito econômico que essas áreas geram nos empreendimentos verticais da região.

Referências

ARAÚJO, Maria Cristina Cavalcanti. Avaliação do nível de qualidade de vida urbana: um estudo exploratório a partir do fenômeno da expansão urbana e oferta de serviço e recursos urbanos no município do Natal/RN. 2013. 197 f: il. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós - Graduação em Recursos Naturais, Campina Grande – PB, 2013.

CASTELLO, Iara Regina. Equipamentos Urbanos, Grupos Hierárquicos, Parâmetros de Localização e Características Gerais. 2013.

CORRÊA, Roberto Lobato. O espaço urbano. 2. Ed. São Paulo: Ática, 1995.

COSTA, Túlio Cesar de Souza. Análise sobre a distribuição espacial da produção imobiliária privada no município de natal/rn entre 1990 e 2015. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2017.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Brasil em desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas. Brasília: Ipea, 2006.

MENDONÇA, Lucy Kheyler Maciel de. Impactos da aplicação da lei complementar nº 27/2000 sobre a produção imobiliária no bairro de ponta negra – natal/rn. 2017. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2017.

MURRAY, S. Silvicultura urbana y periurbana en Quito, Ecuador- estúdio de caso. Roma: FAO, 1998.

NATAL, Lei Nº 082, de 21 de junho de 2007. Plano Diretor Físico-Territorial do Município do Natal. Natal, 2007.

SOARES, P. R. Cidades médias e aglomerações urbanas: a nova organização do espaço regional no Sul do Brasil. In: SPOSITO, E. S. SPOSITO, M. E. B.. SOBARZO, O. (Orgs.).Cidades médias: produção do espaço urbano e regional. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2006. (Série Geografia em Movimento).

QUEIROZ, Luiz A. P. C. Incorporações Imobiliárias: Ciclos, Financeirização e Dinâmica Espacial em Natal/RN. Tese de Doutorado, Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

RODRIGUES, Marcio Henrique Yacyszyn. Zona andensável de Ponta Negra em Natal/RN: as consequências decorrentes da lei complementar 27/2000 na visão dos moradores da área. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2007.

Saphores, Jean-Daniel M., Ogunseitan, Oladele A., and Shapiro, Andrew A. (2012). Willingness to

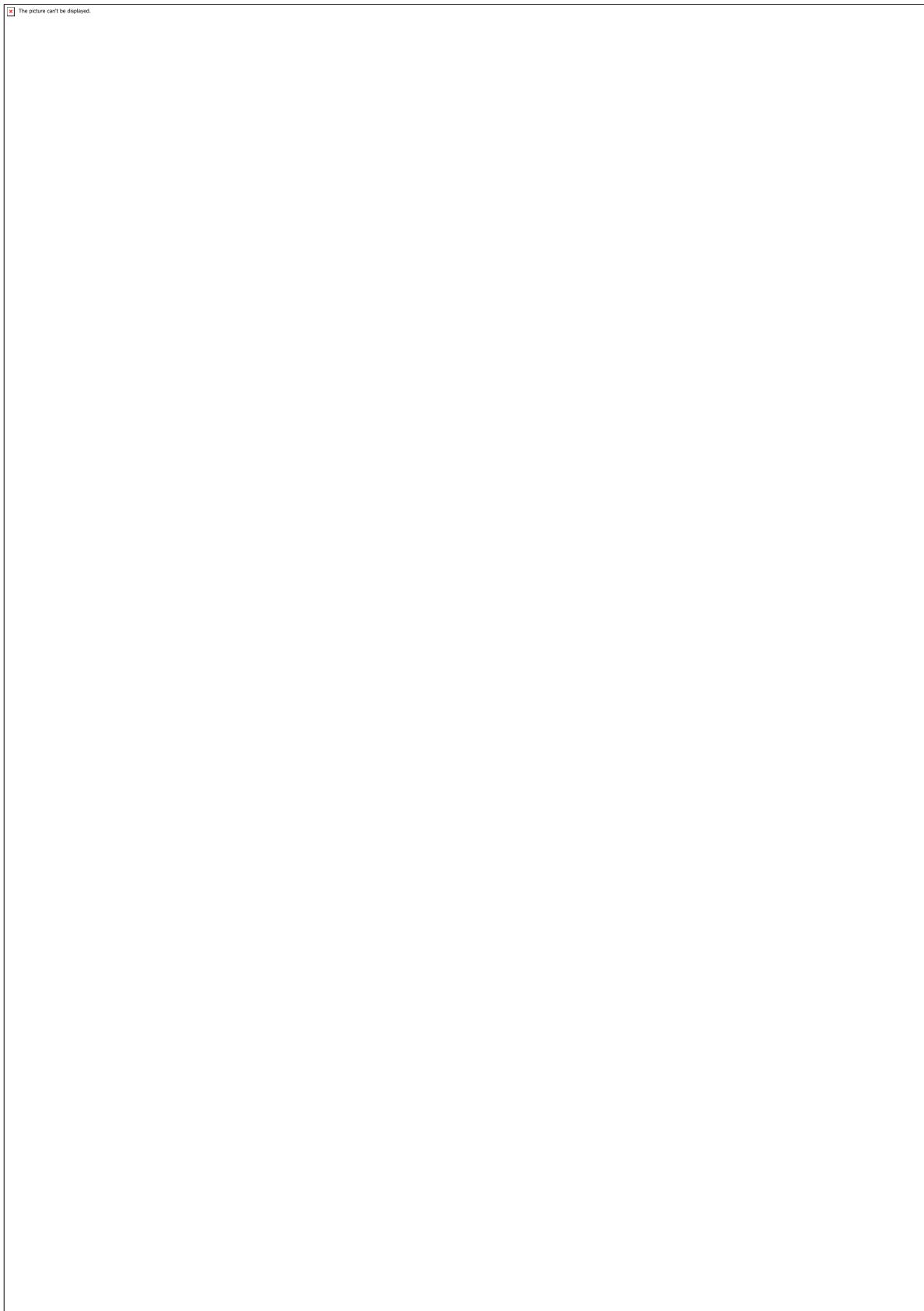
engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of U.S. households. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, 49-63.

Saphores, Jean-Daniel M., Ogunseitan, Oladele A., and Shapiro, Andrew A. (2012). Willingness to engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of U.S. households. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, 49-63.

SANCHOTENE, M. C. C. Desenvolvimento e perspectivas da arborização urbana no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1994, São Luís. Anais... São Luís: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p.15-35.

ZINKOSKI, A. E.; LOBODA, C. R. Arborização: uma percepção do espaço urbano na área central de Guarapuava; PR. In: VII COLOQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA; 2005. Anais.. Santiago de Chile: Instituto de Geografia - Pontifícia Universidade Católica de Chile.

Anexos



Mapa 1: Raios de influência de 250 e 500 metros em torno das ZPAs 1, 2, 5 e 8.

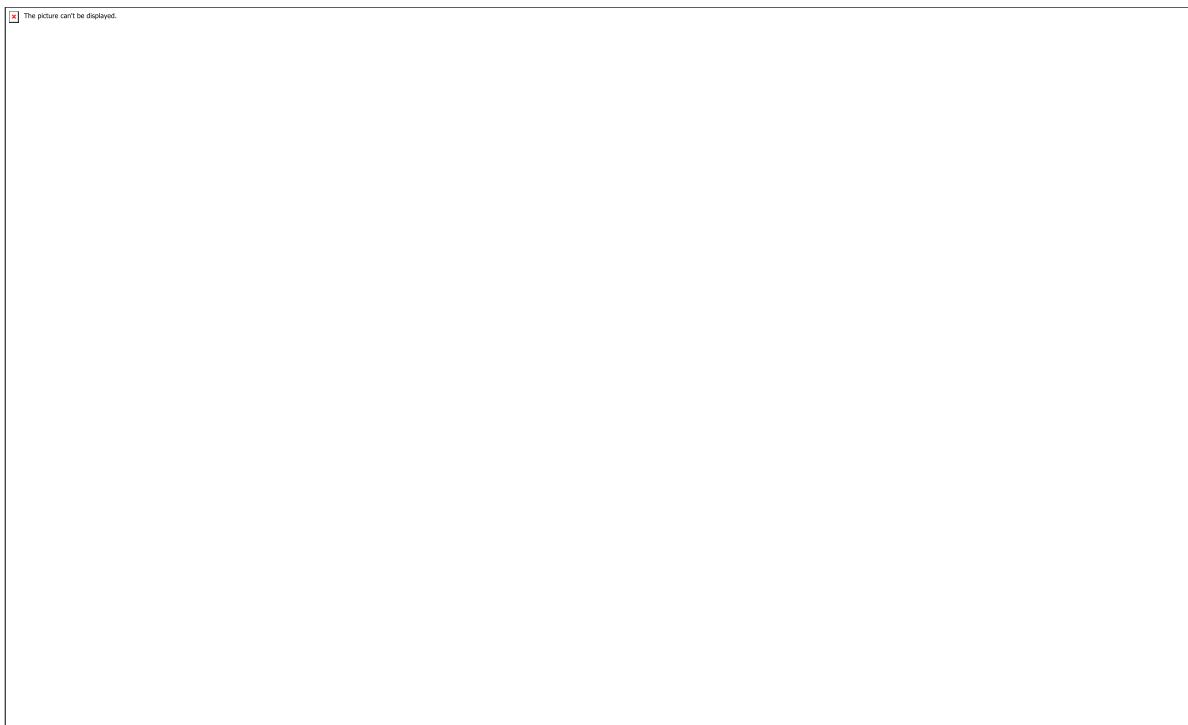


Gráfico 1: Quantidade de unidades habitacionais construídas nos entornos das ZPAs em períodos de 5 anos

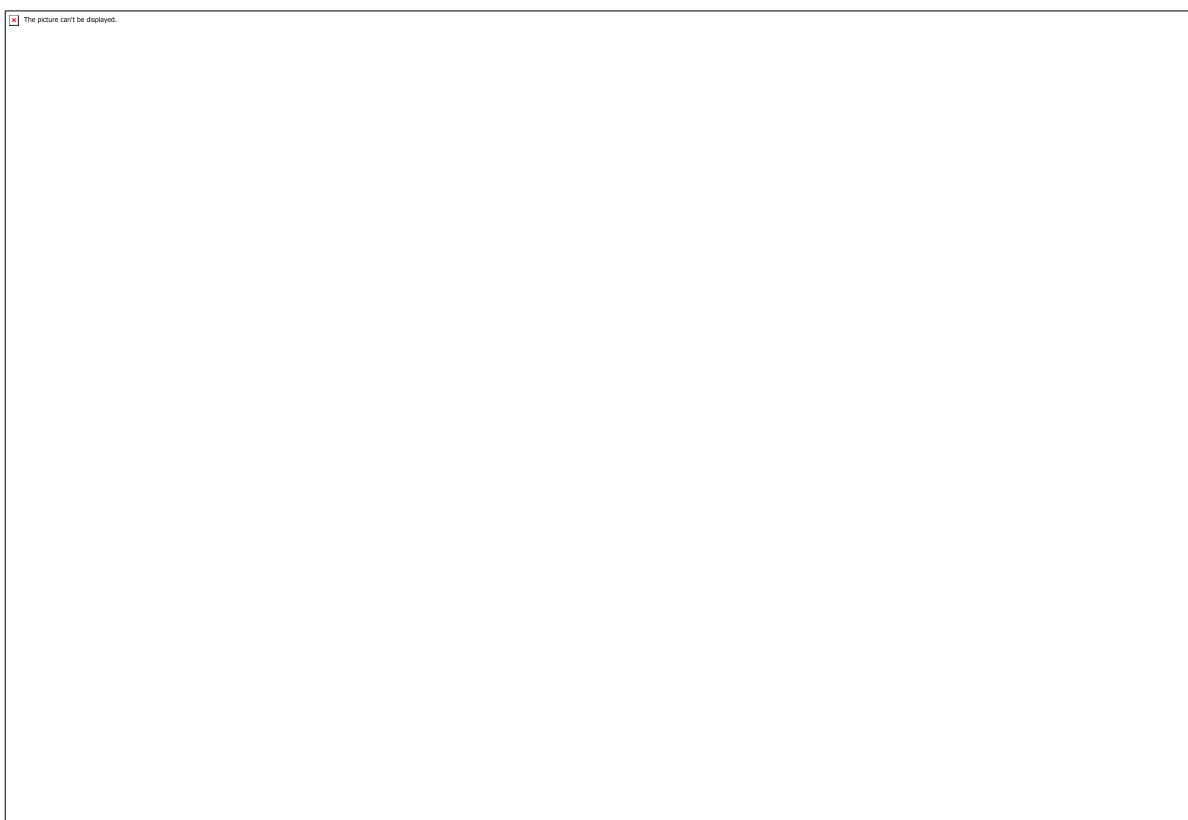


Gráfico 2: Disposição dos empreendimentos em relação aos raios de influência da ZPA 2 e ZPA 5.

CÓDIGO: ET1084

AUTOR: GABRIELA RIBEIRO DE MEDEIROS

ORIENTADOR: AFONSO AVELINO DANTAS NETO

TÍTULO: Dessulfurização oxidativa do diesel comercial: Estudo cinético da reação

Resumo

O diesel é o combustível derivado do petróleo de grande demanda no setor de transportes brasileiro. Um dos seus parâmetros de qualidade é o teor de enxofre, o qual deve estar limitado a 10 ppm para atender a legislação, reduzir a poluição e retardar a corrosão em motores. Para a remoção desse elemento, o combustível é submetido a dessulfurização oxidativa (ODS), na qual os compostos de enxofre são oxidados às sulfonas, em baixa temperatura, e essas podem ser removidas por extração com solventes. Nesse contexto, este trabalho propõe a oxidação do diesel comercial, utilizando ácido acético e peróxido de hidrogênio como catalisador e oxidante, respectivamente, assim como o estudo cinético da remoção do enxofre. Os ensaios de oxidação foram realizados com mudança de temperatura (80 °C, 60 °C e 40 °C) e tempo reacional (0 a 150 minutos). O enxofre foi quantificado por Fluorescência na região do ultravioleta (FUV) e o diesel caracterizado por Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), antes e após a oxidação. Também foi avaliada a influência de uma etapa de extração com tensoativo comercial não iônico após a oxidação. Os resultados obtidos evidenciaram a influência positiva da temperatura na remoção de enxofre durante a oxidação, a qual pode ser aproximada para uma cinética de pseudo primeira ordem, assim como a extração com tensoativo é eficiente na remoção dos compostos de enxofre formados na oxidação.

Palavras-chave: Diesel. Dessulfurização oxidativa. Cinética. Extração líquido-líquido.

TITLE: Oxidative Desulphurization of Commercial Diesel: Kinetic Reaction Study

Abstract

Diesel is a fuel derived from petroleum with high demand in the Brazilian transport sector. One of its quality aspects is sulfur content, which must be limited to 10 ppm to comply with legislation, reduce pollution and retard corrosion in engines. To remove this element, the fuel is submitted to oxidative desulphurization (ODS), in which sulfur compounds are oxidized to sulfones at low temperatures and these can be removed by solvent extraction. In this context[DNL1] , this work proposes the oxidation of commercial diesel, using acetic acid and hydrogen peroxide as catalyst and oxidant, respectively, as well as the kinetic study of sulfur removal. The oxidation experiments were performed with temperature variations (80 °C, 60 °C and 40 °C) and reaction time (0 to 150 minutes). Sulfur was quantified by ultraviolet fluorescence (FUV) and diesel characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) before and after oxidation. The influence of a nonionic commercial surfactant extraction step after oxidation was also evaluated. The results showed the positive influence of temperature on sulfur removal

during oxidation, which can be approximated for pseudo-first-order kinetics, as well as surfactant extraction was efficient when removing sulfur compounds formed on oxidation.

Keywords: Diesel. Oxidative desulfurization. Kinetics. Liquid-liquid extraction.

Introdução

O óleo diesel é um dos principais combustíveis derivados do petróleo, o qual é demandado principalmente pelo setor de transportes [1]. Sua composição engloba hidrocarbonetos com cadeias longas (8 a 16 carbonos) e outros elementos em menor quantidade, como o enxofre, nitrogênio e oxigênio [2].

Um dos parâmetros que qualificam esse combustível é o teor de enxofre, cuja concentração para uso em veículos automotivos deve ser 10 ppm, conhecido como diesel S10. A baixa concentração desse elemento no óleo reduz a geração dos óxidos SOx durante a combustão, além de retardar a corrosão nas partes internas dos motores [3].

Para remoção do enxofre, os combustíveis passam por processos de dessulfurização. O grande desafio desses métodos, a exemplo da Hidrodessulfurização, é remover os compostos de enxofre refratários empregando condições operacionais viáveis, de pressão e temperatura, além de aumentar a eficiência dos catalisadores empregados [4].

Nesse contexto, a dessulfurização oxidativa (ODS) é um método eficiente, que emprega um agente oxidante, geralmente peróxido de hidrogênio, e catalisadores ácidos ou sólidos, sob pressão atmosférica e baixa temperatura [5]. Neste processo, os compostos de enxofre são oxidados em 2 etapas reacionais consecutivas resultando em formas mais polares (sulfonas) que podem ser separadas por uma etapa complementar. Para avaliar a viabilidade desse método é necessário estudar a influência dos parâmetros reacionais, como a temperatura, além da velocidade na qual os compostos de enxofre são removidos, informações essas que fazem parte do estudo cinético da reação.

Após a oxidação do diesel, a operação de extração permite separar os compostos de enxofre que não foram removidos naquela etapa. Para isso, o diesel (diluente) entra em contato direto com o solvente, o qual deve ser seletivo ao enxofre e pouco miscível no diluente para facilitar a separação entre as fases rica em diesel (refinado) e a rica em solvente (extrato). Dessa forma, moléculas anfifílicas, que possuem dupla polaridade, tem potencial como solvente na extração, a exemplo dos tensoativos.

Diante do exposto, essa pesquisa propõe o uso da dessulfurização oxidativa do diesel comercial, empregando ácido acético como catalisador e peróxido de hidrogênio como oxidante, para a remoção dos compostos de enxofre presentes no diesel. A fim de avaliar a viabilidade dessa metodologia, foi estudada a cinética da remoção do enxofre na oxidação, assim como foi proposta a extração do enxofre residual empregando tensoativo não iônico como solvente.

Metodologia

Reagentes utilizados: Ácido acético glacial P.A. (Dinâmica), peróxido de hidrogênio 30% P.A. (Vetec), diesel sem tratamento (PETROBRAS), ULTRANEX NP 110 (Oxiteno).

Vidrarias e equipamentos: balão de vidro borossilicato com 2 bocas (50 mL), condensador bola (Allihn), agitador de tubos Vortex (Phoenix, AP56), agitador magnético com aquecimento e controle digital (Gehaka, AA-1840), balança analítica (Precisa, 240 A), centrifuga micro processada (Quimis, Q222TM216).

Oxidação do diesel real

A reação foi conduzida em um sistema formado por um balão de 2 bocas, com condensador acoplado, imerso em banho de óleo aquecido [5]. O sistema foi aquecido até a temperatura reacional (80, 60 ou 40 °C) e, então, foram adicionados 10 mL do diesel e, sucessivamente, após atingir a referida temperatura: 15 mL de ácido acético e 7,5 mL do peróxido de hidrogênio. Para maior contato entre as fases, foi empregada agitação a 700 rpm utilizando barra magnética. Em cada temperatura, foram conduzidas reações com duração entre 0 e 150 minutos. Terminada a reação, o balão foi imediatamente retirado do banho e deixado em descanso para separação das fases orgânica (rica em diesel) e polar (rica em ácido e peróxido).

Quantificação do enxofre

O teor de enxofre total foi obtido mediante a técnica de fluorescência na região do ultravioleta (FUV) utilizando o Antek 9000NS, de acordo com a ASTM D5453 [6].

Espectroscopia de absorção no infravermelho

O diesel comercial, o oxidado e o refinado (após contato com o tensoativo) foram analisados por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) utilizando o espectrofotômetro de infravermelho (SHIMADZU, modelo IRAffinity-1) com sistema ATR horizontal (PIKE Technologies, modelo MIRacle) acoplado.

Extração líquido-líquido

A extração foi realizada em único estágio, empregando 4g de diesel (diluente) e 2g do Ultranex NP110 como solvente. A escolha desse tensoativo foi motivada pela eficiência da remoção, que foi estudada em momentos anteriores desta pesquisa. A mistura foi agitada durante 30 segundos no Vortex e centrifugada a 1600 rpm durante 5 minutos. Após isso, a fase refinado, rica em diesel, foi separada do extrato, com maior teor de tensoativo. Em cada fase foi quantificada a concentração do enxofre.

Resultados e Discussões

Ensaios de oxidação

As reações de oxidação foram realizadas com mudança de tempo e temperatura para obtenção da ordem e constante reacional. A temperatura foi limitada a 80°C devido à decomposição das espécies oxidantes durante a reação [7]

O diesel comercial tinha uma concentração inicial de 1130 ppm de enxofre. Com o tempo de oxidação, essa concentração foi reduzida progressivamente, o que foi refletido em aumento percentual da remoção de enxofre, como pode ser observado na figura 1. Após 90 minutos de reação a 80 °C, foi removido 55,9% do enxofre inicial e esse percentual manteve-se praticamente constante até 150 minutos.

Ainda de acordo com a figura 1, nota-se que a remoção dos compostos de enxofre é proporcional ao aumento da temperatura. Tal aumento pode ser atribuído à redução da resistência à transferência de massa entre as duas fases líquidas imiscíveis, favorecendo a extração das sulfonas formadas para a fase polar.

Análise infravermelho

A análise do diesel comercial por infravermelho resultou no gráfico da figura 2. A correspondência entre a intensidade dos picos e ligações da amostra foi sumarizada na tabela 1.

O diesel oxidado a 80°C durante 150 minutos também foi analisado por infravermelho, resultando no gráfico da figura 3. Conforme destacado nessa, observa-se o aumento do pico correspondente à ligação S=O em 1290 cm⁻¹ [11] e o aparecimento do pico em 1714 cm⁻¹ que corresponde à ligação C=O de ácido carboxílico [9].

O aparecimento do pico correspondente às sulfonas confirma a oxidação dos compostos de enxofre, enquanto o pico da carbonila sugere a presença de ácido acético dissolvido no diesel.

Mecanismo reacional e cinética

Na oxidação do diesel utilizando ácido acético, como catalisador, e peróxido de hidrogênio, como oxidante, ocorre a formação do ácido peracético (CH₃COOOH), espécie oxidante muito reativa. Quando ocorre o contato entre os compostos de enxofre presentes do diesel e o ácido formado, na interface entre as duas fases líquidas, formam-se os sulfóxidos e, em seguida, as sulfonas, como ilustrado na figura 4 [5].

As sulfonas são mais polares que os compostos de enxofre iniciais, por causa das ligações com o oxigênio, e são parcialmente removidas pela fase polar da reação, constituída por ácido acético, peróxido de hidrogênio e pelo ácido formado in situ na reação. A reação global do processo está representada na equação 1, onde AcOH corresponde ao ácido acético.



Os volumes de peróxido e ácido acético empregados nas reações foram superiores ao necessário pela estequiometria, de modo a garantir que as espécies oxidantes estivessem em excesso ao longo de toda a reação e, com isso, a oxidação dos compostos de enxofre não fosse limitante para a remoção.

Com o excesso de oxidante, a taxa reacional pode ser aproximada a uma reação de pseudo primeira ordem (equação 2)

$$\frac{d\text{Cs}}{dt} = \text{keq} \times \text{Cs} \quad (2)$$

onde é a constante de velocidade aparente da reação e CS é a concentração total de enxofre.

Ao integrar a equação 2, obtém-se a equação que expressa a relação linear entre concentração e tempo (equação 3).

$$\ln(C_i^0/C_i) = k_{eq} \times t \quad (3)$$

Com isso, para obter a constante em cada temperatura, foram plotadas as retas para o logaritmo da concentração de enxofre em função do tempo reacional. Como pode-se observar na figura 5, foram utilizadas as concentrações até 30 minutos de reação. Essa escolha deve-se à mudança de comportamento na curva de variação da remoção de enxofre que, como é possível observar na figura 1, assemelha-se bastante a uma reta após 30 minutos e isso, de acordo com Ali et al. (2009), é explicado pelo controle termodinâmico da reação diante do cinético.

Pela figura 5 nota-se que a relação entre o logaritmo da concentração ao longo do tempo se aproxima de uma reta, com coeficientes de correlação entre 0,77 e 0,72. O distanciamento do valor unitário é devido, provavelmente, à competição com outros componentes presentes no diesel, a exemplo dos compostos de nitrogênio, e variedade dos compostos de enxofre presentes do diesel, os quais possuem reatividades distintas. Diante disso, foram obtidas as constantes 0,012 min⁻¹ a 40 °C; 0,015 min⁻¹ a 60 °C e 0,020 min⁻¹ a 80°C.

Para fins de comparação, é importante citar os resultados obtidos por alguns trabalhos que também estudaram a ODS do diesel ou de combustíveis modelo.

Sachdeva e Pant (2010) avaliaram a cinética de oxidação do diesel comercial utilizando ácido fosfotúnsgsto, brometo de tetraoctilamônio e peróxido de hidrogênio. Verificaram que a cinética de remoção de enxofre se aproxima de um sistema de primeira ordem, tendo como constante reacional 0,035 min⁻¹ a 70 °C.

Lu et al. (2016) estudaram a oxidação de um combustível modelo formado por n-octano e dibenzotifeno, utilizando catalisador a base de molibdênio suportado em óxido de alumínio e peróxido de hidrogênio, e constataram que a reação de remoção segue uma cinética de primeira ordem, com uma constante reacional no valor de 0,399 min⁻¹ a 60 °C.

Logo, as constantes reacionais obtidas nesse trabalho são inferiores aos valores já reportados na literatura, indicando que a oxidação que utiliza ácido acético como catalisador é lenta e, para o diesel real, por esse ser uma mistura com inúmeros compostos orgânicos, a reação é mais lenta.

Extração líquido-líquido

Quanto aos resultados da extração, o diesel comercial e o oxidado foram submetidos à extração com o Ultranex NP 110. Foram alcançados os percentuais de remoção 16,1% e 25,5% de enxofre, respectivamente, apenas com essa operação. A remoção total após a oxidação foi de 81,4%.

Chen et al. (2010) realizaram a dessulfurização oxidativa de um diesel comercial utilizando ultrassom, brometo de tetra-octilamônio, ácido fosfotúngstico e peróxido de

hidrogênio. Em reação conduzida a 88 °C por 20 minutos, seguida por uma etapa de adsorção em alumina, foi removido 80,6% do enxofre contido no diesel. Já Gao et al. (2018) estudaram a reação de oxidação de um diesel real com peróxido de hidrogênio e líquido iônico, a 75 °C e duração de 3 horas, seguida por uma etapa de extração com N,N-dimetilformamida, o que resultou em 80,9% de remoção do enxofre. Diante desses resultados, a remoção do enxofre alcançada neste trabalho é coerente e relevante.

Para confirmar a remoção das sulfonas pelo tensoativo, o refinado foi analisado por infravermelho e ilustrado na figura 4. De acordo com essa figura, ocorre a redução da intensidade do pico em torno de 1290 cm⁻¹, o que confirma a remoção dos compostos de enxofre oxidados pelo tensoativo.

Conclusão

Diante dos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se concluir que a oxidação do diesel utilizando ácido acético e peróxido de hidrogênio é eficiente na remoção dos compostos de enxofre e, é favorecida com aumento da temperatura reacional. Além disso, a técnica de infravermelho mostrou-se viável na identificação dos compostos de enxofre oxidados.

O estudo cinético evidenciou que a remoção de enxofre pela oxidação do diesel pode ser aproximada, com certa razoabilidade, a uma reação de pseudo primeira ordem a qual, porém, é lenta. Para uma futura aplicação prática, recomenda-se que sejam estudados outros catalisadores mais eficientes para essa reação.

Por fim, a extração utilizando tensoativo não iônico como solvente foi eficiente na remoção dos compostos de enxofre oxidados do combustível, a qual permitiu alcançar uma remoção total acima de 80%.

Referências

- [1] Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil) (ANP). Superintendencia de Distribuição e Logística. Seminário de Avaliação do Mercado de Combustíveis 2018 (Ano base 2017). [s.l.]: ANP, 2018. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Palestras/seminario_avaliacao_2018.pdf. Acesso em: 18 set. 2018.
- [2] _____. Óleo Diesel. 2017. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1857-oleo-diesel>. Acesso em: 16 set. 2018.
- [3] Confederação Nacional do Transporte (CNT). Os impactos da má qualidade do óleo diesel brasileiro. Brasília: CNT, 2012. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/Site%202015/Pesquisas%20PDF/Os%20impactos%20da%20m%C3%A1%20qualidade%20do%20%C3%B3leo%20diesel%20brasileiro.pdf>. Acesso em: 21 out. 2018.

- [4] BABICH, I. V.; MOULIJN, J. A. Science and technology of novel processes for deep desulfurization of oil refinery streams: a review. *Fuel*, v. 82, n. 6, p. 607-631, 2003.
- [5] ALI, S. H.; HAMAD, D. M.; ALBUSAIRI, B. H.; FAHIM, M. A. Removal of dibenzothiophenes from fuels by oxy desulfurization. *Energy & Fuels*, v. 23, n. 12, p. 5986-5994, 2009.
- [6] ASTM. Method D 5453-06: Standard Test Method for Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel, and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence. West Conshohocken: ASTM International, 2006.
- [7] KADLA, J. F; CHANG, H. The Reactions of Peroxides with Lignin and Lignin Model Compounds. In: American Chemical Society: Washington. [s.l.: s.n.], 2001, p. 108–129.
- [8] ALISKE, M. A. Medidas de Espectroscopia no Infravermelho Médio para a Determinação do Teor de Biodiesel em Óleo Diesel. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- [9] SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. Spectrometric identification of organic compounds. 7th. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- [10] BELLAMY, L. J. The infra-red spectra of complex molecules. 3th ed. New York: John Wiley & Sons, 1975. 433 p.
- [11] OTSUKI, S.; NONAKA, T.; Takashima, N.; QIAN, W.; ISHIHARA, A.; IMAI, T.; KABE, T. Oxidative desulfurization of light gas oil and vacuum gas oil by oxidation and solvent extraction. *Energy & fuels*, v. 14, n. 6, p. 1232-1239, 2000.
- [12] SHAKIRULLAH, M.; AHMAD, W.; AHMAD, I.; ISHAQ, M. Oxidative desulphurization study of gasoline and kerosene: role of some organic and inorganic oxidants. *Fuel Processing Technology*, v. 91, n. 11, p. 1736-1741, 2010.
- [13] SACHDEVA, T.O.; PANT, K.K. Deep desulfurization of diesel via peroxide oxidation using phosphotungstic acid as phase transfer catalyst. *Fuel Processing Technology*, v. 91, n. 9, p. 1133–1138, 2010.
- [14] LU, Z.; GUO, E.; ZHONG, H.; TIAN, Y.; YAO, Y.; LU, S. Kinetic modeling of the extraction–oxidation coupling process for the removal of dibenzothiophene. *Energy & Fuels*, v. 30, n. 9, p. 7214-7220, 2016.
- [15] CHEN, Teng-Chien; SHEN, Yun-Hwei; LEE, Wen-Jhy; LIN, Chin-Chung; WAN, Meng-Wei. The study of ultrasound-assisted oxidative desulfurization process applied to the utilization of pyrolysis oil from waste tires. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 18, p. 1850–1858, 2010.
- [16] GAO, S.; LI, J.; CHEN, X.; ABDELTAWAB, A. A.; YAKOUT, S. M.; Yu, G. A combination desulfurization method for diesel fuel: Oxidation by ionic liquid with extraction by solvent. *Fuel*, v. 224, p. 545-551, 2018.

Anexos

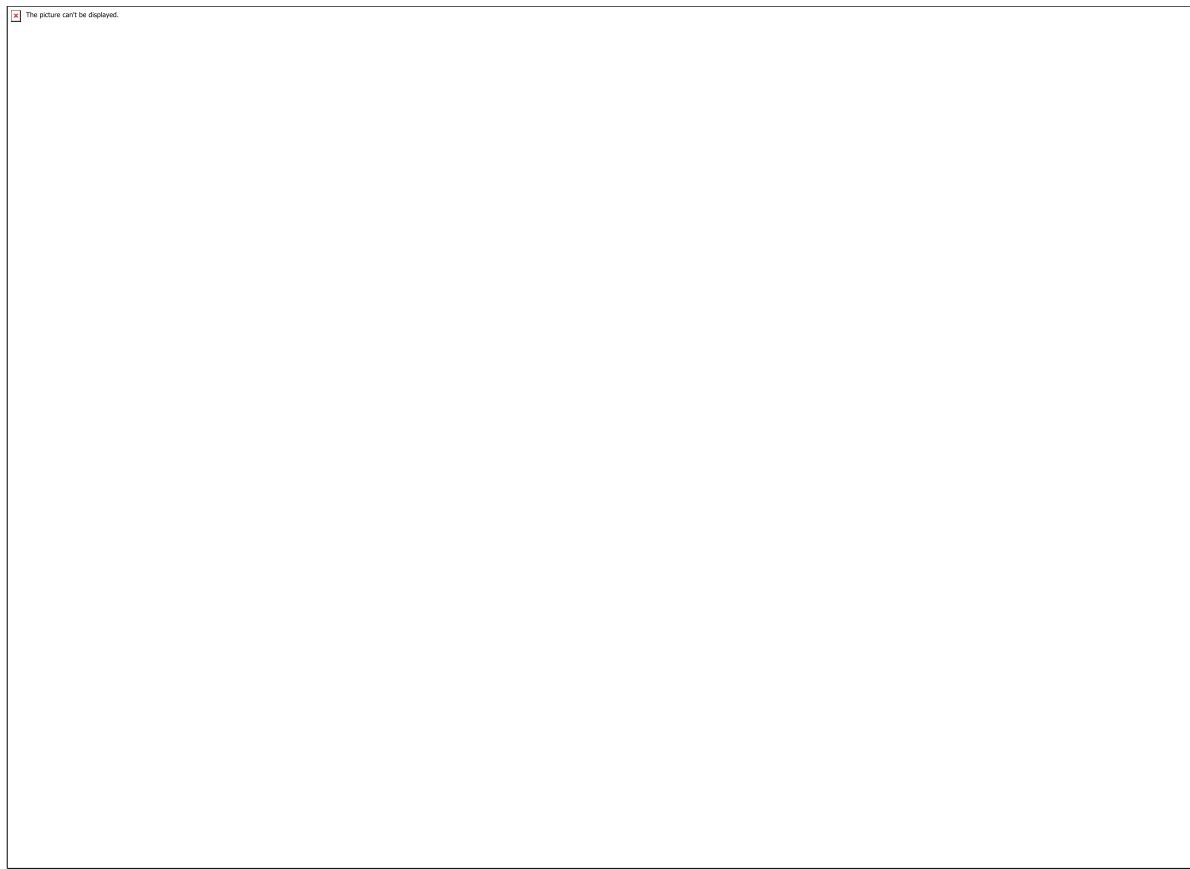


Figura 1- Influência da temperatura e do tempo de oxidação na remoção de enxofre

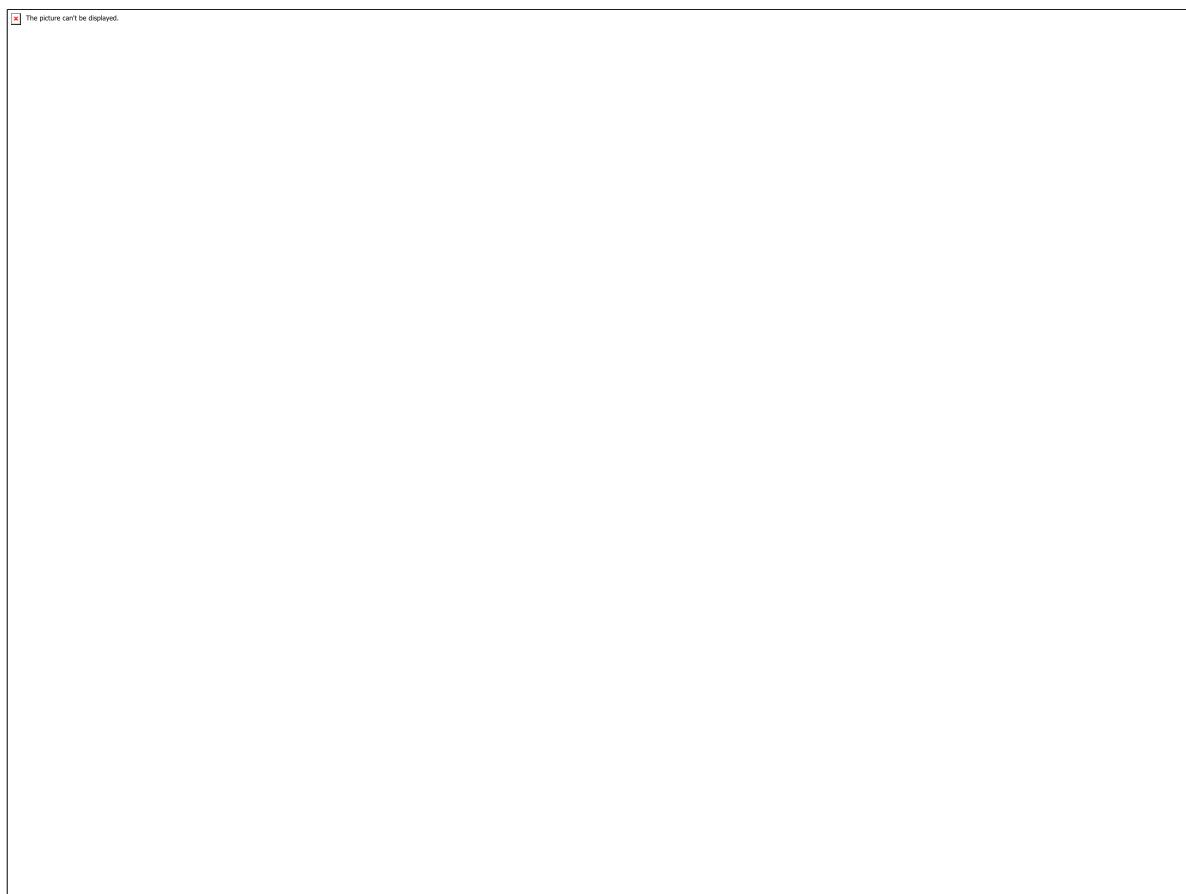


Figura 2- Espectro de infravermelho do Diesel comercial (1130 ppm de enxofre)

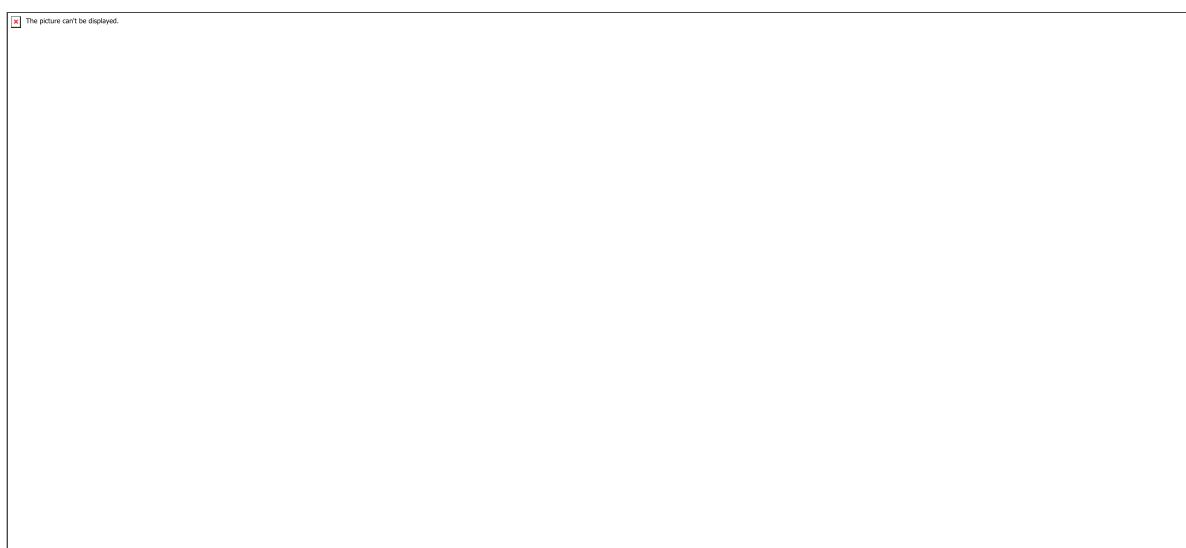


Tabela 1- Correspondência entre o pico do infravermelho e ligação química presente no diesel comercial

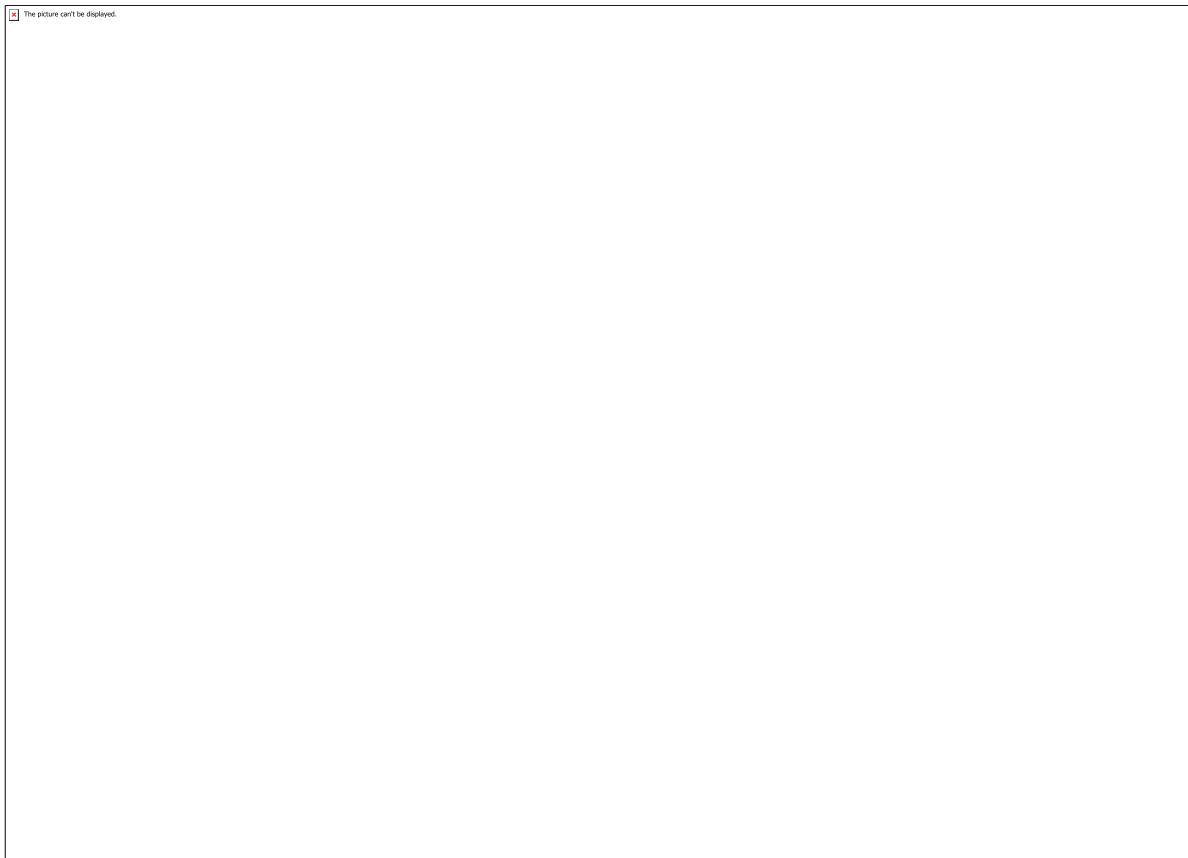


Figura 3- Espectro de infravermelho para o diesel oxidado a 80 °C durante 150 minutos.

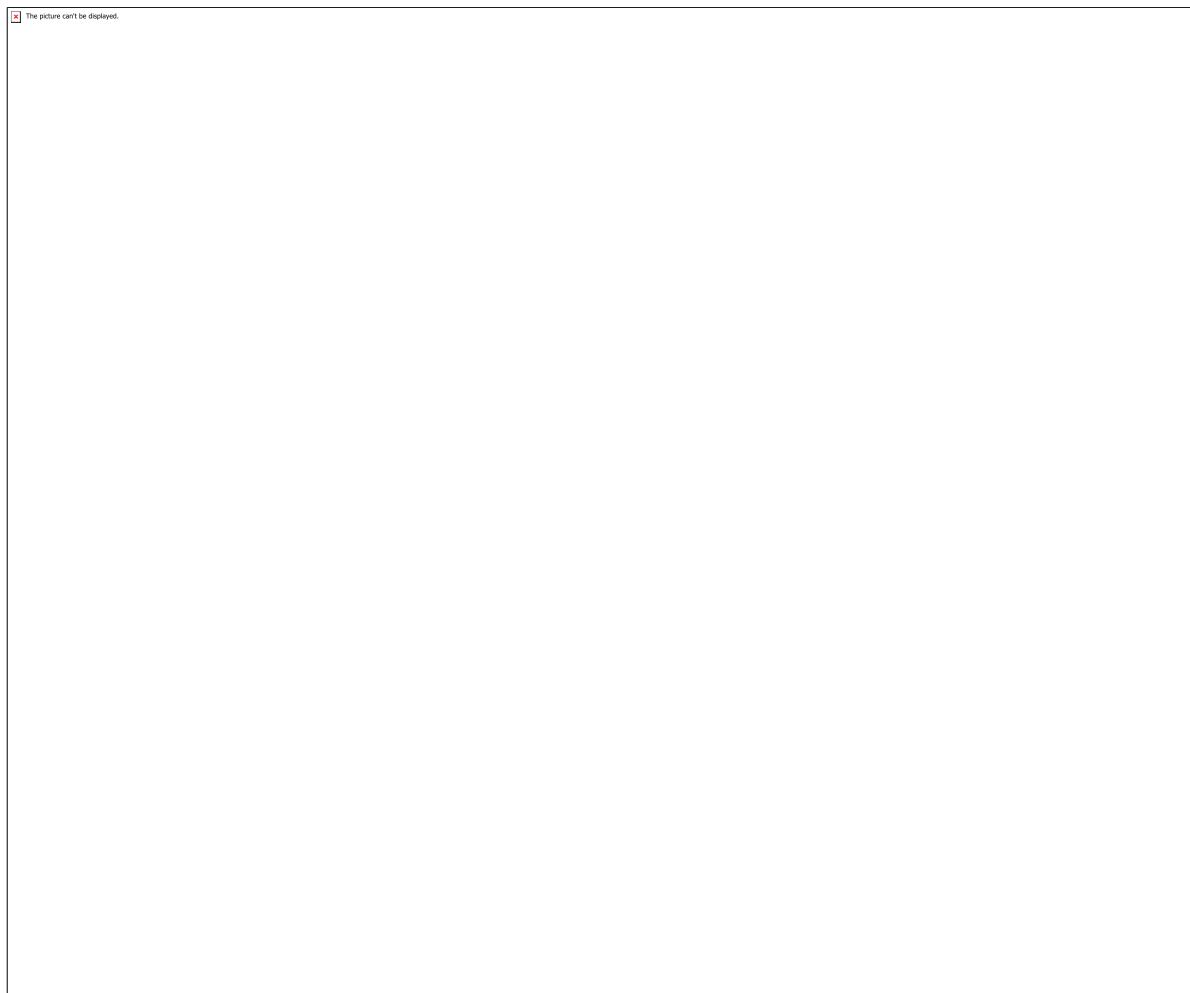


Figura 4- Mecanismo da oxidação de compostos de enxofre: a) primeira etapa e b) segunda etapa.

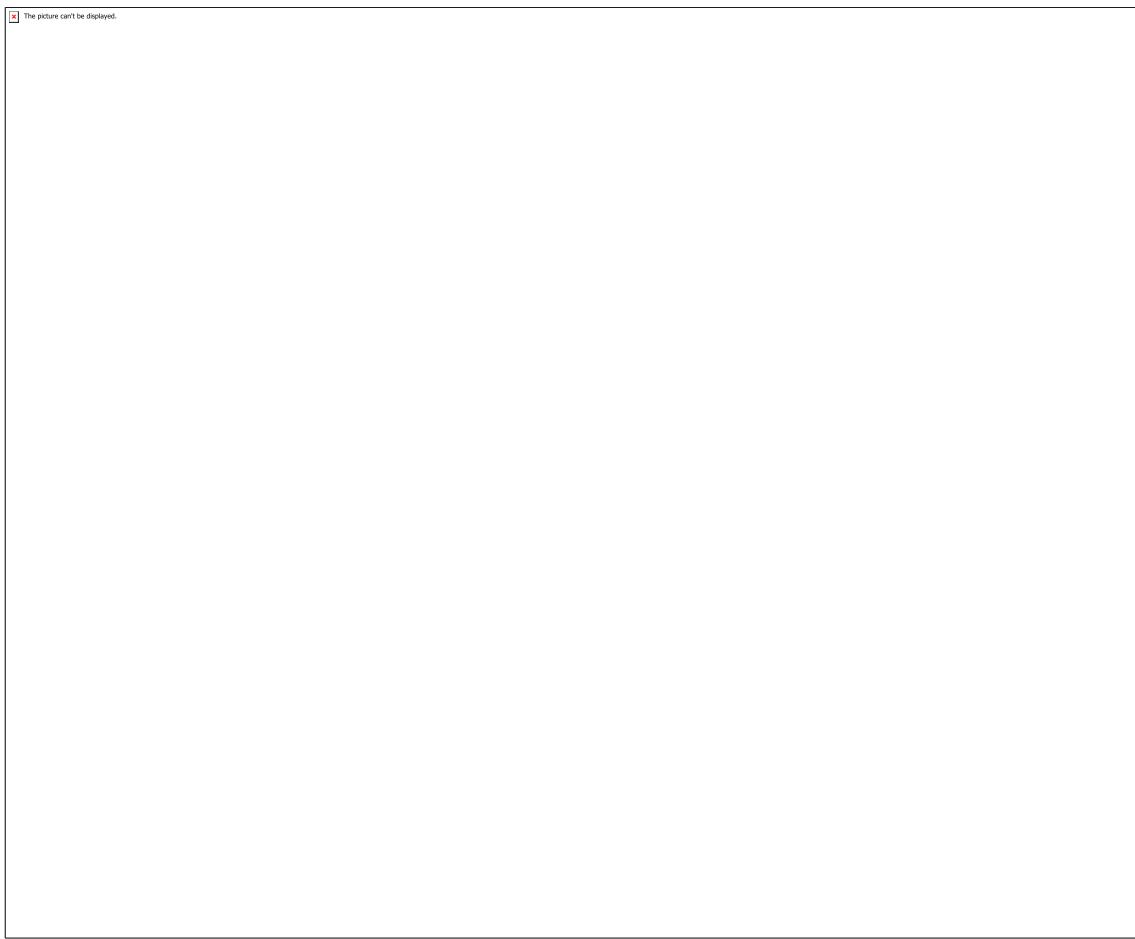


Figura 5- Linearização das curvas para obtenção das constantes reacionais

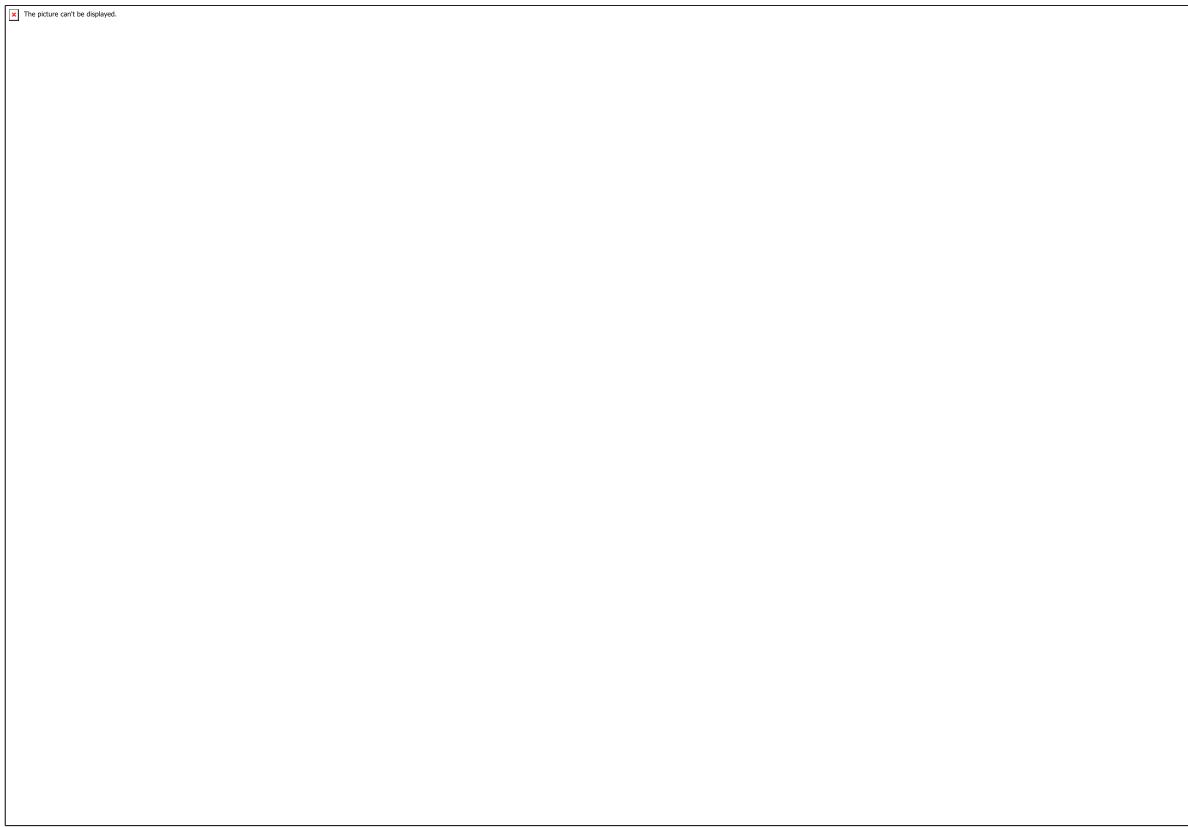


Figura 6- Espectro de infravermelho para o diesel após contato com o solvente na extração

CÓDIGO: ET1087

AUTOR: RAFAEL CESAR LIMA VALE

ORIENTADOR: KESIA KARINA DE OLIVEIRA SOUTO SILVA

TÍTULO: IMOBILIZAÇÃO PLASMÁTICA DE NANOPARTÍCULAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE TÊXTEIS AVANÇADOS COM PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS

Resumo

Os têxteis médicos, originalmente criados para proteger a pele dos humanos, já estão sendo utilizados como produtos médicos, ou seja, como materiais implantáveis. Esses produtos incluem tecidos elásticos para terapia de compressão, sistemas rígidos como gesso sintético, pele artificial e suturas cirúrgicas internas, mas, a necessidade de materiais médicos funcionais se torna cada vez mais alta. Revestimentos antibacterianos convencionais por química úmida e pulverização tem várias desvantagens, mas a principal é sua atividade antibacteriana incontrolável, já o plasma atmosférico é um método alternativo e competitivo em termos de custo e sustentabilidade para tratamentos químicos de plasma de baixa pressão para têxteis médicos, pois além de ser sustentável evitando alto consumo de água da natureza, e não necessitando voltar água suja nos rios poluindo-os, evita também a necessidade de equipamentos de vácuo caros, permitindo o processamento contínuo e uniforme de superfícies de fibras, proporcionando esterilidade intrínseca das superfícies tratadas e não degrada o tecido, que é um fator fundamental para as aplicações. O objetivo principal deste projeto é produzir, por deposição assistida por plasma de descarga de barreira dielétrica (DBD) à pressão atmosférica, uma nova geração de revestimentos contendo nanopartículas com atividade antibacteriana controlável em têxteis médicos, com especial ênfase no curativo antimicrobiano para lesões por pressão e para malhas de hérnia.

Palavras-chave: Imobilização; Plasma; Nanopartículas de prata; Têxteis médicos.

TITLE: PLASMATIC IMMOBILIZATION OF NANOPARTMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF ADVANCED TEXTILE WITH ANTIMICROBIAN PROPERTIES

Abstract

Medical textiles, originally created to protect human skin, are already being used as medical products, ie as implantable materials. These products include elastic compression therapy fabrics, rigid systems such as synthetic plaster, artificial skin and internal surgical sutures, but the need for functional medical materials is becoming increasingly high. Conventional antibacterial coatings by wet chemistry and spraying have several disadvantages, but the main one is their uncontrollable antibacterial activity, whereas atmospheric plasma is an alternative and cost-effective and sustainable method for low-pressure plasma chemical treatments for medical textiles because In addition to being sustainable by avoiding high water consumption from nature, and not having to return dirty water to polluting rivers, it also avoids the need for expensive vacuum equipment, allowing continuous and uniform processing of fiber surfaces, providing intrinsic sterility of surfaces treated and does not degrade the tissue, which is a key factor

for applications. The main objective of this project was to produce, by atmospheric pressure dielectric barrier discharge (DBD) plasma deposition, a new generation of coatings containing nanoparticles with controllable antibacterial activity in medical textiles, with special emphasis on antimicrobial dressing for pressure injuries. and for hernia meshes.

Keywords: Immobilization; Plasma; Silver nanoparticles; Medical textiles.

Introdução

A nanotecnologia nasceu visando o desenvolvimento de mecanismos através da manipulação átomo a átomo, até a produção de novos materiais, como máquinas nanométricas, nanorrobôs e regenerados de tecidos, conforme o pioneiro na área, o japonês Norio Taniguchi (1974).

Para o desenvolvimento de pesquisas na área de nanobiotecnologia existe a necessidade de colaboração entre diferentes centros de pesquisa para o desenvolvimento de produtos e processos eficientes [1,2,3], como a união da área biomédica e a área têxtil por exemplo.

O uso de antimicrobianos à base de prata aumentou significativamente com o desenvolvimento de métodos modernos para a preparação de nanopartículas de prata que possuem uma grande superfície, resultando em maior atividade em menor concentrações de metais. Além de suas propriedades antimicrobianas, assume-se que a prata oferece a vantagem de não constituir um grande risco para a saúde, especialmente em baixas concentrações [4].

A descarga plasmática DBD é um plasma a frio de baixa frequência gerado por uma descarga elétrica em ar em condições atmosféricas [5,6]. Essa técnica permite que os produtos químicos e a água utilizada na preparação dos tecidos em fábricas têxteis sejam desnecessárias, reduzindo o gasto com químicos, com água e tratamento de efluente, tornando o processo mais sustentável e amigo do meio ambiente. Superfícies de materiais têxteis são modificadas por plasma através da deposição de filmes ou modificação físico – química. Estas mudanças são consequências de vários processos tais como: oxidação, degradação e mudanças estruturais, os quais podem ocorrer na camada superficial mais fina [6].

Entre as metodologias de deposição para fabricação de nanofilmes, destaca-se a metodologia layer-by-layer (LbL), criada por Decher (1997). Basicamente essa metodologia consiste em imergir um substrato em soluções catiônicas e aniônicas, o que resulta em uma automontagem eletrostática. Utilizam-se polieletrólitos, polímeros que contêm grupos iônicos nas suas unidades repetitivas. Esses grupos iônicos em solução aquosa são parcialmente ionizados, e assim diferentes densidades de carga no polímero são obtidas. Baseada nessa propriedade, a formação de complexos polieletrólitos pela interação entre poliâniions e policátions na interface levou ao desenvolvimento de materiais nanoestruturados na forma de filmes finos. Esses polímeros, na sua maioria, são solúveis em solventes polares [7,8], e os filmes assim produzidos são denominados filmes LbL.

A crescente utilização de materiais antimicrobianos levou a que os critérios de exigência para um tratamento que lhe confira esta propriedade tenham vindo a ser alterados, enfatizando a eficiência e durabilidade [9,10]. Um dos critérios de seleção dos agentes

microbianos é o seu mecanismo de ação, tendo em vista que o conhecimento do modo de atuação de um composto antimicrobiano é um fator crucial para a sua aplicação no material têxtil [11]. Algumas condições para a eficácia dos agentes antimicrobianos são: concentração do agente microbiano; duração da exposição; temperatura; envolvente local (biofilmes); compatibilidade com outros agentes e manutenção das propriedades [12,9].

Este trabalho visa desenvolver um material têxtil a base de tecido 100% algodão e 100% poliéster tratados com plasma, sob duas atmosferas e posteriormente imobilizados pela técnica de layer-by-layer aplicando nanopartículas de prata para desenvolvimento de um curativo antimicrobiano para lesões por pressão e para malhas de hérnia.

Metodologia

Materiais – Como substrato: tecidos em 100% de composição de algodão (CO) e poliéster (PES) (Figura 1) para tratamento e funcionalização. Processo Químicos (lavagem de tecido e síntese de nanopartículas): detergente não iônico (Figura 2), citrato de sódio e nitrato de prata (Figura 3).

Inicialmente, foi revisado a literatura para ter os métodos e parâmetros da funcionalização das amostras selecionadas, 100% algodão e 100% poliéster. Todos os tratamentos e ensaios de caracterização foram e serão realizados na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, nos seguintes laboratórios: Laboratório de Caracterização de Materiais Têxteis – DET, Laboratório de Operações Unitárias/Processos Químicos Têxteis – DEQ, Laboratório de Alimentos – DEQ, Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais – DEMat, Laboratório de Processos Plasmáticos – DEM.

Preparo das amostras - Após planejamento experimental, preparou-se 12 amostras de cada substrato, no tamanho de 10x10 cm, sendo 12 amostras de poliéster e 12 amostras de algodão (Figura 1). O lote de amostras foram utilizadas para os ensaios de caracterizações de Gramatura, Resistência a tração e Alongamento, AFM, DRX, MEV, FTIR e Ensaios Antimicrobianos, para garantir a uniformidade dos resultados.

Gramatura - foi realizado o ensaio de gramatura para sabermos que tipo de amostra iríamos trabalhar e poder realizar um estudo da influência da mesma no processo de imobilização. O cimento do tecido depende da sua gramatura, que funciona como uma medida da densidade, expressa em gramas por metro quadrado. O ensaio segue-se através do uso de balança de precisão, marca BELMARK / modelo M214Ai, pesou-se a amostra no tamanho de 10 cm², obtendo valor médio em gramas. Para expressar o resultado final em g/m², utilizamos o seguinte cálculo: g/m² = média x 100. Podemos expressar o resultado final em g/m linear, utilizando o cálculo: g/m linear = g/m² x largura (metros). Foi utilizado um cortador circular de amostras, modelo TC450, onde posiciona-se sobre o tecido e pressiona-o fazendo movimentos circulares, então a lâmina corta a amostra na medida de 10cm².

Resistência a tração e Alongamento - Os ensaios foram realizados em duas amostras brutas (sem tratamento) no equipamento TENSOLAB 3000 MESDAN (Figura 4), cada amostra é cortada ao meio na direção do urdume e na direção da trama (uma de cada), obtendo nova medida de 10x5cm, as novas amostras foram presas uma a uma e

realizado os testes (Figuras 5, 6, 7 e 8) . Os resultados obtidos serão comparados com as demais amostras lavadas, tratadas e funcionalizadas.

Lavagem dos tecidos - As amostras restantes foram lavadas separadamente por tipo de substrato, em laboratório, por processo simples de banho maria. As dez amostras de cada substrato foram pesadas, obtendo valores que definiram o quantitativo de detergente não iônico a ser utilizado no processo de lavagem, considerando 2% sobre o peso total das amostras para solubilizar em 1 litro de água destilada. As amostras foram submersas em solução e colocadas no banho maria à 70°C durante 45 minutos, sendo mexida a cada 5 minutos. Logo após os 45 minutos, as amostras foram enxaguadas, a temperatura ambiente com água destilada por 30 minutos e secas na estufa a 70°C durante 1 hora (Figura 9). As amostras foram guardadas separadamente para aguardar o tratamento plasmático.

Síntese de nanopartículas de prata - Para obtenção da solução de nanoprata foi pesado 0,08022g de nitrato de prata e diluído em 471,90 mililitros de água destilada (solução I), logo em seguida foi pesado 0,8012g de citrato de sódio e diluído em 80 mililitros de água destilada (solução II) (Figura 10). Posteriormente, a solução I foi colocada sob agitação e aquecida até atingir 90°C (Figura 11), e adicionado gota a gota o volume total de 28,1 mililitros da solução II (Figura 12). A agitação e aquecimento foram mantidos durante 13 minutos até observar a mudança de coloração para tonalidade amarela (Figura 13), desligando o aquecimento, mas deixando em agitação por mais 30 minutos para uma completa estabilização das nanopartículas. Ao final da síntese, obteve-se aproximadamente 500 mililitros de solução de nanopartículas de prata (nanoprata) (Figura 14).

Caracterização das nanopartículas de prata - DLS/Potencial Zeta - Uma amostra dessa solução de nanoprata foi retirada para fazer as análises de tamanho de partículas e potencial zeta, para verificar a efetividade do processo e otimização do planejamento experimental definido. Para realizar o tamanho de partícula foi utilizado o Zeta Potential Analyzer, e o programa Particle Size (tamanho de partícula), onde se define o parâmetro da análise. A amostra da nanoprata foi adicionada numa cubeta e colocada no equipamento, definindo-se realizar 10 ciclos de 1 minuto cada, obtendo-se os resultados. Em seguida, já sabendo o tamanho das partículas, foi feito a análise de potencial zeta, utilizando o programa Zeta Potential, no mesmo equipamento, onde outra cubeta foi utilizada, desta vez com a inserção de um eletrodo, e utilizando-se o mesmo parâmetro de 10 ciclos, obtendo-se os resultados.

Tratamento Plasmático - O tratamento plasmático foi otimizado, utilizando-se 2 tipos de gases e 3 composições de misturas, realizado na segunda fase deste projeto de pesquisa, após renovação. Para este tratamento de funcionalização, foi processadas 09 amostras de cada substrato (algodão e poliéster) e analisado a influência deste tratamento na absorção da solução de nanoprata pelos tecidos tratados no processo de imobilização, para maior eficiência de ação antimicrobiana.

DRX, MEV, FTIR, AFM e Ensaios Antimicrobianos - Essas análises serão realizadas nas amostras bruta (sem nenhum tratamento), amostras lavadas, amostras tratadas via plasma e amostras funcionalizadas com a nanoprata, na segunda fase do projeto após a renovação do mesmo.

Resultados e Discussões

As amostras brutas dos substratos têxteis caracterizadas tiveram uma gramatura de 127,3 g/m² para o tecido de algodão e uma gramatura de 108,5 g/m² para o tecido de poliéster, caracterizando-se num tecido de gramatura mediana, adequado para usabilidade do tratamento promovido.

Para o processo de lavagem de tecidos, as 10 amostras de cada substrato (algodão e poliéster) foram pesadas em sua totalidade, determinando desta forma o quantitativo a ser utilizado de detergente não iônico neste prévio tratamento químico. Os resultados obtidos e dimensionados para a receita foram:
Peso das 10 amostras de poliéster – 11,1186 g / Uso de detergente - 0,2219g
Peso das 10 amostras de algodão – 12,3622 g / Uso de detergente - 0,24734g

Nos testes de resistência a tração e alongamento, as amostras brutas de algodão no sentido da trama obtiveram um resultado médio de 299 Newtons a um alongamento de 8,7 milímetros (Tabela 1), e no sentido do urdume obtiveram um resultado médio de 442 Newtons a um alongamento de 6,1 milímetros (Tabela 2).

Já nos testes de resistência a tração e alongamento nas amostras brutas de poliéster, os resultados médios apresentados, no sentido da trama foi de 367 Newtons a um alongamento de 30,9 milímetros (Tabela 3), e no sentido do urdume foi de 849 Newtons a um alongamento de 19,1 milímetros (Tabela 4).

Evidenciamos que todos os resultados obtidos serão comparados com as amostras lavadas, tratadas e imobilizadas, para analisar se o processo danificou os tecidos, e até que ponto esses resultados influenciam nas características físicas e químicas dos substratos, evitando-se degradação da fibra do tecido.

As análises realizadas na solução de nanoprata obteve-se o tamanho médio de partícula em aproximadamente 37,3 nanômetros com uma polidispersão de 0,351 (Tabela 5), resultando assim uma solução bem homogênea e com dimensões esperadas pela síntese, e adequadas para uso como imobilização de atividade antimicrobiana.

No ensaio de potencial zeta obtivemos um potencial de -17,80 microvolts com uma margem de erro de 0,78 (Tabela 6). Os resultados obtidos nestes testes foram muito satisfatórios e está apto a serem utilizadas para a imobilização das nanopartículas de prata nas amostras dos referidos substratos caracterizados.

Com a continuidade do desenvolvimento do projeto de pesquisa, através de sua renovação, as amostras de tecidos de poliéster e algodão sofreram um tratamento plasmático com dois tipos de gases e três diferentes composições para cada tipo de tecido, para promover, através da modificação da topografia da superfície do substrato, a presença de grupos polares contendo oxigênio, permitindo uma melhor aderência/impregnação das nanopartículas. O tratamento do plasma foi usado como uma técnica eficaz para o tecido tratado com as vantagens de otimização do tempo, baixo consumo de energia (operação em temperaturas baixas), sem consumo de água e inexistência de qualquer produto químico de cationização, além evitar qualquer alteração na parte interior da fibra do tecido.

Multicamadas com a solução de nanoprata irão ser montadas por imersão sucessiva do substrato (tecido) em soluções diluídas de cargas opostas, para o processo de imobilização/funcionalização dos têxteis, seguido de uma lavagem em água. Outros

métodos, incluindo técnicas de spray coating (revestimento) e exaustão serão experimentados na continuação do projeto. A imobilização das nanopartículas de prata ocorre por via eletrostática e/ou por interações hidrofóbicas, que resulta num filme de espessura e propriedades que podem ser finamente ajustados.

Condições serão estudadas como uma função da força iônica, pH e concentração da solução que afeta a técnica de montagem LbL e as demais utilizadas, espessura da película e a estabilidade química. Para o processo de automontagem e demais técnicas utilizadas, o pH da solução de nanoprata será monitorado para manter um elevado grau de ionização e ao mesmo tempo garantir a condição ideal para efetividade da atividade antimicrobiana.

As análises de caracterização dos têxteis funcionalizados serão por FTIR, MEV, DRX, AFM e demais caracterizações físicas.

Os têxteis funcionalizados serão testados também quanto à sua atividade antimicrobiana, em gram positivos e negativos com teste diretamente no tecido ou em placa.

Conclusão

Os resultados adquiridos até o momento foram satisfatórios, e nos mostram dá a condição de continuidade do projeto de pesquisa, levando em consideração o sucesso experimental já obtido, promovendo o desenvolvimento de novos produtos – têxteis funcionais, além de utilizar técnicas como a funcionalização por tratamento plasmático que nos oferece melhor eficiência na imobilização da nanoprata nas amostras dos substratos têxteis, reduzindo significativamente o consumo de água, por se tratar de processo físico, sendo um fator relevante para indústria têxtil e meio ambiente, devido os problemas de contaminação ambiental promovido por tal área industrial. Além disso a efetividade da funcionalização das amostras nos dá o sucesso requerido quando se trata da área médica, visto a necessidade de melhorias no ramo, devido a grandes problemas ainda enfrentado em meios hospitalares.

Referências

- [1] Akira A.; (1995); The history of antimicrobial and antiodor finished fabrics and the textile materials. In: Sakagami Suehara, editor. Functional fibers and finishes for humans. Osaka: Senisha Inc., Japan; p. 21 e 27.
- [2] Yang Y, Corcoran L, Vorlicek K, Li S. (2000); Durability of some antibacterial treatments to repeated laundering. Text Chem Color Am Dyestuff 32 (4): 48 e 54.
- [3] Drexler, K E (2012). Engines of Creation 2.0: The coming era of nanotechnology. February 2007, 646p. Disponível em: www.wowio.com/users/product.asp?BookId=503. Acesso em 10 de abril 2014.
- [4] Wijnhoven SWP, Peijnenburg WJGM, Herberts CA, et al. Nano-silver – a review of available data and know-ledge gaps in human and environmental risk assessment. Nanotoxicology 2009; 3: 109–138.
- [5] Kostov, K G; Santos, A L R; Nascente, P A P; Kayama, M E and Mota, R P. Modification of polyethylene terephthalate by atmospheric pressure dielectric barrier

- discharge (DBD) in view of improving the polymer wetting properties. *Journal of Physics: Conference Series.* v. 356, p. 1 -5, 2012.
- [6] Zhi Fang, Yuchang Qiu and Edmund Kuffel. Comparison of Dielectric Barrier Discharge and Atmospheric Pressure Glow Discharge for Surface Modification of PET Film. *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials.* v. 127, p. 519-523, 2007.
- [7] R. Mota, R. Guimaraes, Z. Buttel, F. Rossi, G. Colica, C.J. Silva, C. Santos, L. Gales, A. Zille, R. De Philippis, S.B. Pereira, P. Tamagnini, *Carbohyd Polym* 2013, 92, 1408
- [8] Selvan, S. T.; Spatz, J. P.; Klock, H. A. Moller, M. (1998). Gold polypyrrole core-shell particles in diblock copolymer micelles. *Advanced Materials*, v. 10, n.2, p.132-134.
- [9] Esteves, Daniel F. (2009). Aperfeiçoamento das técnicas de avaliação da atividade antimicrobiana em produtos têxteis. Dissertação de Mestrado. UBI – Portugal.
- [10] Neira-Carrillo, A; Munoz, D. Y.; Zazzali, P. A.; Marini, Y. A. Vilches, S. V.; Palma, R. E. (2013). Encapsulación de biomoléculas usando polímeros naturales: um nuevo enfoque en la entrega de fármacos en medicina. *Avances en Ciencias Veterinarias*, v 28, n. 2, p.31-40.
- [11] Michielsen S. (2004); Approaches to Controlling Micro-organisms in Hospital Textiles. 4th International Conference on Safety and Protective Fabrics, IFAI event, 132-150.
- [12] Harvey, Richard; Ferrier, Denise R. A. (2012). Bioquímica ilustrada. 5ed. Porto Alegre: Artmed.
- [13] Shutava, T. G.; Kommireddy, D. S.; Lvov, Y. M. (2012). Architectural layer-by-layer assembly of drug nanocapsules with PEGylated polyelectrolytes. *Soft Matter* 2012 Jan 25;8(36):9418-9427. Epub 2012 Jun 25.
- [14] http://www.ipt.br/solucoes_tecnologicas - acesso em 17 de agosto de 2014.
- [15] C. Silva, C.J. Silva, A. Zille, G.M. Guebitz, A. Cavaco-Paulo, *Enzyme Microb Tech* 2007, 41, 867.
- [16] Faria-Tischer, Paula C. S.; Fisher, Cesar A. (2012). Nanobiotechnology: platform technology for biomaterials and biological applications the nanostructures. *BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports*. DOI 10.5433/2316-5200, Jan/Jun, v1n1p32-53.
- [17] Engo, F. V. H. (2005). Nanotecnologia na indústria têxtil: onde estamos e para onde vamos. Nanotec, São Paulo.
- [18] Freeman J. W.; Wright, L. D.; Laurencin, C. T. Bhattacharyya, S. In: Gonsalves, K. E. Halberstadt, C. R.; Laurencin, C. T.; Nair, L. S. (2008). *Biomedical Nanostructures*. New Jersey. John Wiley & Sons.

Anexos

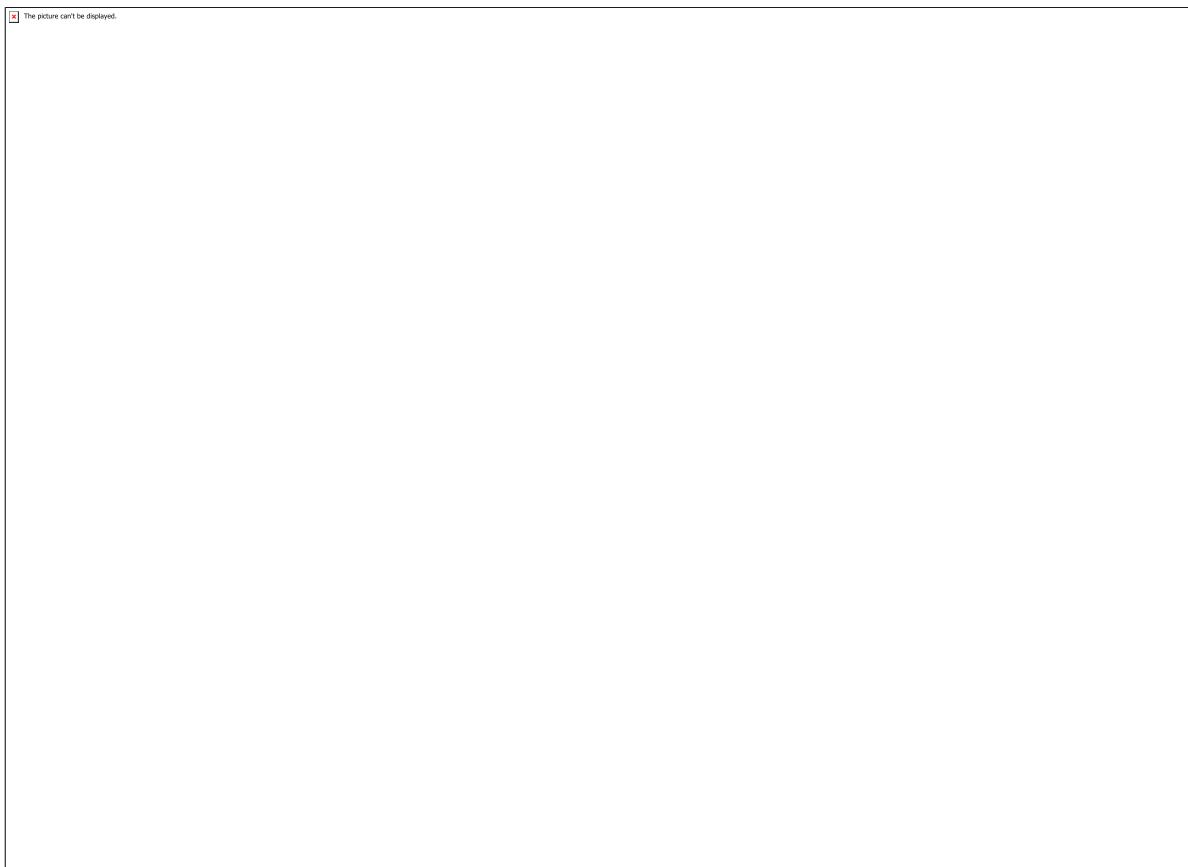


Figura 1: Amostras de tecidos de composição 100% algodão/100% poliéster.

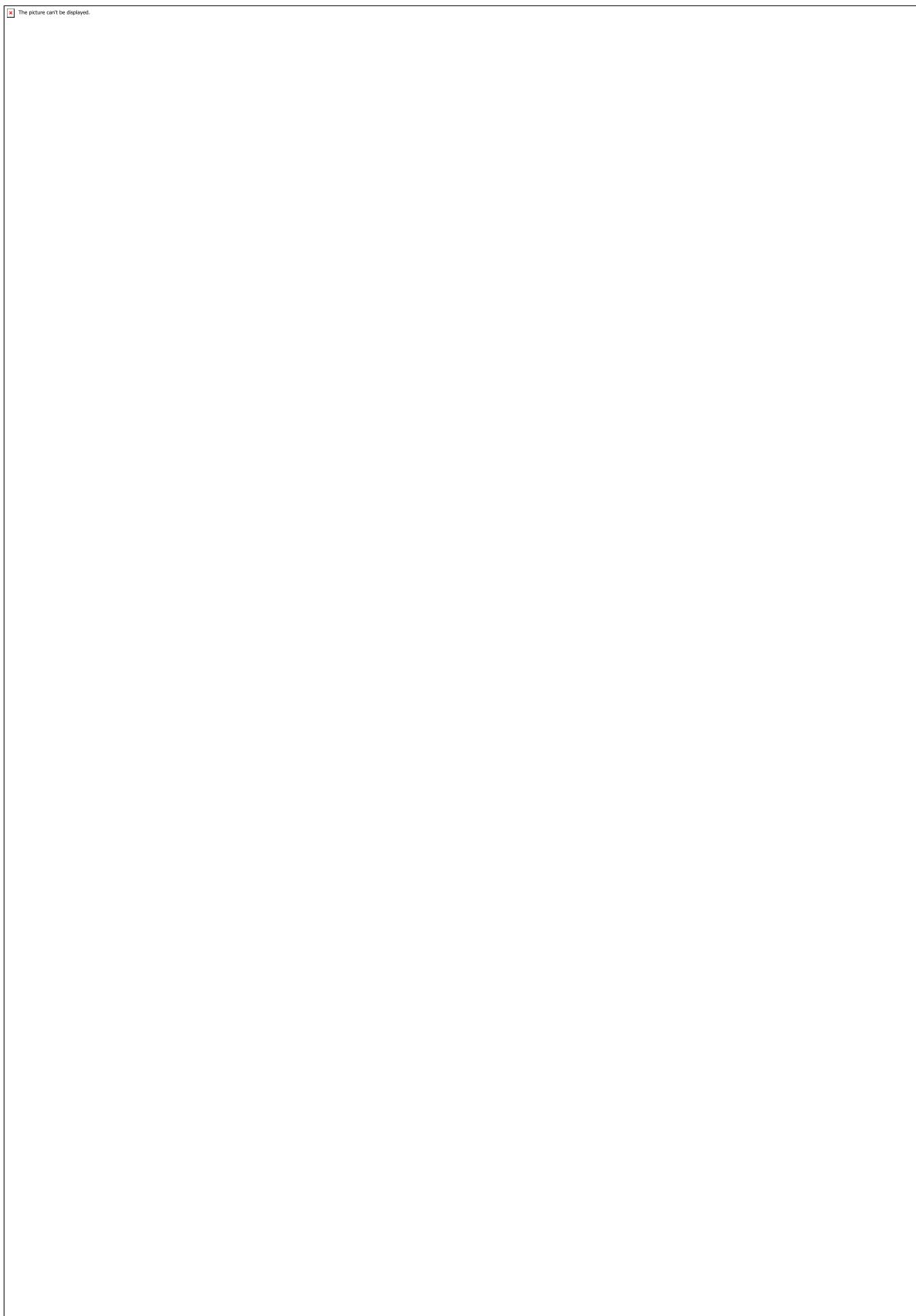


Figura 2: Detergente não iônico utilizado para o processo de lavagem das amostras.

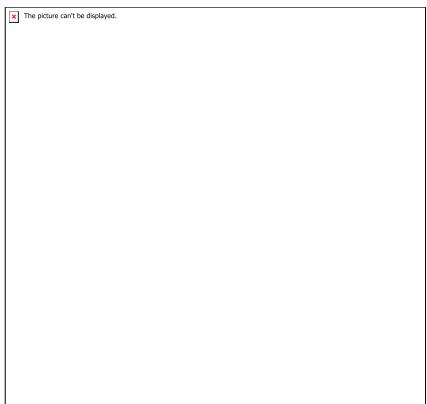


Figura 3: Reagentes utilizados para a síntese de nanoparticulas de prata (citrato de sódio/nitrito de prata).

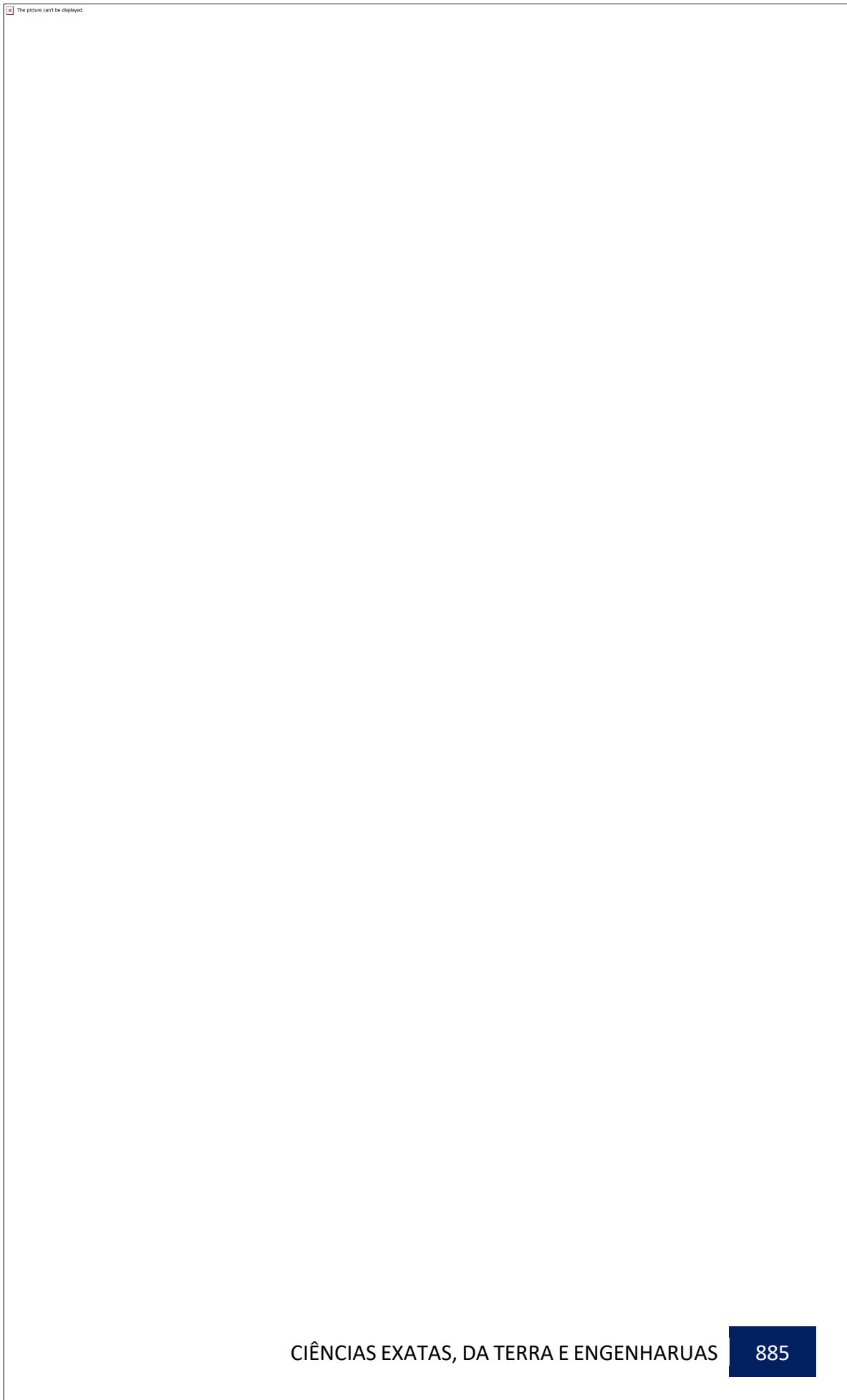


Figura 4: TensoLab 3000 MESDAN utilizado para realizar os teste de tração das amostras.

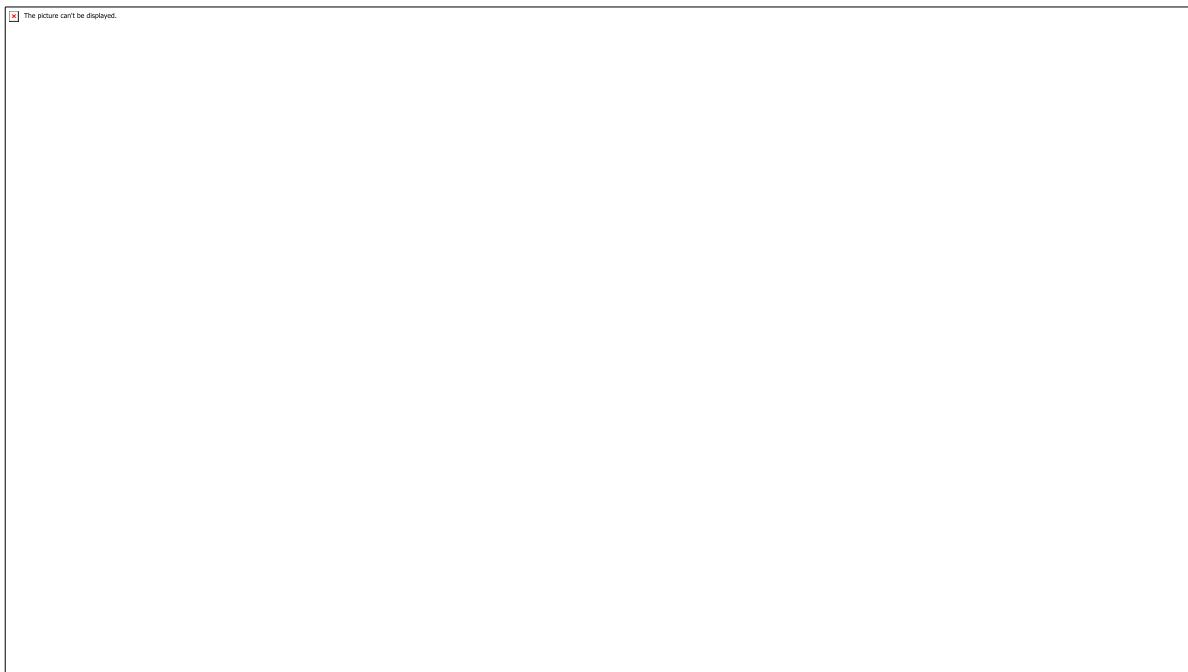


Figura 5: Amostra de algodão depois de realizada o teste de tração no sentido da trama.

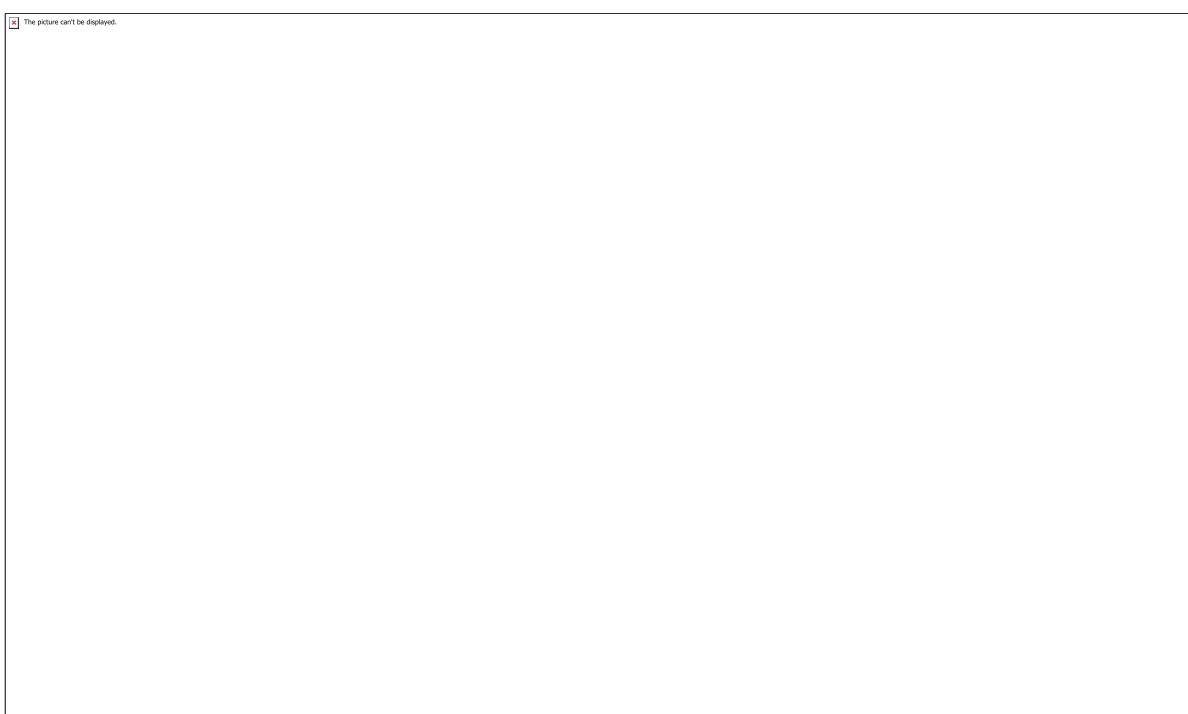


Figura 6: Amostra de algodão depois de realizada o teste de tração no sentido do urdume.

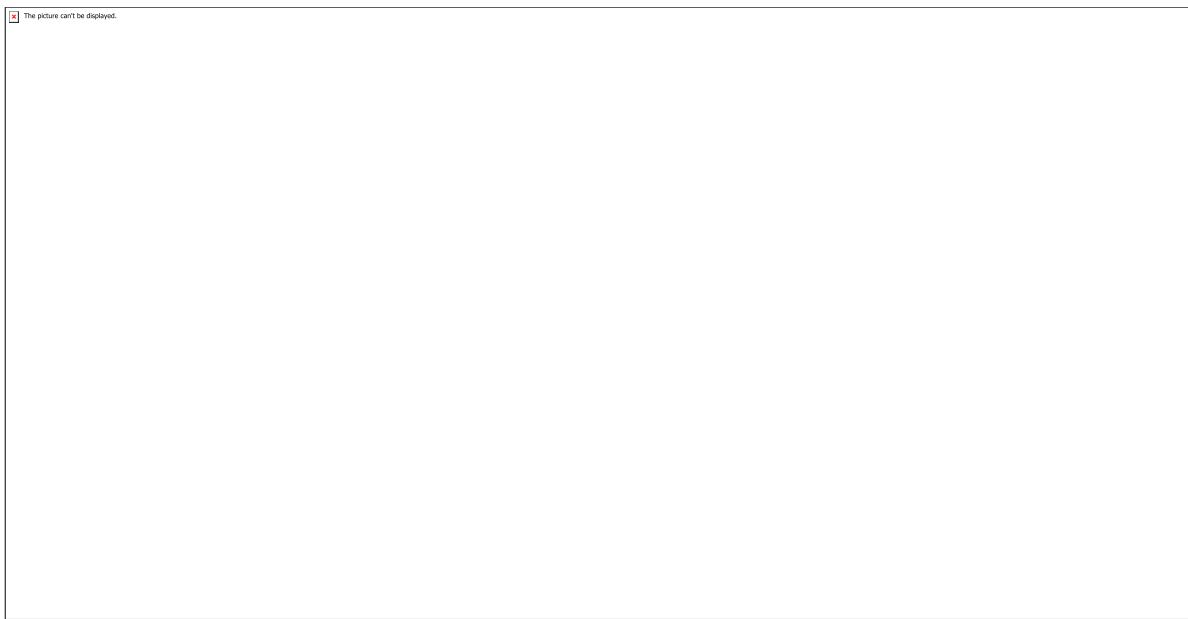


Figura 7: Amostra de poliéster depois de realizada o teste de tração no sentido do urdume.

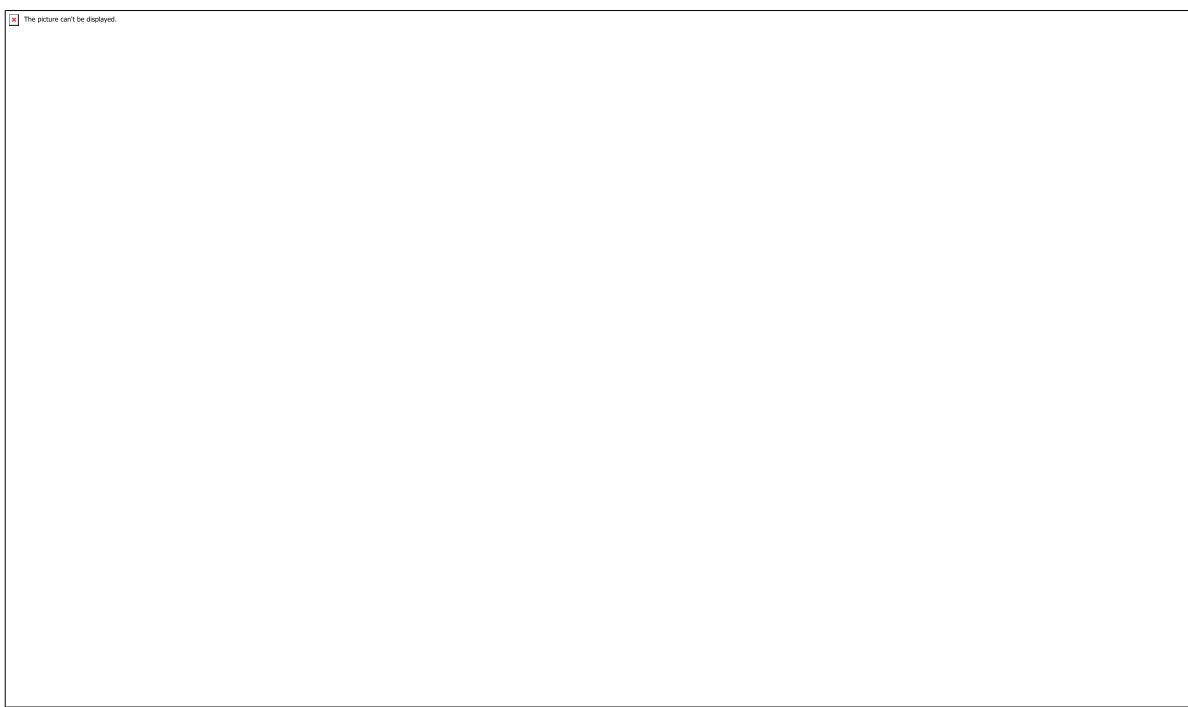


Figura 8: Amostra de poliéster depois de realizada o teste de tração no sentido da trama.

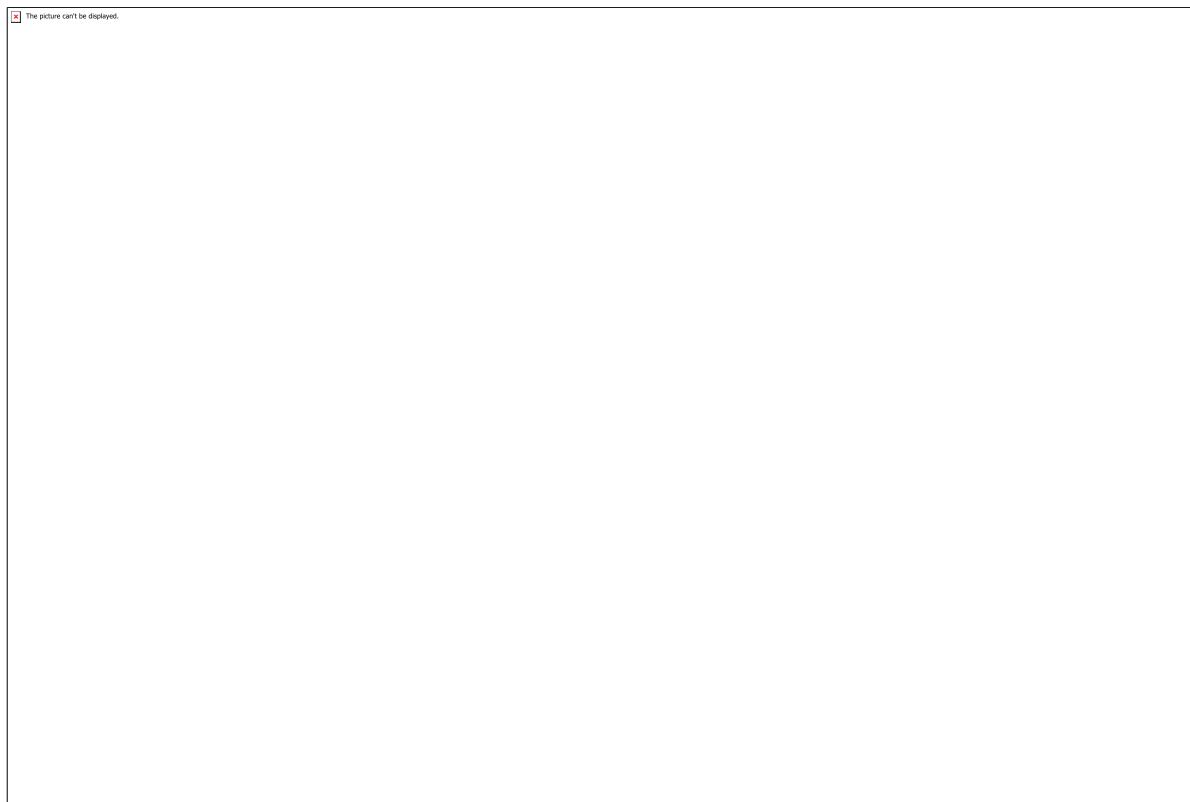


Figura 9: Amostras já lavadas passando por processo de secagem em estufa.

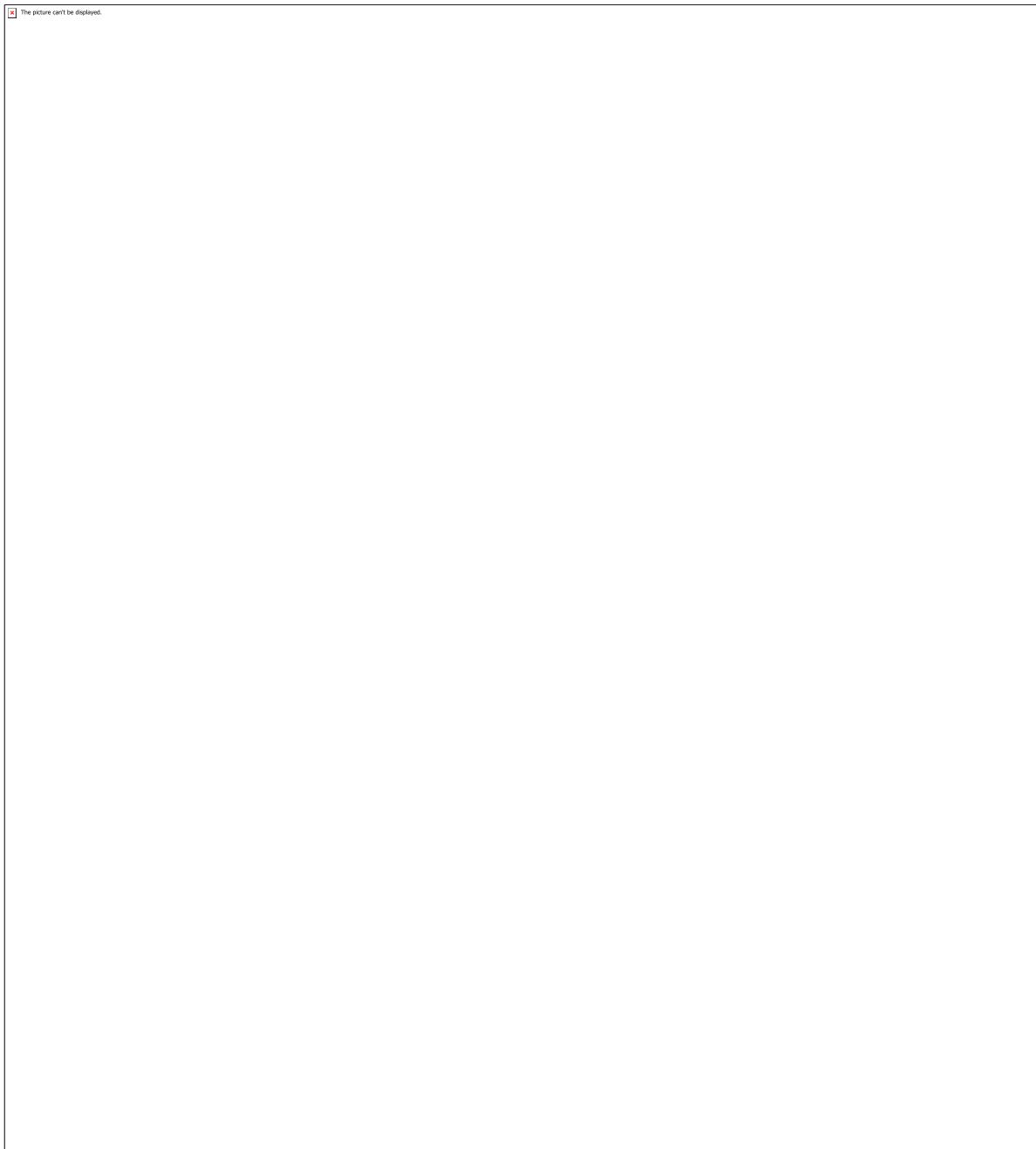


Figura 10: Solução I e solução II (nitrato de prata/citrato de sódio).

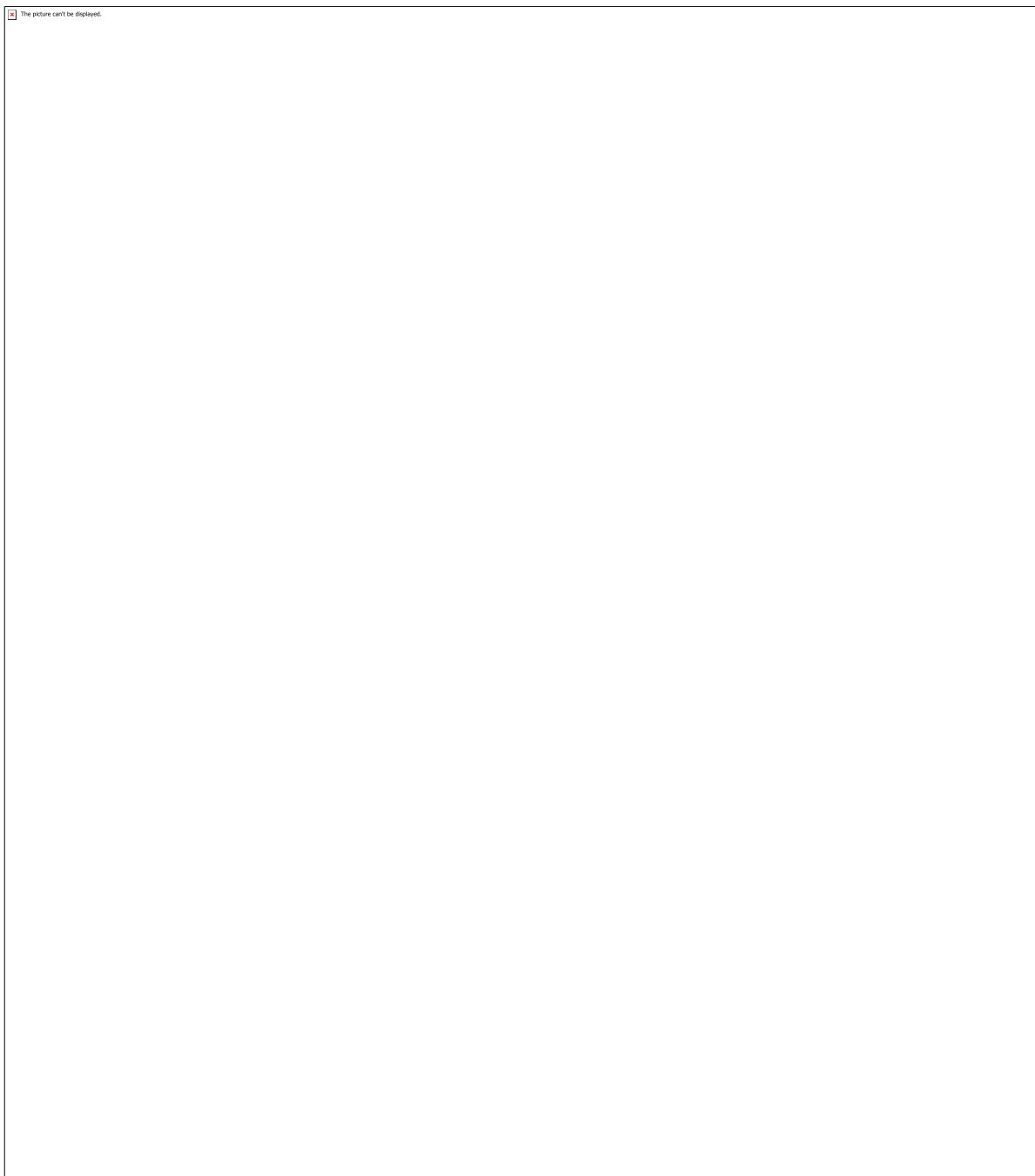


Figura 11: Solução I em aquecimento para o processo da síntese de nanopartículas de prata.

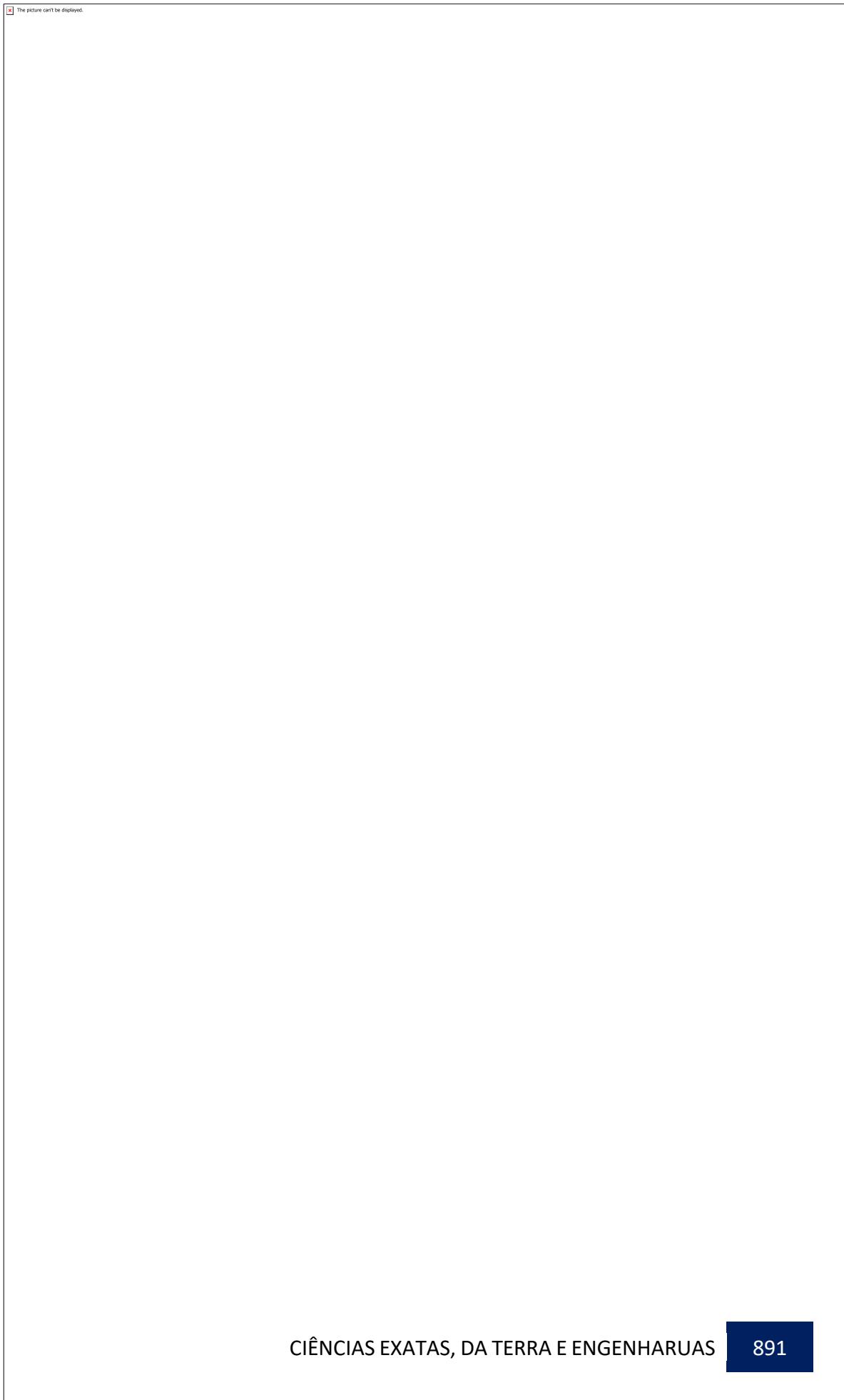


Figura 12: Adição da solução II em solução I após atingir a temperatura ideal.

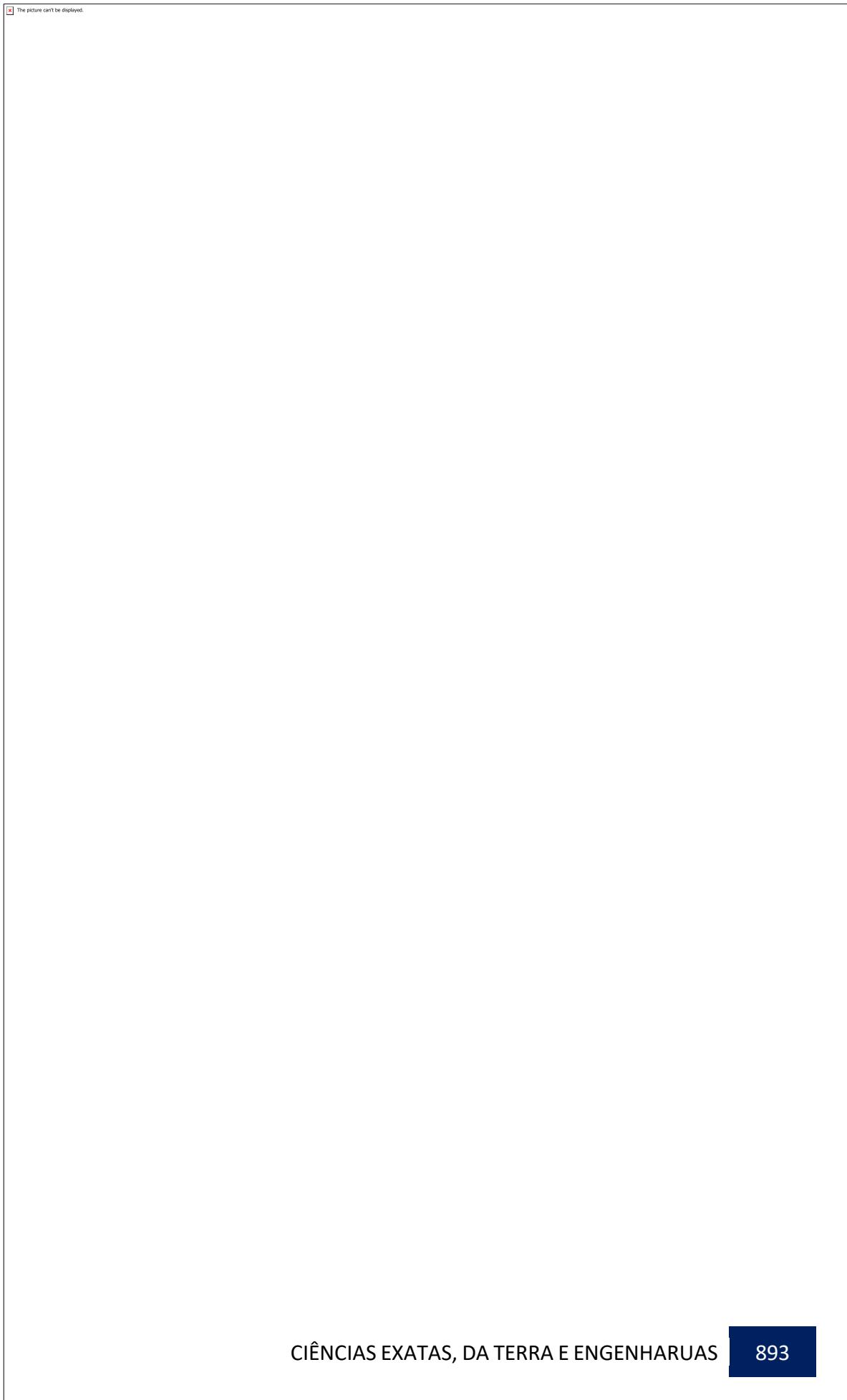


Figura 13: Observação da mudança de cor da solução em síntese.

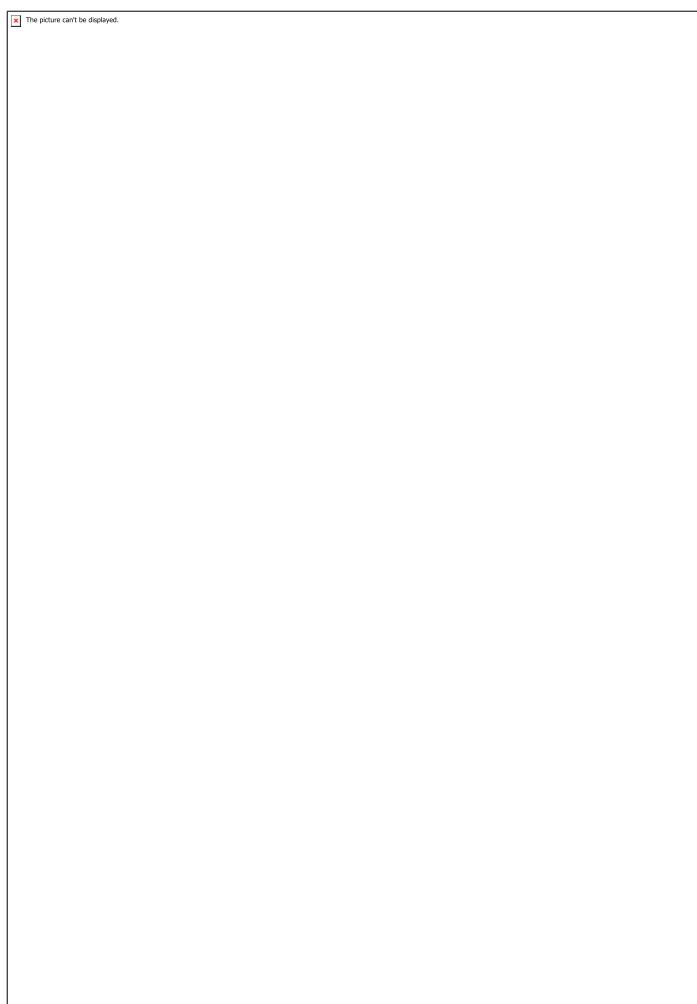


Figura 14: 500mL de nanoparticulas de prata já sintetizadas.

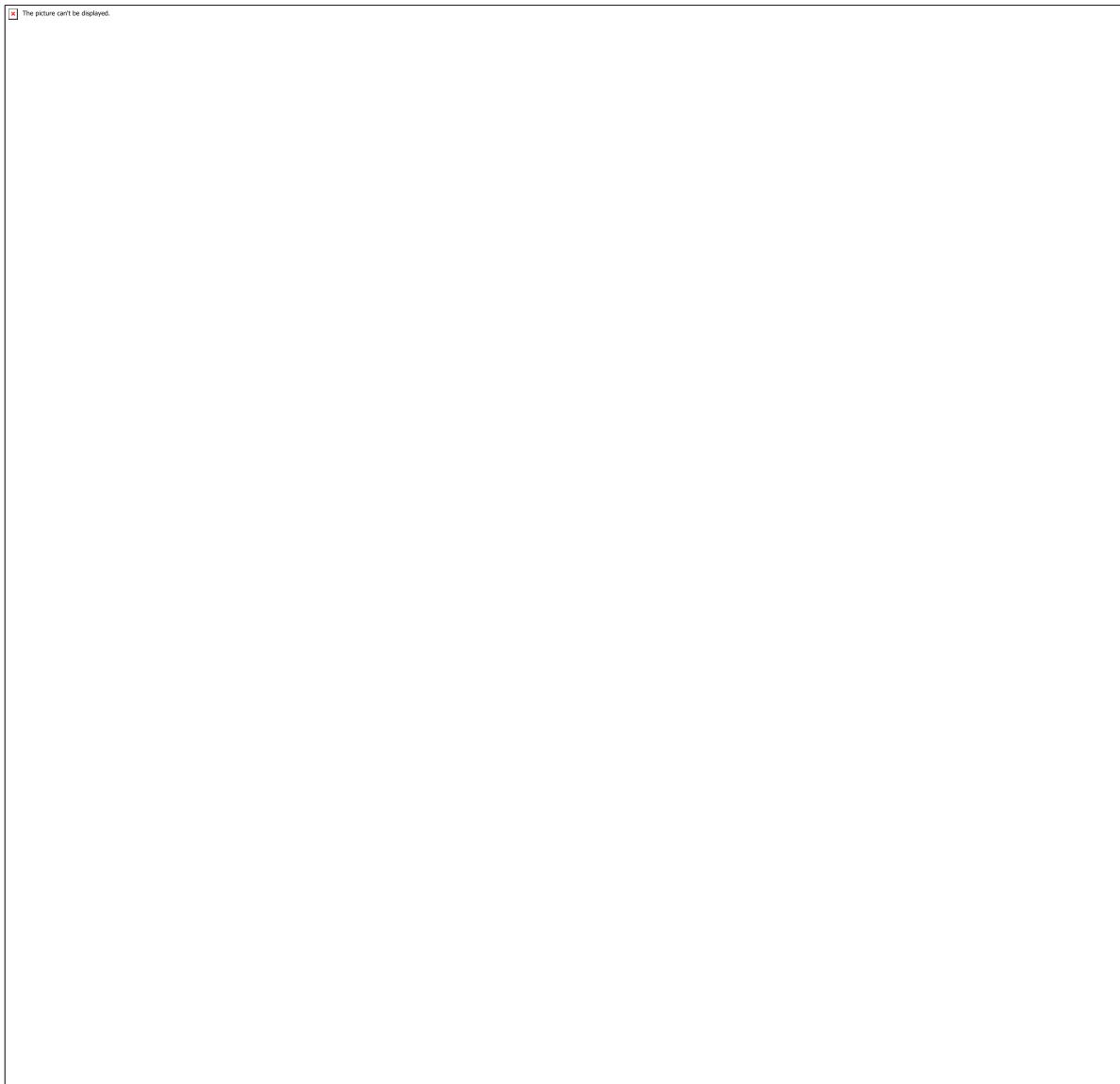


Tabela 1: Resultados do teste de tração das amostras de algodão no sentido da trama.

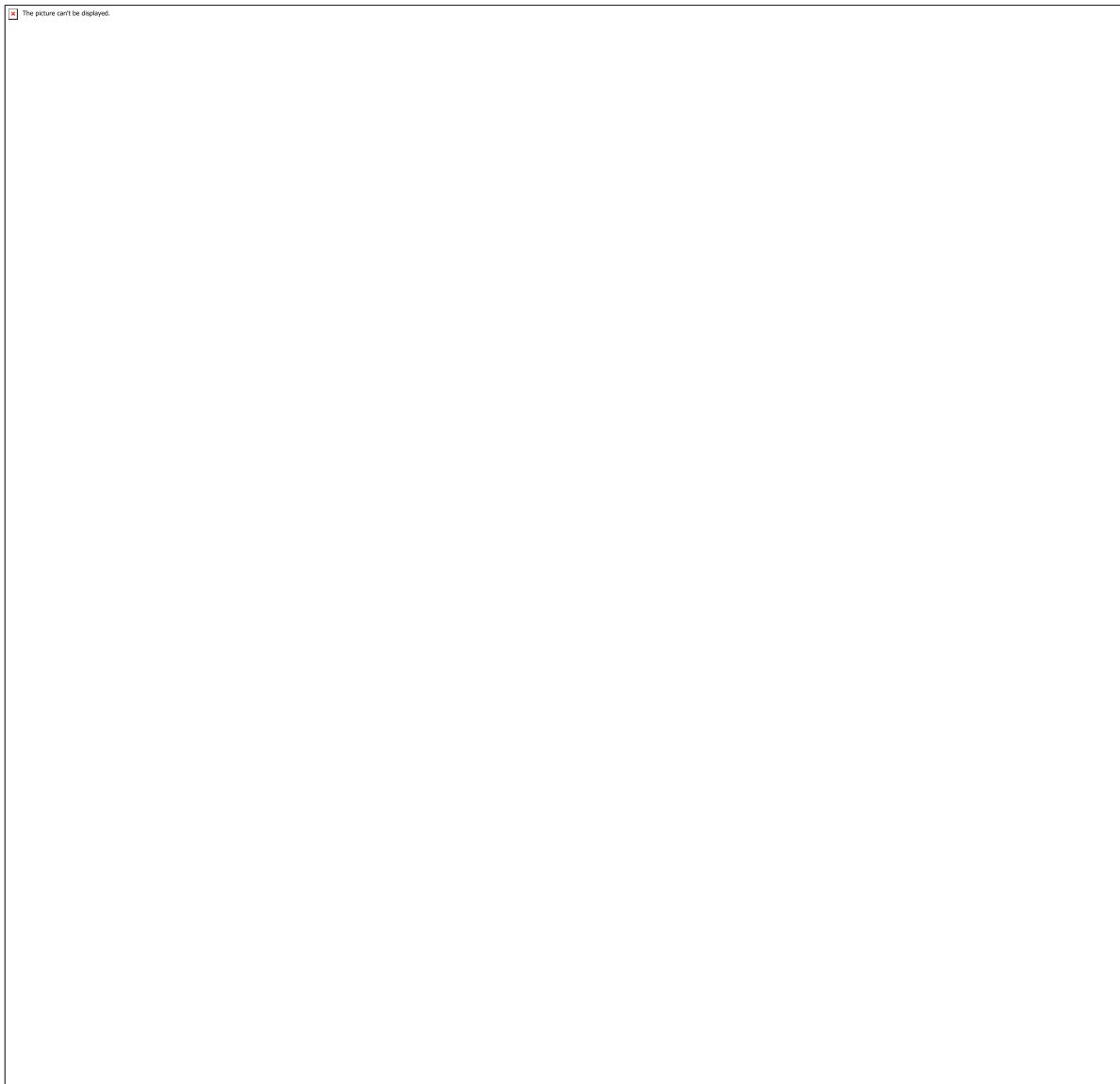


Tabela 2: Resultados do teste de tração das amostras de algodão no sentido do urdume.



Tabela 3: Resultados do teste de tração das amostras de poliéster no sentido da trama.

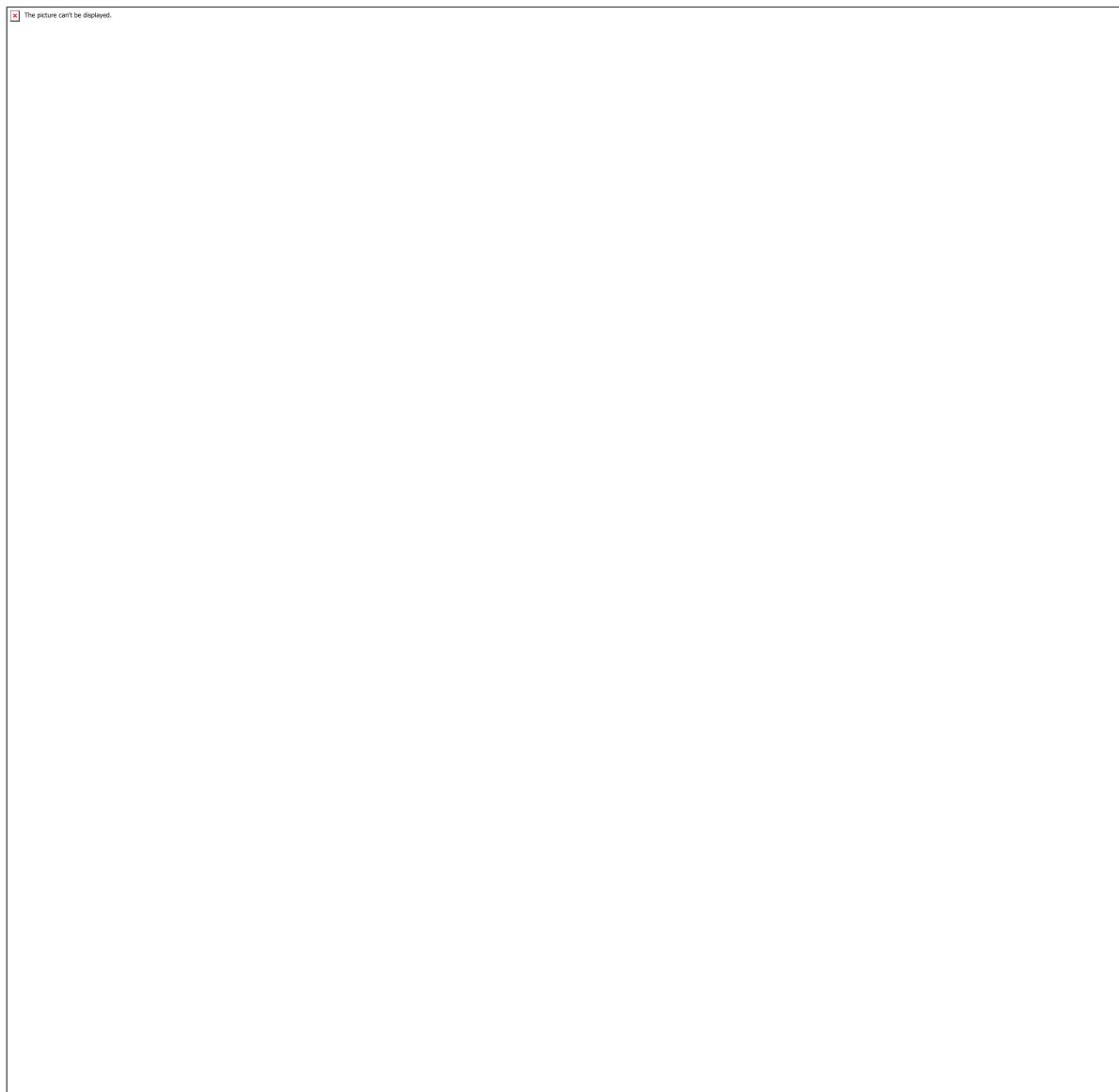


Tabela 4: Resultados do teste de tração das amostras de poliéster no sentido do urdume.

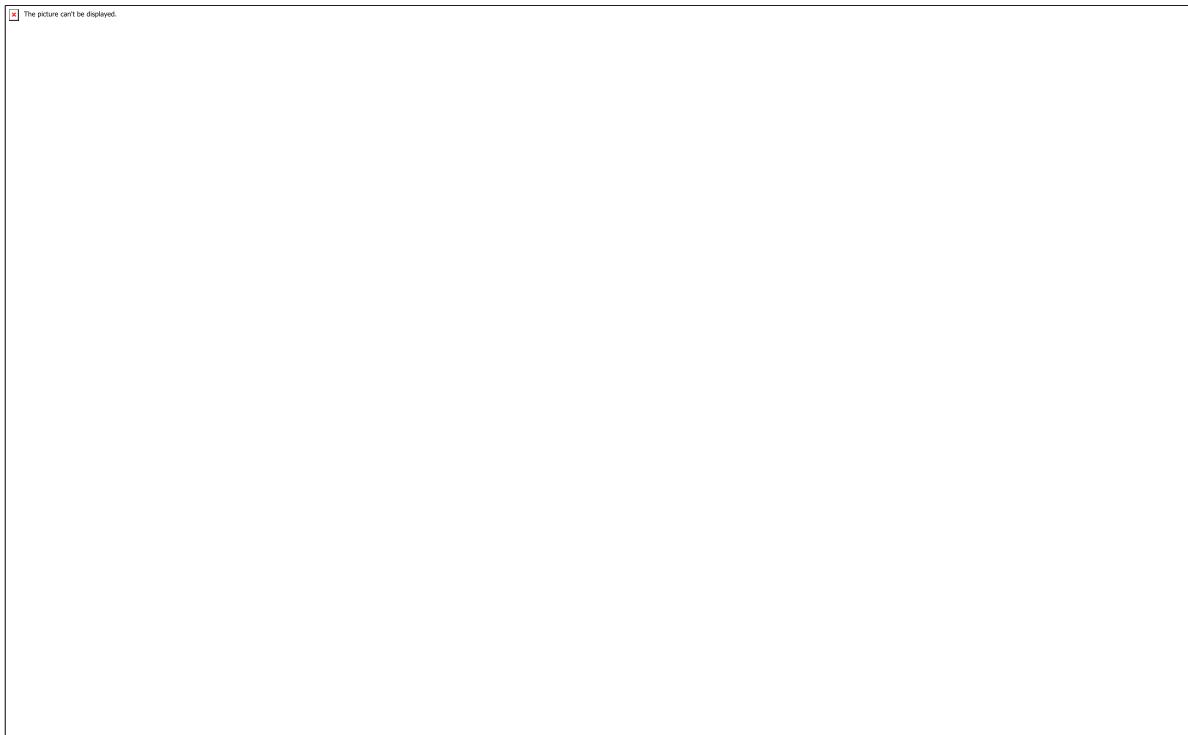


Tabela 5: Resultados do teste de tamanho de partículas da solução de nanopartículas de prata.

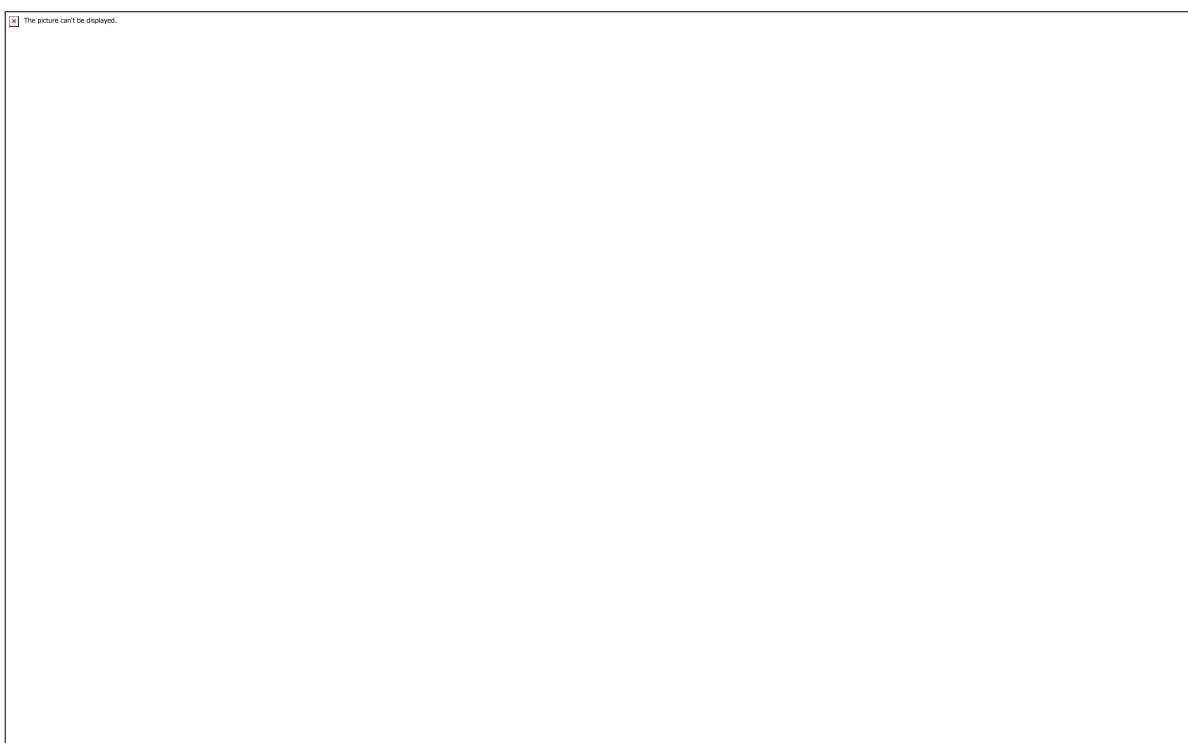


Tabela 6: Resultados do teste de potencial zeta da solução de nanopartículas de prata.

CÓDIGO: ET1143

AUTOR: LUCIANO LUCAS FERNANDES LIMA

COAUTOR: MAXWELL SANTANA LIBÓRIO

ORIENTADOR: THERCIO HENRIQUE DE CARVALHO COSTA

TÍTULO: Análise de Desempenho e Aumento de Vida Útil de Fresas de Topo HSS M2

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo principal aumentar a vida útil de fresas de topo HSS M2 em seus processos de usinagem através de um tratamento termoquímico a plasma de nitretação com gaiola catódica e deposição de TiN. Por isso, três fresas foram submetidas a tratamentos com diferentes temperaturas, sendo elas 350°C, 400°C e 450°C, posteriormente sendo feita uma deposição de um filme de TiN na tratada à 400°C. O tratamento promove mudanças superficiais no aço de forma a aumentar a dureza e a sua tenacidade. Essas mudanças e melhorias serão mostradas ao longo do trabalho em testes de dureza e de usinagem, sendo feito medições nas amostras com microduruômetro e usinagem em fresadoras, respectivamente. Das três fresas tratadas a que apresentou uma dureza mais elevada foi a de 350°C, porém ainda existe um problema a ser resolvido no teste de microdureza, já que há a existência de um ângulo na lâmina da fresa que dificulta a aferição da dureza.

Palavras-chave: Usinagem, fresas e tratamento.

TITLE: PERFORMANCE ANALYSIS AND INCREASE LIFE OF HSS M2 TOP MILLINGS

Abstract

The present work has as main objective to increase the service life of HSS M2 top milling cutter in their machining processes through a thermochemical treatment with cathodic cage nitriding plasma and TiN deposition. For this reason, three milling cutters were submitted to treatments with different temperatures, being 350°C, 400°C and 450°C, later being made a deposition of a TiN film in the treated at 400°C. The treatment promotes superficial changes in steel to increase hardness and tenacity. These changes and improvements will be shown in the work throughout the hardness and machining testing work, with measurements being taken on microdurometer and milling, respectively. Of the three treated cutters, that the presented the best performance is the 350°C, however, there is still a problem to be solved in the microhardness test, since there is an angle on the cutter blade that makes it difficult to measure the hardness.

Keywords: Machining, milling cutter and treatment.

Introdução

Os processos de usinagem tiveram seu primeiro grande impulso com a descoberta do aço rápido high speed steel (HSS). Em 1900 com a descoberta do aço rápido Taylor determinou um passo marcante na história da usinagem. As velocidades de corte naquela época eram de 3 a 5 m/min com o aço carbono e passaram para 30 a 35 m/min com os aços rápidos e foi por isso que levaram esse nome (STEMMER, 2005; CALZA, 2007).

A descoberta do aço rápido impulsionou várias pesquisas para desenvolvimento de materiais para ferramentas de usinagem. Hoje em dia tem-se ferramentas com desempenho muito superior ao aço rápido, que são usadas em diversas aplicações como ferramentas de metal duro, ferramentas cerâmicas, ferramentas de diamante dentre outras, além de vários tipos de revestimentos para aumento de desempenho que podem suportar velocidades de corte muito superiores ao aço rápido comum. Apesar do aço rápido não ser competitivo em relação aos materiais citados anteriormente, ele ainda é bastante usado em determinadas aplicações devido seu baixo custo, porém, para esse material ter uma melhora de desempenho é conveniente submetê-lo a algum tratamento superficial (ALLEGRINI, 2014; GOBBI, 2010; MARQUES, 2015).

A competição econômica tem imposto demandas de extrema severidade em ferramentas e, desta forma, para melhorar seu desempenho em serviço, tratamentos superficiais apresentam-se como uma excelente alternativa. Desse modo, somente com a adequada seleção do material, tratamento térmico do substrato e tratamento de superfície, podem ser esperados resultados ótimos. A nitretação a plasma é realizada em ferramentas de aços rápidos para aumentar a resistência ao desgaste da aresta de corte e reduzir a tendência do material usinado em aderir a superfície de saída. A fina precipitação de nitretos de ferro resulta em uma elevada dureza da camada, normalmente na faixa de 1200 ~ 1350 HV0,2. Dessa forma consegue-se aumentar a vida útil da ferramenta, possibilitando usinar em velocidades de cortes mais elevadas e redução de custos de usinagem (Tier, 1998).

A nitretação a plasma tem algumas vantagens em relação aos processos tradicionais de nitretação a gás e em banho de sais. A nitretação a plasma é um tratamento limpo e não poluente e permite um maior controle do processo, pois o tratamento pode ser controlado unicamente por parâmetros elétricos como corrente e voltagem aplicadas no processo. Esta característica resulta numa maior repetitividade do tratamento. Um grande número de parâmetros como composição do gás, temperatura e pressão, permitem produzir camadas com diferentes estruturas, adequadas para cada condição de trabalho (Tier, 1998).

Outro tipo de tratamento superficial que será abordado no trabalho é a deposição de nitreto de titânio (TiN) sobre a superfície da fresa, essa deposição também foi realizada a plasma através do método magnetron sputtering. Segundo estudos, os sistemas de deposição de filmes finos que utilizam magnetron sputtering diferenciam tanto pela geometria, como pela configuração do campo magnético (Nascimento, 2011; RODRIGUES, 2012; STEMMER, 2005; ZEILMANN, 2006).

O trabalho foi pensado como forma de desenvolver uma pesquisa para um projeto de iniciação científica no LabPlasma (Laboratório de Plasma) da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), onde se viu necessário utilizar fresas de topo feitas de HSS M2 (High Speed Steel) em um tratamento a plasma de nitretação com gaiola catódica e logo após uma deposição de TiN (Nitreto de Titânio) no substrato da ferramenta. Esses tratamentos termoquímicos são feitos nesses tipos de aço ferramenta comumente para aumentar sua dureza, criando uma superfície lisa facilitando o corte

sobre outros materiais e impedindo o incruste sobre o material usinado, que muitas vezes é o motivo de quebra e danificação dessas ferramentas.

Neste trabalho, o objetivo além do aumento da dureza, é desejado um aumento da vida útil da ferramenta.

Metodologia

O trabalho faz uso de quatro fresas de aço rápido M2 (Imagem figura 1 e Composição química mostrada na Tabela 1) de topo reto com diâmetro de 6 milímetros e corpo cilíndrico da empresa HT Ferramentas, submetidas posteriormente a um tratamento de nitretação a plasma de 3 horas cada e temperaturas variadas de 350°C, 400°C e 450°C. Na fresa nitretada a 400°C foi feita uma deposição de 1 horas e meia de um filme de TiN no reator de Magnetron Sputtering, com o objetivo de identificar sua influência no resultado da usinagem.

Na nitretação a plasma foi utilizado uma gaiola catódica composta de titânio onde a fresa era posicionada na parte interior da gaiola, usada para melhor uniformizar o tratamento sobre o substrato através do processo de cátodo oco. Como forma de criar um apoio para que a fresa não viesse a cair dentro do reator devido às vibrações existente no interior do mesmo, foi posicionado uma porca na base da fresa, ambos colocados diretamente sobre o porta amostras do interior do reator.

Em todos os tratamentos antes da nitretação, as fresas eram submetidas a um processo chamado pré-sputtering, utilizado para a remoção de impurezas ainda existentes na fresa e dentro do reator, sempre expostos a uma atmosfera de 50% de Hidrogênio (10 sccm) e 50% de Argônio (10 sccm) a 300°C por meia hora.

A medida que os tratamentos iam aumentando de temperatura, era necessário também aumentar a corrente que foi desde 0,35A no tratamento a 350°C até 0,48A no tratamento a 450°C.

A partir de uma análise de Fluorescência de raios-x (FRX) foi obtido a composição do aço das fresas, tabela 1.

A metodologia do trabalho pode ser melhor identificada no fluxograma mostrado na figura 2.

No ensaio de usinagem, será mantido todos os parâmetros de corte constantes e utilizados para todas as fresas, onde os critérios de parada será os ruídos característicos de uma situação de quebra do material, ou quebra das lâminas de flanco.

O desgaste nas lâminas de flanco do topo das fresas será possível ser mensurado após o teste de usinagem, com o auxílio de imagens prévias do perfil de todos os tratamentos, que podem ser visualizadas nas figuras 3 e 4. Sendo assim será caracterizado o desgaste observando o estado das lâminas antes e depois da usinagem.

Resultados e Discussões

Após todos os tratamentos, constatou-se em todas as amostras uma deposição fuliginosa, devido a algumas variações de parâmetros existente durante o tratamento e que não se tem o controle, fato este que pode ser constatado na figura 5.

Foram realizados até o momento ensaios de microdureza nas fresas após a nitretação em gaiola catódica. como pode ser visualizado na Figura 6, as amostras nitretadas apresentaram aumento de dureza na superfície de corte. Destaca-se que a amostra não tratada é fornecida pelo fabricante no estado temperado e revenido o que atribui a mesma um aumento de dureza.

A amostra nitretada a 400 oC submetida a deposição de filme de TiN apresentou uma redução de dureza, o que pode ser justificado pela técnica que a mesma foi depositada, pois não há difusão na matriz do Aço M2 e o mesmo pode ter caráter amorfo. Após a deposição por magnetron sputtering a dureza do substrato caiu para $454HV0,98 \pm 45$, entretanto, considerando essa a dureza do filme e por o filme de TiN apresentar, segundo RODRIGUES (2012) o TiN apresenta coeficiente de atrito menor que o FeNy, espera-se que o mesmo apresente bom desempenho nos testes de usinagem.

Com o objetivo de estudar a vida útil dessas ferramentas as mesmas serão submetidas a teste de usinagem, essa etapa do trabalho encontra-se em andamento por isso não foi possível apresentá-los neste momento.

Logo, a melhor caracterização para essas ferramentas neste trabalho será o teste de usinagem, onde será analisado o desgaste e a resistência de cada amostra seguindo parâmetros iguais para todas elas

Conclusão

Foi concluído que os tratamentos de nitretação a plasma com gaiola catódica confere ao material das fresas uma maior dureza superficial como visto no trabalho, apesar das discrepâncias em relação ao desvio padrão das medições de microdureza, ainda assim é possível se observar uma maior dureza em seus valores máximos obtidos nos tratamentos. Porém, dizer que existe um aumento na dureza do material, também significa que as chances de haver uma quebra das arestas de corte das fresas irão aumentar, neste caso, para que este efeito seja atenuado esperasse que a deposição do filme de TiN, com características lubrificantes, venha reduzir a aderência da fresa no corpo de prova de ferro fundido que será usado no teste de usinagem, melhorando o desempenho da mesma e aumentando sua vida útil.

Referências

FREITAS, N. et al. Influência dos parâmetros de processo na deposição de nitreto de titânio por plasma em gaiola catódica, 2012.

ALLEGRINI, A. Aspectos da furação do titânio 6Al4V com broca de aço rápido sinterizado e broca de metal duro. 2014

CALZA, M. et al. Desgaste de brocas de aço-rápido na furação sob diferentes condições de aplicação de fluidos lubri-refrigerantes. 2007

GOBBI, V. J. Influência da nitretação a plasma na resistência ao desgaste microabrasivo do aço ferramenta AISI D2. 2010.

MARQUES, F. M. et al. Caracterização de desgaste de brocas de hss revestidas com alcrrn e não revestidas, em ensaios de furação, na usinagem de ferro fundido nodular DIN GGG 50. Revista iberoamericana de ingeniería mecánica, v. 19, n. 1, p. 87-104, 2015. ISSN 1137-2729

NASCIMENTO, I. O. Construção de um aparato experimental para monitoramento in situ da deposição de filmes finos de titânio por magnetron sputtering. 2011

RODRIGUES, F. M.; SANTANA, S. A. OTIMIZAÇÃO NOS PROCESSOS DE USINAGEM. e-RAC, v. 2, n. 1, 2012. ISSN 2318-728X

SOUZA, A. J. Processos de Fabricação por usinagem Parte 1. 2011

STEMMER, C. E. Ferramentas de corte II: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos e abrasivos. Ed. da UFSC, 2005. ISBN 8532800467.

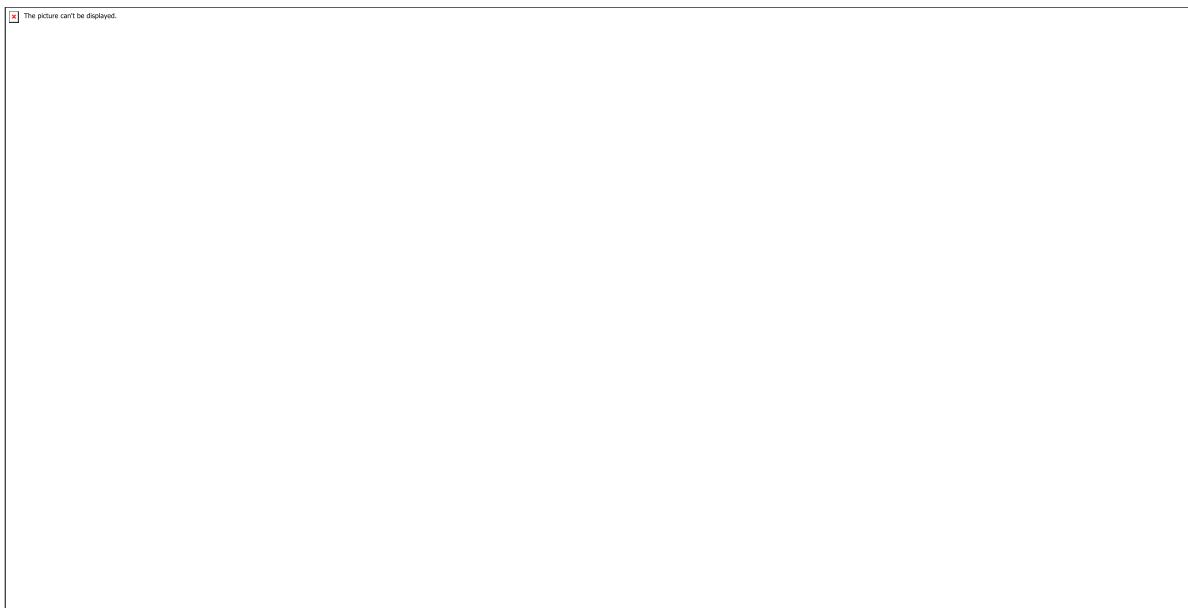
TIER, M. A. D. Avaliação da resistência ao desgaste do aço AISI M2 nitretado a plasma. 1998

ZEILMANN, R. P.; SANTIN, R.; FINIMUNDI, A. V. Efeito de diferentes condições de aplicação de fluidos lubri-refrigerantes no desgaste de brocas de aço-rápido. Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 2, n. 1, p. 26-33, 2006. ISSN 1808-7310.

Anexos



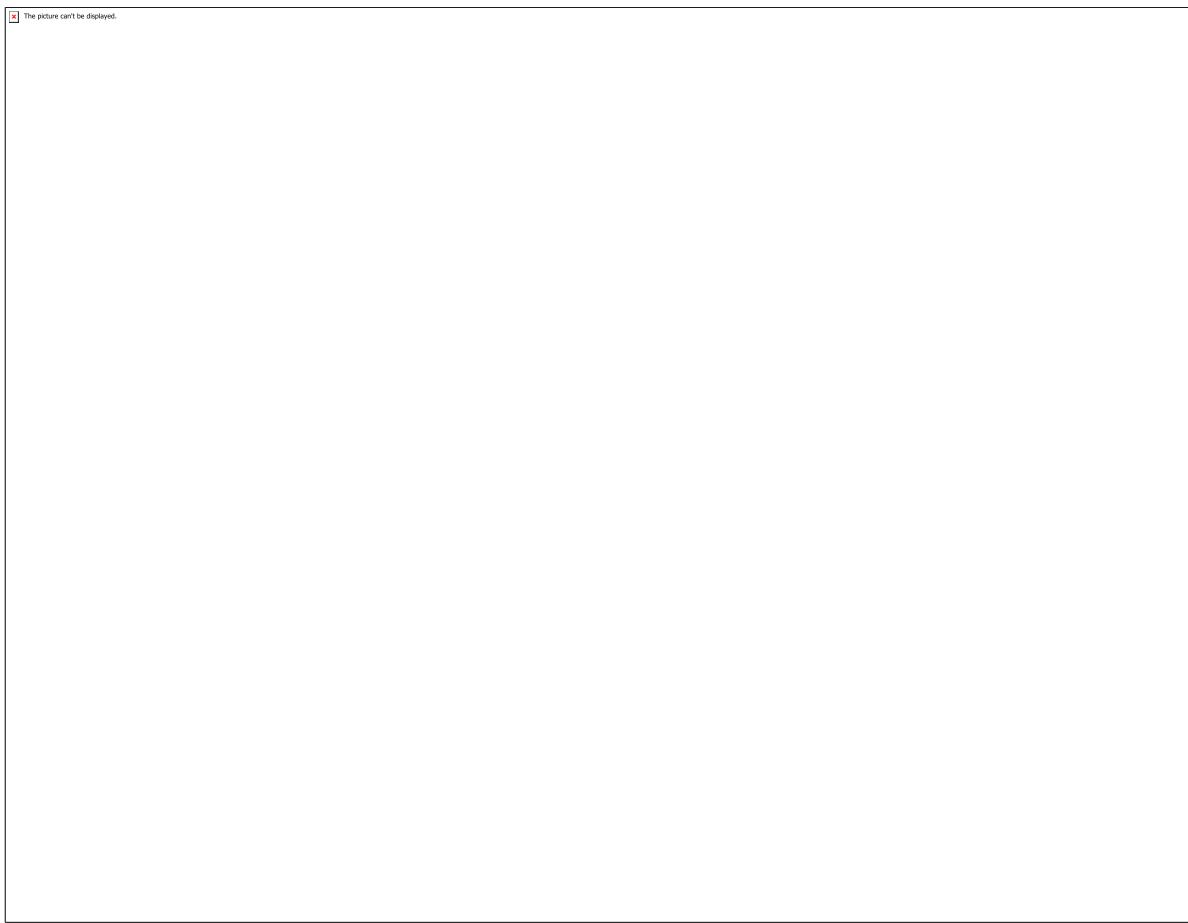
Fresa sem tratamento



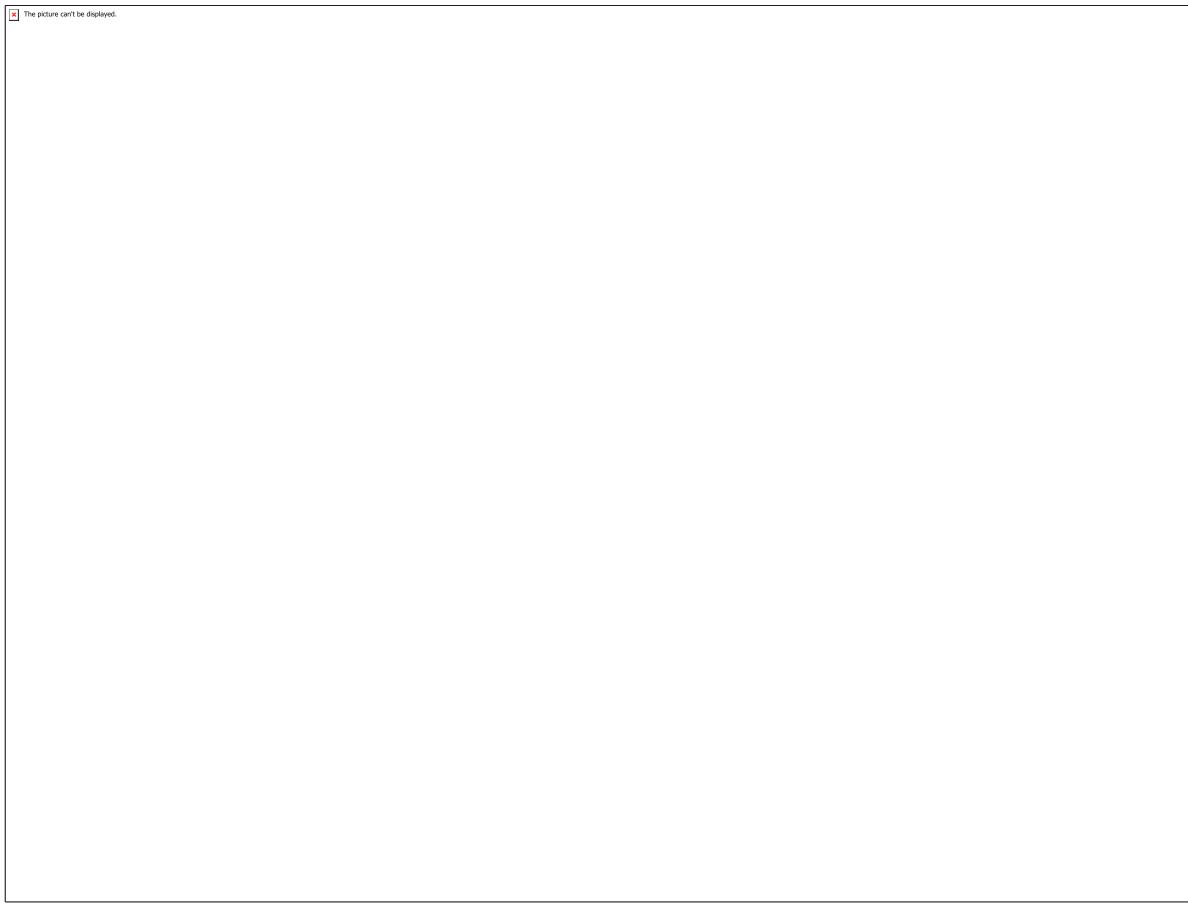
Metodologia adotada no trabalho



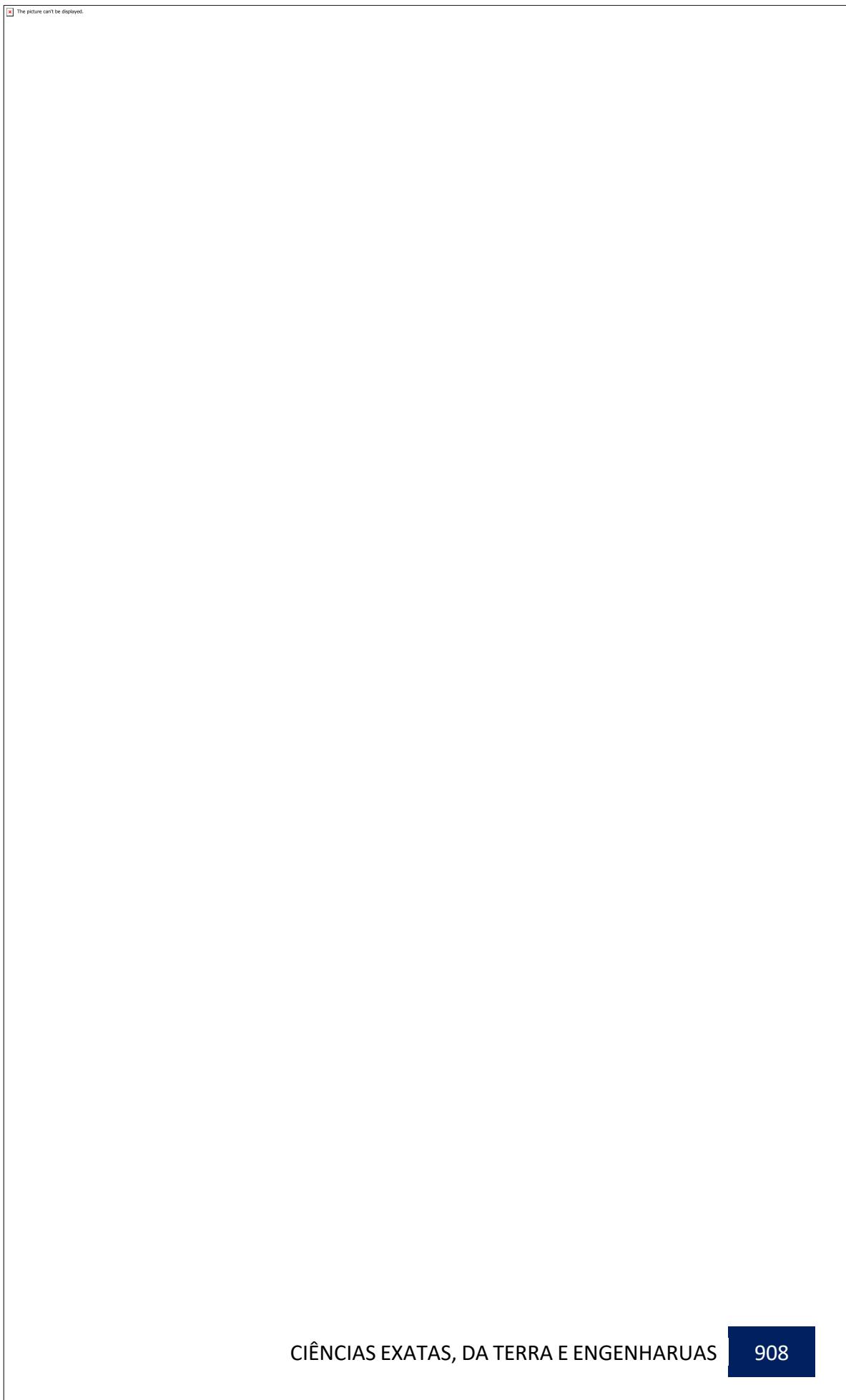
Composição química do aço da fresa



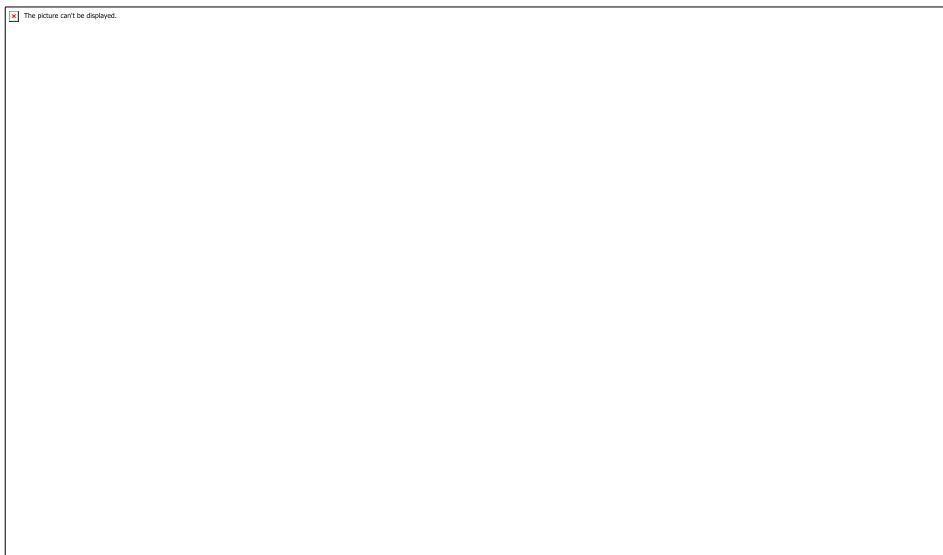
Imagens de perfil do topo das fresas com nitretação e sem tratamento.



Imagens de perfil do topo das fresas em que houve deposição do filme de TiN e sem tratamento.



Amostras nitretadas a 350 °C, 400 °C, 450 °C, 400 °C + Filme de TiN e Sem tratamento, respectivamente .



Valores da microdureza média e desvio padrão.

CÓDIGO: ET1159

AUTOR: AMMARY VIRGINIA DA SILVA MOURA

ORIENTADOR: AFONSO AVELINO DANTAS NETO

**TÍTULO: DETERMINAÇÃO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM CASCALHOS DE
PERFURAÇÃO: AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS ANALÍTICAS**

Resumo

O petróleo desempenha um importante papel na sociedade moderna, porém a sua produção pode resultar em contaminação dos solos e águas devido à variedade de constituintes, que vai desde compostos orgânicos até metais pesados. A partir dessa evidência, foi constatada a necessidade de métodos tratar esses contaminantes. Desta forma, soluções promissoras, como o uso de tensoativos, processos de adsorção e micro-ondas, têm crescido com destaque. Os contaminantes podem ser retirados do cascalho a partir da operação de extração sólido-líquido e detectados por diversas técnicas que avaliam o teor total de hidrocarbonetos de petróleo (Total Petroleum Hydrocarbons TPH). Este trabalho teve como objetivo verificar quais das técnicas estudadas - teor de Óleos e Graxas (TOG), espectroscopia no Infravermelho (IV), espectrofotometria no UV-Vis, gravimetria, termogravimetria e cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-FID) – podem ser usadas com eficiência para a determinação do TPH em cascalhos de perfuração, tratados com sistemas microemulsionados. Os sistemas microemulsionados foram usados para remoção dos contaminantes do cascalho e, posteriormente, esse cascalho tratado foi avaliado quanto à quantidade residual de n-parafina ainda presente. Os resultados obtidos mostraram que a melhor técnica para quantificação do TPH é a cromatografia Gasosa e, em termos qualitativos, os espectros de infravermelho podem ser usados como alternativa.

Palavras-chave: Cascalho de perfuração, microemulsão, sólido-líquido extração, TPH.

TITLE: Determination of organic contaminants in drill cuttings: evaluation of analytical techniques.

Abstract

The oil has an important role in modern society, however their production may result in soil and water contamination due to the variety of constituents, ranging from organic compounds and heavy metals. From this evidence, it was found the need for methods to treat these contaminants. Thus, promising solutions such as the use of surfactants, absorption processes and microwave, have grown highlighting. Contaminants can be removed from the cuttings of the solid-liquid extraction operation and detected by various techniques that assess the total petroleum hydrocarbon (TPH) content. This study aimed to verify which of the techniques studied - Oil and Grease content (OGC), infrared spectroscopy (IS), spectrophotometry in UV-Vis, gravimetry, thermogravimetry and gas chromatography with flame ionization detector (CG-FID) - can be used efficiently for the determination of TPH in drill cuttings, treated with microemulsion systems. Microemulsion systems were used to remove contaminants from the cuttings and subsequently this treated cuttings was evaluated for the residual amount of n-paraffin still present. The results showed that the best technique for the quantification of TPH is

gas chromatography (CG-FID) and, in qualitative terms, infrared spectroscopy (IS) can be used as an alternative.

Keywords: Drill cuttings, microemulsion, solid-liquid extraction, TPH.

Introdução

O petróleo é a principal fonte de energia do mundo, presente em todas as áreas da vida cotidiana na forma de seus derivados: combustíveis para carros, ônibus, aviões; roupas, materiais plásticos, brinquedos, móveis e eletrodomésticos, entre outros. Porém, a sua produção, desde a fase inicial, pode resultar em problemas sérios para o meio ambiente. Isso decorre da variedade de elementos e substâncias nocivas presentes no petróleo, como hidrocarbonetos, enxofre, metais pesados, entre outros. Na etapa de perfuração, especificamente, um dos principais contaminantes é o fluido de perfuração, principalmente o não aquoso, por serem líquidos, são de mais fácil aderência aos cascalhos que são carreados a partir do fundo do poço. Os cascalhos de perfuração são os pedaços de rochas cortadas no processo de perfuração e são levados para fora do poço pelos fluidos. Abreu & Sousa (2005), a partir da norma NBR 10004:2004 da ABNT, listaram uma série de contaminantes como resíduos perigosos e não perigosos, e, nesta lista, os cascalhos são classificados como resíduos perigosos (classe I) devido à contaminação por componentes dos fluidos. O tratamento deste cascalho faz-se necessário para que a quantidade de contaminantes esteja dentro do limite especificado pela legislação, e, assim, o cascalho possa ser descartado com segurança ou até ser reutilizado, por exemplo na construção civil (Fialho, 2012). Ao longo dos anos, várias formas de tratamento têm sido usadas, como a secagem de cascalho e a dessorção térmica. Outra alternativa é a extração sólido-líquido utilizando sistemas microemulsionados, que mostra resultados promissores (Silva, 2015). Os sistemas microemulsionados podem ser formados por tensoativo, cotonsoativo, fase aquosa e fase oleosa. Os tensoativos são substâncias que possuem afinidade tanto por compostos polares como por apolares. Eles podem ser iônicos (catiônicos e anfóteros) e não iônicos. Para avaliar a eficiência dos sistemas microemulsionados na extração dos contaminantes do cascalho são utilizadas técnicas analíticas para detectar o TPH (Total Petroleum Hydrocarbon – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo) ou a quantidade de compostos orgânicos antes e depois do tratamento. Para isto, foram avaliadas as técnicas como: determinação do teor de óleos e graxas (TOG), espectroscopia de ultravioleta-visível (UV-VIS), espectroscopia no infravermelho com refletância total atenuada (ATR), termogravimetria (TG) e cromatografia gasosa (CG com detector por ionização de chama.). Serão avaliadas as técnicas analíticas que possam melhor contribuir na determinação, quantitativamente, ou que possa ajudar a caracterizar o processo de forma qualitativa.

Metodologia

Reagentes utilizados: Cascalhos de perfuração do tipo seco (submetido a 150°C por 4h) e contaminado (Onshore, PETROBRAS, BA), Alkonat L90, n-butanol e n-hexano, água de abastecimento. **Vidrarias e equipamentos:** vidraria em geral, agitador magnético (Fisaton), microseringa (Supelco de 100 µl), balança analítica (Precisa, 240 a), centrífuga (Centribio), ultrassom (Transsonic 460), Infracal TPH/TOG, espectrofotômetro de infravermelho por transformada de fourier – Shimadzu (Iraffinity-1), cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama (CG-FID), equipamento termogravimétrico (DTC-60 Shimadzu), espectrofotômetro no UV-VIS (Shimadzu UV-1800). Preparação dos sistemas microemulsionados Testes preliminares foram realizados a fim de determinar os tensoativos com as maiores taxas de extração de

contaminante. O tensoativo não iônico utilizado foi o Alkonat L90. A partir dos testes iniciais, foi escolhida a melhor composição das microemulsões para avaliação das técnicas qualitativas e quantitativas de análise de TPH. Assim, o sistema ficou composto por 83% água de abastecimento (fase aquosa), 16% n-butanol (otensoativo) + Alkonat L90 (C/T= 0,5) e 1% de n-hexano (fase oleosa). Metodologia experimental de tratamento e extração de cascalho O procedimento de extração por ultrassom, adaptado da EPA 3550C, para realização dessa extração divide-se em duas partes: tratamento e extração. Essa metodologia é usada como padrão para a quantidade máxima de n-parafina que pode ser extraída. Essa metodologia é realizada tanto na amostra inicial (contaminada) quanto na tratada e o extrato dela é lido pelo TOG, fornecendo o percentual de extração. Na etapa de tratamento, foram pesados 25g do cascalho e colocados em um erlenmeyer (250 ml), e adicionou-se 25 ml da microemulsão (relação de 1:1). Ficaram em contato por 10 minutos, após as pesagens. Seguindo com o procedimento de extração por ultrassom, no qual o sistema foi filtrado e, ao cascalho, foram adicionados 50ml de hexano (relação 2:1). Ele foi colocado em um banho com ultrassom por 15 minutos. Após, a solução foi filtrada e o extrato foi centrifugado por 5 minutos com rotação de 3000 (rpm). O resultado da centrifugação (sólido) foi filtrado na presença de sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) para a retenção de água e o mais novo extrato foi levado para a leitura nas técnicas estudadas. Teor de óleos e graxas (TOG)/TPH O teor de n-parafina total no extrato da amostra, obtido após extração por ultrassom, foi obtido na análise de TOG realizado no equipamento InfraCal TOG/TPH. Dois testes foram conduzidos pelo TOG: o primeiro para avaliar a quantidade de contaminantes no cascalho antes e depois do tratamento e, o segundo foi um teste para avaliar a influência de diferentes componentes da microemulsão com hexano em uma possível extração. Nesta etapa, foram realizados 5 testes com composições diferentes para saber qual era a influência de cada componente. Onde o primeiro foi composto de hexano+ microemulsão, o segundo por hexano e água, terceiro por hexano + butanol, o quarto por hexano+ tensoativo e o quinto por hexano+ microemulsão+ parafina. Espectrofotometria na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis) Nesta técnica, foram utilizadas amostras que seguiram o procedimento experimental inicial, com o intuito de verificar o comportamento de três sistemas, apresentados na tabela 1. Tabela 1. Sistemas para análise UV-Vis Ainda em relação à espectroscopia no UV-Vis, foi feita uma curva de calibração com 10 pontos de diferentes concentrações de parafina em hexano, que variaram de 0 a 8000ppm. Análise gravimétrica A análise gravimétrica foi realizada no decorrer do método de extração por ultrassom (adaptado de EPA 3550c) onde toda vidraria, reagentes e cascalhos foram pesados, além disso, pesadas em todas as mudanças no processo, ou seja, qualquer alteração no estado inicial era realizada nova pesagem. O extrato resultante do cascalho foi analisado pela técnica de absorção no Infravermelho, para avaliações qualitativas. O resultado da análise deste extrato foi comparado com uma amostra de parafina. A análise gravimétrica foi conduzida com o uso de um evaporador rotativo. Análise térmica Para esta técnica de caracterização, foram preparadas oito amostras, identificadas na tabela 2, com a finalidade de confirmar a presença dos componentes indicados nos sistemas, além de procurar por interferentes que pudessem existir nestes sistemas, de acordo com a sua temperatura de decomposição. As amostras de cascalho foram contaminadas com 10% da massa total do sistema, que foi de 5g. Os contaminantes foram: parafina (para CC e CCM), microemulsão, tensoativo, butanol e hexano. Tabela 2. Composição dos sistemas para análise termogravimétrica. As amostras foram colocadas na termobalança com controle de temperatura a partir de 26 °C, devido à volatilidade de hidrocarbonetos leves que podem estar presentes nos sistemas, até 900 °C para garantir que os contaminantes fossem eliminados do cascalho e pudessem ser identificados e caracterizados. Os dados termogravimétricos (TG's) foram analisados e plotados no software Origin 8.0. Espectroscopia no infravermelho (ATR) Foram preparadas várias amostras com

diferentes concentrações de cascalho, tratado com hexano, além de uma tratada com microemulsão, que teve como objetivo a identificação de contaminantes do cascalho, observou-se as amostras a partir dos diferenciais de absorbância vs concentração. Também no infravermelho, foi conduzido mais um experimento a fim de avaliar a presença de parafina no cascalho, e fazendo comparações com as amostras tratadas com hexano com caráter qualitativo. Cromatografia gasosa com detector por ionização de chama (CG-FID) Para esta técnica, foram feitos testes com a contaminação de cascalho seco. O cascalho utilizado foi o contaminado. A tentativa de tratamento do cascalho foi realizada com microemulsão contendo o tensoativo Alkonat L90.

Resultados e Discussões

Análise de TOG/TPH A análise do TOG/TPH foi realizada com amostras de cascalho contaminado e cascalho tratado com microemulsão, a fim de determinar a absorbância. Os resultados estão apresentados na tabela 3. Tabela 3. Resultados do cascalho contaminado para determinação por TOG (abs) Partindo dos resultados apresentados na tabela 3, é possível dizer que a análise de TOG/TPH utilizando o equipamento Infracal apresenta inconsistência na leitura, visto que a concentração após o tratamento com microemulsão está maior que a leitura da concentração na curva de calibração. Ainda em relação a esta análise, foi realizado um teste de influência dos componentes dos sistemas microemulsionados para identificar se estes componentes estão interferindo na absorbância. Os sistemas utilizados e resultados estão detalhados na tabela 4. Tabela 4. Resultados do teste de influência de cada componente da microemulsão. É visto no teste de influência na leitura da absorbância feita pelo TOG que houve inconsistências na leitura, com consideráveis diferenças no mesmo sistema, como também houve absorbância negativa nos dois primeiros sistemas. As interferências encontradas não são suficientes para determinar o motivo pelo qual houve maior absorbância no tratado do que no contaminado. Os problemas encontrados podem ser provenientes de defeitos no equipamento utilizado, ou seja, não recomendado utilizar o equipamento sem uma prévia garantia de sua perfeita condição de funcionamento. Análise por espectrofotometria na região do ultravioleta-visível (Uv-vis) Os resultados desta técnica mostraram a existência de pico de absorção no comprimento de onda de 273 nm, como visto na figura 1. Observa-se que a amostra de parafina + hexano + microemulsão obteve intensidade de absorção (0,06335) maior que a amostra com parafina + hexano – com intensidade de 0,05811, provavelmente devido à influência “somada” do hexano com a microemulsão. Verifica-se também que a amostra contendo parafina + microemulsão, atingiu a absorbância de apenas 0,0033 no mesmo pico, indicando a baixa influência da microemulsão na absorção na região UV-Vis. Figura 1. Resultado da análise por espectrofotometria no UV-vis para avaliação dos sistemas. A partir deste comprimento de onda, no qual houve a maior absorção nesta técnica, foi obtida uma curva de calibração para UV-Vis para diversos padrões de n-parafina em n-hexano. Tabela 5. Curva de calibração para UV-Vis Analisando os dados da Tabela 5 observa-se que a técnica apresenta baixa sensibilidade, ou seja, não consegue identificar amostras menores que 7000 ppm, o que para a finalidade de quantificar a n-parafina, é uma concentração elevada. Logo a técnica não é aplicável na quantificação de em-parafina em cascalho de perfuração. A análise gravimétrica foi realizada como dita na metodologia e ao fim da análise foi obtido um extrato final, a partir da evaporação foi possível obter a extração total do n-hexano contido, pela variação do ponto de ebulição, onde o n-hexano evapora, pois é mais volátil e a n-parafina fica no cascalho. Para determinar que esse extrato é de fato o contaminante do cascalho (parafina), foi realizada análise no infravermelho tanto na parafina líquida usada em fluidos de perfuração fornecida pela Petrobras como nesse extrato obtido, o

resultado encontrado é apresentado na Figura 2. Figura 2. Comparação do resultado da análise no infravermelho de extrato cascalho tratado utilizando métodos gravimétricos com amostra de parafina. Embora tenha sido possível determinar, qualitativamente, a presença de n-parafina, no número de onda de 2922,15 cm⁻¹, característica de ligações C-H, a análise do infra gravimétrica não foi seguida adiante devido a algumas desvantagens: extenso número de pesagens (41), o que acarreta numa grande dificuldade em relação ao balanço de massa correto; alto gasto de solvente; análise muito demorada (2h para cada amostra); além da dificuldade de algumas pesagens, como o cascalho que fica aderido na filtração a vácuo, que acarreta em uma complicação para o balanço de massa. Análise térmica Na análise termogravimétrica, foram observadas, na figura 3, as perdas de massa, que nos informam sobre as substâncias que vão se desprendendo do cascalho ao longo da análise. Isto facilita na identificação dos componentes dos sistemas. Figura 3. Apresenta o resultado da termogravimetria com amostras de cascalho para caracterização. Primeiramente, vale ressaltar que o processo de despreendimento das substâncias em todas as amostras ocorre a partir de 26 - 27 °C, indicando a presença de hidrocarbonetos leves na constituição do cascalho. Posteriormente, a temperaturas mais altas, são desprendidas outras substâncias orgânicas e materiais mais pesados, como metais e óxidos metálicos, que possivelmente estão incrustados no cascalho. Em relação à amostra de cascalho seco + parafina (CP), observa-se que ocorre uma perda de massa a partir de 100 °C, correspondente à desidratação da amostra, com queda de 10% de massa. Na faixa de 150 °C é mostrada mais uma diminuição na porcentagem de massa: aqui há a saída da parafina, em um primeiro momento, com perda de massa constante até cerca de 400 °C. A amostra de cascalho seco com tensoativo (CST) mostrou um comportamento diferente dos demais. A saída dos hidrocarbonetos leves é um pouco mais demorada do que nas outras amostras. A primeira queda mais acentuada acontece apenas depois dos 100 °C, com cerca de 5% de decréscimo de massa. A seguir, decaimento por volta de 150 °C, e então mais outro entre 250 e 400 °C, com diminuição de aproximadamente 10% na massa. Essa diferença em relação às outras amostras decorre possivelmente pela natureza do tensoativo Alkonat L90, que tem como característica ser redutor de tensão superficial, resultando em boas interações entre os componentes hidrofílicos e hidrofóbicos presentes no cascalho. Dessa forma, sem que haja outros componentes no sistema além do tensoativo, é observado que ele consegue extraí diferentes compostos em relação aos outros sistemas, visto que a queda a partir de 250 °C foi única para o conjunto. É notável também verificar que o CST foi o sistema que mais perdeu massa, praticamente 25% até 900 °C, durante a análise, indicando a grande influência do tensoativo na extração tanto da parafina quanto de outras substâncias presentes no cascalho. A diferença de comportamento entre CCM (cascalho contaminado com microemulsão) e CSM (cascalho seco com microemulsão) é a parafina presente em CCM, o que levou a uma queda maior no início da análise com a saída dos hidrocarbonetos até a parafina. A partir disso, percebe-se que os sistemas se comportam de maneira semelhante. Pode-se dizer, então, que, com a presença da parafina, a microemulsão (água, tensoativo, n-butanol e hexano) tem sua influência mais notada, pela interação dos seus componentes com os eventuais contaminantes. As amostras CS e CSH foram as que menos perderam porcentagem de massa. A diferença entre elas foi a saída em maior quantidade de componentes pouco depois de 100 °C na amostra CS. CSB, por conta do cotonosoativo n-butanol, obteve melhores resultados do que os sistemas anteriormente citados, já que ele tem uma solubilidade em água bem maior que o hexano e é capaz de interagir melhor com compostos hidrofílicos. Por fim, a amostra CC teve comportamento similar às outras no início da análise, porém com uma queda constante por volta de 700 °C, diferente das outras, nas quais sempre ocorreu uma brusca queda (1%) nessa faixa contendo os hidrocarbonetos mais pesados. Análise por espectroscopia no infravermelho Foi realizada uma análise no

equipamento de Infravermelho com módulo ATR, que faz uma varredura pela amostra. Este tipo de análise tem funções diversas, uma delas é identificar um composto na amostra. Ela se baseia nos picos que surgem durante o teste. Esses picos são comparados com os picos de outros espectros já conhecidos. O resultado da análise está na figura 4. Figura 4. Resultado da análise por Infravermelho. Dessa forma, comparando os resultados da figura 4 com espectros de substâncias conhecidas na região do Infravermelho, os picos entre 2956 e 2873 cm⁻¹, região em que as ligações C-H aparecem, são característicos de grupos alifáticos (alcanos), como a parafina. Portanto, foi identificado o principal contaminante – parafina – que deve ser removido do cascalho, pela maior intensidade de absorção na região do Infravermelho. Vale destacar também os picos na região de 1460 cm⁻¹, em que há ligações C=C de aromáticos; e 1379 cm⁻¹, região característica de ligações C-H₂ e ligações C-O de ácidos carboxílicos. Pode haver, também, em menor intensidade, ligações C-O de álcoois, ésteres e éteres na região de 725 cm⁻¹. Todavia, devido à complexidade de constituintes presentes no cascalho, os menores picos se mostram mais difíceis de serem identificados e caracterizados. Por outro lado, o infravermelho fornece uma análise quantitativa difícil, em virtude da baixa absorbância determinada na figura 4. Ainda houve problema no que diz respeito à relação concentração vs absorbância, identificado no gráfico, em que não necessariamente a maior concentração fornece a maior absorbância, fugindo, assim, da lei de Beer. No outro experimento conduzido no infravermelho com ATR (figura 5), foi observado, na comparação das amostras, que o cascalho com parafina tratado apenas com hexano foi o que chegou mais perto da amostra de cascalho seco e teve uma grande queda em relação ao cascalho com parafina na região do pico característico de parafina, demonstrando um bom potencial de extração. A amostra de cascalho com parafina tratada com microemulsão também apresentou redução no pico característico da parafina, mostrando que a microemulsão possui capacidade de remover este contaminante. Figura 5. Resultado do ATR-IR. Cromatografia gasosa por ionização de chama (CG-FID) Nesta técnica, foi possível determinar quantitativamente a eficiência da extração utilizada neste trabalho. A partir do procedimento experimental realizado nos cascalhos, foi determinado o TPH das amostras, como também a porcentagem de parafina nelas. Então, comparando os valores das amostras de cascalho tratado e cascalho contaminado chegou-se ao percentual de extração em contato simples, dados na Tabela 6. Tabela 6. Resultado da análise cromatográfica A partir dos resultados apresentados na tabela 8, verifica-se que, a partir da técnica de cromatografia gasosa, é possível obter, detalhadamente, a eficiência do tratamento do cascalho pelos valores exatos de TPH calculados, como também pela quantidade de parafina em gramas por quilograma de cascalho antes e depois do tratamento. Os cromatogramas das figuras 6 e 7 ratificam a eficiência de quantificação desta técnica. Deve ser ressaltado que a parafina líquida utilizada nos fluidos possui maior concentração de C13, C14 (principalmente) e C15, por isso estas frações têm picos mais intensos nos cromatogramas. Figura 6. Cromatograma da amostra sem tratamento. Figura 7. Cromatograma da amostra com tratamento

Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo avaliar técnicas analíticas na determinação, qualitativa e quantitativa, de contaminantes orgânicos em cascalhos de perfuração. A partir das análises realizadas e dos resultados obtidos, conclui-se que:

- A cromatografia gasosa (CG-FID) foi a técnica que se mostrou mais adequada na determinação de contaminantes orgânicos do cascalho de perfuração, tanto em extrações usando n-hexano (EPA 3550c) e usando sistemas microemulsionados como solvente;

- A análise de teor de óleos e graxas (TOG/TPH) não foi satisfatória devido aos resultados que mostraram valores de absorbância maiores para o cascalho tratado.
- O uso da técnica de infravermelho mostrou a eficiência da metodologia adaptada de EPA 3550c e da extração com sistema microemulsionado, mas de forma qualitativa, o que evidenciou a extração dos contaminantes em ambas extrações;
- Os resultados da análise termogravimétrica (TG) se mostraram importantes no âmbito qualitativo, sendo interessante sua utilização como forma de caracterização dos sólidos utilizados;

Referências

- [1] ABREU, M. C.; SOUSA, H. F. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Indústria de Petróleo: O Caso de Fazenda Belém-Icapuí/CE. In: ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, 25., 2005, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2005, p. 5219-5226.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004:2004: Resíduos sólidos - Classificação. 2. ed. 2004. 71 p.
- [3] BEZERRIL, R. H. et al. Análise de teor de óleos e graxas em água de produção por UV-Visível. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA / CEFET-PB., 2., 2008, João Pessoa. 2008, p. 2-5.
- [4] EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL (Pará). Passo a passo para o uso do cromatógrafo gasoso modelo GC-CP3800 Varian para análises de gases de efeito estufa (GEEs). Belém, 2014. 70 p.
- [5] FIALHO, Poline Fernandes. Cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás: Estudo do potencial de aplicação em concreto. 2012. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
- [6] SILVA, Daniel Nobre Nunes da. Tratamento de cascalho de perfuração utilizando sistemas microemulsionados. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- [7] SOUZA, R. M. ATR: Avanço da Espectroscopia de Infravermelho na análise de materiais plásticos. Spectroscopy, v. 21, n. 3, p.1-3, 2009.
- [8] TORRES, A. A. U.; D'ALMEIDA, J. R. M.; HABAS, J. Avaliação do efeito de um óleo parafínico sobre o comportamento físico-químico de tubulações de polietileno de alta densidade. Polímeros, [s.l.], v. 20, n. 5, p.331-338, 26 jan. 2011.
- [9] VALE, Túlio Ytérbio Fernandes. Desenvolvimento de tensoativos e sistemas microemulsionados para a recuperação de petróleo. 2009. 276 f.
- [10] WILKS ENTERPRISE. InfraCal TOG/TPH Analyzer: Model HATR-T2 and CH User's Guide. East Norwalk, 2009. 30 p.
- [11] WINSOR, P. A. Hydrotropy, Solubilisation and Related Emulsification Processes .1. to .4. Trans Faraday Soc. 1948;44(6):376-98.
- [12] IONASHIRO, M. Giolito: Fundamentos da Termogravimetria, Análise Térmica Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial. São Paulo: Giz Editorial, 2004, 82 p.
- [13] LINARD, Alisson (assessor científico). Destilação: Evaporadores Rotativos IKA. Presidente Prudente: SP Labor, [20--]. 30 slides, color. Disponível em: <<http://www.splabor.com.br/arquivos/Ebook-Evaporador-Rotativo.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2018.
- [14] MEDEIROS, Alex Rodrigues Brito de. Uso de ATR/FTIR e FTNIR associado a técnicas quimiométricas para quantificação de aditivos em gasolina automotiva. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- [15] PAÍGA, P. et al. Determination of total petroleum hydrocarbons in soil from different locations using infrared spectrophotometry and gas chromatography. Chemical Papers, [s.l.], v. 66, n. 8, p.711-721, 1 jan. 2012. Springer Nature.

- [16] PEREIRA, Marina Seixas. Aplicação de secagem por microondas no tratamento de cascalho de perfuração. 2013. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2013.
- [17] ROSEN, Milton J. Surfactants and Interfacial Phenomena. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [18] PERKINELMER. FT-IR Spectroscopy Attenuated Total Reflectance (ATR). 2005. 5 p. (PerkinElmer Life and Analytical Sciences). Disponível em: <https://www.utsc.utoronto.ca/~traceslab/ATR_FTIR.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.
- [19] RIBEIRO, Marcílio Pelicano. Aplicação de termogravimetria acoplada à espectrometria de massas para caracterização de petróleo e determinação da curva de evolução de gás sulfídrico. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
- [20] Rotavapor de laboratório. EVERLAB ANALÍTICA. Disponível em: <<https://www.everlab.com.br/rotavapor-laboratorio>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018.
- [21] RUSCHEL, C. F. C. et al. Análise exploratória aplicada a espectros de reflexão total atenuada no Infravermelho com Transformada de Fourier (ATR-FTIR) de blendas de biodiesel/diesel. Química Nova, [s.l.], p.1-2, 2014. GN1 Genesis Network.
- [22] SARAN, Luciana Maria. Fundamentos de Espectroscopia Molecular UV-Visível. Jaboticabal: FCVA/UNESP, 2012. 44 slides, color. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/tecnologia/LUCIANAMARIASARAN/fundamentos-de-espectrofotometria-uv-visivel-2012.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2018.
- [23] SCHRAMM, Laurier L. Surfactants: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [24] SEATON, S. et al. Analysis of Drilling Fluid Base Oil Recovered from Drilling Waste by Thermal Desorption. In: International Petroleum Environmental Conference, 13., 2006, Texas.
- [25] CRUZ, Kelle Gomes. Sistemas microemulsionados à base de tensoativos hidrocarbonados para aplicação como suportes para dispersão de compostos antibióticos. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica analítica; Agroquímica inorgânica e Físico-química; Agroquímica orgânica) – Curso de Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- [26] DAMASCENO, B. P. G. L. et al. Microemulsão: um promissor carreador para moléculas insolúveis. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, v. 32, n. 1, p. 9-18, 2011.
- [27] DÓREA, H. S.; EMÍDIO, E. S. Comparação entre as extrações ultra-som e Soxhlet para análise de alcanos em sedimentos ambientais. Scientia Plena, São Cristóvão, v. 9, n. 6, p.1-7, 2010.

Anexos

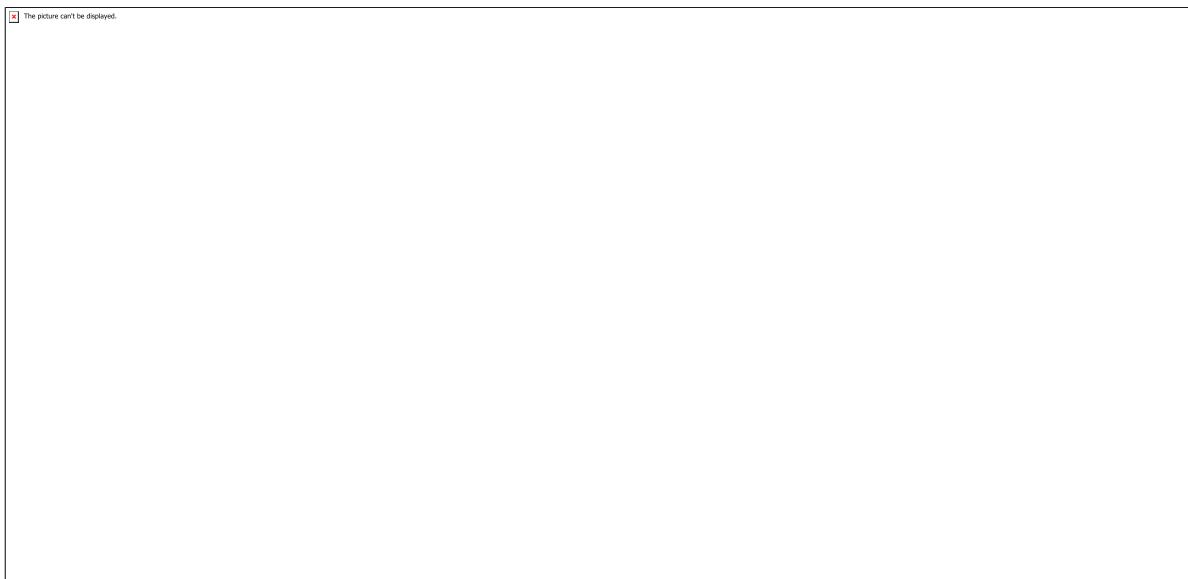


Tabela 1. Sistemas para análise UV-Vis

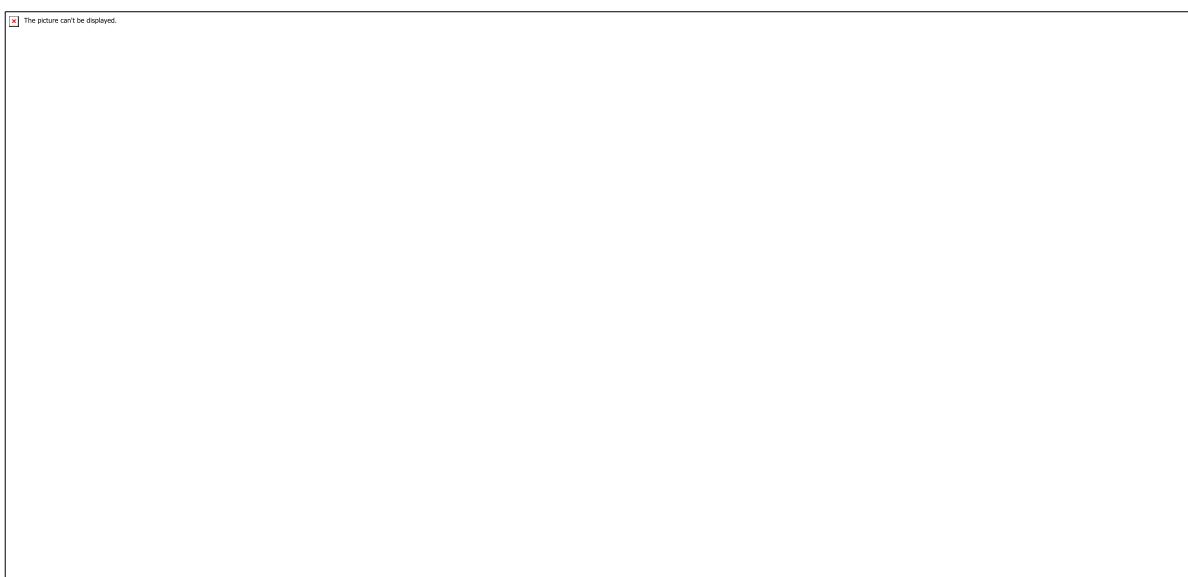


Tabela 2. Composição dos sistemas para análise termogravimétrica.

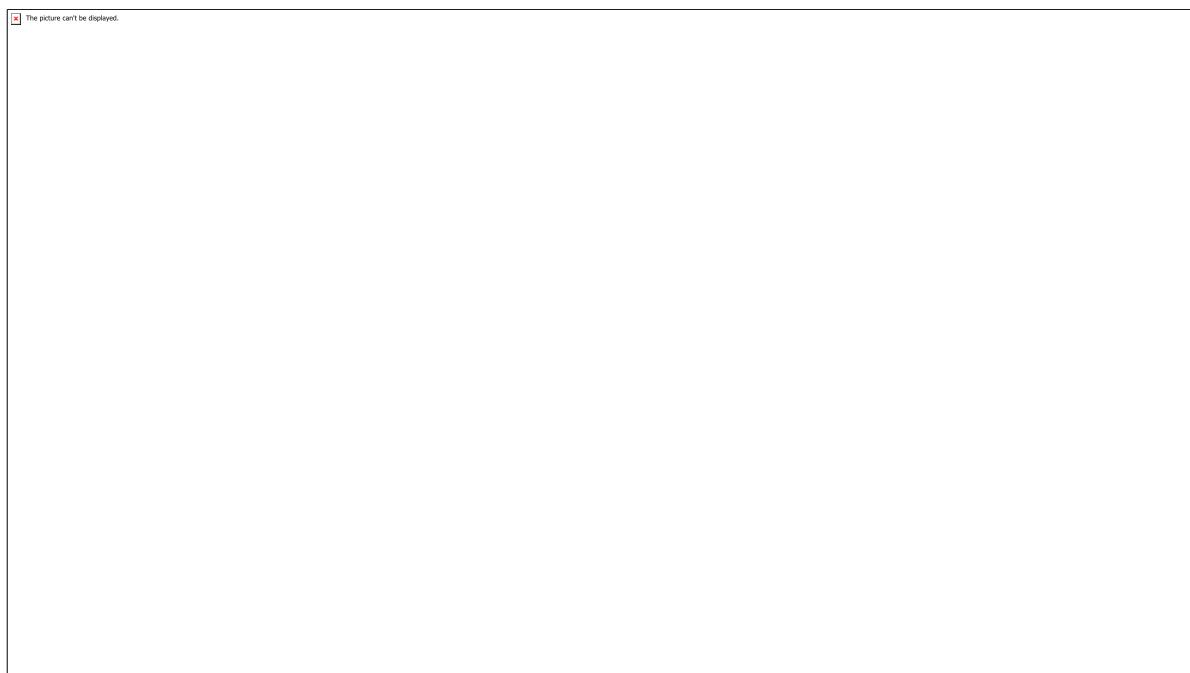


Tabela 3. Resultados do cascalho contaminado para determinação por TOG (abs)

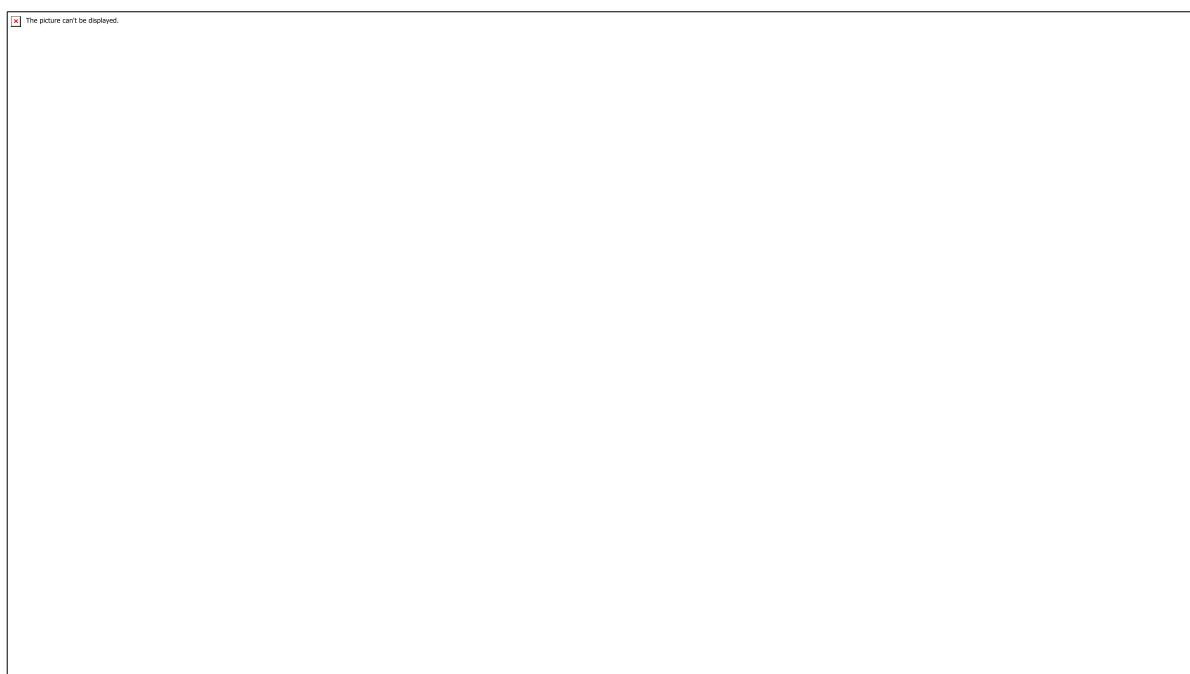


Tabela 4. Resultados do teste de influência de cada componente da microemulsão.

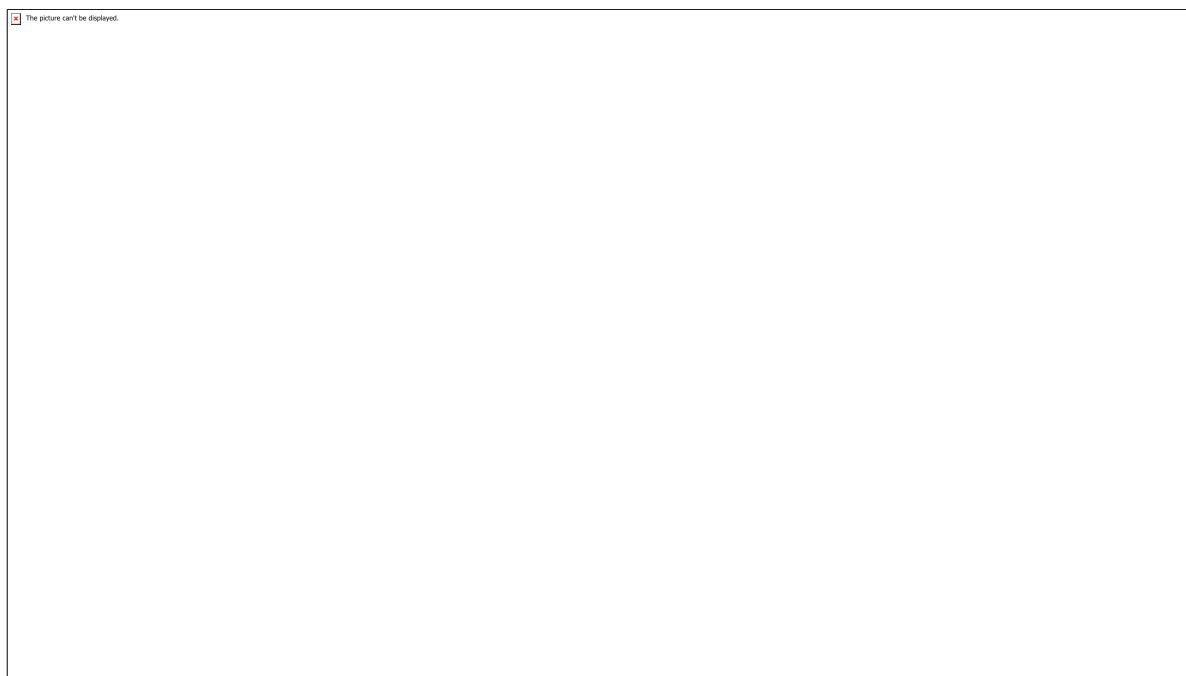


Figura 1. Resultado da análise por espectrofotometria no UV-vis para avaliação dos sistemas.

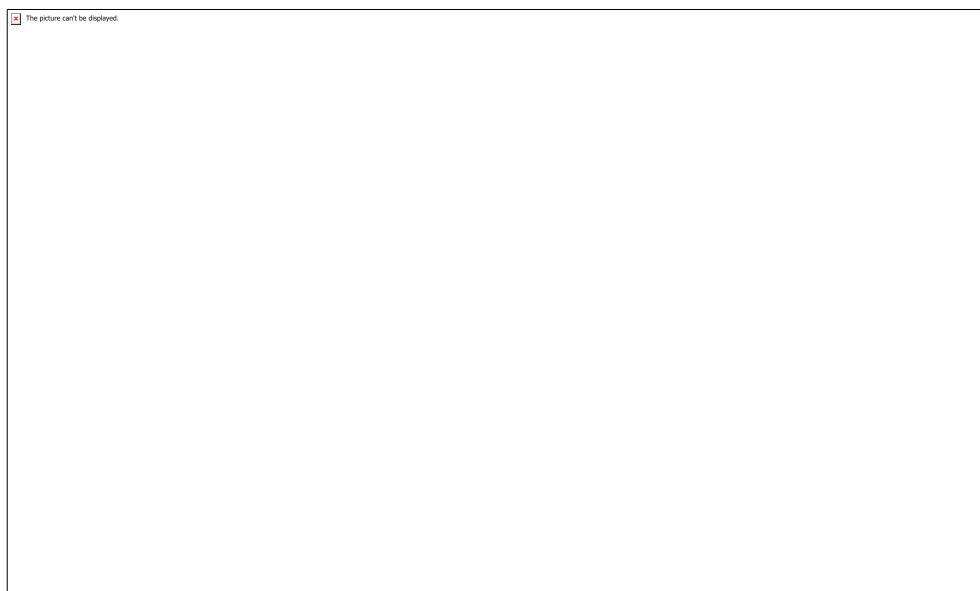


Tabela 5. Curva de calibração para UV-Vis

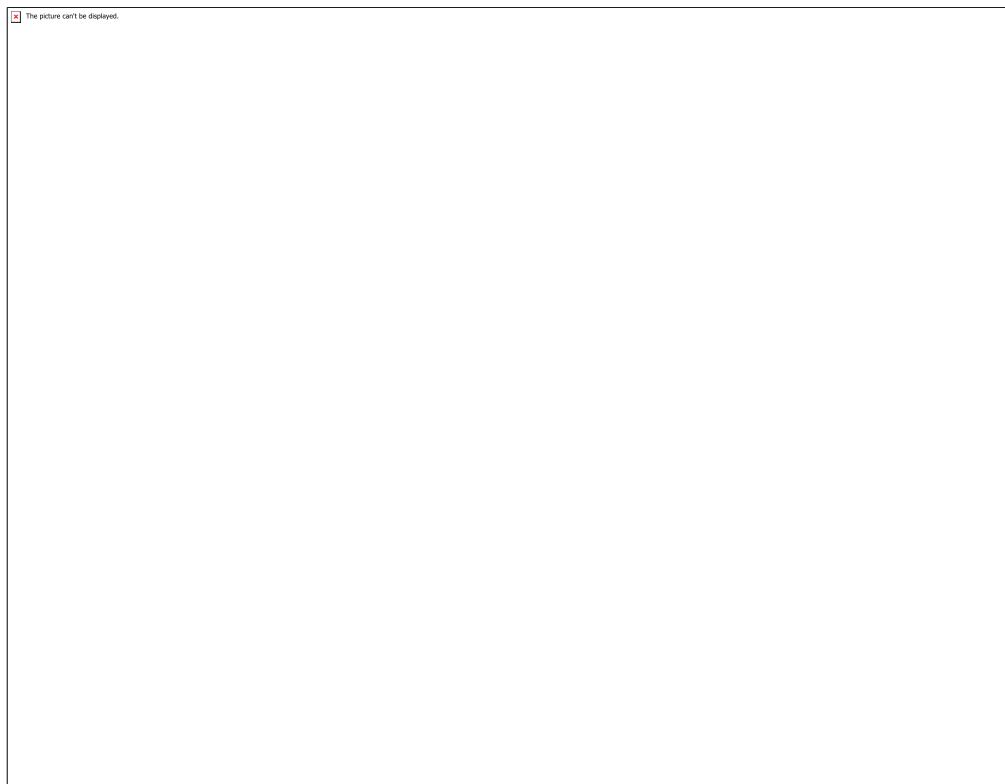


Figura 2. Comparação do resultado da análise no infravermelho de extrato cascalho tratado utilizando métodos gravimétricos com amostra de parafina.

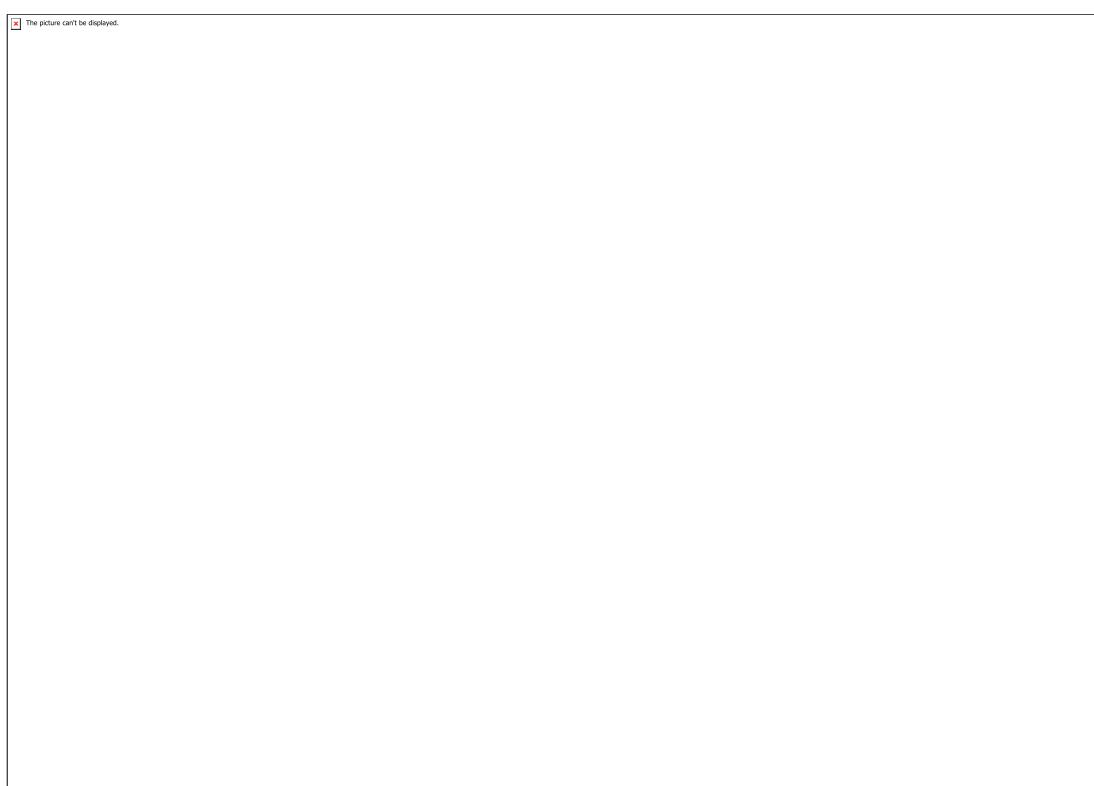


Figura 3. Apresenta o resultado da termogravimetria com amostras de cascalho para caracterização.

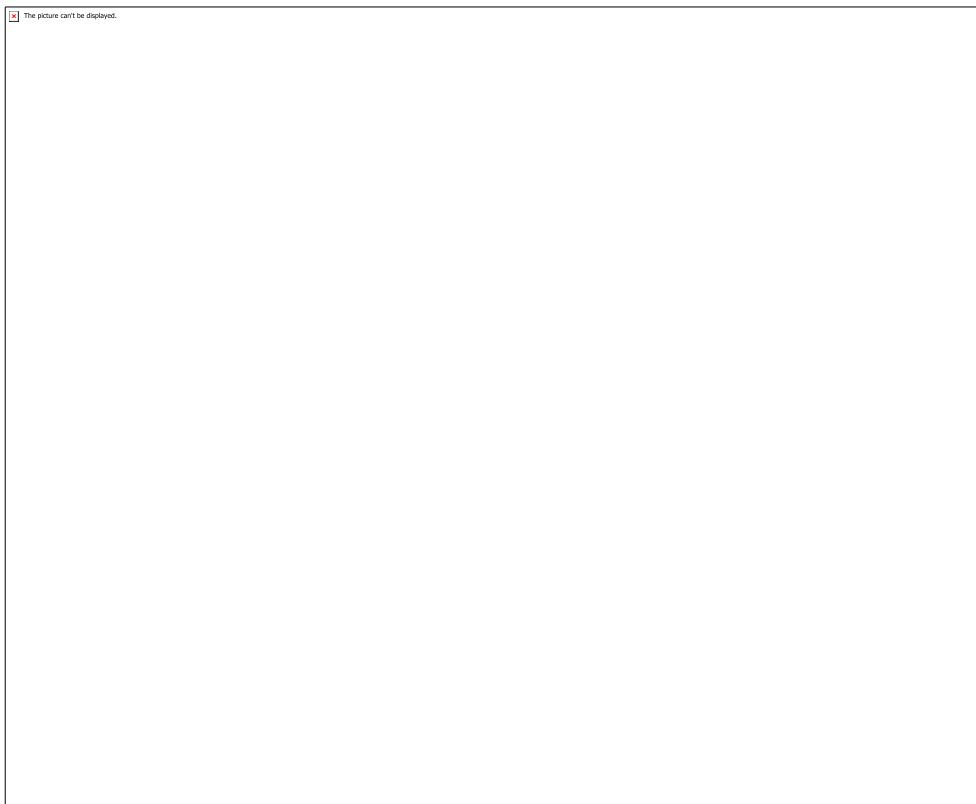


Figura 4. Resultado da análise por Infravermelho.

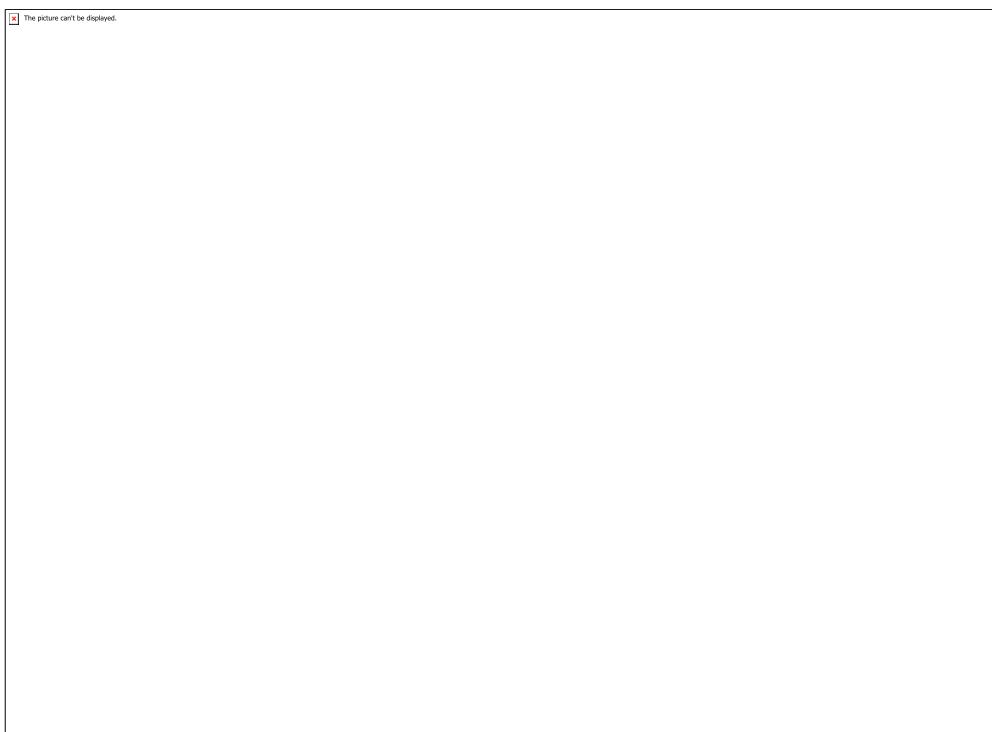


Figura 5. Resultado do ATR-IR.

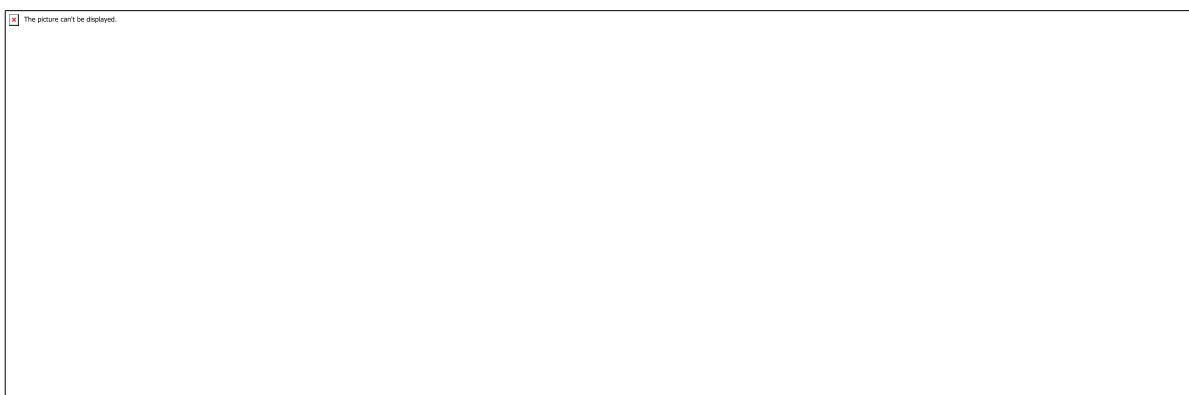


Tabela 6. Resultado da análise cromatográfica

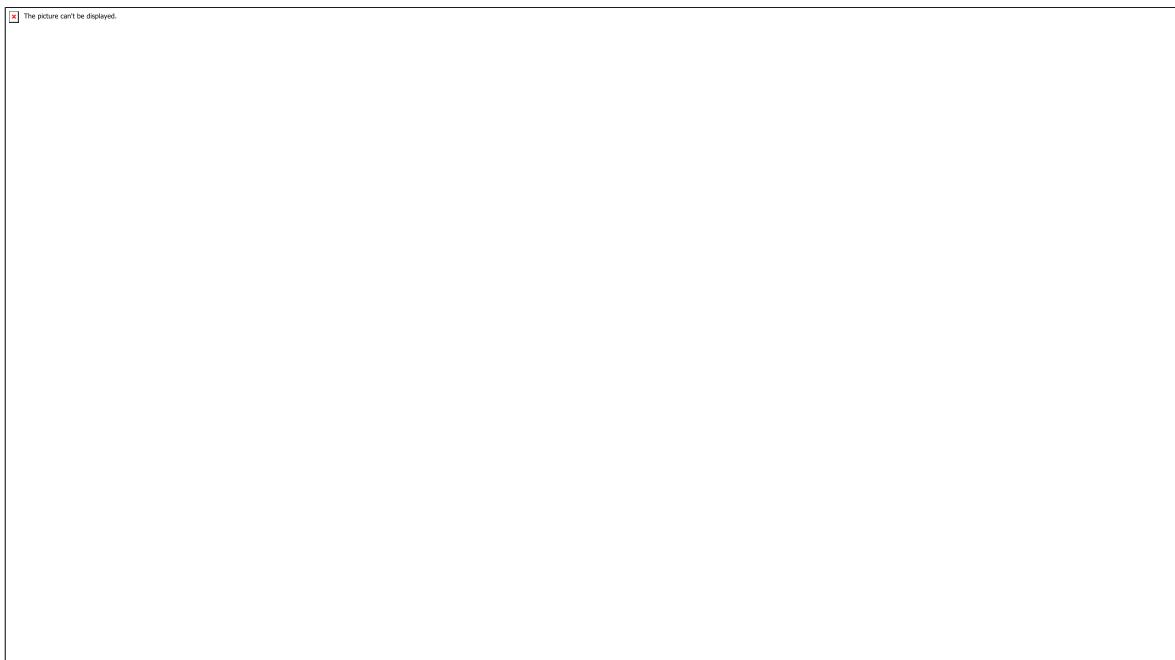


Figura 6. Cromatograma da amostra sem tratamento.

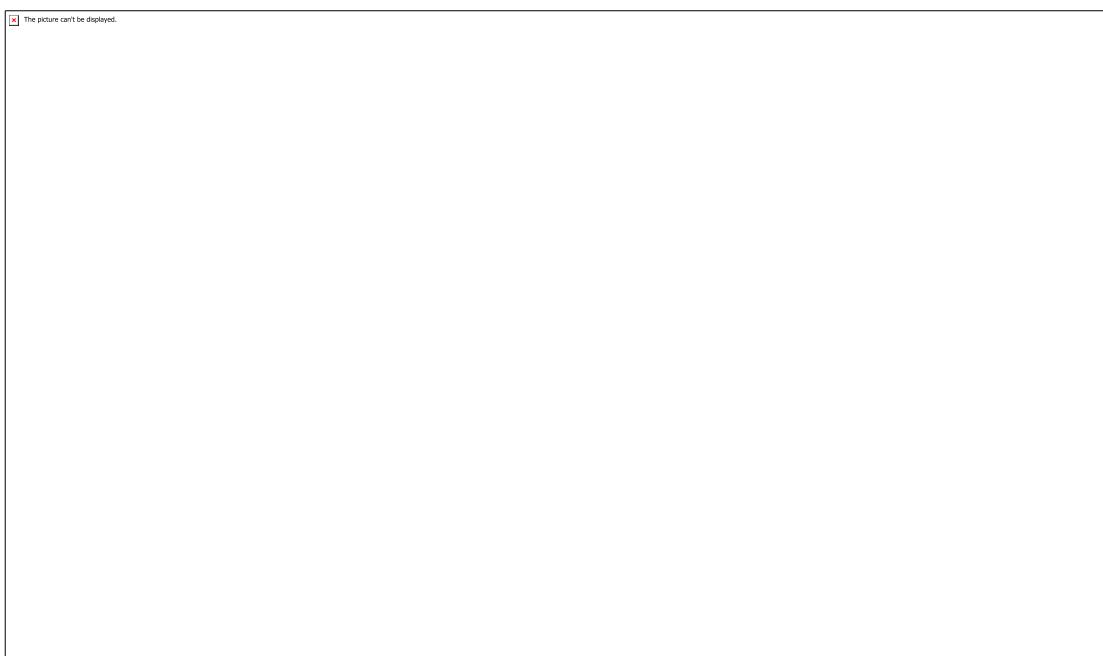


Figura 7. Cromatograma da amostra com tratamento

CÓDIGO: ET1174

AUTOR: JOAO PAULO SILVA DE MEDEIROS BEZERRA

ORIENTADOR: ANDRES ORTIZ SALAZAR

TÍTULO: Estudos de células termoelétricas para aumento da eficiência de sistemas fotovoltaicos

Resumo

Este trabalho propõe um sistema de produção de energia elétrica autossuficiente em que células fotovoltaicas são arrefecidas por células termoelétricas. Tendo em vista que a geração solar por uma célula fotovoltaica depende tanto da temperatura de operação quanto da irradiação solar incidente na mesma. A temperatura de operação pode ser controlada através da utilização de células termoelétricas na função de refrigeração. Propõe também analisar em quais situações se consegue atingir um aumento de rendimento favorável. Levando em consideração diversos conjuntos de irradiação solar, velocidade do vento, e potência dedicada para o arrefecimento, simulações foram realizadas de forma a validar a ideia proposta. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema proposto possui rendimento positivo nas situações em que variáveis ambientais levam a temperaturas mais elevadas do painel fotovoltaico aliado à baixa e controlada potência dedicada às células termoelétricas.

Palavras-chave: Energia solar, Peltier, Fotovoltaica, Termoelétrica, Rendimento

TITLE: Development of a Photovoltaic-Thermoelectric Hybrid System

Abstract

This work proposes a self-sufficient electric energy production system in which photovoltaic cells are cooled by thermoelectric cells. Given that solar generation by a photovoltaic cell depends on both the operating temperature and the solar radiation incident on it. The operating temperature can be controlled by using thermoelectric cells in the cooling function. It also proposes to analyze in which situations a favorable income increase can be achieved. Taking into account several sets of solar irradiation, wind speed, and dedicated cooling power, simulations were performed to validate the proposed idea. The results showed that the proposed system has positive performance in situations where environmental variables lead to higher temperatures of the photovoltaic panel combined with the low and controlled power dedicated to the thermoelectric cells.

Keywords: Solar Energy, Peltier, Photovoltaic, Thermoelectric, Yield.

Introdução

A energia solar fotovoltaica (FV) vem, ao longo dos anos, se solidificando como uma opção para o abastecimento de energia elétrica de diversos países. A vasta disponibilidade diária de energia proveniente do sol, a baixa necessidade de manutenção e manuseio, e o avanço tecnológico aliado aos programas de incentivo a energias limpas são algumas razões por trás de sua adoção crescente pelos países preocupados em diversificar suas matrizes energéticas. Devido a curvatura do globo terrestre, os países localizados próximos a linha do equador desfrutam de um nível de

irradiação solar mais robusta. Dado que boa parte do Brasil está localizada perto do equador, tem-se um panorama favorável para geração de energia através do solar fotovoltaica dado pela maior irradiação, quando comparado com latitudes mais afastadas do equador. Entretanto, a temperatura das células passa a ser um problema, pois limita a geração possível. Diversos trabalhos foram realizados visando mitigar o problema do aumento de temperatura. Irrigação das placas fotovoltaicas, acoplamento de radiadores de calor a traseira das placas fotovoltaicas, combinação de geração de energia elétrica fotovoltaica com aquecimento de água, e utilização de placas termoelétricas para aproveitar o calor proveniente da traseira das placas fotovoltaicas são alguns trabalhos realizados pela comunidade científica. O intuito deste projeto é fazer um uso ainda não verificado na literatura das células termoelétricas (TE), Figura 2, para arrefecimento dos painéis fotovoltaicos. As células TE funcionam através da aplicação de potência elétrica entre seus terminais, ou pela imposição de um diferencial de temperatura entre suas faces. Efeitos distintos são obtidos dependendo da maneira como é utilizada. É de interesse deste trabalho utilizar as células TE na função de refrigerador, em que calor é transferido entre uma face e sua oposta dado um fornecimento de potencial elétrico.

Metodologia

A energia solar absorvida pelas células FVs não convertida em energia elétrica é dissipada na forma de calor ao longo dos componentes físicos de um painel FV e é sabido que a temperatura de um painel FV em operação é fator determinante para seu rendimento. Dessa forma, é de se esperar que a temperatura de um painel FV sob ação solar seja maior que a temperatura ambiente no local onde o mesmo está situado. No estudo de painéis FV é imprescindível que se conheça os principais fatores responsáveis pela mudança de temperatura nas placas solares, de forma a os utilizar em prol de um maior rendimento energético. Sendo assim, descrevem-se aqui os conceitos de: Água, a qual na forma de chuva, normalmente atrelada a sombras e nuvens causa uma diminuição de irradiação solar e por consequência o resfriamento do painel; Ventos, cuja movimentação de massas de ar devido à diferenças de temperatura e pressão das camadas atmosféricas serve como arrefecimento natural; Irradiação solar, sendo descrita pela quantidade de energia solar que chega ao plano do painel FV e por fim, a sombra, causada pela presença de nuvens transitórias ou fontes de sombreamento nos arredores do local onde o painel se encontra. Apresentam-se agora as condições ambientais e operacionais escolhidas para realização das simulações. São também apresentados valores dos componentes calculados segundo as equações apresentadas em capítulos anteriores, e também define variáveis ambientais que influenciam no comportamento do sistema. O sistema completo é ilustrado na Figura 5.1. Nele, são interligados os circuitos elétrico e térmico de um painel fotovoltaico (FV), células TE, sistema rastreador de máxima potência, conversor CC-CC e carga. O circuito elétrico está destacado dentro serrilhado azul, enquanto o térmico está destacado dentro do serrilhado vermelho. Já modelo elétrico do painel FV trabalha como condições operacionais a irradiação solar e a temperatura operacional do módulo, que neste trabalho, é considerada homogênea ao longo de toda sua superfície. Sabendo que no processo de interligação prática de uma célula FV e TE é feita através de uma pasta térmica, é necessário considerar sua resistência durante a análise de temperatura. Assim sendo, pode ser visto na figura XX uma resistência térmica, chamada aqui de Rpt, a qual representa essa pasta. Pode também ser visto que a ligação com o referencial térmico é feito através de dois outros circuitos térmicos. Estes representam um dissipador de calor, Rdiss e Cdiss e a pasta térmica que faz a interface entre ele e a célula TE. A presença do dissipador de calor é muito importante, visto que a célula TE

não dissipava calor, ela apenas o conduzia. A elevação da temperatura interna dos semicondutores internos dela leva a um mal funcionamento, e possível dano permanente. Durante os testes simulados foram considerados os seguintes materiais e suas respectivas características. Primeiramente, o painel FV em si, cujos dados podem ser observados nas Tabelas 1 e 2. Posteriormente, a célula termoelétrica, de modelo TEC1-12705, da Heibei.T. Seus dados complementares e com mais detalhes podem ser observados na Tabela 5.3. Por fim, utilizou-se um conversor CC-CC do tipo Buck, sendo considerada sua variação máxima de saída de tensão igual a 5% e uma frequência de chaveamento de 10 KHz. Buscando simulações adequadas e que colaboraram para se atingir os objetivos propostos no trabalho, considerou-se as seguintes condições de operação do sistema: A carga considerada é uma resistência de baixo valor, o tempo de simulação definido foi de 10 minutos, haja visto que a dinâmica de um sistema térmico é devagar, as trocas de calor foram analisadas de forma unidimensional e finalmente, a alimentação da célula TE é constante e independente da energia gerada pelo painel FV. A escolha dos ventos se deu pela avaliação das velocidades médias ao longo do ano na cidade de Natal/RN, em que o mínimo é de 5,2 m/s e o máximo é de 7,5m/s. Já a escolha das irradiações é arbitrária, pois simulam situações de diferentes níveis de sombreamento do painel FV.

Resultados e Discussões

Este capítulo apresenta os resultados obtidos levando em consideração todas as especificações, de material e condições climáticas e adversas, acima citadas. A princípio, foram simulados casos gerais para obtenção de parâmetros dos painéis FVs para diferentes condições. Assim sendo, obteve-se a Tabela 4. Com base na Tabela 4, podemos analisar o melhor e o pior caso, em termos de queda de temperatura, nas Figuras 6.1 e 6.2, nas quais foram utilizadas velocidade de vento e índices de irradiação diferentes, notar legenda. Sem o arrefecimento, a temperatura do painel tende a estabilizar em um valor superior a temperatura de qualquer outra situação em que o painel é arrefecido. Na Figura 6.1 também se observa as influências da irradiação solar e da velocidade do vento na temperatura do painel. Comparando a temperatura de operação do painel FV com e sem arrefecimento foi encontrada a menor queda de temperatura, 0,87°C ou 2,62%, no caso em que se tem baixa irradiação solar (200W/m²), alta velocidade de vento (7,5m/s) e em que uma célula TE, alimentada com 100 mV influenciou a temperatura de duas células FV (2 cFV). Por outro lado, a maior queda de temperatura, 21,42°C ou 33,78%, se deu no caso em que se tem alta irradiação solar (1000 W/m²), baixa velocidade do vento (1 m/s), e em que a célula TE, alimentada a 1 V, influenciou a temperatura de uma célula FV (1 cFV). Tais resultados já eram esperados, tendo ciência dos princípios de funcionamento dos equipamentos descritos. Para um estudo que venha a contemplar o funcionamento completo do sistema, faz-se necessário analisar outros parâmetros, fora temperatura. Analogamente ao processo anteriormente descrito, avaliou-se o rendimento do sistema, representado pela potência gerada pelo painel FV e consumida pela célula TE nas simulações. Como resultado, obteve-se os dados apresentados na Figura 6.3. De maneira geral, os resultados das simulações em que a célula TE foi alimentada com 1 V mostraram que ao final do tempo de simulação, o consumo de potência inviabilizou o balanço geral da geração. Fazendo o estudo da Figura 6.4, percebe-se que o pior caso é encontrado quando: vento de 5,2 m/s, irradiação solar de 200 W/m², e células TE atuando sobre uma área de célula FV (total de 60 células TE) alimentadas a 1 V cada. Buscando por fim verificar a eficiência do método de arrefecimento proposto, repetiram-se os testes de potência apresentados no gráfico anterior, observar Figura 6.5. É interessante notar que o pior caso para o rendimento percentual não é o mesmo que o pior caso para a

temperatura. Após cálculos, nota-se que o melhor caso atinge um rendimento de 107,72% ao final da simulação. Ou seja, o painel arrefecido gerou potência 7,72% mais alta que o painel não arrefecido.

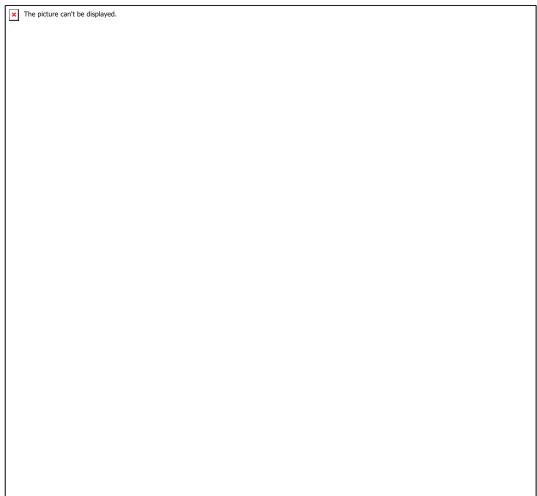
Conclusão

Apresentou-se neste trabalho a proposta de criação de um sistema híbrido de geração de energia elétrica através da utilização de um painel FV arrefecido por um conjunto de células TEs. Modelos matemáticos foram apresentados e explicados, assim como circuitos equivalentes elétricos e térmicos que elucidaram o funcionamento em conjunto de equipamentos distintos. Circuitos auxiliares foram introduzidos, explicados e aplicados com sucesso. O objetivo foi alcançado para conjuntos de variáveis ambientais que favoreceram o aumento da temperatura operacional, comparando o sistema proposto a um sistema base, em que um painel de mesmas características foi submetido à condições de simulação idênticas, porém sem a intervenção do conjunto de células TEs. Todos os resultados apresentados foram adquiridos por meio de simulações, procurando expor as melhores maneiras de representar as condições climáticas e os possíveis cenários de operação das placas FV. Futuramente, trabalhos neste ramo de pesquisa podem incluir o desenvolvimento de um algoritmo de MPPT que englobe os conversores da carga e das células, o projeto de conversor CC-CC específico para o conjunto de células TEs.

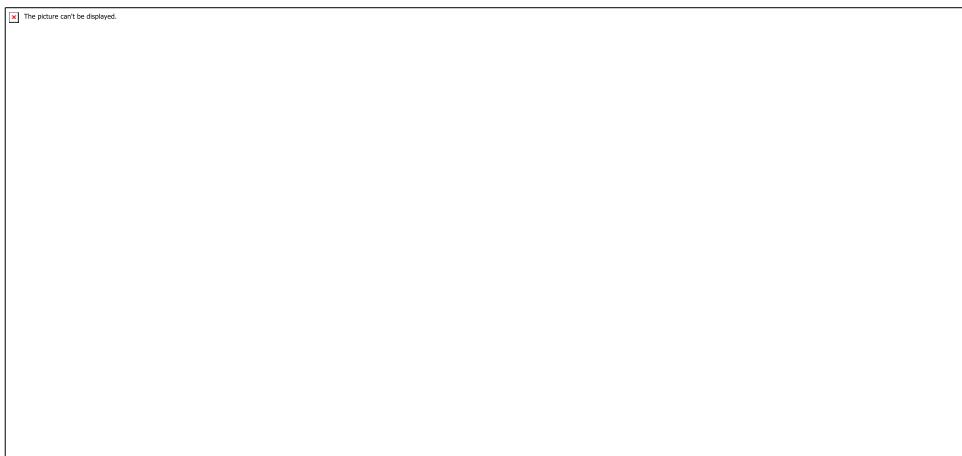
Referências

Barroso, J.C. Sánchez, N. Barth, J.P.M. Correia, S. Ahzi & M.A. Khaleel (2016), 'A computational analysis of coupled thermal and electrical behavior of pv panels', Solar Energy Materials and Solar Cells 148, 73 – 86. Solar Cells and Storage. D'Angola, A., R. Zaffina, D. Enescu, P. Di Leo, G. V. Fracastoro & F. Spertino (2016), Best compromise of net power gain in a cooled photovoltaic system, em '2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)', pp. 1–6. Magalhães, Rafael N. de Araújo, A. Ortiz Salazar (2019), Desenvolvimento de um Sistema Híbrido Fotovoltaico-Termoelétrico. Duffie, J.A. & W.A. Beckman (2013), Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley. Harrag,Abdelghani & Sabir Messalti (2017) , 'Three, five and seven pv model parameters extraction using pso', Energy Procedia 119, 767 – 774. International Conferenceon Technologies and Materials for Renewable Energy, Environmentand Sustainability, TMREES17, 21-24 April 2017, Beirut Lebanon.

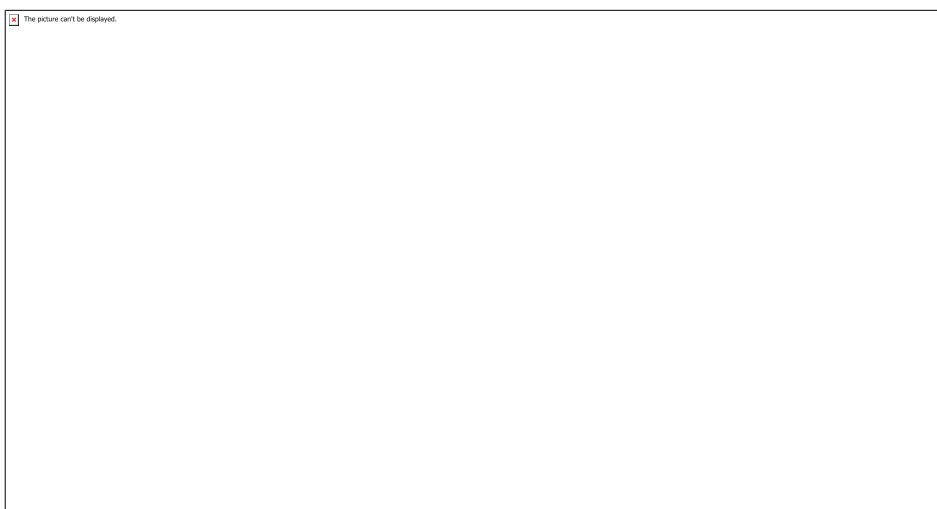
Anexos



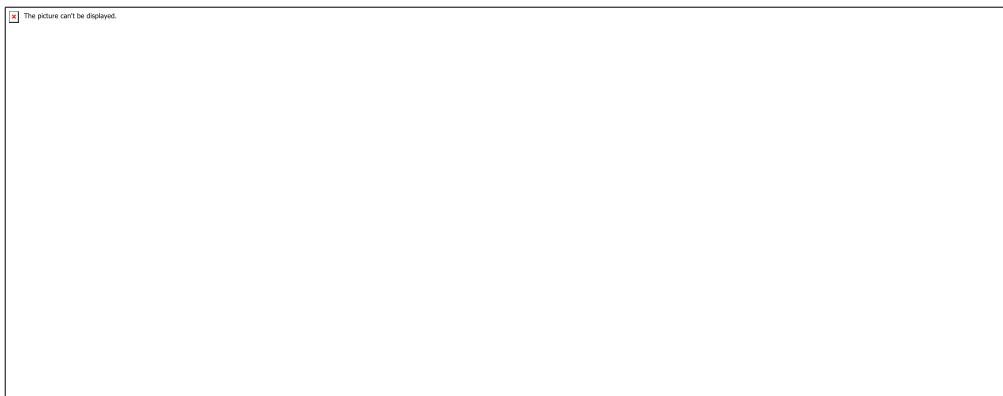
Painel fotovoltaico



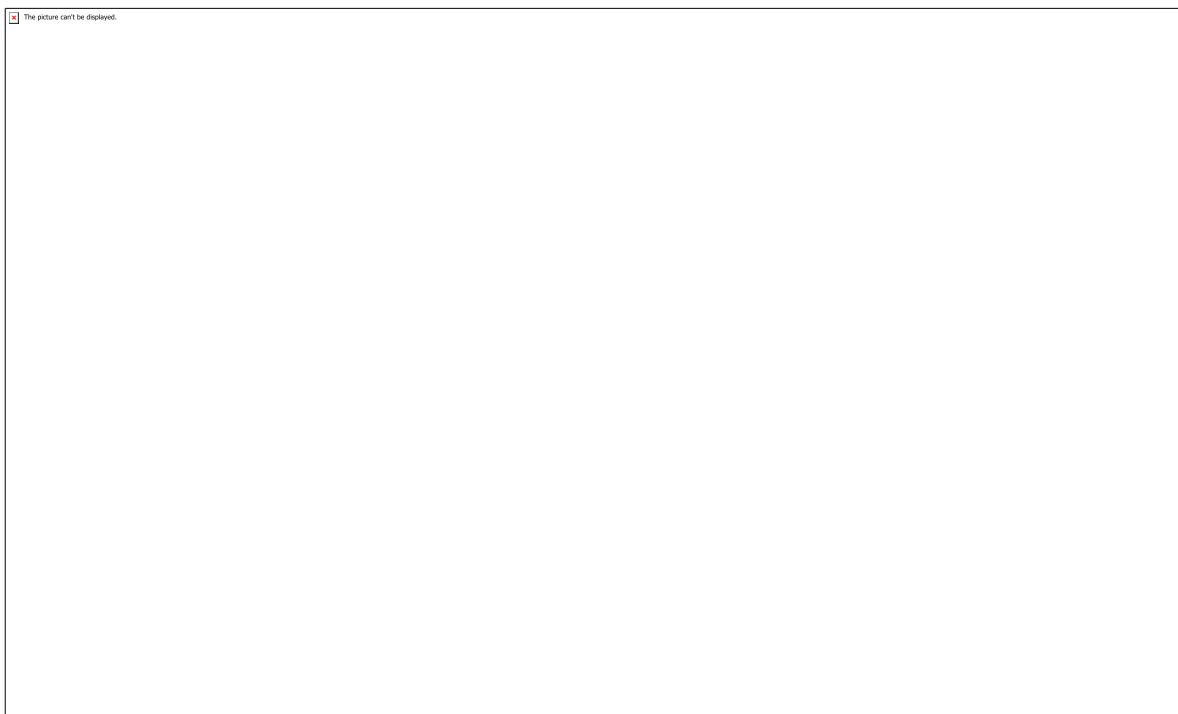
Célula termoelétrica



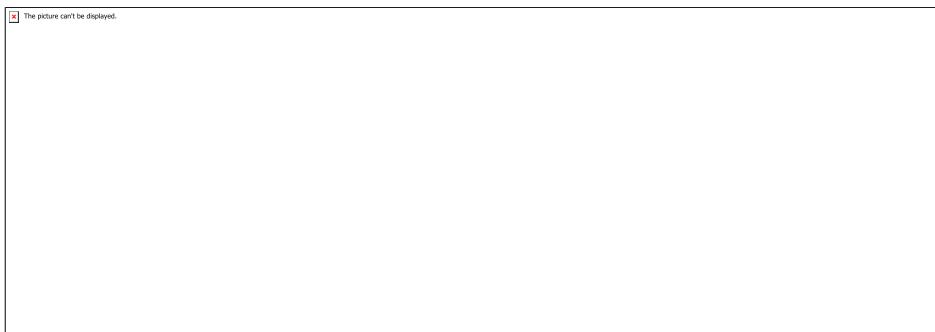
Círculo equivalente do modelo de componentes distribuídos de uma célula TE.



Conversor CC-CC Buck



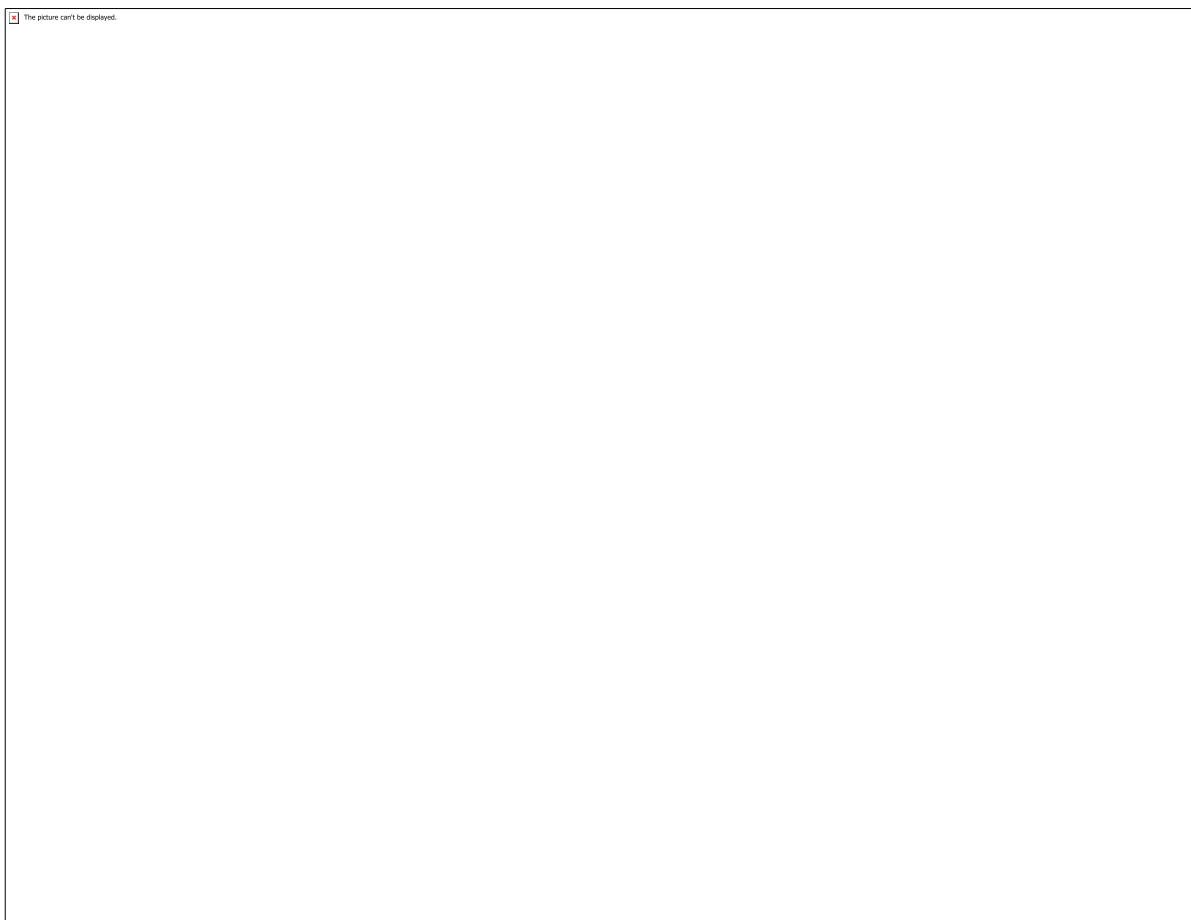
Sistema completo



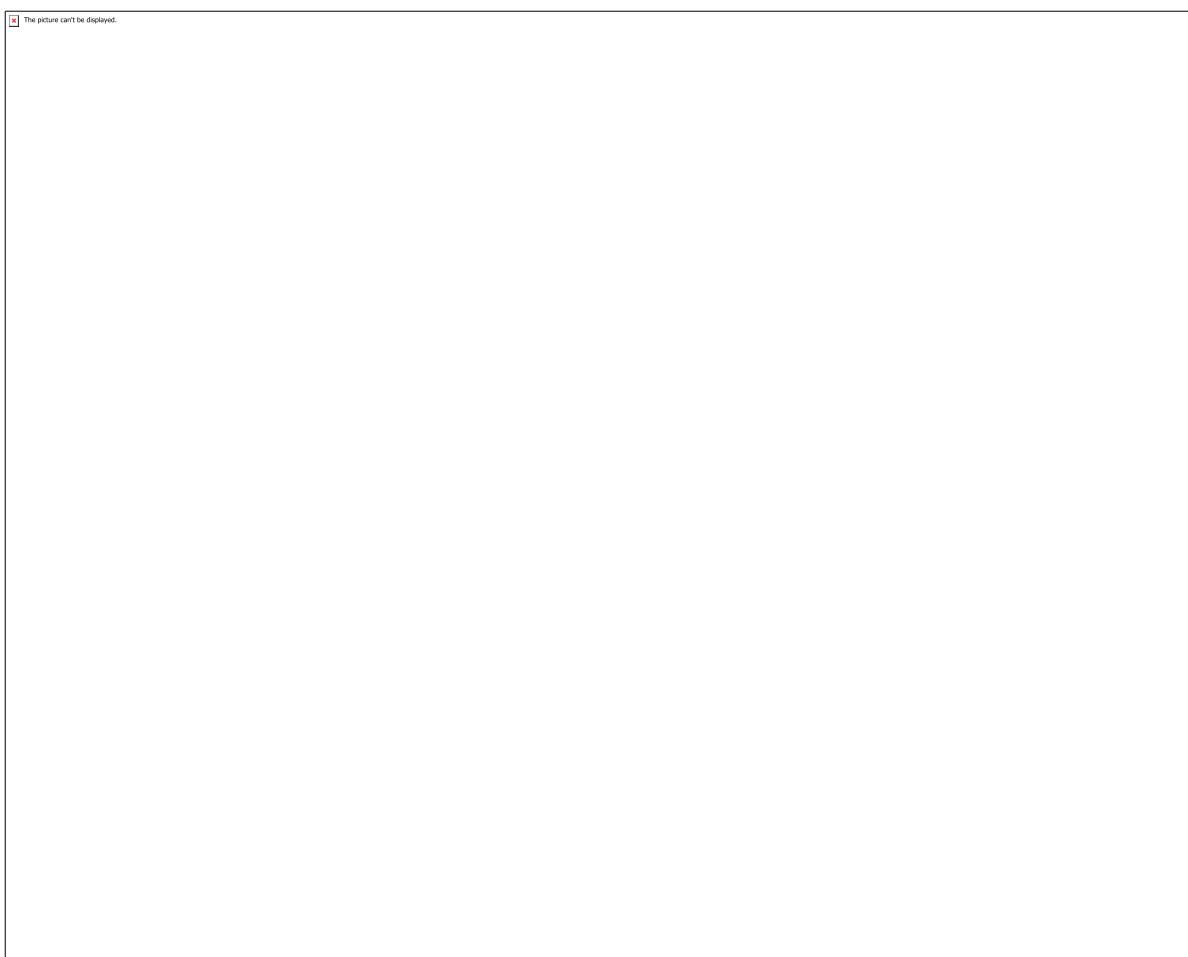
Círculo elétrico equivalente do sistema.



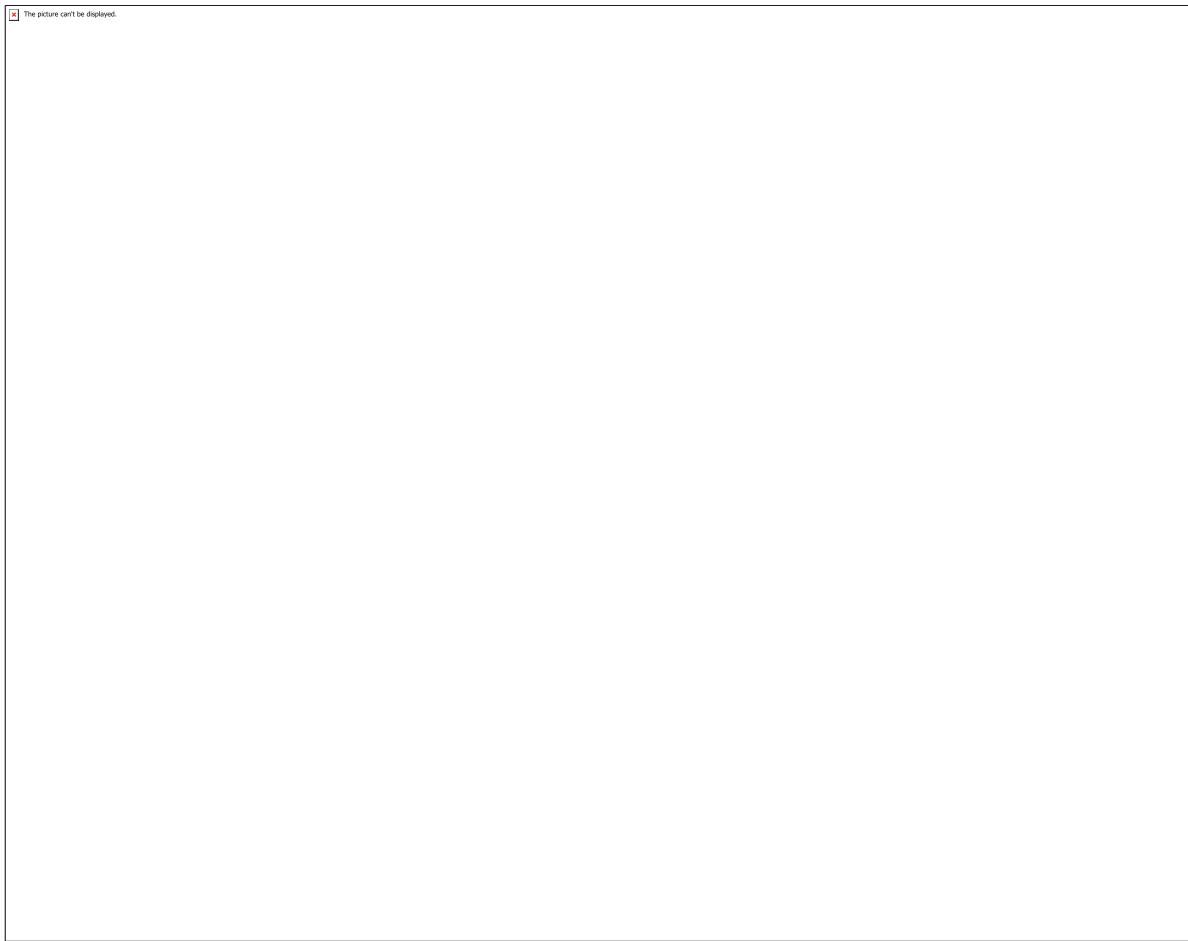
Círculo térmico equivalente do sistema.



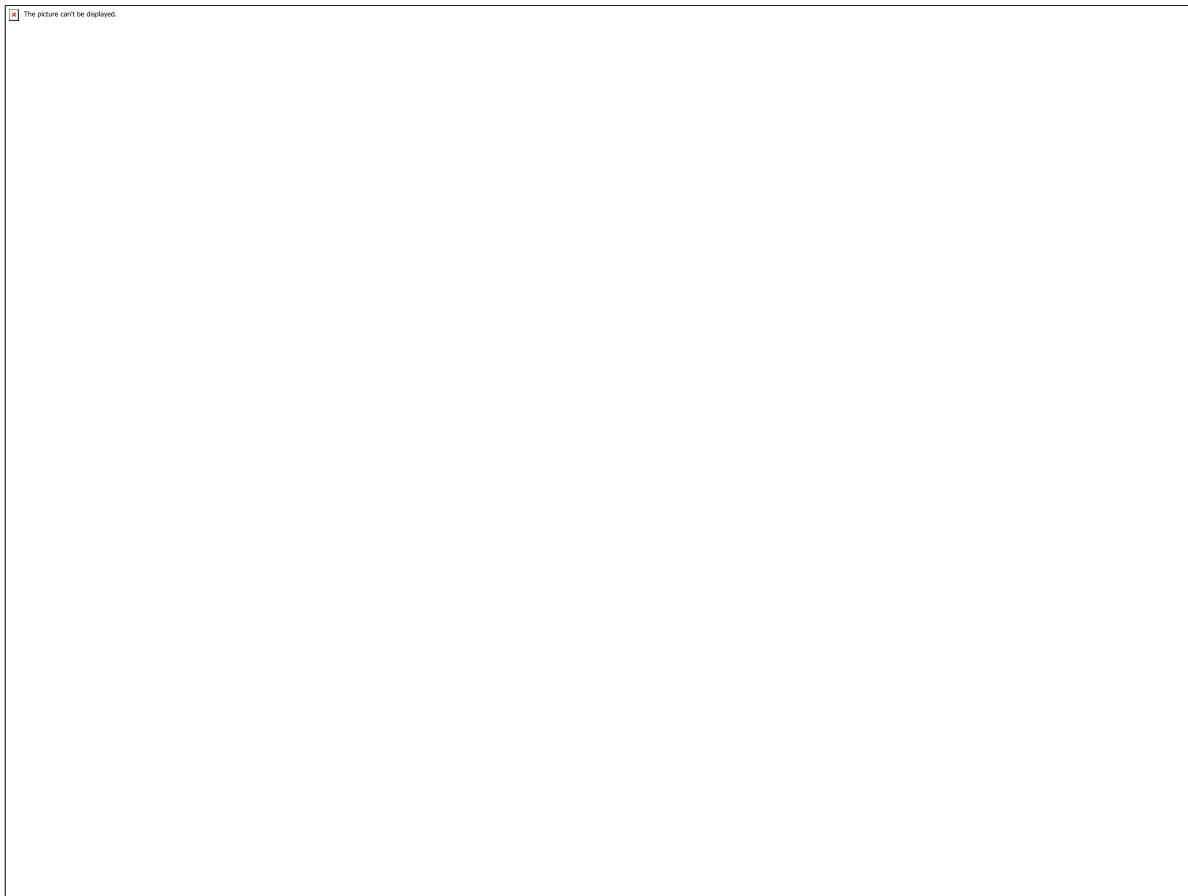
Temperatura x Área e Alimentação - 7,5 m/s e 200 W/m²



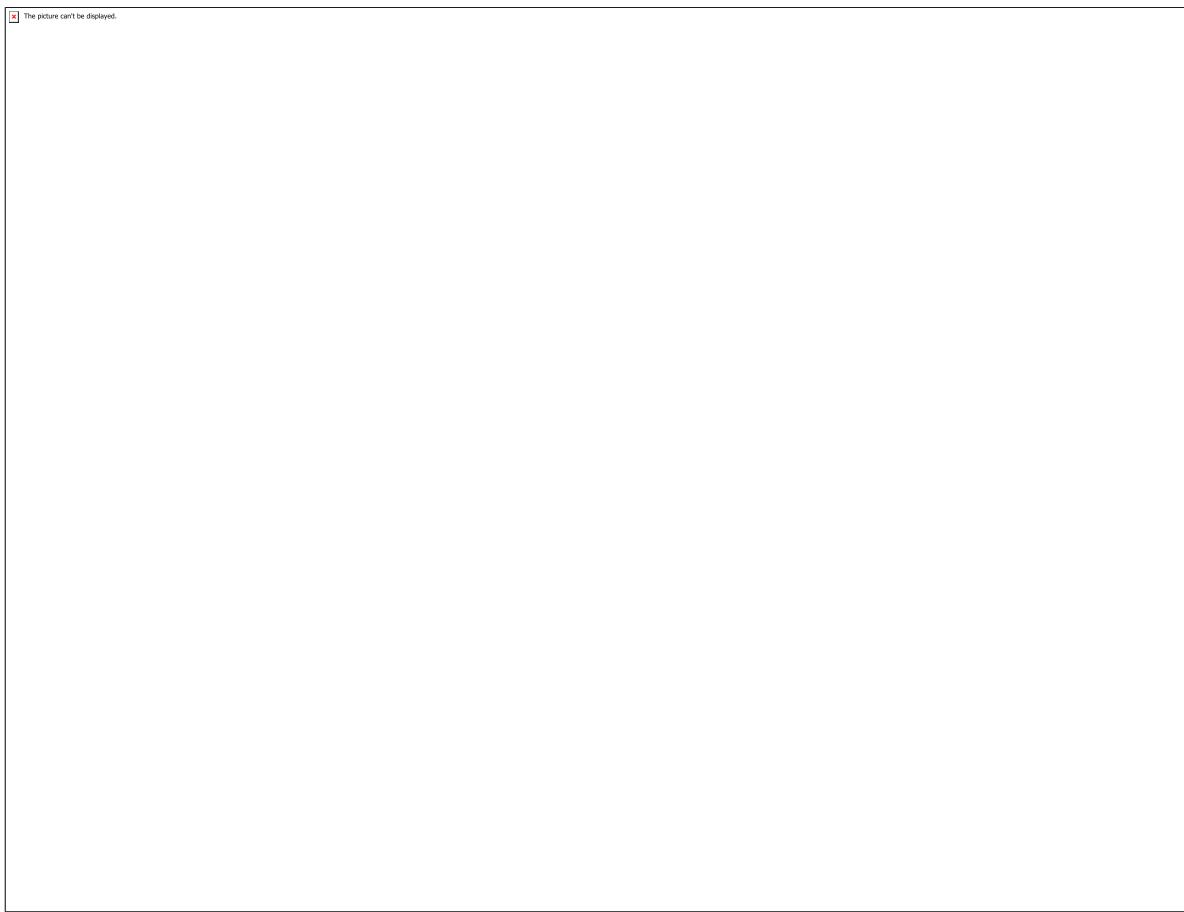
Temperatura x Área e Alimentação - 1,0 m/s e 1000 W/m²



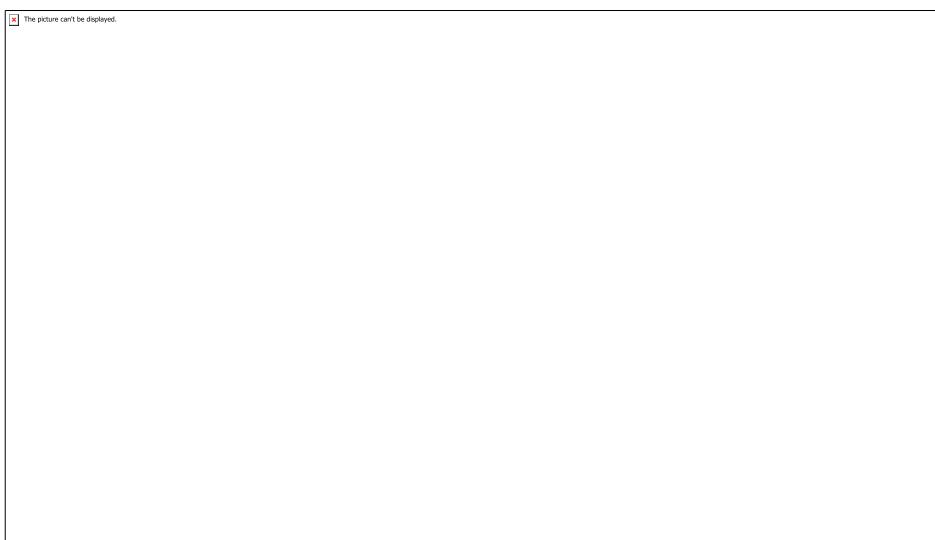
Potência Gerada x Área e Alimentação - 5,2 m/s e 200 W/m²



Potência Consumida x Área e Alimentação - 5,2 m/s e 200 W/m²



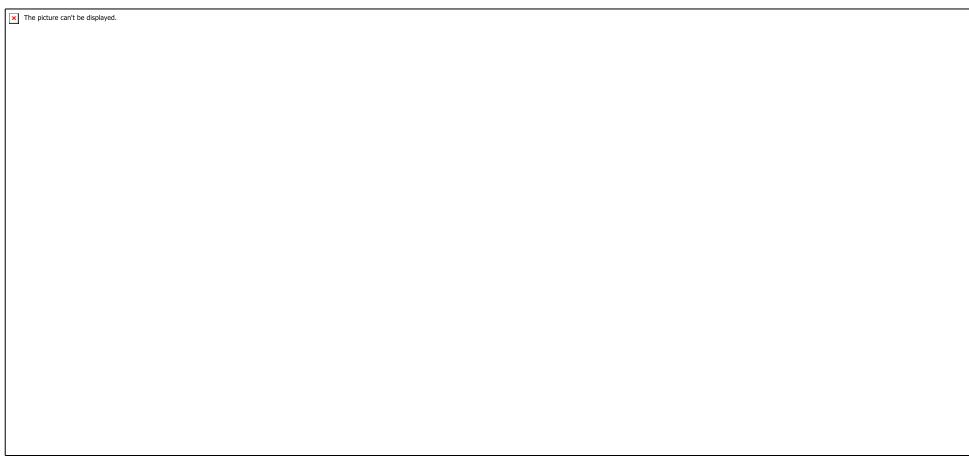
Potência Gerada x Área e Alimentação - 1,0 m/s e 1000 W/m²



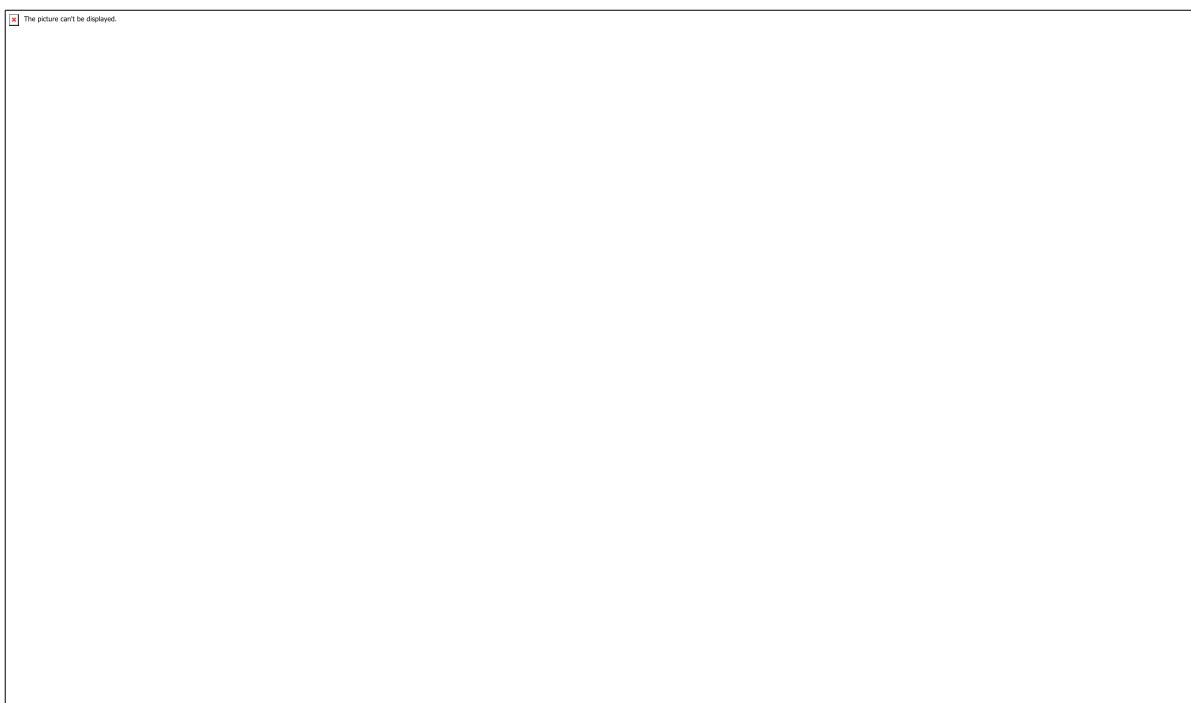
Dados do painel FV GCL P6-60



Resistências elétricas do painel FV



Dados da célula TE



Propriedades físicas das camadas de uma célula FV

CÓDIGO: ET1176

AUTOR: OTÁVIO DO ESPÍRITO SANTO

ORIENTADOR: SAMUEL XAVIER DE SOUZA

TÍTULO: módulo de tolerancia a falhas para aplicações aeroespaciais

Resumo

Alguns setores como o aeroespacial requerem um alto grau de confiabilidade. Nessa área é importante ter um sistema tolerante a falhas. Neste trabalho é apresentado um módulo de tolerância a falhas. O módulo desenvolvido é capaz de detectar e corrigir um erro quando compara o resultado de dois núcleos que executam a mesma instrução. Este projeto usa dois núcleos ibex, anteriormente conhecido como zero-riscy, da plataforma PULP, um projeto da ETH Zurich. Esses núcleos de processamento usam o conjunto de instruções RISC-V, uma ISA recente e aberta e que tem ganhado destaque ultimamente. O produto gerado propõe-se a ser uma solução para aplicações que não possuem margem para erro, em particular aplicações aeroespaciais

Palavras-chave: Fault tolerance system, fault tolerance, redundancy, RISC-V module

TITLE: Fault tolerance module for aerospace applications

Abstract

Some sectors such as aerospace require a high degree of reliability. In this area it is important to have a fault tolerance system. In this work a functional fault tolerance module is presented. The fault tolerance module developed is able to detect and correct an error when comparing the result of two cores that execute the same instruction. This project use two ibex core, previously known as zero-riscy, from the PULP platform, a project from ETH Zurich. These cores use the RISC-V instruction set architecture, a recent and open source ISA that has gained prominence lately. The generated product aims to be a solution for applications that have no margin for errors, in particular the aerospace applications.

Keywords: Fault tolerance system, fault tolerance, redundancy, RISC-V module

Introdução

The aerospace environment presents rather harsh conditions for digital computers. Since the 70s, it is known that charged particles present in the cosmos and readily available in high altitudes may be responsible for a variety of events and errors in digital circuits \cite{Velazco2007}; some events are transient and may not even cause notable changes in the circuit. However, some events may propagate throughout the circuit and cause calculation errors or even irrecoverable circuit damages.

These events are categorized as Single Event Effects (SEE) and may happen when high-speed neutrons in aerospace collide with the silicon components in the circuit \cite{radiation2005}. Depending on how these particles interact with the circuit, they may cause changes in sequential components or in combinational components, affecting the correct behavior of the circuit either temporarily (Soft Error) or permanently (Hard Error). Some hard errors are recoverable with mitigation techniques within the hardware design, however the focus of this paper is in soft errors, which cause damages in processed data or even catastrophic failure in the system as a whole. They require a different set of mitigation techniques.

In order to mitigate the effect of such errors in the digital system, there are a few techniques that may be suitable. Basically, the mitigation techniques are applied in three different levels: at the manufacturing process level, at the layout allocation level and the architecture design level. The first two levels are very intrusive and most frequently are out of control for the chip designer because they respectively deal with the fabrication process and the transistor placement of the circuit. Therefore, this paper will deal with a technique that is intended for the architecture design level.

At the architecture level, redundancy is probably one of the most common strategies used to mitigate soft errors. Redundancy may happen as duplex architectures, triplex architectures or even more redundant modules. In the first case, with only two redundant modules, the system can compare and detect soft errors but cannot verify which module is correct. In the second case, a triplex architecture is capable of detecting and correcting the system, but with the downside of using as much as 50\% more area than the duplex architecture.

For the proposed fault tolerance module, the duplex architecture is the most advantageous. This architecture requires less modification in the target core architecture, the ibex core (previously known as zero-riscy, from the PULP platform from the ETH Zurich) \cite{Schiavone2017}. The project was developed to be a wrap module that encompasses two of ibex cores and continuously compares their result in order to detect disparities.

The CEVERO project has multiple stages. The work presented in this document is a proof of concept. Thus the product resulting from this stage will be dubbed CEVERO SoC version 0.1. In this version of the project was implemented a system capable of detecting and correcting faults.

The way in which the components of the project are shown follows the top-down approach, that is, a complete view of the SoC and its organization is first discussed and then the internal blocks are introduced individually. This document also presents the communication interface between the Fault Tolerance Module (FTM) and the protocol proposed.

Metodologia

The approach to test the system is relatively simple. A program is loaded in the instruction memory and the execution begins. The two cores are executing the same instructions at the same time. At any given time, an error is introduced and it changes the instruction of one of the cores, forcing a different result from the other core. What is

expected after this intervention is that the fault tolerance module goes into operation and corrects the fault by returning the execution of the program to a safe state.

Resultados e Discussões

The tested program took 82 clock cycles to run, resulting in the value 89 which is the twelfth term of the fibonacci sequence. At a certain point in the execution of the program, an error signal was introduced so that core 0 fetches a wrong instruction, causing an error in execution. This test was executed multiples times with changes in the moments where the error signal is inserted.

The module proved effective in detecting the error at the exact moment when a difference was detected between the information coming from either one of the core.

The FTM took a total of 40 clock cycles to complete the entire process. Including the time from detection to fault correction. The total time of execution was the 122 clock cycles. In this particular test the system was 32.8 % of the time correcting the failure.

Conclusão

Soft errors are a very common cause of problems for digital circuits in aerospace applications. They may happen at any given moment and affect both sequential or combinational components of the circuit causing errors. Therefore, such applications need to consider their effect and include in their design mitigation techniques for when such events happen.

The document proposes a fault tolerance module to detect such errors and reset the system to a point before the error happened. This way, any computation that had been affected by a SEE will be executed again, promoting the correct result, and avoiding the propagation or storage of the error.

The fault tolerance module works by reading and comparing data signals from two ibex cores and saving their result in a radiation-hardened storage element, analog to a register file. Whenever the result of both cores is equal, it is supposed that the computation occurred correctly without any SEE. However, when the result of the cores differs, the system detect there was an error in either one of the cores and starts the recovery process, which consists of copying the last safe state back to the register files of both cores and executing the last instruction.

The validation of this design proved successful. The experiment used an assembly program to calculate the fibonacci sequence and introduced errors in different stages of the execution. The FTM accurately detected the errors and restored the previous safe state, which allowed the program to finish its execution correctly, even after a simulated SEE.

Referências

- [1] R. Velazco and F. J. Franco, "Single event effects on digital integrated circuits: Origins and mitigation techniques," IEEE International Symposium on Industrial Electronics , pp. 3322–3327, 2007.
- [2] D. A. Rennels, "Fault-tolerant computing - concepts and examples," IEEE Transactions on Computers , vol. c-33, no. 12, pp. 1–5, 1984.
- [3] R. C. Baumann, "Radiation-induced soft errors in advanced semiconductor technologies," IEEE Transactions on Devices and Materials Reliability, vol. 5, no. 3, pp. 49–63, 2005.
- [4] M. Ottavi, D. Gizopoulos, and S. Pontarelli, Dependable multicore architectures at nanoscale, 2017.
- [5] K. Norvag, "An introduction to fault-tolerant systems," IDI Technical Report , pp. 6–8, 2000.
- [6] P. D. Schiavone, F. Conti, D. Rossi, M. Gautschi, A. Pullini, E. Flamand, and L. Benini, "Slow and steady wins the race? A comparison of ultra- low-power RISC-V cores for internet-of-things applications," 2017 27th International Symposium on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation, PATMOS 2017 , vol. 2017-Janua, pp. 1–8, 2017.
- [7] F.-t. R.-t. Systems, Fault-Tolerant Real-Time Systems , ser. The Springer International Series in Engineering and Computer Science. Boston, MA: Springer US, 1996, vol. 345. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/b102609>
- [8] A. A. A. Sibsankar Haldar, Operating Systems , 1st ed. Pearson, 2010, ch. 5.6, p. 118.
- [9] Ripes. (2019) Ripes. [Online]. Available: <https://github.com/mortbopet/Ripes>

CÓDIGO: ET1177

AUTOR: PRISCILA PAMPLONA PEREIRA PINTO

ORIENTADOR: LUIZ ALESSANDRO PINHEIRO DA CAMARA DE QUEIROZ

TÍTULO: ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE O SISTEMA VIÁRIO E A PRODUÇÃO IMOBILIÁRIA DA CIDADE DE NATAL NO PERÍODO DE 1990 A 2018

Resumo

Nas últimas décadas, a produção imobiliária brasileira assumiu papel de destaque como um dos principais agentes transformadores do espaço urbano. Percebe-se com isso, a grande influência que esse setor gera na infraestrutura de uma região, oferecendo algumas variáveis que podem valorizar os empreendimentos e proporcionando qualidade de vida nas áreas urbanas. Como uma dessas principais variáveis destaca-se a acessibilidade urbana, uma vez que caracteriza o grande desafio das metrópoles do país. O município de Natal apresenta sinais de insustentabilidade no que diz respeito à acessibilidade, ocasionados principalmente por um acelerado crescimento populacional e segregação socioespacial. Desta forma, nota-se que, com os prejuízos gerados na dinâmica econômica e social do espaço urbano, a implantação de empreendimentos no entorno das principais vias urbanas passou a ser um importante diferencial no valor das unidades habitacionais. Com o amplo levantamento e caracterização da produção imobiliária que a capital potiguar dispõe, foi feita uma análise de sua base de dados, correlacionando o processo de atração do mercado imobiliário e o sistema viário da cidade. Sendo assim, além de determinar quais as consequências desse processo para o esgotamento da infraestrutura urbana, a pesquisa também contribui para o entendimento das estratégias dos promotores imobiliários na distribuição espacial dos empreendimentos e na captura de externalidades de vizinhança que valorizam os imóveis.

Palavras-chave: Mercado Imobiliário. Sistema Viário. Infraestrutura. Urbanização.

TITLE: ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ROAD SYSTEM AND THE REAL ESTATE PRODUCTION OF NATAL IN THE PERIOD OF 1990 TO 2018

Abstract

In the last decades, Brazilian real estate production has assumed a prominent role as one of the main transforming agents of urban space. This shows the great influence that real estate generates on the infrastructure of an area, bringing some variables that can increase the value of local business and providing quality of life in urban zones. Urban accessibility stands as one of these main variables, since it is a great challenge for the larger cities of the country. The municipality of Natal, Rio Grande do Norte's capital, shows signs of unsustainability regarding accessibility, caused mainly by accelerated population growth and socio-spatial segregation along the last decades. Thus, it is perceivable that the losses generated in the economic and social dynamics of the urban space make the implementation of projects around of the main urban roads an important differential to be added to the value of the housing units put to sale. With extensive survey and characterization of the real estate production in Natal, was made an analysis of its

database, relating the process of attraction of the real estate market and the city's road system. Thus, in addition to determine the consequences of this process to the exhaustion of urban infrastructure, the research also contributes to the understanding of strategies of the real estate developers in relation to the spatial distribution of the projects and in the capture of neighborhood externalities that value the realty.

Keywords: Real Estate Production. Road System. Infrastructure. Urbanization.

Introdução

A mobilidade nas cidades é fator preponderante na qualidade de vida dos cidadãos. O modelo de circulação de pessoas e cargas dentro do território urbano interfere no desenvolvimento econômico do País, pois dele dependem a logística de distribuição de produtos, a saúde e a produtividade de sua população (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015).

É de responsabilidade da esfera pública solucionar os problemas relacionados às políticas urbanas e de mobilidade. Durante anos, o sistema urbano foi discutido de uma forma segmentada, levando a má qualidade da estrutura de mobilidade de um local. Logo, a qualidade do deslocamento depende de que o sistema urbano tenha seus elementos integrados e planejados, de forma a minimizar distâncias, otimizando tempo e espaço com economicidade.

Nesse aspecto, o Ministério das Cidades (2015) afirma que a mobilidade urbana é ao mesmo tempo causa e consequência do desenvolvimento socioeconômico, da expansão urbana e da distribuição espacial das atividades. O deslocamento de pessoas e mercadorias influencia os aspectos sociais e econômicos do desenvolvimento urbano, sendo a maior ou menor necessidade de deslocamentos definida pela localização das atividades na área urbana.

A partir da década de 1950, o padrão de deslocamentos da população brasileira passou por uma transformação, resultado do crescimento acelerado observado nos grandes centros urbanos, em decorrência do processo de industrialização do País. Em um curto período de tempo, o Brasil deixou de ser rural para tornar-se predominantemente urbano (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015).

Esse crescimento também foi acompanhado pela cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, que de acordo com Costa (2000), a partir da segunda metade do século XX, teve a população expandida de forma acelerada, sem regras efetivas de controle do uso do solo urbano que garantissem uma expansão ordenada.

A cidade em questão vem enfrentando problemas advindos desse acelerado e desordenado crescimento, como uma segregação espacial entre a população de alta e baixa renda, e a ineficiência do seu sistema viário e de mobilidade urbana.

O sistema viário trata-se de uma das mais importantes redes de infraestrutura urbana. Constituído pelas ruas, avenidas, passeios públicos e drenagem urbana, é item fundamental para o deslocamento de pessoas e cargas, contribuindo fortemente para a economia e para a qualidade de vida das pessoas.

De acordo com Código de Obras do Município de Natal (2004), o sistema viário da cidade está classificado em vias estruturais, coletoras e locais. As vias estruturais estão divididas em vias de penetração (arterial I), que fazem a ligação da rede viária municipal com a de outros municípios e em vias de articulação (arterial II), que são as que ligam regiões extremas da cidade. A Tab. 1 identifica esses dois tipos de vias de acordo com suas categorias e classes, e a Fig. 1 as classifica espacialmente.

Nessa conjuntura, percebe-se que dentre as variáveis urbanas que podem gerar valorização aos imóveis e aumento da produção imobiliária, a acessibilidade se apresenta como um importante destaque, tendo em vista as dificuldades de mobilidade tão características das cidades brasileiras.

Apesar dessa constatação, não existem estudos científicos que quantifiquem e caracterizem tal ocorrência, explicitando questões como adensamento populacional e padrão das edificações, entre outros aspectos. São estudos que podem aperfeiçoar o entendimento das causas e consequências desse fenômeno, bem como subsidiar ações por parte do poder público no estabelecimento de políticas urbanas que promovam desconcentração de atividades e de empreendimentos.

Sabendo, então, dessa intensa relação (sistema viário x produção imobiliária) e suas possíveis externalidades negativas, como maiores congestionamentos, aumento do número de acidentes de trânsito, poluição atmosférica local e exclusão social, é que se percebe a necessidade de um estudo que correlacione essas duas categorias.

Metodologia

O trabalho em questão se caracteriza como um estudo de caso do tipo descritivo e explicativo, uma vez que expõe as características de determinado fenômeno e fornece as bases para sua explicação (GIL, 2007).

Para a realização deste estudo, foi utilizado o banco de dados disponibilizado por Queiroz (2012), contendo todos os empreendimentos imobiliários privados registrados em Natal, compreendidos entre o período de 1967 a 2010, e expandido por Costa (2017) até 2015. A coleta dos dados restantes foi feita a partir da disponibilidade dos cartórios da cidade.

Os procedimentos metodológicos se baseiam na inserção dessas informações contidas no banco de dados em uma plataforma digital, com o uso do software ArcGis, possibilitando a geração de mapas temáticos de alta precisão que viabilizaram análises acerca do impacto da produção imobiliária sob vários aspectos do espaço urbano.

O município em estudo dispõe de um levantamento e caracterização da produção imobiliária que envolve cerca de 50.000 unidades habitacionais (QUEIROZ, 2012). A

partir dessa base de dados, procurou-se aprofundar o entendimento desse processo de produção, protagonizado pelos promotores imobiliários, com o sistema viário.

Para alcançar os resultados propostos serão seguidos os seguintes procedimentos metodológicos, com suas respectivas etapas:

1.1. Revisão de Literatura:

Revisão bibliográfica sobre sistema viário e mobilidade urbana, bem como sobre a metodologia científica adotada (Estudo de Caso);

1.2. Definição e Ampliação da Base de Dados:

Ampliação da base de dados georreferenciados para o período entre 1990 e 2018, integralizando quase 30 anos de informações catalogadas e tratadas com geotecnologia; Obtenção de base de dados georreferenciados sobre o sistema viário existente na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (SEMURB);

1.3. Organização dos Dados:

Interpolação das duas bases de dados para possibilitar correlações entre os dois temas: vias arteriais x empreendimentos imobiliários;

1.4. Elaboração de Mapas Temáticos:

Geração de mapas e análises acerca da distribuição espacial dos empreendimentos e de sua relação com as vias arteriais;

1.5. Análise Espacial:

Geração de gráficos e tabelas que esclareçam a correlação existente entre as duas categorias pesquisadas, revelando as possíveis correlações e estratégias dos promotores imobiliários em associar seus empreendimentos às principais avenidas da cidade;

Resultados e Discussões

A partir do banco de dados disponível, foi realizada a análise espacial dos empreendimentos de Natal nas principais vias da cidade. Essa análise foi feita em um recorte temporal, baseado no período de 1990 a 2018, para que se possa demonstrar o grande crescimento imobiliário da região e consequente adensamento populacional.

No período analisado foi registrado um total de 675 empreendimentos na capital Potiguar, totalizando 50290 unidades habitacionais. A Tab. 2 mostra de maneira quantificada esses dois parâmetros, de acordo com cada zona administrativa da cidade.

Percebe-se com a tabela que as zonas Sul e Leste lideram no número de empreendimentos e de unidades habitacionais. Por essas informações, se considerou como foco de estudo essas duas zonas administrativas. As zonas em questão são consideradas as de maior renda da população e de melhor infraestrutura da cidade.

A Fig. 2 representa um mapa com a localização dos empreendimentos nos entornos das vias de penetração dessas duas zonas. Para uma melhor avaliação do estudo em questão foi criado no mapa um raio de 500 metros e outro de 1000 metros ao redor de cada via.

Com a análise relativa à distância dos raios, pode-se perceber que a maioria dos empreendimentos se ordena ao alinhamento da via de Penetração. A Tab. 3 quantifica essa afirmação separando as duas zonas. Essa via é composta pela BR 101 - Av. Sen. Salgado Filho / Av. Hermes da Fonseca e pela RN 063 - Rota do Sol (sul) / Av. Eng. Roberto Freire.

A Av. Hermes da Fonseca está localizada em sua totalidade na zona leste da cidade e é notório como quase todos os empreendimentos do local se encontram em sua proximidade. Essa zona é reconhecida como a de maior padrão das edificações. Os moradores mais elitizados são consequência de uma região com infraestrutura mais desenvolvida e localização preferencial dos equipamentos urbanos de serviço.

Já a Av. Sen. Salgado Filho, a Rota do Sol (Av. Dep. Antônio Florêncio de Queiroz) e a Av. Eng. Roberto Freire se localizam na zona sul. A Av. Sen. Salgado Filho é considerada uma das mais importantes da capital, uma vez que faz ligação com as regiões mais urbanizadas da cidade e é onde se encontra diversos shoppings e escolas.

A Av. Dep. Antônio Florêncio de Queiroz e a Av. Eng. Roberto Freire são as vias que fazem acesso ao litoral sul do Estado. São vias presentes em uma região predominantemente turística e de grande interesse imobiliário, principalmente no bairro de Ponta Negra.

Segundo o Plano Diretor de Natal, o referido bairro corresponde a uma área sujeita à Operação Urbana. Essa operação visa à geração de desenvolvimento urbanístico, implantando e/ou ampliando sua infraestrutura, por meio de intervenções, uma vez que Ponta Negra apresenta uma demanda imobiliária acima dos limites estabelecidos pela legislação urbanística.

Um gráfico de barras (Fig. 3) foi feito para contabilizar os empreendimentos de forma mais detalhada, separando-os por cada uma dessas vias e de acordo com os raios de influência em estudo. Um mesmo empreendimento pode se localizar no raio de abrangência de duas vias distintas.

No gráfico é constatada a proximidade das edificações com as vias, uma vez que é no raio de aproximação de 500 metros que se encontram a maior parte dos imóveis. Já a uma distância de 500 a 1000 metros nota-se uma diminuição da produção imobiliária ao seu redor. Isso confirma a relação que o sistema viário estabelece com esse mercado e como a acessibilidade passa a ser um elemento fundamental nas decisões dos promotores imobiliários privados para que alcancem grandes lucros de localização.

Atraídos pela infraestrutura e pelos equipamentos urbanos, suas escolhas podem reforçar o aumento e segregação social ao priorizar a construção de unidades habitacionais nas áreas que proporcionam maior lucratividade.

Conclusão

A partir da análise do banco de dados coletados e o geoprocessamento da produção imobiliária com o sistema viário da cidade foi possível perceber a intrínseca relação da mercadoria habitação com a infraestrutura viária, e como a maioria dos empreendimentos se concentra em um mesmo fragmento da cidade.

Nesse estudo de caso de Natal, ficou claro o entorno dos empreendimentos nas principais vias urbanas da cidade. Esse tipo de situação é uma das variáveis que chega

a gerar um grande diferencial a ser acrescentado ao valor das unidades habitacionais comercializadas.

Com isso, percebe-se a importância de se conhecer essa relação de atratividade que as vias arteriais exercem e como isso influencia na lógica dos promotores, na dinâmica imobiliária e auxilia no processo de planejamento urbano.

É fundamental ter em vista que, com essa forte atração dos empreendimentos residenciais com o sistema viário principal, ao mesmo tempo em que o fenômeno pode facilitar a vida de seus condôminos também contribui para um adensamento excessivo de algumas regiões, provocando sobrecarga e o consequente congestionamento sistemático das vias.

O adensamento de uma região pode ser considerado como o produto do desenvolvimento da infraestrutura de determinada área, uma vez que esta começa a apresentar características capazes de suportar o aumento populacional. Em contrapartida, no momento em que a administração municipal identifica um adensamento populacional excessivo na região, surge a difícil tarefa de suprir a demanda da infraestrutura que está limitada. Ou seja, o desenvolvimento da infraestrutura de uma determinada localidade pode surgir tanto como a causa, como também como a consequência do adensamento populacional.

Por fim, constatando-se a impactante influência do setor imobiliário com a infraestrutura de uma cidade e tendo conhecimento sobre esses aspectos é que se percebe a possível sobrecarga da infraestrutura e dos serviços urbanos e que, portanto, precisam ser analisadas em detalhe para subsidiar o planejamento urbano e as políticas públicas necessárias.

Entende-se, ainda, que a continuação do projeto, com a utilização dos dados digitalizados e mapeados, pode subsidiar em estudos com variados temas e níveis de complexidade. Com isso, se gera um cenário em que é possível analisar as inúmeras variáveis que influenciam no mercado imobiliário.

Referências

COSTA, Luzimar Pereira da. **Análise da mobilidade urbana de Natal/RN a partir do uso de indicadores de sustentabilidade.** 2014. 172f. Dissertação (Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

COSTA, M.S. **Um índice de mobilidade urbana sustentável.** 2008. 355f. Tese (Doutorado em Planejamento e Operação de Sistema de Transporte) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

COSTA, Túlio Cesar de Souza. **Análise sobre a distribuição espacial da produção imobiliária privada no município de natal/rn entre 1990 e 2015.** 2017. 78f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob: caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana.** Brasília: Ministério das Cidades, 2015. Disponível em: <<https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/planmob.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

NATAL, Lei complementar nº 055, de 27 de janeiro de 2004. **Código de Obras e Edificações do Município de Natal.** Natal, 2004.

NATAL, Lei Nº 082, de 21 de junho de 2007. **Plano Diretor Físico-Territorial do Município do Natal.** Natal, 2007.

QUEIROZ, Luiz A. P. C. **Incorporações Imobiliárias: Ciclos, Financeirização e Dinâmica Espacial em Natal/RN.** Tese de Doutorado, Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

Anexos

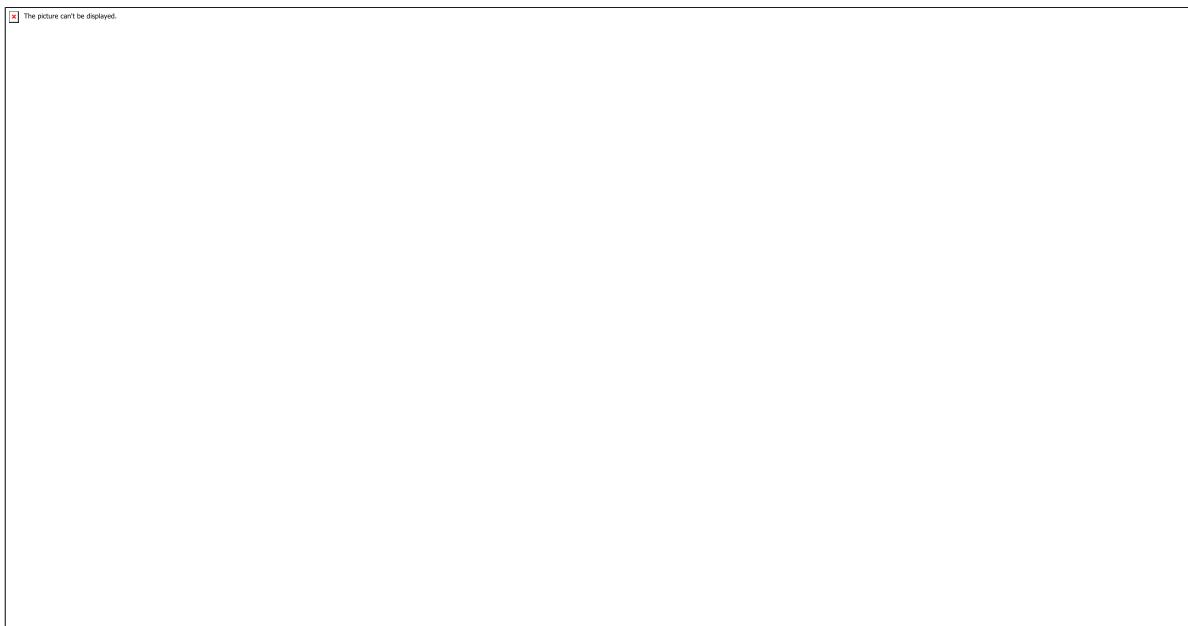


Tabela 01: Sistema Viário de Natal – Vias Estruturais

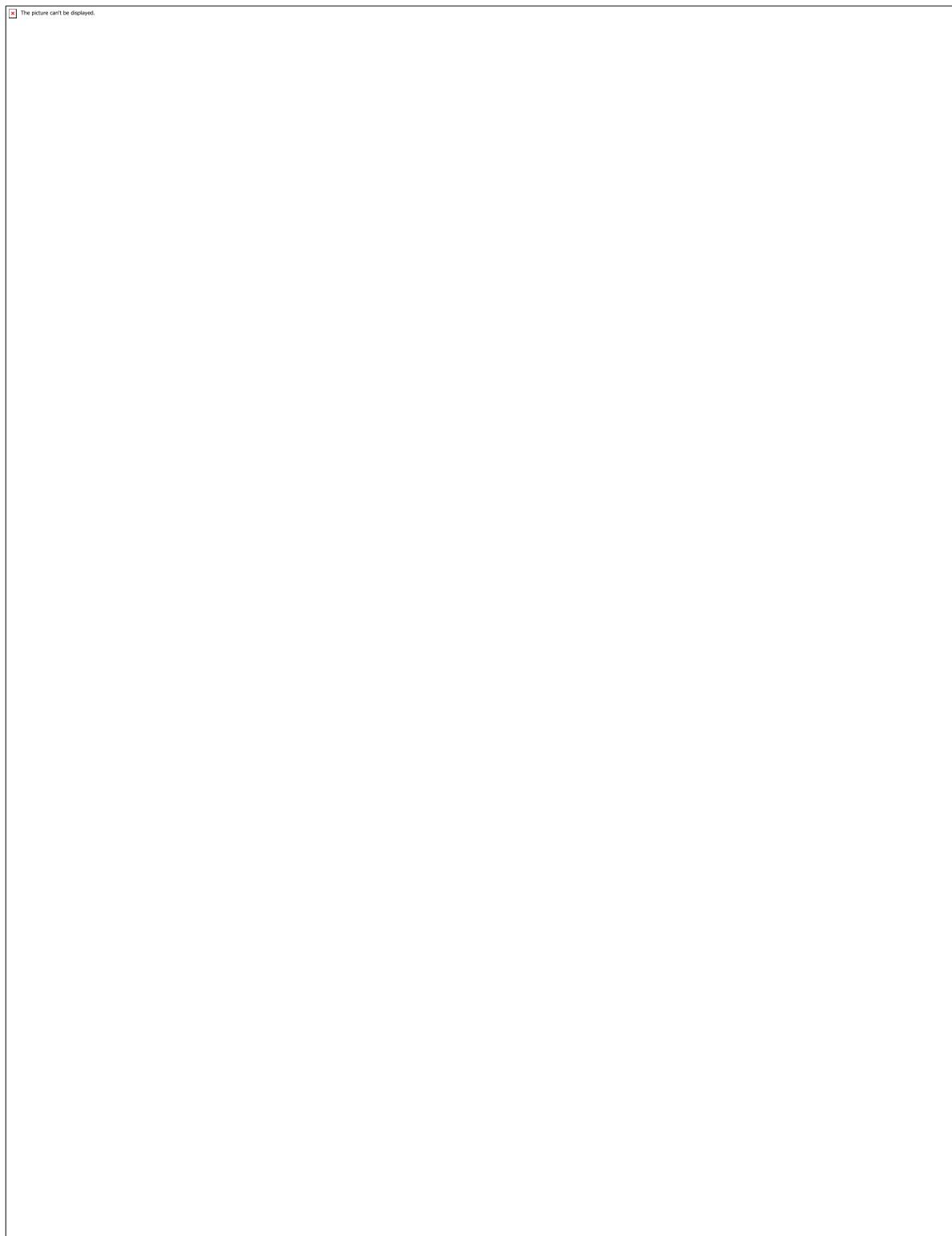


Figura 01: Sistema Viário do Município de Natal



Tabela 02: Resumo da produção dos empreendimentos por zona administrativa

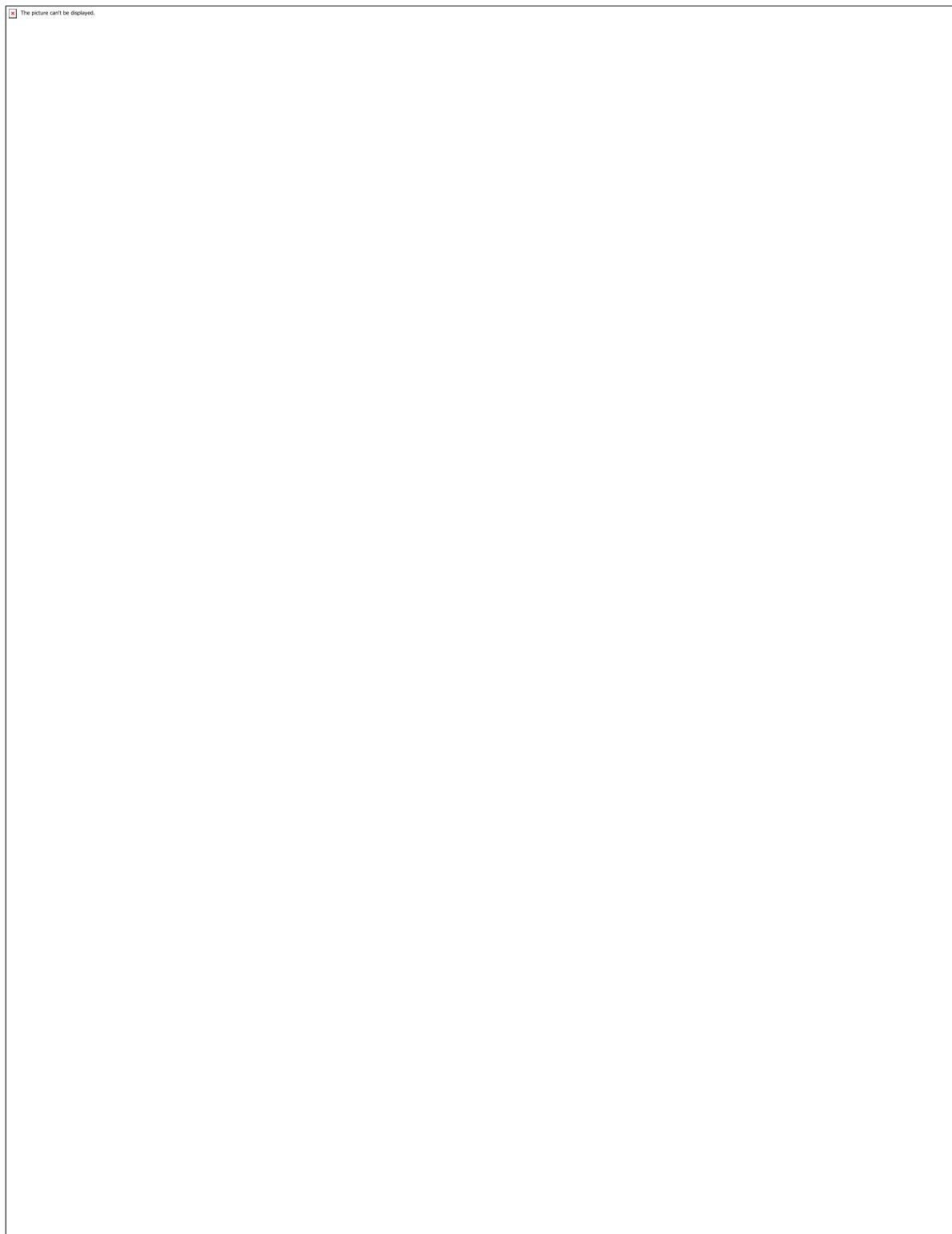


Figura 02: Sistema Viário e Produção Imobiliária – Zona Leste e Sul de Natal

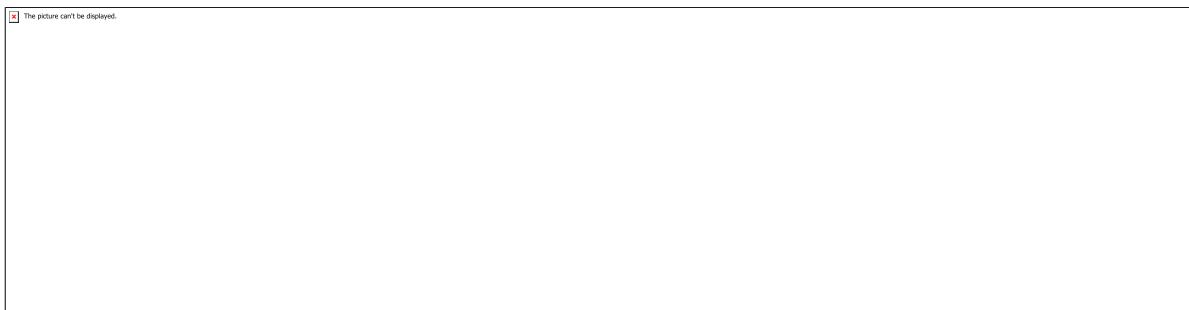


Tabela 03: Número de empreendimentos dentro dos raios de influência

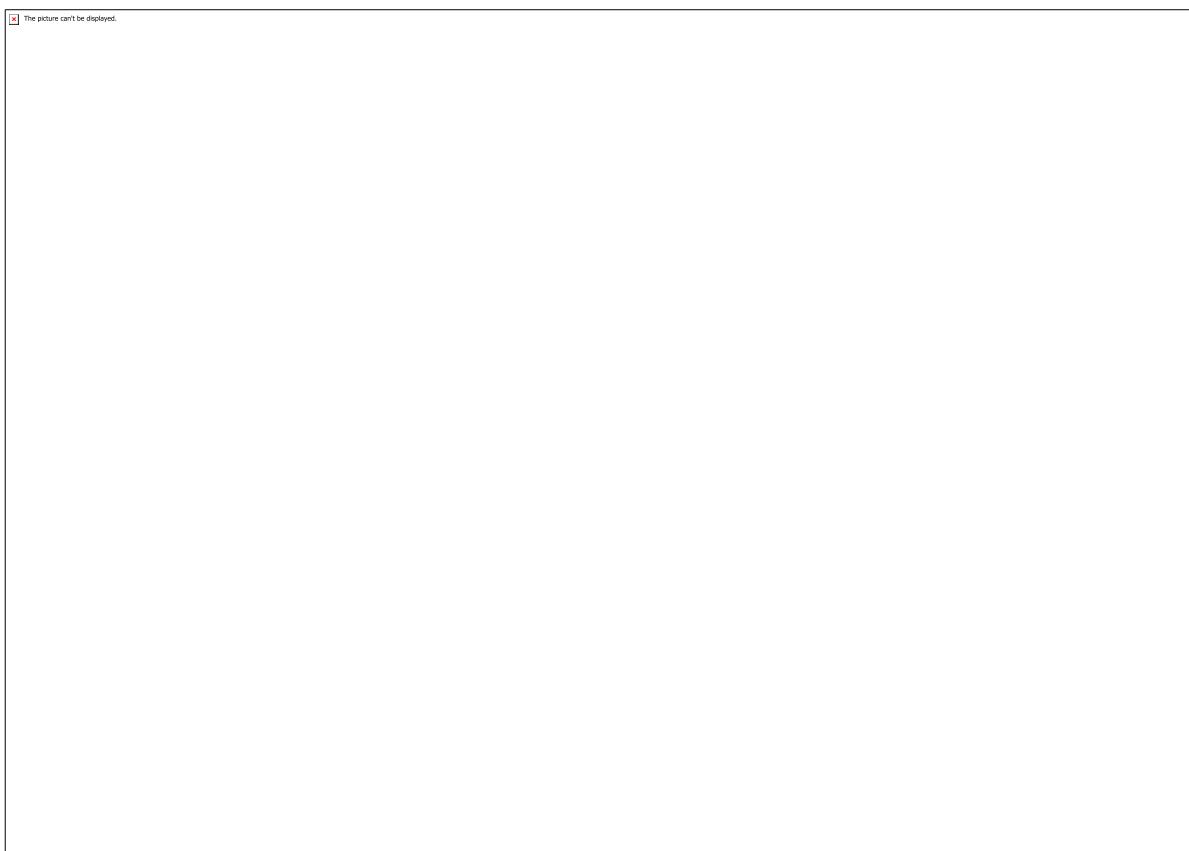


Figura 03: Número de empreendimentos de acordo com as vias de penetração

CÓDIGO: ET1179

AUTOR: JOYCE MARINA PAIVA DA SILVA

ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO PASKOCIMAS

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIALIS E MINERAIS

Resumo

A escassez de recursos naturais que já atinge muitos países e que vem sendo um grande desafio para a indústria, que visa manter os padrões de produção e consumo, é um dos principais motivos pela pesquisa em busca de novas alternativas de matérias-primas. Assim, o estudo voltado ao desenvolvimento de novas opções visando soluções técnicas viáveis, juntamente com as preocupações com a qualidade, segurança, custo e com a preservação ambiental, se intensificou de forma rápida. Desse modo, materiais que até então era considerados inutilizáveis, passaram a ser considerados como insumos ou matérias-primas em potencial. A utilização de resíduos provenientes de atividades de extração, beneficiamento de minérios ou de processos industriais passaram a chamar atenção por serem capazes de viabilizar, de forma técnica, econômica e ambiental o seu uso como matéria-prima. Esse trabalho visa realizar um estudo sobre os resíduos industriais e minerais que são gerados no Estado do Rio Grande do Norte, tais como: resíduo de caulim, resíduo da indústria cerâmica e resíduo de cascalho de perfuração.

Palavras-chave: Resíduos, matérias-primas alternativas

TITLE: CHARACTERIZATION AND PROCESSING OF INDUSTRIAL AND MINERAL WASTES

Abstract

The lack of natural resources already affecting many countries and which has been a major challenge for the industry, which aims to keep production and consumption patterns, is one of the main reasons for researching new alternatives for raw materials. Thus, the study focused on the development of new options for viable technical solutions, in addition with concerns about quality, safety, cost and environmental preservation, intensified rapidly. Thus, materials that until then were considered unusable, were considered as potential inputs or raw materials. The use of waste from extraction activities, ore processing or industrial processes started to draw attention because they are able to technically, economically and environmentally enable their use as raw material. This work aims to conduct a study on industrial and mineral waste that are generated in the state of Rio Grande do Norte, such as: kaolin residue, ceramic industry residue and drilling gravel residue.

Keywords: Wastes, alternative raw materials

Introdução

No início do projeto, foi realizada uma etapa exploratória, envolvendo o levantamento bibliográfico e testes laboratoriais, para definir quais as possibilidades de uso que foram menos exploradas para o resíduo de cascalho de perfuração, resíduo de caulim, resíduo

de cerâmica vermelha e resíduo de rocha calcária, e viáveis de serem estudadas nos laboratórios do DEMAT. Deste modo, foi definido para o resíduo de cascalho de perfuração o seu uso em concretos, para o resíduo de caulim o uso em produtos à base de mulita, para o resíduo de cerâmica vermelha o uso como chamote e para o resíduo de rocha calcária o uso em vitrocerâmicas, sendo o estudo deste último interrompido por dificuldades momentâneas com os fornos de altas temperaturas do DEMAT. A pesquisa de artigos científicos em periódicos foi realizada na base “Web of Science”, sendo apresentado a seguir os artigos mais interessantes para as aplicações identificadas preliminarmente.

Para o resíduo de cascalho de perfuração, a pesquisa bibliográfica apresentou para os termos “Drill and Cuttings” no modo de busca tópico 6.459 artigos e 922 artigos no modo de busca título, e com a busca para os termos “Drill and Cuttings and concrete” 7 artigos dos quais apenas 4 tangenciam a proposta de uso mais viável que foi estabelecida num estudo exploratório preliminar. Wang, CQ et alii [1], estudaram a viabilidade de utilização de cascalho de perfuração calcinado, combinado com “fly ash”, como substitutos de agregados finos e material cimentício em produtos à base de cimento, os resultados sugerem que um o resíduo calcinado pode proporcionar um efeito pozolânico. Maziar Foroutan et alii [2], verificaram que a substituição dos agregados finos em até 20% de cascalho de perfuração, pode é possível em formulações de concreto para aplicações controladas de baixa resistência. Chao-qiang Wang et alii [3], estudaram a viabilidade da incorporação de resíduos de pirólise proveniente da extração de gás de xisto, combinado com “fly ash”, em produtos de concreto aerado não autoclavado. Os resultados mostraram que o resíduo contribui com um efeito pozolânico. Ehsan Mostavi et alii [4], concluíram pela viabilidade de utilização do cascalho de perfuração em substituição parcial do cimento Portland em até 20%, com uma redução da resistência a compressão de 15%, comparativamente as misturas de referência. O uso combinado do resíduo com aditivos também foi estudado.

Para o resíduo de caulim, a pesquisa bibliográfica apresentou para os termos “Kaolinite and Residue” no modo de busca tópico 286 artigos e acrescentando o termo “Mullite” 25 artigos, dos quais apenas 2 tangenciam a proposta de uso mais viável que foi estabelecida no estudo exploratório preliminar. Maria, I.B. et alii [5], propõem o uso de energia de micro-ondas para obtenção de mulita a partir do resíduo de caulim, estudando o efeito da potência da radiação MO e do tempo sob a formação da fase mulita. R. R. Menezes et alii [6], caracterizaram o resíduo de caulim e estudaram formulações para obtenção de cerâmicas técnicas, concluindo que é viável o seu uso em até 66% em massas cerâmicas para obtenção de cerâmicas porosas.

Para o resíduo de cerâmica vermelha, a pesquisa bibliográfica apresentou para os termos “Building and Ceramic and Clay and Residue” no modo de busca tópico 35 artigos, e para os termos “Red and Ceramic and Mass and Residue” no modo de busca tópico 25 artigos, no entanto nenhum dos artigos pesquisados tangenciou o objeto proposto neste estudo. Apenas destacando dois artigos que pesquisaram o uso de resíduo de gesso em formulações de massas para a obtenção de cerâmicas vermelhas e um outro que estudou o uso de resíduo de cerâmica vermelha para a obtenção de membranas tubulares [7,8].

Metodologia

Semelhantemente, as matérias-primas usualmente empregadas na construção civil e na produção de cerâmicas, para que se possam definir possíveis aplicações para os resíduos, deve-se considerar suas características químicas, físicas e mineralógicas. Ressalta-se que, para os resíduos, este é um dos grandes limitantes para sejam utilizados industrialmente como substitutos de matérias-primas de uso consagrado, visto

que suas características estão mais sujeitas a variabilidade. Por exemplo, as características dos resíduos de cascalho de perfuração sofrem mudanças intensas relacionadas com as formações geológicas entre as diferentes áreas de perfuração e entre diferentes extratos perfurados, principalmente em poços de grande profundidade. Soma-se a estas fontes de variabilidade a necessidade de utilização de fluidos de perfuração e aditivos, o que amplia a faixa de composições químicas dos resíduos gerados. No caso do resíduo de caulim e do resíduo de cerâmica vermelha, várias fontes de variabilidade podem ser destacadas, também relacionada com variações nas formações geológicas, processos de beneficiamento, processos de fabricação e temperatura de queima, e que incidem com maior ou menor intensidade sobre as suas características químicas, físicas e mineralógicas.

Portanto, o primeiro passo para que um determinado resíduo adquira o status de matéria-prima industrial, é promover a sua adequação por meio de procedimentos de homogeneização e classificação granulométrica, principalmente. Nesta etapa, pudemos contar com as contribuições das empresas BQMIL – Brasil Química e Mineração Ltda na cidade de Mossoró, Cerâmica Itajá na cidade de Itajá e Cerâmica TM na cidade de Apodi, que realizaram estes procedimentos em volumes industriais.

Ressalta-se que o resíduo de cascalho de perfuração, fornecido pela empresa BQMIL de lote específico a partir das instalações do Campo do Amaro, é classificado como inerte. Maria Luiza de S. Rezende, M.L.S. et alii estudaram e classificaram o resíduo de caulim como não perigoso e não inerte. O resíduo de chamote de cerâmica vermelha é classificado como não perigoso e inerte.

Os resíduos utilizados foram caracterizados física, química e morfologicamente, por meio das técnicas de: difração de raios-x (DRX), fluorescência de raios-x (FRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) e distribuição em peneiras padronizadas.

A partir dos dados levantados e das análises, foram sugeridas formulações para confecção de corpos de provas, que foram caracterizados e submetidos a ensaios tecnológicos específicos como massa específica aparente (MEA), perda ao fogo (PF) e retração linear de queima (RLQ).

Resultados e Discussões

Ressalte-se que, juntamente com as questões ambientais relacionadas a geração de resíduos sólidos provenientes das atividades de mineração e industrial, um importante motivador para as pesquisas em aproveitamento de resíduos está na necessidade de mostrar novas alternativas de matérias-primas industriais. O setor da construção civil, que pela sua importância econômica influencia todos os demais setores da economia, consome os maiores volumes de minérios industriais e já enfrenta dificuldades para obter alguns itens para garantir as suas atividades. Portanto, é o setor que mais demanda pesquisas na área de resíduos. A engenharia de materiais pode contribuir com estudos nesta área, propondo usos, novas matérias-primas e desenvolvendo produtos em parceria com as demais engenharias, visto que, este é um tema complexo e interdisciplinar.

Estudo do resíduo de cascalho de perfuração

O resíduo de cascalho de perfuração (RPP) tem sua composição depende da formação geológica do local da exploração e dos aditivos que são empregados em cada etapa da operação de perfuração. Deste modo, a composição granulométrica, química e mineralógica sofre mudanças ao longo da perfuração, devendo os resíduos passarem por um processo de homogeneização, que foi realizado nos diques de contenção no

Canto do Amaro, e por um processo separação granulométrica em # 9,5mm e inertização térmica em forno rotativo, realizadas pela empresa BQMIL.

Na Tabela 1 é apresentado o resultado de distribuição granulométrica da amostra de RPP abaixo de #9,5 mm tratado térmica, realizada com peneiras padronizadas nas malhas: #4, #8, #10, #16, #30, #50, #100, #200 e #325 mesh, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2009). Os resultados mostram que esta fração do RPP apresenta-se predominantemente abaixo de 0,595 mm.

Os resultados de difração de raios X da fração # 200 mesh e abaixo, correspondentes a fração mais fina do RPP, é constituído por quartzo e calcita como fases majoritárias. Verificou-se que demais fações são constituídas predominantemente por quartzo. Paralelamente, foi verificado para outros lotes a presença de fases secundárias e minoritárias de montmorilonita, mica, caulinita, hematita e barita, mas que não serão incluídas neste estudo.

Portanto, para o lote estudado, considerando-se os resultados de distribuição granulométrica e de constituição de fases, ratificou-se que esta fração é mais adequada para aplicação como um filer em formulações de argamassas ou concretos.

Para o preparo das formulações de concreto, foram utilizadas as seguintes matérias-primas: cimento CPV ARI PLUS LH (Lafarge Holcim), filer de RPP(resíduo BQMIL/Petrobras), areia BQMIL, Brita 9,5mm de RPP(BQMIL/Petrobras), Seixo e o superplastificante (SP) a base de policarboxilato (Camargo Química). Esta etapa contou com a colaboração da equipe e laboratório da empresa BQMIL. Na Tabela 2 é apresentada um exemplo de formulação para o concreto proposto com filer de RPP, correspondendo a uma resistência de 30 MPa aos 28 dias de cura.

Na Figura 1, são apresentados os resultados de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para uma amostra do concreto correspondente a formulação da Tabela 2. Os resultados mostram um detalhe da interface entre a matriz fina e a superfície do seixo, sugerindo que uma interação efetiva entre as duas fases, fundamental para que haja uma boa adesão matriz agregado.

Estudo do resíduo de caulim

A amostra de resíduo de caulim é proveniente da Mineração Armil da cidade de Parelhas-RN e o resíduo de caulim foi fornecido pela empresa BQMIL de Mossoró-RN, caracterizadas por difração de raios X, conforme Figura 2. Os resultados mostram que o caulim é constituído majoritariamente por caulinita, e o resíduo de caulim pelas fases quartzo, como fase majoritária, e por caulinita e mica como fases secundárias. Na Tabela 3 são apresentados os resultados de análises químicas do caulim e resíduo de caulim.

Os resultados mostram que o caulim e o resíduo de caulim dispõem de teores muito próximos de óxido de alumínio. No entanto, a relação alumina/sílica para a composição teórica da mulita é de 71,79 % em peso / 28,21 % em peso. Portanto, para elevar a quantidade de mulita utilizando o caulim ou o resíduo de caulim é necessário adicionar uma fonte de óxido de alumínio, mesmo que tivéssemos. Neste trabalho, foi utilizado como fonte complementar de Al₂O₃ o hidróxido de alumínio Al(OH)₃, utilizando como agente mineralizador o tungstato de alumínio, sintetizados via sol gel, partindo dos precursores nitrito de alumínio nonahidratado e do tungstato de sódio.

Na Figura 3 são apresentados os resultados de difração de raios X para o tungstato de alumínio, obtido por calcinação na temperatura de 700°C por um período de 15 minutos, e para as misturas de caulim + Al(OH)₃ + tungstato (2,5 % em peso) calcinado a 1450°C por 2 horas e de resíduo de caulim + Al(OH)₃ + tungstato(2,5 % em peso) calcinado a 1450°C por 2 horas. Os resultados mostram que para ambas as misturas foram obtidas a fase mulita. No entanto, é importante ressaltar que a mistura a base de resíduo de caulim mostrou-se um elevado estado de aglomeração após tratamento térmico, provavelmente devido aos elevados teores de óxido de potássio presente neste resíduo.

Estudo do resíduo da indústria de cerâmica vermelha

A amostra de resíduo de cerâmica foi obtida na Cerâmica TM caulim e de argila plástica na Cerâmica Itajá, caracterizadas por difração de raios X, conforme Figura 4. Os resultados mostram que a argila é constituída por quartzo, como fase majoritária, e montmorilonita e microcline como fases secundárias. O resíduo de telha é constituído majoritariamente por quartzo e secundariamente por microcline e óxido de ferro. Nas Figuras 5a e 5b são apresentadas as imagens de microscopia eletrônica de varredura das amostras de argila plástica e de resíduo de telha.

O resíduo de telha foi adequado previamente, passando por moagem em moinho de bolas até redução do tamanho de partícula abaixo de malha 100 mesh. Foram preparadas misturas de argila plástica com teores de resíduos de 5 e 15 % em peso. Para as misturas argila plástica + resíduo de telha, argila plástica e resíduo de telha puro, foram conformados corpos de provas na forma de barrinhas. Os corpos de prova foram queimados na temperatura de 900°C por um período de 2 horas, conforme Figura 6.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de massa específica aparente (MEA), perda ao fogo (PF) e retração linear de queima (RLQ), para a argila pura, argila + 15% de resíduo e resíduo puro. Os resultados mostram que a adição de 15% em peso do resíduo de telha promove uma melhoria nas propriedades tecnológicas da massa queimada, elevando a densidade e reduzindo a retração de queima. Por outro lado, verificou-se uma perda das propriedades mecânicas, sugerindo que o resíduo de cerâmica vermelha funciona efetivamente como um chamote, um aditivo de baixa reatividade, o que pode exigiria uma elevação da temperatura de queima para promover um ganho de propriedade mecânica.

Conclusão

Os resultados obtidos comprovam que a utilização de resíduos é uma alternativa viável para a substituição parcial ou total de matérias-primas utilizadas na obtenção de produtos para o setor da construção civil.

O teor de resíduo que poderá ser inserido num produto ou processo dependerá do seu grau de adequação granulométrica, física, química e morfológica. Portanto, cada resíduo individualmente pode ser considerado como uma matéria-prima em potencial, dependendo a viabilização de seus usos do ajuste a conjunto de atributos técnicos específicos necessários para a obtenção de um determinado produto ou uso em um determinado processo.

Especificamente para este estudo, verificou-se que o RPP pode ser adequado em diferentes frações granulométricas, cada uma desempenhando um papel específico em

formulações de concretos. Os finos do RPP podem ser utilizados como filers em concretos. O resíduo de caulim pode ser utilizado em formulações de massas cerâmicas para a obtenção de produtos à base de mulita, como refratários para aplicações menos severas em usos domiciliares ou na obtenção de revestimentos, no entanto, devem ser associados a uma fonte adicional de óxido de alumínio e a algum tipo de agente mineralizador. Os chamotes de cerâmica vermelha devem ser empregados em percentuais de massa em torno de 5% em peso, pois se por uma lado melhoram as propriedades tecnológicas de MEA e RLQ, em teores mais elevados tem efeitos deletérios nas propriedades mecânicas.

Referências

- [1] Wang, C. Q.; Lin, X.Y.; He, M.; Wang, D.; Zhang, S. - Environmental performance, mechanical and microstructure analysis of concrete containing oil-based drilling cuttings pyrolysis residues of shale gas. Journal of Hazardous Materials. Volume: 338 Páginas: 410-427. 2017.
- [2] Maziar Foroutan, Marwa M. Hassan, Natalie Desrosiers, Tyson Rupnow - Evaluation of the reuse and recycling of drill cuttings in concrete applications. Construction and Building Materials 164 (2018) 400–409.
- [3] Chao-qiang Wang, Xiao-yan Lin, Dan Wang, Ming He, Si-lan Zhang - Utilization of oil-based drilling cuttings pyrolysis residues of shale gas for the preparation of non-autoclaved aerated concrete. Construction and Building Materials. Volume 162, 20 February 2018, Pages 359-368.
- [4] Ehsan Mostavi, Somayeh Asadi, Elumeze Ugochukwu - Feasibility Study of the Potential Use of Drill Cuttings in Concrete. Procedia Engineering 118 (2015) 1015 – 1023.
- [5] Maria, I.B; Lisiâne, N.D.S; Gelmires, N.A; Romualdo, R.M; Helio, L; Wherllyson, P.G. - Use of Microwave Energy for Obtaining the Mullite. Advanced Powder Technology VII. Edit.:Salgado, L; Ambrozio, F. Materials Science Forum. Volume: 660-661 Páginas: 893-898.
- [6] Romualdo R. Menezes, Maria I. Brasileiro, Lisiâne N. L. Santana, Gelmires A. Neves, Helio L. Lira, Heber C. Ferreira. - Utilization of kaolin processing waste for the production of porous ceramic bodies. Waste Management & Research. Vol 26, Issue 4, 2008.
- [7] Silva, J.B; Gondim, P.C.A.; Nascimento, R.M.; Gomes, U.U.; Acchar, W. - Incorporation of Coating Plaster Residues in the Formulation of Red Ceramic Mass. Advanced Materials Forum V, PT 1 AND 2. Editado por: Rosa, L.G; Margarido, F. Série de livros: Materials Science Forum. Volume: 636-637. Páginas: 1397-1403 Parte: 1-2.
- [8] Silva, A.L; Chaves, A.C; Luna, C.B.B; Neves, G.D; Lira, H.D. - Avaliação das composições de massas argilosas a partir da incorporação de resíduo da indústria de cerâmica vermelha na obtenção de membranas cerâmicas tubulares. Revista Matéria. v.22, n.1.
- [9] Maria Luiza de S. Rezende; Romualdo R. Menezes; Gelmires de Araújo Neves; José Wallace B. Nascimento; Antonio Farias Leal - Utilização do resíduo de caulim em blocos de vedação. Rev. Esc. Minas. vol.61 no.3 Ouro Preto, July/Sept., 2008.

Anexos



Figura 1 – Microscopia eletrônica de varredura da interface matriz/seixo, correspondente a formulação de concreto da Tabela 2.

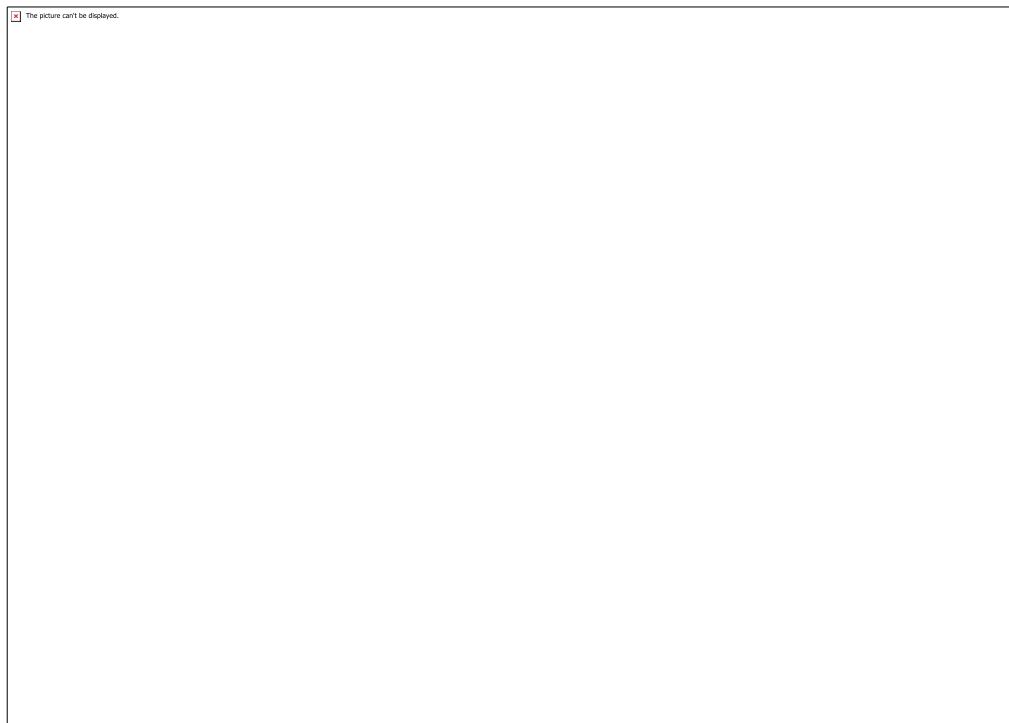


Figura 4 – Difratogramas de raios X das amostras de argila, resíduo de telha, argila sinterizada, argila+resíduo e resíduo moído sinterizado.

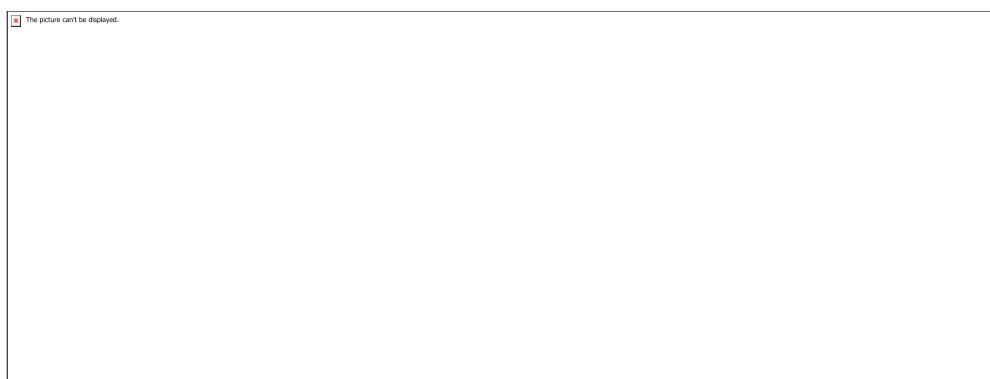


Figura 5 – (a) argila plástica e (b) resíduo de telha moído em moinho de bolas.

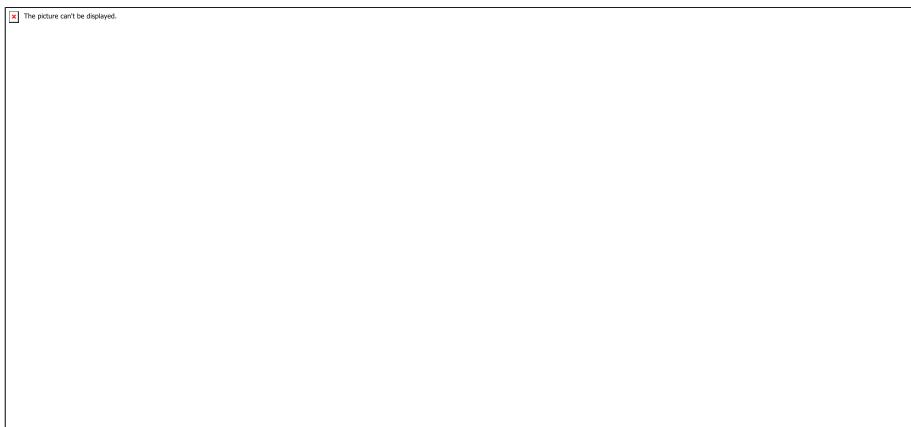


Figura 6 - Argila plástica, mistura argila, plástica + resíduo de 5% em peso e argila plástica + resíduo 15 % em peso.

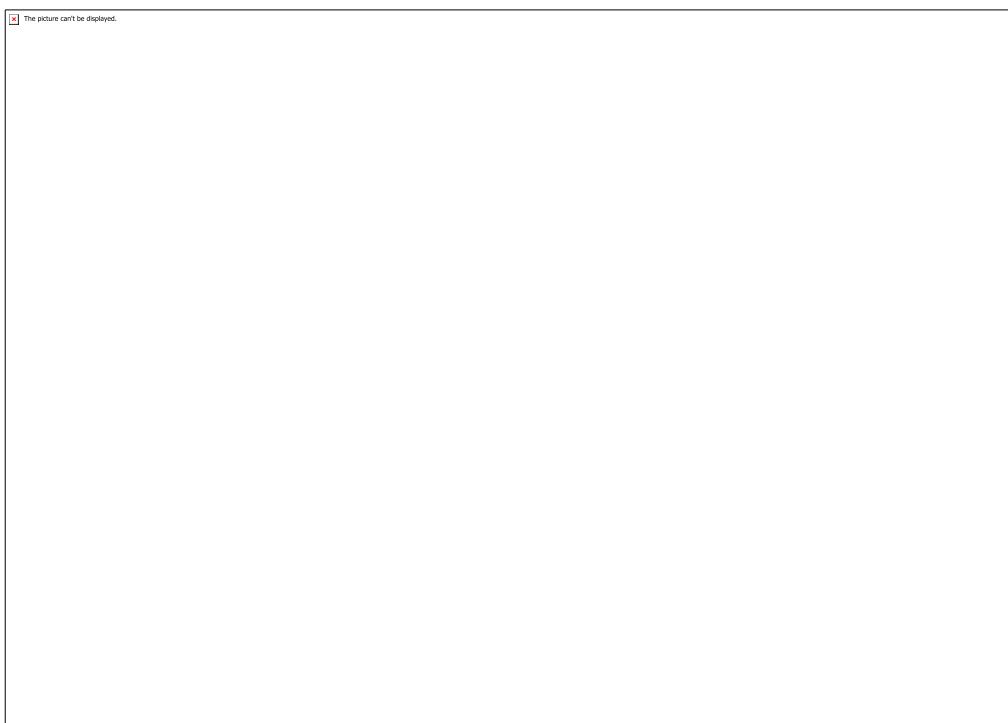


Figura 3 – Difratogramas de raios X, tungstato de alumínio, caulim+Al(OH)₃+tungstato e de resíduo de caulim+Al(OH)₃+tungstato, calcinadas a 1450°C por 2 horas.

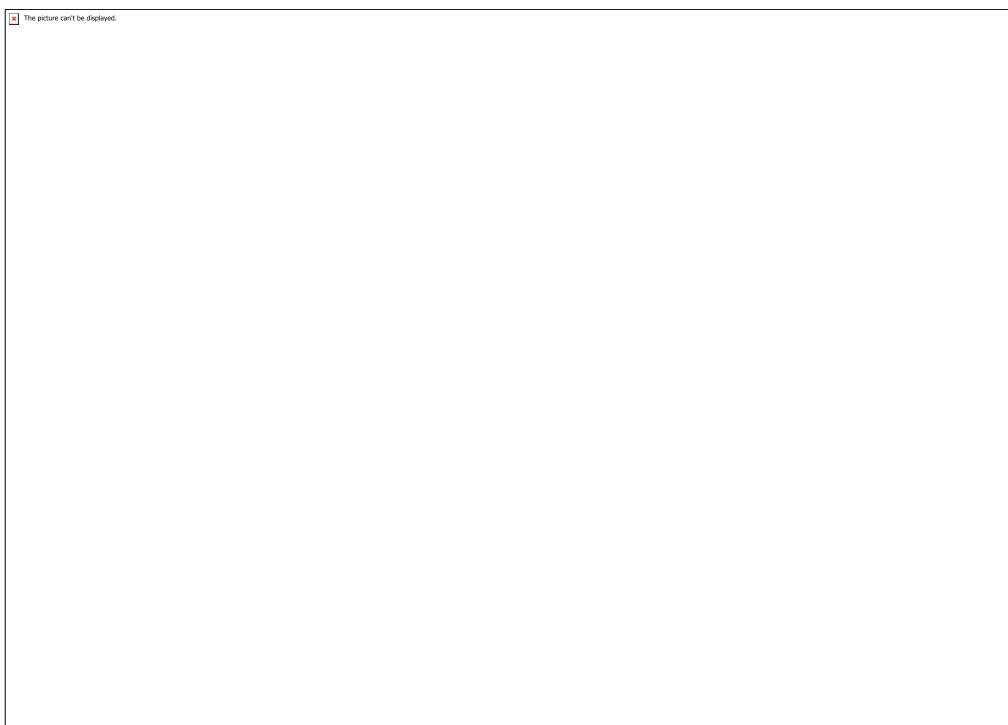


Figura 2 – Difratogramas de raiox X das amostras de caulim e de resíduo de caulim.



Tabela 1 – Distribuição granulométrica do RPP tratado termicamente e previamente classificado em peneira abaixo de 9,5mm.



Tabela 2 – Exemplo de formulações para o uso proposto para o resíduo de RPP. sp, porcentagem em peso sobre a massa total.

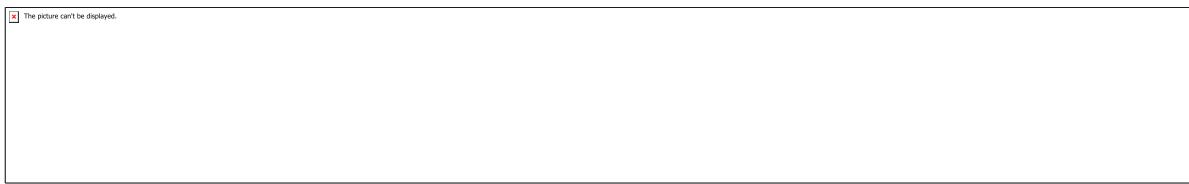

--

Tabela 3 – Composição química das amostras de caulim e de resíduo de caulim.


--

Tabela 4 - Massa específica aparente (MEA), perda ao fogo (PF) e retração linear de queima (RLQ), para a argila pura, argila + 15% de resíduo e resíduo puro.

CÓDIGO: ET1227

AUTOR: LUCAS BERNHARD MAISEL

ORIENTADOR: CARLA WILZA SOUZA DE PAULA MAITELLI

TÍTULO: Utilização de Energia Solar na Geração de Vapor para Injeção em Reservatórios de Óleos Pesados do Nordeste Brasileiro

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo sobre o uso de energia solar heliotérmica na indústria petrolífera, mais especificamente no pré-aquecimento da água para geração de vapor e posterior injeção nos poços. A injeção de vapor é um método de recuperação terciária de petróleo, que tem o intuito de manter a produção economicamente viável após o reservatório começar a ser depletado, perdendo sua força de produzir o petróleo apenas com a pressão que contém. A injeção de vapor diminui a viscosidade do petróleo, aumentando sua mobilidade e facilidade de escoamento. O principal objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade da troca parcial do uso de combustíveis fósseis no aquecimento da água, para isso, foram feitas seis simulações diferentes, onde a energia solar pré-aquece a água até diferentes temperaturas, com o aumento gradativo de 10°C. A análise dos resultados foi feita com a análise do valor presente líquido de cada sistema, levando em consideração o custo inicial da implantação do sistema solar e a economia que é gerada anualmente pelo gasto menor de combustíveis. Foi possível concluir que quanto mais o sistema solar pré-aquece a água, maior será o retorno financeiro e também ambiental, com todos os sistemas apresentando um VPL positivo em menos de cinco anos de uso.

Palavras-chave: Energia solar; Injeção de vapor; VPL; Petróleo

TITLE: Use of Solar Energy on Steam Generation to Inject in Heavy Oil Reservoirs on Brazil Northeast

Abstract

This paper presents a study about the use of solar heliothermic energy in the oil industry, more specifically on the pre heating of water to steam generation and posterior injection on oil wells. Steam injection is an EOR method, with goal of keeping the oil production in an economic viable rate when the well starts to lose its pressure, not being urgent anymore. The steam reduces the oil viscosity, increasing its mobility and easiness of flowing. The main objective of this work is to verify the viability of the partial change of using fuels to pre-heat the water, to this, six different simulations were made, in each of them the solar energy was responsible to heat the water, with an increase of 10°C per simulation. The results analysis was made through net present value evaluation, considering the initial cost of installation of the solar system and the annual income with lower using of fuels. It was concluded that all systems are technically and economically viable, the cases that solar energy pre heats more the water, better will be the results. All the systems had a positive NPV after less than 5 years.

Keywords: Solar energy; Enhanced oil recovery; NPV; Oil

Introdução

Os combustíveis fósseis continuam sendo a maior fonte de geração de energia ao redor do mundo, apesar da necessidade da geração de energia mais limpa. Ainda não é possível que a maior parcela da geração de energia seja através de energias renováveis. Esta transição vem sendo foco de diversos países ao redor do mundo inteiro, mas que ainda esbarram com algumas dificuldades na eficiência que os métodos renováveis apresentam. É neste contexto que se faz necessário o estudo de como implementar energia limpa, neste artigo em específico a solar heliotérmica, em diversos processos na indústria, incluindo a petrolífera, que é responsável pelo gasto de 10% da energia gerada pelos combustíveis fósseis. (IPIECA, 2007). Enquanto a energia solar fotovoltaica pode gerar energia elétrica para diversos processos, a energia heliotérmica substitui diretamente a utilização de combustíveis fósseis, já que é uma tecnologia capaz de esquentar fluidos até altas temperaturas sem a necessidade de queima. A produção de petróleo passa por diversos momentos, passando por um primeiro momento de urgência, onde o hidrocarboneto possui energia suficiente para ser produzido, com a depletação do reservatório se faz necessária a adição de energia ao reservatório, os chamados métodos de recuperação suplementar. Um dos métodos mais utilizados é a injeção de vapor em reservatórios, um método térmico de recuperação que trabalha através do aumento da mobilidade do óleo dentro do reservatório. Em busca da redução de custos na implantação deste método e uma maior integração do uso de energias, este artigo apresenta o uso de coletores solares para um pré-aquecimento da água antes de entrar nas caldeiras geradoras de vapor, diminuindo o uso de combustíveis fósseis nas mesmas.

Metodologia

Para o dimensionamento do sistema de aquecimento por meio de coletores solares, foi escolhido o modelo de coletor linear do tipo Fresnel, pois o mesmo apresenta vantagens econômicas e técnicas, sendo eficiente também para esse propósito. Quanto ao tipo de caldeira, foi escolhida a caldeira aquatubular, que é capaz de trabalhar com vazões maiores e possui uma eficiência mais alta que as flamotubulares.

5.1 DADOS DO COLETOR

Para a geração de vapor, a temperatura inicial da água é de 30°C e a de saída do vapor é de 288°C. Sendo assim, foi feita a simulação com 7 situações diferentes, a primeira sem o uso do coletor e as outras 6 com o uso dele para aumentar a temperatura de entrada da água na caldeira, variando de 40° à 90 °C, com o incremento de 10°C para cada simulação. Esse sistema foi utilizado por TORRES 2018 e a área ocupada por cada sistema é apresentada a seguir: Sistema 1 – 471,27 m² Sistema 2 – 942,53 m² Sistema 3 – 1.413,8 m² Sistema 4 – 1.885,07 m² Sistema 5 – 2.356,33 m² Sistema 6 – 2.827,6 m² Nesse estudo foi considerado que o consumo de água é de 500 toneladas por dia e a eficiência de 0,8. Logo, a vazão mássica de vapor gerado é de 400 toneladas por dia. O tempo útil de sol é de 8 horas por dia, sendo assim, a massa total que passa pelos concentradores nesse período é de 133.333,33 kg, com vazão de 16.666,67 kg/h.

5.2 DADOS DA CALDEIRA

O tempo utilizado para o estudo foi de 25 anos, considerando o tempo de vida útil de um poço de petróleo utilizando injeção de vapor. Com o consumo do combustível sendo dado por hora. O combustível utilizado foi o diesel, que é comumente utilizado nas caldeiras devido ao seu alto poder calorífico, superior a 10.954 kcal/kg. Sua massa específica varia de 815 a 865 kg/m³, para este trabalho foi utilizada massa específica

de 825 kg/m³. Durante as 16 horas onde não se pode utilizar a energia do sol, a água entrará a 30°C, portanto a quantidade total de combustível que será utilizado é a soma dos consumos com o uso do coletor solar e sem o uso. Para o estudo foi considerado que a caldeira tem eficiência de 85%. A tabela a seguir mostra os dados de entalpia da água nas temperaturas de entrada e de saída na caldeira aquatubular. (KEENAN,1969)

Entalpia (30°C) - 125,79 kJ/kg	Entalpia (40°C) – 167,57 kJ/kg	Entalpia (50°C) – 209,33 kJ/kg
Entalpia (60°C) – 251,13 kJ/kg	Entalpia (70°C) – 293,0 kJ/kg	Entalpia (80°C) – 334,91 kJ/kg
Entalpia (90°C) – 376,92 kJ/kg	Entalpia (288°C) – 2.769,36 kJ/kg	

5.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Com todos os dados da caldeira e do LFR foi possível a realização de um estudo de viabilidade econômica. O custo do coletor, segundo NISHITH, 2014 é de US\$ 166,67/m². Para todas as estimativas econômicas foi considerado o US\$ custando R\$ 3,70. De acordo com LAMPKOWSKI 2017 o custo de manutenção dos LFR varia de 8 €/m²/ano até 25 €/m²/ano. Para esse estudo foi utilizado um valor médio de 25 €/m²/ano. Considerando o valor do € de R\$ 4,27. Outros valores considerados no estudo foram o custo de aquisição de área para implantação dos coletores e o custo do metro cúbico do diesel, que foram 150 R\$/m² e 3.445,40 R\$/m³ respectivamente. Todos os valores foram considerados de acordo com a data que o estudo foi realizado, podendo sofrer variações com o passar do tempo.

Resultados e Discussões

Esta seção apresenta os cálculos realizados para chegar no custo final da implementação de um sistema de coletores solares, assim como o resultado do VPL de cada sistema anteriormente apresentados. Para isso, é feita uma comparação dos custos de um sistema que não utiliza LFR, onde a temperatura inicial da água é de 30°C, e os outros sistemas, onde são utilizados os LFR.

6.1 CONSUMO E CUSTO DO GERADOR DE VAPOR SEM A APLICAÇÃO DO LFR

Para um gerador sem o uso de sistema de coletores a variação de temperatura é de 30°C até 288°C, considerando uma vazão mássica de 16.666,7 kg/h temos que o consumo de combustível será o seguinte:

$$[\text{m}^3\text{c}] \text{ (sem LFR)} = (16666,667 * (2769,3567 - 125,79)) / (0,85 * (10954 / 0,239006)) \rightarrow \\ [\text{m}^3\text{c}] \text{ (sem LFR)} = 1130,983208 \text{ kg/h} \quad [\text{m}^3\text{c}] \text{ (sem LFR)} = 1,370889 \text{ m}^3/\text{h} \quad [\text{m}^3\text{c}] \text{ (sem LFR)} = 32,901330 \text{ m}^3/\text{d}$$

Com esse consumo, temos que o calor gasto em um ano será de:

$$[\text{Custo diesel}] \text{ (sem LFR)} = (32,901330 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses} \times 3445,40 \text{ R}/\text{m}^3) \quad [\text{Custo diesel}] \text{ (sem LFR)} = 40.808.966,87 \text{ R}/\text{ano}$$

6.2 CONSUMO E CUSTO DO GERADOR DE VAPOR COM A APLICAÇÃO DO LFR

A diferença no cálculo de gastos dos sistemas que utilizam LFR dos que não utilizam está na variação da temperatura de entrada, a qual apresentará uma entalpia diferente, e que haverá também os custos de implementação dos coletores. Sendo assim a sistemática de cálculo para o sistema 1 será a seguinte:

$$[\text{m}^3\text{c}] \text{ 8h} = (16666,667 * (2769,3567 - 167,57)) / (0,85 * (10954 / 0,239006)) \rightarrow \\ [\text{m}^3\text{c}] \text{ 8h} = 1113,108691 \text{ kg/h} \quad [\text{m}^3\text{c}] \text{ 8h} = 1,349223 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{O valor encontrado é o consumo para as 8 horas úteis do sol, as outras 16 horas o consumo será igual ao calculado}$$

anteriormente, com a temperatura de entrada de 30°C, o consumo total é dado por: $[(m \cdot c)]_{16h} = (16666,667 * (2769,3567 - 125,79)) / (0,85 * (10954/0,239006)) \rightarrow [(m \cdot c)]_{16h} = 1130,983208 \text{ kg/h}$ $[(m \cdot c)]_{16h} = 1,370889 \text{ m}^3/\text{h}$ $[(m \cdot c)]_{\text{Total}} = (1,349223 \text{ m}^3/\text{h} \times 8\text{h/d}) + (1,370889 \text{ m}^3/\text{h} \times 16\text{h/d})$ $[(m \cdot c)]_{\text{Total}} = 32,728001 \text{ m}^3/\text{d}$

Após o cálculo de consumo de combustível, é necessário acrescer aos gastos, os custos de implementação dos coletores, onde o custo em terreno será determinado a seguir:

$$[(\text{Custo do terreno})]_{(\text{sistema 1})} = 150 \text{ R\$}/\text{m}^2 \times 471,27 \text{ [m]}^2$$

$$[(\text{Custo do terreno})]_{(\text{sistema 1})} = \text{R\$ } 70.689,88$$

Os valores para compra dos coletores são determinados abaixo:

$$[(\text{Custo do coletor})]_{(\text{sistema 1})} = 166,67 \text{ US\$}/\text{m}^2 \times 3,70 \text{ R\$}/\text{US\$} \times 471,27 \text{ [m]}^2$$

$$[(\text{Custo do coletor})]_{(\text{sistema 1})} = \text{R\$ } 290.619,75$$

Os custos com a manutenção serão os seguintes:

$$[(\text{Manutenção})]_{(\text{sistema 1})} = 64,107 \text{ R\$}/(\text{m}^2/\text{ano}) \times 471,265843 \text{ [m]}^2$$

$$[(\text{Manutenção})]_{(\text{sistema 1})} = 30.211,44 \text{ R\$}/\text{ano}$$

Por fim, o custo com compra de combustível será a seguinte:

$$[(\text{Custo diesel})]_{(\text{sistema 1})} = (32,728001 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses} \times 3445,40 \text{ R\$}/\text{m}^3)$$

$$[(\text{Custo diesel})]_{(\text{sistema 1})} = \text{R\$ } 40.593.979,72$$

Esse procedimento foi realizado para todos os sistemas, e os resultados da economia anual de combustível são apresentados a seguir: Sistema 1 – R\\$ 214.987,16 Sistema 2 – R\\$ 429.871,40 Sistema 3 – R\\$ 644.961,47 Sistema 4 – R\\$ 860.308,82 Sistema 5 – R\\$ 1.076.067,83 Sistema 6 – R\\$ 1.292.238,50

6.3 DETERMINAÇÃO DO VPL

O cálculo do VPL foi feito com os dados de entrada e de saída do caixa. No ano 0 foi computado o capital investido para implementação dos coletores, a partir do ano 1 já foi levado em consideração a economia que será feita com o menor uso de combustível. A partir do segundo ano da implantação já podemos ver que a economia já supera o gasto inicial, apresentando bons resultados.

Conclusão

O estudo realizado apresentou resultados muito positivos em relação ao tempo de retorno de investimentos. Todos os sistemas propostos terão um retorno dentro de tempo de uso do método de recuperação. Quanto mais se aquecer a água antes de entrar na caldeira, maior será a economia e mais rápido o retorno financeiro, além de uma menor emissão de gases nocivos ao meio ambiente. Porém só foi apresentada a viabilidade econômica da implantação deste sistema, a viabilidade técnica passa também pelo espaço físico que se tem próximo às caldeiras, em regiões com pouca disponibilidade de espaço seria impossível a implantação dos coletores lineares, ou seria necessário utilizar sistemas que aqueçam menos a água. Impossibilitando a utilização dos sistemas onde se teria um maior retorno financeiro. Algumas outras variáveis alterariam também o resultado dos investimentos, principalmente fatores climáticos. Para um estudo realmente preciso sobre a viabilidade da implantação do método seria necessária a realização de um estudo local, levando em consideração fatores específicos da região. De qualquer maneira o estudo apresenta uma

metodologia que pode ser levada adiante com estudos mais aprofundados. Quanto a fatores técnicos podemos falar sobre a eficiência dos coletores, que vem em constante subida nos últimos anos, o mais provável de acontecer é que se precise de espaços cada vez menores para que a água seja aquecida, diminuindo os custos da implementação dos coletores solares.

Referências

- [1] IPIECA Saving Energy in the Oil & Gas Industry, 2007
- [2] TYAGI, V. V.; KAUSHIK, S. C.; TYAGI, S. K. Advancement in solar photovoltaic/thermal (PV/T) hybrid collector technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 3, p. 1383-1398, 2012.
- [3] KALOGIROU, S. A. Solar energy engineering: processes and systems. 2. ed. Academic Press-Elsevier, 2014. 819 p
- [4] LIN, M. et al. Experimental and theoretical analysis on a linear Fresnel reflector solar collector prototype with V-shaped cavity receiver. Applied Thermal Engineering, v. 51, n. 1-2, p. 963-972, 2013.
- [5] KC HONG. Steamflood reservoir management: thermal enhanced oil recovery. PennWell Books, 1994
- [6] BIZZO, W. A. Geração, distribuição e utilização de vapor. Campinas: FEM/Unicamp, 2003. 163 p
- [7] ELEKTRO. Manuais Elektro de Eficiência Energética – Segmento Industrial. Elektro - Eletricidade e Serviços S.A, São Paulo, 2016. 100 p
- [8] ELETROBRÁS. Eficiência Energética no Uso de Vapor. Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras. Rio de Janeiro, 2005. 196 p
- [9] NAGALINGAM, Sev V. CIM justification and optimisation. CRC Press, 1999.
- [10] TORRES, Felipe de Oliveira Vasconcelos Torres. Dimensionamento de coletores solares para aquecimento da água no processo de geração de vapor para injeção em poços petrolíferos. 2018. 54 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2018
- [11] KEENAN, J.H.; KEYES F. G.; HILL, P. G.; Moore, J. G. Steam Tables – thermodynamic properties of water including vapor, liquid and solid phases. New York, 1969. 162 p
- [12] NISHITH B. D., SHIREESH B. K., SANTANU B. Optimization of design radiation for concentrating solar thermal power plants without storage. Department of Energy Science and Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, India. p. 98 – 112, 2014.
- [13] LAMPKOWSKI, M. 2017. 223f. Dispositivo automatizado para a limpeza da superfície refletora de heliostato em sistemas de energia solar concentrada – CSP. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017

CÓDIGO: ET1249

AUTOR: LILIAN ALAIDE SOUZA SANTOS

ORIENTADOR: DIANA CARLA SECUNDO DA LUZ

TÍTULO: Estudo da influência do filler de calcário bege na resistência à compressão de concreto de alta resistência

Resumo

É visível que o concreto tem uma ampla utilização na área da construção civil. Sendo isso, oriundo da boa resistência mecânica, durabilidade, baixo custo e a possibilidade de possuir uma vasta variedade de formas. Assim, além dos fatores citados acima. Tem-se que, em virtude dos fatores ecológicos, econômicos e técnicos, busca-se aumentar o consumo de adições minerais no concreto, sendo a principal fonte, as adições obtidas de resíduos industriais como a sílica ativa, cinza volante e a cinza de casca de arroz (MEHTA, 1984).

No concreto há algumas adições que atuam como material inerte, objetivando preenchimento de vazios entre a pasta, o cimento e os agregados por meio da dispersão. Assim, o referente estudo investiga o efeito do uso do Filler de calcário bege, produzido no RN, na produção de concreto de alta resistência.

As etapas utilizadas na pesquisa foram: mistura dos materiais, moldagem, adensamento e cura. Porém, na preparação dos corpos de provas, utilizou-se misturas: sem adição de filler Dolomítico, com adição de 10% e 20% do filler na mistura do concreto, e com a substituição de 10% e 20% do cimento por esse. E com relação aos ensaios realizados, tem-se que a areia e a brita 0 utilizadas, foram caracterizadas através dos ensaios de massa específica real, massa específica aparente, e granulometria. Ademais, os corpos de prova por através dos ensaios de resistência à compressão simples e absorção.

Palavras-chave: Concreto; Filler de calcário bege; alta resistência.

TITLE: Study of the influence of beige limestone filler on the compressive strength of high strength concrete.

Abstract

It is apparent that the concrete has a wide use in the area of construction. Therefore, it comes from good mechanical strength, durability, low cost and the possibility of having a wide variety of shapes. Thus, in addition to the factors cited above. Due to the ecological, economic and technical factors, it is sought to increase the consumption of mineral additions in concrete, the main source being additions obtained from industrial waste such as active silica, fly ash and bark ash. of rice (MEHTA, 1984).

In concrete there are some additions that act as inert material, aiming to fill voids between the paste, cement and aggregates by dispersion. Thus, this study investigates the effect of the use of beige limestone filler, produced in RN, on the production of high strength concrete.

The steps used in the research were: material mixing, molding, thickening and curing. However, in the preparation of the specimens, mixtures were used: no Dolomitic filler was added, 10% and 20% of the filler was added to the concrete mix, and 10% and 20% of the cement was replaced by it. In relation to the tests performed, we have that the sand and gravel 0 used were characterized by the tests of real specific mass, apparent specific mass, and particle size. In addition, the specimens through simple compressive strength and absorption tests.

Keywords: Concrete; Beige limestone filler ; High compressive.

Introdução

Atualmente no modelo produtivo utilizado pela sociedade, promove uma significativa geração de subprodutos ou resíduos, seja na produção de bens de consumo duráveis ou não duráveis (JOHN, 2011). Assim, na referida pesquisa buscou-se utilizar o Filler de calcário bege, especificamente o Filler Dolomítico. Sendo esse, produzido no Rio Grande do Norte. A fim de dá utilidade a esse subproduto, oriundo do manejo do calcário. Ademais, principalmente investigar se o mesmo contribuiria para o aumento da resistência do concreto à compressão, ao promover preenchimento dos vazios entre a pasta, o cimento e os agregados por meio da dispersão.

Assim, ao longo da pesquisa caracterizou os agregados o miúdo e o graúdo (brita 0), por meio dos ensaios: massa específica real, massa específica aparente e granulometria. Ademais, ao longo da pesquisa realizou a confecção de corpos de prova de concreto, com variações de porcentagens de Filler Dolomítico. Dessa maneira, na pesquisa foram confeccionados seis corpos de provas para cada mistura descritas na metodologia. Sendo que, esses corpos de provas foram caracterizados por meio dos ensaios de compressão simples e ensaios de absorção.

Metodologia

É de grande valia, deixar explícito que a produção dos corpos-de-prova de concreto cilíndricos, desenvolvidos ao longo da pesquisa foram realizados nas seguintes etapas: mistura dos materiais, moldagem, adensamento e cura. Onde para a confecção das dosagens de concreto de alta resistência foi utilizada o método de Mehta e Aitcin, e ademais, seguiram os procedimentos e a realização dos ensaios de compressão e trabalhabilidade de acordo com as normas técnicas.

Nos procedimentos iniciais da referida pesquisa, ocorreu à caracterização da areia e da brita 0, utilizadas na confecção do concreto. Isso através dos ensaios de massa específica real, massa específica aparente e granulometria. Após foram confeccionados seis (06) corpos-de-prova cilíndricos com dimensões 5x10cm, sendo as seguintes considerações realizadas para cada mistura: Corpos-de-prova padrão, ou seja, sem adição de Filler Dolomítico; Corpos-de-provas com adição de 10% e 20% desse Filler; com substituição de 10% e 20% de cimento por esse Filler citado anteriormente. Assim, para os corpos-de-prova confeccionados a cada uma das misturas, destinou-se: 2 de cada para o ensaio de absorção; aos 3 dias de moldado, destinou-se mais 2 para o ensaio de compressão simples; e aos 28 dias de confecção, mais 2 para o ensaio de compressão simples.

Esses corpos-de-provas passaram por caracterizações, as quais são importantes para o objetivo da referida pesquisa. Que é analisar a resistência a compressão com a adição e com substituição por Filler Dolomítico. Assim, realizou-se os ensaios de compressão simples e de absorção.

Resultados e Discussões

GRANULOMETRIA

*Em relação ao ensaio de granulometria da areia, tem-se que de acordo com a NBR, a areia com maior porcentagem de grãos entre as seguintes faixas diâmetro:

Areia fina: 0,15 a 0,6 mm

Areia Média: 0,6 a 2,4 mm

Areia Grossa : 2,4 a 4,8 mm

*De acordo com o diâmetro das partículas que tem em maior quantidade na amostra ensaiada, a areia se enquadrou como grossa, cerca de 75,96% redito entre as peneiras de abertura 0,15 e 0,6 mm.

De acordo com a NBR, tem-se uma faixa de valores de diâmetros dos grãos, que permitem a classificação dos agregados graúdos, em brita 0, brita 1, brita 2, brita 3. Tem-se:

Brita 0: 4,8 a 9,5 mm

Brita 1: 9,5 a 19,0 mm

Brita 2 : 19 a 38 mm

Brita 3 : 38,0 a 50,0 mm

Sendo que de acordo com os dados fornecidos para granulometria, a brita que se enquadrou na faixa foi a brita 0, pois a amostra possui mais de 84,31% na faixa dessa brita.

ENSAIO DE COMPRESSÃO SIMPLES

* Corpos-de-prova padrão (Sem adição de Filler Dolomítico)

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova.

30,73 MPa 25,63 MPa

Valor médio : 28,18MPA

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a adição de 10% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova (MPa)

32,61 MPa 35,11 MPa

Valor médio : 33,86MPA

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a adição de 20% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova (MPa)

33,63 35,67

Valor médio : 34,65MPA

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a substituição de 10% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova (MPa)

30,75 30,32

Valor médio : 30,535MPA

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a substituição de 20% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova (MPa)

25,15 23,95

Valor médio : 24,55MPA

ENSAIO ABSORÇÃO

* Corpos-de-prova padrão.

7,07%6,99%

Valor médio : 7,03%

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a adição de 10% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova.

6,49%6,69%

Valor médio : 6,59%

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a adição de 20% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova.

6,48%6,66%

Valor médio : 6,57%

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a substituição de 10% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova

6,90%6,73%

Valor médio : 6,815%

* Corpos-de-prova cuja a mistura tem a substituição de 20% de Filler Dolomítico.

Resistência aos 28 dias, de dois corpos-de-prova

7,08%6,97%

Valor médio : 7,025%

Conclusão

De acordo com os resultados das resistências obtidas. Pode-se ter as seguintes conclusões:

* Ao comparar os valores das resistências dos corpos-de-prova padrão com as resistências dos corpos-de-prova que ocorreu adição do Filler Dolomítico (nas porcentagens de 10% a 20%). Ocorreu um aumento dos valores de resistência, estando abaixo os seguintes valores médios:

Sem adição de Filler Dolomítico: 28,18 MPa

Com a adição de Filler Dolomítico em 10%: 33,86 MPa

Com a adição de Filler Dolomítico em 20%: 34,65 MPa

Por meio desses resultados, pode-se concluir que a dispersão do Filler entre vazios; situados entre a pasta, o cimento e os agregados. Proporcionou um aumento na resistência. Isso também pode ser concluído através dos ensaios de absorção desses corpos-de-prova, pois é notório nos valores de absorção foram reduzindo com a adição do Filler. Isso como consequência da ocupação do mesmo, nos vazios do concreto.

Sem adição de Filler: 7,03%

Com a adição de Filler de 10%: 6,59%

Com a adição de Filler de 20%: 6,57%

* Ao analisar os valores das resistências dos corpos-de-prova padrão, com as resistências dos corpos-de-prova que ocorreu a substituição do cimento por filler Dolomítico (nas porcentagens de 10% a 20%). Ocorreu uma diminuição dos valores de resistência, ao comparar esses com os valores de resistências dos corpos-de-prova que ocorreu apenas adição do Filler. Sendo os valores médios:

Resistências:

Com a adição de Filler Dolomítico em 10%: 33,86 MPa

Com a adição de Filler Dolomítico em 20%: 34,65 MPa

Com substituição de Filler de 10%: 30,535MPA

Com substituição de Filler de 20%: 24,55MPA

Absorção:

Com a adição de Filler de 10%: 6,59%

Com a adição de Filler de 20%: 6,57%

Com substituição de Filler de 10%: 6,815%

Com substituição de Filler de 20%: %: 7,025%

* Por meio desses resultados dos ensaios, pode-se concluir que a substituição de parte do cimento por Filler, não contribuiu com a resistência. Isso nos fornece a conclusão

que, o Filler não é um material reativo, ou seja, quando em contato com outros elementos químicos não promove a formação de compostos com propriedades aglomerantes. Outros resultados que ajudam ter essa conclusão é os dos ensaios de absorção, pois à medida que aumentava a porcentagem da substituição de Filler a absorção do corpo-de-prova aumentava, ao comparar com os resultados em que ouve apenas a adição. Que nos leva a concluir que esse aumento da absorção ocorreu pelo aumento da porosidade no concreto.

Referências

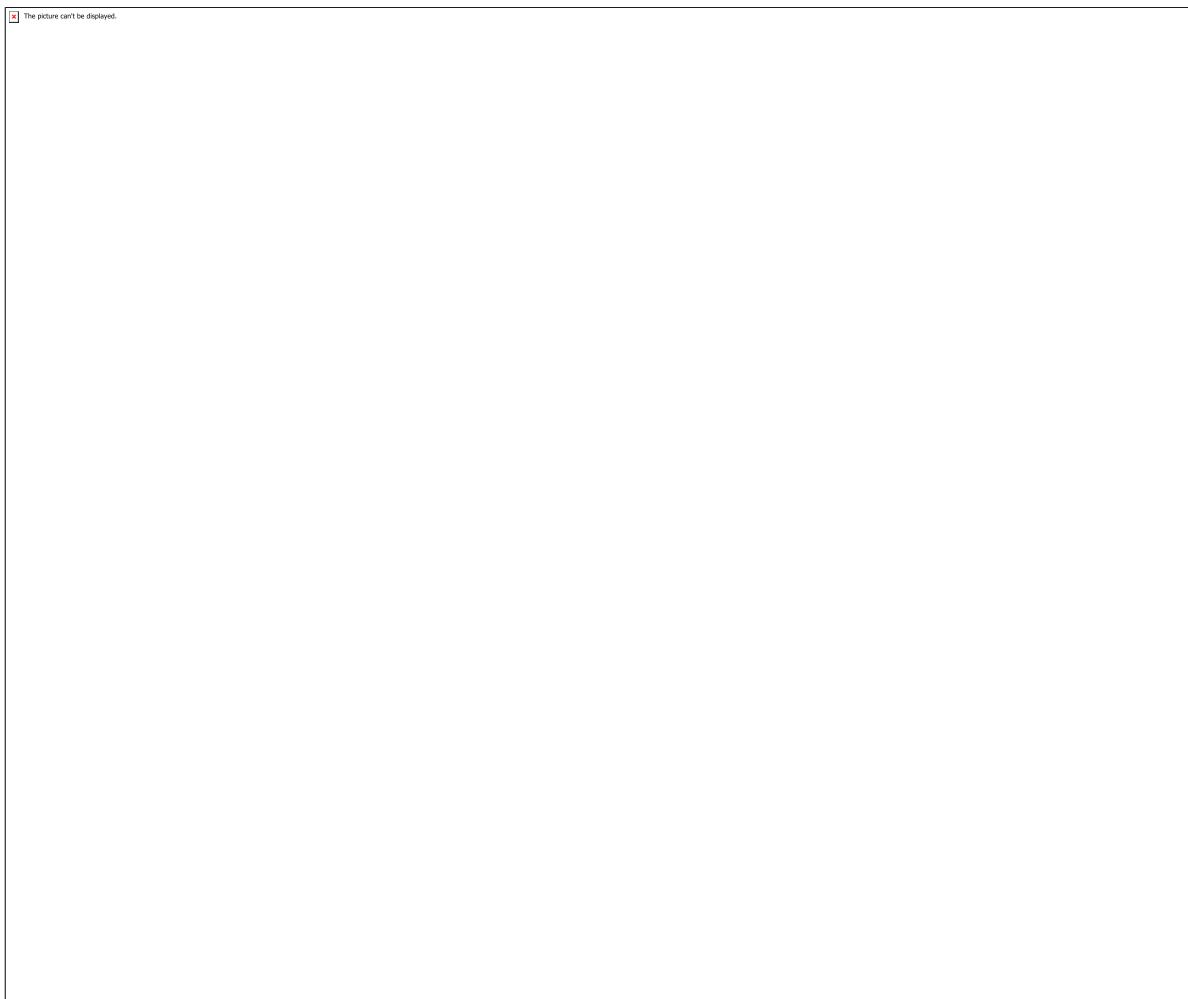
JOHN, V.M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. In: CASSA, J.C.S; CARNEIRO, A.P.; BRUM, I.A.S (Org.). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal., p. 311, 2001;

MEHTA V. K. Mineral admixtures. RAMACHANDRAN V. S. In Concrete Admixtures Handbook: properties, science, and technology. Noyes publications: Park ridge, 1984;

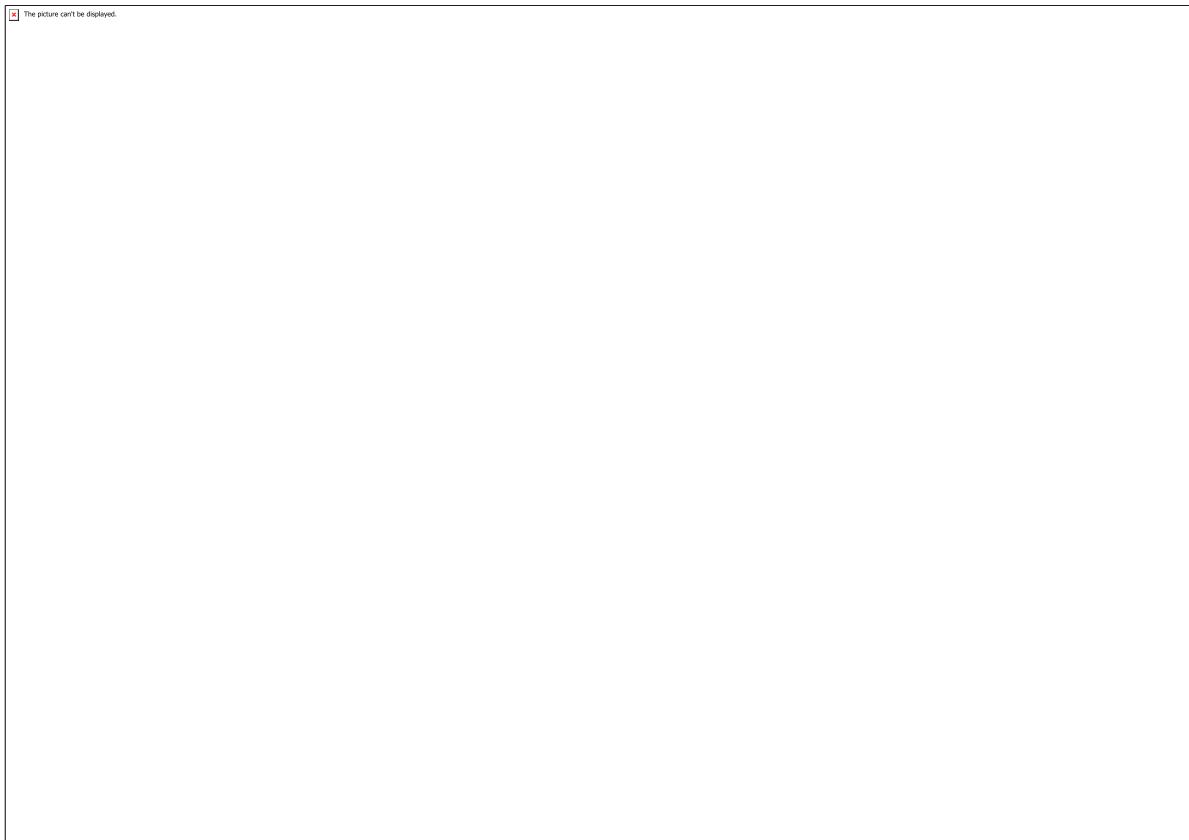
ABNT NBR 5739:2007;

ABNT NBR 9778:2005

Anexos



Resultados dos ensaios de compressão simples e absorção.



Resultados dos ensaios de compressão simples e absorção.

CÓDIGO: ET1257

AUTOR: JAKELINE RAYANE BARROS FELIX

ORIENTADOR: OLAVO FRANCISCO DOS SANTOS JUNIOR

TÍTULO: Avaliação do efeito da estrutura e cimentação nos parâmetros de resistência de sedimentos da Formação Barreiras

Resumo

O comportamento resistivo do solo ao cisalhamento é advindo da coesão e do ângulo de atrito interno do solo. A coesão é uma parcela resistiva presente em sedimentos da Formação Barreiras, devido a sua estrutura e a ligação entre as superfícies de suas partículas por agentes cimentantes naturais. Esta pesquisa teve como objetivo estudar a influencia da coesão no comportamento resistivo do solo da Formação Barreiras. O estudo foi realizado por meio de uma análise comparativa das envoltórias de resistência de amostras indeformadas e deformadas. As envoltórias foram obtidas por meio de ensaios de cisalhamento direto realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em amostras saturadas submetidas a diferentes níveis de tensão normal.

Palavras-chave: coesão, Formação Barreiras, resistência ao cisalhamento, cisalhamento

TITLE: Evaluation of the effect of structure and cementation on sediment resistance parameters of Barreiras Formation

Abstract

The shear resistive behavior of the soil is due to the cohesion and the internal friction angle of the soil. Cohesion is a resistive portion present in Barreiras Formation sediments, due to its structure and the bond between the surfaces of its particles by natural cementing agents. This research aimed to study the influence of cohesion on soil resistance behavior of Barreiras Formation. The study was carried out through a comparative analysis of the resistance envelopes of undeformed and deformed samples. The envelopes were obtained by direct shear tests performed at the Soil Mechanics Laboratory of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN) in saturated samples submitted to different levels of normal stress.

Keywords: cohesion, Barrier Formation, shear strength, direct shear

Introdução

A faixa costeira do estado do Rio Grande do Norte é constituída em sua grande parte por sedimentos eólicos (dunas) e por sedimentos da Formação Barreiras. Esses últimos consistem de arenitos com vários teores de finos apresentando algum grau de

cimentação entre as partículas. Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de se conhecer melhor o comportamento desses materiais para que esse desenvolvimento seja feito com segurança e sem prejuízos ao meio ambiente.

Os trabalhos acerca da Formação Barreiras envolveram a caracterização física e o estudo do comportamento mecânico. O solo dessa formação têm como característica peculiar horizontes minerais subsuperficiais, que apresentam consistência friável quando úmidos; contudo, quando secos, apresentam consistência dura exibindo forte coesão.

As características de cisalhamento do solo são representadas pela coesão do solo, pelo ângulo de atrito e pela resistência do solo ao cisalhamento. A coesão do solo é a força de atração entre as superfícies de suas partículas, podendo ser real ou aparente.

Os principais fatores que influenciam a resistência do solo ao cisalhamento são a distribuição de partículas do solo, a densidade, a estrutura e o teor de água no solo. Em solos de textura arenosa, a resistência ao cisalhamento depende basicamente do atrito entre as partículas, enquanto em solos argilosos ela depende não só do atrito entre partículas, como também da coesão do solo.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influencia da coesão advinda da estrutura original do solo no seu comportamento resistivo por meio da comparação de resultados do ensaio de cisalhamento direto em amostras indeformadas com aqueles realizados em amostras amolgadas.

Metodologia

Programa experimental

A fim de caracterizar e avaliar as propriedades de resistência de amostras da Formação Barreiras da Região de Natal /RN foi elaborado um programa experimental mostrado na tabela 1. Foram realizados inicialmente ensaios de caracterização como teor de umidade hidroscópico do solo, granulometria e limites de consistências. A posteriori foram realizados ensaios para aferir características mecânicas, por meio do cisalhamento direto na condição inundada do material amolgado. Os resultados obtidos foram comparados com os resultados de ensaios em amostras indeformadas realizados por Sousa (2018). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da UFRN.

Tabela 1. Resumo do Programa experimental

Etapa

Tipo de Ensaio

Nº de ensaios executados

Caracterização do solo

Teor de umidade higroscópica

4

Análise Granulométrica

4

Limite de Liquidez

4

Limite de plasticidade

4

Resistência Mecânica

Cisalhamento Direto inundado

12

Coleta do material

As amostras de solos são provenientes da região de Natal/RN, extraídas da zona oeste próximas ao leito do Rio Potengi, caracterizada como área 2 por Sousa (2018), conforme mostra figura 1.

Figura 1. Localização da área estuda

Fonte: Sousa, 2018.

Ao todo foram coletadas 4 amostras deformadas. As amostras foram transportadas para o laboratório de Mecânica dos solos da UFRN em sacos devidamente vedados e identificados a fim de resguardar a umidade natural. A identificação das amostras foi feita de acordo nomenclatura apresentada na tabela 2, em correlação as amostras estudadas por Sousa(2018) e de acordo com sua origem de coleta.

Tabela 2. Identificação e correlação das amostras

Nomenclatura de Sousa (2018)

Nomenclatura adotada

Condição da amostra

B-01

TT-01

Deformada

B-03

TT-03

Deformada

B-04

TT-04

Deformada

B-05

TT-05

Deformada

Em uma análise táctil visual preliminar observou-se que os solos coletados apresentaram heterogeneidade entre as amostras quanto a coloração, grau de cimentação e tamanho das partículas.

Preparação das amostras

Conforme procedimentos descritos pela norma NBR 6457 (1986) procedeu-se a preparação das amostras para os ensaios de caracterização. Para a obtenção dos parâmetros de resistência, foram moldados corpos de prova na caixa de cisalhamento direto com estado de compactação e umidade predeterminados a fim de simular a mesmo índice de vazios do solo em estado não deformado. Os valores do índice de vazios das moldagens foram obtidos no trabalho de Sousa (2018), os quais são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Índice de vazios da amostra indeformada

Amostra

Índice de vazios da amostra indeformada

TT-01

0,37

TT-03

0,47

TT-04

0,42

TT-05

0,41

De cada amostra foram moldados quatro corpos de prova para a realização de ensaios de cisalhamento direto para as tensões normais de 50,100,200 e 400 kPa. Durante a moldagem obtiveram-se amostras para determinação do teor de umidade.

Caracterização do solo

A primeira etapa para caracterização foi determinar o teor de umidade higroscópico, em seguida foram realizados ensaios de granulometria e limites de liquidez e plasticidade.

A NBR 6457/1986 foi utilizada na orientação do ensaio do teor de umidade. Ao todo foram feitas três amostragens de cada solo úmido. Para a análise granulométrica seguiu-se a NBR 7180/1984 que prescreve as etapas de peneiramento e sedimentação, os resultados possibilitaram a classificação do solo conforme a NBR 6502/1995 para análise do tamanho dos grãos, e o sistema unificado de classificação de solos(SUCS).

A determinação dos limites de Atterberg foi feita considerando as normas: NBR 7180/1984: Solo - Determinação do limite de plasticidade, e NBR 6459/1984: Solo – Determinação do limite de liquidez. Para o limite de liquidez (LL), foram ensaiadas manualmente as amostras através do aparelho de Casagrande, enquanto que o limite de plasticidade (LP) foi determinado através da moldagem de cilindros de solo em placa de vidro. Obtidos os valores, foi possível determinar o índice de plasticidade (IP) pela diferença entre os valores de LL e LP.

Ensaio de resistência ao cisalhamento

Quanto ao ensaio de cisalhamento direto seguiram-se as diretrizes da norma americana D3080 (ASTM ,1998). Cada amostra foi submetida a 4 níveis de tensão normal: 50,100, 200 e 400 kPa. Estas foram moldadas de acordo com as dimensões da caixa de cisalhamento direto existente no Laboratório de Mecânica dos Solos, com altura de 31,52mm e diâmetro de 59,81 mm. Cada corpo de prova foi submetido ao carregamento normal durante 24h para adensar antes do cisalhamento em paralelo a fim de saturar a amostra, para a condição de amostra inundada, utilizou-se água destilada. Para execução do cisalhamento adotou-se a velocidade de deslocamento da caixa de 0,05mm/min.

Resultados e Discussões

Resultados e Discussão

Caracterização do solo

A fim de se conhecer e classificar os solos de estudo foram feitos ensaios de granulometria conjunta. O material passou pelas etapas de peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação, resultando na curva granulométrica representada na figura 2.

Figura 2. Curvas granulométricas das amostras estudadas

A análise da curva granulométrica permite observar uma coincidência de comportamento entre as curvas. Não houve evidências de granulometria pedregulhosa e diferente do que se esperava observou-se valores consideráveis de finos. A análise da curva possibilitou a obtenção de índices granulométricos e corroborando com a análise visual do material tem-se que a parcela predominante do solo classifica-se como areia, média ou fina. Porém há também uma parcela expressiva de fração argilosa, com teores superiores a 20%. [P1]

Com os resultados do ensaio dos limites de Atterberg, descritos na tabela 4 e a carta de plasticidade, figura 3, pode-se analisar o estado de plasticidade do solo em questão.

Tabela 4. Valores de limites de Atterberg

Amostra

Limite de liquidez (%)

Limite de Plasticidade(%)

Índice de Plasticidade(%)

TT-01

36

17

19

TT-03

34

16

18

TT-04

24

16

7

TT-05

26

18

Figura 3. Carta de plasticidade**SC**

Com a carta de plasticidade pode-se dizer que as amostras apresentam média plasticidade com valores indo de 7 a 19%. Com base nos valores obtidos de índice de plasticidade e faixas granulométricas classificou-se os solos conforme o Sistema Unificado de Classificação de Solos(SUCS), como presente na tabela 5. Observa-se que todas as amostram se classificam como areia argilosa.

Tabela 5. Classificação granulométrica**Amostra****Classificação SUCS**

TT-01

Areia Argilosa(SC)

TT-03

Areia Argilosa(SC)

TT-04

Areia Argilosa(SC)

TT-05

Areia Argilosa(SC)

Ensaios de Resistência ao Cisalhamento

Considerando um ensaio completo a formação de uma envoltória de quatro pontos, foram realizados quatro ensaios de cisalhamento direto. A tabela 6 traz os resultados dos ensaios do solo amolgado e também os resultados de Sousa (2018) para efeitos comparativos com amostras do mesmo material porém em estado indeformado. As figuras 4 a 7 retratam o comparativo entre as envoltórias de cada amostra obtidas nos ensaios com as envoltórias alcançadas por Sousa (2018). [P2]

Tabela 6. Parâmetros de resistência do solo analisado e de Sousa (2018)**Amostra****Solos analisado****Sousa (2018)**

ϕ (°)

c (kPa)

ϕ (°)

c (kPa)

TT-01

31,6

0

38,7

196,72

TT-03

33,65

37,6

178,03

TT-04

31,68

42,3

218,04

TT-05

23,63

46,3

306,76

Figura 4. Comparativo entre envoltórias de solos deformado e indeformado da amostra TT-01

Figura 5. Comparativo entre envoltórias de solos deformado e indeformado da amostra TT-03

Figura 6. Comparativo entre envoltórias de solos deformado e indeformado da amostra TT-04

Figura 7. Comparativo entre envoltórias de solos deformado e indeformado da amostra TT-05

Os resultados apontam que a estrutura original do solo é um fator de peso para o seu comportamento mecânico resistivo. Pode-se observar que há uma diminuição dos parâmetros de resistência do solo da tipo Formação Barreiras, demonstrando que há uma grande perda de resistência devido a destruição de sua estrutura, eliminando as ligações existentes desde a sua formação.

[P1] Seria interessante uma tabela com valores de Pedregulho, Areia Grossa, Areia Média, Areia Fina, Silte e Argila.

[P2] Essas envoltórias indeformadas foram inundadas ou no teor de umidade natural?

Conclusão

Quatro amostras de sedimentos da Formação Barreiras estudadas no presente trabalho foram classificadas no SUCS como areia argilosa - SC. Quanto sua plasticidade observou-se que estas apresentam média plasticidade. Fatores estes igualmente observados por Sousa (2018) certificando que a análise está sendo feita com solos de mesmas características e origem.

Observou-se que quanto aos parâmetros de resistência houve uma redução do intercepto de coesão e do ângulo de atrito ao amolgar e destruir a estrutura original do solo, mantendo o mesmo índice de vazios da solo indeformado obtidos nos ensaios de Sousa(2018). Isso ressalta a importância do processo de consolidação e compactação pelo qual o solo passa durante sua formação, verificando que este processo confere significativa capacidade resistiva ao solo da formação barreiras. Com isso foi possível avaliar como significativo o efeito da estrutura e cimentação nos parâmetros de resistência do material.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D3080: standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions. Pensilvânia, Estados Unidos: ASTM, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.ABNT: NBR 6457/1986: Amostras de Solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização. [S.I.]. 1986

_____ NBR 6459/1984: Solo – Determinação do limite de liquidez. [S.I.]. 1984

_____ NBR 6502/95: Rochas e solos. [S.I.]. 1995

_____ NBR 6508/1984: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. [S.I.]. 1984

_____ NBR 7180/1984: Solo - Determinação do limite de plasticidade. [S.I.]. 1984.

SANTOS JR, O. F.; COUTINHO, R. Q.; SEVERO, R. N.: Propriedades geotécnicas dos sedimentos da Formação Barreiras no litoral do Rio Grande do Norte – Brasil. Revista Geotecnia nº 134, p. 87-108, julho, 2015

SOUSA, Ray de Araújo. Resistência e compressibilidade de solos da Formação Barreiras da região de Natal/RN. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

CÓDIGO: ET1268

AUTOR: DIEGO RAFAEL PEREIRA

ORIENTADOR: ADAILDO GOMES D ASSUNCAO

TÍTULO: Análise de Antenas e Arranjos Reconfiguráveis com Estruturas Não Uniformes para Sistemas de Comunicação sem Fio

Resumo

Este trabalho propõe a análise de um arranjo reconfigurável de elementos do tipo patch de microfita desiguais e ressonantes em frequências diferentes. O estudo partiu da idealização de uma estrutura de arranjo não uniforme de quatro elementos projetados para operar em duas frequências distintas, evoluiu para a análise individual de cada elemento, e em seguida, para a análise da melhor configuração possível para a estrutura. Foi utilizada uma metodologia de otimização e melhoria de cada elemento através de simulações com uso do Ansoft Designer. Utilizou-se o casamento através de inset-feed, técnica que apresenta bons resultados e proporciona estruturas compactas. A estrutura considera o uso de um diodo pin, que quando polarizado, conecta os elementos do arranjo. Quando não polarizado, o componente desconecta os elementos. Assim, o arranjo poderá operar com dois ou quatro elementos. Por fim, realizou-se a construção do circuito adicionando uma fenda de 1 mm de largura no local escolhido para inserção do diodo, fazendo assim um circuito aberto por natureza. Para simular a operação em curto, uma fita condutora estreita removível foi inserida no local. Foram fabricados protótipos, para fins de comparação, e os resultados obtidos nas simulações e medições apresentaram uma boa concordância.

Palavras-chave: patch, antena, arranjo, microfita, reconfiguração

TITLE: Reconfigurable Flexible FSS Analysis with Non-Uniform Structures for Wireless Communication Systems

Abstract

This work proposes the analysis of a reconfigurable arrangement of unequal and resonant patch microphones at different frequencies. The study started from the idealization of a four-element non-uniform arrangement structure designed to operate at two different frequencies, evolved to the individual analysis of each element, and then to the analysis of the best possible configuration for the structure. A methodology of optimization and improvement of each element was used through simulations using Ansoft Designer. Inset feed matching was used, a technique that yields good results and provides compact structures. The structure considers the use of a pin diode, which when polarized, connects the array elements. When not polarized, the component disconnects the elements. Thus, the arrangement may operate with two or four elements. Finally, the circuit was constructed by adding a 1 mm wide slot in the chosen diode insertion site, thus making an open circuit by nature. To simulate shorted operation, a removable narrow conductive tape was inserted in place. Prototypes were made for comparison

purposes, and the results obtained in the simulations and measurements showed good agreement.

Keywords: patch, antenna, arrangement, microstrip, reconfiguration

Introdução

Com os avanços nos estudos em antenas e arranjos planares, é cada vez mais comum observar que a reconfiguração desses elementos é objeto de estudo cada vez mais importante na área. A proposta escolhida para esse trabalho, foi abordar o uso de elementos que ressoassem em duas frequências distintas e realizar um arranjo não-uniforme de 4 elementos, com dois operando em cada frequência, e em seguida torná-lo reconfigurável, fazendo-o operar com 2 ou 4 elementos quando for conveniente.

As frequências escolhidas foram de 2.45 GHz e 3.5 GHz, e para realizar a reconfiguração, escolheu-se usar um diodo que fosse inserido em um ponto entre a linha de alimentação e um dos ramos do arranjo, assim realizando a separação do mesmo.

A estrutura inicial imaginada pode ser observada na Figura 1. Vale salientar que no decorrer do texto será adotada a separação em duas configurações de operação para o arranjo: Configuração A para diodo em curto e Configuração B para diodo em aberto.

Metodologia

- Neste trabalho, foram realizadas diversas simulações computacionais com uso do Ansoft Designer, a fim de analisar e buscar previamente o melhor casamento dos elementos escolhidos. O modelo de antena escolhido foi a microfita com patch de geometria circular. Tal estrutura mostrou melhores resultados em simulações e apresenta um modelo mais compacto em relação ao retangular. Para calcular as dimensões do patch foi utilizada uma técnica de equivalência de áreas entre as geometrias retangular e circular, mostrado na seção D, tal método foi utilizado pela ampla documentação existente para a geometria retangular (modelo clássico das antenas de microfita) utilizando a alta dependência entre frequência de ressonância e comprimento físico do elemento radiante para prover uma boa aproximação a estrutura de patch circular. Com a resultados computacionais satisfatórios. o arranjo foi construído, porém o diodo quando operando em circuito aberto foi substituído por uma fenda de 1 mm de largura (equivalente ao circuito-aberto do diodo).
- ESTUDO DE CASOS
 - Operação Individual De Cada Elemento

Para realizar o casamento de cada elemento, utilizou-se o casamento por Inset Fed por essa ser uma técnica de casamento que mantém o elemento compacto. Pode-se observar a seguir os elementos circulares na Figura 2, suas dimensões na Tabela 1 e suas perdas de retorno na Figura 3. Observa-se claramente que ambos elementos ressoam nas frequências desejadas, apesar de não estarem perfeitamente casados nas frequências de interesse.

- Arranjo - Configuração A, Diodo Em Curto

Nessa configuração, os elementos estão conectados simultaneamente, formando um arranjo de 4 elementos. Para conexão dos elementos foi usado um circuito casador de lambda/4, onde é utilizado uma linha de transmissão de microfita com impedância calculada através da fórmula (4), ao qual é simplificada para a equação (5) utilizando o valor de comprimento da linha igual a distância lambda/4, eliminando o descasamento presente na estrutura. Com a determinação do comprimento do transformador para as duas frequências de interesse, foi utilizada inicialmente a média desse comprimento para conectar os dois braços do arranjo à alimentação. Após breves observações, percebeu-se que utilizar a média para o comprimento desse casador não foi a melhor solução, e através de análises paramétricas, concluiu-se que o melhor valor para esse comprimento é de 15 mm. O arranjo com o diodo em curto pode ser observado na Figura 4 e os comprimentos dos transformadores podem ser observados na Tabela 2. Através das simulações, o parâmetro S11 é obtido e observado na Figura 5. Observa-se as frequências de projeto bem casadas, e além disso, é claro o surgimento de outras bandas, tornando o arranjo multi-banda.

- Arranjo - Configuração B, diodo em aberto

Nessa configuração, o diodo está em aberto e o circuito se comporta como um arranjo de dois elementos. Os elementos que ficarão isolados estão em vermelho na Figura 6. Nessa etapa foram realizadas análises paramétricas com intuito de escolher o melhor ponto para posicionar a fenda, tendo em vista que a posição da mesma altera a resposta em frequência do circuito. Dentro da análise, foi observado que o S11 não sofria alterações consideráveis quando a fenda era deslocada na linha de mesma espessura. Quando deslocada de uma linha de uma espessura para de outra espessura (da linha de 100 ohms para de 70.71 ohms por exemplo), o parâmetro apresentava alteração significativa. Com isso, foram analisados os três casos principais, com a fenda na linha de 100 ohms, 70.71 ohms e 50 ohms respectivamente. Na Figura 7 observa-se o comportamento do arranjo simulado para os três pontos principais da análise. Após a análise, foi determinado que o ponto seria ao fim da linha de 100 ohms, curva de cor azul. O ponto foi escolhido por apresentar uma resposta de rejeição em uma faixa de frequência, comportamento considerado interessante nesse estudo.

- Arranjo - Construção

Realizadas as análises necessárias, a construção se deu de modo que fosse inserida uma fenda de 1 mm de largura para simular o diodo, como dito antes. Para simular o comportamento do diodo em curto, usou-se uma linha de 100 ohms que foi posicionada exatamente acima da fenda, conectando ambos os ramos do circuito. A seguir é possível observar o arranjo construído e como foi realizada a operação na "Configuração A", "Configuração B" e a linha que foi utilizada para realizar o curto. Há dois pontos de solda na linha, solução encontrada para facilitar o contato entre os dois pontos desejados.

- Equacionamento

O equacionamento pode ser observado na Figura 8.

Resultados e Discussões

A seguir pode-se observar a comparação entre os resultados simulados e medidos para as duas configurações. O comportamento entre a medição e simulação é semelhante. É perceptível que há um deslocamento entre a medição e simulação, porém o comportamento geral obtido na simulação é repetido na medição. Em seguida, observa-se a comparação da simulação e medição da configuração B.

Essa configuração se mostra ainda mais condizente com o que foi simulado. É visível que o comportamento de rejeição das frequências inferiores observado na simulação é repetido na medição. Por fim, têm-se a comparação entre as medições para ambas configurações. Observa-se a mudança de comportamento do circuito de uma configuração para outra, assim como simulado.

Conclusão

Observou-se através das simulações computacionais que a posição da fenda influenciou drasticamente na resposta do arranjo. Isso pode ter ocorrido devido a incisão da fenda na linha ter formado um toco que alterou ligeiramente as características elétricas do circuito.

Além disso, mesmo no caso em aberto não havendo conexão elétrica entre os ramos do arranjo, há um acoplamento elétrico entre eles. Esse acoplamento também proporciona alteração elétrica do circuito, o que gera mudança na resposta em frequência do mesmo. Isso mostra que a região separada pela fenda não deve ser completamente desconsiderada na análise.

Percebeu-se também que em ambas configurações (mais claramente na Configuração B) o resultado medido mostrou-se de acordo com o simulado em questão, fortalecendo as análises realizadas.

Referências

[1] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*. Wiley-Interscience, 2005

Anexos

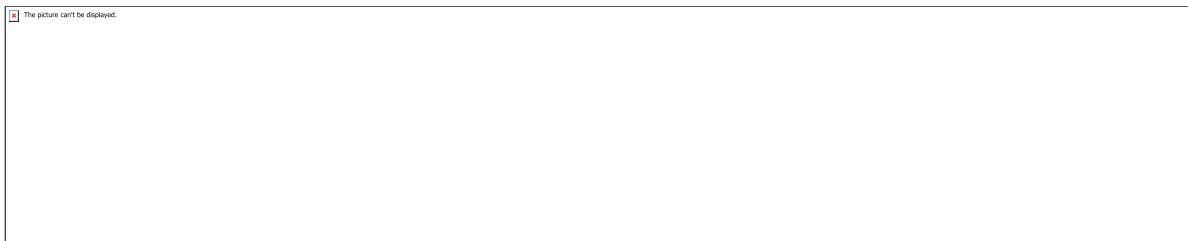


Figura 1. Proposta inicial do arranjo.

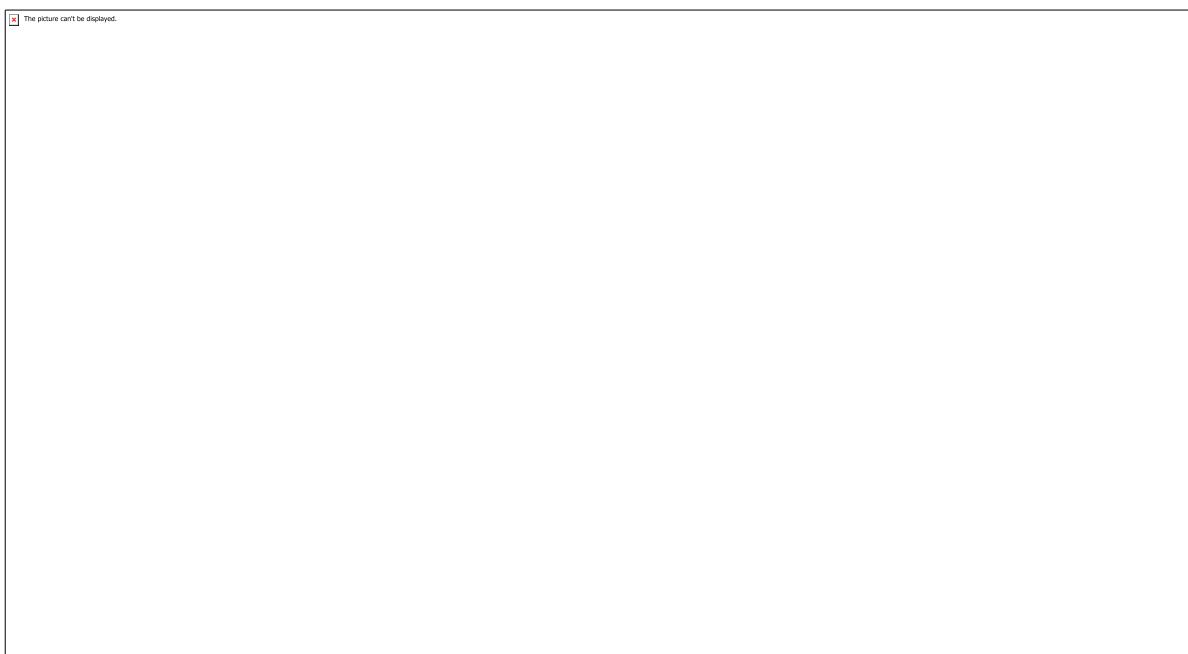


Figura 2. Patchs projetados em 2.45 GHz e 3.5 GHz, respectivamente

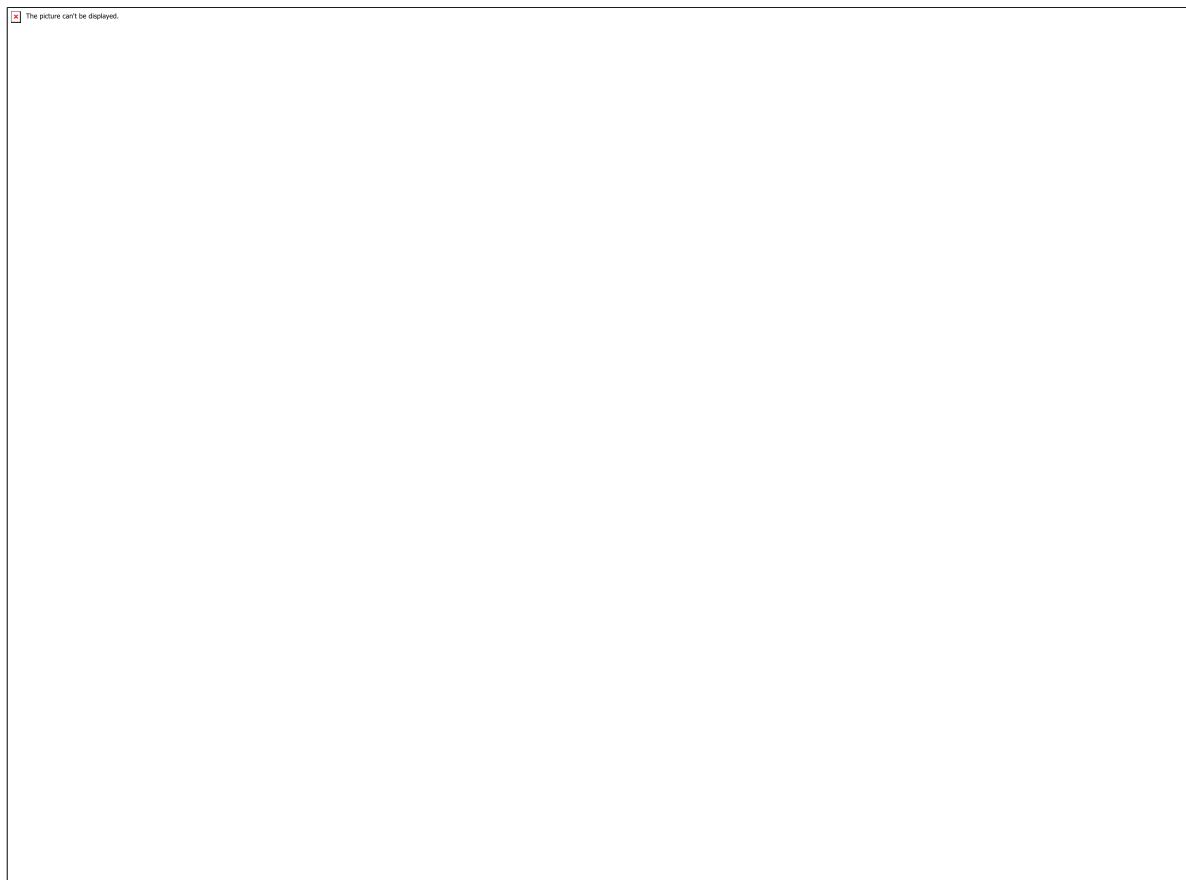


Figura 3. Perdas de retorno dos Patchs de 2.45 e 3.5 GHz



Figura 4. Arranjo - Configuração A, diodo em curto

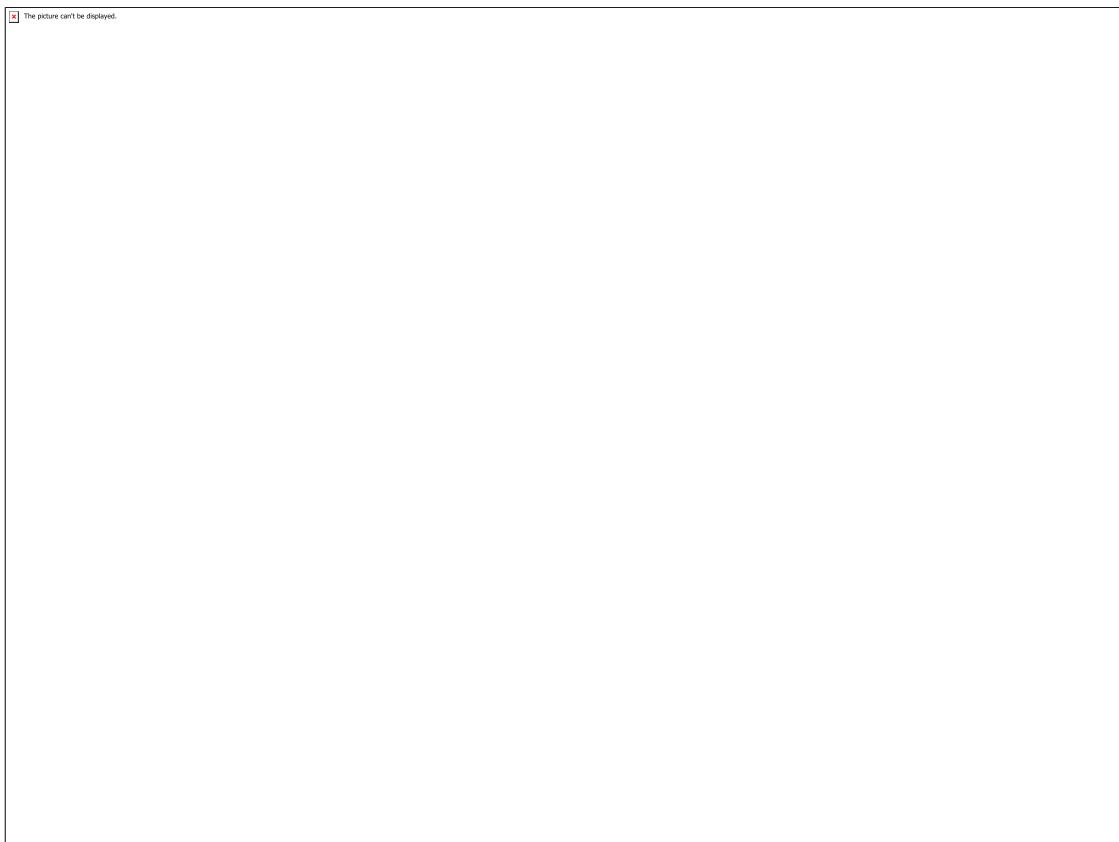


Figura 5. Configuração A - S11



Figura 6. Arranjo - Configuração B, Diodo Em Aberto

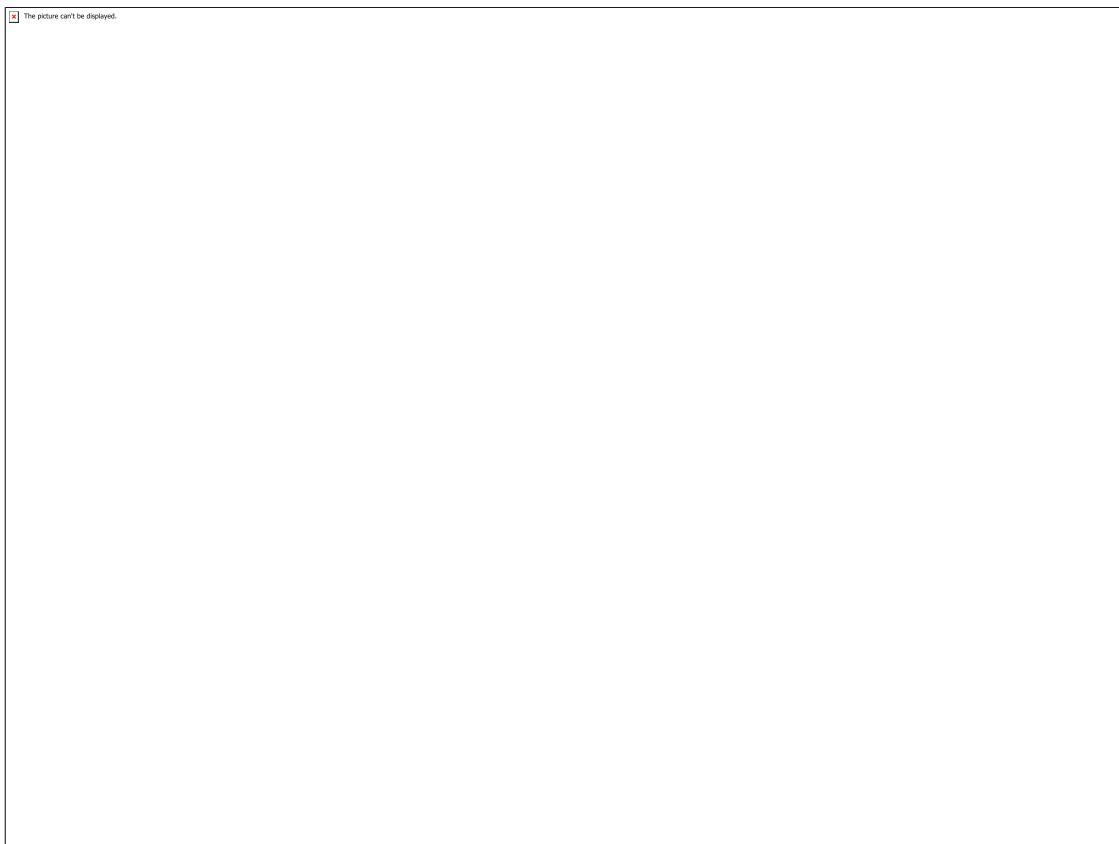


Figura 7. Comparação entre possíveis locais para adição do diodo (fenda)



Figura 8. "Configuração A - Superior", "Configuração B - Centro", "Linha -Inferior"

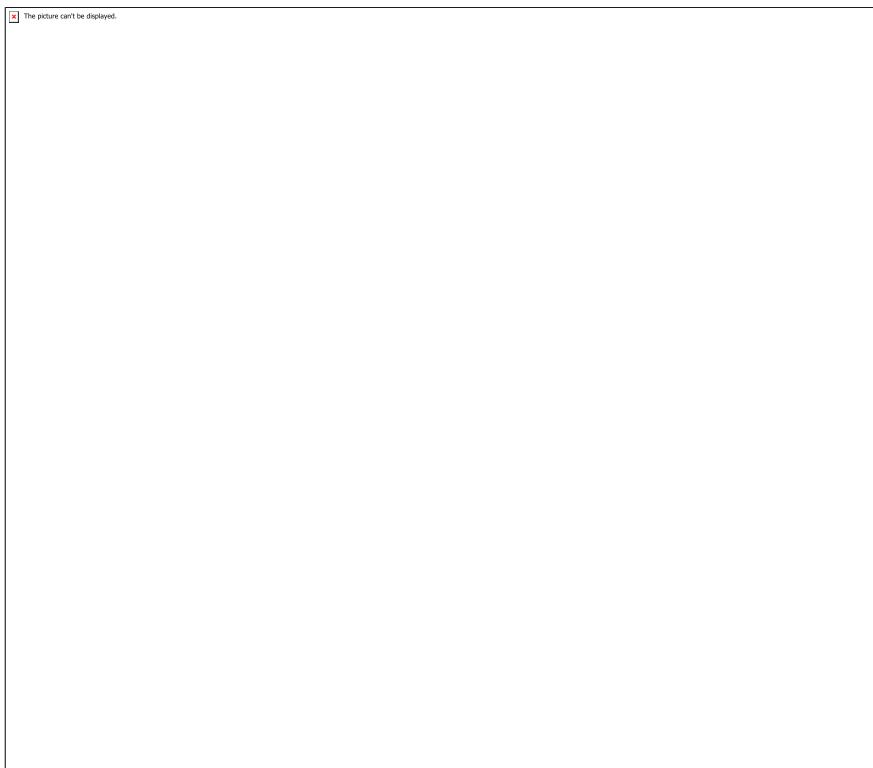


Figura 9. Equacionamento usado

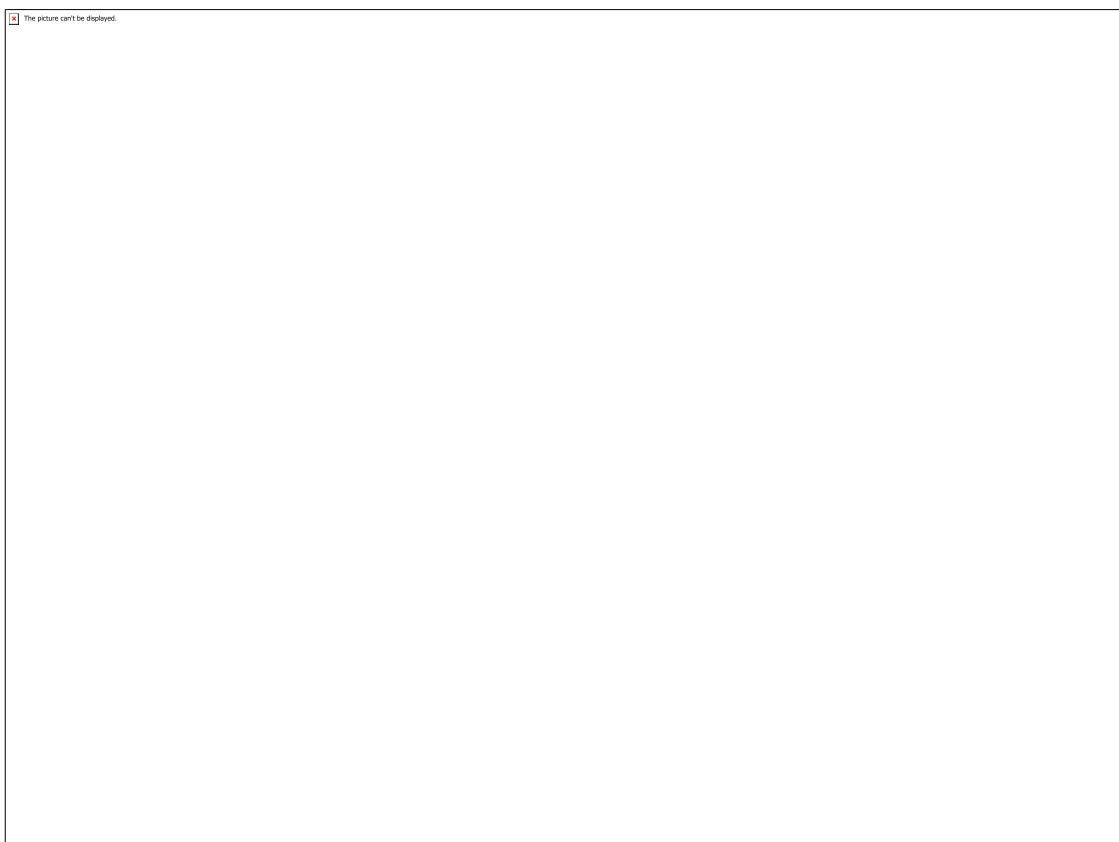


Figura 10. Configuração A - Comparação entre medição e simulação.

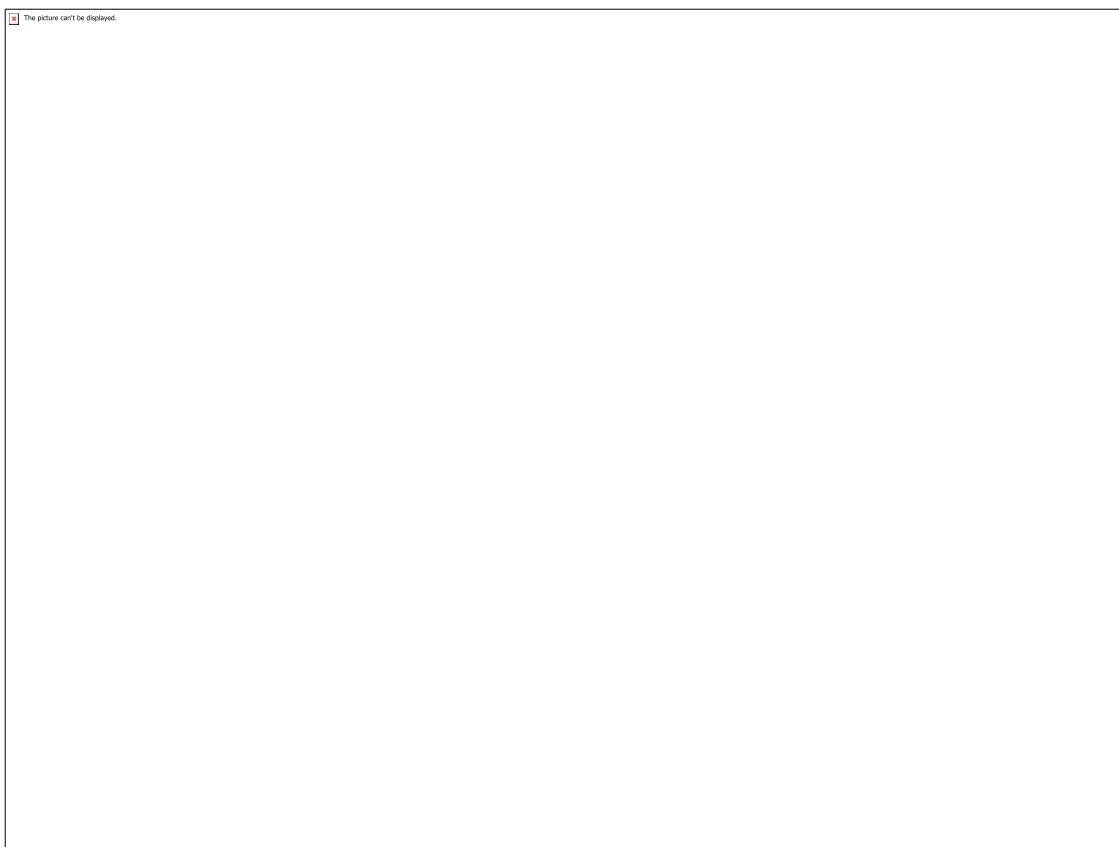


Figura 11. Configuração B - Comparação entre medição e simulação

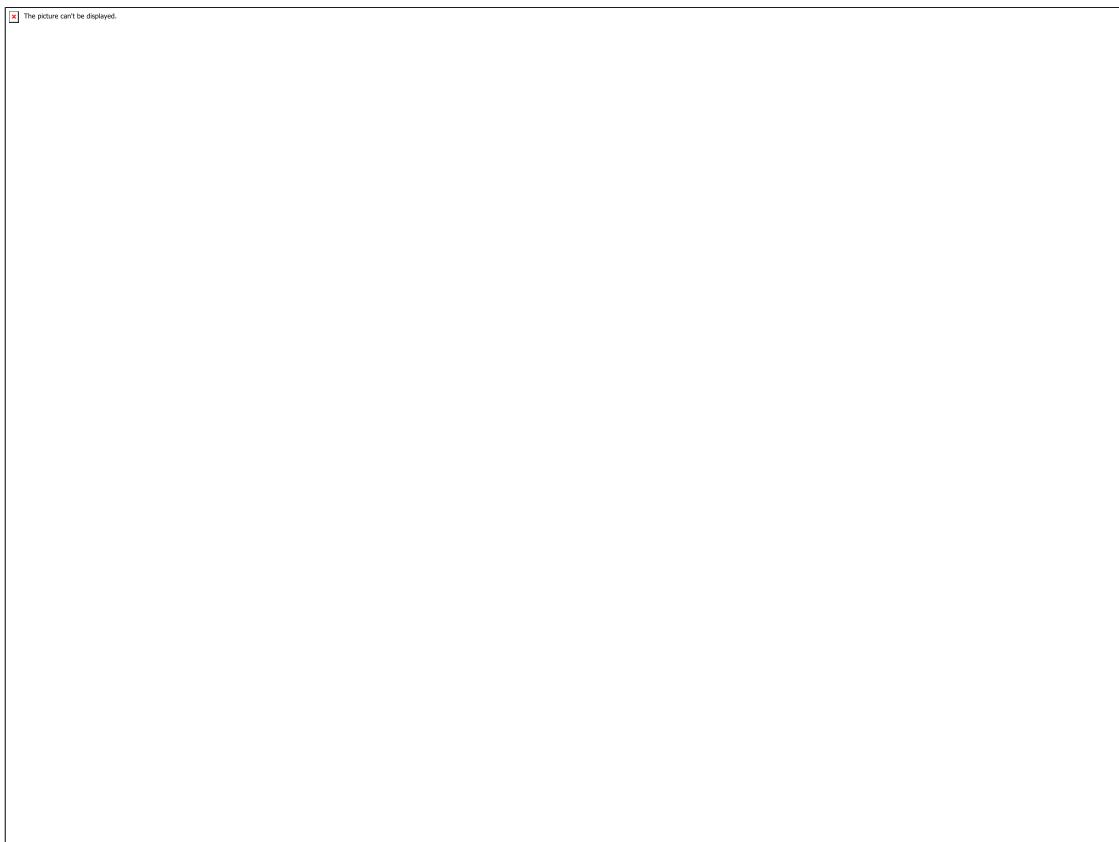


Figura 12. Comparação entre Configuração A e Configuração B



Tabela 1 - Parâmetros dos elementos

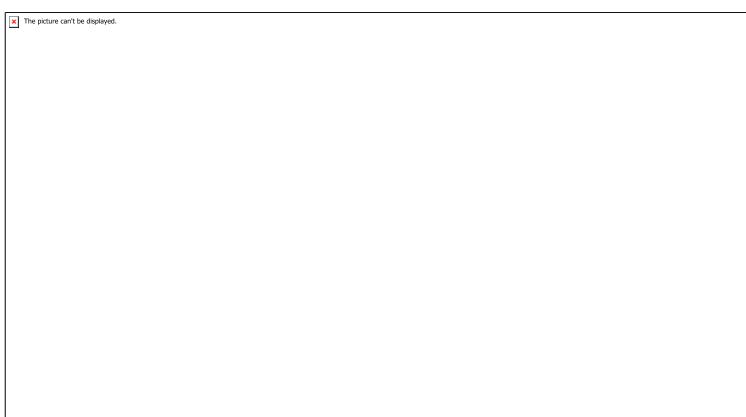


Tabela 2 - Parâmetros dos transformadores de lambda/4

CÓDIGO: ET1273

AUTOR: RAISA ANDRIELE DE VASCONCELOS LOPES

ORIENTADOR: SANDRA RUFINO SANTOS

TÍTULO: Metodologias Ativas para Engenharia de Produção: desenvolvimento de novas ferramentas (ano 3)

Resumo

Este trabalho tem por objetivo o levantamento bibliográfico da aplicação das seguintes metodologias ativas: PBL (problem based learning), PjBL (problem based learning), TBL (team-based learning) e Flipped Classroom (sala de aula invertida) nos cursos de engenharia tendo como base de pesquisa os anais do congresso brasileiro de educação em engenharia. Assim como a análise da aplicação de metodologias ativas na disciplina de gestão de sistemas de produção II no curso de engenharia de produção da UFRN. O estudo é resultante de uma revisão bibliográfica, resultou no mapeamento e análise de 28 artigos no período de 2014 a 2017 dos quais 60,71% deles desenvolviam aplicações do PBL, 25% PjBL, tendo a sala de aula invertida e TBL os valores de 10,71% e 3,57% respectivamente. A partir disto, a aplicação de questionários antes e depois da vivência de turma de engenharia de produção com metodologias ativas demonstrou um aumento de 36,4% no aprendizado dos alunos na fixação de conteúdos de técnicas lean. Em suma, conclui-se que o PBL se encontra como a metodologia mais utilizada nas engenharias com o intuito de desenvolver nos profissionais da área características fundamentais exigidas pelo mercado. Assim como essa, as demais metodologias analisadas também se apresentam como importantes armas para este fim.

Palavras-chave: metodologias ativas; educação em engenharia; aprendizado

TITLE: ANALYSIS OF STUDENTS' LEARNING FROM A PRODUCTION ENGINEERING COURSE WITH ACTIVE METHODOLOGIES

Abstract

This paper aims at a bibliographical survey of the application of the following active methodologies: PBL (problem based learning), PBL (problem based learning), TBL (team-based learning) and Flipped Classroom in engineering courses having as a research base the annals of the Brazilian congress of engineering education. As well as the analysis of the application of active methodologies in the discipline of management of production systems II in the UFRN production engineering course. The study results from a bibliographical review, resulted in the mapping and analysis of 28 articles in the period from 2014 to 2017 of which 60.71% of them developed PBL applications, 25% PjBL, with the classroom inverted and TBL the values of 10.71% and 3.57% respectively. From this, the application of questionnaires before and after the experience of the production engineering class with active methodologies demonstrated a 36.4% increase in student learning in the setting of contents of lean techniques. In short, it is concluded that the PBL is the most used methodology in engineering with the intention of developing in the professionals of the area fundamental characteristics required by the market. Like this, the other methodologies analyzed also present themselves as important weapons for this purpose.

Keywords: active methodologies; engineering education; learning

Introdução

Sabe-se que nos últimos anos a busca por novas metodologias de ensino voltadas para as engenharias, vem crescendo constantemente. Trazer para sala de aula sistemas capazes de prover uma formação profissional diretamente ligada ao que o mercado espera dos profissionais quando saírem é, sem dúvidas, um dos grandes desafios atuais. Ministrar aulas expositivas no ensino tradicional enfatizando o poder do professor sobre o estudante é um relacionamento mestre-aprendiz poderoso quando a transferência de conhecimento é o objetivo primário. Entretanto, quando se busca o pensamento crítico ou a resolução de problemas, tanto professores quanto alunos devem modificar seus papéis e responsabilidades tradicionais. A aplicação de metodologias ativas tem sido muito discutido atualmente e nas projeções futuras da educação. Pensando nisso, este trabalho tem por objetivo o levantamento bibliográfico da aplicação das seguintes metodologias ativas: PBL (Problem Based Learning), PjBL (Problem Based Learning), TBL (Team-Based Learning) e Flipped Classroom nos cursos de engenharia tendo como base de pesquisa os Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Assim como a análise da aplicação do PBL e simulações na disciplina de Gestão de Sistemas de Produção II no curso de Engenharia de Produção da UFRN.

Metodologia

No que se refere à natureza da pesquisa deste artigo, esta pode ser definida como básica. Em relação aos objetivos, a pesquisa é exploratória e explicativa. O presente trabalho foi elaborado por meio de revisão bibliográfica sobre o uso de metodologias ativas no ensino em Engenharia. Inicialmente, realizou-se revisão de literatura acerca dos tipos de metodologias existentes e sua respectiva importância no processo de aprendizagem. Em seguida, fez-se um mapeamento de três anos dos artigos publicados nos anais do COBENGE disponíveis no site da ABENGE. Foram analisados os artigos que relatavam as experiências de aplicação de metodologias ativas: PBL, PjBL, TBL e Flipped Classroom. Após estas análises, foi possível elaborar conclusões acerca das metodologias mais utilizadas nos cursos de engenharia. Com os resultados desse mapeamento, aplicou-se as metodologias ativas mais comuns em uma turma de engenharia de produção e analisou-se o processo de aprendizado dos alunos com e sem metodologias ativas.

Resultados e Discussões

Buscando-se mapear e analisar as aplicações das metodologias ativas nas disciplinas dos cursos de engenharia, efetuou-se um levantamento bibliográfico nos Anais do COBENGE no período de 2014 a 2017, totalizando uma amostra de vinte oito artigos coletados dos anos já mencionados com exceção do ano de 2015 que não possuía os Anais. A partir disto, construiu-se uma análise gráfica para se ter acesso a ordem de utilização das quatro metodologias abordadas (Gráfico 1). Gráfico 1 - Porcentagem de utilização de Metodologias Ativas nas Engenharias Fonte: elaborado pelos autores, 2018. A partir disto, constatou-se que a Aprendizagem Baseada em Problemas é a mais empregada nesse campo de atuação (60,71%), tendo em vista que a vivência com PBL proporciona aos envolvidos o desenvolvimento de habilidades de trabalhar em grupo, de comunicação verbal, de planejamento, de discussão, de construção do consenso e de escrita, muitas vezes referidas como competências transversais, e usualmente consideradas críticas na formação para o mercado de trabalho (GARCIA, 2014). Com

uma escala de 0 a 10 para as respostas, obtiveram-se as percepções dos 24 alunos da turma antes da prática e de 22 depois desta. Quadro 1- Questionário da pesquisa Perguntas do Questionário Aplicado na Turma de Engenharia de Produção Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre princípios Lean em geral? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre produção puxada e empurrada? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre 5S? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre Manutenção Produtiva Total (TPM)? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre Kanban? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre Heijunka? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre Fluxo Contínuo? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre Troca Rápida de Ferramenta (SMED/TRF)? Quão seguro você é acerca de seus conhecimentos sobre Planejamento Hoshin e A3? Suponha que você seja um consultor/assessor/gestor de uma empresa, quão seguro você se sentiria diante da seguinte afirmação "Estou apto a aplicar princípios Lean na empresa"? Comentários Gerais Fonte: elaborado pelos autores, 2018. O conhecimento adquirido pelos alunos foi analisado individualmente para cada uma das oito técnicas Lean: 5 Senso (5S), Manutenção Produtiva Total (TPM), Kanban, Planejamento Heijunka, Fluxo Contínuo, Poka Yoke, Troca Rápida de Ferramenta (TRF) e Planejamento Hoshin com A3. Cabe informar que os conceitos de produção puxada e as técnicas 5S e Kanban haviam sido também trabalhadas em disciplinas de qualidade e gestão de sistemas de produção. Considerou-se para análise a comparação da declaração dos alunos com conhecimento igual e acima de 80% do conteúdo (valores 8 a 10) sistematizado no Tabela 1. Tabela 1: Alunos que declaram conhecimento para implementação das técnicas Lean Ferramenta Apenas com teoria (%) Com PBLs (%) Ganho de confiança 5S 83,3 100 16,7 TPM 45,8 72,2 26,4 Kanban 66,7 100 33,3 Heijunka 37,5 68,2 30,5 Fluxo Contínuo 41,7 100 58,3 Poka Yoke 54,2 90,1 35,9 TRF 25,0 86,4 61,4 Hoshin e A3 12,5 77,3 64,8 Fonte: elaborado pelos autores, 2018. Mesmo as ferramentas mais conhecidas pelos alunos (5S e Kanban) há com a aplicação dos PBLs um crescimento de alunos que declaram ter mais conhecimento e confiança para implementação da filosofia Lean nas organizações. Quando indagados sobre: "Suponha que você seja um consultor/assessor/gestor de uma empresa, quão seguro você se sentiria diante da seguinte afirmação 'Estou apto a aplicar princípios Lean na empresa'?" Houve um aumento de 36,4% dos alunos com maior segurança após a vivência com as metodologias ativas proporcionadas pela disciplina. Pode-se observar melhor a distribuição no Gráfico 2. Gráfico 2 - Porcentagem de respostas depois da aplicação do PBL Fonte: elaborado pelos autores, 2018. O questionário permitiu também respostas para comentários gerais. Os alunos se mostraram satisfeitos com o resultado do uso dos PBLs, tendo um dos alunos afirmado que "A realização das simulações ajudou em adquirir maiores conhecimentos sobre o Lean de uma maneira geral", assim como uma segunda resposta "Me sinto realmente mais seguro para trabalhar o Lean". Alguns alunos relataram a respeito da experiência e o quanto se sentiam seguros para implementar o Lean, como por exemplo a resposta "As práticas foram muito enriquecedoras, pois o nosso maior problema é ver as ferramentas que estudamos na prática, apenas enxergamos elas a uma longa distância, sendo aplicadas em grandes indústrias, e as dinâmicas conseguem trazer pra perto". Um outro aluno enaltece a prática quando afirma: "Achei bastante positiva a metodologia do PBL e das simulações, pois acredito que com essas aplicações o aluno consegue ver um pouco de como será quando for aplicar tais ferramentas na prática". Encontra-se ainda nas respostas dos entrevistados à questão da teoria ser mais abordada por parte dos professores. Um dos alunos disse: "Acho que deveria ser dado um foco maior na teoria por trás das simulações". Um segundo corrobora com a ideia e diz que deveria "Adicionar teoria antes da simulação", assim como um terceiro que assegura que "Gostaria que a parte teórica tivesse sido explorada melhor em sala". O que demonstra

certa dependência de alguns alunos no modelo convencional, os mesmos têm dificuldades para o auto aprendizado e precisam aprender a aprender. O segundo mais utilizado é a Aprendizagem Baseada em Projetos (25%), seguido da sala de aula invertida (10,71%) e da Aprendizagem Baseada em Equipes (3,57%) as quais contribuem para a formação de engenheiros com um perfil profissional que se destaca pela aprendizagem significativa, pela capacidade para o trabalho cooperativo, pela predisposição para análise e solução de problemas. A partir disso, buscou-se vivenciar uma prática de metodologias ativas na graduação do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) na disciplina de Gestão de Sistemas de Produção II. As ferramentas utilizadas foram um PBL fictício sobre empresa de tintas e vários PBLs no formato de simulações práticas com o uso de ferramentas Lean. Realizou-se duas aplicações de mesmo questionário com as perguntas expostas no Quadro 1, sendo aplicados um antes do PBL simulação e outro depois.

Conclusão

Com base nos resultados desta pesquisa, cujo objetivo era identificar, por meio de um levantamento bibliográfico, as metodologias ativas mais utilizadas nos cursos de engenharia utilizando como base nos anais de um congresso de educação em engenharia e os impactos da aplicação de PBLs no formato fictício e simulações em uma turma de Engenharia de Produção da UFRN. Foi possível identificar que a utilização destas metodologias ainda não é algo praticado pela grande maioria dos docentes, porém seu uso vem crescendo consideravelmente e quando empregado apresenta resultados significantes no aprendizado dos alunos. A Aprendizagem Baseada em Problemas, a partir dos dados do presente trabalho, se encontra como a metodologia mais utilizada nas engenharias com o intuito de desenvolver nos profissionais da área características fundamentais exigidas pelo mercado. Assim como essa, as demais metodologias analisadas também se apresentam como importantes armas para este fim. Em suma, a geração da autonomia para os discentes ocasiona resultados positivos tanto na vida acadêmica quanto na profissional. Pensando nisso, com a aplicação do PBL na turma de Gestão de Sistemas de Produção II do curso de Engenharia de Produção da UFRN pôde-se perceber que os resultados são bem significantes para o aprendizado dos alunos que se mostraram bem satisfeitos. Há ainda discentes que apresentam dependência de uma exposição teórica mais densa pelos professores, alegando muito trabalho e leitura e que necessitam da explicação do docente, caracterizando um método convencional que é o utilizado com maior frequência nas graduações. Porém, a autonomia de aprendizado dos discentes que se busca com as metodologias ativas só pode ser consolidada da forma como foi feito nesta aplicação, incentivando os alunos a pesquisa, leitura, senso crítico, e postura ativa dentro e fora da sala de aula, tendo o professor como um orientador no processo.

Referências

BARROWS, H. S. Problem based learning in medicine and beyond: A Overview. In: L. WILKERSON, and W. H. GIJSELAERS, New Directions for Teaching and Learning, San Francisco, Jossey-Bass Publishers, p.3-11, 1996. BLUMENFELD, P. C. et al. Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, Taylor & Francis, v. 26, n. 3-4, p. 369– 398, 1991. BOLLELA, Valdes Roberto et al. Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. *Medicina* (Ribeirão Preto. Online), v. 47, n. 3, p. 293-300, 2014. MATSUYAMA F. et al., Avanços no ensino de engenharia com aplicação de conceitos de PBL através de aplicação de desafios. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, V.6, N.1, 2014. MILHORATO, Paulo

Rodrigues; GUIMARÃES, Eloísa Helena Rodrigues. Desafios e possibilidades da implantação da metodologia sala de aula invertida: Estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior privada. Revista de Gestão e Secretariado, v. 7, n. 3, p. 253-276, 2016. SANTANA, C. et al. Avaliação discente sobre a metodologia de ensino baseado em problemas na disciplina de farmacologia. Revista Brasileira de Farmácia. 2012. SILBERMAN, M. Active learning: 101 Strategies do teach any subject. Ed. Allyn and Bacon, Massachusetts, 1996. THOMAS, J.W. A review of research on project-based learning. Relatório Técnico. Fundação Autodesk, San Rafael, Califórnia, EUA, 2000. VALENTE, José Armando. Aprendizagem ativa no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. Notícias, Brusque, 2013. VILELA, Rosana Quintella B.; BANDEIRA, Denise Maria Almeida; SILVA, Maria Aleksandra. Aprendizagem baseada em equipe. Revista Portal: Saúde e Sociedade, v. 2, n. 1, p. 371-379, 2017

CÓDIGO: ET1275

AUTOR: JÚLIO CÉSAR SILVA APRÍGIO

ORIENTADOR: CARLOS MAGNO DE LIMA

TÍTULO: Projeto e Implementação da Plataforma de Realidade Virtual para auxilio a projeto de embarcação tipo jangada.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal ajudar as jangadas a serem estáveis e seguras, fazendo uma placa de circuito impresso (PCI) baseada na plataforma Arduino - com sensores como MPU6050 e NEO-6M GPS – que tem o objetivo de enviar dados para uma base de receptores em um computador externo, onde esses dados são processados e analisados, e mostra a orientação atual e a localização das jangadas. Neste projeto, uma folha fenólica, trocadores de calor e métodos fotográficos foram usados para fabricar uma placa de circuito impresso, a principal objeto do trabalho. Além disso, um software específico foi desenvolvido para processar, analisar e mostrar todos os dados coletados pelos sensores no PCI. Este software usa a linguagem C/C++ com bibliotecas do Arduino e o filtro complementar Kalman, é executado no IDE do Arduino e salvo no microcontrolador ATMega328p para a comunicação da PCI com um computador externo, o módulo XBEE utilizou-se o protocolo ZigBee usando uma frequência de 2,4 GH transmitida por um protótipo.

Palavras-chave: Jangada, Filtro Complementar, GPS, Acelerômetro, Giroscópio

TITLE: Design and Implementation of the Virtual Reality Platform to assist the raft vessel design.

Abstract

This paper has as the main objective to help rafts to be stable and safe by doing a printed circuit board (PCB) based on the Arduino platform - with sensors as MPU6050 and NEO-6M GPS - which have the goal of sending data to a receptor base in an external computer, where this data is processed and analyzed, and shows the current rotation and location of the rafts. In this project, a phenolic Heat Exchangers and Photographic methods were used to manufacture a printed circuit board, the main object of the work. Also, a specific software was developed to process, analyze and show all the data collected by the sensors on the PCB. This software uses the C/C++ language with Arduino libraries and the Karman complementary filter, it is executed at the Arduino IDE and saved at the ATMega328p microcontroller and for the communication of the PCB with an external computer, the XBee module with ZigBee and SPI protocol using a 2.4GH frequency transmitted by a prototype was used.

Keywords: Raft, Supplementary Filter, GPS, Accelerometer, Gyroscope

Introdução

As jangadas são pequenos barcos feitos à mão que são embarcações de pesca muito comuns na área costeira do nordeste brasileiro, principalmente no estado do Rio Grande do Norte. O processo de fabricação desses barcos é um dos grandes significados culturais para a região, até mesmo se tornando objeto de uma pesquisa de Câmara Cascudo. Embora essa prática esteja profundamente enraizada na história do Rio Grande do Norte e seja a fonte de renda para um grande número de famílias, a prática de pescar nessas balsas está se tornando incomum, provavelmente devido baixa rentabilidade da prática e aumento das áreas urbanas. Na esperança de ajudar essas práticas para sobreviver, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), ao lado da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e o apoio do CNPq criaram o projeto ProJangada - com a orientação do Profa. Dra. Maria Christine Werba Saldanha - cujo objetivo é propor uma maneira alternativa de construir jangadas com atenção aos custos, segurança e usabilidade. E, com o objetivo de testar esses protótipos, um grupo alternativo foi criado, dedicado ao desenvolvimento de um sistema embarcado que ajudará a gerenciar testes nessas jangadas e validar seus projetos. Com esses objetivos estabelecidos, uma placa de circuito impresso (PCI) foi criado com base na plataforma Arduino, com sensores como MPU6050 e NEO-6M GPS, que devem ler uma variedade de parâmetros diferentes, processa os dados, enviados por antena para um computador externo e, ao mesmo tempo, salve esses dados em um cartão SD.

Metodologia

O desenvolvimento de sistemas que envolvam práticas multidisciplinares requer a adoção de metodologias que possam acelerar seu desenvolvimento e implementação. O Sistema de telemetria da jangada foi implementado com base no método de double diamond Design Thinking [1], dividido em quatro fases distintas - descobrir, definir, desenvolver e entregar - o double diamond é um simples mapa visual do processo de design. Com a identificação e definição de necessidades, começamos a explorar as tecnologias necessárias para sua implementação. No design do barco, a flutuabilidade e a estabilidade são essenciais para a segurança da tripulação e da carga. Nesta premissa, identificamos imediatamente a necessidade de medição do ângulo de inclinação da jangada e, para isso, adotamos tecnologias de sensores iniciais. A categoria de sensores iniciais baseados em MEMS (Micro ElectroMechanical Systems) está representada principalmente por dois dispositivos: acelerômetro e giroscópio. O magnetômetro é aplicado às IMUs para melhorar a qualidade e precisão do sinal de saída do sensor inercial. Sensores iniciais são dispositivos MEMS capazes de monitorar variações lineares ou angulares na velocidade e aceleração, direta ou indiretamente, convertendo forças iniciais em alguma mudança física conhecida que podem ser capturados por um transdutor correspondente e convertidos em um sinal elétrico. A obtenção de dados do acelerômetro e do giroscópio é a base para a identificação dos ângulos e ainda é necessário usar filtros matemáticos para reduzir a propagação de erros. Acelerômetro: Segundo Pereira [2], um acelerômetro é definido como "um dispositivo que mede a vibração ou aceleração estática e dinâmica do movimento de uma estrutura. Eles podem ser usados para medir a inclinação, forças iniciais (velocidade, deslocamento ou força) e choque ou vibração". Geralmente eles são usados para medir aceleração em 3 eixos orientadores. Giroscópios: Giroscópios são

dispositivos que medem a orientação. Um giroscópio microeletrônico mede a velocidade angular (graus por segundo) a partir dos quais o deslocamento angular pode ser calculado. Para processar a orientação, é necessário inicializar o sensor para uma posição conhecida usando o acelerômetro. A partir disso, torna-se possível medir a velocidade angular nos eixos X, Y e Z por meio do giroscópio dentro de um intervalo de tempo.

Filtros Matemáticos: Para usar o acelerômetro, o giroscópio, é necessário desenvolver algoritmos capazes de capturar os sinais dos sensores nos eixos x, y e z. A saída gerada precisa ser otimizada usando filtros matemáticos. Os algoritmos mais citados na literatura, como os filtros de Kalman e os filtros Algoritmo de Mahonny e Madgwick. Em nosso protótipo, escolhemos usar o Filtro Complementar, definido por Nunes et all [3] como um "Combinação linear matemática simples, onde é definido um peso para cada variável de entrada". Este filtro é um tipo de filtro Kalman com a vantagem de exigir menos da máquina, mas também menos preciso (disse WALTER T. HIGGINS, JR. em Uma comparação de filtros complementares e de Kalman (4)). Para otimizar o tempo necessário para desenvolver esse sistema, o projeto foi estruturado em dois módulos, cada um focou na construção de um componente diferente do sistema. Eram eles o módulo Hardware e o módulo de software. O módulo de hardware desenvolvido neste projeto utilizou um conjunto de sensores e materiais que serão descritos nesta seção. O primeiro passo para desenvolver uma placa de circuito impresso é saber que tipo de sensores e tipos de equipamento serão necessários para construir o projeto. Neste trabalho, foram necessários sensores para capturar ângulos, acelerações e posições; os sensores escolhidos foram o MPU6050 e o módulo GPS NEO-6M. Também era necessário ter um equipamento capaz de transmitir todos os dados capturados, o módulo de comunicação XBee - PRO foi escolhido em paralelo com um Microcontrolador ATMega328p e um módulo de cartão SD para executar e salvar os dados, respectivamente. Abaixo estão descritos todos os materiais utilizados durante o projeto do módulo de hardware. O MPU6050 (Fig. 1a) integrou um dispositivo de rastreamento de movimento de 6 eixos que combina um giroscópio de 3 eixos, acelerômetro de 3 eixos e um Digital Motion Processor (DMP), tudo em uma placa pequena de 4 x 4 x 0,9 mm. De acordo com a ficha técnica [5], este componente usa a comunicação I2C protocolo que o faz aceitar diretamente a entrada de uma bússola de 3 eixos externa para fornecer uma completa saída do posicionamento do eixo. Possui três conversores analógico-digitais (ADCs) de 16 bits para digitalizar as saídas de giroscópio e três ADCs de 16 bits para digitalizar as saídas do acelerômetro. Para rastreamento de precisão de movimentos rápidos e lentos, as peças apresentam um giroscópio e acelerômetro programáveis pelo usuário, o primeiro com escala de ± 250 , ± 500 , ± 1000 e $\pm 2000^{\circ}/s$ e o segundo com escala de $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ e $\pm 16g$, sendo 1g equivalente à aceleração da gravidade. Pelo poder fornecimento, o MPU6050 fornece um pino de referência VLOGIC (além do pino analógico: VDD), que define os níveis lógicos de sua interface I2C. A tensão VLOGIC pode ser de $1,8V \pm 5\%$ ou VDD. O módulo de comunicação XBee-PRO (Fig. 1b) requer energia mínima e fornece confiabilidade entrega de dados entre dispositivos. De acordo com a ficha técnica [6], este dispositivo opera dentro de uma banda de frequência de 2.4 GHz e são compatíveis entre si. O XBee-PRO necessita de uma alimentação de 2.8 a 3.4V e trabalha com uma corrente de 250mA.

Resultados e Discussões

Através de sua porta serial, o módulo pode se comunicar com qualquer UART compatível ou através de um conversor de nível para qualquer dispositivo serial. O módulo GPS NEO-6M (Fig. 1c) faz parte da placa GY-NEO6MV2, que também contém

uma antena de cerâmica e uma EEPROM embutida. Esta placa, de acordo com sua folha de dados [7], usa uma tensão de 3 a 5 V para alimentação, uma antena de cerâmica, uma bateria de reserva, um indicador de sinal LED e EEPROM para salvar os dados de configuração quando desligados. O ATMega328p (Fig. 1d), de acordo com seu datasheet [8], é um microcontrolador CMOS de 8 bits e de baixa potência que atinge taxas de produção próximas a 1 MIPS por MHz, permitindo que o sistema projetado otimize o consumo de energia em relação a velocidade de processamento. Este componente possui 32K bytes de memória no sistema flash programável com recursos de leitura e gravação, EEPROM de 1K bytes, SRAM de 2K bytes, 23 linhas de E / S de uso geral, 32 registros de trabalho de uso geral, três temporizadores / contadores flexíveis com comparação modos, interrupções internas e externas, um USART serial programável, uma interface serial de 2 fios orientada a bytes, uma porta serial SPI, um ADC de 6 bits e 10 bits (8 canais nos pacotes TQFP e QFN / MLF), um cronômetro de vigilância programável com oscilador interno e cinco modos de economia de energia selecionáveis por software. O módulo do usuário do cartão SD (Fig. 1e), de acordo com a folha de dados [9], permite acessar arquivos compatíveis com PC em seis diferentes formatos de cartão flash. Permite operação básica com apenas quatro pinos PSoC. Dependendo do tipo e do soquete, você pode usar pinos adicionais para oferecer suporte à proteção contra gravação, inserção de cartão e outros. Este módulo do usuário permite acessar cartões SD e MMC usando uma interface simples C e usando o modo de dados SPI para endereçar o cartão. Depois de ter esse conhecimento, o próximo passo do hardware a ser tomado é desenvolver o esquemático do circuito a ser simulado em algum software capaz. A placa foi projetada usando um Software CAD e usando um esquema previamente construído como base. Optamos por fabricar o PCB usando um método fotográfico. Módulo de Software: A medição dos ângulos funciona usando um filtro complementar definido por "Eq. (1)". Com θ representando o ângulo medido, G_y a velocidade angular e Acc a aceleração linear. Esse filtro é um tipo de filtro Kalman com a vantagem de ser menos exigente na máquina, mas também menos preciso (WALTER T. HIGGINS, JR. Disse em Uma comparação de complementos e Filtragem de Kalman [4]). Após a obtenção dos ângulos, eles são gravados em uma planilha no cartão SD. Após 1 minuto de medições de ângulo, o programa é interrompido e tenta obter a localização atual pela rede GPS. Se isso for bem-sucedido, o sistema envia para gravação em um arquivo de planilha diferente no cartão SD e envia-o por Rede Zigbee. O software foi desenvolvido usando a linguagem C / C ++ com a biblioteca padrão do Arduino [10]. Ele também usa as bibliotecas SD, Wire, Serial de Software, MPU6050_tockn e pequenas bibliotecas para o GPS fornecidas pelo comunidade. Ensaio e Resultados: Para analisar falhas no protótipo, uma série de testes de laboratório foram realizados, eles foram divididos em Testes de Hardware e Teste de Software. Testes de Hardware: Esses testes foram feitos para analisar qualquer falha de hardware que possa ocorrer. Durante esses testes verificou-se que o microcontrolador está recebendo a tensão correta, que o circuito de gravação está funcionando corretamente e que cada componente está recebendo a tensão correta. Na versão atual da placa, nenhuma falha do projeto foi detectada. Mas, devido à falta de refinamento no processo de fabricação, algumas placas não funcionam corretamente. Testes de software: Para testar o sistema de software, um pequeno modelo de jangada foi feito. Este modelo é implantado em um reservatório de água ao lado do sistema. Durante esse teste, cargas de peso são implantadas em diferentes setores da modelo e os dados são coletados. Depois disso, é verificado se o software está funcionando corretamente, se os dados estão sendo gravados, a qualidade desses dados e também se estão sendo enviados pela antena. Alguns dos resultados são exibidos abaixo nas figuras 2 (a), 2 (b), 2 (c). Na versão atual do software, algumas inconsistências estavam sendo detectados através dos dados logo após a medição do sinal GPS. Os dados coletados são transferidos e exibidos em tempo real em um

ambiente 3D. Ambiente 3D: Após a fabricação do PCB, teste, verificação e análise dos dados coletados, essas informações foram transmitidas através do sistema de comunicação baseado no módulo de comunicação XBEE PRO. Equipado com a antena, o protótipo se comunica diretamente com um servidor que, em tempo real, envia os dados de posicionamento da balsa, permitindo a partir de um modelo CAD tridimensional a criação de um ambiente de visualização (consulte figura 3) para observar em detalhes os movimentos da balsa encontrados em um tanque de teste com variação de carga. Essa visualização permite uma análise em tempo real do comportamento da balsa e os dados capturados e gravados em um cartão SD são usados para análises adicionais de estabilidade da embarcação. Para construir o ambiente tridimensional, usamos o software Processing, conectado em tempo real com o PCB.

Conclusão

Conclusões e trabalhos futuros: Durante o desenvolvimento do sistema foi essencial adotar a metodologia Double Diamond como uma maneira de otimizar o tempo e garantir que o sistema realmente atenda às necessidades do projeto. Depois da análise e simulação dos dados obtidos no filtro complementar, observou-se que os dados apresentaram precisão aceitável. Além disso, testes em um ambiente de visualização tridimensional foram úteis na validação do protótipo quando sua estabilidade foi analisada. Para trabalhos futuros, procuramos encaminhar para melhorar e otimizar o software PCB e o processo de fabricação. Assim como esperamos introduzir o GPS no monitoramento de balsas em tempo real enquanto estão no mar.

Referências

- [1] Council, D., 2019. Double diamond model. <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond>. [Online; accessed 16-July-2019].
- [2] Pereira, M., 2018. Acelerometros. ^ <https://repositorio.pgsskroton.com.br/bitstream/123456789/20996/1/07Acelerometros.pdf>. [Online; accessed 16-July-2019].
- [3] Lage, V., Rego Segundo, A. K., & Vargas Barsante e Pinto, T., 2018. O uso de giroscópios e acelerometros para modelagem matemática de uma plataforma com dois graus de liberdade. In: CBA 2016.
- [4] Higgins, W. T., 1975. A comparison of complementary and kalman filtering. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-11, n. 3, pp. 321–325.
- [5] Inc, I., 2013. Mpu-6000 and mpu-6050 product specification revision 3.4. <https://store>.

invensense.com/datasheets/invensense/MPU-6050_DataSheet_V3204.pdf.
[Online; accessed 16-July-2019].
[6] International, D., 2009. Xbee

R /xbee-pro

R rf modules - product manual v1.xex -
802.15.4 protocol. https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/
XBee-Datasheet.pdf. [Online; accessed 16-July-2019].
[7] UBlox, 2011. Neo-6u-blox 6 gps modules datasheet. https://www.
openimpulse.com/blog/wp-content/uploads/wpsc/downloadables/
GY-NEO6MV2-GPS-Module-Datasheet.pdf. [Online; accessed 16-July-2019].
[8] Atmel, 2015. Atmega 328p datasheet. http://ww1.microchip.com/downloads/
en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_
Datasheet.pdf. [Online; accessed 16-July-2019].
[9] Corporation, C. S., 2012. Sdcard datashee v 1.2. http://www.fecgypt.com/uploads/
dataSheet/1480848837_sdcard_001-13589.pdf. Online; accessed 16-July-2019.
[10] Arduino, 2019. Standard arduino libraries. https://www.arduino.cc/en/reference/
libraries. [Online; accessed 16-July-2019].

CÓDIGO: ET1281

AUTOR: REILTA CHRISTINE DANTAS MAIA

COAUTOR: JOAO PAULO SILVA DE MEDEIROS BEZERRA

COAUTOR: RAFAEL MAGALHAES NOBREGA DE ARAUJO

ORIENTADOR: ANDRES ORTIZ SALAZAR

TÍTULO: Técnicas de otimização da eficiência das células fotovoltaicas

Resumo

A crise energética causa buscas de fontes alternativas de energias renováveis, e a energia solar vem cada vez mais sendo utilizada. A geração de energia por uma célula fotovoltaica depende principalmente da temperatura de operação e da irradiação solar. Este trabalho sugere um sistema autossuficiente onde as células fotovoltaicas são arrefecidas por células termoelétricas. E analisar as situações onde consegue alcançar um rendimento favorável. Os resultados foram obtidos por meio de simulações considerando um conjunto de parâmetros. E os resultados indicam que o sistema analisado alcança um rendimento líquido positivo.

Palavras-chave: Energia solar, Fotovoltaica, Termoelétrica, Rendimento, Controle.

TITLE: Photovoltaic cell efficiency optimization techniques

Abstract

The energy crisis results in the search for alternative sources of sustainable energy, and solar energy is increasingly being used. Power generation by a photovoltaic cell mainly depends on the operating temperature and solar radiation. This work suggests a self-sufficient system in which photovoltaic cells are cooled by thermoelectric cells. And the analysis on which situations a favorable energy yield can be reached. The results were obtained through simulations considering a set of parameters. And the results indicate that the system analyzed achieves a positive net yield.

Keywords: Solar energy, Photovoltaics, Thermoelectric, Yield, Control.

Introdução

Os recursos das energias não renováveis vão se esgotando com o uso, e isso constitui um dos grandes desafios da atualidade. Por causa da crise energética e seus impactos ambientais, a busca por fontes alternativas de energia vem crescendo. (CABRAL; VIEIRA, 2012)

Diante desse cenário, a energia solar, fonte renovável proveniente do sol, vem se tornando uma opção para o abastecimento de energia elétrica em diversos países. Por causa da abundante radiação solar proveniente do sol, iniciativas de programas cada vez mais incentivando o uso de energias limpas, a pequena necessidade de manutenção, faz com que seja uma boa alternativa para matrizes energéticas.

O Brasil possui um alto potencial de produção de energia solar elétrica devido ao nível de irradiação solar. Porém, quanto maior for à irradiação solar em um painel fotovoltaico, maior é a temperatura de operação de suas células constituintes, isso se dá ao fato de que a parcela de energia solar não é totalmente convertida em elétrica, uma parte é dissipada em forma de calor pelos componentes da placa.

E para a avaliação de sistemas de geração de energia elétrica solar, a irradiação solar e a temperatura das células são pontos importantes. Esses fatores estão relacionados com a quantidade de energia disponível para ser transformada e o outro ao nível de perdas energéticas do sistema.

As células fotovoltaicas apresentam uma eficiência teórica máxima de 33,7%. Entretanto, devido a diversidades das células, a eficiência prática chega a torno de 19% para células monocristalinas, e 18% para células policristalinas quando estão sendo operadas em condições padrão de teste. Assim, é evidente a necessidade de desenvolvimento da tecnologia para obter um potencial maior.

Metodologia

A pesquisa foi dividida em fases. A princípio foi realizado o estudo de base teórica, buscando conhecimento dos princípios de funcionamento dos equipamentos utilizados e as teorias que os embasam. Estudos de modelos matemáticos e circuitos equivalentes foram necessários para relacionar com o sistema proposto, além de serem utilizados na realização das simulações computacionais do funcionamento.

Para a obtenção dos resultados, foram realizados testes experimentais modelando uma placa comercial e a célula TEC1-12705, da Heibei I.T, além dos outros equipamentos para ligação do sistema, e foram levados em conta alguns parâmetros, como: irradiação solar, velocidade de vento, alimentação da célula termoelétrica e a área de atuação da célula. Os valores da velocidade do vento foram escolhidos de uma forma que os resultados não fossem limitar a aplicação somente à região de Natal-RN.

Resultados e Discussões

Para a avaliação da evolução da temperatura e a do aumento de rendimento da placa foram simulados 64 casos, com o intuito de obter dados da mais baixa temperatura, melhorar o rendimento e poder relacionar a avaliação desses dois fatores e desses casos foram selecionados os que obteve melhor e pior desempenho nas análises de temperatura e de rendimento.

Com os dados das simulações de queda de temperatura, foi possível analisar o efeito que as células termoelétricas têm sobre o funcionamento do painel fotovoltaico e as influências da irradiação solar e da velocidade do vento.

A menor queda de temperatura, 0,87°C ou 2,62%, na operação do painel fotovoltaico com e sem arrefecimento foi obtida no caso onde as condições eram: irradiação solar

baixa (200 W/m^2), alta velocidade do vento (7,5 m/s) e uma célula termoelétrica alimentada com 100 mV tinha influência em duas células fotovoltaicas.

No entanto, a maior queda de temperatura, $21,42^\circ$ ou $33,78\%$, aconteceu no caso onde as condições eram: irradiação solar alta (1000 W/m^2), baixa velocidade do vento (1 m/s), e a célula termoelétrica, alimentada a 1 V, influenciou a temperatura de uma célula fotovoltaica.

Do mesmo modo, na avaliação do rendimento também foram escolhidos o melhor e pior resultado.

Os casos simulados com a célula termoelétrica sendo alimentada por 1V mostraram que o balanço geral de geração foi inviabilizado devido ao consumo de potência. Menos da metade dos casos mostraram balanço de geração positivo.

O pior caso obtido de rendimento percentual, 59,06%, foi na simulação com os parâmetros: irradiação solar de 200 W/m^2 , velocidade do vento de 5,2 m/s e células termoelétricas, com alimentação de 1V, atuando em uma área da célula fotovoltaica.

E o melhor caso, com 107,72% de rendimento, foi obtido com as condições: velocidade do vento 1,0 m/s, irradiação solar 1000 W/m^2 , cada célula termoelétrica atuando em uma célula fotovoltaica, com 100mV de alimentação.

Com as simulações, obtivemos que o painel solar arrefecido gerou uma potência mais alta que o não arrefecido. E também foi possível perceber que o pior caso do rendimento e o da temperatura são distintos, isso pode se relacionar pois esses dois fatores não tem uma relação linear entre a temperatura e a geração de energia, como também entre a transferência de calor e a alimentação da célula.

Conclusão

A partir dos estudos realizados, foi possível analisar as possibilidades de condições de funcionamento necessárias para obter um balanço energético positivo. Para isso foi feito um comparativo entre o sistema proposto com um sistema base, onde um painel idêntico foi submetido às mesmas condições de simulação com exceção da influência da célula termoelétrica controlando a temperatura operacional.

Por meio dos resultados, foi possível obter as condições onde teve melhor rendimento e a maior queda de temperatura, e diante disso, é explícito que eles não possuem uma relação linear, temperatura e geração de energia.

Referências

- Armstrong, S. & W.G. Hurley (2010), 'A thermal model for photovoltaic panels under varying atmospheric conditions', *Applied Thermal Engineering* 30(11), 1488– 1495. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431110001225>
- Attivissimo, F., A. Di Nisio, A. M. L. Lanzolla & M. Paul (2015), 'Feasibility of a photovoltaic-thermoelectric generator: Performance analysis and simulation results',

IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 64(5), 1158–1169. Barroso, J.C. Sánchez, N. Barth, J.P.M. Correia, S. Ahzi & M.A. Khaleel (2016), 'A computational analysis of coupled thermal and electrical behavior of pv panels', Solar Energy Materials and Solar Cells 148, 73 – 86. Solar Cells and Storage. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024815004377>.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. VIABILIDADE ECONÔMICA X VIABILIDADE AMBIENTAL DO USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO CASO BRASILEIRO: UMA ABORDAGEM NO PERÍODO RECENTE. *III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Goiânia, p.1-12, nov. 2012.

D'Angola, A., R. Zaffina, D. Enescu, P. Di Leo, G. V. Fracastoro & F. Spertino (2016), Best compromise of net power gain in a cooled photovoltaic system, em '2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)', pp. 1–6 Eltawil, Mohamed A. & Zhengming Zhao (2013), 'Mppt techniques for photovoltaic applications', Renewable and Sustainable Energy Reviews 25, 793 – 813. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113003250>

Hajjaj, C., H. Amiry, R. Bendaoud, S. Yadir, A. Elhassnaoui, S. Sahnoun, M. Benhmida & A. EL Rhassouli (2016), Design of a new photovoltaic panel cooling system to optimize its electrical efficiency, em '2016 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)', pp. 623–627.

Incopera, F.P. (2007), Fundamentals of heat and mass transfer, número v. 1 em 'Fundamentals of Heat and Mass Transfer', John Wiley. URL: https://books.google.com.br/books?id=_P9QAAAAMAAJ

Jakhrani, Abdul, A.K. Othman, A.R.H. Rigitand & Saleem Samo (2011), 'Comparison of solar photovoltaic module temperature models', World Applied Sciences Journal 14, 1–8.

Mitrani, D., J. A. Tome, J. Salazar, A. Turo, M. J. Garcia & J. A. Chavez (2003), Dynamic measurement system of thermoelectric module parameters, em 'Proceedings ICT'03. 22nd International Conference on Thermoelectrics (IEEE Cat. No.03TH8726)', pp. 524–527.

Mitrani, D., J. A. Tome, J. Salazar, A. Turo, M. J. Garcia & J. A. Chavez (2005), 'Methodology for extracting thermoelectric module parameters', IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 54(4), 1548–1552.

Moharram, K.A., M.S. Abd-Elhady, H.A. Kandil & H. El-Sherif (2013), 'Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling', Ain Shams Engineering Journal 4(4), 869 – 877.

Najafi, Hamidreza & Keith A. Woodbury (2013), 'Optimization of a cooling system based on peltier effect for photovoltaic cells', Solar Energy 91, 152 – 160.

Narducci, D. & B. Lorenzi (2016), 'Challenges and perspectives in tandem thermoelectric - photovoltaic solar energy conversion', IEEE Transactions on Nanotechnology 15(3), 348–355.

Olukan, Tuza A. & Mahieddine Emziane (2014), 'A comparative analysis of pv module temperature models', Energy Procedia 62, 694 – 703. 6th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-14. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021403464X>

Romary, F., A. Caldeira, S. Jacques & A. Schellmanns (2011), Thermal modelling to analyze the effect of cell temperature on pv modules energy efficiency, em 'Proceedings of the 2011 14th European Conference on Power Electronics and Applications', pp. 1–9.

Villalva, M. G., J. R. Gazoli & E. R. Filho (2009), 'Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays', IEEE Transactions on Power Electronics 24(5), 1198–1208.

CÓDIGO: ET1291

AUTOR: FLÁVIA BEATRIZ CAVALCANTE SOUZA

ORIENTADOR: CUSTODIO LEOPOLDINO DE BRITO GUERRA NETO

TÍTULO: Rompimento de ampola de vidro para solução medicamentosa:uma revisão de literatura

Resumo

Objetivos: Expor métodos utilizados atualmente para a abertura de ampolas de vidro e comparar os estudos exibindo os riscos acometidos pelos rompimentos das ampolas.

Métodos: Revisão bibliográfica com estratégia de busca (PubMed, Web of Science e Scopus). Análise de dados a partir da filtração de nove anos.

Resultados: Dez artigos foram incluídos, todos eles mostram a deficiência em pesquisas mais avançadas no rompimento da ampola. A maioria dos estudos reconhece o risco em que o profissional utilizador de ampolas sofre. Os estudos diferem em métodos para a abertura da ampola mas todos relatam algum problema no modo convencional de secção.

Palavras-chave: Ampola de vidro, quebra da ampola, riscos com ampolas

TITLE: Glass ampoule rupture for drug solution: a literature review

Abstract

Objectives: To present methods currently used for opening glass ampoules and to compare studies showing the risks of ampoule ruptures.

Methods: Bibliographic review with search strategy (PubMed, Web of Science and Scopus). Data analysis from nine-year filtration.

Results: Ten articles were included, all of them showing the deficiency in more advanced research on ampoule rupture. Most studies recognize the risk that the professional ampoule user suffers. Studies differ in methods for opening the ampoule but all report some problem in conventional sectioning mode.

Keywords: Glass ampoule, ampoule break, risks with glass ampoules.

Introdução

Ampolas de vidro são amplamente usadas pela sua capacidade de conservação de fármacos.(1) Manipuladas diariamente por profissionais da saúde, mais especificamente por anestesiologistas e técnicos de enfermagem, favorecem riscos imprescindíveis a vida desses profissionais.

O ato da abertura de ampolas de vidro pode expor os profissionais a graves lesões perfuro cortantes. (1) Uma vez que o ambiente de trabalho favorece a contaminação por microorganismos, uma pequena lesão causada pelo rompimento de uma ampola, poderia comprometer o profissional a um grande risco biológico, tornando muito mais fácil o acesso de vírus e bactérias.

Além disso, tal conduta também torna o paciente suscetível a infecções microbiológicas e lesões internas decorrentes de pequenas partículas de vidro ao seccionar a ampola. O objetivo desta revisão é abordar o mecanismo de abertura da ampola de vidro bem como seus riscos e benefícios aos especialistas.

Metodologia

Foram pesquisados artigos utilizando os seguintes descritores, health e glass ampules, nas seguintes bases de dados, PubMed, Web of Science e Scopus. Foram encontrados 10 artigos de interesse nos últimos 9 anos.

Resultados e Discussões

De acordo com Quirino (3) e Carraretto (1) os profissionais de saúde estão expostos em suas funções. A literatura indica que cerca de 9,1% dos acidentes com perfurocortantes são provocados durante a abertura da ampola por profissionais de enfermagem. Segundo Haldar (2) uma forma para abertura da ampola, seria a utilização de um corpo de seringa, evitando assim, as possíveis lesões cortantes. A limitação dessa possível solução é que se aplicaria apenas para ampolas de volumes inferiores a 5mL. Já Carraretto (1) indica que sistemas facilitadores da abertura de ampolas, como o anel de ruptura (VIBRAC) e o OPC (Único Ponto de Abertura), são tentativas de diminuição de índices com perfurocortante. (1) Ainda aponta que manter as ampolas inclinadas em um ângulo de 45º pode minimizar os riscos. Para Quirino (3) o melhor modo de solucionar o problema seria desenvolvendo um dispositivo capaz de fazer esse processo de quebra da ampola, facilitando e preservando o profissional de enfermagem.

Conclusão

Conclui-se uma maior necessidade de atenção aos profissionais e treinamento adequado, respeitando as normas e segurança de EPIs. Diante dessa revisão, percebe-se a vitalidade e necessidade de incentivo em mais pesquisas voltadas para obtenção de maior conhecimento e melhores métodos de abertura de ampolas. Esses estudos devem conter um maior alcance de profissionais afetados por tais processos de abertura de ampolas de vidro, para que assim, os profissionais sejam preservados e protegidos no seu meio de trabalho, sendo capaz de desempenhar um atendimento seguro e eficaz.

Referências

- [1] CARRARETTO, A. R. et al. **Ampolas de Vidro: Riscos e Benefícios**. Revista Brasileira de Anestesiologia, vol. 61, nº4, Julho-Agosto, 2011.
- [2] HALDAR, R. et al. **Opening snap off ampoules – a safer and uncomplicated method**. Revista Brasileira Anestesiol, vol. 64, nº6, Campinas Nov.- Dec., 2014.
- [3] QUIRINO, T. M. et al. **Quebra-ampolas: A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias como facilitadores da prática da enfermagem**. Décimo Sexto SENPE, Campo Grande-MS, 2011.
- [4] PAINCHART, L. et al. **Présence de particules associées à la préparation de médicaments provenant d'ampoules de verre : revue de littérature**. Annales Pharmaceutiques Françaises, vol. 76, edição 1, pág. 3-15, Janeiro 2018.
- [5] Alves, SSM, Passos, JP Tocantins, FR. **Acidentes com Perfurocortantes em Trabalhadores de Enfermagem: Uma Questão de Biossegurança**. Rev. enferm. UER; 2009 jul-set; 17(3): 373-7.
- [6] Unahalekhaka A, Nuthong P, Geater A. **Glass particles contamination in single dose ampoules: patient safety concern**. Am J Infect Control 2009;37(5):E109-10.
- [7] LIU, B. S. et al. **Ergonomic evaluation of novel tool for snap-off the neck of ampoule**. Work 41(2012), 1174-1177.
- [8] COMELLI, M. et al. **Utilisation des aiguilles filtrantes en établissements de santé**. Pharmactuel, vol. 41, nº3, Mai-Jun-Jul 2008.

CÓDIGO: ET1295

AUTOR: PABLO LUAN BEZERRA DOS SANTOS

ORIENTADOR: SANDRA RUFINO SANTOS

TÍTULO: Metodologias Ativas para Engenharia de Produção: mapeamento e adaptação das ferramentas (ano 3)

Resumo

Este trabalho tem por objetivo o levantamento bibliográfico da aplicação das seguintes metodologias ativas: PBL (problem based learning), PjBL (problem based learning), TBL (team-based learning) e Flipped Classroom (sala de aula invertida) nos cursos de engenharia tendo como base de pesquisa os anais do congresso brasileiro de educação em engenharia. Assim como a análise da aplicação de metodologias ativas na disciplina de gestão de sistemas de produção II no curso de engenharia de produção da UFRN. O estudo é resultante de uma revisão bibliográfica, resultou no mapeamento e análise de 28 artigos no período de 2014 a 2017 dos quais 60,71% deles desenvolviam aplicações do PBL, 25% PjBL, tendo a sala de aula invertida e TBL os valores de 10,71% e 3,57% respectivamente. A partir disto, a aplicação de questionários antes e depois da vivência de turma de engenharia de produção com metodologias ativas demonstrou um aumento de 36,4% no aprendizado dos alunos na fixação de conteúdos de técnicas lean. Em suma, conclui-se que o PBL se encontra como a metodologia mais utilizada nas engenharias com o intuito de desenvolver nos profissionais da área características fundamentais exigidas pelo mercado. Assim como essa, as demais metodologias analisadas também se apresentam como importantes armas para este fim.

Palavras-chave: metodologias ativas; educação em engenharia; aprendizado

TITLE: ANALYSIS OF STUDENTS' LEARNING FROM A PRODUCTION ENGINEERING COURSE WITH ACTIVE METHODOLOGIES

Abstract

This paper aims at a bibliographical survey of the application of the following active methodologies: PBL (problem based learning), PBL (problem based learning), TBL (team-based learning) and Flipped Classroom in engineering courses having as a research base the annals of the Brazilian congress of engineering education. As well as the analysis of the application of active methodologies in the discipline of management of production systems II in the UFRN production engineering course. The study results from a bibliographical review, resulted in the mapping and analysis of 28 articles in the period from 2014 to 2017 of which 60.71% of them developed PBL applications, 25% PjBL, with the classroom inverted and TBL the values of 10.71% and 3.57% respectively. From this, the application of questionnaires before and after the experience of the production engineering class with active methodologies demonstrated a 36.4% increase in student learning in the setting of contents of lean techniques. In short, it is concluded that the PBL is the most used methodology in engineering with the intention of developing in the professionals of the area fundamental characteristics required by the market. Like this, the other methodologies analyzed also present themselves as important weapons for this purpose.

Keywords: active methodologies; engineering education; learning

Introdução

Sabe-se que nos últimos anos a busca por novas metodologias de ensino voltadas para as engenharias, vem crescendo constantemente. Trazer para sala de aula sistemas capazes de prover uma formação profissional diretamente ligada ao que o mercado espera dos profissionais quando saírem é, sem dúvidas, um dos grandes desafios atuais. Ministrar aulas expositivas no ensino tradicional enfatizando o poder do professor sobre o estudante é um relacionamento mestre-aprendiz poderoso quando a transferência de conhecimento é o objetivo primário. Entretanto, quando se busca o pensamento crítico ou a resolução de problemas, tanto professores quanto alunos devem modificar seus papéis e responsabilidades tradicionais. A aplicação de metodologias ativas tem sido muito discutido atualmente e nas projeções futuras da educação. Pensando nisso, este trabalho tem por objetivo o levantamento bibliográfico da aplicação das seguintes metodologias ativas: PBL (Problem Based Learning), PjBL (Problem Based Learning), TBL (Team-Based Learning) e Flipped Classroom nos cursos de engenharia tendo como base de pesquisa os Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Assim como a análise da aplicação do PBL e simulações na disciplina de Gestão de Sistemas de Produção II no curso de Engenharia de Produção da UFRN.

Metodologia

No que se refere à natureza da pesquisa deste artigo, esta pode ser definida como básica. Em relação aos objetivos, a pesquisa é exploratória e explicativa. O presente trabalho foi elaborado por meio de revisão bibliográfica sobre o uso de metodologias ativas no ensino em Engenharia. Inicialmente, realizou-se revisão de literatura acerca dos tipos de metodologias existentes e sua respectiva importância no processo de aprendizagem. Em seguida, fez-se um mapeamento de três anos dos artigos publicados nos anais do COBENGE disponíveis no site da ABENGE. Foram analisados os artigos que relatavam as experiências de aplicação de metodologias ativas: PBL, PjBL, TBL e Flipped Classroom. Após estas análises, foi possível elaborar conclusões acerca das metodologias mais utilizadas nos cursos de engenharia. Com os resultados desse mapeamento, aplicou-se as metodologias ativas mais comuns em uma turma de engenharia de produção e analisou-se o processo de aprendizado dos alunos com e sem metodologias ativas.

Resultados e Discussões

Buscando-se mapear e analisar as aplicações das metodologias ativas nas disciplinas dos cursos de engenharia, efetuou-se um levantamento bibliográfico nos Anais do COBENGE no período de 2014 a 2017, totalizando uma amostra de vinte oito artigos coletados dos anos já mencionados com exceção do ano de 2015 que não possuía os Anais. A partir disto, construiu-se uma análise gráfica para se ter acesso a ordem de utilização das quatro metodologias abordadas (Gráfico 1). A partir disto, constatou-se que a Aprendizagem Baseada em Problemas é a mais empregada nesse campo de atuação (60,71%), tendo em vista que a vivência com PBL proporciona aos envolvidos o desenvolvimento de habilidades de trabalhar em grupo, de comunicação verbal, de planejamento, de discussão, de construção do consenso e de escrita, muitas vezes referidas como competências transversais, e usualmente consideradas críticas na formação para o mercado de trabalho (GARCIA, 2014). O segundo mais utilizado é a Aprendizagem Baseada em Projetos (25%), seguido da sala de aula invertida (10,71%)

e da Aprendizagem Baseada em Equipes (3,57%) as quais contribuem para a formação de engenheiros com um perfil profissional que se destaca pela aprendizagem significativa, pela capacidade para o trabalho cooperativo, pela predisposição para análise e solução de problemas. A partir disso, buscou-se vivenciar uma prática de metodologias ativas na graduação do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) na disciplina de Gestão de Sistemas de Produção II. As ferramentas utilizadas foram um PBL fictício sobre empresa de tintas e vários PBLs no formato de simulações práticas com o uso de ferramentas Lean. Realizou-se duas aplicações de mesmo questionário com as perguntas expostas no Quadro 1, sendo aplicados um antes do PBL simulação e outro depois. Com uma escala de 0 a 10 para as respostas, obtiveram-se as percepções dos 24 alunos da turma antes da prática e de 22 depois desta. O conhecimento adquirido pelos alunos foi analisado individualmente para cada uma das oito técnicas Lean: 5 Sensos (5S), Manutenção Produtiva Total (TPM), Kanban, Planejamento Heijunka, Fluxo Contínuo, Poka Yoke, Troca Rápida de Ferramenta (TRF) e Planejamento Hoshin com A3. Cabe informar que os conceitos de produção puxada e as técnicas 5S e Kanban haviam sido também trabalhadas em disciplinas de qualidade e gestão de sistemas de produção. Considerou-se para análise a comparação da declaração dos alunos com conhecimento igual e acima de 80% do conteúdo (valores 8 a 10) sistematizado no Tabela 1. Mesmo as ferramentas mais conhecidas pelos alunos (5S e Kanban) há com a aplicação dos PBLs um crescimento de alunos que declararam ter mais conhecimento e confiança para implementação da filosofia Lean nas organizações. Quando indagados sobre: "Suponha que você seja um consultor/assessor/gestor de uma empresa, quanto seguro você se sentiria diante da seguinte afirmação 'Estou apto a aplicar princípios Lean na empresa'?" Houve um aumento de 36,4% dos alunos com maior segurança após a vivência com as metodologias ativas proporcionadas pela disciplina. Pode-se observar melhor a distribuição no Gráfico 2. O questionário permitiu também respostas para comentários gerais. Os alunos se mostraram satisfeitos com o resultado do uso dos PBLs, tendo um dos alunos afirmado que "A realização das simulações ajudou em adquirir maiores conhecimentos sobre o Lean de uma maneira geral", assim como uma segunda resposta "Me sinto realmente mais seguro para trabalhar o Lean". Alguns alunos relataram a respeito da experiência e o quanto se sentiam seguros para implementar o Lean, como por exemplo a resposta "As práticas foram muito enriquecedoras, pois o nosso maior problema é ver as ferramentas que estudamos na prática, apenas enxergamos elas a uma longa distância, sendo aplicadas em grandes indústrias, e as dinâmicas conseguem trazer pra perto". Um outro aluno enaltece a prática quando afirma: "Achei bastante positiva a metodologia do PBL e das simulações, pois acredito que com essas aplicações o aluno consegue ver um pouco de como será quando for aplicar tais ferramentas na prática". Encontra-se ainda nas respostas dos entrevistados à questão da teoria ser mais abordada por parte dos professores. Um dos alunos disse: "Acho que deveria ser dado um foco maior na teoria por trás das simulações". Um segundo corrobora com a ideia e diz que deveria "Adicionar teoria antes da simulação", assim como um terceiro que assegura que "Gostaria que a parte teórica tivesse sido explorada melhor em sala". O que demonstra certa dependência de alguns alunos no modelo convencional, os mesmos têm dificuldades para o auto aprendizado e precisam aprender a aprender.

Conclusão

Com base nos resultados desta pesquisa, cujo objetivo era identificar, por meio de um levantamento bibliográfico, as metodologias ativas mais utilizadas nos cursos de engenharia utilizando como base nos anais de um congresso de educação em

engenharia e os impactos da aplicação de PBLs no formato fictício e simulações em uma turma de Engenharia de Produção da UFRN. Foi possível identificar que a utilização destas metodologias ainda não é algo praticado pela grande maioria dos docentes, porém seu uso vem crescendo consideravelmente e quando empregado apresenta resultados significantes no aprendizado dos alunos. A Aprendizagem Baseada em Problemas, a partir dos dados do presente trabalho, se encontra como a metodologia mais utilizada nas engenharias com o intuito de desenvolver nos profissionais da área características fundamentais exigidas pelo mercado. Assim como essa, as demais metodologias analisadas também se apresentam como importantes armas para este fim. Em suma, a geração da autonomia para os discentes ocasiona resultados positivos tanto na vida acadêmica quanto na profissional. Pensando nisso, com a aplicação do PBL na turma de Gestão de Sistemas de Produção II do curso de Engenharia de Produção da UFRN pôde-se perceber que os resultados são bem significantes para o aprendizado dos alunos que se mostraram bem satisfeitos. Há ainda discentes que apresentam dependência de uma exposição teórica mais densa pelos professores, alegando muito trabalho e leitura e que necessitam da explicação do docente, caracterizando um método convencional que é o utilizado com maior frequência nas graduações. Porém, a autonomia de aprendizado dos discentes que se busca com as metodologias ativas só pode ser consolidada da forma como foi feito nesta aplicação, incentivando os alunos a pesquisa, leitura, senso crítico, e postura ativa dentro e fora da sala de aula, tendo o professor como um orientador no processo.

Referências

- BARROWS, H. S. Problem based learning in medicine and beyond: A Overview. In: L. WILKERSON, and W. H. GIJSELAERS, New Directions for Teaching and Learning, San Francisco, Jossey-Bass Publishers, p.3-11, 1996. BLUMENFELD, P. C. et al. Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, Taylor & Francis, v. 26, n. 3-4, p. 369– 398, 1991. BOLLELA, Valdes Roberto et al. Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. *Medicina* (Ribeirao Preto. Online), v. 47, n. 3, p. 293-300, 2014. MATSUYAMA F. et al., Avanços no ensino de engenharia com aplicação de conceitos de PBL através de aplicação de desafios. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, V.6, N.1, 2014. MILHORATO, Paulo Rodrigues; GUIMARÃES, Eloísa Helena Rodrigues. Desafios e possibilidades da implantação da metodologia sala de aula invertida: Estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior privada. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 7, n. 3, p. 253-276, 2016. SANTANA, C. et al. Avaliação discente sobre a metodologia de ensino baseado em problemas na disciplina de farmacologia. *Revista Brasileira de Farmácia*. 2012. SILBERMAN, M. Active learning: 101 Strategies do teach any subject. Ed. Allyn and Bacon, Massachusetts, 1996. THOMAS, J.W. A review of research on project-based learning. Relatório Técnico. Fundação Autodesk, San Rafael, Califórnia, EUA, 2000. VALENTE, José Armando. Aprendizagem ativa no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Notícias*, Brusque, 2013. VILELA, Rosana Quintella B.; BANDEIRA, Denise Maria Almeida; SILVA, Maria Alessandra. Aprendizagem baseada em equipe. *Revista Portal: Saúde e Sociedade*, v. 2, n. 1, p. 371-379, 2017

CÓDIGO: ET1299

AUTOR: MATEUS RODRIGUES DE MORAIS

ORIENTADOR: PABLO JAVIER ALSINA

TÍTULO: Sistema Multi-VANTs para Varredura e Coleta de Dados em Áreas de Missões

Espaciais

Resumo

Este trabalho visa apresentar os processos desenvolvidos na realização do projeto de iniciação científica SPACEVANT II - Sistema Multi-VANTs para Varredura e Coleta de Dados em Áreas de Missões Espaciais, no que se refere aos métodos de comunicação adotados entre nós de uma rede formada por Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs). A finalidade desse método de comunicação é estabelecer uma estratégia de envio de dados onde ocorra a divisão de pacotes e a garantia de integridade destes no recebimento. Serão analisadas ferramentas de software que auxiliam no gerenciamento destes pacotes, além do material de hardware que foi utilizado como camada física, denominado XBee, que implementa o protocolo ZigBee.

Palavras-chave: VANT. ZigBee. Transmissão de dados. UDP. TCP.

TITLE: Multi-UAV System for Scanning and Collecting Data in Space Mission Areas.

Abstract

This paper aims to present the processes developed during the research project SPACEVANT II – Multi-UAV system for scanning and data collection in space mission areas, regarding adopted communication methods among nodes in a network composed by Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). The goal of this communication method is to establish a strategy for packet splitting and integrity assurance upon receival. Software tools developed during this research will be analyzed in their purpose to help managing these packets, as well as the hardware devices utilized as the physical layer of the network, called XBee, which implements the ZigBee protocol.

Keywords: UAV. ZigBee. Data transmission. UDP. TCP.

Introdução

Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) são componentes da aviação mundial que empresas, organizações e governos estão cada vez mais estudando para descobrir maneiras de integrá-los no espaço aéreo e aplicá-los em situações de utilidades (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2017, p. 5). Existem VANTs de diversos tipos: asas fixas, rotativas, dirigíveis etc, cada um deles com suas aplicações específicas.

Uma aplicação em estudo para a utilização de tais veículos, que serve como foco desse trabalho, é a varredura de áreas de impacto de foguetes suborbitais lançados pelo Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, em Natal/RN. Por se tratar de um veículo não-tripulado e remotamente controlado, o VANT possui a vantagem de poder explorar

áreas remotas que seriam de difícil acesso para seres-humanos. As imagens coletadas a partir dessa varredura, seriam analisadas por meio de algoritmos de visão computacional e inteligência artificial e enviadas de volta para a base terrestre com o resultado da análise.

Desta maneira, esse trabalho foca nas estratégias e ferramentas pensadas e desenvolvidas para a comunicação sem fio entre o drone em voo e a base terrestre. As informações de interesse seriam, portanto, codificadas e divididas em pacotes para serem enviadas à estação base para análise.

Metodologia

Para a montagem da estrutura de rede entre os UAVs, foi utilizado o padrão ZigBee e rádios XBee, um dispositivo baseado na especificação IEEE 802.15.4, de baixo custo e baixa energia, adequado para protótipos de projetos IoT (Internet das Coisas) que precisam de conexão sem fio (SOUZA, 2017). O dispositivo XBee representa a camada física da rede desenvolvida. O módulo computacional pensado para ser embarcado no UAV foi o computador embarcado Raspberry Pi 3. Por se tratar de um equipamento de alto poder computacional que pode ser facilmente embarcado numa aeronave, o dispositivo Raspberry seria ideal para a captura e análise das imagens durante o processo de varredura da área de impacto do foguete. Ambos os dispositivos, conectados através de uma conexão serial, compõem o módulo computacional embarcado na aeronave.

A montagem desse hardware foi implementada da seguinte maneira: o computador embarcado Raspberry Pi 3 representa o núcleo desse módulo computacional, possui sistema Linux embarcado e mantém em execução o software de codificação/decodificação das mensagens enviadas pela rede. O dispositivo XBee foi conectado no dispositivo Raspberry Pi através da porta de comunicação serial presente no conjunto de pinos GPIO da placa. Para a captura das imagens aéreas, câmeras na posição frontal e inferior à aeronave seriam conectadas ao computador Raspberry e este, por sua vez, foi alimentado por um power bank presente na caixa do módulo computacional acoplado ao corpo da aeronave.

O software desenvolvido para comandar a estratégia de envio e recebimento de mensagens pelo módulo XBee foi denominado VantSharp - código-fonte disponível em <https://www.github.com/mateusrodrigues/vantsharp>. Desenvolvido utilizando as linguagens C# e Python, o VantSharp possui ferramentas integradas de conversão de mensagens em código e comunicação direta com o módulo XBee para transmissão destas. Em operação normal, o programa seria invocado apontando para o arquivo de imagem capturado pelas câmeras e analisado pelo sistema de visão computacional, essa imagem é transformada em um vetor de representação em bytes e, então, dividido em vetores menores que representam o payload de envio. Por se tratar de um envio em lote, esses payloads são numerados para que, no destino, possam ser remontados e a informação seja lida. O módulo XBee, em operação em modo API, permite o envio de frames – ou pacotes de estrutura conhecida – e o subsequente recebimento de uma mensagem com o status de envio desse frame.

O envio das informações se dá por meio de um protocolo desenvolvido internamente em específico para esse fim. A estratégia adotada faz uso de conceitos conhecidos dos protocolos TCP e UDP, juntamente com requisitos da aplicação, com a finalidade de:

- Transmissão de imagens e texto;
- Identificação e localização de uma aeronave;
- Cronologia temporal de eventos;
- Verificação de integridade dos dados transportados.

Durante o envio de uma informação – seja uma imagem ou qualquer outro tipo de dado – o protocolo divide a transmissão em duas etapas: a identificação da transmissão e o envio dos dados da transmissão. O primeiro pacote enviado durante uma transmissão, que caracteriza a transmissão como um todo, é denominado **pacote de apresentação** e é estruturado conforme descrito na Tabela 1.

Onde, ID é a identificação sequencial do pacote na transmissão, HA é o hash representativo dos dados contidos na transmissão para posterior verificação de integridade, TY é o tipo do dado da transmissão (imagem, metadado, etc.), TG é um identificador único que relaciona os pacotes de dados ao de apresentação e pode ser considerado como um identificador global da transmissão, SN é o nó de origem da transmissão, DN é o nó de destino da transmissão, PS é a posição GPS do elemento de origem da transmissão, TI é o timestamp do momento de início do envio e LD é o ID do último pacote na transmissão que serve para indicar em que pacote a transmissão é finalizada.

Os pacotes enviados posteriormente na transmissão são denominados **pacotes de dados** e possuem a estrutura descrita na Tabela 2.

Onde ID é a identificação sequencial do pacote na transmissão, TG é o identificador global da transmissão que relaciona o pacote de dados ao pacote de apresentação e DA é o conteúdo em si da transmissão. Dependendo do tamanho total do dado enviado, a transmissão pode conter diversos pacotes de dados.

O VantSharp também possui a funcionalidade de gerenciamento do serviço de escuta do UAV. Por se tratar de um sistema de comunicação bidirecional, o UAV também possui um módulo de recebimento de mensagens que pode ser iniciado ou parado através de comandos VantSharp. Os módulos de envio e recebimento foram desenvolvidos utilizando a linguagem Python e a biblioteca xbee.

Para a realização dos testes do protocolo, embarcamos o sistema, composto por um computador embarcado Raspberry Pi 3, um módulo XBee Pro S3B 915 MHz e uma power bank, em um drone quadríptero DJI Phantom 3 Standard como apresentado na Figura 1.

Foram executados, portanto, 10 envios de imagem do VANT para uma estação-base em dois cenários: um em que a aeronave permaneceu pairada em um determinado ponto fixado e outro em que a aeronave percorreu um caminho determinado simulando uma navegação em cruzeiro, ambos realizados através da navegação GPS da própria aeronave.

A imagem utilizada para o teste é a apresentada na Figura 2, que é do tipo JPG de 400x300 pixels e possui 49.145 bytes de tamanho. Considerando que cada pacote do

protocolo transporta até 248 bytes de dados, foram utilizadas 200 mensagens ao todo para a realização da transmissão, onde a primeira mensagem é o pacote de apresentação e, as outras 199, pacotes de dados.

Resultados e Discussões

Como resultado da primeira bateria de testes executada com o drone parado em um ponto fixo e o envio da imagem, o resultado obtido a partir das 10 transmissão realizadas estão descritas na Tabela 3, onde o tempo representa o tempo total da realização da transmissão e a informação ‘recepção da imagem’ mostra se a imagem foi recebida com sucesso, sem nenhum tipo de corrupção.

Como resultado das 3 transmissões realizadas na segunda bateria de testes, com o drone em voo cruzeiro, foram obtidos os dados descritos na Tabela 4, onde há também a informação de velocidade de voo do drone.

A partir da obtenção desses dados, é possível atestar da eficiência e confiabilidade da transmissão na estrutura idealizada para suporte ao protocolo, com o uso dos dispositivos XBee. Como próximos passos para a incrementação da robustez da estrutura da rede, serão estudadas e implementadas bibliotecas que permitem o programa VantSharp interagir diretamente com o XBee em um nível mais acima do que realizado atualmente, onde será possível fazer total uso do protocolo ZigBee no que se refere às tabelas de roteamento, descoberta de dispositivos remotos, configuração de pinos, monitoramento de pinos e envio e recebimento de dados baseado em eventos.

Essas novas funcionalidades permitirão incrementar a robustez, eficiência e confiabilidade do protocolo já implementado internamente para a transmissão de dados entre dispositivos XBee, além de possibilitar a eliminação da camada em Python do VantSharp, o que aumentará drasticamente a velocidade dos envios das informações, uma vez que não haverá mais a necessidade da utilização de processos separados para a runtime do Python criados on-the-fly a cada envio de pacote dentro do VantSharp.

Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo a construção de uma estratégia de comunicação entre estação-base e VANT através do uso de módulos XBee e Raspberry Pi embarcado na aeronave. Foi possível concluir que a transmissão de dados entre os nós dessa é possível através do uso de uma estratégia de montagem e desmontagem de pacotes, como utilizado. Apesar das limitações impostas pela plataforma do dispositivo XBee, isso não representou um fator limitante para a utilização dessa estratégia de protocolo.

Através dos resultados obtidos nos testes em voo, foi possível atestar que não houveram perdas em relação aos pacotes transmitidos, sendo sempre possível a remontagem desses no recebimento.

A partir do resultado obtido neste trabalho, os próximos passos serão a criação de protocolo ainda mais robusto que permita o envio mais rápido de mensagens de

diferentes conteúdos a partir de uma interação programática cada vez mais acoplada ao protocolo ZigBee e suas funcionalidades intrínsecas.

Referências

COMANDO DA AERONÁUTICA. Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. 2017. Disponível em <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4510>>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

SOUZA, Elitelma da Silva. Sistema Embarcado Para Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's). 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecatrônica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. [Orientador: Prof. Dr. Marcelo Borges Nogueira].

SILVA, Maurício Rabello. Análise de Desempenho de Rede de Comunicação para um Sistema Multi VANT Aplicado à Varredura de Área de Impacto de Foguetes – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. [Orientador: Prof. Dr. Pablo Javier Alsina].

XBee/XBee-PRO Zigbee RF Modules User Guide. Disponível em <<https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/PDFs/90000976.pdf>>. Acesso em: 27 de agosto de 2019.

Anexos

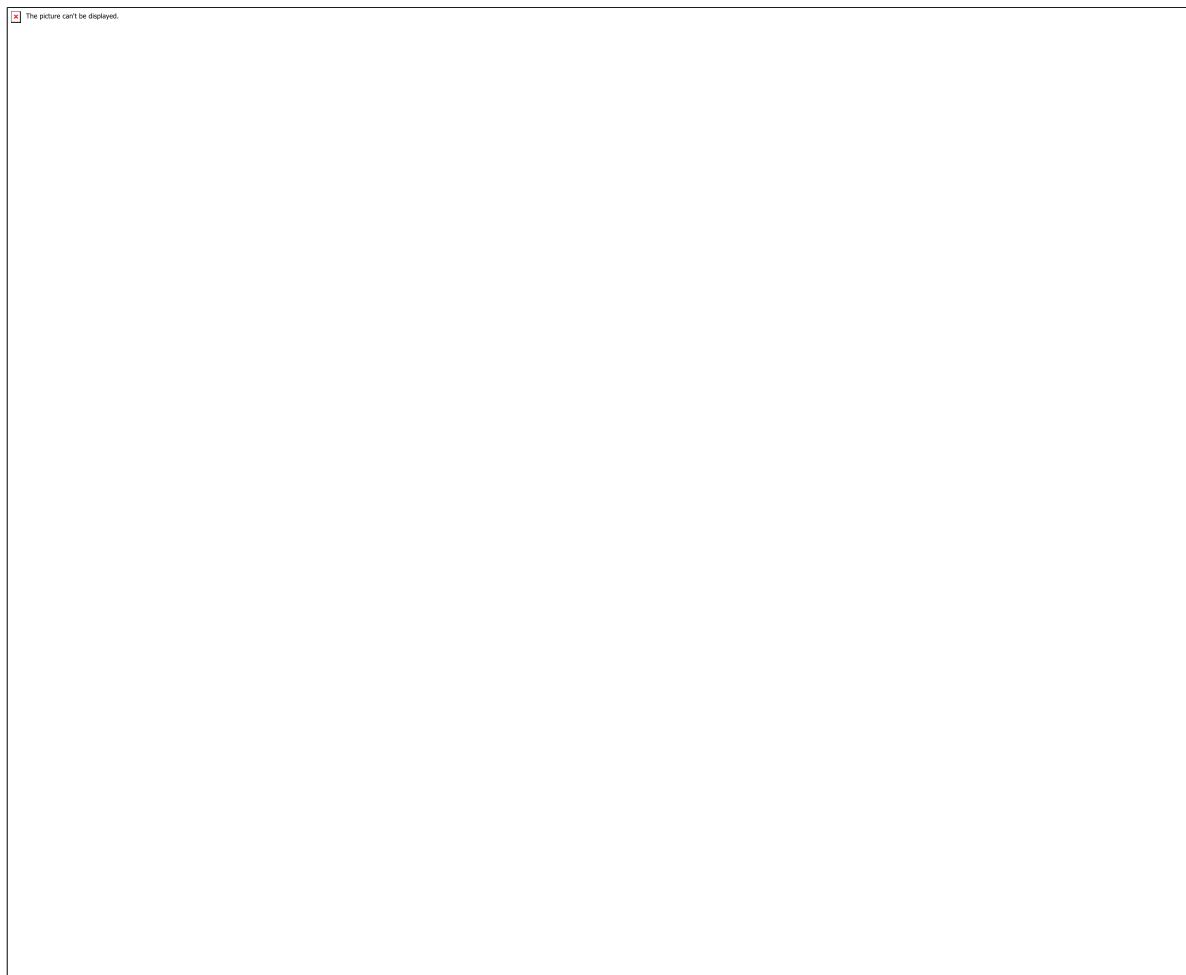


Figura 1 - Drone utilizado nos testes

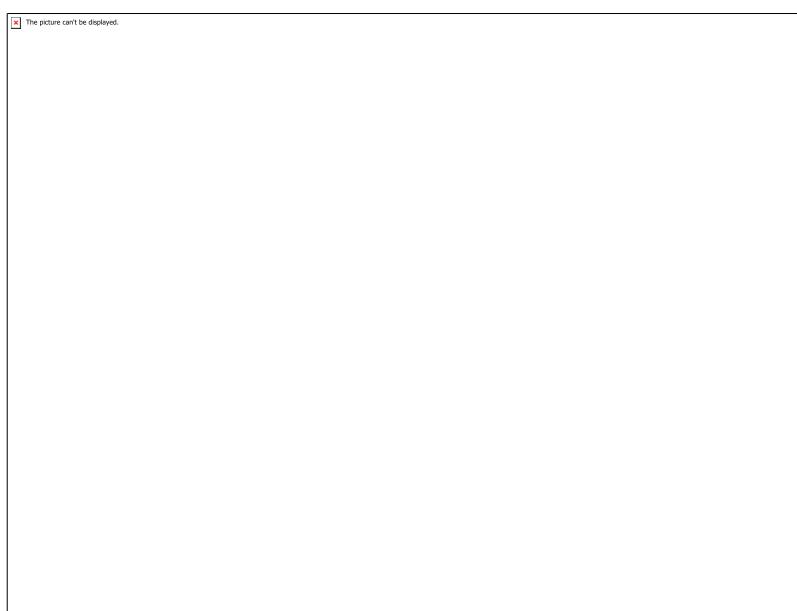


Figura 2 - Imagem utilizada nos testes de envio

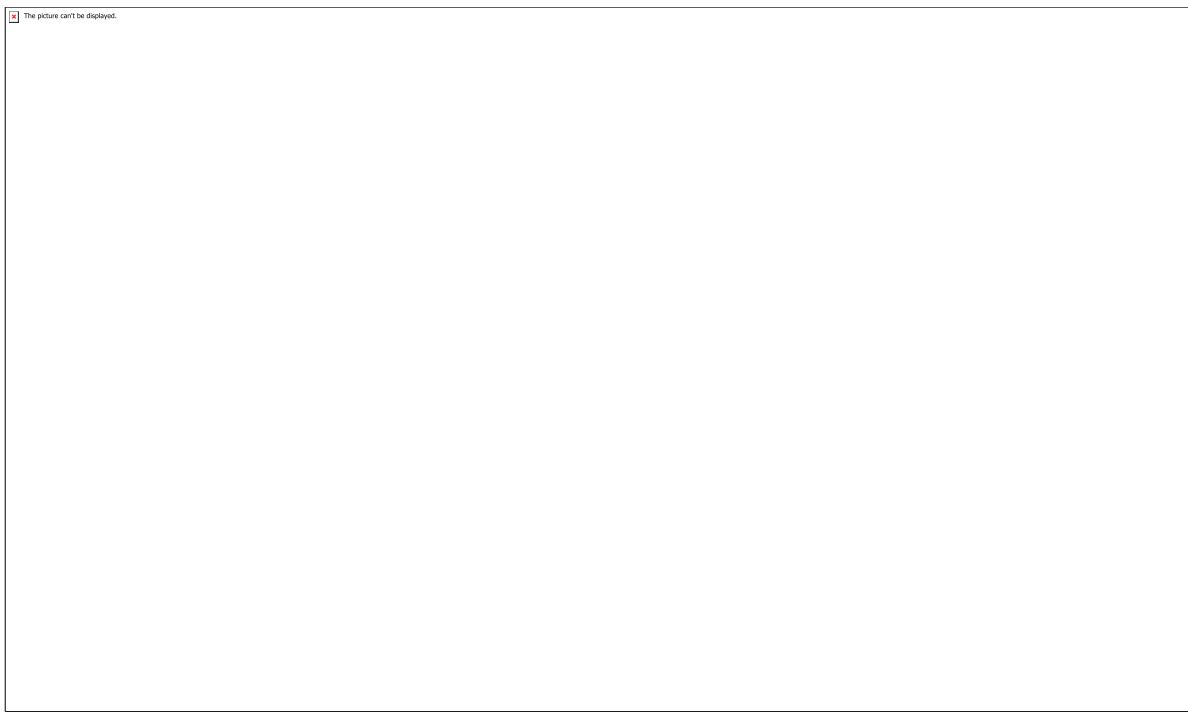


Tabela 1 - Estrutura do Pacote de Apresentação

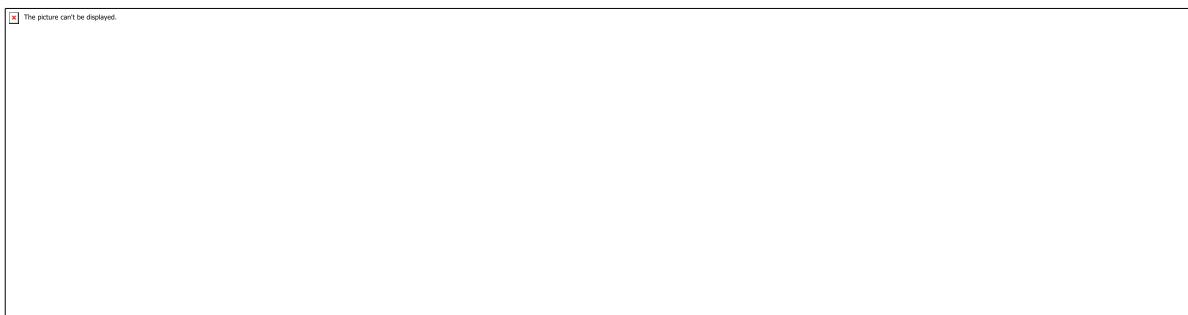


Tabela 2 - Estrutura do Pacote de Dados

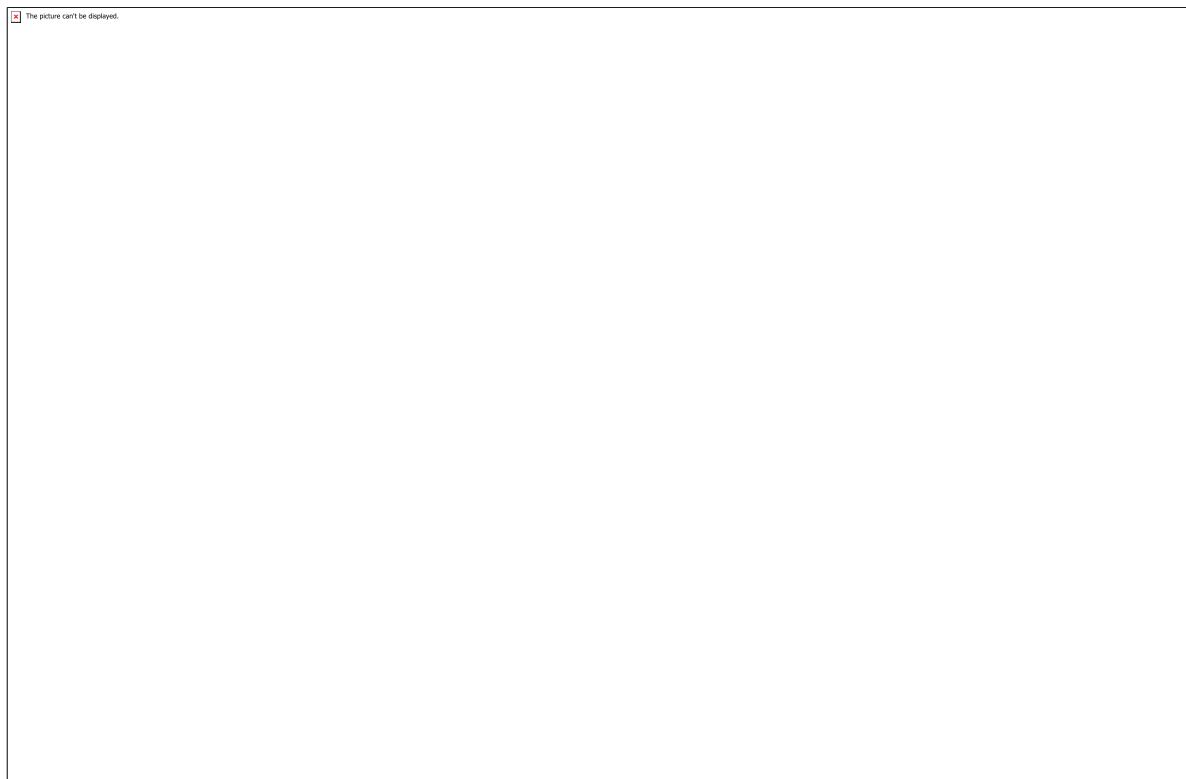


Tabela 3 - Resultados em voo pairado



Tabela 4 - Resultados em voo cruzeiro

CÓDIGO: ET1326

AUTOR: GIULLIANA KARINE GABRIEL CUNHA

ORIENTADOR: KARINA PATRICIA VIEIRA DA CUNHA

**TÍTULO: VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE ÁREA DE DISPOSIÇÃO IRREGULAR
DE RESÍDUOS SÓLIDOS DESATIVADA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Resumo

Atividades antrópicas intensificam a vulnerabilidade dos ambientes naturais a degradação ambiental. A identificação da vulnerabilidade natural do ambiente é chave para a gestão e planejamento ambiental em áreas que passam pela expansão da ocupação antrópica. A região semiárida é naturalmente vulnerável a degradação ambiental, devido as suas características naturais, e a ocupação antrópica torna esse cenário mais agravante. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar e mapear as mudanças do uso e ocupação do solo na vulnerabilidade natural da microbacia do Riacho Salgado no semiárido do Rio Grande do Norte, onde está localizado uma área de lixão desativado. Para esse fim, foi realizada análises de fatores ambientais como a geologia, pedologia, declividade e uso e ocupação do solo para a obtenção dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental da área de estudo. Os resultados apontam que uma média vulnerabilidade existente é influenciada pelos solos, geologia e declividade. O uso e ocupação influenciou no aumento da média vulnerabilidade natural para alta vulnerabilidade ambiental.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Lixão, Degradção.

**TITLE: ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF IRREGULATED SOLID WASTE
DISPOSAL AREA DISABLED**

Abstract

Anthropic activities intensify the vulnerability of natural environments to environmental degradation. Identifying the natural vulnerability of the environment is key to environmental management and planning in areas undergoing the expansion of human occupation. The semiarid region is naturally vulnerable to environmental degradation due to its natural characteristics, and anthropic occupation makes this scenario more aggravating. In this context, the objective of the study was to evaluate and map the changes of land use in the natural vulnerability of the Salgado Creek microbasin in Rio Grande do Norte semi-arid, where a deactivated dump area is located. To this end, analyzes of environmental factors such as geology, pedology, slope and land use and occupation were performed to obtain the natural and environmental vulnerability maps of the study area. The results indicate that a medium existing vulnerability is influenced by soils, geology and slope. Land use influenced the increase of medium natural vulnerability to high environmental vulnerability.

Keywords: Geoprocessing, , Degradation.

Introdução

A expansão do desenvolvimento econômico, a exploração dos recursos naturais e a ocupação desordenada causam alterações na paisagem, intensificando os processos

de degradação ambiental. Com o intuito de gerenciar a expansão antrópica com os recursos naturais, estudos relativos à identificação das condições naturais do ambiente e sua vulnerabilidade auxiliam o planejamento e a gestão territorial (SPORL; ROSS, 2004; ZOU; YOSHINO, 2017). A vulnerabilidade natural é inerente as características naturais do ambiente e sua propensão diante de um conjunto de fatores ambientais, como: geologia, pedologia, geomorfologia, clima e vegetação (CREPANI, 2001; GRIGIO, 2008). Enquanto a vulnerabilidade ambiental agrupa além das condições naturais, a susceptibilidade de uma determinada área a impactos relativos a atividades antrópicas (FIGUEIREDO et al., 2007), e efeitos adversos causados por um agente perturbador (IPCC, 2014). A erosão é um processo de natural que ocorre na superfície terrestre, no entanto os usos antrópicos acentuam os processos erosivos naturais, aumentando a taxa de erosão e causando degradação do ambiente (FUSHIMI et al., 2013; SILVEIRA; VETRORAZZI; VALENTE, 2014). Com a substituição da vegetação natural por atividades antrópicas, a erosão ocorre de forma mais acelerada e intensa, favorecendo o transporte de sedimentos e nutrientes do solo (SHIGAKI et al., 2007; COSTA et al., 2018). As consequências não se limitam ao solo, por ser um sistema aberto, a contaminação é particionada e pode chegar a outros componentes da bacia hidrográfica, como os corpos hídricos (WWAP, 2015; BOTERO-ACOSTA et al., 2017). Assim, o solo atua como fonte de poluição difusa para os sistemas hídricos, intensificando os riscos de eutrofização e assoreamento (MOURI, 2015; NGUYEN et al., 2017;). A suscetibilidade a erosão hídrica pode ser utilizada como indicador de vulnerabilidade ambiental (CUIABANO, 2017). A região semiárida possui características ambientais que a torna naturalmente vulnerável a degradação, solos pouco desenvolvidos, a vegetação natural sendo escassa e rala, e as precipitações concentradas em um curto período de duração, acentuam a perda de solo pela erosão (PEREIRA; DANTAS NETO, 2014). A partir de informações obtidas por sensoriamento remoto é possível observar e analisar regiões heterogêneas, tornando-se um mecanismo para análise de alterações no uso e ocupação do solo (SCHARISH et al., 2017). Por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) é possível realizar análise da vulnerabilidade de áreas a partir de suas características ambientais e do uso e ocupação do solo (CREPANI et al., 2011). Dessa forma, o geoprocessamento facilita o entendimento das informações, como também a tomada de decisão relacionadas aos recursos naturais (AQUINO; PALLETA; ALMEIDA, 2017). Nesse cenário, o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças ocasionadas pelo uso e ocupação na vulnerabilidade natural da Microrregião do Riacho Salgado, onde está inserida uma área de disposição de resíduos sólidos desativada, localizada no semiárido do Rio Grande do Norte.

Metodologia

A área de estudo deste trabalho comprehende a microrregião do Riacho Salgado, na qual estão inseridos parte dos municípios de São João do Sabugi e Ipueira, no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). A microrregião do Riacho Salgado, um dos afluentes do Rio Sabugi, apresenta uma extensão de 31,95 km², onde está localizada uma área desativada de disposição irregular de resíduos sólidos que fica a 35 m do corpo hídrico mais próximo.

A classe de solo predominante é Luvissolo Crômico, apresentam alta fertilidade e suscetibilidade a erosão (EMBRAPA, 2013). O tipo de clima da região é o BSh (ALVARES et al., 2014), caracterizado por ser quente e seco, com temperaturas que variam de 19 a 32°C. A vegetação característica é a Caatinga Hiperxerófila.

Para a geração dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental foi utilizada uma adaptação metodológica proposta por Crepani (2001), com o desenvolvimento baseado no conceito da ecodinâmica (TRICART, 1977). Na vulnerabilidade natural considera-se os aspectos do meio físico, ou seja, referentes a paisagem natural, como a Geologia, Pedologia e Declividade. Para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental,

acrescenta-se a análise do uso e ocupação do solo. Em ambiente SIG no ArcGis 10.3, os indicadores foram analisados, e para cada um foi elaborado um mapa para a área estudada.

A classificação de solos presente na área de estudo foi obtida a partir de arquivo vetorial com escala de 1:500000, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA, 2011), foi feito o recorte da área de estudo e análise da suscetibilidade a erosão das classes de solo presente.

Para a geologia, a partir do arquivo vetorial com escala de 1:50000 obtido no GeoSGB do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), foi realizado o recorte da área de estudo e a identificação das unidades litoestratigráficas. Os valores do aspecto da geologia foram atribuídos a vulnerabilidade a denudação das rochas (CREPANI, 2001).

O mapa de declividade foi obtido através do Modelo Digital de Elevação disponibilizado pelo projeto TOPODATA do Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE). Para a elaboração desse mapa foi utilizada a ferramenta Spatial Analyst, e das opções Surface, calculado a declividade em porcentagem, os intervalos foram definidos a partir da metodologia da EMBRAPA (1979).

Na avaliação da vulnerabilidade ambiental foi utilizado o mapa de uso e ocupação, sua elaboração foi realizada com base na classificação supervisionada de imagens de satélite do Sentinel-2A, com resolução multiespectral de 10 m, cedidas pelo site Copernicus, utilizando as bandas 8 (infravermelho próximo), 4 (vermelho) e 3 (verde), capturadas em 16/08/2016.

A partir da análise dos indicadores foi possível atribuir uma pontuação a respeito da vulnerabilidade (Tabela 1), sendo os valores próximos a 1, pouco vulneráveis, em torno de 2, de média vulnerabilidade e próximos a 3, de alta vulnerabilidade (CREPANI, 2001).

A partir da atribuição dos valores de vulnerabilidade para as classes dos indicadores, estando os arquivos no formato raster, foi feita a reclassificação de cada mapa.

Para a geração dos mapas de vulnerabilidade foram utilizados pesos para cada indicador, levando em consideração a importância de cada um em relação aos demais para álgebra de mapas, e consequentemente o cálculo de vulnerabilidade. Cada indicador foi analisado e classificado de acordo com o conhecimento técnico acerca da área de estudo, de tal forma que a soma dos pesos totalizou 1,0 (Tabela 2).

A partir da álgebra de mapas com os pesos definidos, por meio da sobreposição dos mapas utilizados como indicadores, de mesma escala, obteve-se os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental. Na calculadora raster foi feita a soma dos pesos para cada mapa.

Com os mapas de vulnerabilidade prontos foi feita a reclassificação da seguinte forma: muito baixa (1,0 – 1,4), baixa (1,4 - 1,8), Média (1,8 – 2,2), alta (2,2 - 2,6) e muito alta

(2,6 – 3,0) (CREPANI, 2001). O recorte da área de estudo foi feito e calculadas as áreas de cada classe de vulnerabilidade.

Resultados e Discussões

A microbacia do Riacho Salgado é coberta pela associação entre as classes de solo Luvissolo Crômico, Neossolo Litólico e Planossolo Nátrico com predominância da primeira classe e manchas pontuais das demais classes (Figura 2). Esse tipo de solo é caracterizado por ser pouco desenvolvido, suscetível a erosão e com alta fertilidade (EMBRAPA, 2013), sendo sua vulnerabilidade considerada média. Solos pouco desenvolvidos, como é característico do semiárido possuem uma maior vulnerabilidade natural (VAEZI; HASANZADEH; CERDÀ, 2016).

A formação geológica predominante na microbacia é o Complexo Caicó, correspondente a 72,57% do território (Figura 3), sua constituição caracteriza-se pela presença de ortognasses (CPRM, 2007). A região é formada em sua totalidade por rochas metamórficas, por tanto apresentam baixos valores de vulnerabilidade, diferentemente

das rochas sedimentares que possuem alta vulnerabilidade, devido a sua suscetibilidade ao intemperismo (CREPANI, 2001).

A maior parte da área da microbacia apresenta declividade de 3 a 8%, classificado como suavemente ondulado, essa classe de declividade está presente em 76,85% da área total da microbacia (Figura 4). A declividade nos permite avaliar a velocidade disponível

para o escoamento superficial, consequentemente responsável pelo transporte de sedimentos, declives ondulados são caracterizados por serem zonas suscetíveis a erosão (CUMBANE et al., 2015).

O uso e ocupação da microbacia do Riacho Salgado mostrou a ocupação em sua maioria por solo exposto (43,90 %), em seguida a vegetação natural (37,79 %) (Figura

5). Os outros usos antrópicos são urbanos, gramínea e água. O uso do solo por atividades antrópicas atrelado a áreas de solo exposto, contribui para o transporte de sedimentos, intensifica os processos erosivos, aumenta o escoamento superficial, podendo causar os processos de eutrofização e assoreamento nos corpos hídricos (MENESES et al., 2015; MORAIS NETO, 2018).

Apesar da vegetação natural ocupar 37,79% da área da microbacia, quando são substituídas por ocupações antrópicas, interferem na qualidade ambiental, diminuindo a capacidade de resiliência das áreas, promovendo o aumento da susceptibilidade à erosão e contribuindo para a degradação ambiental (VALLE JUNIOR et al., 2014; GONZÁLEZ et al., 2017).

Na microbacia do Riacho Salgado está situada uma área de disposição de resíduos sólidos que está localizada a 35 m do corpo hídrico mais próximo (Figura 1), o que está fora dos parâmetros da NBR 13896/1997 dos aterros de resíduos não perigosos que orienta a localização a uma distância mínima de 200 m de qualquer curso d'água (ABNT,

1997). Vale ressaltar que o lixão desativado está localizado numa cota superior, e sua drenagem ocorre em direção ao riacho, o que torna agravante, podendo ocorrer contaminação do corpo hídrico por nutrientes e metais pesados.

Nos mapas reclassificados (Figura 6), a classe de alta vulnerabilidade foi maior no uso e ocupação, e para a média vulnerabilidade o de solos > declividade > geologia, respectivamente. A geologia apresentou maior área de muito baixa vulnerabilidade, enquanto na baixa vulnerabilidade a maior área foi em relação a declividade (Tabela 3).

Na vulnerabilidade natural, percebe-se que na microbacia, a classe predominante de vulnerabilidade é a média, ocupando 85,50% do território, seguida pela vulnerabilidade baixa com 14,09% (Figura 7). Na vulnerabilidade natural, a geologia e a declividade contribuíram para a predominância da vulnerabilidade média (Tabela 3). A microbacia do Riacho Salgado é uma área naturalmente vulnerável, o que coincide com as características esperadas para região semiárida, sendo necessário realizar um zoneamento ambiental com o intuito de evitar uma expansão da degradação ambiental.

A vulnerabilidade ambiental da microbacia do Riacho Salgado apresentou predominância de vulnerabilidade alta, ocupando 59,43 % da área (Figura 8). Em seguida, a classe de média vulnerabilidade, correspondente a 38,77% da região estudada. O uso e ocupação promoveu o aumento considerável nas áreas de vulnerabilidade existentes, intensificando os processos de degradação na microbacia do Riacho Salgado, dessa forma aumentando as áreas de alta vulnerabilidade.

Analizando a vulnerabilidade ambiental da microbacia do Riacho Salgado, constata-se que o uso e ocupação foi responsável pelo aumento da alta vulnerabilidade, e a diminuição da baixa e média vulnerabilidade (Tabela 4).

A vulnerabilidade ambiental está relacionada com as mudanças na dinâmica ambiental causadas após a ocupação antrópica, aumentando a vulnerabilidade natural existente, principalmente pela ampliação das áreas de solo exposto (CHOUDHARY; SINGH; KUPRIYANOV, 2018), intensificando os processos erosivos do solo (MIGUEL et al., 2013),

Além de um planejamento ambiental, deve-se priorizar para as áreas de alta e muito alta vulnerabilidade planos de recuperação de áreas degradadas e monitoramento ambiental (AQUINO; PALETTA; ALMEIDA, 2017). A caracterização da vulnerabilidade contribui para o tratamento de informações, e auxilia na tomada de decisão nas questões ambientais (ZOU; YOSHINO, 2017).

Conclusão

O uso e ocupação por atividades antrópicas aumenta a vulnerabilidade natural existente, devido às condições naturais características do semiárido brasileiro. Os fatores determinantes para a determinação da alta vulnerabilidade ambiental da microbacia foram a declividade, geologia e uso e ocupação, sendo a ocupação antrópica a principal fonte para o aumento da média vulnerabilidade para alta vulnerabilidade.

Referências

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13896: aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação – procedimentos. Rio de Janeiro, 1997. AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. DE. Vulnerabilidade ambiental. São Paulo: Blucher, 2017. BOTERO-ACOSTA, A. et al. Riparian vulnerability model based on environmental features. *Journal of Environmental Management*, v. 203, p. 592–602, 2017. CHOUDHARY, K. ; BOORI, M. S.; KUPRIYANOV, A. Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. *The Egyptian Journal Of Remote Sensing And Space Science*, [s.l.], v. 21, n. 2, p.139-147, 2018. COMPANHIA DE PESQUISAS EM RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. Mapa geológico do estado do Rio Grande do Norte. Escala 1:500.000. 2007. CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. CUIABANO, M. et al. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do córrego do guanabara/ reserva do cabaçal-MT Brasil. *Geociencias*, v. 36, n. 1, p. 138–153, 2017. COSTA, C. W. et al. Surface runoff and accelerated erosion in a peri-urban wellhead area in southeastern Brazil. *Environmental Earth Sciences*, [s.l.], v. 77:160, 2018. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Mapa de solos do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 353 p, 2013. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro, 83p., 1979. FIGUEIRÉDO, M. C. B. de et al. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 4, p. 399–409, 2007. FUSHIMI, M. et al. Vulnerabilidade ambiental e aplicação de técnicas de contenção aos processos erosivos lineares em áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 4, p. 343–356, 2013. IPCC. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 151 p. 2014. MENESSES, B.M. et al. Land use and land cover changes in Zêzere watershed (Portugal) — Water quality implications. *Science Of The Total Environment*, [s.l.], v. 527-528, p.439-447, set. 2015. MIGUEL, A. E. S.; MEDEIROS, R. B.; OLIVEIRA, W. Diagnóstico da vulnerabilidade ambiental da bacia do rio taquaruçu/ms. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, [s.l.], v. 9, n. 2, p.17-33, 2013. MORAIS NETO, J. V.. Áreas de solo exposto intensificam o processo de eutrofização no semiárido brasileiro. 2018. 18 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. MOURI, G. Assessment of land cover relocation incorporating the effects of human activity in typical urban and rural catchments for the design of management policies. *Environmental Science & Policy*, [s.l.], v. 50, p.74-87, 2015. NGUYEN, H. H. et al. Modelling the impacts of altered management practices, land use and climate changes on the water quality of the Millbrook catchment-reservoir system in South Australia. *Journal of Environmental Management*, v. 202, p. 1–11, 2017. PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Efeito das atividades agropastoris sobre os atributos físico-químicos de três classes de solos de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro. *Bol. Goia. Geogr.*, v. 34, n. 1, p. 169–188, 2014. SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. et al. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 973-82, 2014 SCHARSICH, V. et al. Analysing land cover and land use change in the Matobo National Park and surroundings in Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment*, v. 194, p. 278–286, 2017. SHIGAKI, F; SHARPLEY,

A.; PROCHNOW, L. I. Rainfall intensity and phosphorus source effects on phosphorus transport in surface runoff from soil trays. *Science Of The Total Environment*, [s.l.], v. 373, n. 1, p.334-343, 2007. SPRÖL, C; ROSS, J. L. S. Comparative analysis of environmental fragility by applying three models. *Geousp: Espaço e Tempo (Online)*, [s.l.], n. 15, p.39-49, 2006. TRICART, J. Ecodinâmica. Recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN. 91 p, 1977. ZOU, T; YOSHINO, K. Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. *Ecological Indicators*, [s.l.], v. 78, p.405-415, 2017. UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). The United Nations World Water Development Report 2015: water for a sustainable world. UNESCO, Paris, 2015. VAEZI, A. R.; HASANZADEH, H.; CERDÀ, A.. Developing an erodibility triangle for soil textures in semi-arid regions, NW Iran. *Catena*, [s.l.], v. 142, p.221-232, jul. 2016.

Anexos

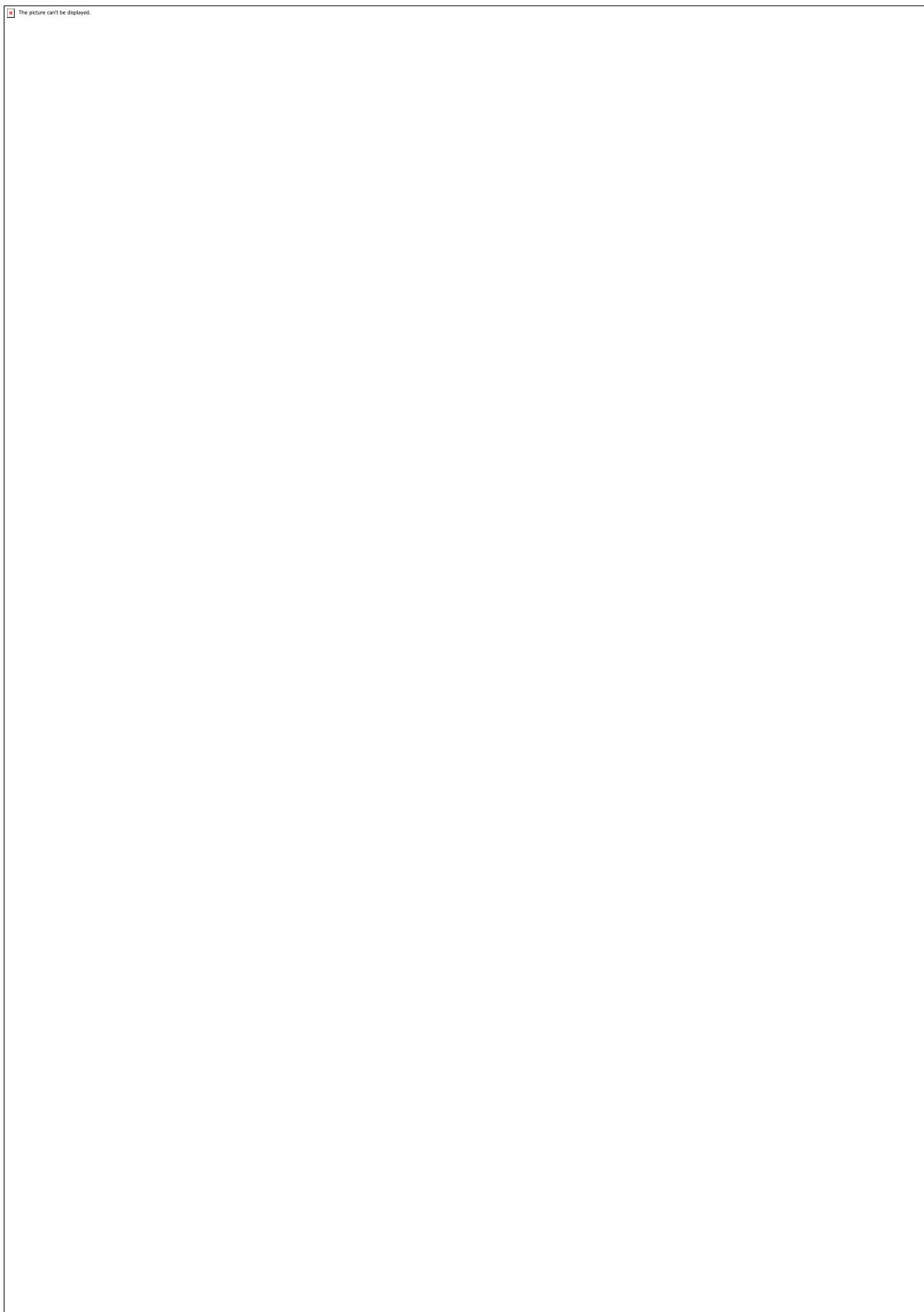


Figura 1 – Localização da microbacia do Riacho Salgado e da área de disposição irregular de resíduos sólidos desativada, no semiárido do Rio Grande do Norte

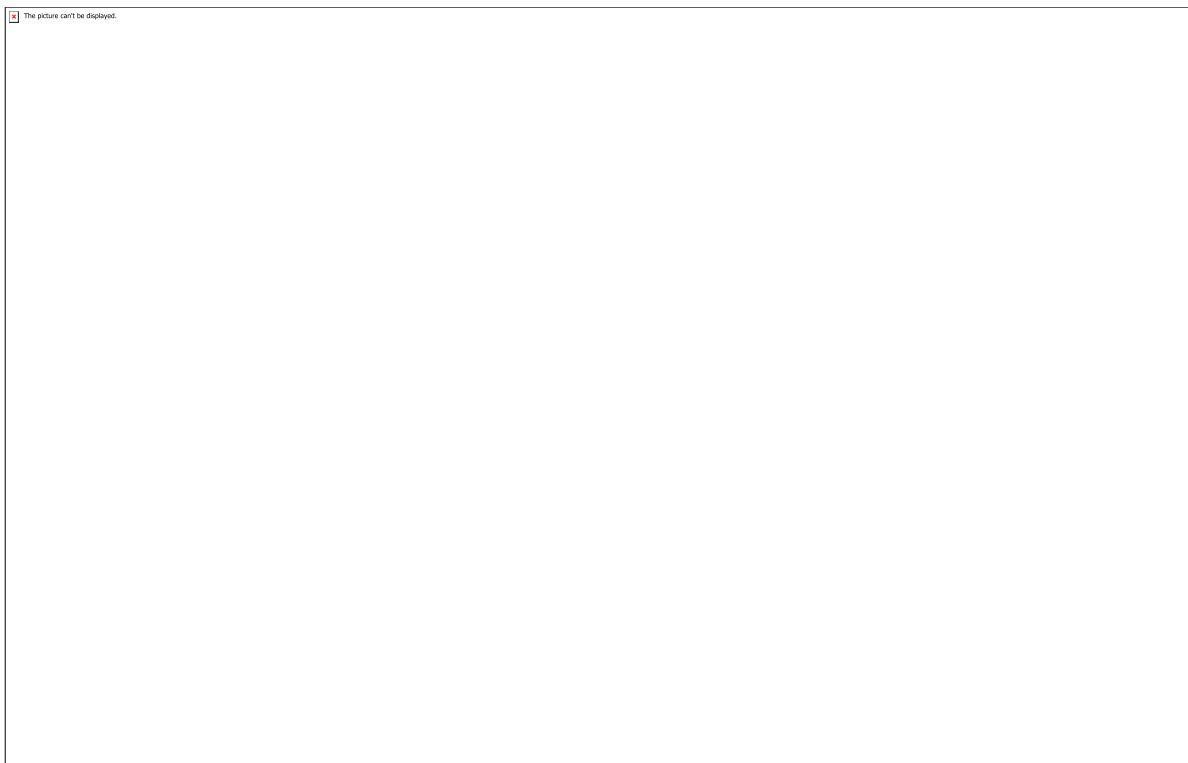


Tabela 1 – Valores atribuídos as classes de cada indicador utilizado para o cálculo da vulnerabilidade natural e ambiental da microbacia do Riacho Salgado

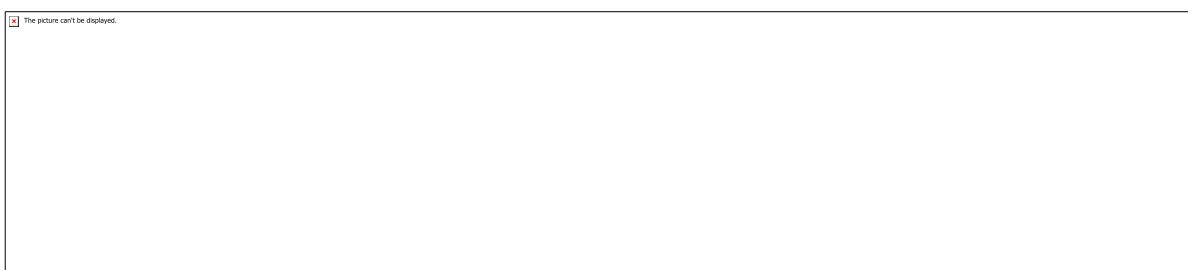


Tabela 2 – Pesos atribuídos para determinação da vulnerabilidade natural e ambiental da microbacia do Riacho Salgado

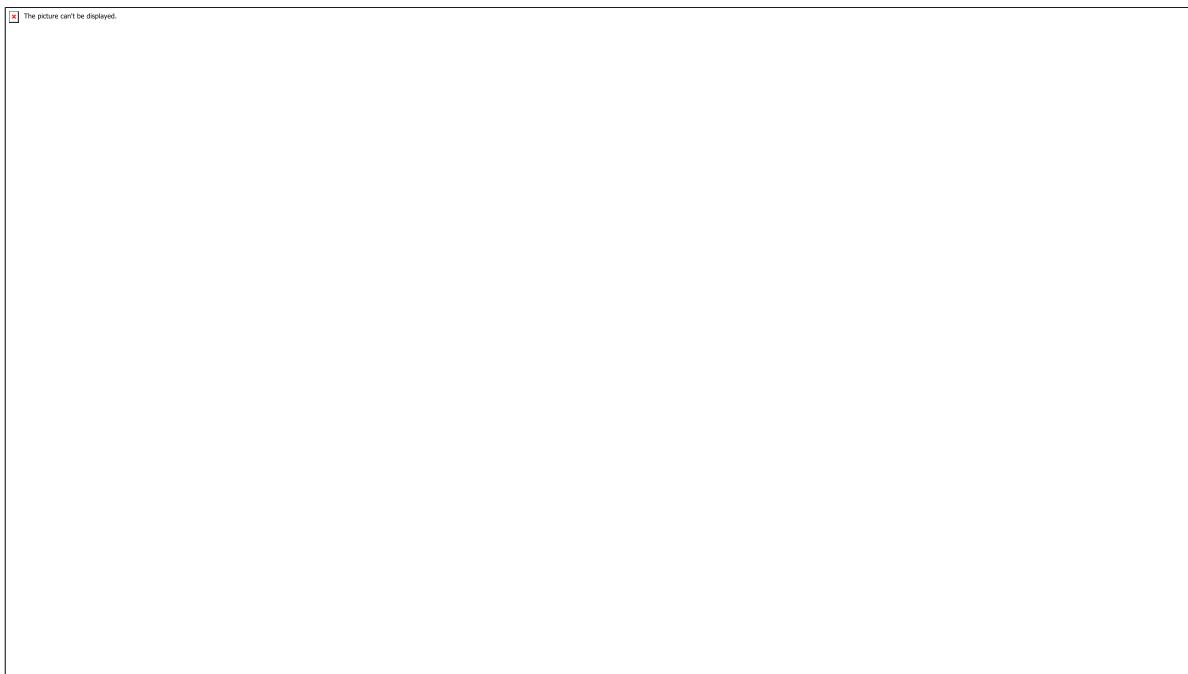


Figura 2 – Classe de solo na microbacia do Riacho Salgado, onde está inserida a área do lixão desativado de São João do Sabugi – RN

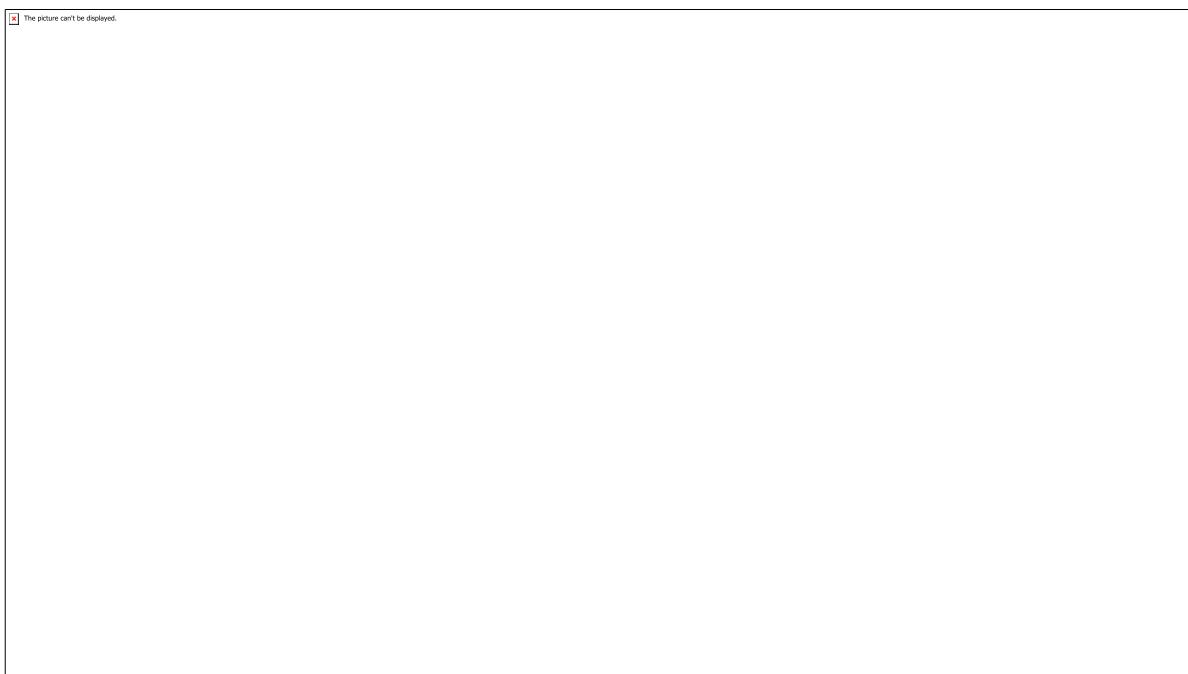


Figura 3 – Geologia da microbacia do Riacho Salgado, onde está inserido o lixão desativado de São João do Sabugi - RN

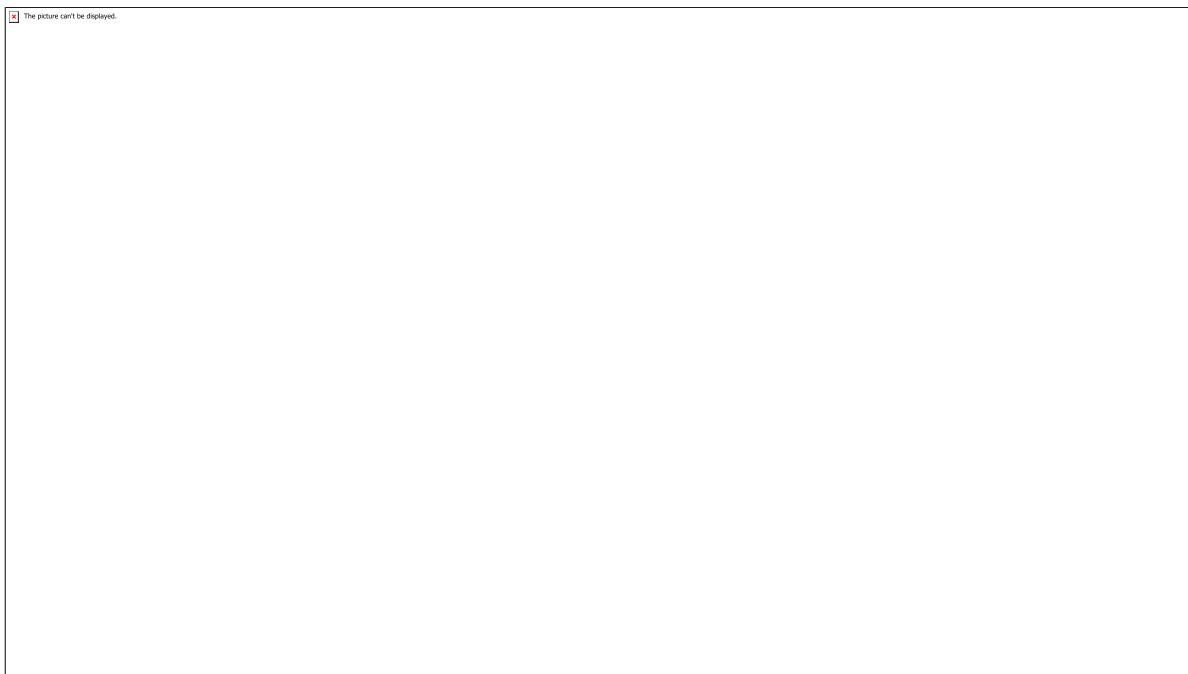


Figura 4 – Classes de declividade da microbacia do Riacho Salgado, onde está inserido o lixão desativado de São João do Sabugi – RN

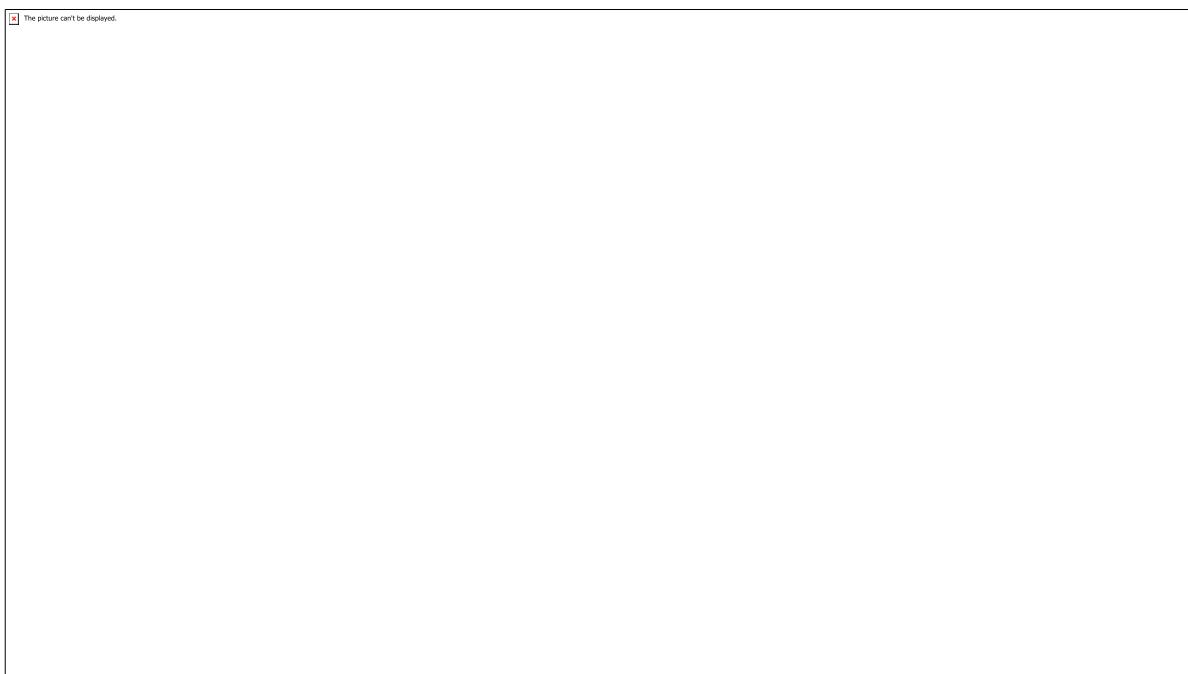


Figura 5 – Classes de uso e ocupação do solo da microbacia do Riacho Salgado, onde está inserido o lixão desativado de São João do Sabugi - RN

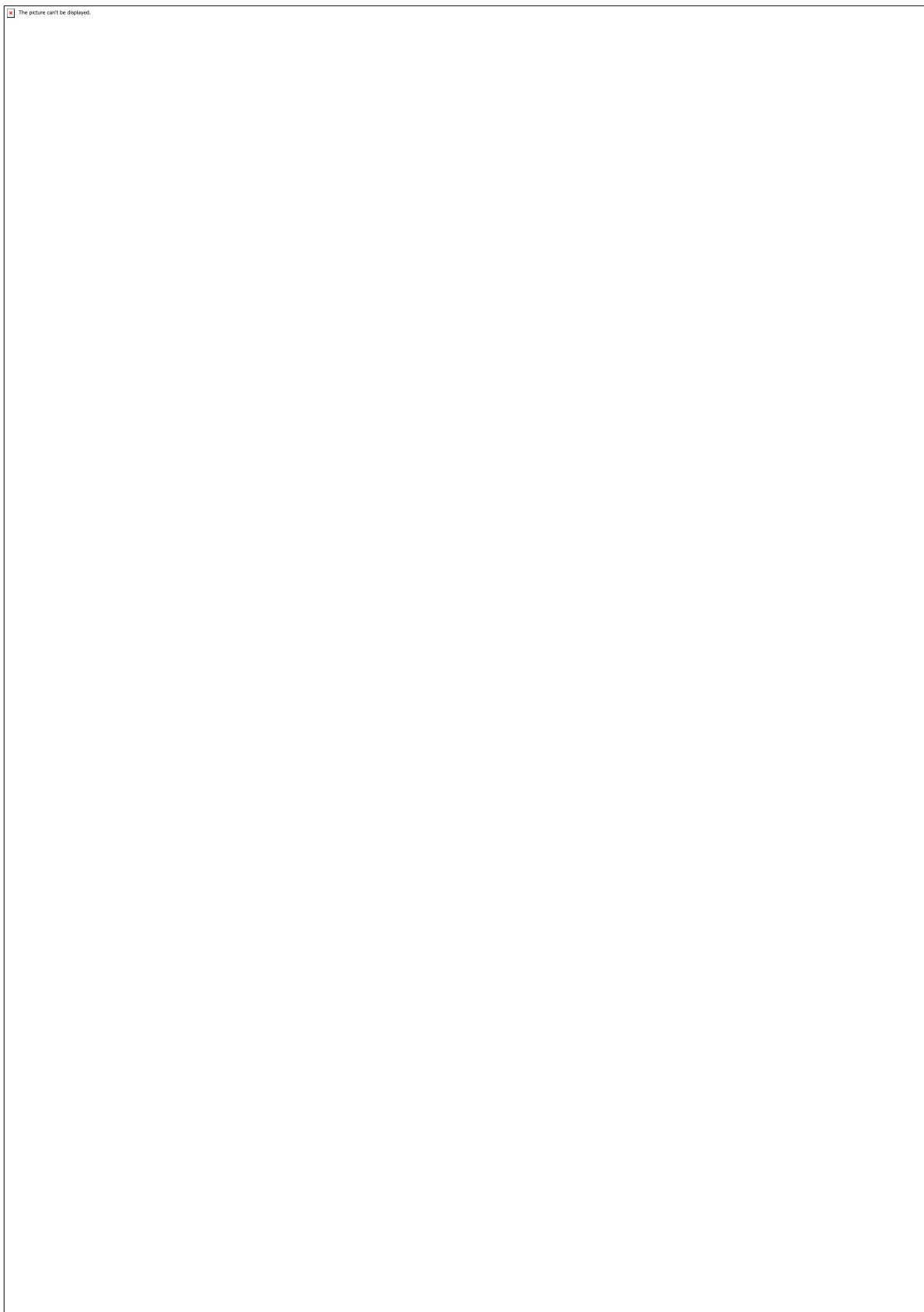


Figura 6 – Mapas reclassificados utilizados para a geração dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental da microbacia do Riacho Salgado - RN

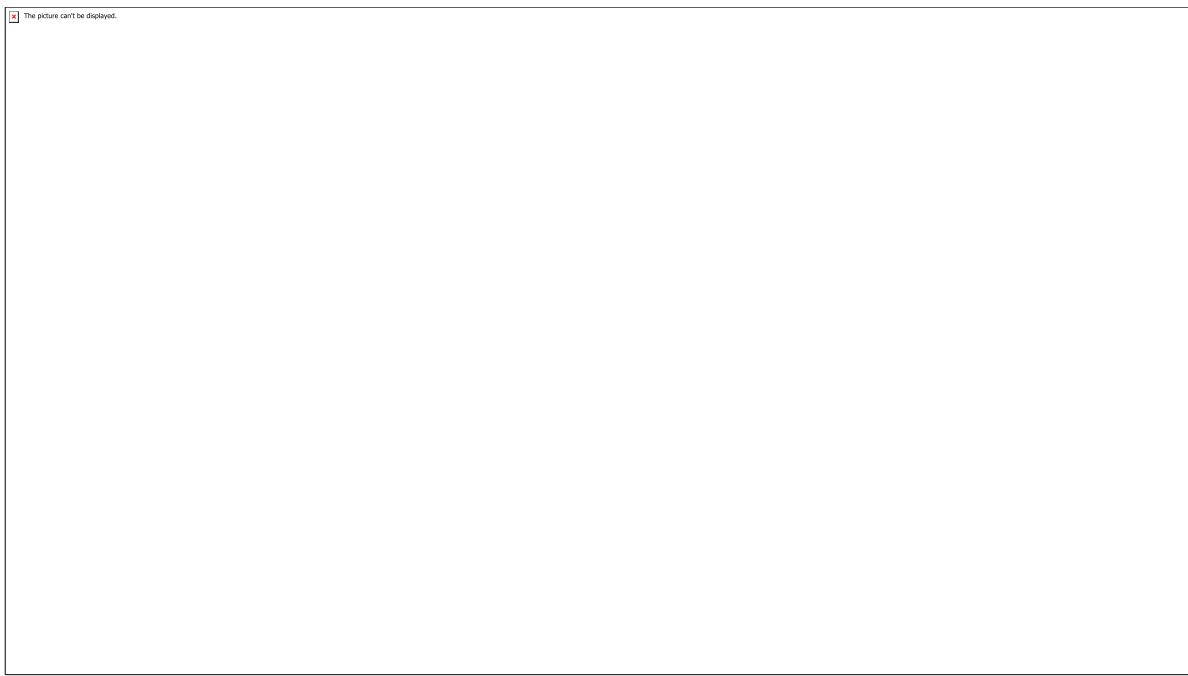


Figura 7 – Vulnerabilidade natural da microbacia do Riacho Salgado, onde está inserido o lixão desativado de São João do Sabugi - RN

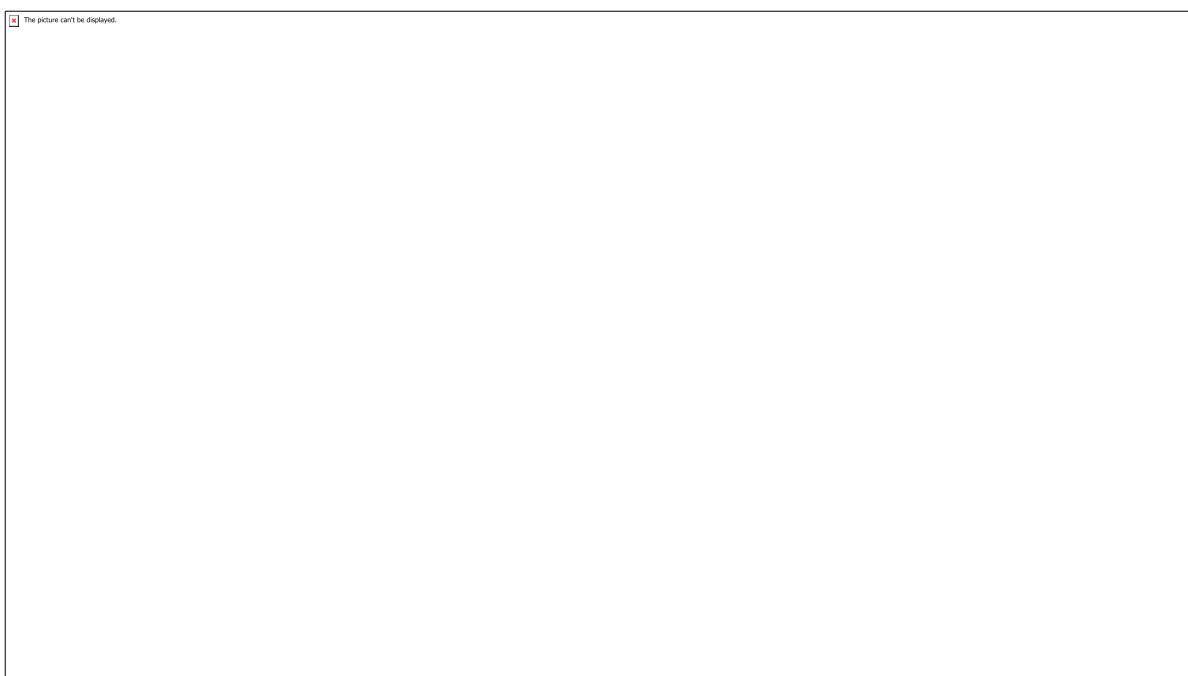


Figura 8 - Vulnerabilidade ambiental da microbacia do Riacho Salgado, onde está inserido o lixão desativado de São João do Sabugi - RN

CÓDIGO: ET1371**AUTOR:** GABRIELA RODRIGUES DE MEDEIROS COQUE**COAUTOR:** CAROLINA DA SILVA COSTA**COAUTOR:** MARIA EDUARDA KUSTER NOGUEIRA DOS SANTOS**ORIENTADOR:** CAMILA GAMBINI PEREIRA**TÍTULO:** Avaliação do Equilíbrio de fases em sistemas orgânicos**Resumo**

O sistema líquido-vapor traduz um estudo entre a interação de misturas de dois ou mais componentes, que permite a construção de diagramas de fases dos sistemas envolvidos e facilita o entendimento do comportamento da mistura como um todo. Esses diagramas além de trazerem informações primárias para o projeto e operação, desenvolvem novos métodos de correlação e predição, bem como para o uso em simuladores. Na engenharia Química os dados de equilíbrio líquido-vapor são muito importantes, principalmente no projeto, otimização, controle e operação de processos de separação. As propriedades ELV ajudam no que diz respeito a compreensão do comportamento complexo de soluções. Nesse sentido, esse projeto entrou como forma de descobrir as características da interação do Etanol com Ácido Caprílico. O objetivo deste trabalho foi determinar o diagrama de fases do sistema etanol + ácido caprílico. Apesar de muitas pesquisas envolvendo o etanol, pouco se sabe a respeito da interação com ácidos graxos, uma vez que envolve um maior cuidado por conta da alta diferença no ponto de ebulição. Para isso, iniciou-se com um estudo da densidade para diferentes temperaturas, seguido do estudo do equilíbrio líquido-vapor.

Palavras-chave: equilíbrio líquido-vapor**TITLE:** STUDY OF THE EFFECTS OF ETHANOL AND CAPRIL ACID SYSTEM**Abstract**

The liquid-vapor system translates a study between the interaction of mixtures of two or more components, which allows the construction of phase diagrams of the systems involved and facilitates the understanding of the mix behavior as a whole. These diagrams, in addition to providing primary information for design and operation, develop new correlation and prediction methods, as well as for use in simulators. In Chemical Engineering the liquid-vapor equilibrium data is very important, especially in the design, optimization, control and operation of separation processes. ELV properties help with understanding the complex behavior of solutions. In this sense, this project came as a way to discover the characteristics of the interaction of Ethanol with Caprylic Acid. The objective of this work was to determine the phase diagram of the ethanol + caprylic acid system. Despite much research involving ethanol, little is known about the interaction with fatty acids, as it involves greater care due to the high difference in boiling point. To this end, it began with a study of density for different temperatures, followed by the study of liquid-vapor equilibrium.

Keywords: liquid-vapor equilibrium**Introdução**

Com o avanço tecnológico e a inserção cada vez maior da simulação de modelos termodinâmicos na engenharia química, conseguiu-se nas últimas décadas resultados muito mais realistas e aperfeiçoados. Porém, não se pode esquecer das técnicas experimentais que também foram aprimoradas com o passar dos anos, dentre elas, pode-se destacar a determinação do equilíbrio líquido-vapor, que permite a construção de diagramas de fases dos sistemas envolvidos. Esses diagramas além de trazerem informações primárias para o projeto e operação, desenvolvem novos métodos de correlação e predição, bem como para o uso em simuladores. Na engenharia Química os dados de equilíbrio líquido-vapor são muito importantes, principalmente no projeto, otimização, controle e operação de processos de separação. As propriedades ELV ajudam no que diz respeito a compreensão do comportamento complexo de soluções (OLIVEIRA, 2003). Através da regra de fases de Gibbs, um sistema bifásico no equilíbrio líquido-vapor, têm-se dois graus de liberdade. Isso por conta que as incógnitas são a temperatura e pressão ou a fração das fases, portanto, é possível resolver o sistema, ao fixar duas dessas incógnitas. Então, geralmente trabalha-se com a temperatura constante, variando a pressão com a fração molar do componente mais volátil ou a pressão constante, variando a temperatura com a fração molar do componente mais volátil. Fonte:<http://labvirtual.eq.uc.pt> Figura 1: Diagrama de fases de uma mistura binária, a pressão constante Na Figura 1, tem-se a ilustração de um diagrama de fases a pressão constante. A construção dos diagramas de fases requer certo trabalho, uma vez que existe uma sensibilidade na hora de medir os dados de equilíbrio líquido-vapor (ELV). No estudo, fez-se o uso de um sistema isobárico (pressão constante) e para a medição dos dados, utilizou-se um ebullíometro, este aparelho, é capaz de medir a temperatura de equilíbrio entre as fases vapor e líquida. Um fator determinante para o diagrama é a curva de calibração das densidades dos componentes misturados, isso por conta que com a curva, obtêm-se as frações de vapor retiradas do ebullíometro. A densidade não só é um fator importante para os diagramas, como também é essencial para entender a interação dos componentes utilizados. O sistema utilizado nesse estudo é o Etanol com Ácido Caprílico. O etanol é uma opção viável na produção de biodiesel, por conta da sua baixa toxicidade, maior poder de solubilização nos óleos vegetais e porque o Brasil é um dos maiores produtores (Castro, 2011). O ácido Caprílico também conhecido como ácido octanóico, é encontrado em sua forma natural nos coqueiros e no leite materno. Consiste num líquido oleoso, de gosto desagradável e rançoso. Sistemas que envolvem etanol com ácidos graxos, tendem a ser raros, devido ao grande desvio da idealidade e a grande diferença entre os pesos moleculares, tornando difícil obter dados precisos (Falleiro, 2009). O objetivo deste trabalho foi determinar o diagrama de fases do sistema etanol + ácido caprílico. Apesar de muitas pesquisas envolvendo o etanol, pouco se sabe a respeito da interação com ácidos graxos, uma vez que envolve um maior cuidado por conta da alta diferença no ponto de ebulição. Para isso, iniciou-se com um estudo da densidade para diferentes temperaturas, seguido do estudo do equilíbrio líquido-vapor.

Metodologia

Nesse trabalho foram utilizados reagentes como o ácido caprílico – (Synth, Lote: 179248, P.A), hexano - (ALPHATEC, Lote: 27829, P.A) e etanol – (Dinâmica, Lote: 90720, 99,5%). Também foram utilizado alguns equipamentos, como uma balança analítica – (Marte, modelo AY220), um densímetro – (Rudolph ResearchAnalytical, modelo DDM 2909, USA) um banho maria ultratermostático – (Cienlab, modeloCE-110/10, Brasil), um transformador variador de voltagem (STP), um agitador magnético (Fisatom, modelo 751, Brasil), uma chapa magnética (edulab, modelo607-022, USA), um termômetro digital (PT 100, USA) e um ebullíometro especificado na monografia

(FIGUEREDO, 2013). 2.2 Estudo da densidade da mistura: Ácido caprílico e etanol Primeiramente, pesou-se aproximadamente 10 gramas da mistura variando a fração molar de $x_1=0$ até $x_1=1$. Em seguida, ligou-se o densímetro e mensurou-se a densidade do ar como forma de calibração. Com uma seringa, adicionou-se no densímetro as amostras para determinar as densidades correspondentes, determinou-se as densidades em duplicata para cada amostra e para temperaturas de: 20°, 40° e 60° C. Mensuradas todas as densidades, foi possível avaliar o perfil volumétrico da mistura e então realizar o cálculo do volume parcial das amostras. 2.3 Estudo do equilíbrio líquido vapor da mistura Ácido caprílico e etanol Como no estudo das densidades, também iniciou-se pesando aproximadamente 10 gramas da mistura variando a fração molar de $x_1=0$ até $x_1=1$. Em seguida, inseriu-se a mistura no ebóliômetro junto com um peixinho magnético, vedando as rosas para minimizar a troca de calor. Ligou-se o banho termostático na temperatura de set up 5°C, para condensar a fração de vapor quando em contato com a parede do ebóliômetro. Cobriu-se a parte do ebóliômetro em contato com a mistura com uma resistência conectada a uma tensão de 220V. Para otimizar a troca térmica, colocou-se o ebóliômetro sob uma chapa aquecedora. Ligou-se a chapa aquecedora na temperatura máxima e a agitação magnética de forma que a agitação ocorreu-se de forma uniforme. Mensurou-se de 5 em 5 minutos a temperatura de mistura com um termômetro acoplado ao ebóliômetro, até identificar quando a temperatura permanece constante durante no mínimo 15 minutos.

Resultados e Discussões

3.1 Estudo da densidade da mistura: Ácido caprílico e etanol A validação das análises pode ser realizada comparando as densidades obtidas com as densidades apresentadas pela literatura (DIPPR), na Tabela 1, têm-se a comparação das densidades dos componentes puros obtidas experimentalmente com as do DIPPR: Tabela 1–Comparação entre as densidades experimentais e as densidades da literatura Temperatura 20 °C 40°C 60°C Densidade Etanol experimental (g/cm³) 0,79243 0,77471 0,7574 Densidade Etanol DIPPR(g/cm³) 0,79031 0,77227 0,75223 Densidade Ácido Caprílico experimental(g/cm³) 0,91037 0,89367 0,87678 Densidade Ácido CaprílicoDIPPR(g/cm³) 0,90766 0,89298 0,87798 De acordo com a Tabela 1, pode-se perceber que diferença é mínima entre as medidas, garantindo então, que as demais frações molares, também apresentam essa margem de erro. As Tabelas 2, 3,4 apresentam os valores das densidades das misturas a diferentes temperaturas. Com as frações molares e suas respectivas densidades, tornou-se possível construir um diagrama x1 vs volume molar (Figura 1), obtendo-se uma equação da reta. Tabela 2– Valores experimentais para 20°C Para 20°C x1 Densidade 1 Massa Molar Volume da mistura (cm³/g-mol) 0 0,91037± 0,00003 144,21 158,41 0,101±0,002 0,9077±0,0008 140,7794 155,0913 0,201±0,003 0,905 ±0,002 136,853 151,134 0,299±0,003 0,8981 ±0,0004 132,2073 147,2111 0,399±0,001 0,891 ±0,001 126,990 142,506 0,501±0,003 0,886 ±0,001 120,306 135,762 0,599±0,002 0,873 ±0,008 112,471 128,760 0,704±0,005 0,86 ±0,01 102,04 118,35 0,798±0,002 0,847 ±0,003 89,186 105,303 0,9000±0,001 0,834 ±0,001 71,517 85,727 1 0,79243 46,7 58,9 Tabela 3–Valores experimentais para 40°C Para 40°C x1 Densidade Massa molar (g/g-mol) Volume da mistura (cm³/g-mol) 0 0,89367 144,21 161,37 0,1005 ±0,0001 0,891 ±0,001 140,809 157,998 0,198 ±0,001 0,8861 ±0,0001 136,9581 154,5646 0,29983 ±0,00004 0,881 ±0,005 132,335 150,169 0,400 ±0,001 0,875 ±0,002 126,895 145,038 0,501 ±0,003 0,869 ±0,004 120,298 138,439 0,599 ±0,001 0,85 ±0,01 112,37 131,53 0,704 ±0,003 0,848 ±0,003 102,010 120,221 0,798 ±0,001 0,838 ±0,001 89,332 106,604 0,900 ±0,002 0,80451 ±0,00001 71,61113 89,01210 1 0,77471 46,7 60,3 Tabela 4–Valores experimentais para 60°C Para 60°C x1 Densidade (g/cm³) Massa molar (g/g-mol) Volume molar (cm³/g-mol) 0

0,87678 144,21 164,47 0,10095 $\pm 0,000003$ 0,873 \pm 0,002 140,794 161,343 0,1997
 $\pm 0,0004$ 0,869 \pm 0,002 136,918 157,593 0,301 $\pm 0,001$ 0,863 $\pm 0,002$ 132,286 153,216
 $0,3999\pm 0,0007$ 0,851 $\pm 0,004$ 126,893 149,0126 0,4999 $\pm 0,0003$ 0,848 $\pm 0,001$ 120,361
 141,856 0,596 $\pm 0,002$ 0,8495 $\pm 0,0006$ 112,5291 132,4713 0,703 $\pm 0,002$ 0,832 $\pm 0,007$
 102,069 122,594 0,8005 $\pm 0,0004$ 0,815 $\pm 0,004$ 89,150 109,398 0,8999 $\pm 0,0008$
 $0,791\pm 0,001$ 71,624 90,571 1 0,7574 46,7 61,7 Figura 2:Efeito da temperatura sobre a
 densidade da mistura Etanol+ Ácido Caprílicoa :(\diamond) 20, (\square)40 e (Δ) 60°C Ao analisar as
 Tabelas 2, 3 e 4 pode-se observar o efeito da temperatura na densidade. À medida que
 a temperatura aumenta, a densidade diminui. Com a equação obtida, determinou-se
 dV/dx_1 , obtendo-se as equações finais 1 e 2: $V_1 \text{ parcial} = V_{\text{mist}} + (x_2 \cdot dv/dx_1)$ Equação 1
 – Volume parcial 1 $V_2 \text{ parcial} = V_{\text{mist}} - (x_1 \cdot dv/dx_1)$ Equação 1 – Volume parcial 2 Sendo
 então possível determinar os valores individuais para cada fração molar conforme. Nas
 Tabelas 5, 6 e 7: Tabela 5–Volumes parciais pra 20°C Para 20°C $x_1 \cdot dv/dx_1$ $V_1 \text{ parcial}$
 $(\text{cm}^3/\text{g-mol})$ $V_2 \text{ parcial}$ ($\text{cm}^3/\text{g-mol}$) 0 -57,5 0 158,408 0,101 $\pm 0,002$ -42,433 116,960
 159,393 0,201 $\pm 0,003$ -35,854 122,503 158,357 0,299 $\pm 0,003$ -37,384 121,0212 158,405
 $0,399\pm 0,001$ -47,145 114,216 161,361 0,501 $\pm 0,003$ -65,391 103,150 168,541
 $0,599\pm 0,002$ -91,087 92,267 183,355 0,704 $\pm 0,005$ -127,160 80,697 207,857
 $0,798\pm 0,002$ -167,268 71,492 238,760 0,9000 $\pm 0,001$ -219,099 63,824 282,923 1 -
 278,112 58,932 337,044 Tabela 6 - Volumes parciais pra 40°C Para 40°C $x_1 \cdot dv/dx_1$ V_1
 parcial $V_2 \text{ parcial}$ 0 -56,333 110,697 161,368 0,1005 $\pm 0,0001$ -51,3653 111,795 163,160
 $0,198\pm 0,001$ -54,342 111,014 165,356 0,29983 $\pm 0,00004$ -65,5223 104,2928 169,8151
 $0,400\pm 0,001$ -84,671 94,229 178,900 0,501 $\pm 0,003$ -112,261 82,452 194,713 0,599
 $\pm 0,001$ -146,825 72,709 219,533 0,704 $\pm 0,003$ -192,153 63,318 255,471 0,798 $\pm 0,001$ -
 240,416 58,006 298,423 0,900 $\pm 0,002$ -300,933 58,929 359,861 1 -368,26 60,281
 428,541 Tabela 7- Volumes parciais pra 60°C Para 60°C $x_1 \cdot dv/dx_1$ $V_1 \text{ Parcial}$ $V_2 \text{ Parcial}$
 0 -54,026 110,4508 164,4768 0,10095 $\pm 0,000003$ -49,9214 116,4611 166,3825 0,1997
 $\pm 0,0004$ -53,5957 114,699 168,2947 0,301 $\pm 0,001$ -65,263 107,592 172,856
 $0,3999\pm 0,0007$ -84,413 98,3632 182,776 0,4999 $\pm 0,0003$ -111,506 86,099 197,605
 $0,596\pm 0,002$ -144,997 73,940 218,937 0,703 $\pm 0,002$ -190,459 66,003 256,462
 $0,8005\pm 0,0004$ -239,893 61,5401 301,433 0,8999 $\pm 0,0008$ -297,844 60,7501 358,5942
 1 -364,023 61,658 425,681 3.2 Estudo do equilíbrio líquido vapor da mistura Ácido
 caprílico e etanol Para o estudo do equilíbrio líquido vapor da mistura do ácido caprílico
 e etanol, primeiramente, determinou-se x_1 e x_2 de acordo com a volatilidade dos
 componentes – onde o mais volátil é o x_1 . Com isso, para tal experimento, definiu-se o
 etanol como x_1 , por apresentar menor ponto de ebulição. Tabela 8–Componentes com
 suas massas molares e temperaturas de ebulição Componentes M(g/mol) T ebulição
 $(^{\circ}\text{C})$ x_1 (Etanol) 144,21 78,37 x_2 (Ácido Caprilíco) 46,7 237 Dando continuidade,
 realizou-se o teste de solubilidade para diferentes frações molares, no intuito de
 conhecer a interação da mistura e se ela estaria adequada para determinado
 procedimento experimental. Obteve-se o teste de solubilidade, apresentado na tabela
 9, que qualifica a mistura como possível material de estudo. Tabela 9–Teste de
 solubilidade Teste de Solubilidade $x_1 = 0,2$ Solúvel $x_1 = 0,6$ Solúvel $x_1 = 0,8$ Solúvel
 Como visto, a densidade é um parâmetro indispensável no estudo da identificação das
 frações molares reais do experimento. Além disso, no estudo do ebólímetro, mensurar
 a densidade após o experimento, tanto da fase vapor, quanto da líquida, significa
 identificar as frações molares presentes em cada fase e posteriormente usa-las para a
 construção do diagrama de fases. Para isso, faz-se necessário uma curva de calibração,
 para definir, através da equação da curva, a fração molar de cada ponto. Dessa forma,
 utilizou-se o densímetro para obter as densidades, a uma temperatura constante de
 20°C. A tabela 10 apresentará o resultado das densidades da mistura e na Figura 3, tem-se
 a curva: Tabela 10–Densidades da mistura Etanol + Ácido Caprílico a 20°C Curva de
 Calibração x_1 Densidade 1 0,79647 0,9 0,82211 0,8 0,84583 0,7 0,85955 0,6 0,87161
 $0,5 0,88169 0,4 0,88964 0,3 0,89685 0,2 0,90472 0,1 0,90662 0 0,91039$ Figura 3:Curva

de Calibração Infelizmente, ao construir o diagrama de fases, encontrou-se dificuldades, uma vez que para a mesma fração molar, não se obtinha a mesma temperatura de equilíbrio, não conseguiu-se estabilizar uma temperatura quando $x_1=0,2$ e $x_1=0,1$, devido a uma maior concentração de ácido caprílico na mistura. A Figura 4 apresenta o diagrama de x_1 vs Temperatura de ebulação. Figura 4:Diagrama de fases dos componentes (Etanol e Ácido Caprílico) a pressão constante Nota-se pela Figura 4 que alguns pontos não estão de acordo com o esperado, reforçando os problemas encontrados durante o estudo. A continuação desse estudo, se mostra necessária, tendo em vista que há a necessidade de um diagrama mais completo e preciso, com as frações de vapor e com as frações de líquido coerentes. Ademais, no diagrama não consta as frações de vapor, isso por conta que ao determinar a temperatura de equilíbrio, não pesou-se a massa final e não coletou-se densidade. Como proposto por FIGUEREDO ao lidar com um ácido graxo + etanol, após o equilíbrio, analisa-se a densidade através do densímetro e obtém-se as concentrações das fases pela técnica de densimetria, tendo a concentração das duas fases, pode-se construir o envelope de fases em termos de concentração mássica de ácido vs temperatura de equilíbrio a pressão constante.

Conclusão

Quanto ao estudo das densidades, pode-se afirmar que o experimento realizado apresentou excelentes resultados, já que ao comparar no DIPPR as densidades dos componentes puros com as densidades obtidas experimentalmente, a diferença entre elas se mostra muito pequena, podendo-se estimar que as demais densidades também apresentam a mesma margem de erro. Quanto ao equilíbrio líquido vapor do etanol + ácido caprílico, não se pode afirmar um erro pequeno, já que os pontos experimentais a dada fração molar destoam muito um do outro. Isso pode ser justificado pelo fato do ebulíometro ser muito sensível, necessitando de um cuidado máximo para que ocorra a reproduzibilidade. Ademais, os componentes usados possuem uma diferença no ponto de ebulação alta, tornando-se ainda mais difícil a obtenção dos dados de equilíbrio.

Referências

- KRÄHENBÜHL, M. A. Tratamento termodinâmico de dados de equilíbrio líquido-vapor. 1987. 209f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Campinas, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/267043>>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- OLIVEIRA, H. N. M. Determination of Vapor Liquid Equilibrium Data for Hydrocarbon Systems and Development of a New Dynamic Cell. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- FIGUEREDO, A. L. Determinação e modelagem de dados de equilíbrio líquido-vapor para o sistema ácido oleico e etanol. 2013. 63 f. Monografia (Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN, 2013.
- FALLEIRO, R. M. M. Determinação experimental de dados de equilíbrio líquido-vapor de misturas binárias de componentes de óleos vegetais através da calorimetria diferencial exploratória. 2009. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade De Engenharia Química, Desenvolvimento de Processos Químicos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CASTRO, L. A. F. Determinação de dados de equilíbrio líquido-vapor e modelagem termodinâmica de sistemas contendo álcool alílico. 1996. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade De Engenharia Química, Desenvolvimento de Processos Químicos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- OLIVEIRA, A. C. Modelo de

contribuições de grupos aplicado a reações para a formação do biodiesel. 2010. 106f.
Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Centro de Ciências Exatas de
tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade
Federal de São Carlos, São Carlos.

CÓDIGO: ET1372

AUTOR: FRANCINALDO DE ALMEIDA PEREIRA

ORIENTADOR: LUIZ MARCOS GARCIA GONCALVES

TÍTULO: Desenvolvimento de API REST para a ferramenta de robótica educacional

Weduc

Resumo

Este trabalho visa propor uma API web para programação de robôs, integrada ao ambiente de desenvolvimento Weduc, possibilitando não só uma melhoria no que se refere ao recurso já oferecido, como uma possibilidade de expansão para uso em conjunto com outras ferramentas. A API segue o conceito de software de código aberto, podendo ser explorada por grupos de pesquisa interessados. Apresentamos como exemplo o uso de caso no software OBR Simulada.

Palavras-chave: api,rest,robótica educacional,weduc

TITLE: REST API development for the Weduc educational robotics platform

Abstract

This work aims to propose a web API for robot programming, integrated with the Weduc development environment, allowing not only an improvement with respect to the already offered feature, but also an expansion possibility for use in conjunction with other tools. The API follows the concept of open source software and can be exploited by interested research groups. We present as an example the use of case in Simulated OBR software.

Keywords: api,rest,educaional robotics,weduc

Introdução

Com o avanço da tecnologia no mundo moderno, várias iniciativas foram propostas para trazer ferramentas tecnológicas para o processo educacional, apresentando novos campos de pesquisa. Dentre essas iniciativas podemos destacar a Robótica Educacional, que é baseada em estratégias interdisciplinares, com o objetivo de promover a aprendizagem de conceitos associados à criação de modelos robóticos e à programação. Uma ferramenta de grande destaque na Robótica Educacional é o ambiente de programação Weduc [01], que visa auxiliar no processo de ensino-aprendizagem voltado para essa área. Apesar de ser um ambiente completo no que diz respeito à programação, a ferramenta ainda não permitia um uso mais elaborado de suas funcionalidades em outras aplicações. Nesse sentido, propomos uma API web para programação de robôs, integrada ao ambiente de desenvolvimento existente, possibilitando não só uma melhoria no que se refere ao recurso já oferecido anteriormente, como uma possibilidade de expansão para uso em conjunto com outras ferramentas. A API segue o conceito de software de código aberto, podendo ser explorada por grupos de pesquisa interessados. Apresentamos como exemplo o uso de caso no software OBR Simulada.

Metodologia

A transferência representacional de estado (REST em inglês), ou serviços da Web RESTful, é uma maneira de fornecer interoperabilidade entre sistemas na Internet. Os serviços da Web compatíveis com REST permitem a sistemas clientes acessarem e manipularem representações textuais de recursos da Web usando um conjunto uniforme e predefinido de operações sem estado [02]. REST é uma especificação técnica sobre intercomunicação heterogênea para aplicações Web. A adoção do REST pode levar a uma arquitetura simples, escalável, eficaz, segura e confiável. Uma aplicação Web bem estruturada pode ser facilmente construída a partir do uso de uma API REST. Para o desenvolvimento específico deste trabalho, optou-se por utilizar o framework Laravel, escrito na linguagem de programação PHP, como base para a construção da API. Essa escolha se deu devido à sua integração com a base de código já existente da ferramenta Weduc. Laravel [03] é um framework PHP gratuito e de código aberto, criado por Taylor Otwell e destinado ao desenvolvimento de aplicações Web seguindo o padrão arquitetural MVC - Model View Controller. A API criada expõe endpoints que permitem a comunicação das aplicações clientes. As requisições oriundas dos clientes passam primeiro por um sistema de roteamento para identificar sua validade. Ao encontrar uma rota válida, a requisição é entregue a um controlador que a assume a partir de então. O controlador, por sua vez, é o responsável pela interação com os modelos, ou seja, é ele que realiza operações com o banco de dados. Ao processar uma requisição, é devolvida uma resposta de acordo com o tipo e a informação solicitada ou enviada. Para efetivar a segurança da API, as requisições necessitam de uma autenticação, pela qual é possível autorizar o uso da mesma. Uma implementação do padrão OAuth foi utilizada, visto que este é o mecanismo de autenticação mais utilizado em relação a APIs, inclusive em grandes empresas como Google, Facebook e Microsoft. Dentro desse mecanismo, são fornecidas chaves do tipo "Password Grant". Essas chaves são obtidas através de uma requisição ao servidor, informando login e senha do usuário que deseja ser autenticado. Ao receber uma correta combinação de login e senha, o servidor retorna uma chave que deve ser armazenada pelo cliente para uso no cabeçalho de todas as requisições futuras, como um rótulo de que tais requisições são autorizadas. Considerando a necessidade particular deste trabalho, toda a base de dados manipulada pela API foi herdada da ferramenta Weduc, que passou a usar a própria API para seu funcionamento interno. Dessa forma, os mesmos usuários do Weduc passam a ter acesso imediato às aplicações desenvolvidas a partir da API. Outrossim, inúmeras características disponíveis anteriormente apenas no Weduc podem ser utilizadas em outros projetos, incluindo a compilação de códigos.

Resultados e Discussões

Como citado anteriormente, o principal resultado do desenvolvimento da API é a sua utilização pelo Weduc. Ao ganhar essa camada intermediária, a ferramenta original passa a se desvincular diretamente do banco de dados para focar no consumo da própria API. Enquanto isso, a API passa a ter uma relevância muito significativa para o Weduc pois permite sua extensão sem deixar de lado o seu uso. Um exemplo considerável dessa extensão pode ser observado no software OBR Simulada, que visa recriar em ambiente virtual os desafios com robôs seguidores de linha encontrados na modalidade prática da Olimpíada Brasileira de Robótica. Fruto da parceria do Weduc com o laboratório Laica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, o simulador permite a programação através da linguagem R-Educ. Os programas são salvos através da API, que também é utilizada para a conversão do código R-Educ para a linguagem utilizada nos robôs virtuais. Tanto a nova versão do Weduc quanto o software OBR Simulada, ambos consumindo a API aqui apresentada, foram utilizados na edição 2018 da Olimpíada Brasileira de Robótica, mais especificamente no minicurso ministrado aos

campeões estaduais da modalidade teórica. A ocasião foi de suma importância para avaliar o trabalho realizado até então e identificar as áreas de melhorias a serem focadas na continuação do projeto. A API atendeu com sucesso ao uso, apresentando apenas pequenas falhas pontuais.

Conclusão

Este trabalho propôs uma API REST para integrar a ferramenta Weduc. Seu desenvolvimento permitiu uma expansão do escopo original da ferramenta para que seu uso possa ser realizado para outros fins de forma ordenada e independente, sem implicar em alterações na plataforma Web. A partir do consumo da API pelo próprio Weduc e pelo software OBR Simulada, pôde-se perceber uma grande utilidade da mesma, fomentando o seu aprimoramento em trabalhos futuros. A documentação atualizada da API pode ser encontrada em <https://weduc.docs.apiary.io>.

Referências

- [01] Sá, Sarah Thomaz de Lima. W-Educ: Um ambiente web, completo e dinâmico, para robótica educacional. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2016. [02] "Web Services Architecture". World Wide Web Consortium. 11 de fevereiro de 2004. 3.1.3 Relationship to the World Wide Web and REST Architectures. Acessado em 20 de agosto de 2019. [03] <https://laravel.com>. Acessado em 20 de agosto de 2019. [04] Aroca, Rafael V. ; Gomes, Rafael B. ; Tavares, Dalton M. ; Souza, Anderson Abner S. ; BURLAMAQUI, Aquiles M. F. ; Caurin, Glauco A. P. ; Goncalves, Luiz M. G. . Increasing Students' Interest With Low-Cost CellBots. IEEE Transactions on Education, v. 56, p. 3-8, 2013. [05] FERNANDES, CARLA ; THOMAZ, SARAH ; PITTA, RENATA ; GONCALVES, LUIZ MARCOS . The Creation and Application of a Simulator in Educational Robotics Classes. In: 2013 Latin American Robotics Symposium and Competition (LARS/LARC), 2013, Arequipa. 2013 Latin American Robotics Symposium and Competition, 2013. v. 1. p. 159-164. [06] Barros, R. P. ; Fernandes, Carla C. ; Sarah Thomaz ; BURLAMAQUI, Aquiles M. F. ; Gonçalves, Luiz M. G. . An Experience of 6 Years in Educational Robotics. In: Workshop of Robotics in Education, 2013, Arequipa. Proc. of WRE 2013. Porto Alegre: SBC, 2013. v. 1. p. 1-8.

CÓDIGO: ET1389

AUTOR: MATEUS ISMAEL RODRIGUES

COAUTOR: JOÃO VITOR LINHARES SILVA

ORIENTADOR: GABRIEL IVAN MEDINA TAPIA

TÍTULO: ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR AUTÔNOMO NA REGIÃO DO RIO GRANDE DO NORTE

Resumo

Este trabalho tem por objetivo analisar, técnica e economicamente, a viabilidade da implementação de um sistema híbrido eólico-solar de geração autônoma para uma pequena comunidade na zona rural do Rio Grande do Norte. Espera-se discutir a possibilidade da inserção de novas tecnologias renováveis em favor da geração distribuída em locais onde o acesso à rede elétrica é restrito e possui baixo custo benefício. Para isso, foi feita a modelagem e otimização do sistema híbrido proposto no software HOMER, tendo sido realizados os seguintes levantamentos: dados climáticos locais, com base em séries históricas de dados meteorológicos; dados econômicos referentes aos componentes utilizados no sistema e, por fim, dados referentes ao consumo elétrico de comunidades existentes na região para o levantamento da curva de carga. Com os resultados da otimização, foram comparadas economicamente três configurações possíveis para um sistema energético renovável desconectado da rede elétrica: híbrida (eólica-solar); solar e eólica, todas associadas com baterias. Constatou-se pelos resultados que a configuração híbrida se mostrou mais viável economicamente para a aplicabilidade em questão.

Palavras-chave: Sistema híbrido, eólico-solar, HOMER.

TITLE: TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF AN AUTONOMOUS WIND/SOLAR HYBRID ENERGY SYSTEM IN THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE

Abstract

The aim of this work is to analyze, technically and economically, the feasibility of implementing a hybrid wind/solar off-grid system for a small rural community in the state of Rio Grande do Norte. It is expected to discuss the possibility of the insertion of new renewable technologies in favor of distributed generation to places where access to the electricity grid is restricted and has low cost benefit. For this purpose, the modeling and optimization of the hybrid system proposed was made in HOMER software, and the following data were collected: local climate data, based on historical series of meteorological data; economic data, related to the components used in the system and, finally, data concerning the electric consumption of existing communities in the region for load curve modeling. With the optimization results, three possible configurations were economically compared for a renewable energy system disconnected from the grid:

hybrid (wind-solar); solar and wind, all associated with batteries. The results showed that the hybrid configuration was the most economically viable for the evaluated case.

Keywords: Hybrid system, wind/solar, HOMER.

Introdução

Do ponto de vista organizacional, os sistemas de geração elétrica – quase que ao longo de toda sua história – têm atendido a demanda dos consumidores segundo a premissa de que a geração deve ser centralizada. As usinas geradoras, que em geral são de grande porte, estão associadas a fontes primárias de energia, cujo aproveitamento é mais vantajoso no local de ocorrência, e são conectadas a extensas linhas de transmissão e de distribuição com o objetivo de atenderem às necessidades de consumo de forma econômica e confiável (Rodríguez, 2002).

Esse modelo de sistema energético convencional nem sempre se apresenta como a melhor opção para satisfazer às necessidades do setor rural, em parte, dado ao alto nível de dispersão e às baixas demandas energéticas das populações rurais. A dificuldade de acesso às comunidades afastadas, o tamanho das propriedades e a baixa renda familiar são outros fatores que prejudicam a rentabilidade técnica e econômica da eletrificação por rede elétrica convencional.

Nesse contexto, torna-se factível a opção pela geração distribuída, que se caracteriza por permitir que a geração elétrica ocorra próxima ao consumidor, podendo atuar em complementariedade com a rede elétrica ou de forma autônoma, dispensando a necessidade das linhas de transmissão, bem como do restante do sistema de distribuição. Se tratando de sistemas de geração autônoma, estes apresentam como principal desvantagem um custo elevado em comparação com os sistemas conectados à rede elétrica, passando, portanto, a se justificar economicamente em casos específicos, como em regiões remotas. A opção convencional de geração elétrica nesses casos é o gerador a diesel, que não se mostra uma solução permanente para áreas isoladas em virtude de diversos fatores, tais como a dificuldade relacionada ao transporte recorrente de combustível, a complexidade na manutenção do gerador e as emissões nocivas ao meio ambiente (Javed et al., 2019).

Em meio ao crescente esforço global na busca por um desenvolvimento mais sustentável, o impacto ambiental causado pelos sistemas energéticos é cada vez mais levado em consideração. Em 2014, o setor de geração de energia no Brasil foi responsável pela emissão de 479,1 milhões de toneladas de gás carbônico equivalente (mt CO₂e), caracterizando-se como uma das principais fontes de gases estufa da economia nacional segundo dados do Observatório do Clima (2015), um resultado em parte da crise hídrica que prejudicou a geração hidrelétrica naquele ano. Ressalta-se que o segundo maior consumo de eletricidade no país, após o industrial, é o de uso residencial, contribuindo com cerca de 21,4 % do total (BEN, 2018).

Segundo Kartite (2019), apesar do gerador a diesel ainda ser visto muitas vezes como a melhor solução para a eletrificação de regiões isoladas, o aumento no preço do combustível e o interesse crescente em reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa levam os pesquisadores a procurar atender às necessidades energéticas com o menor dano possível. Na busca por esse propósito, as fontes renováveis de energia têm se mostrado a alternativa mais viável, tendo sofrido quedas significativas

no preço de compra nos últimos anos com o crescente desenvolvimento tecnológico. Dentre as fontes alternativas disponíveis, a solar e a eólica são as de maior potencial para utilização na geração distribuída.

Ainda que haja um crescente desenvolvimento dessas tecnologias, há uma grande desvantagem em seu uso que surge em decorrência da intermitência dos recursos naturais. Isso porque a geração elétrica depende de um tempo climático favorável, tanto em questão de disponibilidade solar, para os painéis solares, quanto de disponibilidade eólica, para os aerogeradores (Acuña et al., 2017). Neste sentido, um sistema híbrido composto por células fotovoltaicas e turbinas eólicas se mostra como uma solução, pois há uma complementariedade entre a energia eólica e a solar: quan

Metodologia

2.1 Coleta de dados

A primeira etapa do estudo constituiu no levantamento dos dados climáticos locais. Se tratando de sistemas híbridos eólico-fotovoltaicos, os principais parâmetros necessários para o dimensionamento do sistema são a velocidade do vento e a Irradiação Global Horizontal, a qual representa a quantidade total de irradiação solar incidente na superfície horizontal da Terra. Utilizou-se, para tal, as estimativas do Banco de Dados de Meteorologia da Superfície e Energia Solar da NASA, as quais fornecem valores médios mensais com base em séries históricas registradas num período de 22 anos para a irradiação solar e de 10 anos para a velocidade do vento.

Posteriormente, estudou-se as possibilidades de aplicação para o sistema híbrido. Com base na proposta de apresentar formas viáveis de eletrificação autônoma e livres de emissão de gases estufa para locais de difícil acesso à rede elétrica, como zonas rurais, definiu-se como estabelecimento alvo as comunidades rurais nos moldes dos assentamentos rurais de reforma agrária presentes no estado do Rio Grande do Norte, que se caracterizam por serem espaços tanto de moradia como de trabalho, abrigando dezenas de famílias de trabalhadores rurais. A Fig. 1 exemplifica uma disposição típica para esse tipo de comunidade, correspondendo ao assentamento rural Eldorado dos Carajás.

Figura 1 - Disposição de um assentamento rural do tipo habitat concentrado

Fonte: Cerqueira (2017)

Segundo Cerqueira (2017), o habitat concentrado, tipologia de habitat que é predominante no Nordeste, possui lotes de moradia, habitação, equipamentos comunitários e alguns serviços. Esses assentamentos são conhecidos como agrovilas.

A demanda por energia elétrica nesse modelo de comunidade se faz presente basicamente no habitat e nas áreas de produção. Portanto, modelou-se a carga elétrica do sistema com base em dois consumos: um consumo residencial, referente à habitação, e um consumo referente à atividade agrícola.

Por meio do contato com moradores de um assentamento da região, obtiveram-se informações relevantes como aparelhos elétricos presentes nas residências e os respectivos tempos de uso, além de contas de luz que forneceram o consumo mensal durante um ano nas respectivas habitações. Tais informações possibilitaram estimar o consumo elétrico mensal durante o ano e criar as curvas de carga para as atividades agrícola e residencial.

Realizou-se também uma pesquisa de mercado entre os fornecedores locais e nacionais de equipamentos fotovoltaicos e eólicos, a fim de se obter todos os custos necessários para a instalação do sistema de geração distribuída, incluindo custos de aquisição, manutenção e reposição de painéis fotovoltaicos, aerogeradores, inversores e baterias.

2.2 Modelagem física do sistema

De posse dos dados necessários para a alimentação do software HOMER, se faz possível a modelagem física do sistema. Esse estudo propõe avaliar o desempenho de um sistema híbrido eólico-solar de geração autônoma, o qual é composto por quatro componentes principais: módulos fotovoltaicos, aerogerador(es), banco de baterias e os inversores de frequência. Os módulos fotovoltaicos e as baterias são conectados ao barramento de corrente contínua, que por sua vez interliga-se ao barramento de corrente alternada por meio do inversor de frequência bidirecional. Já o aerogerador e a carga elétrica estão conectados ao barramento de corrente alternada.

Figura 2 - Disposição do sistema proposto.

Os resultados otimizados oferecidos pela configuração híbrida serão comparados com os respectivos resultados otimizados das configurações não híbrida, isto é, sistemas autônomos apenas solares e apenas eólicos.

2.3 Simulação e Otimização

Uma vez que todos os componentes do sistema podem ser dimensionados de diversas formas, o software possui um espaço de soluções possíveis, que contém os limites mínimos e máximos da capacidade ou quantidade de cada componente do sistema, além definir um passo (intervalo entre cada valor possível de capacidade por equipamento). Dessa forma, todas as configurações consideradas possíveis para o sistema encontram-se no espaço de soluções, e para cada uma são realizados os estágios de simulação e otimização.

A função objetivo do algoritmo é o Custo Presente Líquido (NPC), parâmetro econômico que será detalhado mais à frente. A função objetivo NPC é minimizada a cada processo interativo obedecendo às restrições iniciais. As restrições abrangem tanto a restrição de equilíbrio energético quanto restrições técnicas dos recursos, como por exemplo condições máximas de carregamento e descarregamento das baterias. Por fim, as configurações consideradas viáveis são classificadas de acordo com o menor NPC.

O equilíbrio energético, que determina a viabilidade de uma configuração para o sistema, é dado pelo cálculo do balanço de energia em cada intervalo de tempo do ano (o intervalo padrão utilizado é de uma hora), comparando-se a demanda elétrica com a energia fornecida pelo sistema naquele instante, e obtendo o fluxo de energia para cada componente do sistema. A forma como o fluxo energético é calculada para cada componente do sistema é descrita a seguir.

Módulo Fotovoltaico. A geração elétrica de um módulo fotovoltaico é calculada, em cada intervalo de tempo, conforme a Eq. (1):

(1)

Onde: : potência nominal (kW); : fator de redução (%), utilizado para incluir efeitos das condições reais de operação, como sujeira, sombreamentos, entre outros; : fator de temperatura (, que considera a perda de eficiência existente com o aumento da temperatura da célula fotovoltaica; : a radiação solar incidente sobre o módulo (kW/m^2), que é função da Irradiação Global Horizontal e de mais uma série parâmetros geoespaciais, além de outro

Resultados e Discussões

3.1 Dados Meteorológicos

Os valores mensais de Irradiação Global Horizontal e velocidade do vento na região durante o ano fornecidos pela base de dados da NASA estão expostos na Fig. 3. As médias anuais de irradiação e velocidade do vento foram de, respectivamente, 5,58 $\text{kWh/m}^2/\text{dia}$ e 5,50 m/s. Também obteve-se, pelo mesmo banco de dados, as estimativas mensais da temperatura do ar, importantes no cálculo da potência gerada pelos módulos fotovoltaicos, uma vez que estes perdem eficiência com o aumento da temperatura das células fotovoltaicas. A média anual obtida para a região foi de 26,09 °C.

Figura 3 - Variação da irradiação diária e velocidade média do vento

ao longo dos meses para a região estudada

3.2 Consumo elétrico

O modelo de comunidade proposto para a modelagem do sistema é uma agrovila com 15 famílias, com em média 04 membros cada. O consumo elétrico levantado para uma família, replicado 15 vezes, é detalhado na Tab. 1, juntamente com o levantamento da carga agrícola. O perfil do consumo médio por hora em um dia, conhecido como curva de carga, é apresentado na Fig. 4. A média anual do consumo residencial obtido foi 62,40 kWh/dia, enquanto do consumo agrícola foi 90,00 kWh/dia. Portanto, o consumo total do sistema corresponde à 152,40 kWh/dia. Conforme recomenda a literatura, foi aplicada uma aleatoriedade na variação dia a dia dos perfis de carga para alcançar resultados mais realísticos. Esse valor foi de 5%.

Tabela 1 – Demanda elétrica calculada para a comunidade

Figura 4 - Curvas de carga residencial e agrícola

3.3 Pesquisa de mercado

As informações sobre o custo de aquisição, reposição e manutenção dos equipamentos utilizados na modelagem do sistema foram obtidas através de uma pesquisa de mercado entre os fabricantes locais e nacionais. A Tabela 2 apresenta as informações mais relevantes acerca dos componentes utilizados na modelagem do sistema. Os equipamentos que possuem modelos especificados de determinado fabricante foram modelados na biblioteca do software a partir de seus respectivos manuais técnicos.

Tabela 2 – Especificações técnicas e econômicas dos componentes

do sistema

3.4 Resultados da simulação

O dimensionamento otimizado do sistema para cada configuração é exposto na Tab. 3, juntamente com os respectivos custos. A Fig. 5 compara graficamente os principais parâmetros econômicos, NPC e COE, de cada configuração, indicando uma maior rentabilidade econômica para a configuração híbrida em comparação com as outras, tendo apresentado um custo líquido presente de R\$837.392,00 e um custo nivelado de R\$1,164/kWh.

Tabela 3 – Dimensionamento do sistema otimizado

Figura 5 - Comparaçao dos custos das três configurações

A composição do NPC do sistema híbrido é detalhada na Fig. 6, que demonstra o quanto cada componente contribui para o custo final do sistema, além dos tipos de custo majoritários durante o tempo de vida do projeto de cada equipamento.

O sistema fotovoltaico foi responsável pela maior parte da energia elétrica produzida, com 136,114 kWh no ano, correspondente a 85,1 % do total, enquanto a turbina eólica produziu 23,827 kWh, equivalente a 14,9%. A Fig. 7 apresenta a distribuição mensal da energia gerada por cada componente. É perceptível uma maior produção elétrica pelo sistema na segunda metade do ano em comparação com a primeira metade, em virtude dos índices de irradiação solar e velocidade de vento serem maiores nesse período do ano, conforme mostrou anteriormente a Fig. 3.

Figura 7 - Produção elétrica mensal média de cada componente

Fonte: HOMER

Conclusão

Os resultados da simulação indicaram o sistema híbrido como sendo a melhor opção entre as possíveis configurações

de sistemas autônomos renováveis para a aplicação proposta. A complementariedade existente entre as fontes eólica e solar é o principal fator ao qual se atribui esse resultado, de modo que o sistema híbrido otimizado requereu uma capacidade do banco de baterias 19,3% menor em relação ao sistema apenas solar. Vale ressaltar que, conforme exposto na Fig. 6, o custo mais representativo do sistema híbrido foi referente ao banco de baterias, com 40,7 % do custo líquido total do projeto. A condição favorável de incidência eólica e solar da região norte-rio-grandense também foi fundamental para esse resultado.

A maior limitação do sistema proposto é o custo relativamente alto comparado a sistemas conectados à rede elétrica, uma vez que estes não requerem um subsistema de armazenamento por baterias para compensar a intermitência das fontes renováveis, já que são feitas trocas de energia com a distribuidora que garantem a complementariedade da energia da rede elétrica quando a demanda supera a produção, bem como a venda da energia gerada em excesso quando a produção é maior que a demanda. A grande vantagem do sistema autônomo, por outro lado, é a própria independência da rede elétrica, tornando-o atrativo em casos de pequenas comunidades isoladas, como o modelo abordado no trabalho.

Existem diversos fatores que suportam uma visão otimista acerca da utilização de modelos como o proposto nesse trabalho para os próximos anos, tais como: o barateamento e a melhora da eficiência de tecnologias renováveis com o desenvolvimento tecnológico; a tendência crescente da geração distribuída no Brasil e no mundo; a crescente busca pela redução dos impactos ambientais nos processos de geração elétrica por meio do desfavorecimento do uso de combustíveis fósseis e estímulo ao uso de tecnologias renováveis.

Referências

- Acuña L. G., Padilla R. V., Mercado, A. S., 2017. Measuring reliability of hybrid photovoltaic-wind energy systems: A new indicator. *Renewable Energy*, vol. 106, pp. 68-77.
- Bahramara, S., Moghaddam, M. P., Haghifam, M. R., 2016. Optimal planning of hybrid renewable energy systems

using HOMER: A review, Renewable and Sustainable. Energy Reviews, vol. 62, pp. 609-620.

BEN – Balanço Energético Nacional 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

Cerqueira, M. C. T., 2017. Reconstituindo o desenho do habitat de reforma agrária: legado e possibilidades para o estado.

Tese de Doutorado, PPGAU, UFRN, Natal.

Eletrovento, Eletrovento S.A. Mairinque, São Paulo: 2002. Disponível em: <www.eletrovento.com.br>

Freedom by Heliar, Johnson Controls Ps do Brasil Ltda. Pompeia, São Paulo: 1998. Disponível em:

<<https://www.heliar.com.br/pt-br/produtos/estacionaria/heliar-freedom>>

Huang, Q., Shi, Y., Wang Y., Lu, L., Cui, Y., 2014. Multi-turbine wind-solar hybrid system. Renewable Energy, vol. 76,

pp. 401-407.

Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources - HOMER Energy LLC. Colorado, EUA. Disponível em:

<<https://www.homerenergy.com>>

Javed, M. S., Song, A., Tao, M., 2019. Techno-economic assessment of a stand-alone hybrid solar-wind-battery system for a remote island using genetic algorithm, Energy, vol. 176, n. 1, pp. 704-717.

Kartite, J., Cherkaoui, M., 2019. Study of the different structures of hybrid systems in renewable energies: A review, Energy Procedia, vol. 157, pp. 323-330.

Lopez, R.A., 2012. Energia Solar para a produção de eletricidade. 1. ed. São Paulo, SP.

Ramli, M. A. M., Hiendro, A., Al-Turki, Y. A., 2016. Techno-economic energy analysis of wind/solar hybrid system:

Case study for western coastal area of Saudi Arabia, Renewable Energy, vol. 91, pp. 374-385.

Rodríguez, C. R. C., 2002. Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Tese de Mestrado, FEM, UNICAMP, Campinas.

CÓDIGO: ET1396

AUTOR: RUAN CARLOS DAMIAO NOGUEIRA REGO

ORIENTADOR: OSVALDO CHIAVONE FILHO

TÍTULO: SOLUBILIDADE DE SAIS DE CARBONATOS EM MISTURAS AQUOSAS CONTENDO MONOETILENOGLICOL E NACL PARA 25 E 50 °C.

Resumo

No processo de exploração e produção de petróleo e gás, a formação de hidratos de gás pode causar a interrupção do fluxo nas tubulações, comprometendo a segurança e a produtividade da operação. Por este motivo, inibidores termodinâmicos de formação de hidratos, como o monoetilenoglicol (MEG), são adicionados ao sistema para garantir a viabilidade econômica e operacional do processo. Contudo, o contato com íons presentes na água de formação, o MEG pode levar a diminuição da solubilidade de sais e contribuir para o acúmulo de incrustações. Tal processo pode ocasionar bloqueio de linhas e, consequente, parada da unidade. Dados de solubilidade de sais são de fundamental importância na contribuição para otimização do projeto e operação das plantas de recuperação e regeneração de MEG, cujo processo envolve etapa de remoção de sais. Este trabalho tem como objetivo estudar as condições da precipitação a partir de sistemas aquosos contendo MEG e sais de carbonatos de estrôncio (SrCO_3), cálcio (CaCO_3) e de ferro (FeCO_3), na presença ou ausência de NaCl , para 25 e 50° C, avaliando dados de solubilidade. A metodologia utilizada consiste na determinação de dados de solubilidade, em sistemas contendo concentrações de MEG variando dentro do intervalo de 0% a 100%. O comportamento identificado a partir da análise dos dados de solubilidade mostra que a diminuição da concentração de MEG e da temperatura, além da presença de NaCl , provocam um aumento da solubilidade dos sais no sistema.

Palavras-chave: Monoetilenoglicol, incrustação, carbonatos, solubilidade, hidratos.

TITLE: SOLUBILITY OF CARBONATE SALTS IN MIXTURES AQUEOUS CONTAINING MONOETHYLENE GLYCOL AND NACL FOR 25 AND 50 °C

Abstract

In the process of exploration and production of oil and gas, the formation of gas hydrates can cause the outflow in the pipelines, compromising the safety and productivity of the operation. For this reason, thermodynamic inhibitors of hydrate formation, such as monoethylene glycol (MEG), are added to the system to ensure the economic and operational viability of the process. However, contact with ions present in the formation water, the MEG can lead to a reduction in the solubility of salts and contribute to the accumulation of fouling. Such a process can lead to line blocking and, consequently, unit shutdown. Salt solubility data are of fundamental importance in contributing to the optimization of the design and operation of MEG recovery and regeneration plants, whose process involves salt removal step. This work aims to study the conditions of

precipitation from aqueous systems containing MEG and strontium carbonate (SrCO_3), calcium (CaCO_3) and iron (FeCO_3), in the presence or absence of NaCl , for 25 and 50 °C, evaluating solubility data. The methodology used consists of the determination of solubility data in systems containing MEG concentrations ranging from 0% to 100%. The behaviour identified from the analysis of solubility data shows that the decrease in MEG concentration and temperature, in addition to the presence of NaCl , lead to an increase in the solubility of salts in the system.

Keywords: Monoethylene glycol, incrustation, carbonates, solubility, hydrates.

Introdução

A dissolução de um sal é conceitualmente entendida como uma sequência de dois processos: a ruptura da estrutura iônica do sólido, seguida pela ligação de moléculas de solvente aos íons libertados.

Assim, a mudança de energia líquida depende da soma de dois grandes termos de energia. Cada um destes termos será influenciado pelo tamanho, carga e polaridade dos íons particulares envolvidos, bem como pela estrutura de rede do sólido. Estas variáveis dificultam a previsão da solubilidade de um dado sal.

Ao longo das etapas do processo de produção e exploração de petróleo, fenômenos podem se manifestar, ocasionando problemas que podem levar da diminuição até a parada da produção. Dentre estes fenômenos, destaca-se a ocorrência de incrustações nas paredes internas de válvulas, dutos e equipamentos.

De acordo com Crabtree et al. (1999), as incrustações que se encontram em campos de petróleo se formam, principalmente, devido à precipitação de sais originados da água de formação, ou através da mistura de águas incompatíveis no fundo do poço sob condições físicas favoráveis.

Incrustação está relacionada como uma das causas da redução, total ou parcial, do fluxo em tubulações ocasionando perdas de cargas e sérios danos a produção de óleo e gás, culminando na diminuição da produtividade.

Imagen 1: Incrustações em tubulações petrolíferas.

Hidratos são estruturas cristalinas, em formato de gelo, que podem se formar quando há o contato com água oriunda, do mar, contida nos fluidos de perfuração ou proveniente do próprio reservatório. Esta se combina com gás de baixo peso molecular ou hidrocarbonetos de cadeia curta em condições de baixas temperaturas e altas pressões, formando assim o hidrato.

A formação de hidratos, na indústria de petróleo, está diretamente associada à presença de água “livre” no sistema. Por água livre devemos compreender água passível de sofrer uma mudança de estado de agregação, de acordo com as condições de pressão e temperatura predominantes no sistema (ROSSI, 1990).

Conforme definido por Ribeiro e Lage (2008), hidratos são compostos cristalinos formados na presença de hidrocarbonetos de baixo peso molecular, normalmente

metano e/ou etano, e água, quando essa mistura é submetida a altas pressões e baixas temperaturas.

Imagen 2: Hidrato no interior da tubulação do gás natural.

Os inibidores são substâncias hidrofílicas e agem de forma a reduzir o potencial químico da água, dificultando a mudança de fase. Dentre os inibidores utilizados estão: os sais, glicerol e metanol. Cada inibidor tem sua eficácia em uma situação diferente e, por isso, a escolha do inibidor e a quantidade utilizada devem ser analisadas de acordo com as condições de formação de hidrato.

O monoetilenoglicol (MEG), com nome IUPAC: etano-1,2-diol, ou 1,2-etanodiol, trata-se de um álcool com dois grupos hidroxila (diol), o qual pode reagir com oxidantes, ácidos e álcalis e quando decomposto pode liberar monóxido e dióxido de carbono. É higroscópico e absorve duas vezes o seu peso em água, possui baixa pressão de vapor e total solubilidade em água

Na indústria de petróleo e gás natural, o monoetilenoglicol é utilizado como inibidor da formação de hidratos. Esta prática tem por objetivo principal reduzir a atividade da água, quantidade de água livre na mistura, diminuir a temperatura de equilíbrio necessária para a formação de hidratos e com isso deslocar a curva de equilíbrio de fases, desfavorecendo a formação de hidratos (LAFOND et al., 2012). No entanto, problemas como corrosão, precipitação de sais, ajuste de densidade e toxidez estão relacionados com o uso de tal aditivo.

Durante a exploração e produção de petróleo, o monoetilenoglicol é recuperado e regenerado com o intuito de minimizar custos operacionais e ambientais associados a reposição e descarte deste solvente. Nesta operação, a água em associação com MEG é evaporada, ao passo que sais ou outros sólidos presentes são removidos para que o MEG retorne ao processo.

Metodologia

O procedimento experimental utilizado, baseia-se na determinação da solubilidade dos sais de carbonatos de cálcio (CaCO_3), estrôncio (SrCO_3) e de ferro (FeCO_3) em sistemas contendo diferentes concentrações de monoetilenoglicol (MEG), à temperatura constante. A concentração mássica de monoetilenoglicol no sistema pode variar entre 0% e 100% de MEG. Variou-se ainda a concentração de NaCl (0 e 1%) no sistema para cada porcentagem de MEG. Em cada ensaio experimental foi coletado de cada célula uma amostra para a análise da absorção atômica, condutividade e pH.

Materiais

Para realização dos testes de solubilidade dos sais, foi utilizado aparelho composto por duas células de vidro borossilicato encamisadas, acopladas a um sistema de pressurização com buffer. A temperatura foi controlada com auxílio de um banho termostático e a agitação promovida por agitadores magnéticos.

Solubilidade dos carbonatos de estrôncio e cálcio

Inicialmente, as amostras foram preparadas de acordo com concentração de monoetilenoglicol previamente determinada. A quantidade de carbonato de estrôncio e cálcio inserida no sistema foi calculada com o intuito de estabelecer excesso de sal no meio, para que, dessa forma, a presença de fase sólida ao longo do experimento fosse garantida, bem como condições para que saturação do sistema fosse atingida.

O aparato para testes de solubilidade foi alimentado. O sistema carbonato de estrôncio, água e monoetilenoglicol permaneceram sob agitação constante nas mesmas condições de pressão e temperatura por duas horas e, em seguida, o sistema foi mantido em repouso por um determinado tempo, de forma que o máximo de sólido precipitasse e sedimentasse no fundo da célula.

Uma etapa adicional ao procedimento trata-se da maturação dos microcristais. Esta baseia-se na diminuição da temperatura do sistema em 5 °C abaixo da temperatura de operação, durante os vinte minutos iniciais do experimento. Em seguida retorna-se a temperatura real de operação. Os experimentos foram conduzidos a temperatura de operação de 25° C e 50° C.

As etapas seguintes consistem na coleta das amostras, diluição e análise via absorção atômica. A amostragem foi realizada de forma a não perturbar o equilíbrio do sistema, coletando-se o sobrenadante da solução. Em seguida as amostras foram filtradas e diluídas. A diluição foi feita numa proporção de 1:10 (1mL da solução filtrada e 9mL de ácido) utilizando-se solução de ácido nítrico (1:150).

A fim de estudar a reprodutibilidade do processo, os testes foram feitos em duplicata, obtendo-se o resultado final como a média destes dois valores. No caso de dispersão acima da precisão esperada, o experimento foi repetido.

Experimentos com carbonatos de ferro

Síntese de Ferro

No que diz respeito ao aparato desenvolvido para síntese do carbonato de ferro, este envolve dois balões volumétricos de vidro, nos quais os reagentes serão depositados, conjunto de válvulas para controle da passagem de gás, agitador magnético, para promoção de agitação constante ao longo do experimento, bomba a vácuo e cilindro de dióxido de carbono (CO₂). O aparato encontra-se ilustrado na Figura 10. Nesta figura o indicador (1) representa balões volumétricos; (2) agitador magnético; (3) Sistema de válvulas; (4) Bomba a vácuo e (5) Cilindro de dióxido de carbono (CO₂).

Imagem 3: Esquema do aparato experimental utilizado para síntese do carbonato de ferro.

Fonte: Figueiredo et al., 2014.

Primeiramente, sintetizou-se o carbonato de ferro. A etapa seguinte à mistura dos reagentes consistiu na pressurização do sistema e adição de CO₂ em fluxo contínuo, com posterior agitação e derramamento da água desionizada, previamente aquecida para remoção parcial do O₂, no balão com os reagentes. Com o passar do tempo, pôde-se notar a mudança na coloração para verde cinza claro e uma leve oxidação na parte superior do sistema. Depois de aproximadamente 90 minutos de reação, o produto foi

lavado quatro vezes, boa parte do sobrenadante é drenado e o resto da solução levado ao aparato experimental de solubilidade.

Solubilidade do carbonato de ferro

O teste de solubilidade envolvendo o carbonato de ferro seguiu a mesma metodologia abordada para o carbonato de estrôncio e cálcio. No caso deste composto, após o período de decantação coletou-se amostra para a análise via absorção atômica, a qual foi filtrada e diluída em solução de ácido nítrico (1:50).

Análise via Espectrofotometria de Absorção Atômica

Os dados de concentração dos sais de carbonato presentes nos sistemas foram obtidos utilizando-se o método de análise denominado espectrofotometria de absorção atômica. Nessa técnica, fontes especiais de luz conjugadas com sistemas eficientes de seleção de comprimentos de onda permitem a determinação específica de elementos. A quantidade de radiação absorvida está relacionada com a concentração do elemento de interesse na solução, (MUÑOZ, 1968). Para reduzir ou eliminar completamente interferências encontradas na espectroscopia é importante a construção de curvas de calibração específicas para cada elemento. Estas curvas são desenvolvidas a partir da leitura da absorbância de amostras, denominadas padrão, cuja concentração é conhecida. Cada curva possui um intervalo de concentrações estabelecido pelo manual do próprio equipamento que depende do elemento em questão. A partir da equação gerada pela curva de calibração, a absorbância das demais amostras é calculada. É importante que o valor de R^2 seja bastante próximo a unidade, para garantir que a correlação é satisfatória para representação dos dados.

Resultados e Discussões

Resultados obtidos

Estrôncio

Gráfico 1: Concentração de SrCO₃ versus a percentagem mássica de MEG à 25 °C, com e sem NaCl.

Fonte: Próprio autor.

Gráfico 2: Concentração de SrCO₃ versus a percentagem mássica de MEG à 50 °C, com e sem NaCl.

Fonte: Próprio autor.

Ferro

Gráfico 3: Concentração de SrCO₃ versus a percentagem mássica de MEG à 25 °C, com e sem NaCl.

Fonte: Próprio autor.

Gráfico 4: Concentração de SrCO₃ versus a percentagem mássica de MEG à 50 °C, com e sem NaCl.

Fonte: Próprio autor.

Cálcio

Gráfico 5: Concentração de SrCO₃ versus a percentagem mássica de MEG à 25 °C, com e sem NaCl.

Fonte: Próprio autor.

Gráfico 6: Concentração de SrCO₃ versus a percentagem mássica de MEG à 50 °C, com e sem NaCl.

Fonte: Próprio autor.

Análise dos resultados

Ficou evidente que à medida que a concentração de monoetilenoglicol no sistema cresce, percebe-se o pronunciamento do efeito conhecido como salting out. Este efeito é caracterizado pela diminuição da concentração do sal em solução, e pode representar aumento da incidência de cristais precipitados e condições favoráveis para o acúmulo de incrustações.

O efeito do aumento da concentração de MEG no sistema ocasiona uma leve diminuição da solubilidade dos carbonatos, característica indiferente apenas para o carbonato de estrôncio. Pode-se observar que quando a concentração de MEG está em baixa, a solubilidade dos carbonatos aumenta.

Foi notório para os três carbonatos a influência significativa do NaCl no sistema, onde sua presença favoreceu o aumento da solubilidade dos carbonatos. Outro fator importante a ser considerado é a temperatura na qual o sistema foi submetido, para os experimentos com 25 °C, foi possível notar um aumento na solubilidade dos carbonatos.

Conclusão

O efeito da concentração de MEG é de inibição de precipitação e em quantidades diluídas de MEG, um aumento é observado. Além disso, o pH também pode ser uma variável monitorada por este efeito.

A partir das séries de dados experimentais obtidas foi possível identificar como a presença de MEG influencia a solubilidade dos carbonatos de estrôncio e de ferro em soluções aquosas quando submetidos a diferentes condições de interesse da plataforma, seja variando a temperatura ou com a presença ou ausência de NaCl. Observou-se que incrementos na concentração de MEG presente no sistema provocam decréscimo na solubilidade de ambos os sais e, consequentemente, uma maior quantidade de precipitado evidenciado. Tal efeito torna-se ainda mais acentuado para

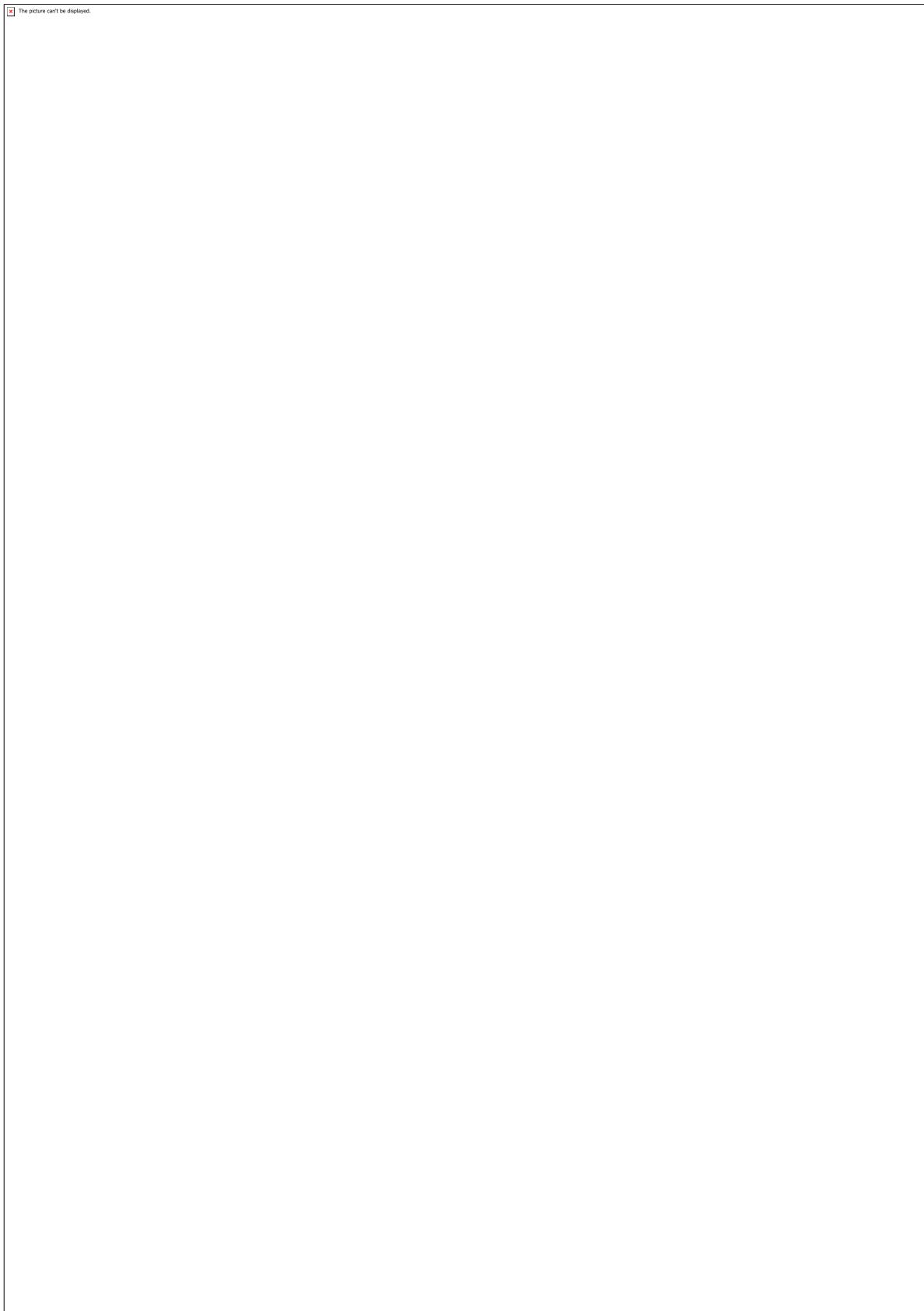
teores elevados de monoetilenoglicol no sistema. Este cenário caracteriza condições favoráveis para a deposição de incrustações e, portanto, não devem ser favorecidos.

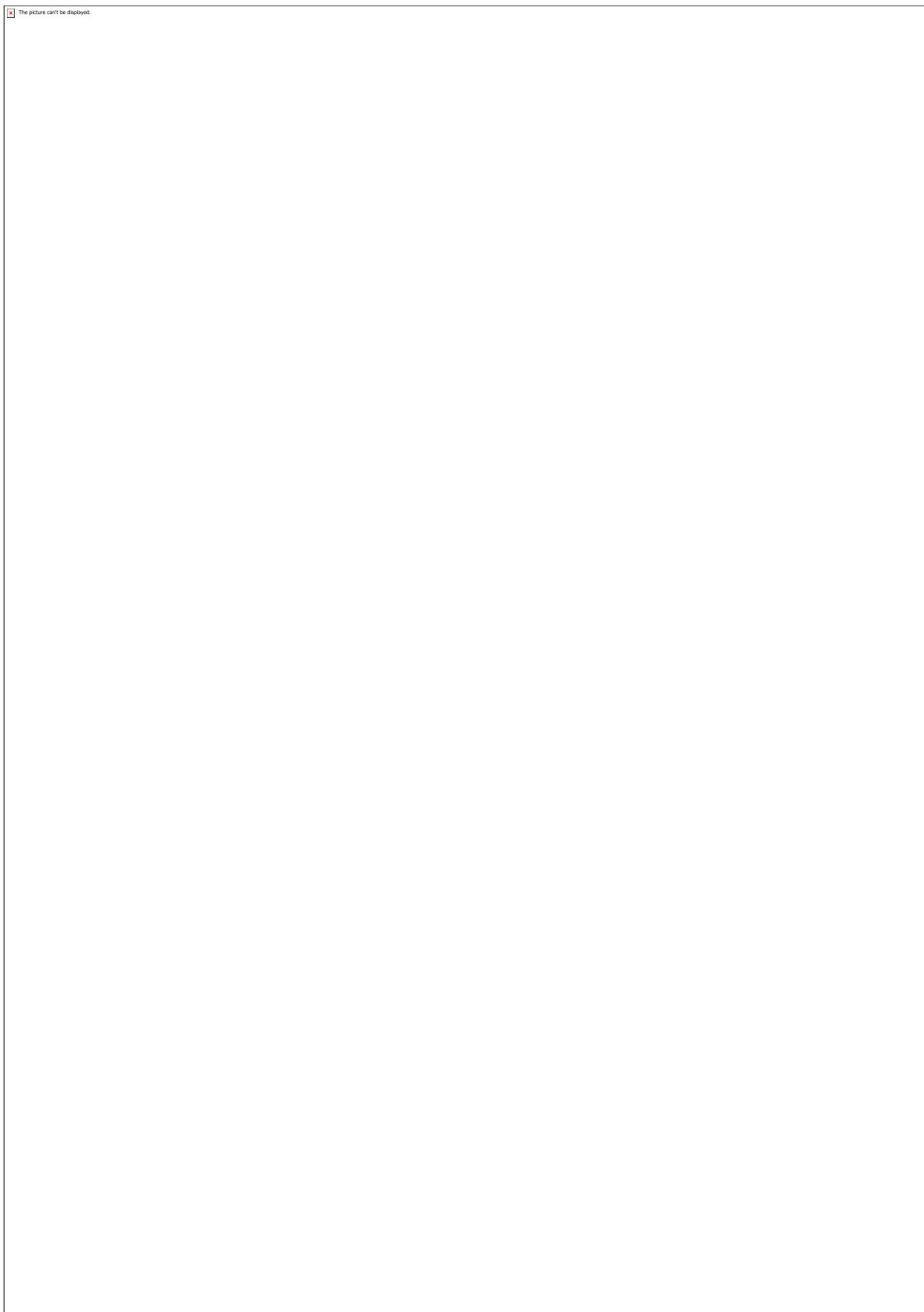
É válido ressaltar que os resultados reunidos neste trabalho podem ser utilizados para atender a demanda da indústria do petróleo e gás, no que diz respeito aos esforços dedicados a inibição da formação de incrustações e suas consequências, assim como contribuindo com aperfeiçoamento de base de dados para os avanços dos projetos de otimização das unidades de regeneração e recuperação do monoetilenoglicol.

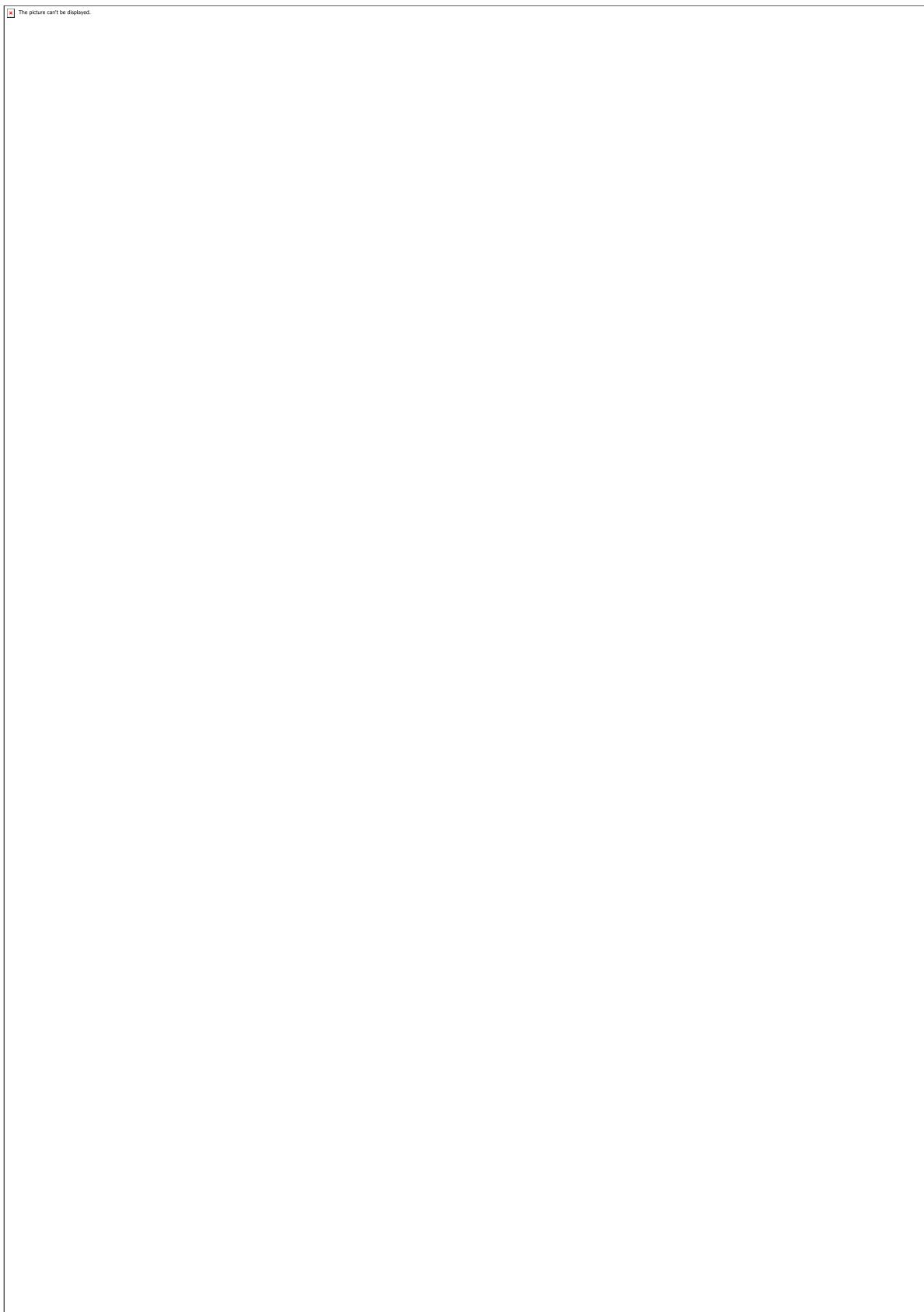
Referências

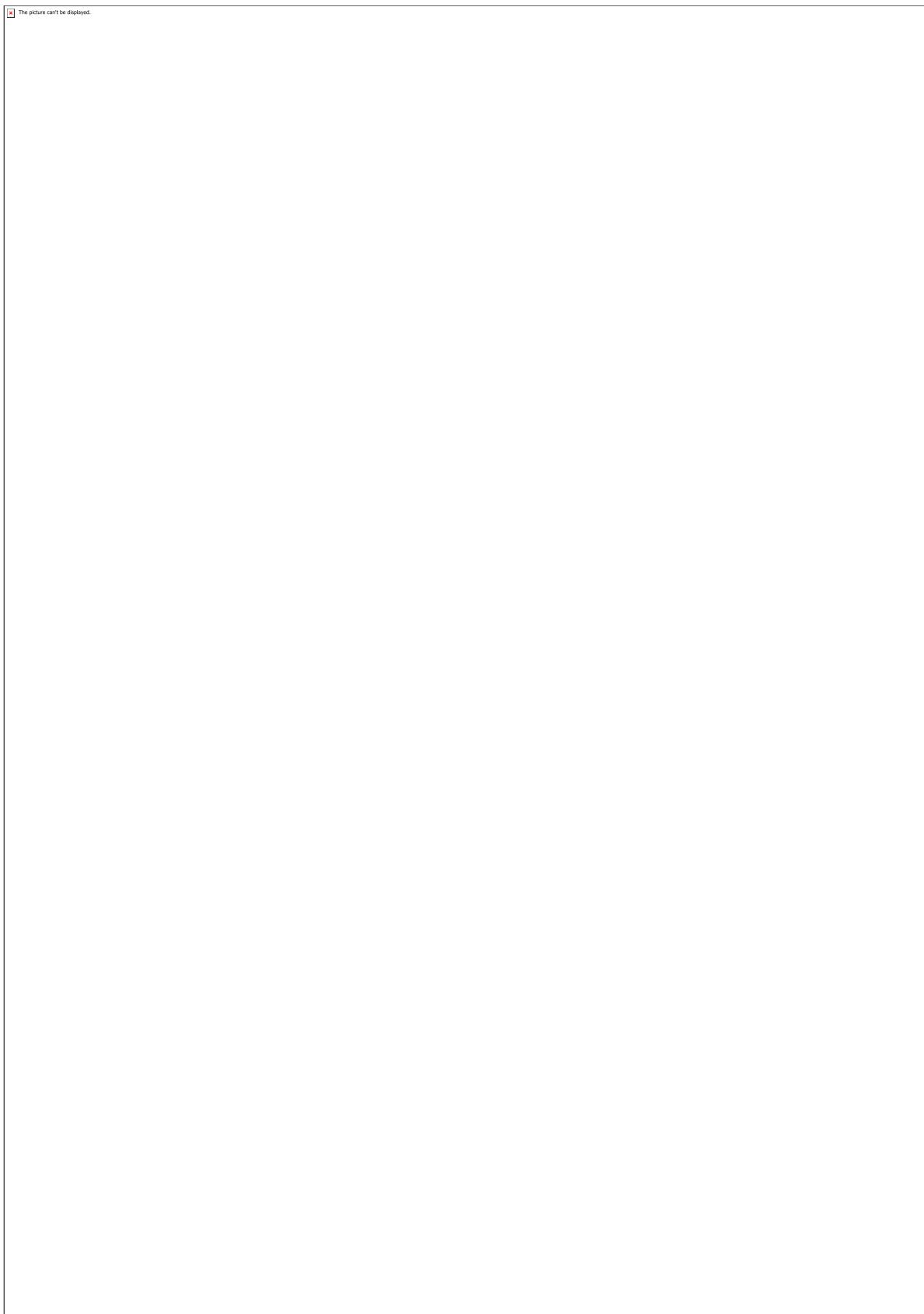
- BAPTISTA, J. M. M.; ROSSI, L. F. S.; MORALES, R. E. M. Formação de hidratos em sistemas de produção de gás natural. XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ, Rio de Janeiro, 2006
- CRABTREE, M.; ESLINGER, D.; FLETCHER, P.; MILLER, M.; JOHNSON, A.; KING, G. Fighting scale— removal and prevention. Oilfield Review, p. 30-45, Autumn, 1999.
- FIGUEIREDO, C. S. et al. Estudos termodinâmicos de carbonatos em solução aquosa e atmosfera de CO₂. Rio Oil and Gas Conference. Rio de Janeiro, 2014.
- LAFOND, P. G. et al. Measurements of methane hydrate equilibrium in systems inhibited with NaCl and methanol. Journal of Chemical Thermodynamics, v.48, p.1-6, 2012
- LOWER, S. Solubility Equilibrium of Salts. Department of Chemistry, Simon Fraser University, Burnaby/Vancouver, Canada, 2011.
- MUÑOZ, J. R.; Atomic Absorption Spectroscopy, Elsevier Publishing Company, 1968.
- OLIVEIRA, J. A. F. de; Modelagem e Simulação da Solubilidade de Sais em Sistemas Aquosos com Monoetilenoglicol. Tese de Doutorado – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- RIBEIRO C.; LAGE P.; Modeling of hydrate formation kinetics: State-of-the-art and future directions; Chemical Engineering Science, Vol. 63, p. 2007–2034, 2008.
- ROSSI, L. F. dos S. Formação de hidratos em sistemas de gás natural. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 1990.

Anexos









CÓDIGO: ET1398

AUTOR: MICAEL BRUNO CASSIANO SOARES

ORIENTADOR: REYMARD SAVIO SAMPAIO DE MELO

TÍTULO: Aplicação do DIAGRAMA FAST em habitação de interesse social

Resumo

A motivação para essa pesquisa é a possibilidade de se contribuir com o desenvolvimento acadêmico do setor da construção civil por meio do estudo de conceitos inovadores, proativos, e ainda incipientes no setor, como a Engenharia de Valor (EV) e suas ferramentas. Segundo Ruiz (2011), as ferramentas de uso mais frequente da EV são a Análise de Função, o Diagrama FAST, a Técnica de Mudgr e o Método Compare. Com isso, surge o objetivo desta pesquisa de aplicar uma destas técnicas, o Diagrama FAST, em uma situação real de projeto. Este método, desenvolvido por Charles Bytheway, tem por objetivo estabelecer relações entre as diferentes funções de um produto, separando-as conforme sua importância. Para tanto, estabelece as funções condicionantes, que são aquelas que representam o objetivo principal do produto, e, a partir destas, relaciona outras funções de ordem menor. Para se fazer esta análise, partiu-se uma Análise de Funções na qual uma habitação de interesse social (HIS) do projeto Minha Casa Minha Vida (MCMV) foi separado em compartimentos de acordo com a função que cada ambiente emprega numa residência. Isso resultou na confecção dos Diagramas FAST de sete compartimentos: Quarto 01, Quarto 02, Sala, Cozinha, Circulação, Banheiro e Área de Serviço. Ao final, pode-se visualizar as relações que as diferentes funções de um mesmo ambiente possuem entre si e sua importância para agregar valor ao produto.

Palavras-chave: Diagrama FAST. Engenharia de Valor. Habitação de Interesse Social.

TITLE: Application of FAST Diagram in social housing

Abstract

One motivation for this research is the possibility of contributing to the academic development of the construction sector through the study of innovative, proactive and still incipient concepts in the sector, such as Value Engineering (VE) and its tools. According to Ruiz (2011), the most frequently used tools for VE are Function Analysis, FAST Diagram, Mudgr Technique and Compare Method. Thus, the objective of this research arises to apply one of these techniques, the FAST Diagram, in a real project situation. This method, developed by Charles Bytheway, aims to establish relationships between the different functions of a product, separating them according to their importance. To this end, it establishes the conditioning functions, which are those that represent the main purpose of the product, and, based on these, relates other functions of a smaller order. In order to make this analysis, we started a Function Analysis in which a social interest housing (SIH) of the project "Minha Casa Minha Vida" (MCMV) was separated into compartments according to the function that each environment employs in a residence. This resulted in the making of the seven compartment FAST Diagrams: Bedroom 01, Bedroom 02, Living Room, Kitchen, Circulation, Bathroom and Service Area. At the end, one can visualize the relationships that the different functions of the same environment have among themselves and their importance to add value to the product.

Keywords: FAST Diagram. Value Engineering. Social Interest Housing.

Introdução

O diagrama FAST (Function Analysis System Technique) ou Técnica da Análise Funcional de Sistema foi concebido em 1965 por Charles Bytheway, 18 anos após a iniciação da EV, com o objetivo de introduzir o pensamento lógico e estabelecer esquematicamente uma relação de dependência na Análise de Função, a partir de uma visualização facilitada (CSILLAG, 1995). Como é da própria metodologia da Engenharia de Valor (EV), forma-se grupo multidisciplinar com representantes de diferentes áreas que se reúnem com o objetivo de discutir o produto em questão, desenvolvendo o raciocínio lógico (Ruiz, 2011), para se obter informações detalhadas sob diferentes perspectivas. A motivação para essa pesquisa tem como influência a possibilidade de se contribuir com o desenvolvimento acadêmico do setor da construção civil por meio do estudo de conceitos inovadores, proativos, e ainda incipientes no setor, como a EV e suas ferramentas. Com isso, tem-se como objetivo geral verificar a potencialidade de ferramentas de EV no projeto de empreendimentos habitacionais de interesse social (HIS). Além deste, tem-se como objetivo específico aplicar a ferramenta do Diagrama Fast na etapa de projeto de um empreendimento HIS. Para tanto, contou-se com a colaboração de uma empresa construtora que trabalha com o projeto Minha Casa Minha Vida (MCMV) do Governo Federal. Assim, toda a equipe de pesquisa teve acesso a dados projetuais e a depoimentos dos colaboradores envolvidos na fase de projeto e implantação dos imóveis. Esses dados foram de extrema importância para o desenvolvimento deste e de outros trabalhos relacionados.

Metodologia

Para a aplicação da técnica FAST no trabalho em questão, partiu-se inicialmente da análise de funções realizada para a HIS. No entanto, para que esta etapa também pudesse ser realizada, procedeu-se antes de tudo a separação do imóvel em compartimentos, que representam os espaços funcionais ou locais onde acontecem as funções (PEDRO, 1999). Esse processo baseou-se no próprio produto entregue pela empresa ao cliente final e na possibilidade de análise do compartimento como uma única unidade independente das demais. O resultado foi o imóvel separado em sete compartimentos: sala, quarto 01, quarto 02, cozinha, circulação, banheiro e área de serviço. A Figura 01 mostra essa compartimentação. Seguindo com a análise de funções, foram listadas todas as funções que cada compartimento poderia fornecer ao usuário. Para tanto, levaram-se em consideração os usos técnicos de cada ambiente, além de que se tomou como base as diretrizes que regem os projetos do PMCMV, estabelecidas na Portaria nº 660/2018 do Ministério das Cidades, e o que está prescrito no Código de Obras, Posturas e Edificações de Mossoró, de 2010. Depois, as funções em cada compartimento foram classificadas de acordo com a importância que exercem para definir a utilização de cada ambiente. Assim, as funções básicas (FB) representam a função específica de cada ambiente; as funções secundárias necessárias (FSN) são aquelas que devem obrigatoriamente estar contidas nos ambientes devido a disposições normativas, por exemplo; e as funções secundárias (FS) são aquelas não essenciais ao objetivo de desempenho de cada ambiente (YOKOTA, 2015). Para a aplicação da técnica FAST a partir das funções definidas na Análise de Funções, se faz necessário que o conjunto considerado compreenda somente as FB e as FS porque as FSN estão relacionadas aos pontos obrigatórios que devem ser seguidos durante o projeto e a execução da edificação. Sendo assim, não faz sentido inserir funções dessa categoria no Diagrama FAST, visto que nele são mostradas todas as funções orientadas

ao projeto de maneira organizada, tornando suas relações de importância relativa compreendidas (CSILLAG, 1995), e a obrigatoriedade imposta ao projeto não deixa espaço para comparação quanto ao grau de importância das FSN no contexto da funcionalidade. Em suma, mesmo que uma FSN fosse considerada de baixa importância, ela nunca poderia ser excluída do compartimento, o que não condiz com os objetivos das ferramentas da EV. A Tabela 01 expõe as funções consideradas nesta análise. O FAST deve ser preparado com base na decomposição de funções e com base no grau de detalhamento requerido, apresentando um menor detalhamento que a análise de funções para que a compreensão visual não seja prejudicada (RUIZ, 2011). A função condicionante (order function) representa o objetivo principal do produto (YOKOTA, 2015), assim como a função básica na análise de função. A partir dela, se desenvolvem as outras funções secundárias para numa relação de dependência. Assim, neste estudo, admitiu-se que as funções básicas retiradas da análise de função fossem as funções condicionantes e as funções secundárias como sendo de ordem menor. A partir daí, procurou-se sequenciar essas funções, estabelecendo um vínculo que refletia o grau de importância dessas para o funcionamento dos compartimentos. Partindo das funções condicionantes, as funções sequenciais vão sendo atribuídas com o emprego da pergunta “como?”, que visa dar a uma função predecessora uma “solução”, ligada a uma função de ordem menor. Já para a função de ordem menor, a pergunta “por quê?” leva ao motivo dela estar presente. O diagrama é a ferramenta que torna a técnica FAST mais fácil de ser visualizada. Nele, à medida que se caminha para a direita, se responde a pergunta “como?” e o grau de importância das funções vai caindo. Já para a esquerda, vai se aumentando a funcionalidade em relação aos compartimentos a partir da pergunta “por quê?”. As funções que ocorrem simultaneamente ou que foram causadas por uma função do caminho crítico são situadas na vertical, empilhadas, respondendo a pergunta “quando?” (CSILLAG, 1995). A Figura 02 demonstra essas relações. Os diagramas FAST foram obtidos para cada compartimento, pois, como cada um desses ambientes foram separados tendo em vista suas respectivas funções específicas, não é razoável relacionar estas funções entre si. O quarto 01 e o quarto 02 possuem, na prática, as mesmas funções. Por isso, apenas um diagrama foi elaborado para representar ambos.

Resultados e Discussões

A seguir, serão apresentados os diagramas provenientes do método até exposto. O objetivo da técnica FAST é formar um diagrama que mostra todas as funções orientadas ao projeto de maneira organizada, tornando suas relações e importâncias relativas compreendidas (CSILLAG, 1995). É uma ferramenta de auxílio ao entendimento do objeto estudado por pessoas de diferentes áreas e níveis de envolvimento (RUIZ, 2011). Na pesquisa completa, da qual este trabalho é uma parte constituinte, o método do Diagrama FAST não foi empregado devido ao método da Análise de Função, Técnica de Mudge e Método COMPARE terem alcançado os objetivos da pesquisa. Assim, não houve a participação de uma equipe multidisciplinar reunida com o intuito de discutir o produto por meio do raciocínio lógico (YOKOTA, 2015). No entanto, na simulação realizada neste trabalho, percebe-se que o diagrama pode ser empregado de maneira a conhecer melhor as diferentes componentes de funcionalidades que são entregues em uma edificação e, assim, reconhecer quais funções são menos necessárias e, caso retiradas, quais outras funções podem ser prejudicadas.

Conclusão

Neste trabalho, apresentou-se uma metodologia na qual a habitação não é separada de acordo com os sistemas prediais (estrutura, instalações, etc), como feito por Ruiz (2011), mas sim por aquilo que é oferecido ao cliente e que configura valor para o mesmo (uma cozinha, uma sala, um quarto, etc). Dessa maneira, trabalhando a funcionalidade desses compartimentos, espera-se que mais valor possa ser agregado ao produto final entregue ao cliente. Nesse sentido, o objetivo geral desta pesquisa, verificar a potencialidade de ferramentas de Engenharia de Valor no projeto de empreendimentos HIS, foi alcançado, tendo em vista que o método do Diagrama FAST foi simulado para uma residência unifamiliar da Faixa 01 do MCMV seguindo esta outra abordagem, focada naquilo que é valor para o cliente. O objetivo específico de aplicar a ferramenta do Diagrama FAST na fase de projeto de uma HIS não foi atingido, pois outros métodos atenderam melhor a demanda da pesquisa geral na qual este trabalho está inserido. Com isso, a aplicação do diagrama FAST na fase projetual e seus impactos na análise e no reconhecimento funcional das HIS configura uma sugestão para pesquisas futuras.

Referências

CSILLAG, J.M. Análise do Valor. 4^a Edição ampliada e atualizada com novas tendências gerenciais. Atlas. São Paulo - SP, 1995. PEDRO, J. B. Programa habitacional: habitação. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1999. RUIZ, J. A. Engenharia de valor na construção de edifícios : simulação de aplicações. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 139 p. 2011. YOKOTA, A.A. Aplicação do Custo-Meta no processo de projeto em habitação de interesse social. 2015. 202p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

Anexos

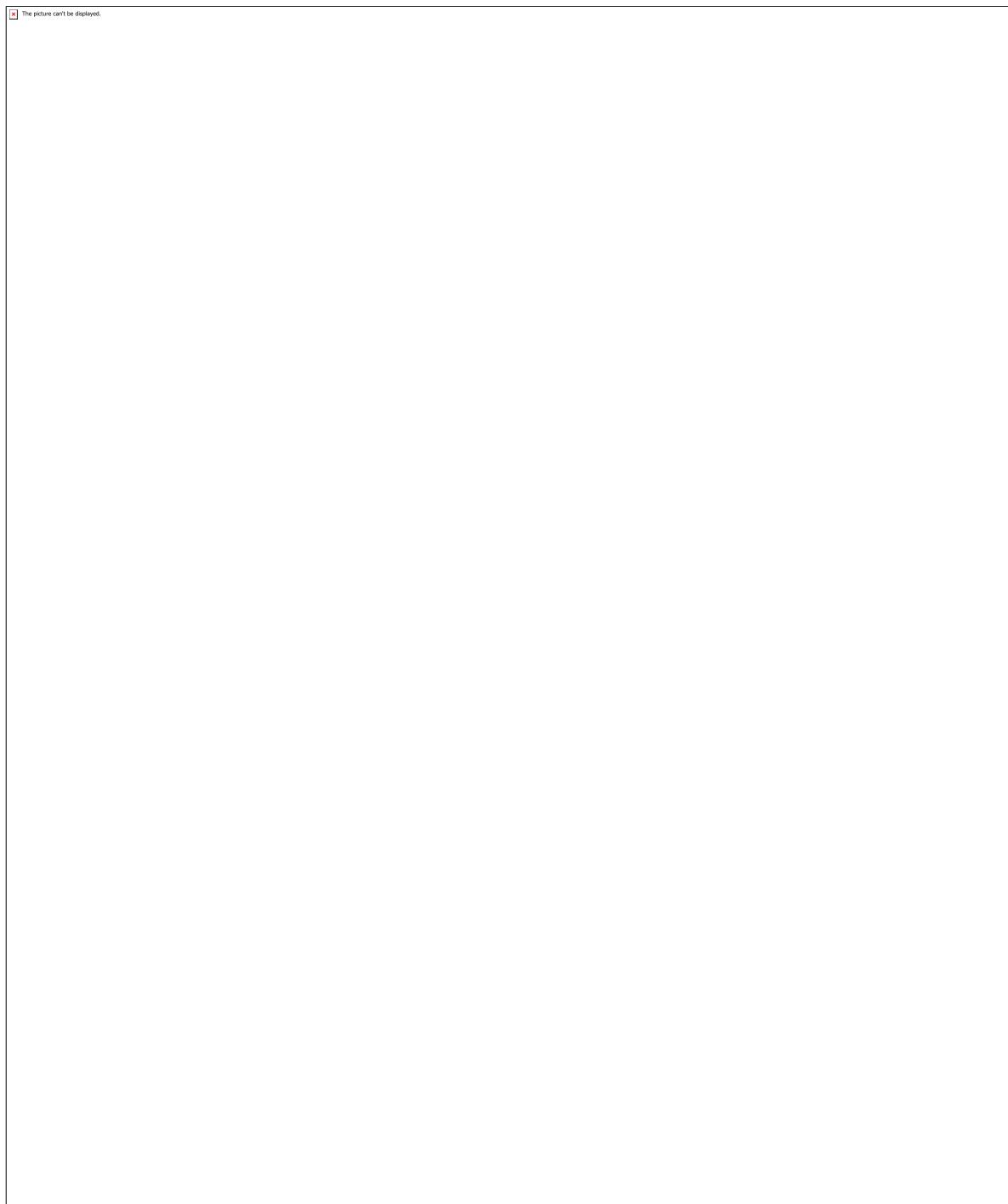


Figura 01 – Separação da unidade habitacional em compartimentos.

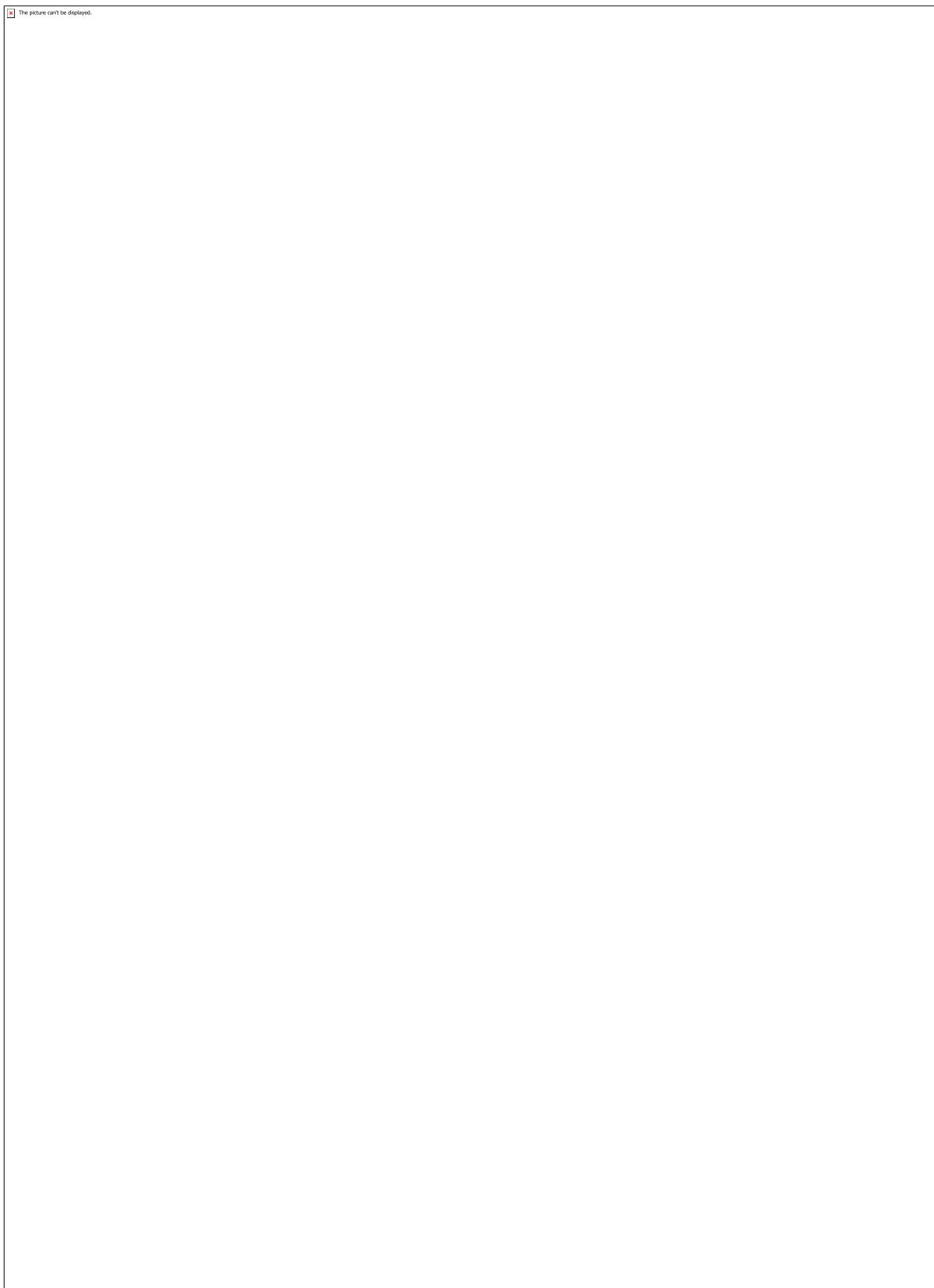


Tabela 01 – Classificações das funções após Análise de Função.

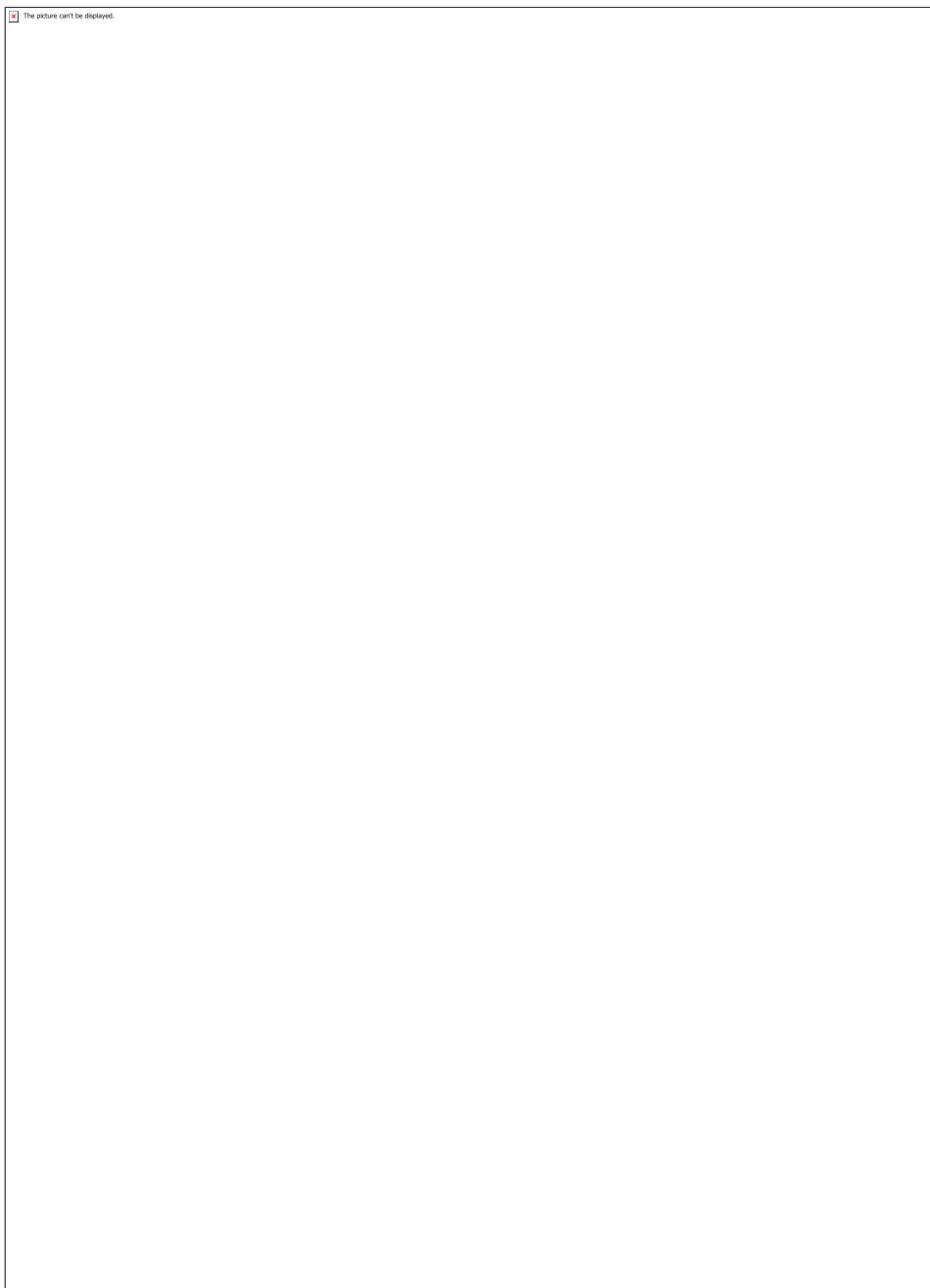


Figura 02 – Aplicação do diagrama FAST. (Fonte: YOKOTA, 2015.)

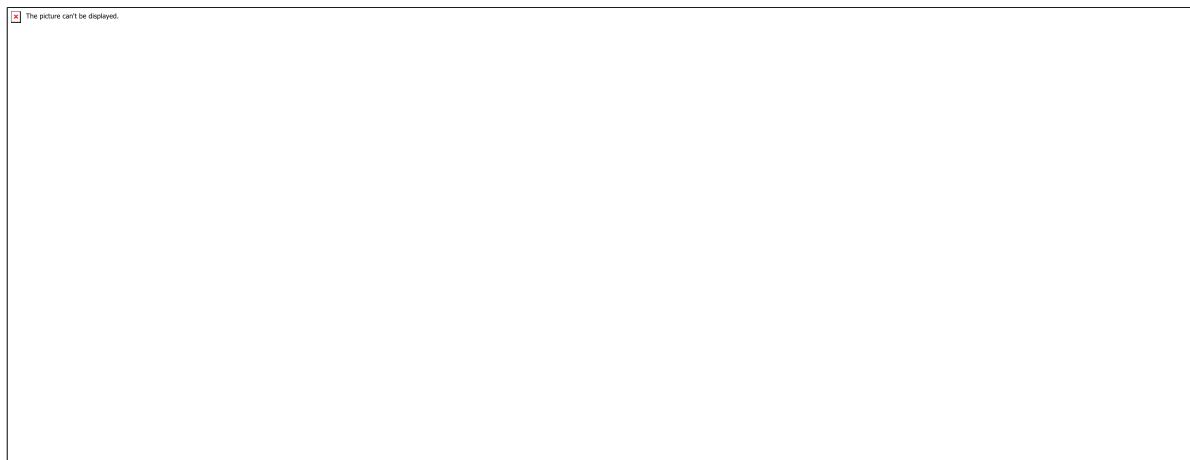


Figura 03 – Diagrama FAST dos compartimentos Quarto 01 e 02.

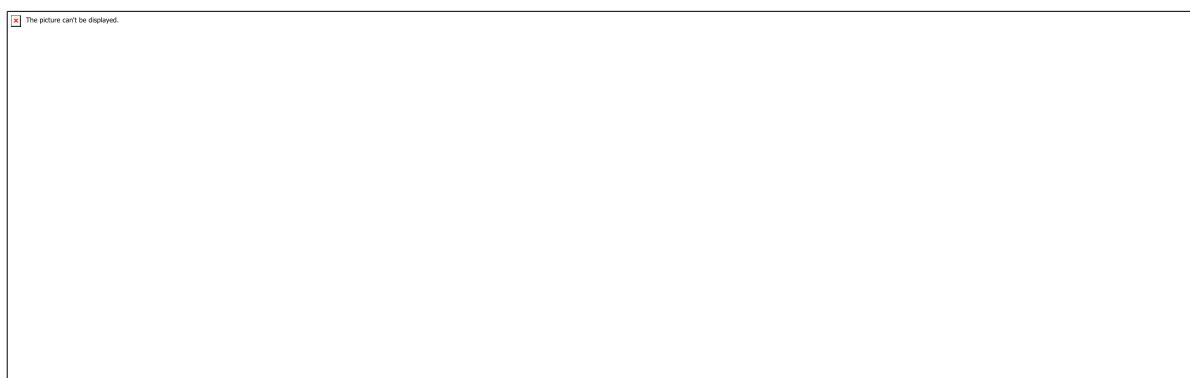


Figura 04 – Diagrama FAST do compartimento da Cozinha.

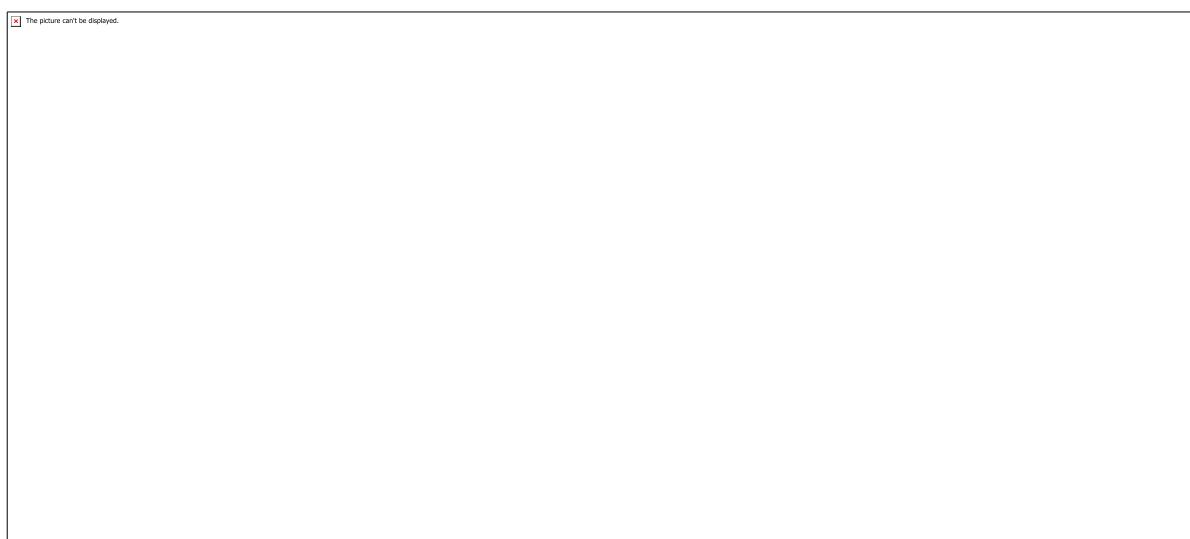


Figura 05 – Diagrama FAST do compartimento do Banheiro.

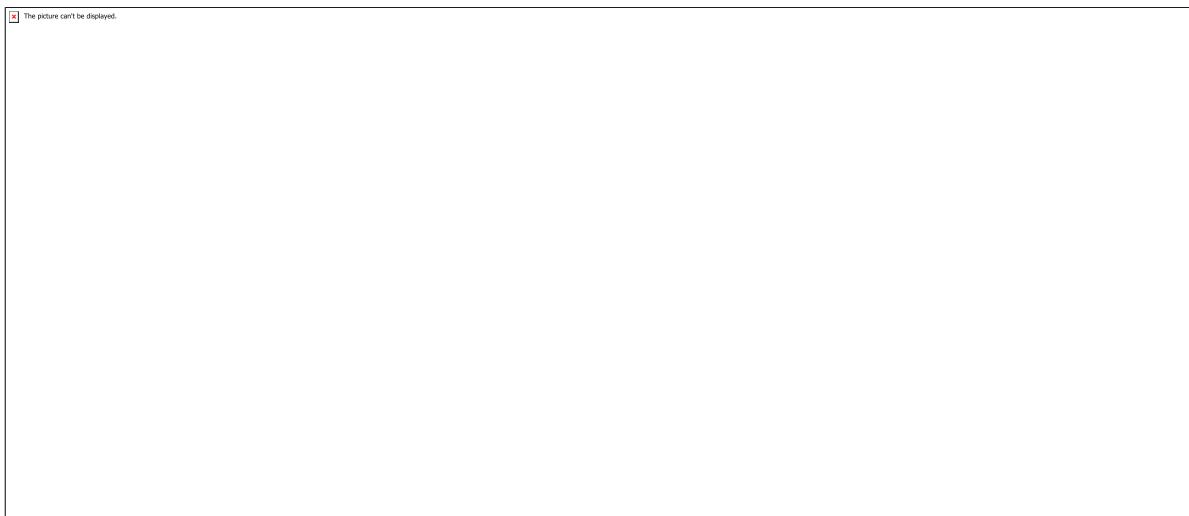


Figura 06 – Diagrama FAST do compartimento da Área de Serviço.

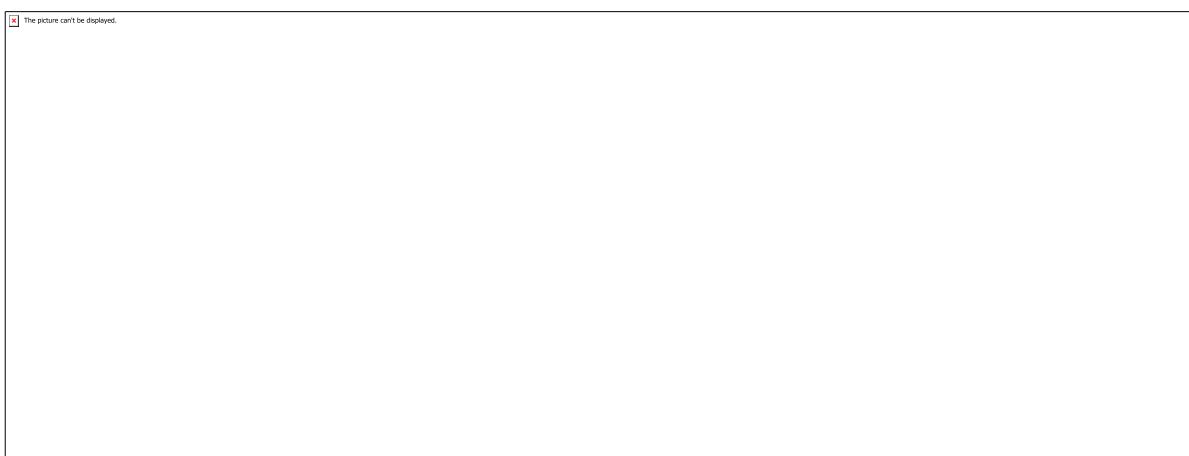


Figura 07 – Diagrama FAST do compartimento da Sala.

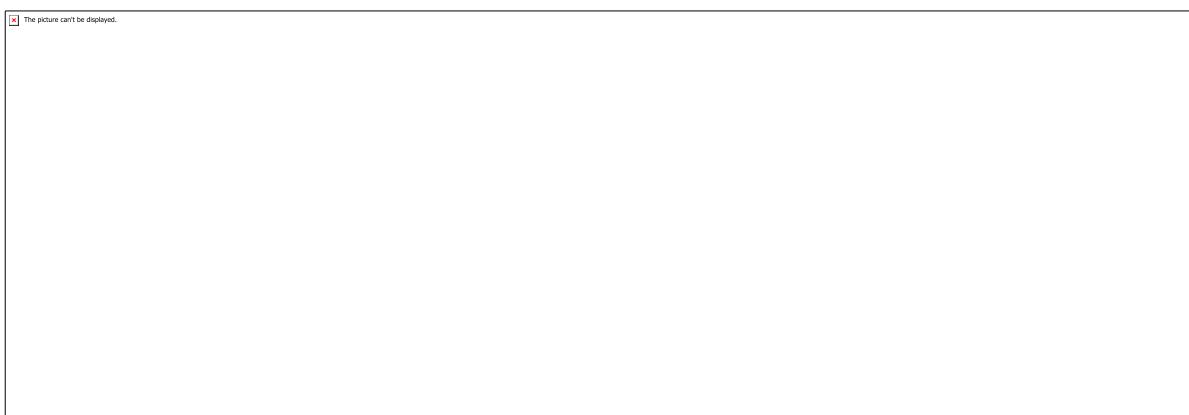


Figura 08 – Diagrama FAST do compartimento da Circulação.

CÓDIGO: ET1418

AUTOR: ADRIAN GONÇALVES FERNANDES DE SOUZA

ORIENTADOR: JOSE HERIBERTO OLIVEIRA DO NASCIMENTO

TÍTULO: Síntese de novos pontos quânticos derivados de carbono para potencial aplicação larvicida e repelência ao Aedes Aegypt

Resumo

Doenças transmitidas através das picadas de alguns mosquitos afetam uma grande quantidade de pessoas todos os anos em nosso país e no mundo, e os métodos convencionais mais utilizados para combatê-los são o uso de repelentes corporais, rede protetoras e inseticidas. O desenvolvimento de novas formas e materiais para a aplicação de repelência e ação inseticida se faz necessário, principalmente para casos em que os métodos tradicionais não são possíveis, como, por exemplo, para crianças abaixo de 6 meses. Dessa forma, nanomateriais vêm sendo desenvolvidos para aplicações médicas. No presente trabalho, o desenvolvimento de pontos quânticos e seu potencial efeito repelente será testado. Para isso, foram sintetizados pontos quânticos de grafeno e imobilizados em tecido plano de algodão. Realizaram-se análises de DRX, FRX e FTIR. Os pontos quânticos de grafeno serão submetidos a ensaios larvicidas, com larvas do Aedes aegypti. A malha de algodão será submetida a ensaios de repelência aos mosquitos Aedes aegypti. Os pontos quânticos de grafeno apresentaram estrutura cristalina tetragonal na fase anatase. Através da análise de FRX pode-se confirmar a presença do carbono. A taxa de mortalidade das larvas com os pontos quânticos de grafeno foi satisfatória.

Palavras-chave: grafeno, pontos quânticos de grafeno, repelência, Aedes Eagypt.

TITLE: Synthesis of new carbon-derived quantum dots for the potential for larvicidal application and repellent to Aedes Aegypt

Abstract

Diseases transmitted through the bites of some mosquitoes affect a large number of people every year in our country and around the world, and the most commonly used conventional methods to combat them are the use of body repellents, protective nets and insecticides. The development of new forms and materials for the application of insect repellent and insecticidal action is necessary, especially in cases where traditional methods are not possible, such as for children under 6 months. Thus, nanomaterials have been developed for medical applications. In the present work, the development of quantum dots and their potential repellent effect will be tested. For this, graphene quantum dots were synthesized and immobilized on flat cotton fabric. DRX, FRX and FTIR analyzes were performed. The graphene quantum dots will be subjected to larvicidal tests with Aedes aegypti larvae. The cotton mesh will be subjected to Aedes aegypti mosquito repellent tests. The graphene quantum dots showed tetragonal crystalline structure in the anatase phase. FRX analysis can confirm the presence of carbon. The larval mortality rate with graphene quantum dots was satisfactory.

Keywords: graphene, graphene quantum dots, repellency, Aedes Eagypt.

Introdução

A pesquisa, estudo e o desenvolvimento, na área da nanotecnologia, visam manipular e alterar estruturas em nanoescala e integrá-las para a formação de componentes e sistemas funcionais. Atualmente, o desenvolvimento de tais materiais nanoestruturados tem atraído a atenção da sociedade científica devido sua expectativa de impacto que podem causar na otimização de fenômenos físicos e químicos ligados as mais diversas áreas como a têxtil, automobilística, aeronáutica, eletrônica, médica, alimentícia, construção civil, arquitetura, geração de energia, tratamentos de efluentes. A maioria dos estudos envolvendo o tema só começaram a surgir após o ano de 2002 e, a partir daí o crescimento anual tem sido acelerado. Estima-se que a era das grandes inovações nanotecnológicas vai durar até ano de 2081. Espera-se que esses futuros avanços estimulem não apenas a exploração de novos fenômenos e teorias, mas também conduzam a um desenvolvimento industrial, tornando-se a nova força motora do crescimento econômico e preservação ambiental neste século. Os materiais nanoestruturados apresentam, pelo menos, uma de suas dimensões em escala nanométrica, ou seja, um bilionésimo de metro ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$). Nessa escala de tamanho, apresentam novas propriedades, antes não observadas quando em dimensões maiores, como alterações de coloração, condutividade elétrica, reatividade química, solubilidade, ponto de fusão, propriedades magnéticas e a cristalinidade. Usualmente, tais dimensões devem estar na faixa entre 1 a 100 nm para que a estrutura possa classificada como nanomaterial. No entanto, esta definição é relativa, pois a verdadeira essência da nanotecnologia não está apenas na dimensão, mas igualmente na alteração das propriedades do material. Assim, mesmo um objeto de 150 nm pode ser considerado um nanomaterial se apresenta, de fato, alguma diferença significativa de suas propriedades em relação a escalas maiores como a micro. Muitas nanopartículas, quando estão na faixa de 2-10 nm de tamanho, apresentam propriedades bem distintas quando comparados a outras faixas. Neste caso, podem ser denominadas como pontos quânticos ou QDs (quantum dots). Existem dois conceitos de síntese de nanomateriais que são conhecidos como top-down e bottom-up. As técnicas top-down (ou “de cima para baixo”) obtêm nanopartículas através de redução de partículas maiores, normalmente, exigem maiores custos e domínio tecnológico (ex.: processo de litografia por feixe de elétrons em síntese de GQD). Já as técnicas bottom-up (ou “de baixo para cima”) se baseiam na montagem dos sistemas nanoestruturados através da manipulação dos átomos e moléculas ou pelos processos do tipo self-assembly (ex.: processo hidrotermal em síntese de GQD). A nanotecnologia pode otimizar as propriedades de materiais tradicionais (ex.: chips de computadores menores e econômicos), adicionar funcionalidades para materiais existentes (ex.: tecidos com nanorevestimentos antimicrobianos, fungicidas, fotocromáticos, auto-limpantes e superhidrofóbicos) e introduzir novos materiais para preencher as necessidades existentes (ex.: materiais aerogéis para isolamento térmico e acústico). A funcionalização é uma das principais características que os nanomateriais possibilitam, pois permite uma extensa faixa de aplicações devido sua capacidade de executar funções químicas ou biológicas específicas através da projeção e manipulação desses materiais, de forma controlada e pré-determinada. Na indústria têxtil a nanotecnologia tem uma larga contribuição que se estende desde a produção e preparação de fibras até o tratamento do efluente de seus últimos processos.

Metodologia

Neste projeto, será realizado síntese de pontos quanticos de grafeno para ser estudado os fatores que mais influenciam em suas características com uma impregnação por temperatura e pressão no Autoclave (ALT), considerando as interações dos seguintes

fatores: Concentração do ácido cítrico, ureia, água destilada, tempo de síntese do material. Tais ensaios serão realizados no laboratório de Operações unitárias. Para se determinar a estrutura atômica e molecular será realizada a caracterização através microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução – LabMic(UFG).

2.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.3.1 SÍNTESE DE PONTOS QUÂNTICOS DE GRAFENO Para o estudo das propriedades isoladas dos N-GQDs foi realizada uma síntese separada do substrato. Portanto, foi preparada uma solução de 150 ml em um bêquer com ácido cítrico (535 g), ureia (0,917 g) e água destilada. A solução foi agitada durante 30 minutos a temperatura ambiente em uma mesa agitadora a 150 RPM. Em seguida, foi submetida a um sonicador por 30 minutos para garantir uma boa e uniforme diluição dos reagentes. Em seguida, a solução foi transferida para as canecas do ALT-I e foi dado início à reação com duração de 150 minutos a uma temperatura de 135° C.

2.3.2 PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO TÊXTIL O substrato utilizado foi cedido pela empresa Coteminas S/A e tratou-se de um tecido plano de algodão previamente alvejado e na padronagem de tela. O alvejamento industrial envolveu um processo oxidativo que consistiu em um banho com peróxido de hidrogênio (H₂O₂), estabilizador de peróxido, hidróxido de sódio (NaOH) e detergente não-iônico. Este procedimento objetivou a limpeza das fibras, isto é, a eliminação do pigmento amarelado, da goma do processo de tecelagem, ceras, gorduras, entre outros. Em laboratório, foi realizado um processo de purga com o intuito de eliminar demais impurezas referentes a transporte e estoque industrial, garantindo uma boa hidrofilidade e acessibilidade dos agentes químicos a superfície da fibra de algodão. Para cada 1 grama de tecido foi usado uma solução de 100 ml com 0,15 g de NaOH e 0,1 g de detergente não-iônico; uma temperatura de 80°C e o tempo de 60 minutos. As amostras foram neutralizadas com uma solução de ácido acético a 0,1%, lavadas e secas em rama a 80°C por 20 minutos.

2.3.3 SÍNTESE DE PONTOS QUÂNTICOS DE GRAFENO IN-SITU EM TECIDO DE ALGODÃO Foi preparada uma solução de 150 ml em bêquer com ácido cítrico; ureia e água desionizada. A solução foi agitada durante 10 minutos a temperatura ambiente em mesa agitadora. Foi submetida a um sonicador por 15 minutos. Em seguida, foram adicionados a solução e 2 g de tecido de algodão a caneca do ALT-I e foi dado início à reação a 135° C. O tecido foi seco a 120° C em rama por 3 minutos. Logo, o tecido foi lavado com água destilada e, em seguida, permaneceu por 20 minutos de molho em água destilada, sendo a água trocada a cada 5 minutos. Por fim, o tecido foi seco mais uma vez a 120°C em rama por 3 minutos. Os processos envolvendo a síntese e imobilização dos N-GQDs em tecido de algodão estão resumidos na figura abaixo.

Resultados e Discussões

Os pontos quânticos de grafeno foram sintetizados de acordo com metodologia descrita no capítulo anterior (porém o tecido não foi acrescentado ao processo de síntese). Após o processo de carbonização do ácido cítrico em meio a ureia e água, houve a formação de um líquido de coloração amarelada, característico da formação dos N-GQDs. Além disso, o efeito de luminescência de luz azul é imediatamente percebido quando há presença de luz UV, como pode ser observado na figura 14. Neste tópico serão apresentadas as análises realizadas nos N-GQDs sintetizados. Figura 3 – Resumo da síntese dos pontos quânticos Imagem 1 – HR-TEM de N-GQDs em solução de a) pH 6,0; b) e c) pH 13,0; a imagem d) representa o histograma de distribuição de tamanho; e) representa o padrão SAED da amostra em pH 6,0 e f) representa as soluções (com presença de luz UV) que foram analisadas. Gráfico 1 – FTIR dos pontos quânticos obtidos e dos precursores ácido cítrico e ureia O potencial zeta (ζ) é um importante indicador de viabilidade para a formação de uma dispersão de partículas estáveis de GQDs e sua magnitude indica o grau de repulsão eletrostática entre os pontos quânticos

em uma dispersão. Foram realizadas análises de potencial zeta (ζ) na solução sintetizada de N-GQDs. O potencial médio foi avaliado em $-8,93 \pm 0,77$ mV. O valor negativo indica a predominância de grupos funcionais hidroxila e carboxilato presentes na superfície dos pontos quânticos de grafeno; que foram derivados da reação entre o ácido cítrico e a ureia através de processo hidrotermal e comprovados através da análise de XPS. A avaliação das propriedades larvicidas dos pontos quânticos de grafeno foi realizada em larvas dos mosquitos *aedes aegypti*. Neste estudo foram utilizadas cinco soluções de N-GQDs em concentrações variando entre 12,75 g/L e 1,59 g/L; além de uma solução de água mineral pura e outra com inseticida padrão. Observa-se que, de acordo com a tabela 6, as soluções com concentração entre 12,75 g/L e 6,37 g/L de N-GQDs foi responsável pela morte de todas as vinte larvas usadas em cada amostra nas condições de ausência e presença de luz UV. Na solução de concentração 2,41 g/L houve a morte de apenas uma larva na condição de presença de luz UV. Em concentrações abaixo de 0,83 g/L observou-se que todas as larvas sobreviveram. Além disso, para efeitos comparativos foi usado em todas as circunstâncias do experimento: o inseticida padrão, que matou todas as larvas; e água mineral pura, que não fez efeito na vida das larvas. De acordo com estes resultados, observa-se o potencial larvicida dos N-GQDs contra as larvas do mosquito *aedes aegypti* independente da presença de luz UV. Os resultados foram semelhantes aos encontrados no estudo realizado por Murugan et al. (2017), que utilizou GQDs contra as larvas do mosquito transmissor da malária (*Anopheles stephensi*). Saxena, Sonkar e Sarkar (2013) retardaram o metabolismo de larvas dos mosquitos *Anopheles sp.*, *aedes sp.* e *Culex sp.* com o uso de nanopartículas de carbono fluorescentes solúveis em água (CNPs) a 3,0 mg/L, isso os impediu de atingir a fase de pupas e finalmente causou a morte. Murugan et al. (2016) observou que resultados mais eficientes (isto é, menor tempo de ação e atividade também contra as pupas) podem ser encontrados quando aplicado uma maior concentração de CNPs para o combate de larvas do mosquito *Culex sp.* Apesar de muitas evidências na eficiência de nanopartículas no combate a larvas, os mecanismos exatos de ação ainda são desconhecidos.

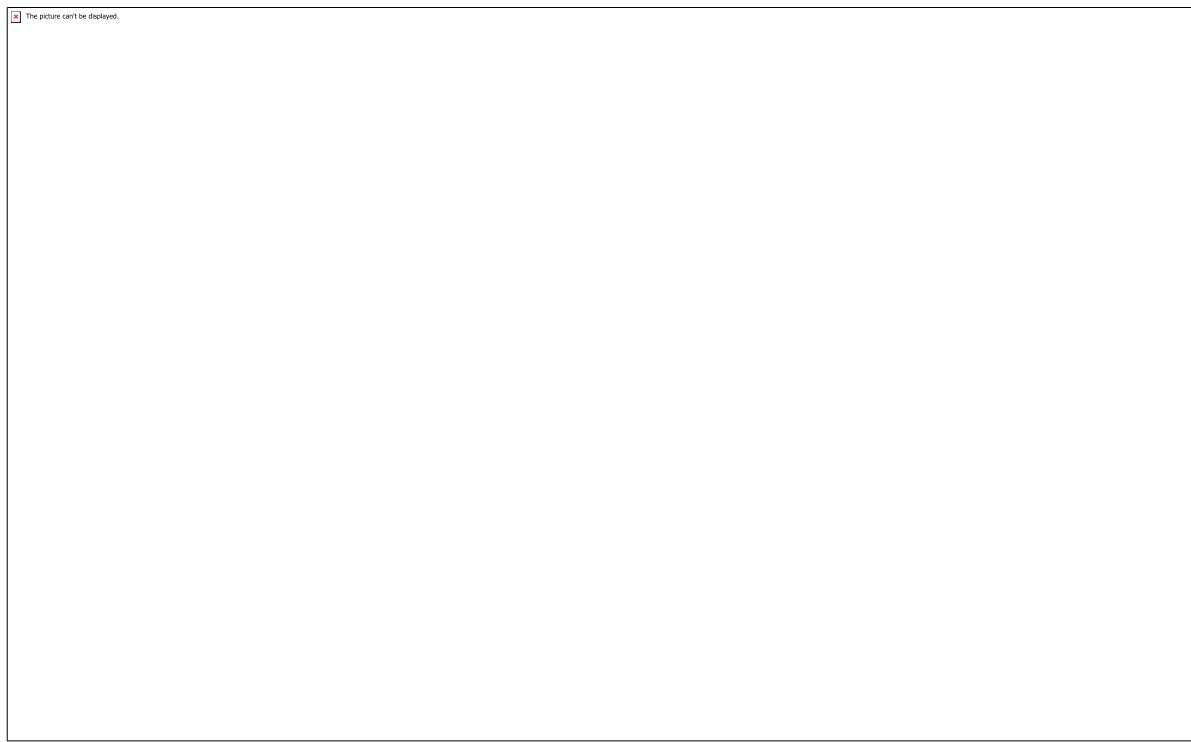
Conclusão

Há poucos estudos de pontos quânticos com atividades larvicida e repelência. A utilização de materiais alternativos para mortalidade de larvas e repelência de mosquitos tem se tornado relevante atualmente. Nesse contexto, o ensaio com os pontos quânticos de Óxido de Zinco foi satisfatório. A estrutura dos pontos quânticos de grafeno foi obtida na fase anatase tetragonal com diâmetro de 6 nm. Em seguida, a imobilização no tecido foi considerada eficiente, sendo comprovada através da análise de FRX.

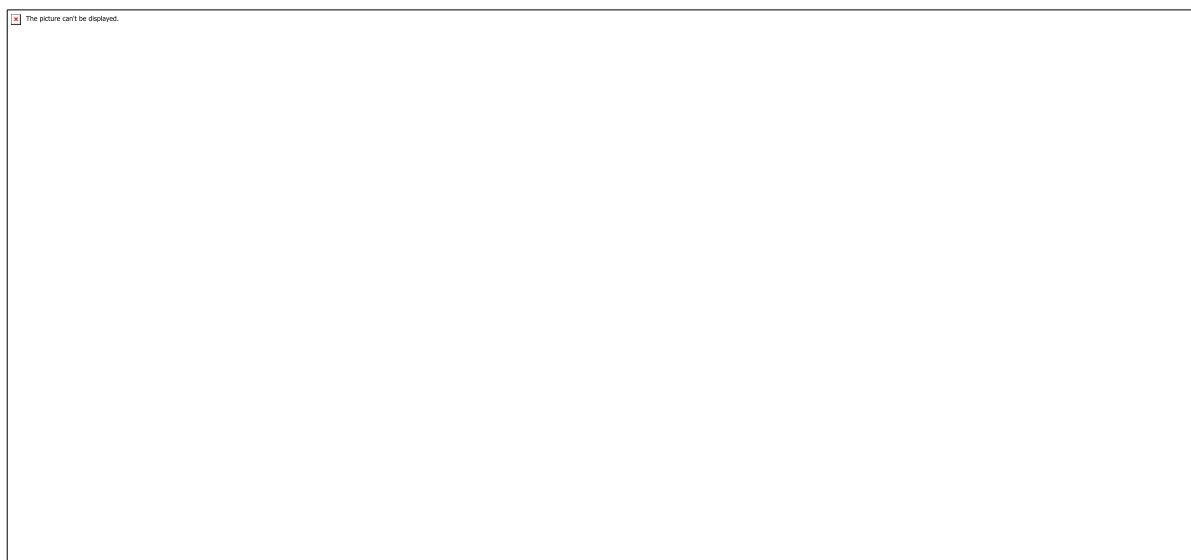
Referências

- A. K. R. Choudhury, Principles of textile finishing. Kidlington: Woodhead, 2017. M. Bacon, S. J. Bradley, and T. Nann, "Graphene Quantum Dots," Part. Part. Syst. Charact., vol. 31, no. 4, pp. 415–428, Apr. 2014. L. Li, G. Wu, G. Yang, J. Peng, J. Zhao, and J.-J. Zhu, "Focusing on luminescent graphene quantum dots: current status and future perspectives," Nanoscale, vol. 5, no. 10, p. 4015, May 2013. W.-S. Kuo et al., "Graphene quantum dots with nitrogen-doped content dependence for highly efficient dual-modality photodynamic antimicrobial therapy and bioimaging," Biomaterials, vol. 120, pp. 185–194, Mar. 2017. B. H. S. Felipe, "Nanorevestindo fibras de PET com TiO₂ dopado com metal de transição para aplicação autolimpante," Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015. V. Salem, Tingimento têxtil: Fibras, conceitos e tecnologias, 1st ed. São Paulo: Blucher, 2010.

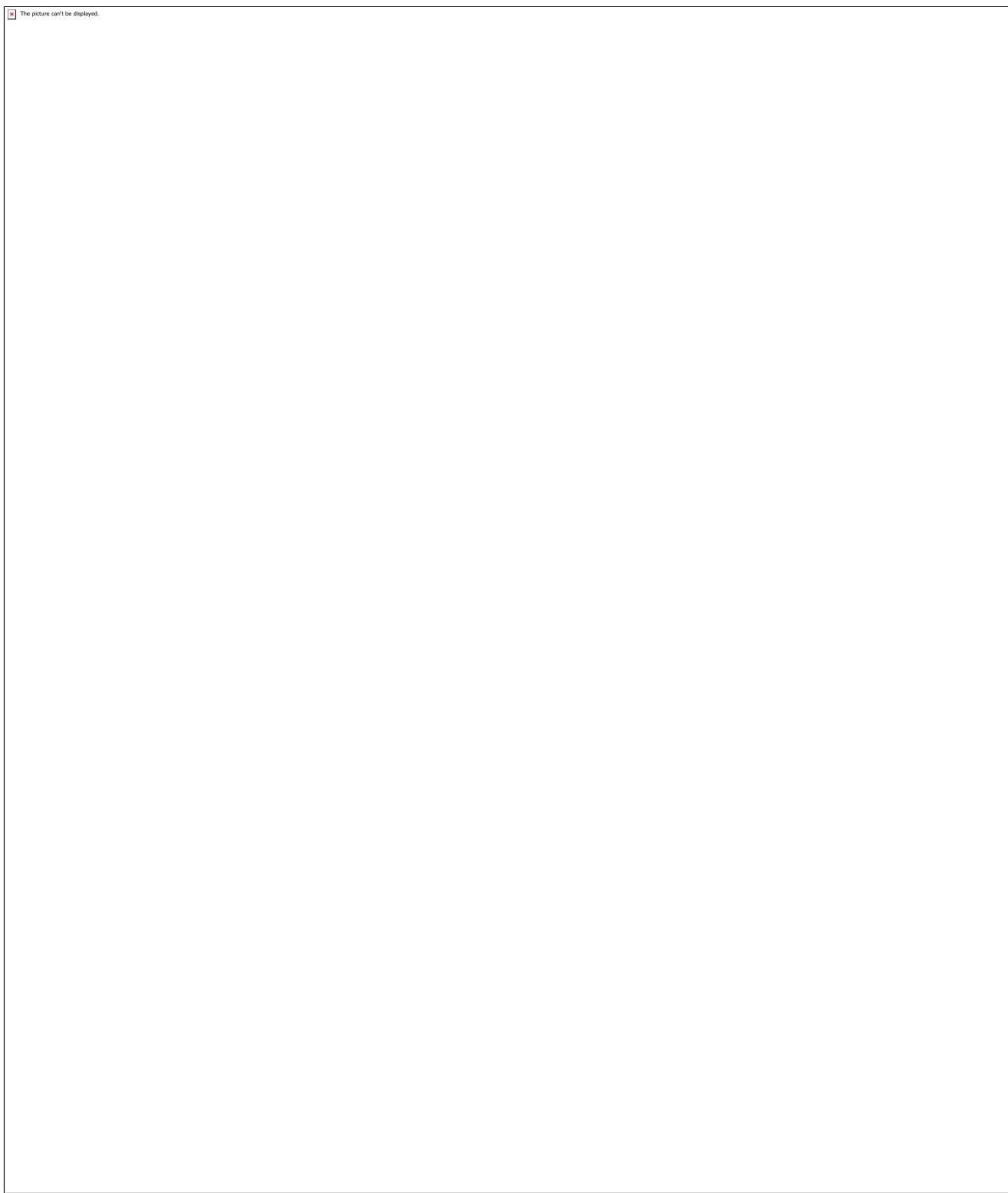
Anexos



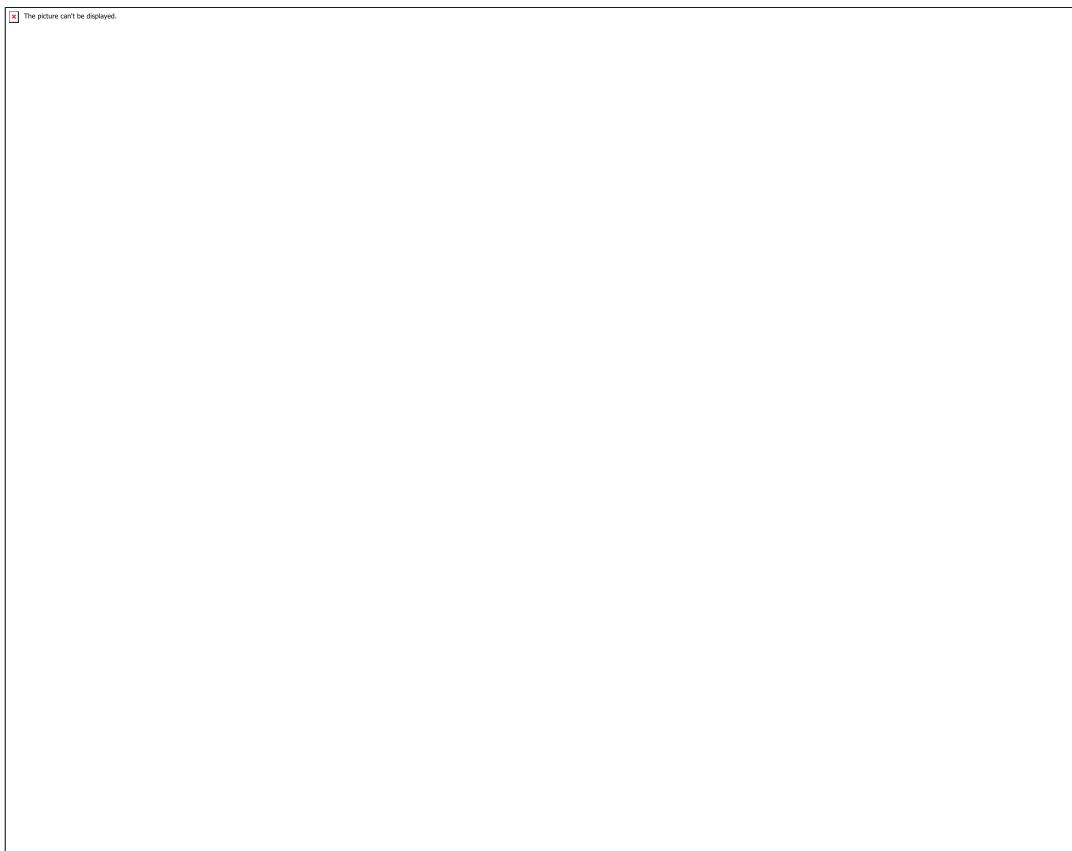
f2



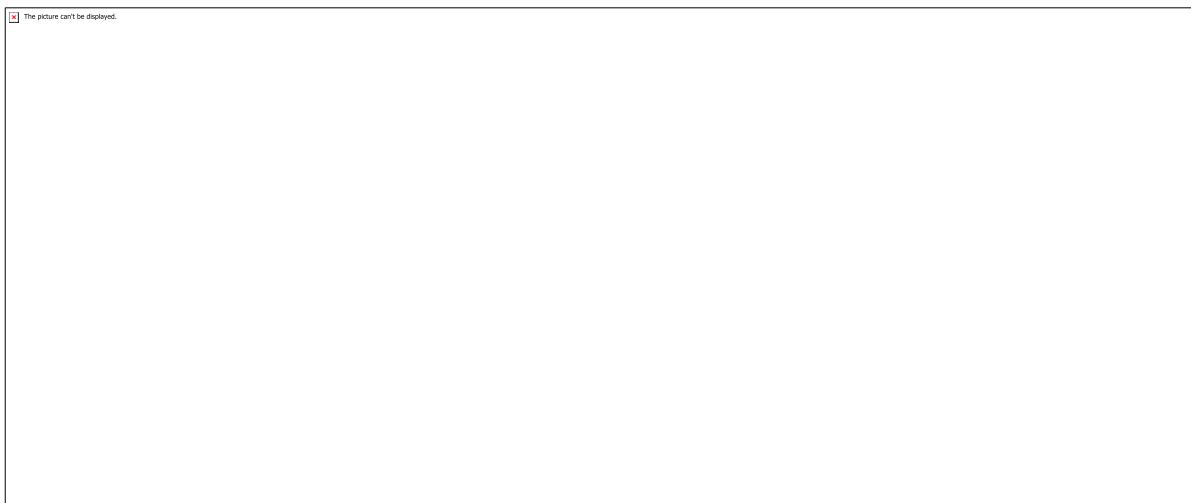
f3



f4



f5



f1

CÓDIGO: ET1420

AUTOR: GABRIEL DE BESSA SPINOLA

ORIENTADOR: EDMILSON LIRA MADUREIRA

TÍTULO: Tarefas de Base para a Análise de Desempenho de Lajes de Concreto Armado

Resumo

Embora lajes maciças sejam largamente adotadas em estruturas convencionais de concreto armado, seu dimensionamento envolve tarefas de abordagem delicada. Isso se deve, sobretudo, à ausência de consenso entre a diversidade de procedimentos aplicados à determinação dos deslocamentos e esforços. Desse modo, neste trabalho, é realizada a análise do desempenho mecânico de lajes maciças de concreto armado, apoiadas sobre elementos indeslocáveis e submetidas a um carregamento uniforme ao longo de toda sua superfície. O desenvolvimento de tal análise se dá mediante o Método das Grelhas e de sua adaptação pelo Método de Marcus, bem como a partir da Teoria das Placas Delgadas de Kirchhoff, considerando tanto as Tabelas de Barés como as soluções propostas por Navier e por Levi para a equação diferencial das placas. O objetivo em questão é comparar o comportamento do elemento estrutural obtido segundo os referidos modelos, todos eles tradicionais da prática do cálculo de estruturas na construção civil. Para o cumprimento desse propósito, foram elaborados códigos computacionais em linguagem C++ que aplicam os procedimentos de cada um dos métodos e permitem obter valores de deslocamentos e momentos para as lajes objeto de estudo. Os resultados alcançados mostraram-se consistentes.

Palavras-chave: Concreto Armado. Placas. Desempenho Mecânico. Análise.

TITLE: Basic Tasks for Mechanical Performance Analysis of Reinforced Concrete Slabs

Abstract

Even though conventional slabs are widely adopted in usual reinforced concrete structures, its design represents a task of delicate approach. That's mainly due to the lack of consensus among the several models applied to the internal forces and displacements determination. Therefore, in this work it is developed the mechanical performance analysis of conventional reinforced concrete slabs, supported by undeformable elements and submitted to a uniform load on its entire surface. Such analysis is carried out from the Grids Method and its adaptation by the Marcus Method, as well as from the Kirchhoff's Thin Plates Theory, considering both the Barés Tables and the solutions proposed by Navier and Levi to the Differential Equation of Plates. The objective in question is to compare the structural element behavior obtained from each one of them, which are all traditional models from the practice of structure calculating in construction. To fulfill this purpose, computational codes were created in C++ language that apply the procedure of each model calculates transverse displacements and moments on the la plate. The results achieved were consistent.

Keywords: Reinforced Concrete. Plates. Mechanical performance. Analysis.

Introdução

A determinação precisa de esforços solicitantes em lajes de concreto armado se trata de uma das atividades mais complexas da análise estrutural. É necessária uma

abordagem delicada, tendo em vista que a resposta mecânica das lajes face a um carregamento depende não somente do seu próprio desempenho, mas também de sua interação com as vigas sobre as quais se apoia. Soma-se a isso a ausência de consenso que tem perdurado até a atualidade entre a diversidade de procedimentos aplicados à determinação dos deslocamentos e esforços decorrentes das cargas solicitantes presentes nesse tipo de membro estrutural. A disponibilidade de aplicativos computacionais de alto desempenho permite a simulação de lajes a partir de elementos de placa, contemplando sua relação com os demais membros estruturais, e a obtenção dos parâmetros de desempenho mecânico considerando-se sua continuidade. Essa solução supostamente conduz a resultados precisos, mas assumir isso como certeza consiste em um grande engano, pois existem limitações envolvidas. Na verdade, os cálculos assim realizados estão longe de culminar em resultados irrefutáveis, uma vez que há que se considerar que o domínio do conhecimento da resposta comportamental do concreto ainda está por alcançar a plenitude. A operação de validação dos resultados obtidos mediante os códigos automáticos pode ser realizada a partir da adoção de procedimentos simplificados, adequados ao cálculo manual ou algoritmos de pequeno porte. Tais abordagens menos robustas também são úteis enquanto recursos para o dimensionamento e projeto envolvendo unidades construtivas mais modestas, a exemplo de edificações de suporte a residências e às atividades comerciais e industriais de menor expressão. Podem, inclusive, se apresentar como ferramentas de trabalho relevantes, haja vista seu potencial para despertar e aprimorar a sensibilidade do estudante de curso de graduação em Engenharia Civil, bem como do calculista de estruturas principiante, na análise de desempenho mecânico de membros estruturais similares. Portanto, ainda que, evidentemente, possuam maiores limitações, como a necessidade de trabalhar com painéis isolados ao invés de uma laje contínua, os modelos simplificados, utilizados desde os primórdios de projetos estruturais, mantêm sua importância. O objetivo deste trabalho é a análise comparativa de desempenho mecânico de lajes de concreto armado, apoiadas sobre elementos indeslocáveis e submetidas a um carregamento uniforme ao longo de toda sua superfície. Com isso, visa-se a consubstanciar a análise decisória quanto à filosofia de cálculo mais apropriada a adotar com vistas à melhoria da qualidade dos resultados obtidos para a distribuição e a intensidade dos esforços objeto de atenção. A referida análise se desenvolve mediante modelos simplificados, tradicionais da prática do cálculo de estruturas de construção civil: o Método das Grelhas e sua adaptação pelo Método de Marcus e a Teoria das Placas Delgadas, considerando tanto as Tabelas de Barés, como as soluções propostas por Navier e por Lévi. A realização do trabalho proposto justifica-se pelo fato de as lajes maciças serem, ainda, largamente recomendadas e efetivamente adotadas em estruturas convencionais de concreto armado e, seu cálculo, na acepção mais conservadora, ainda integrar o conteúdo programático das disciplinas de estruturas de concreto armado das universidades brasileiras. Entende-se, inclusive, neste trabalho, como requisito pertinente ao refinamento dos modelos de cálculo voltados para a análise de lajes de concreto armado e sua interação com outros membros estruturais aos quais elas possam estar vinculadas.

Metodologia

A análise deste trabalho esteve pautada na determinação de deslocamentos e esforços a partir do Método das Grelhas, do Método de Marcus, da Tabelas de Barés e das soluções de Navier e de Lévi para a Equação Diferencial de Lagrange. O Modelo de Kirchhoff, baseado na Teoria da Elasticidade, que culmina na Teoria das Placas Delgadas, é aplicado aos casos em que o sólido estrutural é constituído de material elástico linear, homogêneo e isotrópico, de espessura muito inferior às suas dimensões

em planta, para a qual, inclusive, é aplicável a proposta de Bernoulli. A esse modelo corresponde uma equação diferencial parcial de quarta ordem, conhecida como Equação Diferencial das Placas, para a qual Navier e Lévi propuseram soluções fundamentadas em aproximações numéricas por séries trigonométricas, aplicáveis a alguns casos particulares de condição de contorno. As tabelas de Barés dirigidas a lajes retangulares, Araújo (2014), apresentam parâmetros adimensionais em termos de deslocamentos e esforços, determinados a partir da Teoria das Placas, que devem ser empregados para o cálculo dos deslocamentos e dos esforços finais. Já o Método das Grelhas se aplica a laje concretada monoliticamente com as vigas, despreza a rigidez à torção do membro estrutural e o concebe como a reunião de faixas com largura unitária segundo as duas direções horizontais. Em cada uma das direções, essas faixas trabalham individualmente, livres das tensões cisalhantes das faixas adjacentes, e são ligadas às faixas que lhes são perpendiculares apenas nos pontos de intersecção de seus eixos longitudinais. O par de faixas perpendiculares entre si cujos eixos interceptam-se no ponto ao centro da laje, são tomadas como referência para fins de consideração da condição de compatibilidade cinemática. Com base em tal condição definem-se as parcelas de carga que serão conduzidas aos apoios, através de cada uma dessas faixas mutuamente perpendiculares. Assim, cada uma dessas faixas de laje é calculada considerando-se que funcionam como vigas de seção transversal retangular de pequena altura igual à espessura da laje, também conhecidas como vigas chatas. Os postulados da Resistência dos Materiais são então aplicados à dedução das equações de determinação de parâmetros adimensionais relativos a deslocamentos e esforços internos. A adaptação desse modelo pelo Método de Marcus consiste na aplicação de coeficientes, denominados Coeficientes de Marcus, aos momentos fletores positivos com vistas a incluir os efeitos de torção da laje. Sobre a formulação relativa ao Método das Grelhas e às soluções de Navier e de Lévi para a Equação Diferencial da Placa, foram desenvolvidos códigos computacionais em linguagem automática C++. Seu algoritmo consiste em, primeiramente, receber do usuário dados de entrada referentes a características geométricas do elemento estrutural, à intensidade do carregamento aplicado e a parâmetros físicos material constituinte. Em seguida, empregar a sistemática de cada um dos modelos de cálculo para calcular deslocamentos transversais, momentos fletores e momentos torsóres. Por fim, obter parâmetros adimensionais associados aos referidos esforços e deslocamentos. Foi utilizado ainda um aplicativo computacional gerador de imagens, elaborado em DELPH, denominado PROJECT 1, MADUREIRA e SILVA (2013). Por meio dele, os dados alcançados através do código apresentado anteriormente foram tomados como base para a produção de imagens de campos de deslocamento e de esforços, distribuídos ao longo da superfície do elemento. Todo esse suporte computacional foi aplicado à análise de desempenho mecânico de membros estruturais laminares modelados submetidos a uma carga uniformemente distribuída e apoiados sobre um grupo de vigas de pouca flexibilidade ao ponto de poderem ser consideradas como vínculos rígidos. Além disso, os elementos objeto de estudo são manufaturados em concreto C 30 e armados mediante fios de aço CA 60, com os parâmetros físicos pertinentes avaliados e fixados conforme as recomendações da NBR 6118/2014, Normas Brasileiras para o Projeto de Estruturas de Concreto. Os membros estruturais assim definidos foram diversificados em uma série de casos distinguidos entre si pela relação entre os comprimentos dos seus vãos nas duas direções, bem como pelas suas condições de bordo. A distinção segundo essa segunda característica culminou na seguinte classificação: a condição apoiada simplesmente apoiada nos quatro bordos é identificada como “caso 01”; a condição biengastada na direção x e simplesmente apoiada na direção y, “caso 02”; a condição engastada e apoiada na direção x e simplesmente apoiada na direção y, “caso 03”. As três situações estão indicadas, respectivamente, nos trechos (a), (b) e (c) da Figura 1. A análise foi realizada em duas etapas. A primeira era voltada para uma placa

em que uma das dimensões foi fixada em $L_x = 4,00$ m e para a dimensão L_y , foram considerados 11 (onze) comprimentos diferentes, de modo a estabelecer-se para a razão $\lambda = L_x / L_y$ os valores: 1,00; 1,10; 1,20; 1,30; 1,40; 1,50; 1,60; 1,70; 1,80; 1,90 e 2,00. Foram então determinados os parâmetros adimensionais referentes a deslocamento transversal e momentos para assim permitir-se a análise de tendência. Na segunda etapa de análise, também envolvendo duas placas, para o mesmo valor da dimensão $L_x = 4,00$ m da primeira placa, foram considerados três comprimentos diferentes, no caso, 4,00 m; 5,00 m; e, 6,00 m, para o vão L_y , estabelecendo-se a comparação dos resultados pertinentes e gerando-se as imagens referentes aos campos de deslocamentos e aos campos de esforços ilustrando a variação desses parâmetros em toda a extensão da laje.

Resultados e Discussões

A partir dos resultados obtidos na primeira etapa de análise, foram produzidos gráficos comparativos exibidos nas Figuras 2, 3, 4, e 5 nos quais se plotaram os valores dos parâmetros adimensionais associados aos deslocamentos transversais, aos momentos fletores e aos momentos torsores, segundo a relação λ . Uma vez examinados, constata-se que os valores calculados, para o caso 01, mediante a solução de Lévi coincidem, absolutamente, com os seus correspondentes determinados conforme a série trigonométrica dupla de Navier. Além disso, os parâmetros extraídos das Tabelas de Barés coincidem, praticamente, com seus correlatos obtidos tanto pela solução de Lévi, em todos os casos, como pela solução de Navier, no caso 01. Os deslocamentos verticais ao centro do vão, Figura 2, calculados a partir das soluções baseadas na Teoria das Placas revelaram-se sensivelmente menores que os seus correspondentes determinados a partir do Método das Grelhas, conforme já foi reportado por SILVA e CASHELL (2015) e por MADUREIRA et al (2017). Essa tendência deve ser associada ao fato de o Método das Grelhas desprezar a rigidez ao cisalhamento. Por outro lado, os momentos fletores constatados ao centro do vão, calculados em ambas direções via Teoria das Grelhas-Método de Marcos, mostraram-se menores. No caso 01, A diferença entre a magnitude dos deslocamentos é maior quanto menor for a relação λ entre os vãos da laje, reduzindo de 37%, para $\lambda=1,0$, a 17%, para $\lambda=2,0$. As diferenças entre as magnitudes dos momentos fletores positivos na direção "x", Figura 3, apresentaram comportamento similar, variando de 17% a 5% se comparados os resultados da Teoria das Placas com aqueles obtidos via Método das Grelhas-Método de Marcos, e de 29% a 15% se comparados os resultados da Teoria das Placas com aqueles obtidos via Método das Grelhas. A mesma tendência pode ser observada com os momentos fletores positivos na direção "y", Figura 4, se comparados os resultados da Teoria das Placas com aqueles obtidos via Método das Grelhas, decrescendo de 29% a 15%. Entretanto, é importante notar que primeiramente essa diferença reduz quando a relação λ varia de 1,0 a 1,6 e, a partir daí, tende a aumentar. Já comparando os resultados da Teoria das Placas com aqueles obtidos via Método das Grelhas-Método de Marcos, a diferença possui comportamentos diversos, aumentando de 24% a 36% à medida que λ varia de 1,0 a 2,0. Para os casos 02 e 03, o comportamento da diferença tanto para os deslocamentos como para os momentos segue a mesma tendência apresentada no caso 01, distinguindo-se apenas pelos valores numéricos em si. Vale ressaltar que os referidos valores resultaram significativamente menores. Para os momentos fletores negativos, Figura 5, presentes somente nos casos 02 e 03, os resultados revelaram uma coincidência satisfatória entre os dados adquiridos a partir de todos os modelos de cálculo. Com relação à segunda etapa de análise, os resultados obtidos pela solução de Navier apresentaram uma concordância muito boa com aqueles calculados via solução de Lévi. Em todos os casos, os deslocamentos transversais, os

momentos fletores e os momentos torsóres demonstraram comportamento similar, diferenciando-se, evidentemente, pelos seus valores numéricos. Para o caso 01, de acordo com os resultados correspondentes à dimensão segundo a direção "y" $Ly = 6,00$ m, uma vez atingida a configuração de equilíbrio referente ao carregamento aplicado, os campos de deslocamentos transversais, momentos fletores e momentos torsóres se estabeleceram conforme a Figura 6. Nos demais casos, esses parâmetros se apresentaram de maneira similar, conforme suas condições de contorno. Algumas considerações, no entanto, devem ser feitas. Em primeiro lugar, o campo de deslocamentos transversais pode induzir a ideia de que, numa faixa próxima ao apoio engastado, ao longo de toda a direção sobre a qual se estende, o deslocamento tem valor nulo. Pode-se observar esse fato na Figura 7, referente aos casos 02 e 03 para uma placa de dimensão $Ly = 6,00$ m. Todavia, isso ocorre devido à precisão adotada pelo algoritmo do código computacional para os valores numéricos que dão suporte à geração das imagens. Outro ponto digno de atenção é que, para os casos analisados, conforme revelado pelos estudos desenvolvidos durante a realização deste trabalho, os dados provenientes das Tabelas de Barés referentes aos momentos positivos My correspondem ao maior momento atuante num ponto da placa localizado sobre a coordenada "y" equivalente à metade do vão nessa direção, ou seja, os pontos C e C', Figura 8. Entretanto, para as situações envolvendo lajes com apoios engastados e assumindo a relação λ seus maiores valores, o momento positivo pode não atingir seu máximo sobre a referida coordenada, mas em regiões fora dele, os pontos D e D'. Por exemplo, tomando as dimensões $Lx = 4,00$ m e $Ly = 6,00$ m para o caso 02, o momento My máximo sobre o eixo de simetria na direção "x" é $My = 1,38$ kNm/m, enquanto o seu máximo em toda a placa vale $My = 1,78$ kNm/m, o que corresponde a uma diferença de aproximadamente 29%. Para o caso 03, por sua vez, tomando as mesmas dimensões, o momento positivo My máximo sobre o eixo de simetria na direção "x" é $My = 2,40$ kNm/m, ao passo que o máximo geral vale $My = 2,61$ kNm/m, diferindo 9% entre si.

Conclusão

No primeiro estágio de análise, identifica-se, a partir dos resultados obtidos, uma concordância muito próxima entre os coeficientes das Tabelas de Barés e os valores determinados através da Teoria das Placas Delgadas de Kirchhoff. Esses resultados revelam também que os deslocamentos transversais e os momentos fletores calculados por meio do Método das Grelhas apresentam valores maiores que seus correspondentes calculados via Teoria das Placas Delgadas de Kirchhoff, uma vez que o primeiro desconsidera a rigidez ao cisalhamento. Para os momentos fletores negativos, mostram uma concordância satisfatória entre todos modelos de cálculo. As diferenças entre as magnitudes dos deslocamentos transversais são tão menores quanto maior for a relação λ entre as dimensões, segundo as duas coordenadas, do elemento estrutural. Além disso, possuem valores expressivos quando se observa a realidade de que os referidos deslocamentos ao longo do tempo, de acordo com o exposto na NBR 6118/2014, já são superestimados. Por sua vez, os momentos positivos determinados a partir do Método das Grelhas adaptado pelo Método de Marcus apresentam os menores valores dentre os demais resultados obtidos através de todos os outros modelos considerados neste trabalho. Devido à redução do momento fletor positivo na direção "x" promovida pelo processo de adaptação plástica, a diferença em sua magnitude deve ser diminuída, portanto a aplicação do Método de Marcus de fato se mostra adequada para a determinação desse esforço. Por outro lado, o aumento do momento fletor positivo na direção "y", causado pelo mesmo fenômeno, faz com que a diferença desse em relação aos demais cresça, revelando a necessidade de os coeficientes de Marcus serem avaliados e ajustados. A partir das imagens dos campos

sobre a superfície das lajes, cuja geração foi objeto de estudo do segundo estágio de análise desenvolvida neste trabalho, observa-se que o produto obtido pela solução de Navier coincide com aquele obtido via solução de Lévi. Por meio delas, nota-se também que as Tabelas de Barés apresentam coeficientes para os momentos fletores M_y correspondentes ao maior momento atuante num ponto da placa localizado sobre a coordenada "y" equivalente à metade do vão nessa direção. Enquanto isso, para os casos 02 e 03, os máximos valores desses esforços internos são atingidos numa região afastada do referido eixo. A diferença resultante entre tais modelos de cálculo chega a alcançar 29%, de modo que, se um projetista optar por utilizar as Tabelas de Barés para desenvolver o dimensionamento de lajes, tal conduta certamente aumentará o risco de ruptura do material.

Referências

S. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger. Theory of Plates and Shells. 2a Edição. McGraw-Hill, Londres, 1989. R. Szilard. Theories and Applications of Plate Analysis. John Wiley & Sons, Inc., 2004. J. M. Araújo. Curso de Concreto Armado. Volume 2. Editora Dunas. Rio Grande, 2014. R. D. Cook, D. S. Malkus, and M. E. Plesha. Concepts and Applications of Finite Element Analysis. John Wiley e Sons. Nova York, 1989. [5] E. L. Madureira and A. L. A. Silva. Project1 – Programa para visualização de campos de tensões resultantes de análises não lineares de modelos bidimensionais de elementos finitos. Versão 1.0, Rio Grande do Norte: DEC/UFRN, 2013. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118/2014. Projeto de Estruturas de Concreto Armado - Procedimento, 2014. A. L. A. Silva and K. Cashell. Ultimate Behaviour in Composite Floor Slabs. Summer Project for Study Abroad Programmes. Londres. Brunel University, 2015. E. L. Madureira, E. M. Medeiros and A. L. A. Silva. Análise Numérica Comparativa de Modelos Aplicáveis ao Projeto de Lajes de Concreto. 59 Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonçalves, 2017.

Anexos

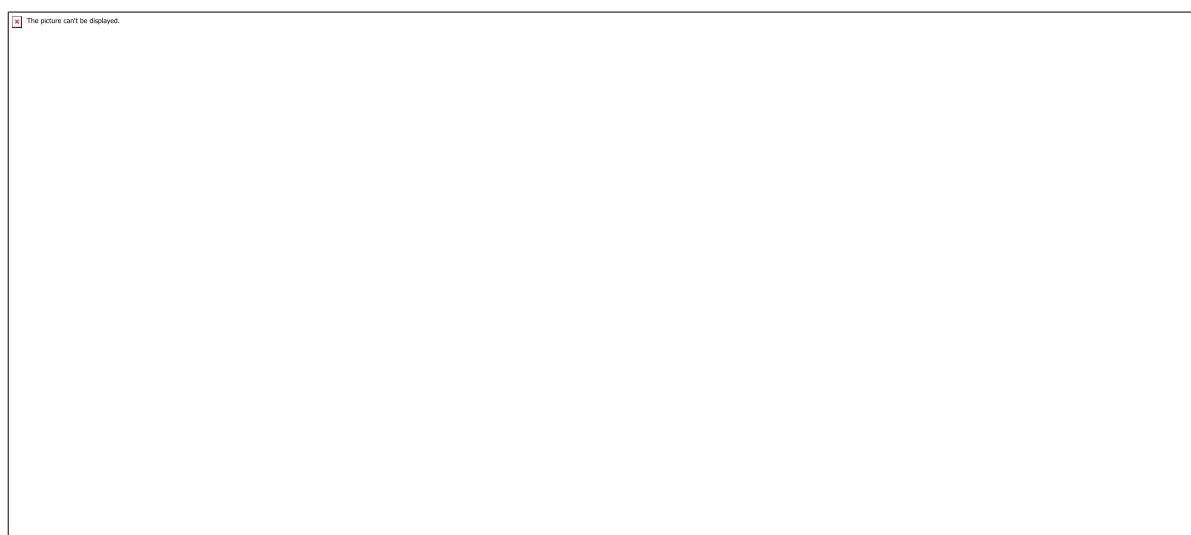


Figura 1 - Condições de bordo das placas

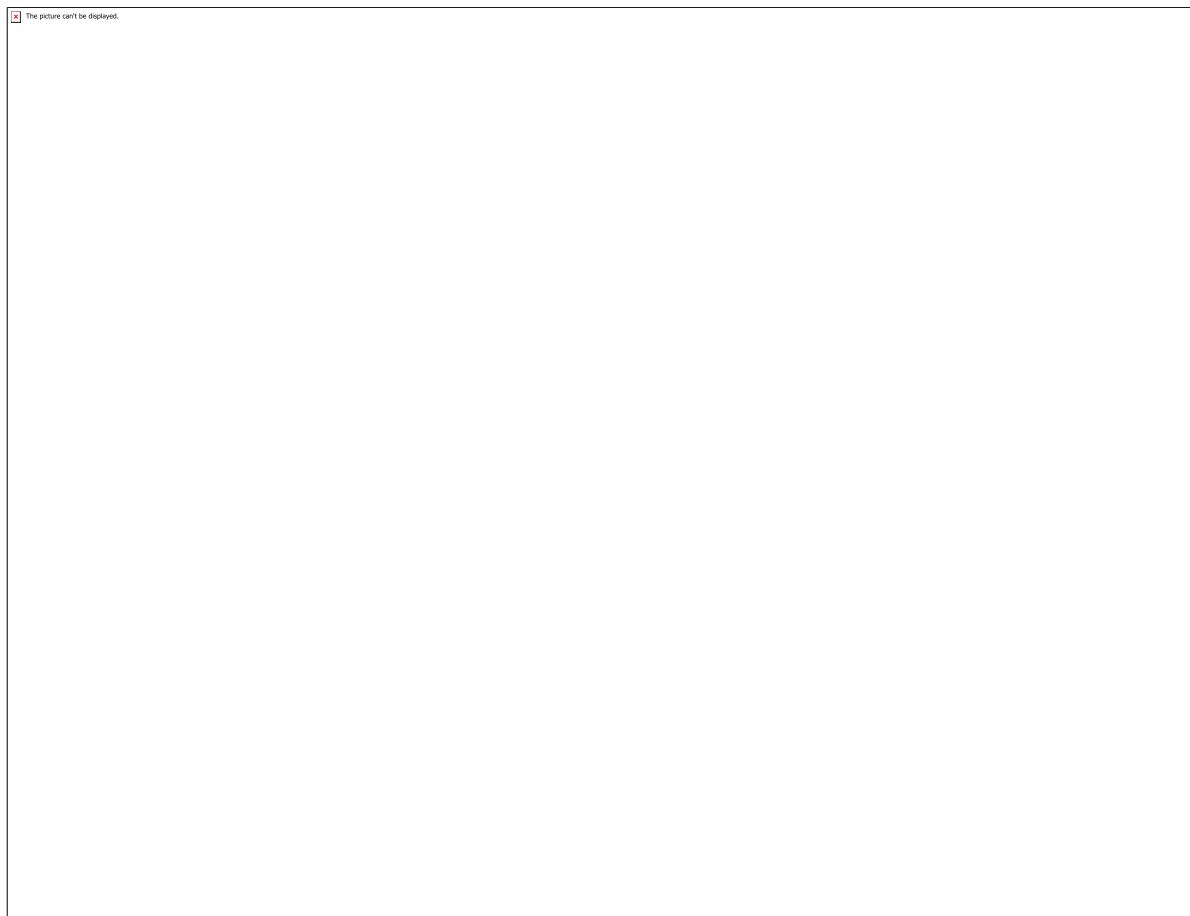


Figura 2 - Parâmetros adimensionais dos deslocamentos transversais

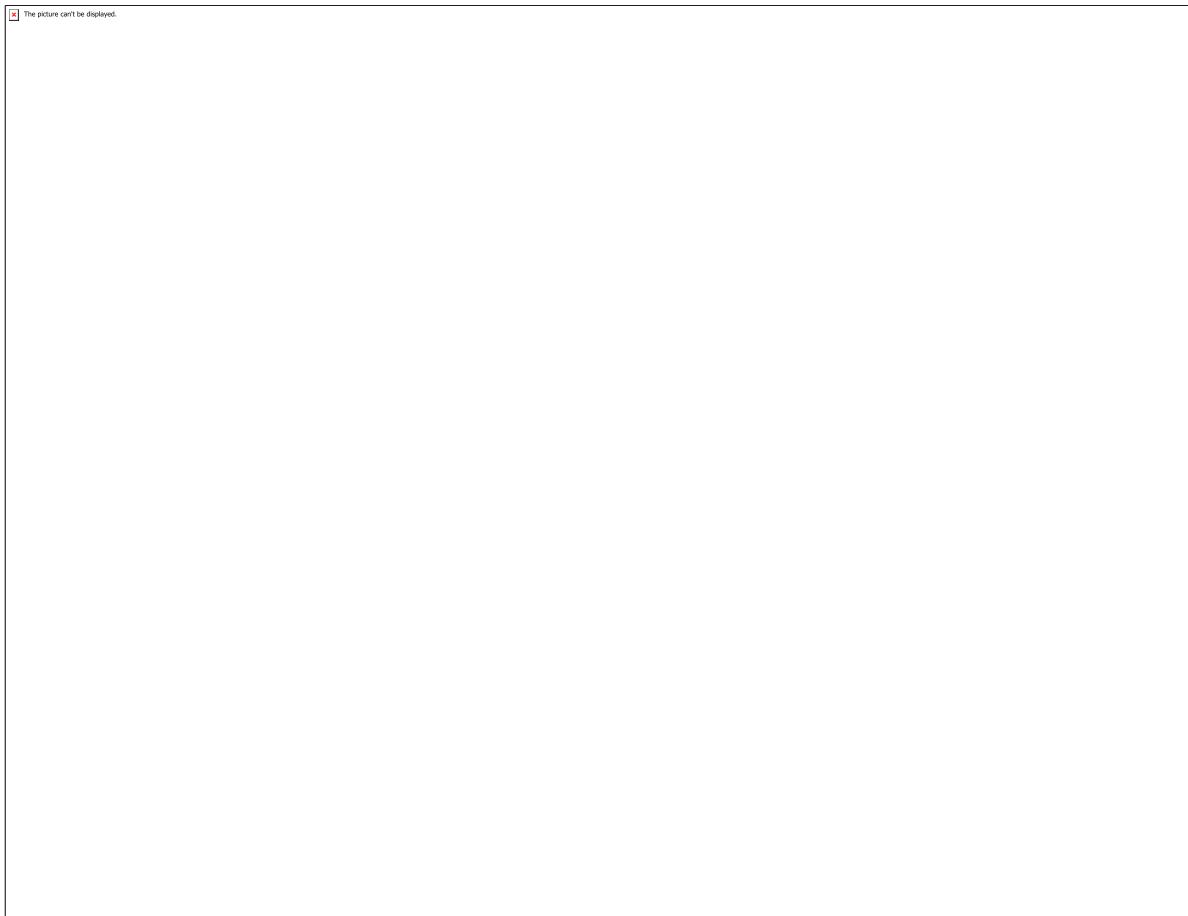


Figura 3 - Parâmetros adimensionais dos momentos fletores positivos ao longo da direção x

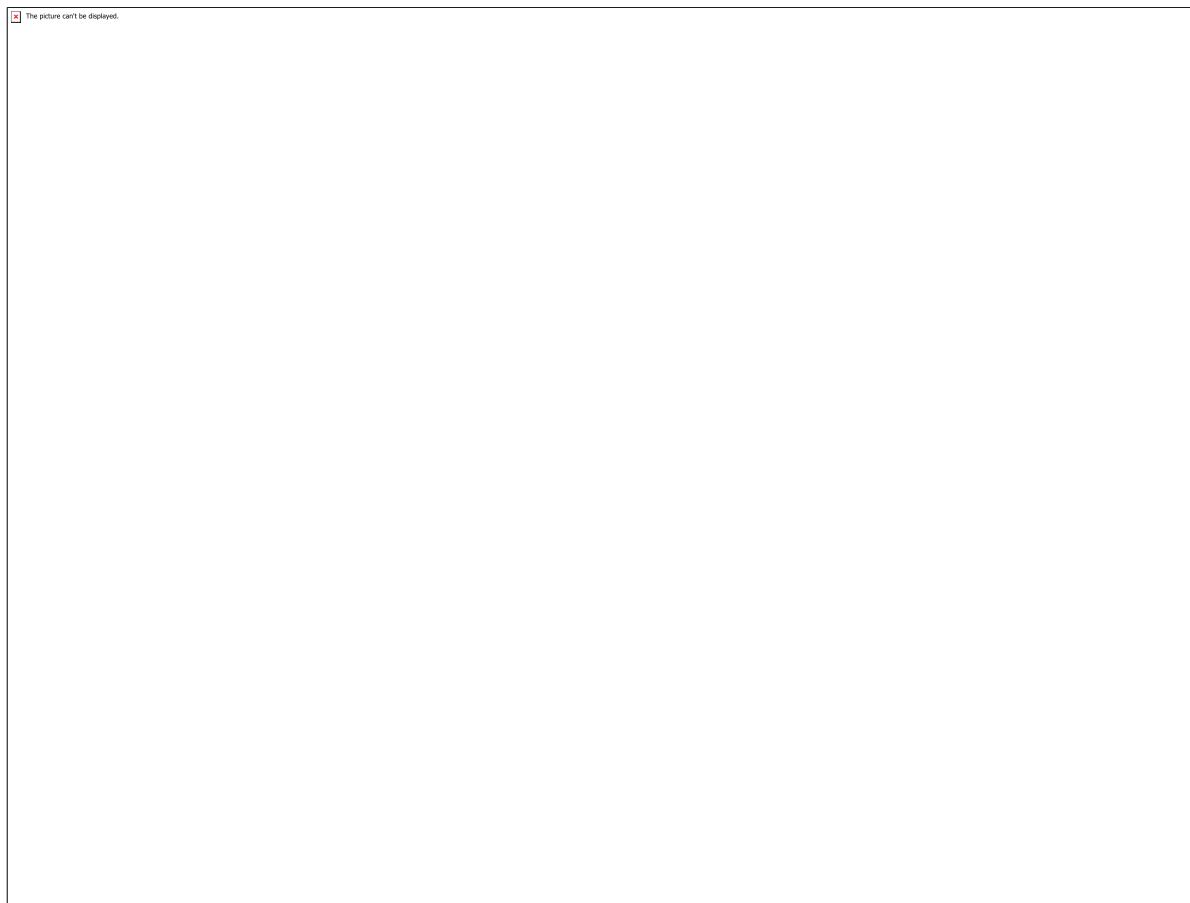


Figura 4 - Parâmetros adimensionais dos momentos fletores positivos ao longo da direção y

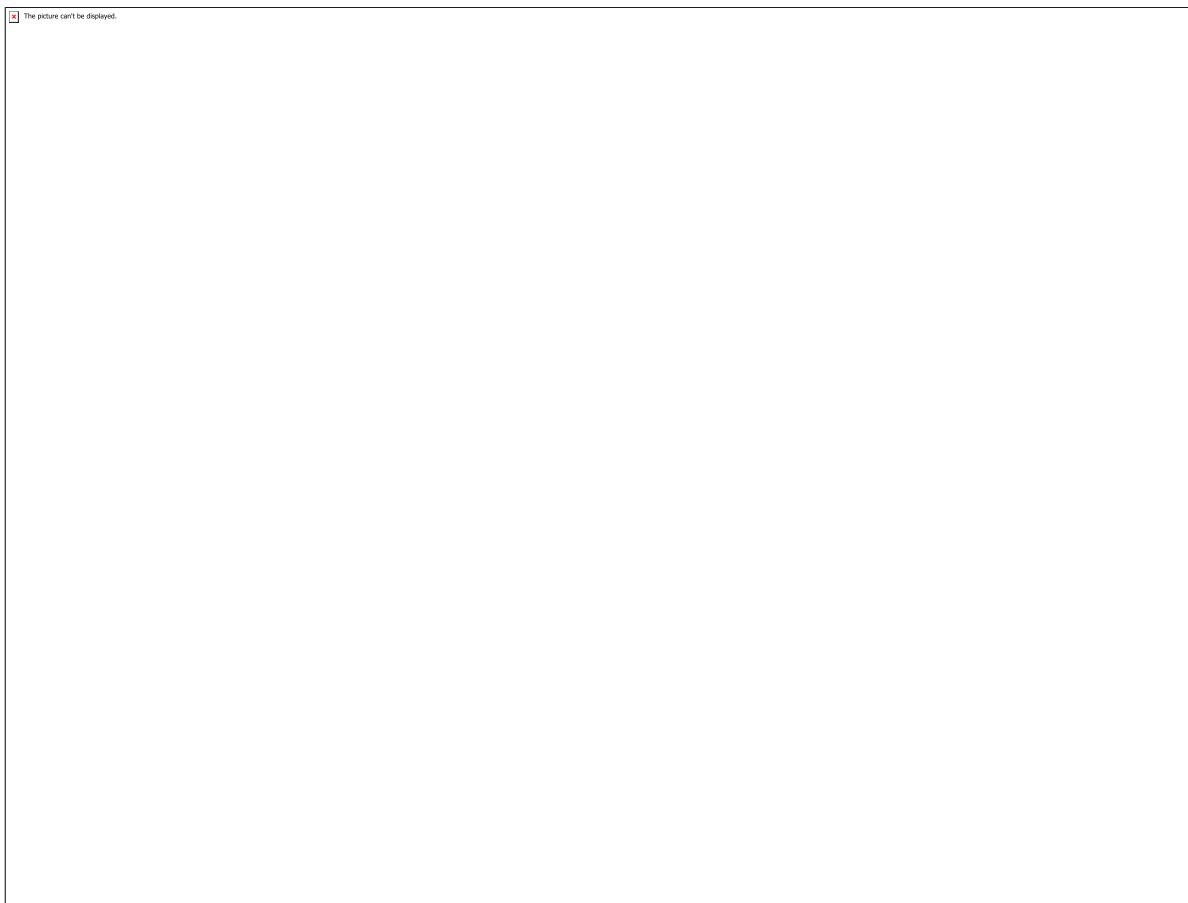


Figura 5 - Parâmetros adimensionais dos momentos fletores negativos

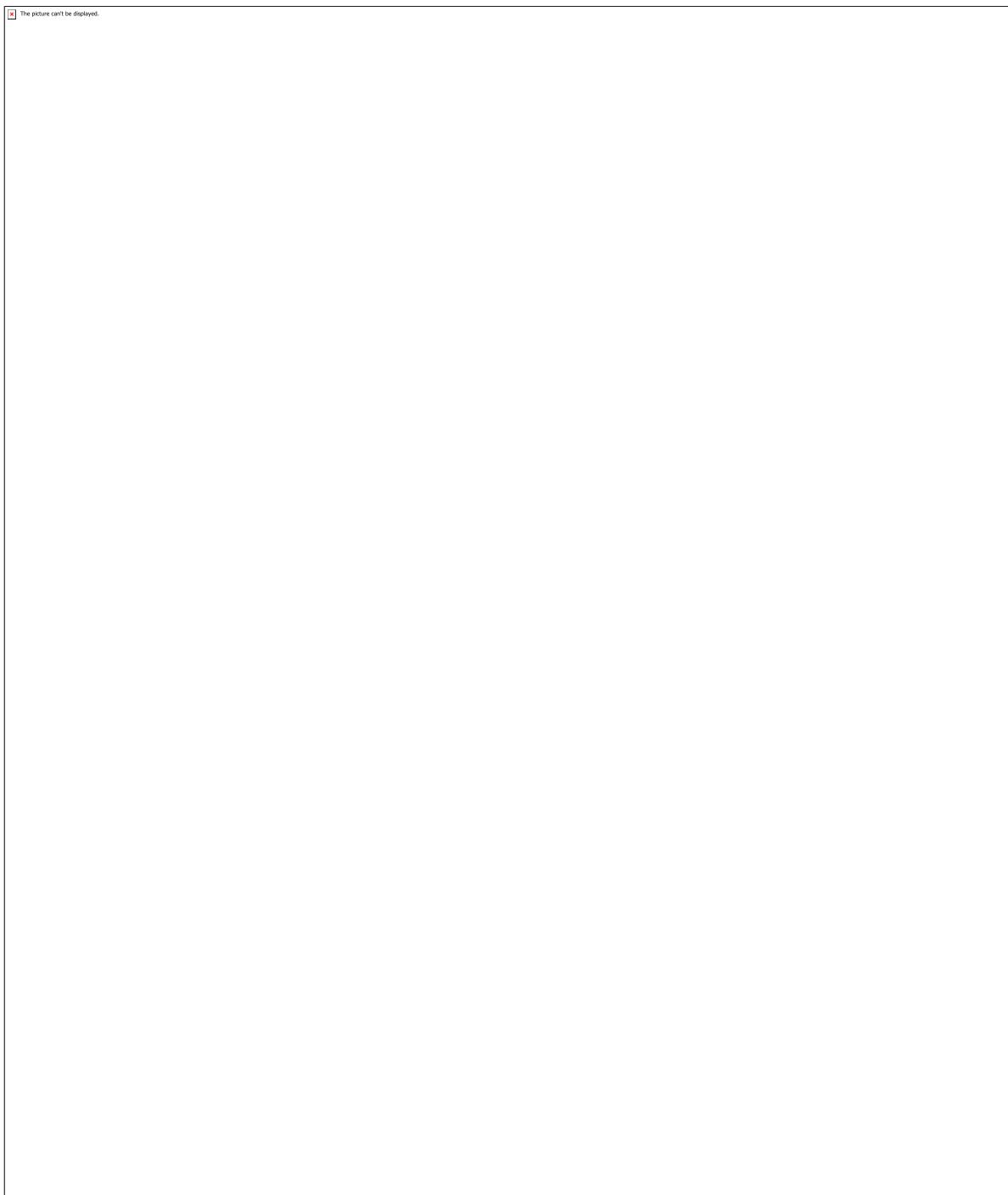


Figura 6 - Campos de deslocamentos e esforços internos - Caso 01 - Dimensões 4,00 x 6,00 m

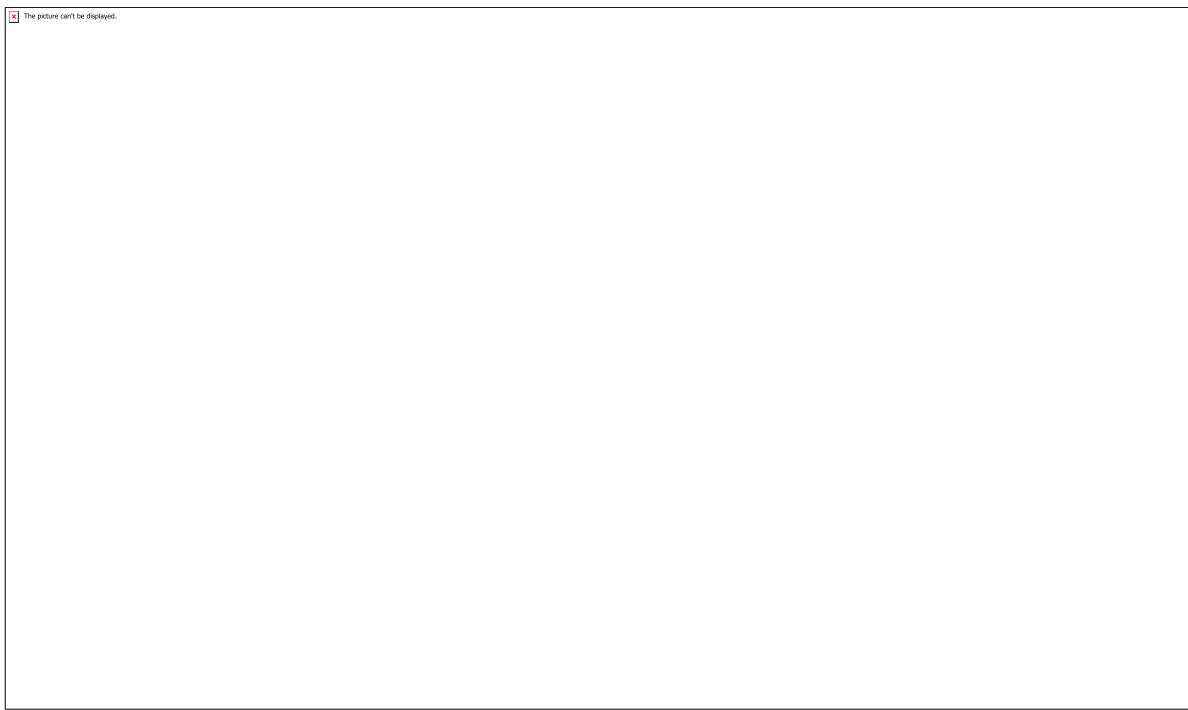


Figura 7 - Campos de deslocamentos para (a) Caso 02 e (b) Caso 03

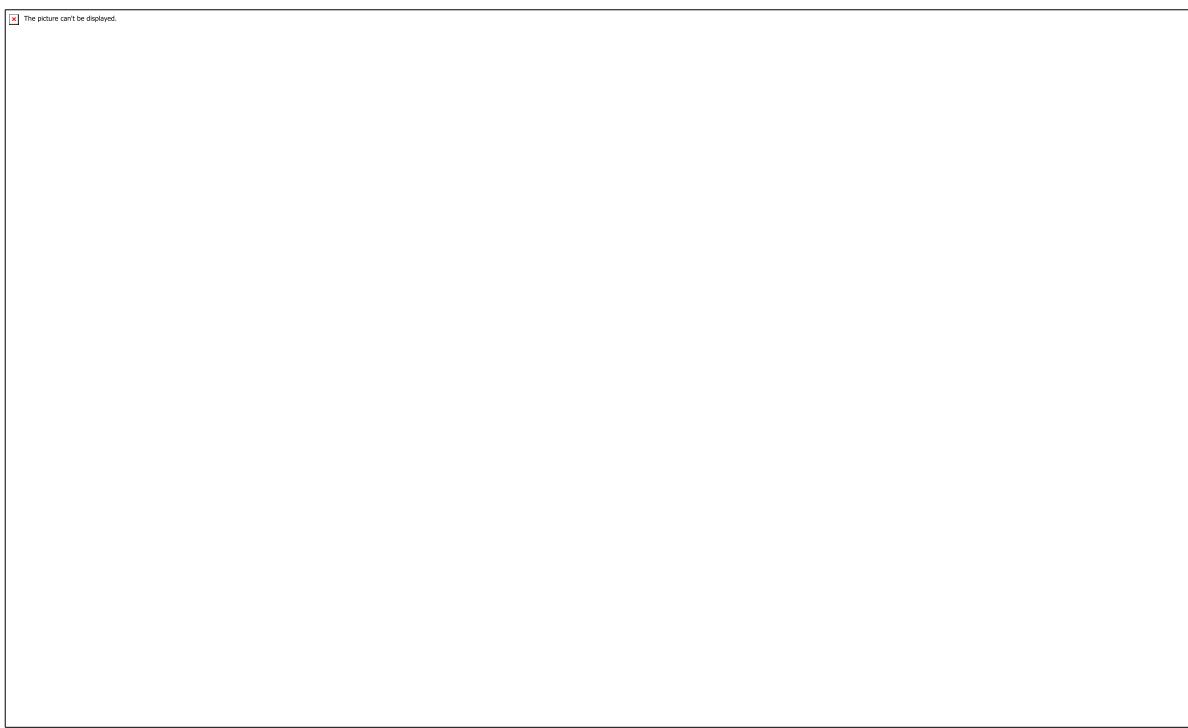


Figura 8 - Campos de momentos fletores M_y para (a) Caso 02 e (b) Caso 03

CÓDIGO: ET1433

AUTOR: PAULO HENRIQUE DA SILVA ALBUQUERQUE JÚNIOR

ORIENTADOR: ADAILDO GOMES D ASSUNCAO

TÍTULO: A comparação entre monopolos planares UWB de diferentes formatos com a mesma área

Resumo

Este trabalho apresenta uma análise teórica e experimental sobre as propriedade das antenas de microfita e o estudo comparativo de área para diferentes formatos para sistema de banda ultra larga. O estudo partiu da análise do patch rectangular de microfita operando na faixa de 3.5GHz com o plano de terra truncado e por sua vez, foi observado a equivalência de área para que o patch circular e hexagonal tivesse a mesma frequência de operação e uma banda ultra larga. Foram construídos três protótipos com diferentes geometrias, partindo dá geometria básica da estrutura rectangular. Foi observado uma boa concordância entre os resultados medidos e simulados. Assim, este trabalho tem como objetivo o efeito comparativo de área entre diferentes monopolos com banda ultra larga.

Palavras-chave: Antena de microfita;monopolio de microfita;patch rectangular;

TITLE: The monopole microstrip antenna properties and a comparative study of different patch geometries for Ultra Wide Band systems applications

Abstract

This paper presents an experimental analysis on the monopole microstrip antenna properties and a comparative study of different patch geometries for Ultra Wide Band systems applications. This work started with the analysis of a rectangular microstrip patch antenna with truncated ground plane operating at 3.5 GHz and considers the equivalence between the patch area and its resonance frequency. Three antenna prototypes were fabricated, one with rectangular patch, one with circular patch and one with hexagonal patch, all of them with the same area. A good agreement was observed between the simulation and measured results, validating the analysis.

Keywords: UWB;Microstrip antenna;microstrip monopole;circular patch;

Introdução

Os estudos sobre a tecnologia ultra-wideband (UWB) vem se mostrando muito atrativos desde que a Comissão Federal de Comunicações (FCC) alocou a banda de 3.1 a 10.6 GHz para sistemas comerciais de comunicação sem fio [1], [2]. O desenvolvimento de dispositivos que atendam essa tecnologia tem sido amplamente investigados, no qual o componente primordial para a obtenção deste resultado são as antenas. Diversos estudos sobre o desenvolvimento de antenas compactas, com baixo peso, baixo custo e que atendam a tecnologia UWB [3]–[5], com base nisso foi realizado um estudo sobre a equivalência de área entre diferentes formatos de patch de microfita e suas respostas em frequência, a fim de obter novos tipos de estrutura, mais compactas e eficientes, para a construção de antenas de microfita.

Metodologia

Ao todo, neste trabalho, foram realizadas simulações para três antenas de microfita com formato de patch distintos através do software comercial ansoft HFSS, bem como a construção de protótipos e medição de seus parâmetros. Foi objeto de estudo deste relatório a relação entre área e resposta em frequência das antenas para diferentes formatos de patch, com objetivo de projetar antenas com diferentes geometrias a partir da antena de patch retangular, modelo clássico e amplamente difundido na literatura [6]. Para o cálculo dos valores de W_p e L_p , foi utilizado o equacionamento simplificado mostrado no livro do Balanis [6]. Para efeito de construção e análise dos casos, utilizamos a frequência de operação de 3.5GHz, onde foi observado por meio de simulações um descasamento em todas as antenas. Para corrigir o descasamento e garantir uma resposta com maior largura de banda, foi utilizado a técnica de truncamento do plano terra, garantindo então que as antenas operassem como ultra-wideband (UWB). Para construção e simulação das antenas foi utilizado como componente condutor o laminado de cobre (cu) e como componente dielétrico a fibra de vidro (FR4), possuindo uma espessura de 1.57mm, constante dielétrica $\epsilon_r = 4.4$ e tangente de perda $\tan(\delta)=0.02$.

Resultados e Discussões

Nesta seção serão apresentados os resultados coletados através da simulação de três formatos de patch distintos, sendo eles retangular, circular e hexagonal. Foram analisados a perda de retorno (parâmetro $S(1,1)$) e o diagrama de radiação obtidos em cada antena. Monopolio Retangular Por utilizar um truncamento no plano terra, a estrutura se comporta como um monopolo. Podemos constatar ao analisar o diagrama de radiação um comportamento semelhante ao diagrama de um monopolo regular, constatando sua característica omnidirecional. Os valores obtidos para as dimensões do patch na Fig. 1 estão descritos na Tabela I, com o valor de sua área, calculada pelo produto simples de W_p por L_p , fundamental para o cálculo dos monopolos posteriores. Monopolio Circular Como esperado, o diagrama de radiação do monopolo com Patch hexagonal possui características semelhantes e também constitui um diagrama omnidirecional. Os valores obtidos para as dimensões do patch da Figura 3 estão descritos na Tabela II, com o valor de sua área, caculada através da equivalência com o patch retangular. Monopolio Hexagonal Como esperado, o diagrama de radiação do monopolo com Patch circular possui características semelhantes e também constitui um diagrama omnidirecional. Os valores obtidos para as dimensões do patch da Figura 5 estão descritos na Tabela III com o valor de sua área, caculada através da equivalência com o patch retangular. Na figura 7 é mostrada a comparação entre o coeficiente dereflexão das três antenas simuladas. Podemos observar que todas as antenas operam em UWB para a frequência de 3.5 GHz, e que tanto a antena com formato hexagonal quanto a antena com formato circular obtiveram respostas ainda melhores se comparadas com o modelo retangular, possuindo uma maior largura de banda, menor perda de retorno e ressoando em diversos outros valores de frequência. Como mostrado na seção III, o modelo sugerido apresentou bons resultados através das simulações. Para verificar estes resultados foram criados protótipos das antenas, como mostrado na Figura 5. O setup de medição utilizado é formado pelo Network Analyzer E5071C, um cabo de 50 ohms, um conector tipo SMA e um conector tipo N, mostrados na figura 9. O primeiro caso, é referente ao monopolo de patch retangular, o resultado pode ser observado na figura 10. Podemos observar na figura 10 que o resultado medido, assim como no simulado, apresentou duas bandas de operação. Os resultados obtiveram grande concordância, evidenciando que o monopolo apresentado pode ser

aplicados em diversos tipos de sistemas de comunicação sem fio, devido sua característica UWB. O segundo caso é o monopolo de patch circular. Nas simulações, o monopolo apresentou duas bandas largas. Nos resultados medidos, podemos observar que o monopolo manteve a característica de duas bandas de operação, porém, o resultado da segunda banda foi ainda melhor do que o simulado, pois apresentou a características UWB, como pode ser observado na figura 11. O terceiro caso, foi o do monopolo de patch hexagonal, onde nas simulações apresentou a característica de três bandas de operação, e podemos observar na figura 12 que os resultados medidos apresentam também boa concordância com os simulados, onde o monopolo confeccionado apresentou também três bandas de operação.

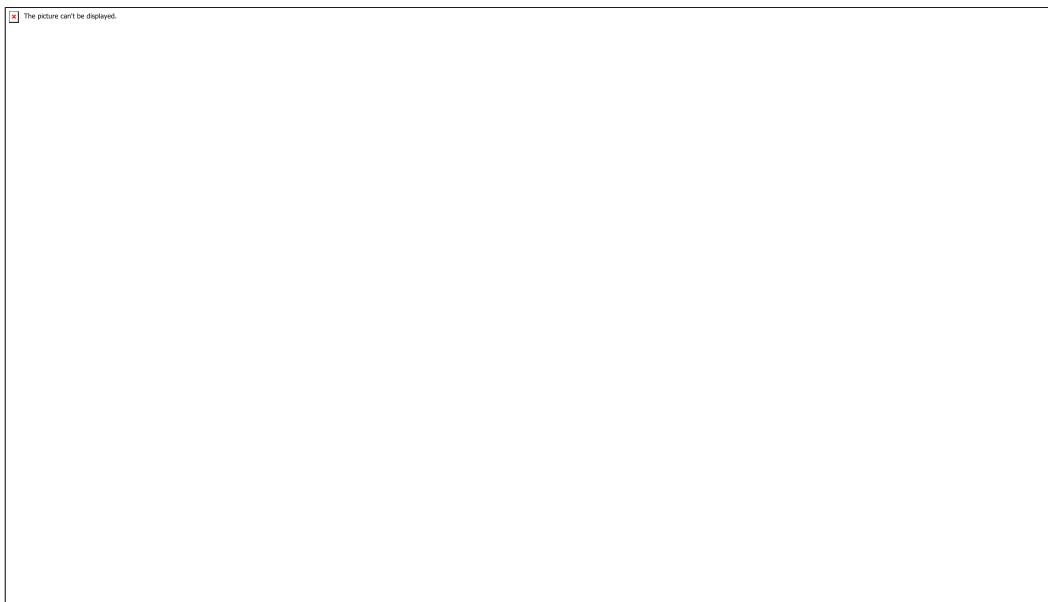
Conclusão

Neste trabalho foi utilizado o conhecimento teórico sólido de um patch rectangular de microfita como base de estudo para os monopolos de diferentes formatos, utilizando a equivalência de área, como tema principal do estudo também inserimos o truncamento do plano terra nos patchs Rectangular, Circular e Hexagonal no intuito de alcançar um comportamento em frequência suficiente para ser usado em aplicações UWB, comportamento este que foi confirmado de forma empírica. Observamos que ao utilizar a equivalência de área as antenas continuam operando na mesma frequência obtendo, no entanto, uma maior largura de banda e menores valores de perda por reflexão. Observa-se uma boa concordância entre os resultados medidos e simulados que poderá ser utilizado como para estudo de caso futuro.

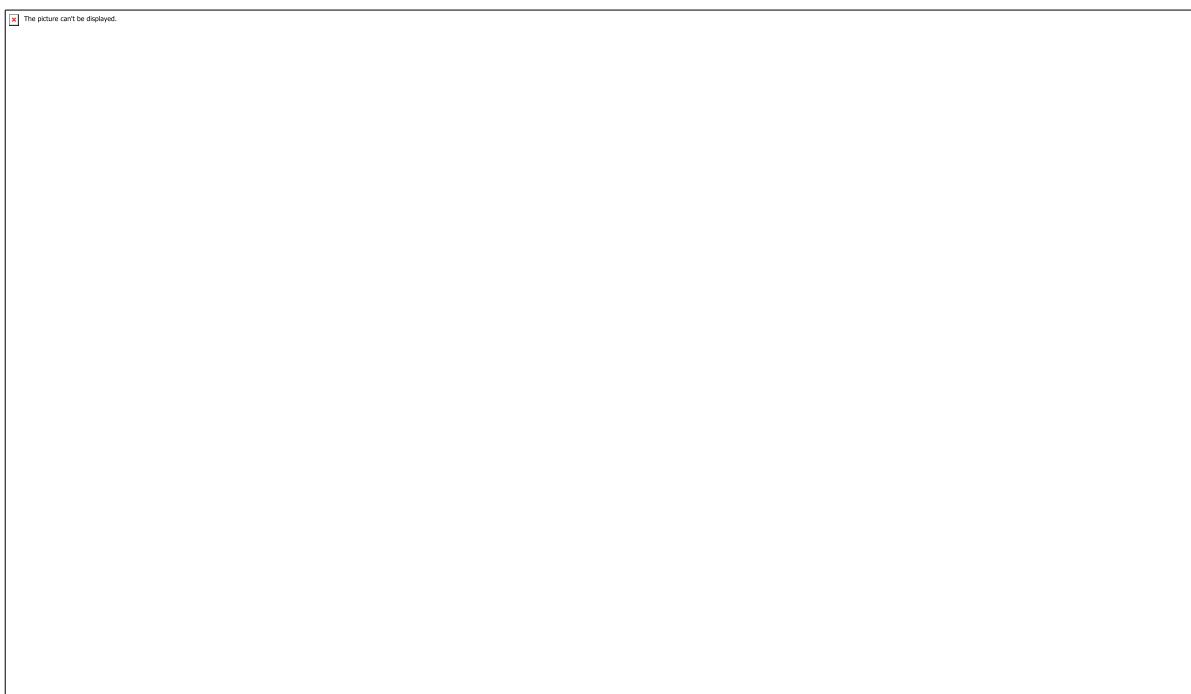
Referências

- [1] Y.-C. Lin and K.-J. Hung, "Compact ultrawideband rectangular aperture antenna and band-notched designs," *IEEE Transactions on antennas and Propagation*, vol. 54, no. 11, pp. 3075–3081, 2006.
- [2] Q.-X. Chu and Y.-Y. Yang, "A compact ultrawideband antenna with 3.4/5.5 ghz dual band-notched characteristics," *IEEE transactions on antennas and propagation*, vol. 56, no. 12, p. 3637, 2008.
- [3] S.-Y. Suh, W. L. Stutzman, and W. A. Davis, "A new ultrawideband printed monopole antenna: The planar inverted cone antenna (pica)," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 52, no. 5, pp. 1361–1364, 2004.
- [4] S. Ebadzadeh, Y. Zehforoosh, M. Mohammadifar, M. Zavvari, and P. Mohammady, "A compact uwb monopole antenna with rejected wlan band using split-ring resonator and assessed by analytic hierarchy process method," *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, vol. 16, no. 2, pp. 592–601, 2017.
- [5] Y. J. Cho, K. H. Kim, D. H. Choi, S. S. Lee, and S.-O. Park, "A miniature uwb planar monopole antenna with 5-ghz band-rejection filter and the time-domain characteristics," *IEEE transactions on antennas and propagation*, vol. 54, no. 5, pp. 1453–1460, 2006.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*. Wiley-Interscience, 2005.

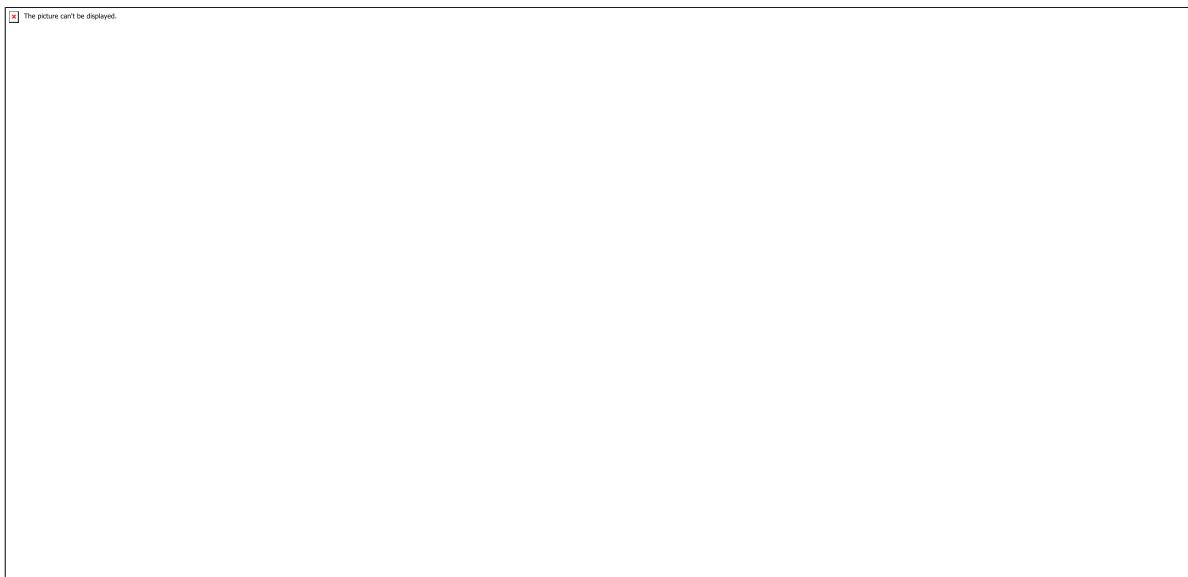
Anexos



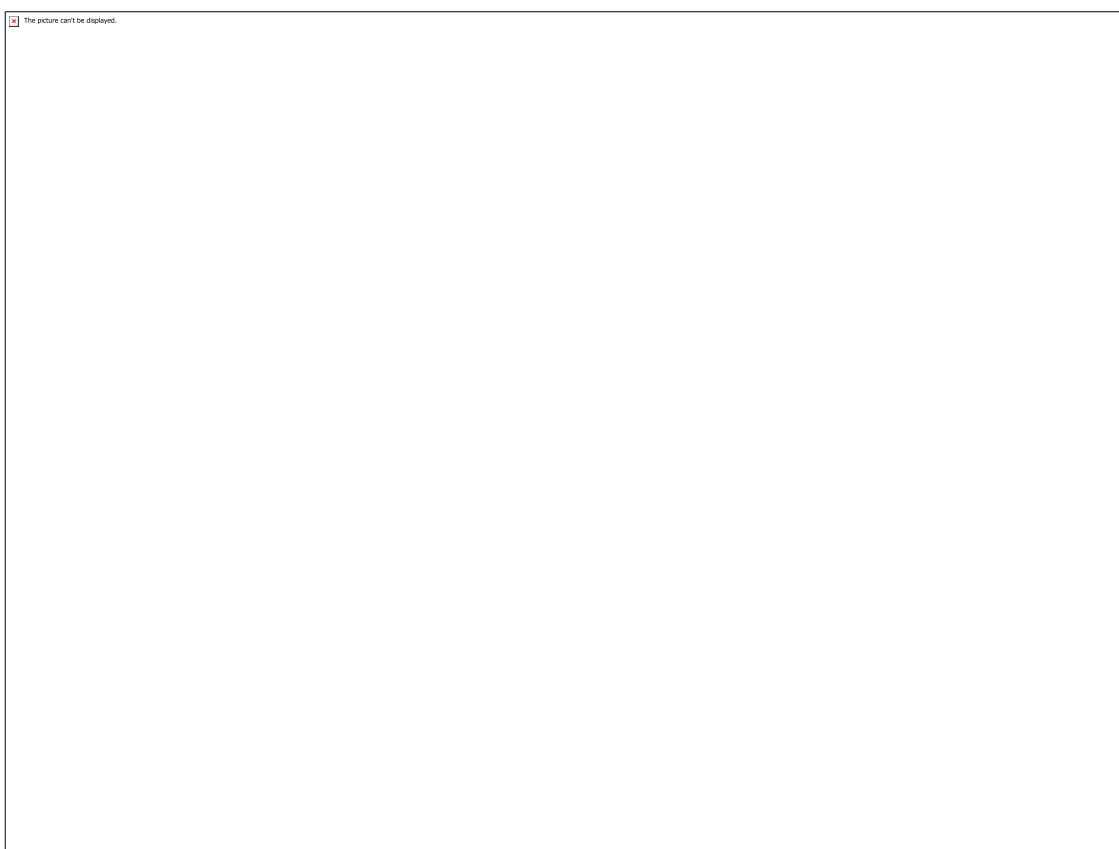
Monopolo Rectangular



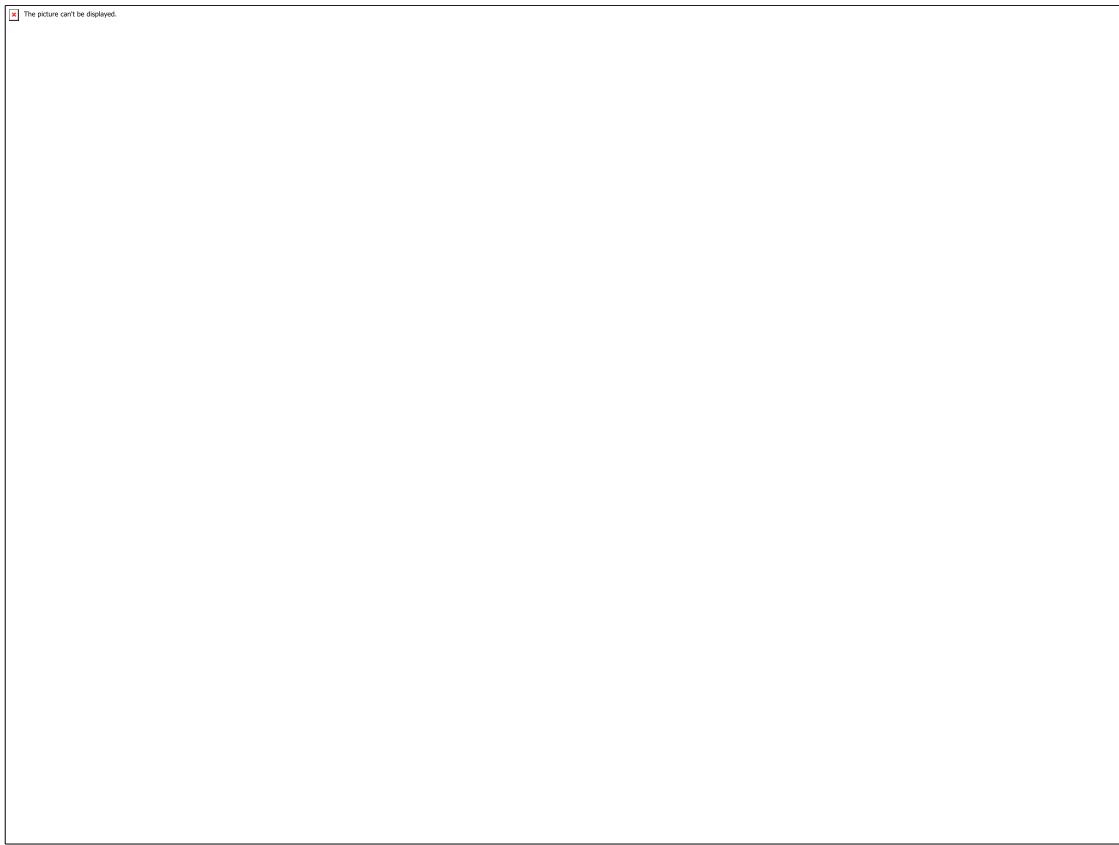
Monopolo Circular



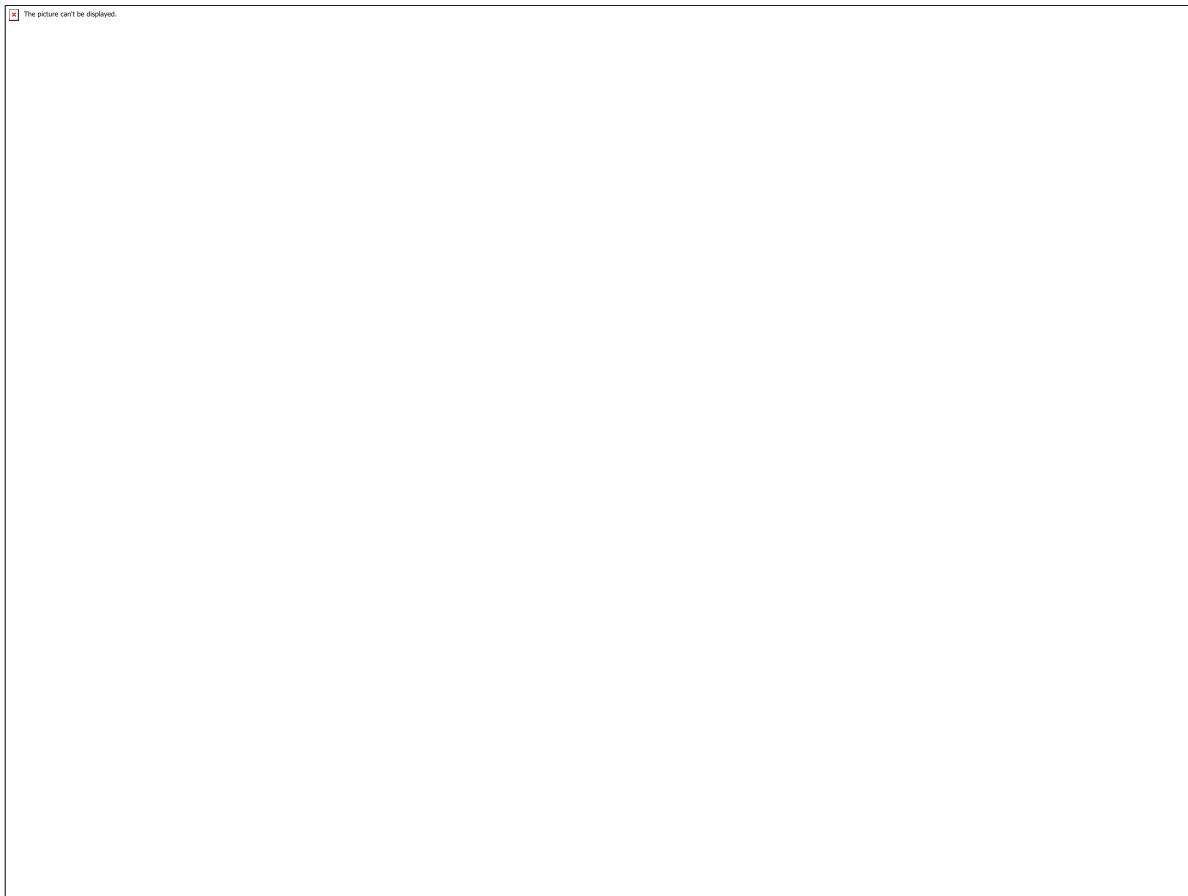
Monopolio Hexagonal



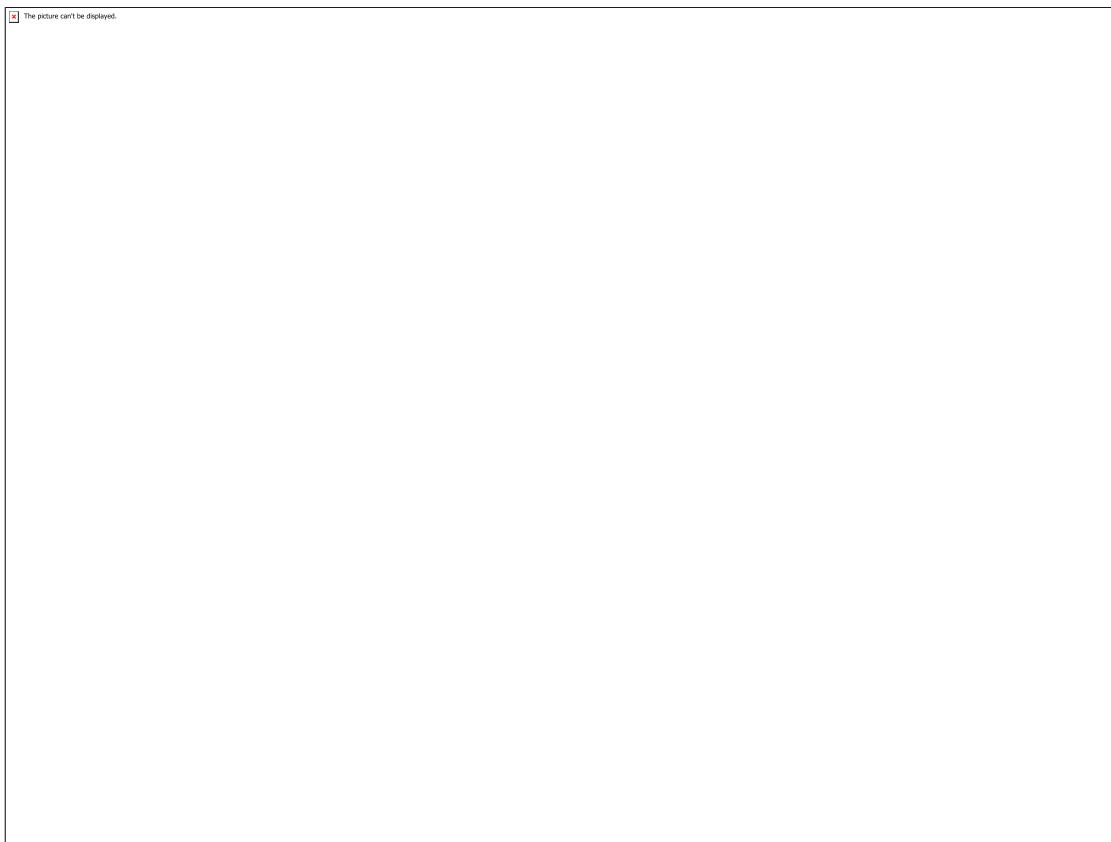
Comparação entre o medido e simulado do Monopolio Circular



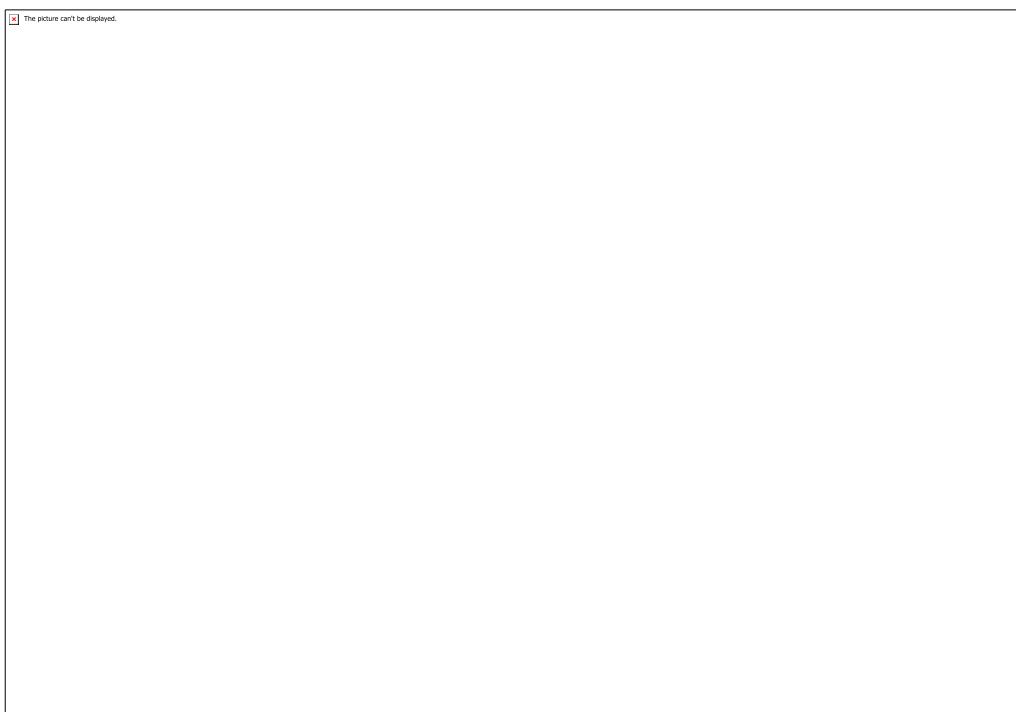
Comparação entre o medido e simulado do Monopolio Hexagonal



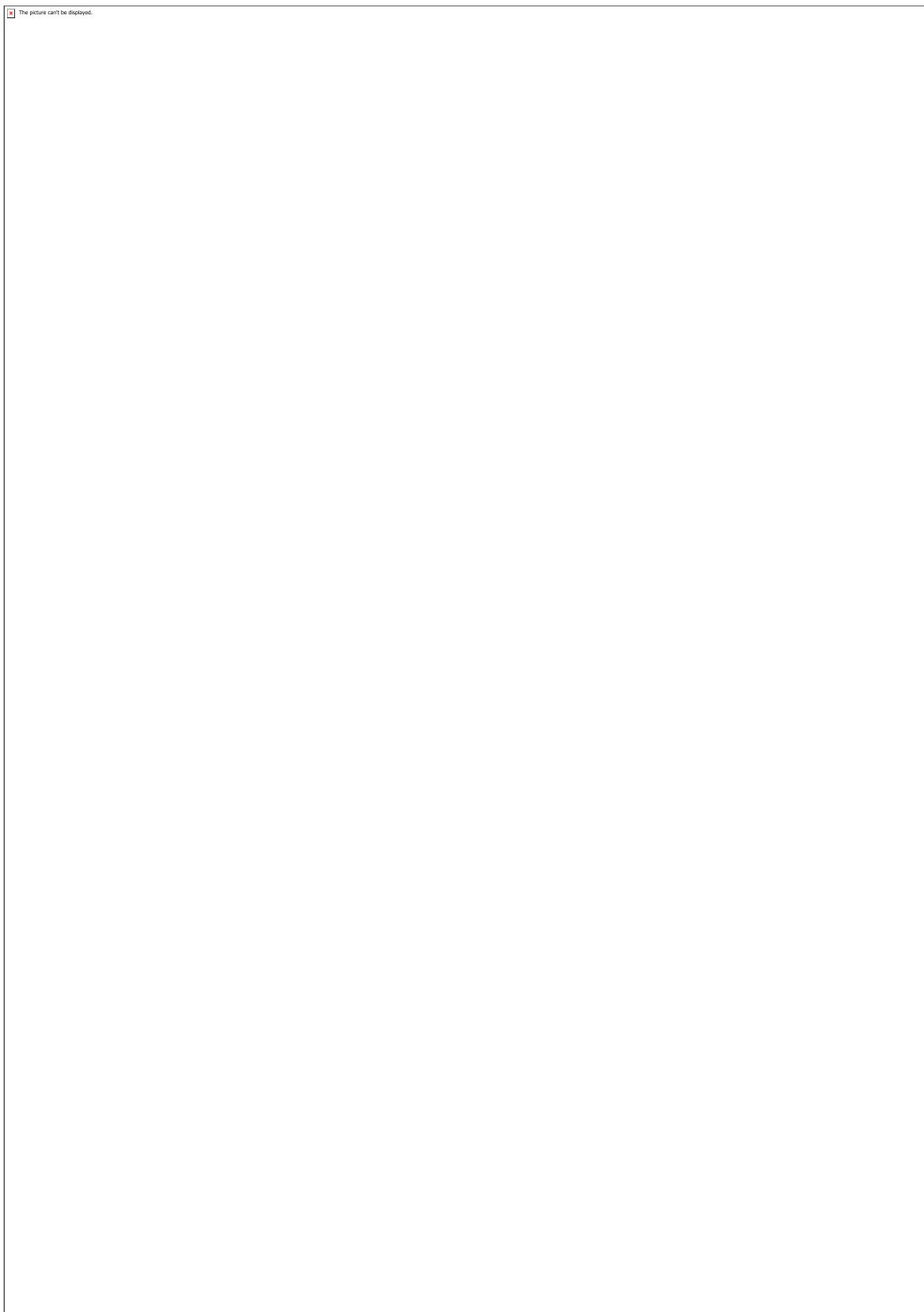
Setup de Medição



Comparação entre o medido e simulado do Monopolo Rectangular



Comparação entre os três casos simulados



Protótipos

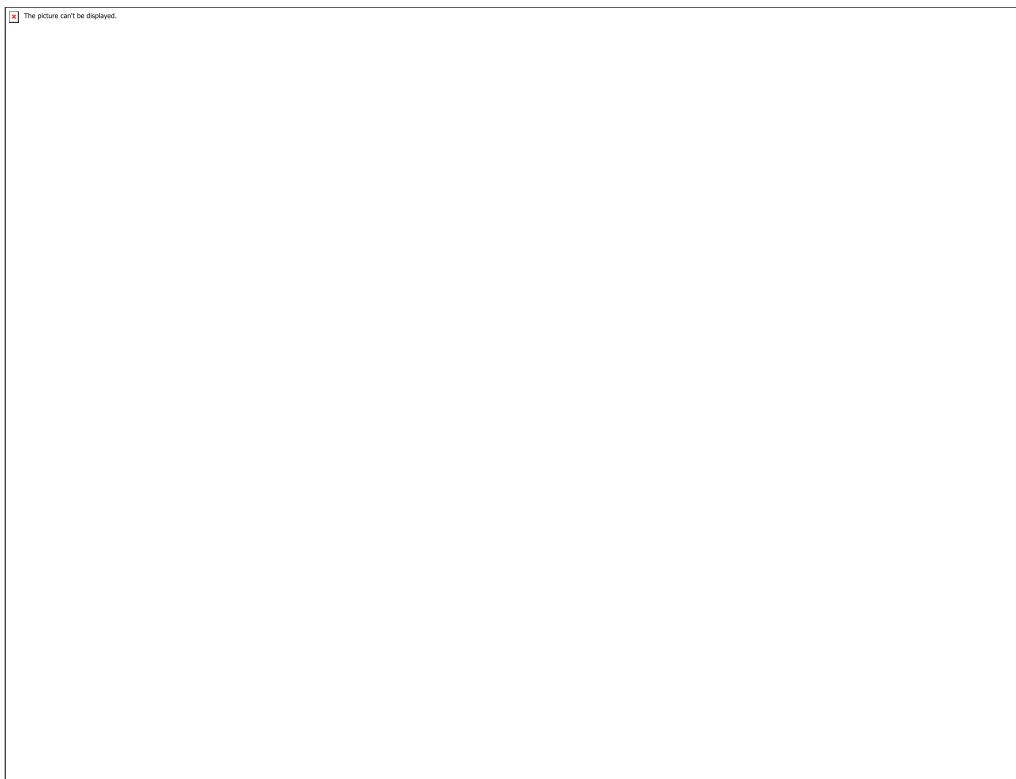


Diagrama de Radiação do Monopolio Rectangular variando em teta



Diagrama de Radiação do Monopolio Hexagonal variando em teta

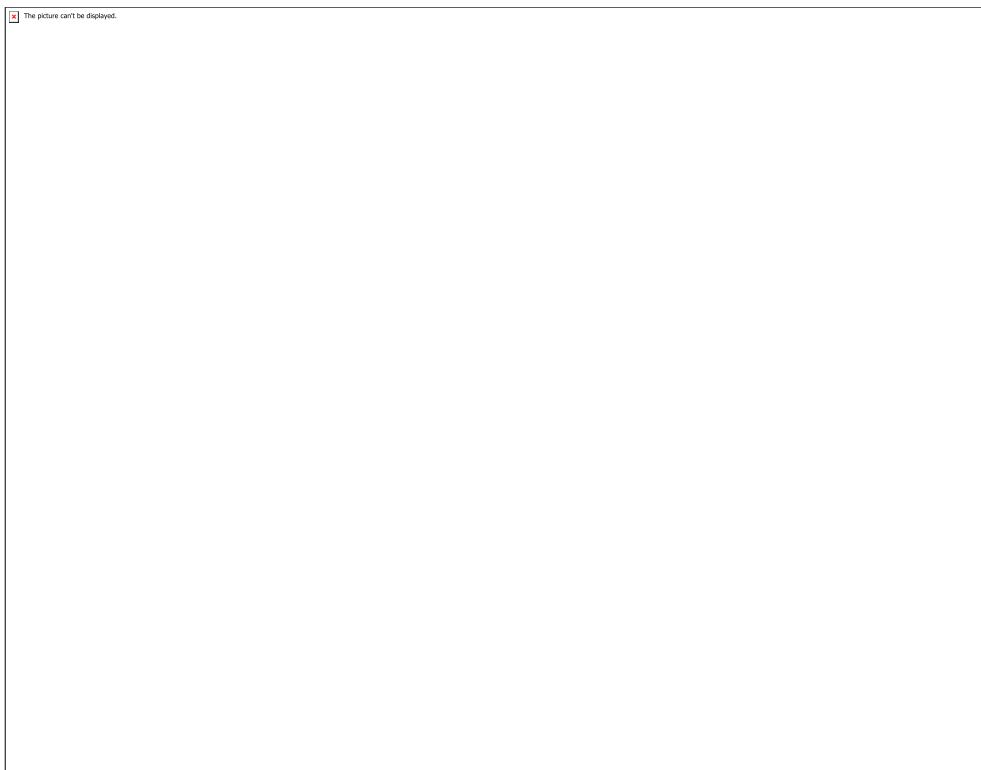


Diagrama de Radiação do Monopolio Circular variando em teta

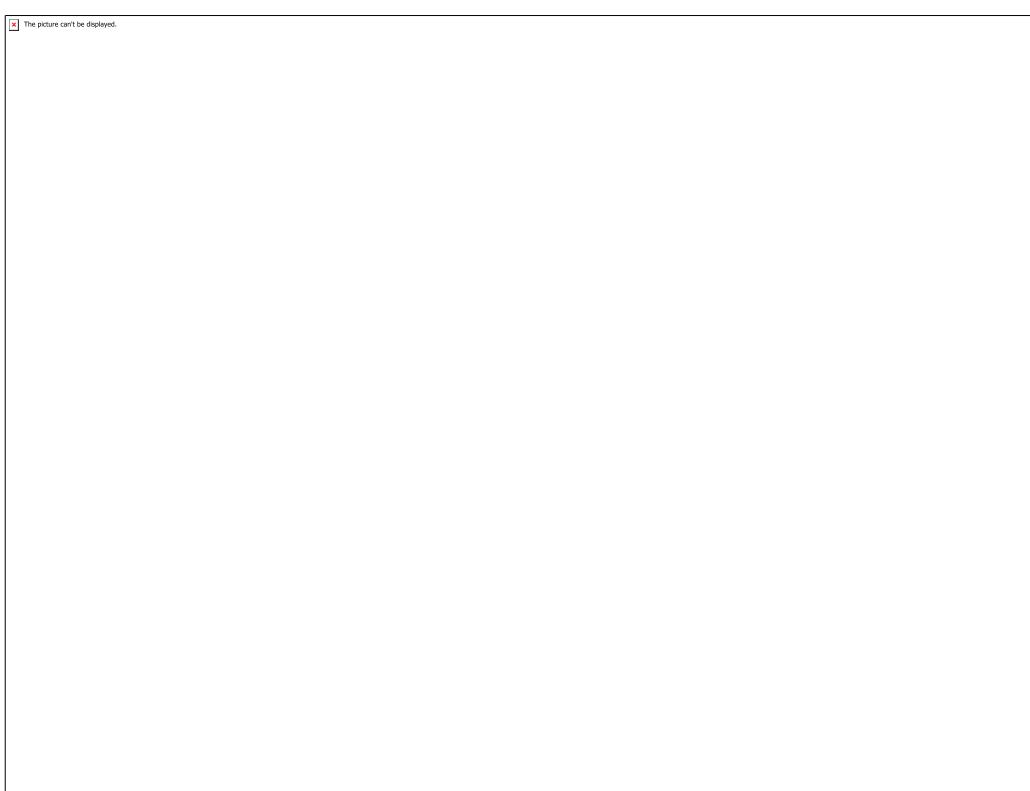


Diagrama de Radiação do Monopolio Rectangular variando em Pi

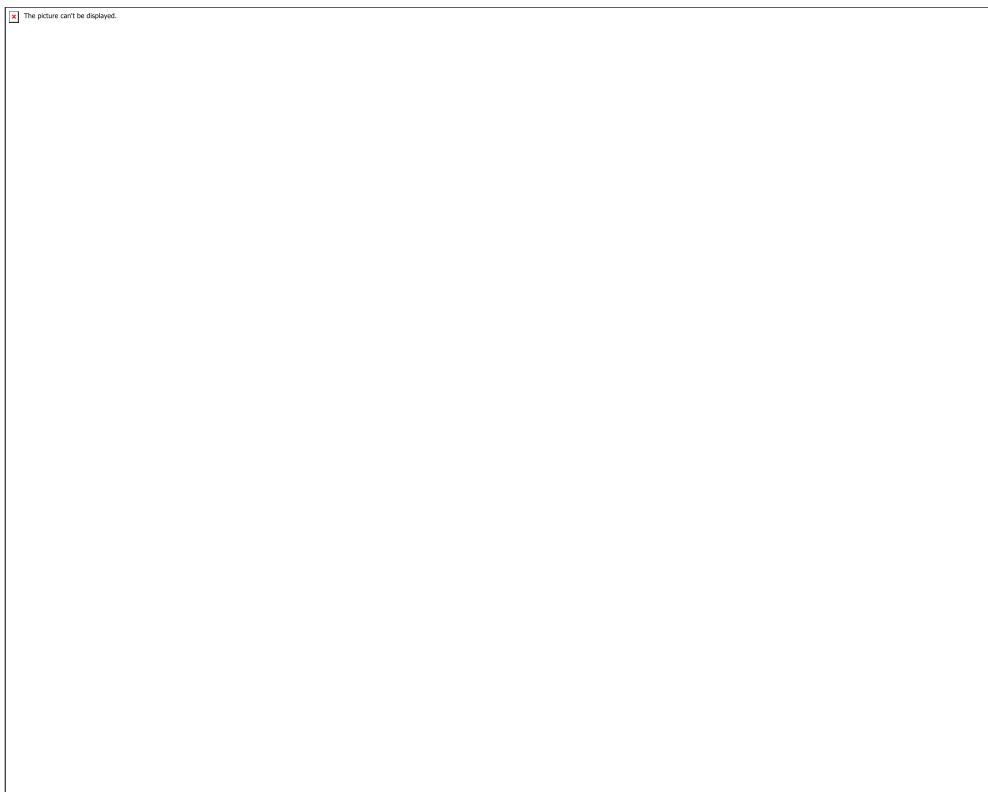


Diagrama de Radiação do Monopolio Hexagonal variando em Pi



Diagrama de Radiação do Monopolio Circular variando em Pi

CÓDIGO: ET1444

AUTOR: OTAVIO LIMA DA SILVA

ORIENTADOR: EVERALDO SILVINO DOS SANTOS

TÍTULO: Avaliação de Pré-tratamentos da fibra de coco verde visando a produção de Butanol

Resumo

A escassez e a alta dos combustíveis fósseis, levaram países a investirem na produção de biocombustíveis. O biobutanol é o combustível lignocelulósico com maior desempenho devido ao alto armazenamento de energia comparado ao etanol. O butanol pode ser produzido a partir de fermentação ABE usando casca do coco verde após realização de pré-tratamentos alcalino, ácido e combinado, a fim de reduzir o teor de lignina facilitando o acesso da enzima celulolítica a celulose. O pré-tratamento alcalino (LCM 1) apresentou melhor eficácia na redução de lignina, superior a 45%, além de manter significativa quantidade de hemicelulose, importante no processo fermentativo devido a liberação de pentoses. O LCM 1 obteve, no geral, melhores resultados no processo de adsorção e dessorção com uso do extrato enzimático comercial. Assim, a biomassa foi usada na hidrólise enzimática em situações diferentes. Entretanto, os resultados não apresentaram disparidades, o que sugere que as alterações como uso de tampão mais surfactante e realização de dessorção prévia não causaram efeitos significativos.

Palavras-chave: biobutanol. coco. celulose. hemicelulose. lignina. hidrólise

TITLE: Pre-treatment evaluation of green coco fiber for butanol production

Abstract

Scarcity and high fossil fuels have led countries to invest in biofuel production. Biobutanol is the highest performing lignocellulosic fuel due to the high energy storage associated with ethanol. Butanol can be produced from ABE fermentation using green coconut shell after pre-alkaline, acidic and combined, a reduction purpose or lignin content facilitating cellulolytic enzyme access to cellulose. The alkaline pretreatment (LCM 1) showed the low lignin content, greater than 45%, besides maintaining a minimum amount of hemicellulose, important in the fermentative process due to the release of pentoses. LCM 1 generally achieved better results in the adsorption and desorption process with the use of enzymatic mixing. Thus, a biomass was used in enzymatic hydrolysis in different situations. However, the results show no firing, which suggests that changes such as the use of the more surfactant buffer and prior desorption do not cause negative effects.

Keywords: biobutanol. coconut. cellulose. hemicellulose. lignin. hydrolysis

Introdução

Devido à escassez e alta dos combustíveis fosseis, além da poluição atrelada a sua produção, a demanda energética no mundo tem sido afetada levando países a investirem na produção de biocombustível. A substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis apresenta aspectos favoráveis em âmbitos econômicos e ambientais por serem uma fonte renovável de energia, além de auxiliarem na redução da emissão de dióxido de carbono, um dos principais causadores do aquecimento global. Com isso, a indústria tornou a voltar seu interesse para a produção de biocombustíveis como etanol e butanol. O último é visto como uma forma de combustível mais apropriada devido ter baixa solubilidade em água, baixa volatilidade e por possuir alto armazenamento de energia (33,81 MJ/kg) se comparado ao etanol (26,8 MJ/kg) causado pela presença de dois carbonos a mais na cadeia (Eom et al, 2012), o que permite maior autonomia a um veículo.

Uma das vias para produção de butanol é através da fermentação ABE, que se utiliza de material lignocelulósico presente em vegetais. Em uma nova linha de pesquisa para produção do biobutanol, o presente trabalho tem como principal objetivo produzir butanol usando fibra de coco verde por meio de fermentação ABE, usando cepas da linhagem *clostridium: acetobutylicum* e *beijerincki*, bactérias anaeróbicas.

A casca do coco verde, objeto de estudo deste trabalho, é um resíduo lignocelulósico produzido a partir da industrialização da água de coco que pode levar até 12 anos para se decompor. Entretanto, é geralmente descartado ou utilizado de forma irregular contaminando o ambiente. Por outro lado, esses resíduos são compostos por polissacarídeos (celulose e hemicelulose) que, ao serem quebrados com auxílio de celulases durante a fermentação, fornecem glicoses, hexoses e pentoses, porém, normalmente, não estão acessíveis devido as fortes interações desses polissacarídeos com a lignina.

As presenças de hemicelulose e lignina na fibra do coco agem como barreira evitando a degradação enzimática e microbiana da casca, o que torna a fermentação inviável nessas condições. Nesse caso, é necessário realizar pré-tratamentos com o material para que haja uma quebra dessa estrutura reduzindo o teor de lignina. Esse efeito proporciona o aumento da área superficial, tornando o aproveitamento da biomassa mais eficiente. Em geral, a hemicelulose, devido a liberação de pentoses, não é agradável ao sistema fermentescível tendo em vista que algumas bactérias não possuem a capacidade de metabolizar tal substância, assim sendo desejável a sua redução no sistema ao máximo. Todavia, as bactérias de linhagem *clostridium*, utilizadas neste trabalho, realizam o metabolismo das pentoses, tornando o pré-tratamento necessário apenas para eliminação da lignina. É importante ressaltar que, apesar disso, a quebra das estruturas de hemicelulose são triviais para facilitar o acesso a celulose.

Para quebra dessa estrutura, são realizados 3 seguintes pré-tratamentos: Alcalino, ácido e ácido/alcalino (combinado). Após essa etapa, é realizada a caracterização de cada pré-tratado, espera-se que os níveis de lignina sejam reduzidos significativamente com o pré-tratamento alcalino e combinado. Por outro lado, espera-se que o pré-tratamento ácido faça o inverso reduzindo significativamente os níveis de hemicelulose.

Como consequência, a disponibilidade de açúcar é maior para os pré-tratados alcalino e combinado. Além disso, o ataque utilizando ácido gera formação de dois inibidores principais da fermentação: HMF (hidroximetilfurfural) e Furfural (FF) (Nogueira, 2017). A figura 1 esquematiza o que, em síntese, ocorre no pré-tratamento.

Para que ocorra a fermentação, é necessário quebrar as moléculas de celulose e hemicelulose para liberação de açúcares fermentescíveis. Para isso, são usadas celulases celulolíticas: biocatalisadores responsáveis por clivar as ligações de materiais fibrosos, promovendo sua hidrólise.

Metodologia

Obtenção da casca de coco verde

Foram coletadas 50 kg de cascas de coco verde na empresa Aquacoco em Maxaranguape/RN. A fibra foi lavada, seca, triturada em um moinho de facas e peneirado a 48 mesh.

Pré-tratamento da casca do coco verde in natura

Foram realizados três pré-tratamentos na fibra do coco (LCM), com proporção de 1:10 (m/v) de sólido por volume de solução. Para o tratamento alcalino utilizou-se uma solução de NaOH 2% (m/v). A mistura foi autoclavada a 1,1 atm por 30 min. Para o tratamento ácido utilizou-se uma solução de H₂SO₄ 1% (v/v), sendo a mistura autoclavada a 1,1 atm por 90 min. Foram aplicadas as mesmas condições para o pré-tratamento combinado, sendo realizado o pré-tratamento ácido e, posteriormente, o pré-tratamento básico. Foram realizadas sucessivas lavagens com água corrente para todos os pré-tratamentos, sendo a última lavagem com água destilada. Por fim, foram secados em estufa a 50°C por 24 horas para a obtenção do LCM 1, LCM 2 e LCM 3, resultantes dos pré-tratamentos alcalino, ácido e combinado respectivamente.

Caracterização dos materiais tratados e não tratados

Foram utilizados os métodos adaptados de NREL – National Renewable Energy Laboratory (Nogueira, 2017).

Determinação de umidade

Cápsulas de porcelana foram taradas em estufa a 105°C por 24 horas e pesadas após esse período. Em seguida, foi pesado cerca de 2 gramas do material nas cápsulas e submetido as mesmas condições supracitadas sendo pesadas ao fim. O processo foi feito em triplicata para cada material. A umidade foi determinada pela equação 1.

$$\text{umidade (\%)} = \frac{(1 - \frac{M_{seca}}{M_{mida}}) \times 100}{(1)}$$

sendo:

M_{seca}: massa do material pós secagem

M_{mida}: massa do material antes da secagem

Determinação de extraíveis

Foi pesado cerca de 2,0 g de cada material e levado ao soxhlet durante 24 horas utilizando 70mL de água como solvente à temperatura de 120°C. Subsequente a isso, a água foi substituída por álcool etílico 95% por mais 24h com temperatura de 80°C em mesmo volume.

Após o processo, os tubos contendo as biomassas foram levadas à estufa para secagem em temperatura de 105°C durante 24 horas e pesados em seguida. A porcentagem de extraíveis foi calculada através da equação 2.

$$\text{Extraíveis (\%)} = \frac{(M_{\text{tubo}} + \text{extraíveis} - M_{\text{tubo}}) / M_{\text{bs}}}{x} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

M_{tubo+extraíveis}: massa pesada ao final do processo de secagem em gramas;

M_{tubo}: massa do tubo ao início do experimento em grama;

M_{bs}: massa do material lignocelulósico em base seca em gramas.

Determinação de polissacarídeos

Cerca de 3 gramas do material sem extraíveis, em erlenmeyer de 125mL, foi submetida a banho-maria em H₂SO₄ 72% a 30°C por 1h. O meio foi agitado a cada 10 minutos. Após isso, foi submetida a autoclavagem durante 1h a 1 atm. O procedimento foi realizado em quintuplicada para cada material.

As soluções foram filtradas em papéis de filtro tarados. Coletou-se cerca de 10mL do hidrolisado para análises por CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência). Após isso, o sólido retido pelo filtro foi lavado com água deionizada e seco em estufa a 105°C durante 24 h para determinação de lignina insolúvel.

Determinação de Lignina insolúvel

O filtro seco contendo sólido vindo da hidrólise foi levado a mufla em cadinho previamente tarado e submetido ao aumento gradual de temperatura até 300°C e calcinado a 800°C durante 2h, colocado em dessecador e pesado ao atingir temperatura ambiente. Repetiu-se o procedimento para todas as replicatas. Pela equação 3:

$$\text{lignina (\%)} = \frac{(M_{\text{pf}} - M_{\text{pi}}) - (M_{\text{cc}} - M_{\text{c}})}{M_{\text{i}}} \times 100 \quad (3)$$

Sendo:

M_{pf}: massa do papel de filtro com o sólido da hidrólise seco;

M_{pi}: massa do papel de filtro previamente tarado;

M_{cc}: massa do cadinho pós-calcinação;

M_c: massa do cadinho previamente tarado;

M_i: massa de material inicial.

Determinação do teor de cinzas

Cerca de 2 gramas de material foi levada a mufla em cadinho previamente tarado em condições iguais descritas no item anterior. O procedimento foi realizado em triplicata para cada material. O teor de cinza foi determinado pela equação 4.

$$\text{cinzas} \quad (\%) = (\text{Mcf} - \text{Mci}) / \text{Mi} \quad (4)$$

Sendo:

Mcf: massa do cadinho pós calcinação;

Mci: massa do cadinho tarado;

Mi: massa do material pesada.

Testes de adsorção e dessorção de enzimas

Os testes de adsorção e dessorção foram realizados subsequentemente. Para o teste de adsorção, foram pesados os LCMs (base seca) e misturadas com tampão citrato de sódio 50 mM e pH 4,8 em 5% (m/v). Os meios foram colocados em shaker a 150 rpm a 25°C por 2h. Após isso, os sobrenadantes foram separados para determinação da atividade enzimática em DNS. Em seguida, a fração sólida vinda foi misturada em tampão fosfato de sódio com variação de pH 6-7 em duplicata. Outra duplicata foi inserida em tampão citrato de sódio com 1% de surfactante tween 80 (v/v). As misturas foram colocadas em shaker a 150 rpm a 25°C por 2 horas para o teste de dessorção.

Hidrólise

Enzimática

A hidrólise foi dividida em duas etapas (HE1 e HE2). Com base nos resultados (ver o tópico resultados e discussão para hidrólise enzimática), foram escolhidos o LCM 1 e extrato enzimático comercial para realização da hidrólise. Para HE1, foi adicionado LCM 1 em tampão citrato de sódio 50 mM e pH 4,8 em proporção 5% (m/v). Partiu-se de uma carga enzimática de 10 FPU/g. Os meios foram colocados em shaker a 150 rpm a 25°C por 2h. Ao término, o sobrenadante foi separado para determinação de açucares redutores totais (ART) em DNS. Com a fração sólida, fez-se as estratégias C1 e C2: em ambos controles não houve adição de carga enzimática. Em C2 houve adição de LCM1; E1; E2; E3; e E4: em todos houve adição de carga enzimática e LCM 1 com tampão citrato em proporções supracitadas, sendo 7,5 FPU/g em E1 e E2 e 5 FPU/g para E3 e E4. Para E1 e E3 foi realizada dessorção prévia em shake a 150 rpm a 25°C por 2h. Nesse caso, usou-se tampão citrato com 1% de tween 80. Após esse tempo. C1, C2, E2 e E4 foram colocados juntos a E1 e E3 para a HE2 por mais 2h sob mesmas condições. O sobrenadante foi separado para teste em DNS.

Resultados e Discussões

Caracterização da biomassa

Após a realização da determinação de teor de algumas substâncias presente na biomassa, obteve-se os resultados presentes na tabela 1.

A partir dos resultados apresentados, vê-se a efetividade do pré-tratamento alcalino no ataque e redução da lignina, o que não acontece para a hemicelulose. A redução da percentagem de lignina em mais de 45% proporciona maior acesso a celulose, o que explica o aumento de percentagem de celulase em cerca de 45,6%. Oposto ao LCM 1, o pré-tratamento ácido mostrou-se menos eficiente na quebra de lignina. Outro ponto negativo é a redução de hemicelulose em cerca de 82,3% no material, já que esse polissacarídeo fornece hexoses e pentoses - hemicelulose capaz de ser metabolizada pela linhagem clostridium - após a quebra enzimática. O pré-tratamento combinado foi, dentre os três, o que se apresentou mais eficaz na função de tornar a celulose mais acessível, representando um aumento na percentagem em mais de 104%. Entretanto, apesar da significativa redução de lignina, houve também grande perda de hemicelulose. Com os dados apresentados, vê-se que os pré-tratamentos alcalino e combinado apresentaram melhores resultados de acordo com o objetivo do trabalho. Segundo dados experimentais de Abud et al (2017), o pré-tratamento alcalino apresentou uma efetividade semelhante na redução de lignina e um aumento superior a 100% em relação a celulose. No pré-tratamento ácido houve baixo desempenho na redução de lignina, além da significativa diminuição nos teores de hemicelulose. A tabela 2 compara os resultados obtidos neste trabalho com os dados experimentais de Abut et al. Para melhor embasamento, é necessário analisar os resultados de adsorção/dessorção e hidrólise enzimática dos LCMs.

Testes de adsorção e dessorção

Após os testes de adsorção utilizando os LCMs, além da celulose cristalina, foi obtido os resultados apresentados no Figura 2..

Para interpretação da figura 2: as letras maiúsculas representam semelhança ou disparidade dos resultados em comparação com as biomassas para ambas celulases. As letras minúsculas representam semelhança ou disparidade entre os resultados de cada biomassa, comparando o desempenho de cada coquetel enzimático. Letras em comum significam diferença não significativa (semelhança), o contrário mostra que os resultados possuem disparidades.

A partir desses resultados, pode-se discutir dois cenários: O teor de enzima adsorvida de uma biomassa em relação as demais e o desempenho dos coquetéis enzimáticos para cada biomassa. No primeiro cenário, através de teste estatístico destaca-se o desempenho semelhante entre a celulose cristalina (CMC), o LCM 1 e o LCM 3. Esses apresentaram baixo teor de celulase adsorvida comparado ao LCM 0 ($p<0,05$). Isto é, os sólidos permitem que a celulase fique livre para realizar as quebras celulolíticas e, assim, hidrolizar o substrato. O LCM 2 teve desempenho oposto aos outros pré-tratados, se assemelhando com a fibra in natura (untreated), o que é um ponto negativo. Isso significa que, uma quantidade significativa da celulase colocada é adsorvida pelo sólido e, consequentemente, maior é a carga enzimática necessária para fornecer os açucares por meio da quebra da celulose e da hemicelulose.

Analisando o desempenho da celulose de trichoderma reesie (A) e do blend enzimática (B) entre os LCMs 1 e 3, constata-se que, no LCM 1, houve diferença significativa entre as médias de adsorção das celuloses A e B ($p<0,05$), tendo B o melhor desempenho. No LCM 3, as médias de adsorção não apresentaram disparidades.

Nos testes de dessorção, foram definidas duas estratégias. A primeira consistiu em variar o pH 6-7 de tampão fosfato de sódio (Figura 3). Houve diferença significativa para

as médias de dessorção de celulases em CMC, LCM 1 e LCM 3 para A e B ($p<0,05$) se comparado a média dessorvida pelo LCM 0. Isto é, LCM 1 e LCM 3 dessorveram maior teor de celulases ao meio, mostrando que as celulases, nesse caso, se ligam ao sólido de forma reversível, o que proporciona a possibilidade de reciclo dessas enzimas. Isto é, reinserir as enzimas ao meio fermentativo, aumentando o desempenho e diminuindo o custo do processo. O LCM 2, além de adsorver significamente a celulose do meio, apresentou baixa dessorção. O uso dessa biomassa nos processos fermentativos representaria elevação nos custos de produção. Logo, torna-se inviável o seu uso. Apesar de resultados satisfatórios em termos de comparação entre as biomassas, as variações de pH não proporcionaram o efeito esperado, apresentando resultados semelhantes. Na segunda estratégia (Figura 4), comparou-se a dessorção das celulases A e B com e sem 1% de tween 80 em tampão citrato (50 mM). A celulase B, utilizando surfactante (Tween 80), apresentou melhores resultados nos teores de dessorção se comparado as demais estratégias. Porém, os LCMs 1 e 3 apresentaram desempenhos semelhantes aos obtidos por variação de pH. O in natura destacou-se pela alto teor de dessorção de celulose entre 20-25%.

Hidrólise Enzimática

Após os ensaios de adsorção/dessorção e da discussão dos resultados, o material lignocelulósico com pré-tratamento alcalino (LCM1) obteve melhor desempenho juntamente com o coquetel enzimático blend (B). Assim, foram usados na hidrólise enzimática. Os resultados dos ensaios de hidrólise enzimática estão representados no Figura 5.

Na hidrólise 1 (HE1), o teor de açucares redutores totais (ART) produzido foi de 0,645 mg/mL, sendo significativamente baixo quando comparado ao teor em HE2 do controle 1 (C1), 4,291 mg/mL, no qual não houve nova adição de carga enzimática e LCM 1. Estes resultados apontam para um provável erro experimental, pois, sendo verdadeiros, mostram que as celulases não realizaram as clivagens e, possivelmente, dessorveram ao sólido na HE1. Entretanto, o mesmo meio, após duas horas adicionais (HE2), apresentou crescimento significativo no teor de ART, que indica a livre ação das celulases no meio sem dessorção prévia. Para C2, o resultado mostrou-se coerente, 6,899 mg/mL, tendo em vista que foi adicionado novo material para HE2, porém sem dessorção. As diferentes estratégias, E1, E2, E3 e E4, apresentaram médias estatisticamente iguais. Foram produzidos 21,826, 26,902, 27,958 e 25,802 mg/mL de ART respectivamente. Os resultados indicaram ineficiências nas adições de carga enzimática (E1-E4) e de dessorção prévia (E1 e E3).

Conclusão

O biobutanol pode ser produzido a partir de fermentação ABE, utilizando cepas de linhagem clostridium. A fibra do coco é composta, predominantemente, por celulose, hemicelulose e lignina. A hemicelulose e a lignina dificultam o acesso à celulose. Para solução do problema, realiza-se pré-tratamentos químicos para quebra e da redução de lignina. Tem-se interesse sobre a hemicelulose devido fornecer hexose e pentose, que não é metabolizada por algumas linhagens de bactéria, mas sim pelas clostridium acetobutylicum e beijerinckii. O pré-tratamento alcalino (LCM1), utilizando solução 2% de NaOH, desempenha melhor resultado na eliminação de lignina, tornando a celulose mais acessível.

As enzimas A e B usadas nos testes de adsorção/dessorção possuem, no LCM 1, maior facilidade a se desprenderem, o que torna essa biomassa mais rentável ao processo, proporcionando reciclagem das celulases. Com os melhores resultados para adsorção e dessorção, o LCM 1 tem mesmo desempenho na liberação de ART usando adição de material pré-tratado e adição de carga enzimática com ou sem dessorção prévia. Para melhores desempenhos, é considerável utilizar o sobrenadante (antes retirado) durante a HE.

Após apresentação e discussão dos resultados, conclui-se que os objetivos do trabalho foram parcialmente alcançados. Para maior contemplação, é necessário refazer os ensaios de hidrólise enzimático utilizando, dessa vez, os sobrenadantes. Além disso, ressalta-se que este trabalho é, somente, parte de uma linha de pesquisa que visa a produção de butanol a partir da casca do coco. A fermentação ABE utilizando cepas de linagem clostridium é proposta para o tema do próximo relatório.

Referências

ABUD et al. Composição da fibra da casca de coco verde in natura e após pré-tratamentos químicos. Engevista. V.19, n.1, p. 99-108, 2017;

CASTRO, A. M. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. Quim. Nova, Vol. 33, No. 1, 181-188, 2010;

DE ROSSI et al. Pré-tratamento na produção de etanol de segunda geração. REMOA v.13, n.4, p.3516-3522, 2014, ;

GONÇALVES, F. A. Avaliação do potencial da fibra e casca de coco maduro, casca de coco verde e cacto pré-tratados visando a produção de etanol. Fabiano Avelino Gonçalves - Natal/RN, 2014;

NATALENSE, J. C. Prospecção tecnológica de biobutanol no contexto brasileiro de biocombustíveis. São Paulo/SP, 2013;

NOGUEIRA, C. C. Avaliação do uso de tensoativos nos pré-tratamentos ácido e alcalino diluídos da casca do coco verde e quantificação de água na pós-lavagem. Cleitiane da Costa Nogueira - Natal;RN, 2017;

SILVA, A. C. Reaproveitamento da casca do coco verde. REMOA v.13, n.5, p.4077-4086, 2014.

Anexos

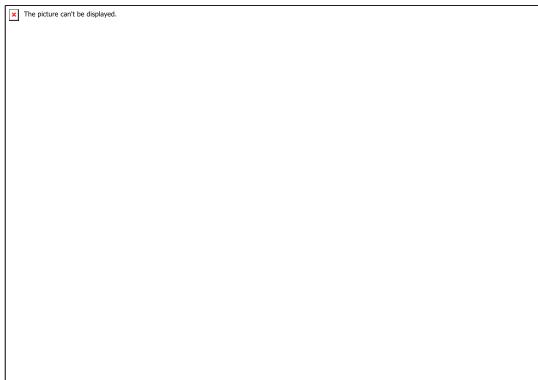


Figura 1. Esquema das quebras da lignina e hemicelulose na fibra do coco em pré-tratamento. Fonte: Rossi et al

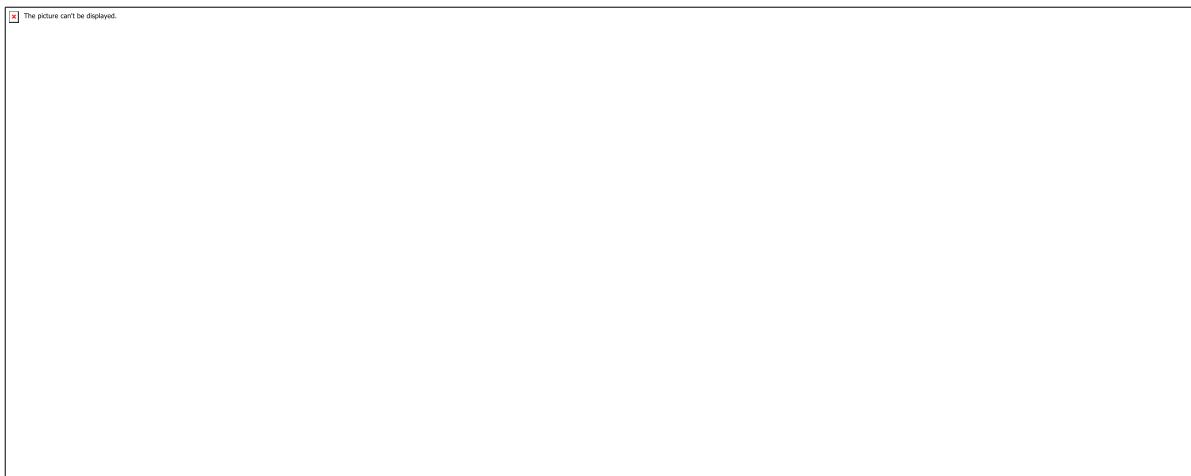


Tabela 1. Caracterização da fibra do coco verde in natura e pré-tratada. Fonte: Autor, 2019

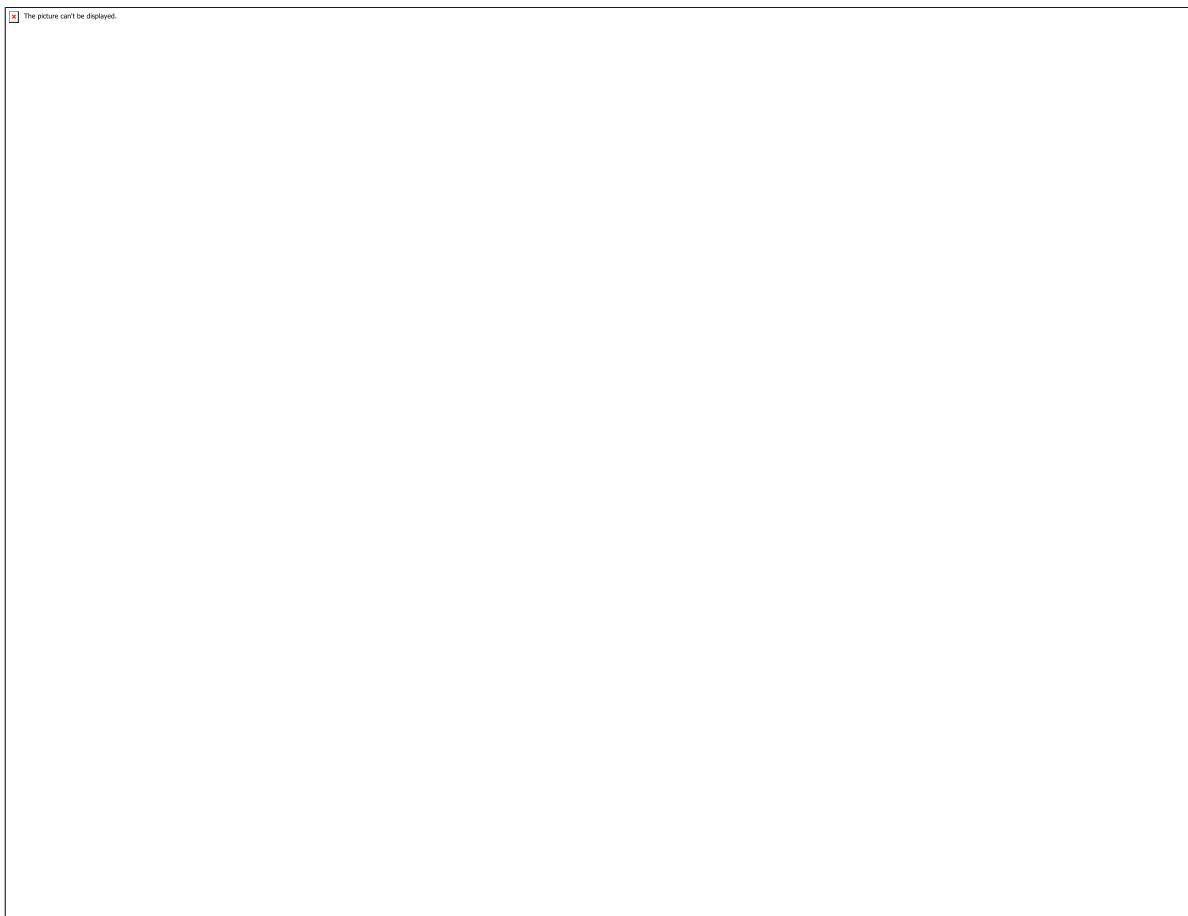


Figura 3. Dessorção de enzimas A e B por ajuste de pH (tampão fosfato de sódio, 50 mM) em LCMs: LCM0: Untreated; LCM1: PT alcalino; LCM2: PT ácido; LCM3: PT ácido-alcalino. Fonte: Autor, 2019.

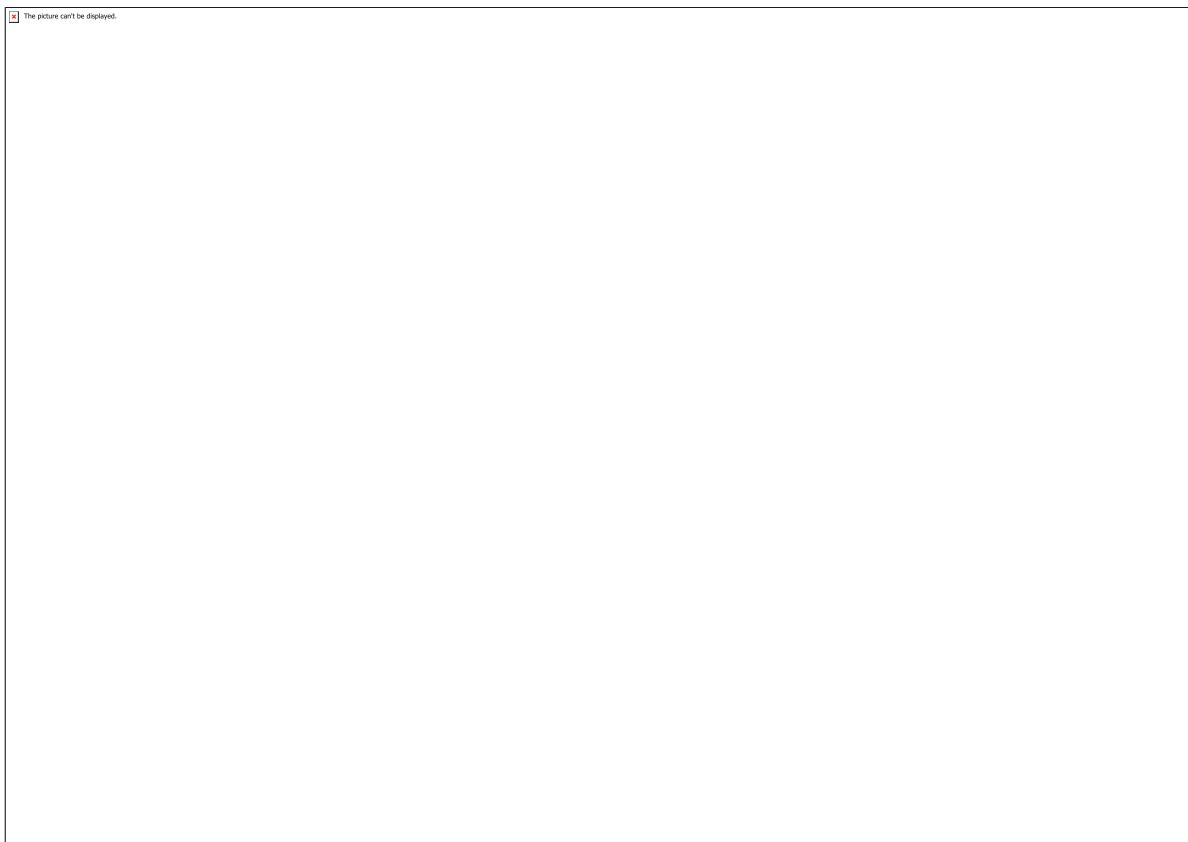


Figura 4. Dessorção de enzimas A e B por surfactante (tween 80, 1%) em LCMs. LCM0: Untreated; LCM1: PT alcalino; LCM2: PT ácido; LCM3: PT ácido-alcalino; % AEL (atividade enzimática livre). Fonte: Autor, 2019

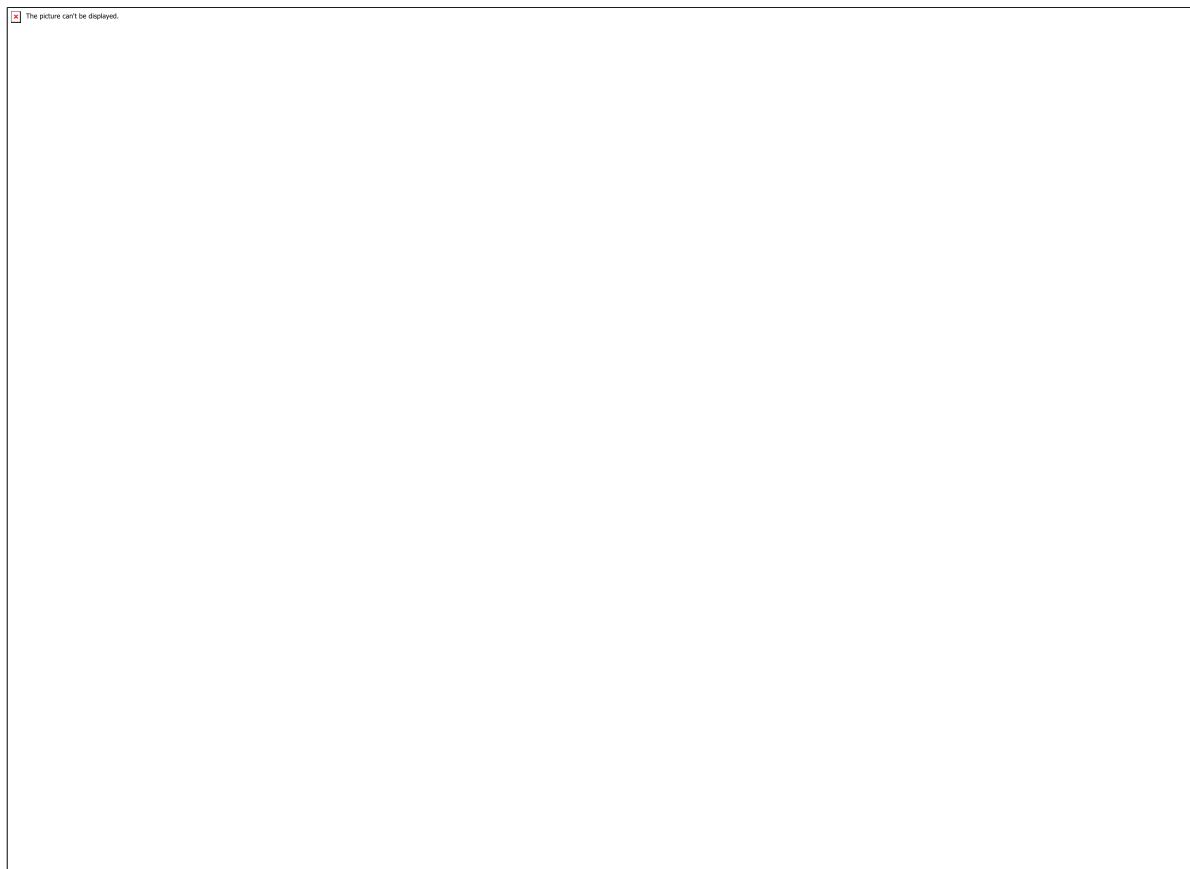


Figura 5. Hidrólise enzimática de LCM1 (PT alcalino) utilizando a enzima B. Fonte: Autor, 2019

CÓDIGO: HS0056

AUTOR: THALES THAYNAN LEMOS SALDANHA DE ARAUJO

ORIENTADOR: HEITOR DE ANDRADE SILVA

TÍTULO: Atelier de projeto em ambiente de aprendizagem: o caso do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN

Resumo

O atelier de projeto constitui um espaço adequado para a promoção do aprendizado, visto que integra conteúdos com diferentes naturezas – tecnológica, artística, social, ambiental –, possibilita a escolha e o desenvolvimento de hipóteses projetuais para problemas espaciais, promove o trabalho colaborativo, exige o domínio de múltiplos meios, possibilita o desenvolvimento de distintas competências e habilidades. Contudo, tem sido alvo de ajustes constantes nas estruturas curriculares dos cursos em razão da necessidade de redução de carga horária; da dificuldade de gestão, já que exige planejamento permanente, mesmo no curso de sua execução em cada semestre letivo; da diminuição do número de professores nos departamentos de escolas no Brasil etc. Este relatório tem o como objetivo principal analisar os ateliês de projeto do CAU UFRN, numa perspectiva pedagógica, metodológica e espacial. Foram adotados métodos quantitativos e qualitativos de coleta e análise de dados, com o uso de análises de documentos oficiais (diretrizes curriculares, projeto pedagógico, planos de curso etc.), fichas de observação, questionários e entrevistas. Os resultados alcançados revelam a essência da interdisciplinaridade dos ateliês do CAU UFRN, promovendo o desenvolvimento da autonomia discente, bem como uma formação crítica e alinhada aos problemas concretos da sociedade, embora demande ajustes de natureza física, de forma a proporcionar um melhor ensino-aprendizagem nas disciplinas de ateliê.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Ateliê; CAU UFRN.

TITLE: Atelier project in a learning environment: the case of the Architecture and Urbanism course of UFRN

Abstract

The project studio is an appropriate space for the promotion of learning, when in an academic environment, since it integrates content with different natures - technological, artistic, social, environmental - allows the choice and development of project hypotheses for spatial problems, promotes Collaborative work requires mastery of multiple media and enables the development of different skills and abilities. However, it has been subject to constant adjustments in the curriculum structures of the courses due to the need to reduce workload; the difficulty of management, since it requires permanent planning, even in the course of its implementation in each academic semester; decrease in the number of teachers in school departments in Brazil, etc. The main objective of this report is to analyze CAU UFRN project workshops from a pedagogical, methodological and spatial perspective. Quantitative and qualitative methods of data collection and analysis were adopted, using official document analyzes (curriculum guidelines, pedagogical design, course plans, etc.), observation sheets, questionnaires, and interviews. The results achieved reveal the essence of the interdisciplinarity of CAU UFRN workshops, promoting the development of student autonomy, as well as a critical formation and

aligned with the concrete problems of society, although it requires adjustments of a physical nature, in order to provide a better teaching-learning in the studio subjects.

Keywords: Interdisciplinary; Studio; CAU UFRN.

Introdução

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa intitulada “Atelier de projeto em ambiente de aprendizagem: o caso do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN”, vinculada à base de pesquisa Projeto de Arquitetura e Percepção do Ambiente (PROJETAR), sediada no Laboratório de Projetos Integrados (LAPIs) e financiada pelo CNPQ, com bolsa PIBIC UFRN (IC). Sabe-se que o surgimento das disciplinas de ateliê integrado de projeto, conforme consta na Carta para a Educação dos Arquitetos – União Internacional dos Arquitetos / Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UIA / UNESCO (1996), no documento do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR) (2017) que substitui os Perfis da Área & Padrões de Qualidade: Expansão, Reconhecimento e Verificação Periódica dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo ABEA (2013), e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação de Arquitetura e Urbanismo (BRASIL, 2006; 2010), veio a partir de críticas feitas a formação do Arquiteto e Urbanista do século XX, que tinha um ensinamento voltado para um modelo europeu e norte-americano de se fazer arquitetura, faltando, a esses profissionais, a capacitação em responder aos aspectos complexos da realidade social local. Em consequência disso, a partir do diálogo entre docentes e discentes, verificou-se a necessidade de um modelo de ateliê integrado de projetos caracterizado por um ensino teórico-prático, em que estudantes de diferentes períodos pudessem integrar-se, surgindo dois modelos de ateliê: o de estudo vertical e o horizontal, que tinham como principal ênfase a formação de profissionais com uma visão crítica em relação aos problemas sociais locais, em que o sistema de ensino, de acordo com Lawson (2011) apud Leite (2018), deveria ser voltado para o “aprender fazendo” a partir de uma determinada hipótese de projeto. Ideia igualmente compartilhada por autores como Schön (2000), Rheingantz (2003) e Chupin (2003). Assim, com base no pensamento da importância da formação de arquitetos e urbanistas atentos com a realidade social local, Oliveira (2010) elucida que o exercício técnico e social cabível aos arquitetos e urbanistas, nas mais variadas escalas, vem assegurando, ao longo da história, a elaboração do habitat humano no meio rural e urbano, adequando-se a diferentes meios e necessidades individuais e coletivas. Em consequência disso, o atelier de projeto de arquitetura, em ambiente acadêmico, consiste em um espaço pertinente para a promoção desse aprendizado, pois integra conteúdos com distintas naturezas – tecnológica, artística, social, ambiental –, possibilita a escolha e o desenvolvimento de hipóteses projetuais para problemas espaciais, promove o trabalho colaborativo, exige o domínio de múltiplos meios e domínios, bem como possibilita o desenvolvimento de diferentes competências e habilidades. De acordo com Barros (2013), o ensino de arquitetura no Brasil tem passado por constantes transformações, que consistem em pressões que podem comprometer o ensino de ateliê em sua essência. Dessa forma, a autora destaca a importância da preservação de algumas características de ordem pedagógica, assim como a utilização de novas práticas pedagógicas que valorizem a integração de conteúdo, levando em conta a adoção de posturas cooperativas e multidisciplinares, onde as novas tecnologias são elementos chave para atualização de soluções projetuais. Sendo assim, a pesquisa reconhece nos componentes curriculares identificados como ateliês integrados do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN (CAU UFRN) locus da síntese e reflexão sobre o projeto de intervenção no espaço. Definidos no projeto pedagógico do curso, preveem o exercício prático de estratégias metodológicas que promovam a interdisciplinaridade no processo de desenvolvimento projetual.

Metodologia

Com caráter descritivo-analítico a pesquisa pretende, entre outros propósitos, conceituar os ateliês de projeto de arquitetura com base na experiência do CAU UFRN. A investigação aconteceu em duas etapas. Na primeira foi definido um modelo de análise que considerou duas investigações: a teórica, voltada para o estado da arte, e a normativa, onde analisou-se leis e normas referente ao ensino de projeto de arquitetura nos cursos de arquitetura do Brasil. No âmbito teórico, contribuindo para o entendimento da necessidade da adoção de novas pedagogias, mediante as alterações sofridas no ensino de arquitetura no Brasil, que visem a integração de conteúdos e busquem o desenvolvimento da reflexão crítica sobre a prática profissional, houve familiarização com o debate, com destaque para a leitura de material teórico, como o livro – Educando o profissional reflexivo: Um novo design para o ensino e a aprendizagem – do pedagogo estadunidense Donald Schön e a tese de Amélia de Farias Panet Barros, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Permanências e perspectivas no ensino de projeto de arquitetura no Brasil: Uma análise a partir da produção científica dos Seminários UFRGS (1985) e Projetar (2003-2011). Já no âmbito dos aspectos normativos foram estudados três documentos de ordem nacional e internacional, cujos objetivos foram guiar e oferecer parâmetros para a prática de um ensino de qualidade nas Instituições de Ensino Superior: 1) a Carta para a Educação dos Arquitetos – União Internacional dos Arquitetos / Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UIA / UNESCO (1996), que versa sobre a necessidade da participação de profissionais externos, ajustes do número de estudantes aos ambientes e a necessidade do ambiente física se adaptar às atividades que serão exercidas nos ateliês; 2) o documento do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR) (2017) que substitui os Perfis da Área & Padrões de Qualidade: Expansão, Reconhecimento e Verificação Periódica dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo ABEA (2013), em que são discutidos os elementos gerais da formação do arquiteto, dando enfoque em fatores específicos da estrutura física necessária para garantir a qualidade do ensino e formação profissional do arquiteto e urbanista; 3) as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação de Arquitetura e Urbanismo (BRASIL, 2006; 2010), que discorrem sobre a importância da formação de um profissional generalista, o desenvolvimento de aptidão para compreender as necessidades dos indivíduos, grupos sociais e comunidade em escalas diferenciadas que abarcam o urbanismo, a edificação e o paisagismo, e o estímulo à conservação e valorização do patrimônio construído. Na etapa 2 da pesquisa foi realizada uma caracterização, em âmbito nacional, do ateliê integrado de projeto do CAU UFRN, levando em consideração o Projeto Político Pedagógico do Curso e a aplicação de questionários e entrevistas aos docentes e discentes das disciplinas de ateliê. Onde a análise do referencial teórico e das normas e legislações que regem o ensino de arquitetura nacional e internacional foram os principais elementos de embasamento para a sistematização dos dados coletados, inclusive a estrutura dos questionários e das entrevistas aplicadas. E, corroborando com a investigação em âmbito internacional, fez-se um grupo focal piloto com discentes e egressos do CAU UFRN, que tiveram a oportunidade de vivenciar a experiência do ateliê de projetos em Instituições de Ensino Superior fora do Brasil, através do intercâmbio estudantil, no intuito de buscar excepcionalidades experimentadas por tais estudantes. A pesquisa elegeu três componentes curriculares da estrutura curricular do CAU UFRN, caracterizados em seu projeto pedagógico como ateliês integrados de projetos de arquitetura, urbanismo e paisagismo. São eles: ARQ0035 - Projeto Integrado 3 (5º período), ARQ0036 - Projeto

Integrado 5 (7º período) e ARQ0037 - Atelier Integrado De Arquitetura E Urbanismo (9º período). Foram considerados, sobretudo, os seguintes aspectos: estrutura física, definições pedagógicas, e estratégias metodológicas adotadas pelos docentes. Além das abordagens pedagógicas e metodológicas, a pesquisa tratou com atenção o caráter interdisciplinar dos ateliês, os métodos utilizados pelos docentes para estimular a permanência e o aprendizado dos estudantes, e a adoção de novas tecnologias na prática do exercício projetual em ambiente acadêmico. As questões ligadas à infraestrutura, onde é suposto que a qualidade física dos ateliês impacta diretamente na metodologia adotada pelo professor, assim como na absorção do conteúdo pelo discente, também foram consideradas importantes condicionantes da definição dos ateliês. Os dados foram interpretados à luz da análise de conteúdo, método desenvolvido por Bardin (1977), que define tal abordagem como: “manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo), para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre uma outra realidade que não a da mensagem”.

Resultados e Discussões

Conforme verificado nos documentos em âmbito nacional e internacional, no intuito de garantir a qualidade na formação dos profissionais da área, o CAU/BR em conjunto da ABEA, apresentaram, às Instituições de Ensino Superior, o documento, Perfis da Área e Padrões de Qualidade para o Ensino de Arquitetura e Urbanismo, no qual o ateliê de projetos é definido como ponto central da formação dos estudantes, em que as questões da cidade, paisagem e edifício devem ser trabalhadas de forma indissociável, concentrando a integração do urbanismo, paisagismo e da arquitetura. Dado o exposto, e pautado na dinamicidade da atuação profissional do arquiteto e urbanista, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) passa a definir, nos Programas Pedagógicos (PP) dos cursos de arquitetura e urbanismo do Brasil, o ateliê integrado de projeto como a espinha dorsal das estruturas curriculares dos cursos. O ateliê de projeto passa a ser o locus da integração dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas conceituais/teóricas (teoria e história) e instrumentais (tectônica, topografia, conforto ambiental), de tal forma que seu espaço físico deve possuir características diferenciadas de uma sala de aula convencional, possibilitando o constante debate e exposição de ideias, e servindo como ambiente de trabalho dos estudantes para as mais variadas atividades. Além disso, deve possibilitar a construção do saber por meio da troca, constante, de experiências vivenciadas pelos professores e estudantes. Em consonância, na esfera internacional, a Carta para a Educação dos Arquitetos – União Internacional dos Arquitetos / Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UIA / UNESCO (1996), expõem a necessidade da participação de profissionais externos nas disciplinas de ateliê de projetos, ajustes do número de estudantes aos ambientes de trabalho e a necessidade do ambiente físico se adaptar às atividades que serão exercidas nos ateliês. Reproduzindo a ideia da necessidade de um local adequado às práticas do projeto, que contribua na formação do profissional, que tem como atividade essencial o ato de projetar; e que as Universidades são os locais de formação desse profissional generalista que buscam nos ateliês um suporte para tal atividade, Vidigal (2010: 23, apud Leite, 2018:63) ressalta: [...] desde o espaço físico da sala de aula de projeto – o ateliê (ou estúdio) possuidor de características distintas das salas de aula do ensino tradicional e que o qualificam como espaço de produção – até os procedimentos didáticos das aulas, baseadas nos atendimentos e no trabalho dos estudantes sobre determinados exercícios de projeto, têm qualidades distintas das atividades de ensino convencionais. Levando em consideração a realidade vivenciada pelo CAU UFRN, em sua quinta edição do projeto político pedagógico, com a sexta em vias de aprovação, os ateliês integrados de projetos constituem

componentes curriculares obrigatórios inter-áreas, componentes em que seu conteúdo é caracterizado por abranger pelo menos duas áreas de conhecimento (Representação e Linguagem, Projeto, Estudos Urbanos e Regionais, História e Teoria da Arquitetura e Urbanismo, e Tecnologia), são elas: • Projeto Integrado 03 (ARQ0552), oferecido no quinto período, com carga horária de 180h, trabalhando com conteúdo do segmento urbano, projeto, paisagismo, entre outros, a fim de buscar soluções de processo projetual que refletem na economia, modulação e aplicação da tecnologia no projeto, levando em consideração a Avaliação pós-ocupação (APO), como parte do processo de projetação. Ele tem como produto final da disciplina a elaboração de um anteprojeto de habitação de interesse social; • Projeto Integrado 05 (ARQ0572), oferecido no sétimo período, onde há a junção de vários conteúdos (urbano, paisagismo e projeto) visando a elaboração de um projeto de intervenção em sítios e edifícios históricos, a partir de estudos de readaptação de edificações antigas à novas funções; • E o Atelier Integrado de Arquitetura e Urbanismo (ARQ0591), oferecido no nono período, em que se elabora uma intervenção físico-territorial em uma fração urbana da cidade, de forma a refletir as demandas das organizações populares, sindicais, ou de instâncias governamentais. Tendo como produto final a elaboração de um projeto de intervenção completo, que vai desde o desenho urbano até o projeto detalhado dos edifícios, traçado viário, mobiliário urbano, paisagismo e programação visual. Para a investigação de tais ateliês foram aplicados 108 questionários, de um universo amostral de 189 discentes, entre os anos de 2017 e 2019, com estudantes matriculados nos referidos componentes curriculares do CAU UFRN. A primeira categoria analítica investigada se refere às estratégias metodológicas adotadas pelos professores nos ateliês de projeto, os resultados obtidos revelam o elevado nível de satisfação, uma vez que mais de 50% dos entrevistados consideraram estar entre o nível 4 e 5 (na escala de 1 a 5, cinco representa o maior nível de satisfação e um o menor) para a compreensão do processo metodológico adotado pelo professor referente ao ensino projeto, como visto no gráfico 01. Gráfico 01: Satisfação dos alunos quanto ao entendimento da metodologia projetual adotada pelos docentes. Fonte: Elaborado pelo pesquisador. O seguinte trecho do depoimento de um docente sintetiza o que se pretende: [...] no quinto período, especificamente, a gente busca conversar com o quarto período, a gente não determina qual vai ser a porção do território, a gente herda a porção do território e dentro dele a gente escolhe um terreno para fazer a intervenção. [...] o uso do caderno de bordo, o uso dos painéis que a gente quer que fiquem fixos ilustrando a sala de aula o semestre inteiro, visitas. [...] eu acho que o que realmente tem de melhor são os workshops [...] (ENTREVISTA GRAVADA COM UM DOS DOCENTES DO CAU UFRN, 2018, grifo dos pesquisadores). Corroborando com as metodologias adotadas nas disciplinas de ateliê de projetos, o seguinte trecho do depoimento de outro docente acrescenta: [...] quando eu estou nas minhas aulas específicas, dinâmicas de grupo, para que eles fiquem ali, leiam textos, comentem, exercícios em sala de aula [...] também diálogos, discussão de textos na turma [...] trazendo profissionais convidados, a gente sempre convida um ou outro, dependendo do tema, da abordagem e da área que a gente está trabalhando. (ENTREVISTA GRAVADA COM UM DOS DOCENTES DO CAU UFRN, 2018, grifo dos pesquisadores). Ainda referente aos aspectos de metodologia, um dos docentes acrescenta a importância de considerar a opinião do participante, destacando: [...] eu trabalho com 2 grandes métodos [...] o desenho do possível e aí [...] a gente trabalha a questão da pesquisa participante, a questão de como trabalhar com a comunidade [...]. Além disso a gente pega outros professores específicos que [realizam] oficinas. [...] não [são realizados] grandes relatórios [e busca-se uma integração] com conteúdo da pós-graduação [...]. (ENTREVISTA GRAVADA COM UM DOS DOCENTES DO CAU UFRN, 2018, grifo dos pesquisadores). Com base nas informações acima apresentadas, é possível identificar, quanto aos aspectos metodológicos-pedagógicos, a importância dada pelos docentes CAU UFRN em adotar estratégias diversas que contribuem para o

aprendizado, seja por meio dos workshops, palestras de profissionais externos e integração de conteúdos de outros períodos ou da pós-graduação, dos estudantes sobre a importância do processo projetual, fato que auxilia na formação de um profissional generalista, mas que tem como atividade essencial a ação de projetar. Uma segunda categoria analítica verificada refere-se à integração de conteúdos. Conforme ilustra o gráfico 02, verifica-se que mais de 80% dos discentes julgam a integração curricular importante para o aprendizado, assinalando os níveis 4 e 5 (sendo, 43,4% nível 5 e 39,6% nível 4). Gráfico 02: A importância da integração de conteúdo nas disciplinas de ateliê. Fonte: Elaborado pelo pesquisador. Trata-se do reconhecimento dessa estratégia pedagógica do curso (prevista em seu Projeto Pedagógico) que consiste, além de tudo, na promoção da interdisciplinaridade como princípio metodológico para a abordagem do processo projetual, chave da formação do profissional arquiteto e urbanista. No que se refere a categoria de adoção de novas tecnologias computacionais como mecanismo de avanço e concepção projetual, o gráfico 03, demonstra quais são os recursos tecnológicos mais utilizados pelos discentes, nos ateliês, para o desenvolvimento do projeto. E que quantifica um total de 98 respostas para a utilização de softwares diversos para modelagem, enquanto que a Modelagem da Informação da Construção (BIM) obteve um total de 64 respostas. Gráfico 03: Recursos tecnológicos utilizados pelos alunos para o desenvolvimento do projeto. Fonte: Elaborado pelo pesquisador. Esse resultado demonstra que mesmo com o incentivo dos professores para que os estudantes utilizem softwares de Modelagem da Informação da Construção (BIM), os discentes possuem uma certa resistência, possivelmente em razão de dificuldade ou falta de afinidade no manuseio do software, o que faz com que eles acabem optando por utilizar outros, como o AutoCAD, para desenhos 2D e o SketchUP para modelagens em 3D. Para justificar a resistência por parte dos discentes, quanto a utilização do BIM, um dos docentes relatou que a maioria dos estudantes optam pelo AutoCAD, pois os professores deixam os estudantes livres para a utilização do programa no semestre (uma vez que os estudantes já passaram por todas as disciplinas de representação), como também devido à dificuldade dos discentes em aprenderem a utilizar os layers nos softwares de Modelagem da Informação da Construção (entre eles o Revit). Porém, aqueles que conseguem vencer essa dificuldade trazem resultados de projeto excepcionais. A quarta categoria de análise, referente aos aspectos da qualidade da estrutura física dos ateliês integrados de projeto, foi possível observar, como mostra o gráfico 04, que cerca de 16,8% dos discentes consideram ruim o estado de manutenção do ambiente construído, e 47,7% relatam certa regularidade. Gráfico 04: Percepção dos alunos quanto ao estado de manutenção do espaço físico dos ateliês. Fonte: Elaborado pelo pesquisador. Contribuindo com essa discussão, o discente A14 – AI5 (5º período) diz: Acredito que o maior problema seja com a conservação dos equipamentos. Nas salas de pranchetas, algumas estão quebradas, outras estão com as réguas paralelas tortas e outras com as superfícies danificadas por estilete ou descascando, e aí é ruim de desenhar sobre elas, pois afeta a qualidade do desenho. No laboratório de informática, alguns computadores, às vezes, não ligam, alguns não estão com o mouse funcionando e quase sempre a conexão à internet falha. Já houve situações em que precisei ligar 6 computadores para achar um que estivesse funcionando plenamente. Às vezes há lugar para trabalhar, mas as poucas tomadas próximas já estão ocupadas, então não há como produzir. Também já houve casos de, em dia de orientação, o grupo ter que sair da sala para outro lugar com tomadas/internet para conseguir mostrar aos professores o que estava sendo produzido, pois só haviam duas tomadas na sala e elas já estavam sendo compartilhadas. (A14 - AI5, 2018, grifo dos pesquisadores). Do mesmo modo tem-se o depoimento do aluno A27 - AI7 (7º período), que discorre: Falta infraestrutura, principalmente, computadores. É muito complicado ter que trazer computador para a UF, porque é arriscado e não trazer implica na sobra de muito trabalho para fazer em casa e, quase sempre, não há tempo. (A27 - AI7, 2018, grifo dos

pesquisadores). E o aluno A07 – AI9 (9º período) acrescenta: Uma vez que se faz necessário o uso de uma série de equipamentos, os usuários/alunos sempre enfrentam problemas no que se refere a falta de internet, tomadas e condições confortáveis, sendo assim é preferível trabalhar em outros locais. (A07 - AI9, 2018, grifo dos pesquisadores). Não obstante, foi possível verificar o compartilhamento da mesma opinião, no que se refere a necessidade de adequações da infraestrutura disponível para as disciplinas de ateliê, por parte dos docentes. Uma vez que mesmo que os discentes levem seus computadores próprios não tem tomada para todo mundo, e, além disso, as salas de aula não conseguem conciliar as várias atividades desenvolvidas, tendo como principais problemas a falta de flexibilidade do layout da sala e acesso à internet. Em síntese, ao analisar-se os ateliês de projeto do CAU UFRN, definidos como disciplinas inter-áreas que visam integrar em seu conteúdo pelo menos duas das cinco áreas de conhecimento, numa perspectiva pedagógica, metodológica e espacial, verifica-se que as diretrizes de integração de conteúdo, participação de profissionais externos, cuidado na formação de um profissional generalista capaz de compreender as necessidades dos indivíduos, grupos sociais e escalas diferenciais, que abarcam o urbanismo, edificação, paisagismo e estímulo à conservação e valorização do patrimônio construído são contemplados de forma satisfatória. Porém, apesar de dispor de uma estrutura física capaz de suportar a quantidade de discentes nas disciplinas, há a necessidade de ajustes, para que a sala de aula possa se adaptar às atividades que serão exercidas nos ateliês (layout flexível), seja pelo acesso a rede wi-fi ou o acréscimo na quantidade de tomadas.

Conclusão

Com base nos resultados apresentados e do aprofundamento da temática em estudo, conclui-se que garantir um ensino de qualidade para os cursos de arquitetura e urbanismo é uma tarefa desafiadora, uma vez que se faz necessária a integração da teoria com a prática, dando destaque ao ateliê, que, enquanto espaço de aprendizado, deve possuir as condições necessárias para se tornar um local de construção, de modo que professores e estudantes possam interagir constantemente em busca da troca de conhecimento e vivências, destacando o papel de orientadores, por parte dos docentes, no desenvolvimento do projeto, contribuindo de forma direta no processo de aprendizado do estudante. Foi possível notar que o modelo de ateliê adotado pelo CAU UFRN, por mais que siga várias das recomendações normativas – como ser um local de síntese, organização e pesquisa, que busca a partir da construção coletiva contribuir para o processo de ensino-aprendizagem do estudante através da lógica do aprender a projetar projetando –, carece de alguns ajustes quanto a estrutura física do ateliê (atualmente inviabiliza a permanência dos discentes em sala pela falta de acesso a rede wi-fi, insuficiência na quantidade de tomadas e ser rígida, não permitindo a flexibilidade da sala mediante a atividade a ser realizada no ateliê). Espera-se que a pesquisa possa contribuir com a discussão acerca do ensino de ateliê do CAU UFRN, buscando, a partir dos aspectos negativos constatados, identificar onde a disciplina precisa de melhorias, como por exemplo na disponibilidade de uma sala que favoreça o trabalho em equipe, em torno de pranchetas e permitindo a utilização de computadores, diferentemente das salas de aulas convencionais ofertadas.

Referências

- BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. França: Edições 70, 1977. 229 p. BARROS, Amélia de Farias Panet. Permanências e perspectivas no ensino de projeto de arquitetura no Brasil: Uma análise a partir da produção científica dos Seminários UFRGS (1985) e Projetar (2003-2011). 2013. 407 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e

Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução Nº 2, de 17 de junho de 2010. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, alterando dispositivos da Resolução CNE/CES nº 6/2006. Diário Oficial da União de 18/06/2010, Seção 1, pp. 37-38. CHUPIN, J. As Três Lógicas Analógicas do Projeto em Arquitetura: do impulso monumental à necessidade de pesquisa passando pela inevitável questão da “ensinabilidade” da arquitetura. In: LEITE, Izabel Farias Batista. Ateliês de projeto de design e de arquitetura: espaço, ensino e suas correlações. Revistar Projetar: projeto e percepção do ambiente, Natal, v. 3, n. 3, p.47-60, 10 abr. 2019. CONFEA. Trajetória e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia/ Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. –Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira; Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010. COX, L. et al. A Carta UNESCO/UIA: para a formação em arquitetura. 2011. Comissão de Formação do Arquiteto da UIA. Disponível em: <http://www.cialp.org/documents/1439567302V4pFQ3qn3Jd55EK0.pdf>. Acesso em: novembro/2018. LAWSON, B. Como arquitetos e designers pensam. Oficina de Textos, São Paulo; 4ª edição, 2011. LEITE, Izabel Farias Batista. Ateliês de projeto de design e de arquitetura: espaço, ensino e suas correlações. Revistar Projetar: projeto e percepção do ambiente, Natal, v. 3, n. 3, p.47-60, 10 abr. 2019. PPP ARQUITETURA E URBANISMO UFRN. Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências e Tecnologia. Abril de 2015. RHEINGANTZ, P. A. Arquitetura da autonomia: bases pedagógicas para a renovação do atelier de projeto de arquitetura. In: LEITE, Izabel Farias Batista. Ateliês de projeto de design e de arquitetura: espaço, ensino e suas correlações. Revistar Projetar: projeto e percepção do ambiente, Natal, v. 3, n. 3, p.47-60, 10 abr. 2019. SILVA, E.; KALIL, I.; MAGALHÃES, M. A. A. A.; SILVEIRA, R. P. G.; FICHER, S. Perfis da área & padrões de qualidade–expansão, reconhecimento e verificação periódica dos cursos de arquitetura e urbanismo. Brasília, Ceau/Sesu, 1994. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf>. Acesso em novembro/2018. SILVEIRA, Luís Roberto Marques da. Sobre o conceito de ateliê integral e algumas práticas de ensino. II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura. Rio de Janeiro: 2005. 8p. SCHÖN, Donald A. Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000. TEIXEIRA, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio; SUPERIOR, Diretoria de Avaliação da Educação; SUPERIOR, Sistema Nacional de Avaliação da Educação. Instrumento de Avaliação de Cursos de Graduação presencial e a distância. Brasília: 2012. 34 p. VIDIGAL, E. J. Ensino de projeto arquitetônico: um estudo sobre as práticas didáticas no curso de arquitetura da uf do paraná. 2011. 350 pg. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 14 de dezembro de 2010. In: LEITE, Izabel Farias Batista. Ateliês de projeto de design e de arquitetura: espaço, ensino e suas correlações. Revistar Projetar: projeto e percepção do ambiente, Natal, v. 3, n. 3, p.47-60, 10 abr. 2019.

Anexos

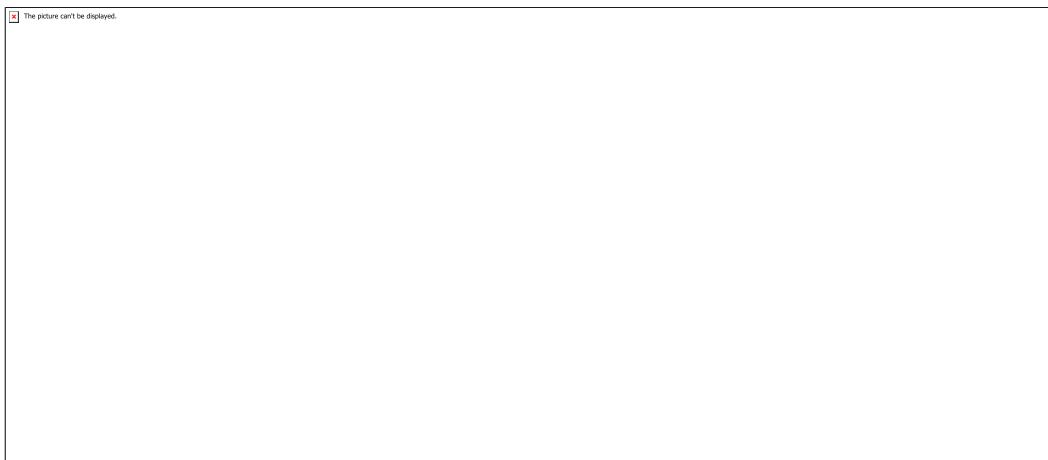


Gráfico 01: Satisfação dos alunos quanto ao entendimento da metodologia projetual adotada pelos docentes.

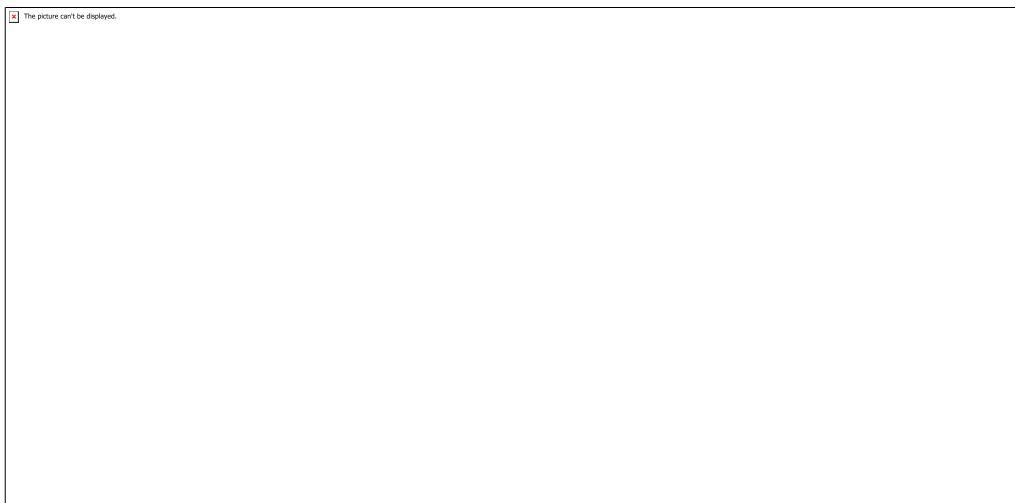


Gráfico 02: A importância da integração de conteúdo nas disciplinas de ateliê.

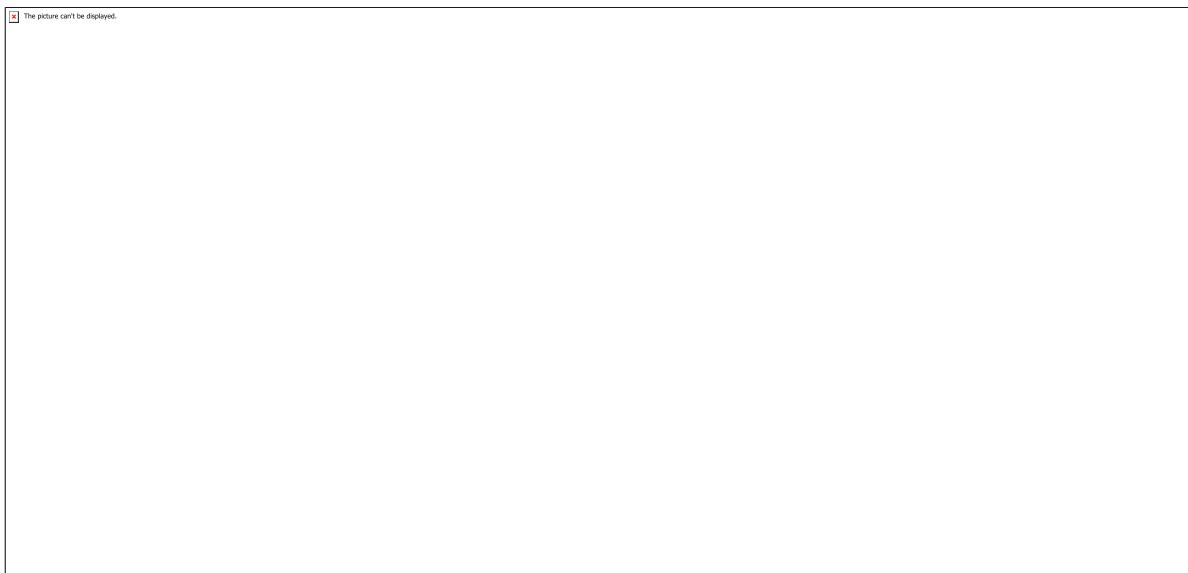


Gráfico 03: Recursos tecnológicos utilizados pelos alunos para o desenvolvimento do projeto.

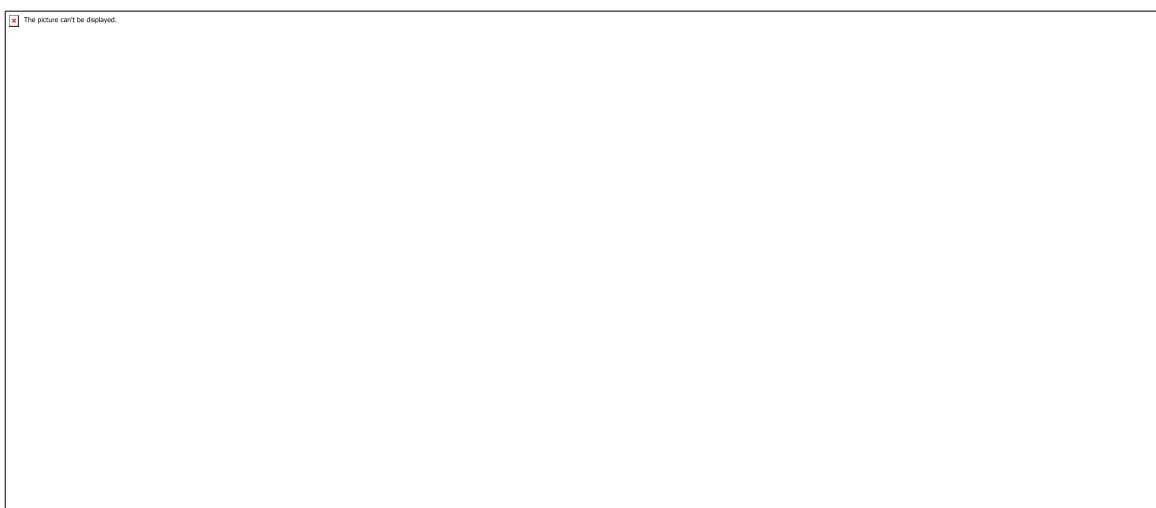


Gráfico 04: Percepção dos alunos quanto ao estado de manutenção do espaço físico dos ateliês.

CÓDIGO: HS0194

AUTOR: MIRÓ AIRES DE ALMEIDA

ORIENTADOR: AMIRIA BEZERRA BRASIL

TÍTULO: Consolidação e alimentação de um banco de dados e informações acerca da análise evolução urbana de Natal

Resumo

Tendo em vista a importância do estudo da Morfologia Urbana, o objetivo do plano de trabalho tratado neste relatório foi contribuir para a formação de um banco de dados acerca da análise morfológica da evolução de Natal, a partir de trabalhos produzidos no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Como metodologia, deu-se seguimento ao processo de tratamento de dados elaborado em estágio anterior da pesquisa. O banco de dados construído tem alta demanda e já contribui para a realização de diversos trabalhos no campo dos estudos urbanos desenvolvidos dentro do Departamento de Arquitetura da UFRN.

Palavras-chave: Morfologia Urbana. Análise Morfológica.

TITLE: Final Report: Consolidation and feeding of a database on the morphological analysis of Natal's urban development.

Abstract

Considering the importance studying Urban Morphology, the objective of the work plan discussed in this report was to contribute to the formation of a database about the morphological analysis of Natal's development, based on works produced in the Architecture and Urbanism Course of the Federal University of Rio Grande do Norte. As a methodology, the process of data treatment created previously was followed. The database developed has high demand and has contributed to the realization of many researches in the field of urban studies in the Architecture Department of UFRN.

Keywords: Urban Morphology. Morphological Analysis.

Introdução

Na contemporaneidade, os equívocos na produção da cidade se dão em parte pela leitura deficiente de sua forma e tentativa de controlá-la completamente através de planos e projetos, variáveis de causa-efeito que simplificam a realidade (COELHO, 2015), seguindo uma lógica funcionalista que já se provou ineficaz, mas continua sendo aplicada (PANERAI, 2006). Nesse cenário, define-se a Morfologia Urbana, ciência consagrada pelas escolas inglesa e italiana de morfologia que hoje é amplamente empregada no processo de desenvolvimento urbano, como “o estudo da forma urbana, considerando-o um produto físico das ações da sociedade sobre o meio, que vão edificando-o, ao longo do tempo.” (COSTA e NETTO, 2017). Estudar a cidade, este objeto complexo, moldado pelos mais diversos interesses ao longo dos anos que hoje ocupa uma grande porcentagem da superfície terrestre, permite orientar sua produção. Para tanto, dados – em diversos formatos – são essenciais: mapas, fotos e documentos que permitam entender o tecido urbano, “expressão física da forma urbana” (MERLIN, 1988 apud COELHO, 2015), no momento atual e remontar seu processo de evolução,

informações que demandam tempo para reunir. Sobre esse assunto, nota-se que durante a disciplina de Planejamento e Projeto Urbano 02 – PPUR 02, ofertada semestralmente como componente obrigatório do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, é feita pelos alunos a análise urbana de um bairro ou recorte da cidade, variando a cada semestre. Uma vez que é levantada a evolução urbana morfológica da área de estudo, os memoriais produzidos nessa disciplina constituem uma importante fonte de dados, embora bastante fragmentada e apresentada em formatos diferentes, uma vez que são produzidos por grupos diferentes e em períodos diferentes. Também é analisada a situação atual dos bairros, com a metodologia da análise morfológica do Panerai (elementos urbanos: traçado, parcelario e edificações, além das tipologias). Identificando nessa situação uma oportunidade, teve início em 2017 o projeto de pesquisa intitulado “Caracterização do tecido urbano de Natal: um estudo morfológico da evolução urbana da cidade”, dentro do qual foi desenvolvido, no período 2017-2018, o plano de trabalho “Construção e alimentação de um banco de dados acerca da análise morfológica da evolução urbana de Natal”, tendo como objetivo geral contribuir para a formação de um banco de dados acerca da análise morfológica da evolução urbana de Natal, partindo da sistematização dos dados gerados na disciplina de PPUR 02. Ao fim do período, havia sido atingido um estágio inicial de organização dos dados, além de publicação no ENANPARQ 2018 e participação em cursos sobre georreferenciamento. Dando continuidade a essas atividades, seguindo o mesmo objetivo geral, teve início o plano de trabalho “Consolidação e alimentação de um banco de dados e informações acerca da análise evolução urbana de Natal”, ao qual se refere este relatório final, onde serão apresentados a metodologia adotada, discussão e conclusões que surgem das atividades realizadas nesta pesquisa. Assim como o anterior, este plano atuou em conjunto com outro, desta vez denominado “Organização e divulgação de informações acerca da análise morfológica da evolução urbana de Natal”, dado o volume de dados envolvidos e a demanda crescente pelos mesmos.

Metodologia

Dado o caráter de continuidade das atividades desenvolvidas anteriormente, a metodologia parte do que já vinha sendo realizado, processo de tratamento e organização de dados desenvolvidos empiricamente pelos bolsistas. No início das atividades, ainda no plano de trabalho 2017-2018, foram desenvolvidas em paralelo tanto uma revisão bibliográfica com foco nos temas gerais da pesquisa, Morfologia Urbana e Análise Morfológica, passando por autores como Del Rio (1990), Panerai (2006), Coelho (2015) e Alvarenga (2017), quanto o levantamento e organização dos trabalhos da disciplina de PPUR 02, armazenados pelas docentes que a ministraram. Além dos memoriais descritivos, parte do acervo é formada por mapas desenvolvidos no software AutoCad, produzidos pelos alunos, importantes por permitirem o uso das informações levantadas para a construção de mapas temáticos. A etapa posterior à organização dos trabalhos, portanto, foi justamente a realização de correções e adequação desses mapas, que apesar de conterem dados importantes, continham também problemas formais, para inserção no banco de dados. A fim de trabalhar com informações georreferenciadas, recurso que facilita a manipulação de informações e produção de mapas temáticos, optou-se pelo uso do software ArcGIS, extremamente versátil e compatível com o formato DWG, no qual são produzidos os mapas pelos alunos. Para aperfeiçoar o banco de dados, o material produzido na disciplina foi todo georreferenciado e transformado em formato Shapefile, aos quais é possível associar tabelas de atributos (Figura 1) construídas com os campos que se fizerem necessários, variando de acordo com o tipo de mapa. Figura 1 – Tabela de atributos associada a um

arquivo shapefile. Fonte: Elaborado pelo grupo de pesquisa, 2018. Além do procedimento usado no tratamento das informações, foi utilizado o AutoCAD como ferramenta de desenho digital para construir mapa de Natal em 1978 a partir de cartas digitalizadas obtidas com a SEMURB.

Resultados e Discussões

No início da vigência deste plano de trabalho, o reconhecimento e sistematização dos dados de PPUR 02 já havia sido realizado, estando então o foco em dar continuidade à construção de tabelas de atributos no ArcGIS e definir a organização final do banco de dados. Através de solicitação à SEMURB, foi obtida uma grande quantidade de dados georreferenciados, em formato shapefile, sobre diversos aspectos morfológicos da cidade, ampliando consideravelmente o banco de dados existente. Parte dos esforços, então, se voltaram para organizar e explorar o novo acervo. Em meio a esses dados, foi encontrado um mapa de lotes, curvas de nível, vias e espaço construído da cidade em 1978, dividido em diversos arquivos de imagem, como fragmentos de uma grande ortocarta. Para poder usá-lo futuramente em análises ou como base para mapas temáticos, optou-se por montar as imagens no Auto CAD (Figura 1), usando-as como base para desenhar o mapa, tendo início pelo aspecto de espaço construído. Como se trata de um processo muito demorado pela escala do que está retratado (toda a cidade de Natal), ainda se encontra em andamento, tendo sido finalizada apenas a Região Administrativa Norte. Figura 1 – Mapa de Natal em 1978. Fonte: Elaborado pelo grupo de pesquisa, 2018, com base em dados da SEMURB. Paralelamente, a base de pesquisa onde se desenvolve este trabalho, o GEHAU - Grupo de Estudos em Habitação, Arquitetura e Urbanismo começou a ser procurada por alunos do PPGAU - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e de graduação do CAU e como fonte de dados para desenvolvimento de pesquisa e trabalhos acadêmicos, servindo como suporte à comunidade acadêmica do departamento. Para facilitar o acesso à produção da disciplina de PPUR 02, após finalizar a estrutura do banco de dados, armazenado no computador da base e salvo também no Google Drive, foi elaborada a tabela 1 para divulgação das informações existentes, a ser disponibilizada na Biblioteca Setorial Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinôco, no prédio dos laboratórios do Departamento de Arquitetura, o que se tornou temporariamente inviável quando a biblioteca teve de entrar em reforma. Tabela 1 – Material de divulgação do banco de dados. Fonte: Elaborado pelo grupo de pesquisa, 2019. Contribuindo com a produção acadêmica, o banco de dados foi utilizado para desenvolvimento de vários trabalhos na disciplina de PPUR 06, em especial a denominada “Vazios Urbanos: Estudos morfológicos no bairro de Capim Macio, em Natal, Rio Grande do Norte, entre 2007 e 2018”, de autoria de aluno inserido no GEHAU e que serviu como experiência de uso dos dados reunidos e de aplicação/divulgação dos conhecimentos adquiridos no software ArcGIS, com o qual foram feitos os diversos mapas do trabalho, conforme figuras 3 e 4: Figura 3 – Conjuntos e loteamentos no bairro Capim Macio. Fonte: Cavalcante, 2018. Figura 4 – Vazios urbanos por tamanho em Capim Macio. Fonte: Cavalcante, 2018. Outra produção se deu para artigo publicado no ENANPUR - Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional 2019, como exposto na figura 5: Figura 5 – Mapa de localização do universo de estudo. Fonte: Brasil, Ataíde, Cavalcante e Marinho, 2019. Além disso, considerando que um dos objetivos específicos do plano de trabalho é aprender a utilizar softwares que facilitem a sistematização dos dados e informações, foi organizado em parceria com o Departamento de Políticas Públicas o curso de extensão “Noções Básicas de ArcGis para Arquitetura e Urbanismo”, coordenado pela professora Amíria Brasil e ofertado pelo Departamento de Arquitetura, aberto para

alunos da UFRN e de outras faculdades, realizado entre 11 de março e 5 de abril. Nessas aulas, foi possível aprimorar o uso da ferramenta e descobrir novas formas de aplicá-la.

Conclusão

Ao fim do período deste plano de trabalho, surgem algumas considerações sobre o processo que se deu e sobre seu prosseguimento. O banco de dados, agora bem mais consolidado, conseguiu reunir um leque bastante amplo de informações, mas segue ainda muito fragmentado: por ser parcialmente constituído pela produção da disciplina de PPUR 02, não há constância espacial ou temporal nas áreas estudadas, o que resulta em informações sem continuidade. Constam dados sobre determinados bairros em alguns anos e em outros não, e nota-se maior concentração dos estudos nos bairros das regiões administrativas leste e sul. Notou-se durante a produção dos mapas e imagens para o relatório “Vazios Urbanos: Estudos morfológicos no bairro de Capim Macio, em Natal, Rio Grande do Norte, entre 2007 e 2018”, que usou dados da evolução morfológica do bairro estudado, por um lado incongruências nos trabalhos de PPUR 02 que existiam sobre a área, realizados por grupos diferentes, mas, por outro, a eficácia de se trabalhar no ArcGIS tendo uma base consolidada à disposição, tendo sido atingido um resultado extremamente satisfatório com o material gráfico final. A procura pelos dados tem sido constante e foi possível contribuir com diversos trabalhos de graduação e pós-graduação, o que demonstra a necessidade existente na comunidade acadêmica de informações organizadas. Nesse aspecto, a continuidade da pesquisa se mostraria muito vantajosa ao dar suporte a outras iniciativas, facilitando a produção de conhecimento e discussão sobre a cidade de Natal.

Referências

BRASIL, Amíria B.; ATAIDE, Ruth M. C.; CAVALCANTE, Saulo M. O. L.; MARINHO, Bárbara R. Vazios urbanos em Natal: Um estudo para categorização das áreas ociosas e subutilizadas. In: XVIII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2019, Natal. Anais XVIII ENANPUR 2019. Disponível em: <<http://anpur.org.br/xviiienanpur/anais/>>. Acesso em: 16 ago. 2019. CAVALCANTE, Saulo Matheus de Oliveira Lima. Vazios urbanos: estudos morfológicos no bairro de Capim Macio, em Natal, Rio Grande do Norte, entre 2007 e 2018. Trabalho desenvolvido para a disciplina Planejamento e Projeto Urbano e Regional 6 –Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018. COELHO, Carlos Dias (Coord). Os elementos urbanos. Lisboa: Argumentum, 2015. COSTA, Staël de Alvarenga Pereira; NETTO, Maria Manoela Gimmler. Fundamentos de morfologia urbana. Belo Horizonte: C/Arte, 2017. DEL RIO, Vicente. Introdução ao Desenho Urbano no processo de Planejamento. São Paulo: PINI, 1990 PANERAI, Philippe. Análise urbana. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

Anexos

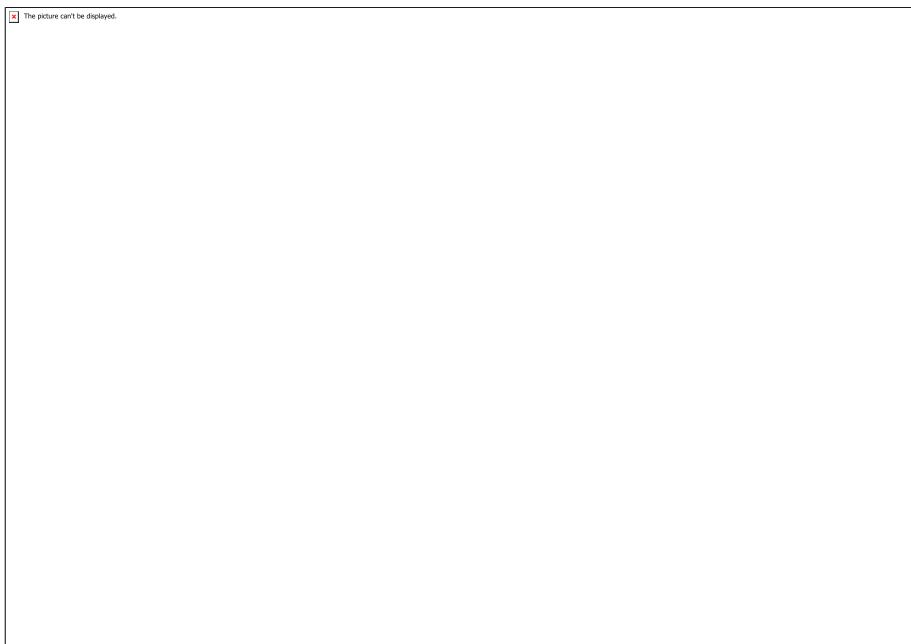


Figura 1 – Tabela de atributos associada a um arquivo shapefile.

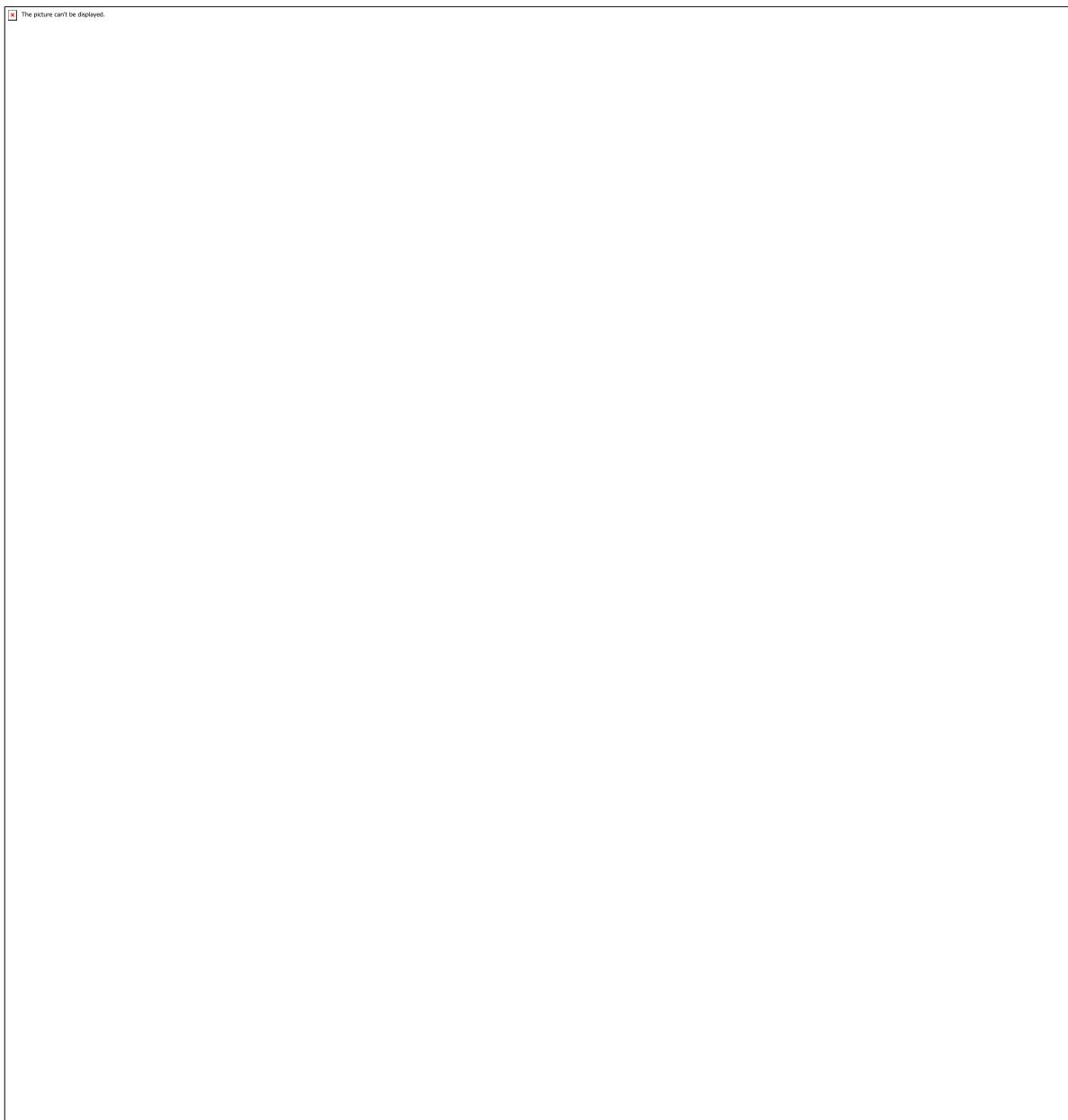


Tabela 1 – Material de divulgação do banco de dados.

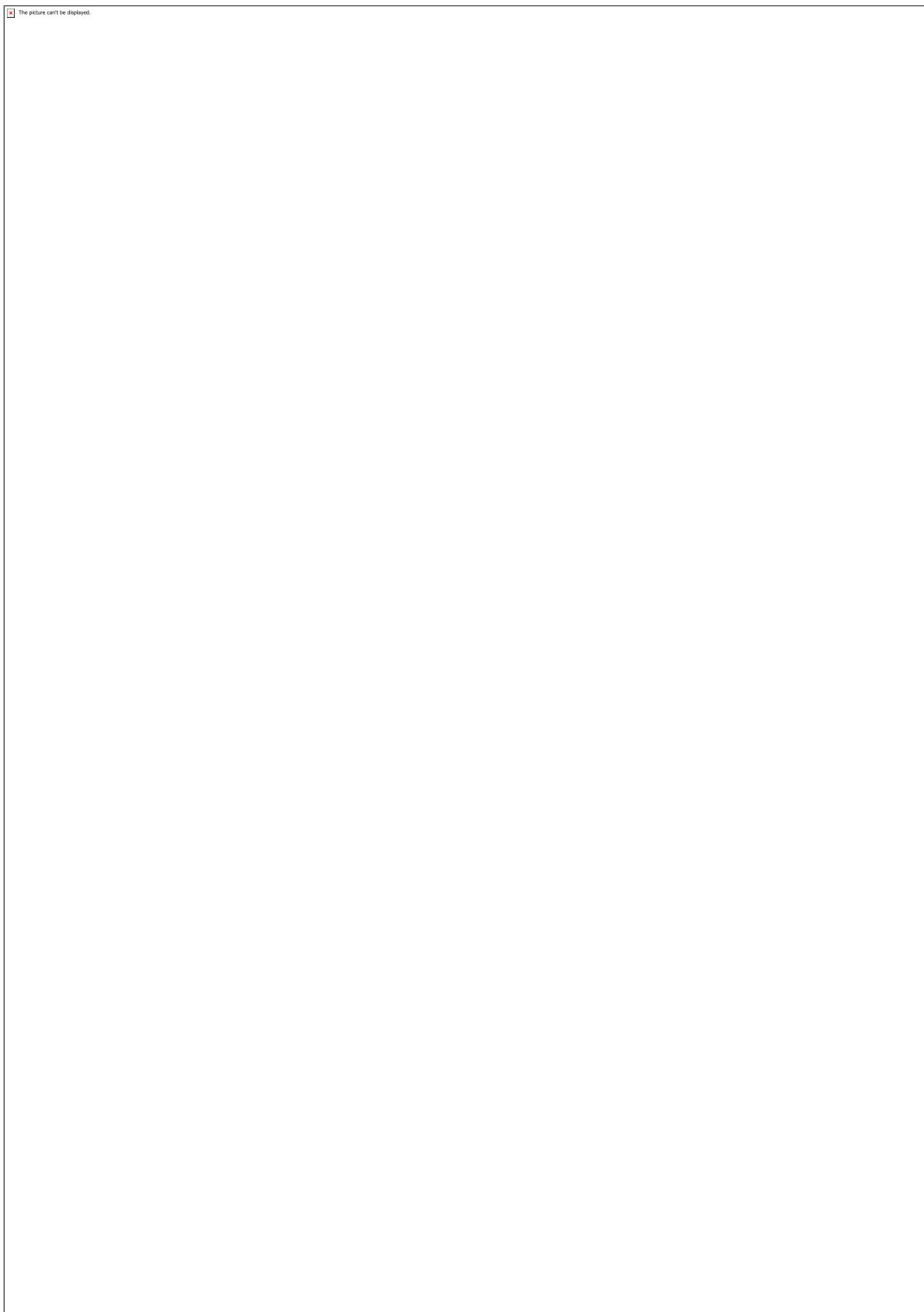


Figura 2 – Mapa de Natal em 1978.

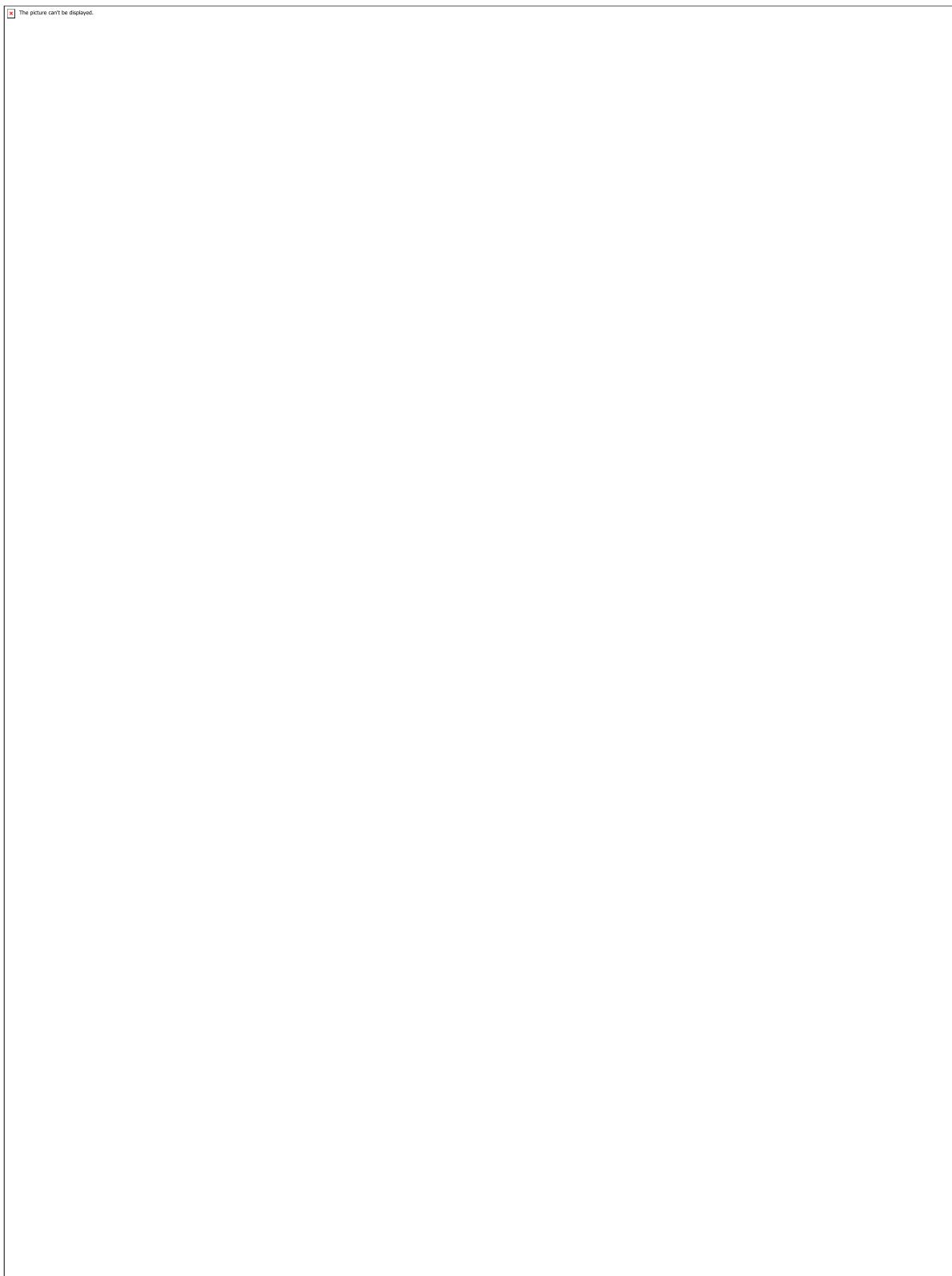


Figura 3 – Conjuntos e loteamentos no bairro Capim Macio.

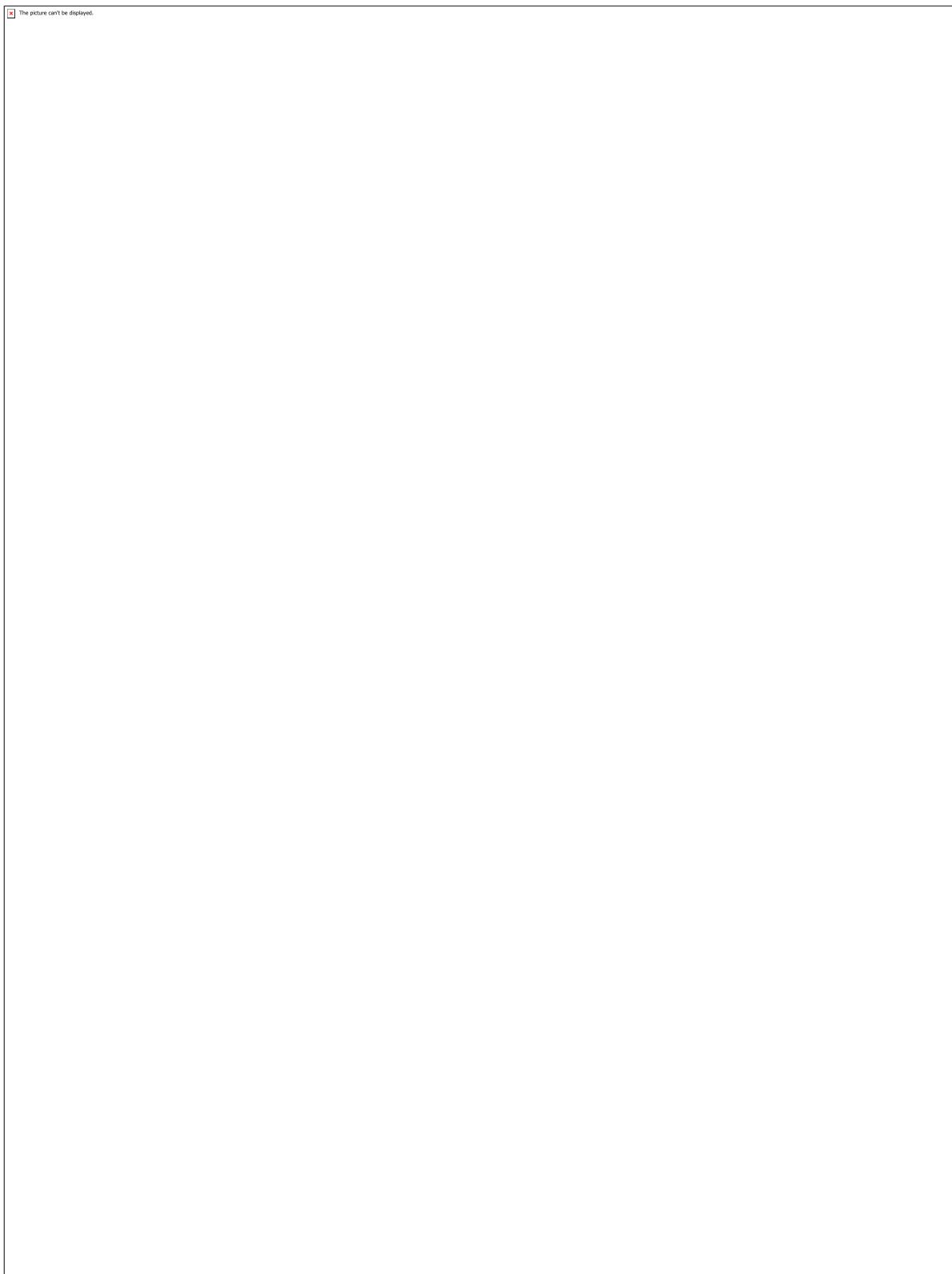


Figura 4 – Vazios urbanos por tamanho em Capim Macio.

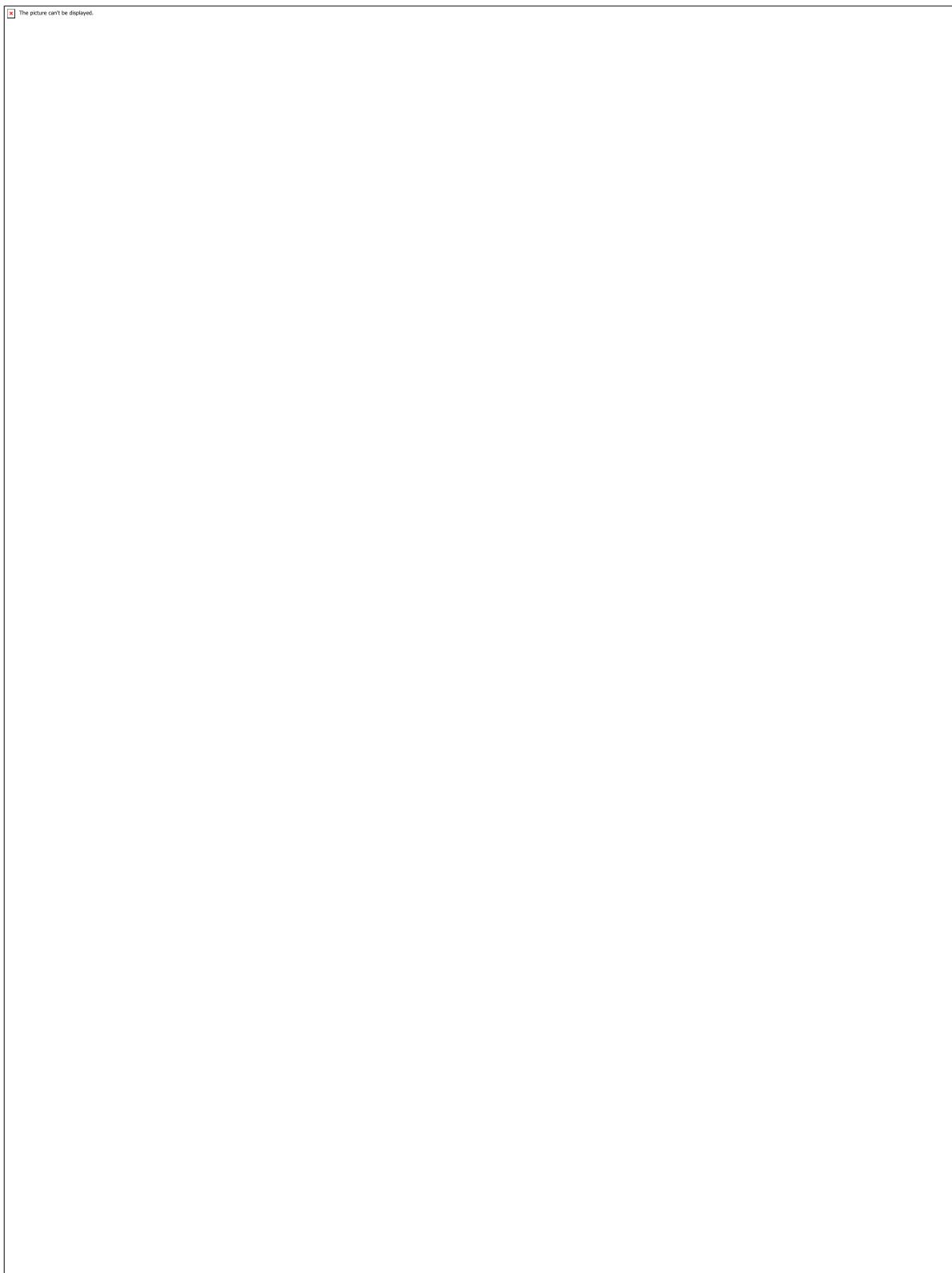


Figura 5 – Mapa de localização do universo de estudo.

CÓDIGO: HS0198

AUTOR: JULIO CESAR PIRES DE AZEVEDO

ORIENTADOR: MAISA FERNANDES DUTRA VELOSO

TÍTULO: Desenvolvimento e Atualização do Banco de Dados e Mídias Eletrônicas do Grupo PROJETAR

Resumo

O relatório descreve as atividades desenvolvidas no plano de trabalho "Desenvolvimento do Banco de Dados e Mídias Eletrônicas do Grupo PROJETAR", orientado pela Prof^a Dra^a Maísa Veloso. Elas abrangem dois projetos do Grupo PROJETAR: o Banco de Dados PROJEDATA, biblioteca virtual que armazena trabalhos relacionados ao grupo e aos Seminários PROJETAR, e a Revista PROJETAR, periódico quadromestral que publica artigos científicos das áreas de Projeto e Percepção do Ambiente. Esses projetos são de alimentação contínua e cumprem o papel de divulgação de pesquisas nessas áreas do conhecimento, tendo respectivamente como suporte as plataformas DSpace e Open Journal System. Os objetivos principais do trabalho são introduzir o bolsista no universo da pesquisa científica, desenvolvendo seu senso crítico-analítico e habilidade de redação de artigos científicos, além de desenvolver seu conhecimento quanto a bancos de dados, bibliotecas virtuais e revistas eletrônicas de Arquitetura e Urbanismo. Os trabalhos de manutenção do Banco de Dados PROJEDATA, do site do Grupo PROJETAR e de programação virtual da Revista PROJETAR, além da produção de artigos tendo em vista a produção de conhecimento na área de Projeto e Percepção do Ambiente, garantiram o cumprimento desses objetivos.

Palavras-chave: Banco de dados, Biblioteca Virtual, Revista Eletrônica

TITLE: Development of PROJETAR Group's Database and Electronic Media

Abstract

The report describes the activities developed in the work plan "Development of PROJETAR Group's Database and Electronic Media", under the guidance of Prof. Dr. Maísa Veloso. They revolve around two projects of the PROJETAR Group: the PROJEDATA Database, a virtual library that stores works related to the group and the PROJETAR Seminars, and the PROJETAR Journal, a quarterly journal that gathers articles from the areas of Architecture Design and Environmental Perception. These projects are of continuous feeding and fulfill the role of disseminating research in these areas of knowledge, having as support the platforms DSpace and Open Journal System. The main objectives of the work plan are to introduce the student in the universe of scientific research, developing their critical-analytical sense and ability to write scientific articles, as well as developing their knowledge of databases, virtual libraries and electronic journals of Architecture and Urbanism and how to use the software that supports them. The maintenance of the PROJEDATA Database, the PROJETAR Group's website and the PROJETAR Journal's virtual programming, as well as for the production of articles regarding the production of knowledge in the area of Architecture Design and Environmental Perception, ensured that these objectives were met.

Keywords: Database, Virtual Library, Electronic Journal

Introdução

O Grupo PROJETAR é um grupo de pesquisa vinculado ao Departamento de Arquitetura e ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN, criador do Seminário PROJETAR, cuja primeira edição ocorreu em Natal em 2003 e que continua sendo realizado bienalmente em diferentes cidades do Brasil, já tendo ocorrido também fora do país, com a edição de 2017 sediada em Buenos Aires, Argentina, e a próxima em Curitiba, em outubro de 2019. Em termos de produção acadêmica, o grupo trabalha a partir de dois eixos principais: Projeto de Arquitetura e Percepção do Ambiente. Para além disso, também é responsável pelo gerenciamento e publicação da Revista PROJETAR - Projeto e Percepção do Ambiente, revista online quadrimestral que reúne artigos científicos e resumos expandidos que contemplam esses dois eixos, que são os mesmos eixos de trabalho do grupo. Até o momento, a revista se divide nas seções Ensino, Pesquisa, Teoria e Conceito, Crítica, Práxis e Ensaios, que configuram os temas gerais dos trabalhos submetidos à avaliação cega pelos pares. A Revista PROJETAR adota o Open Journal System (OJS) como seu sistema de editoração. Ademais, o Grupo PROJETAR gerencia um Banco de Dados virtual denominado PROJEDATA, com o apoio do CNPq, onde estão depositadas imagens e informações acerca da produção recente em arquitetura no Brasil, seja no meio acadêmico ou profissional. Essas informações se encontram nos mais diversos formatos, sejam artigos, posters, teses, dissertações, monografias, entre outros tipos de produção, organizados em comunidades e coleções. Deve-se destacar a comunidade 'Anais dos Seminários PROJETAR' onde foram depositados todos os artigos publicados desde a primeira edição de Natal/2003 até a mais recente de Buenos Aires/2017. O PROJEDATA é construído a partir de um sistema de repositórios digitais de livre acesso denominado DSpace. O manuseio de Bancos de Dados, Bibliotecas Virtuais e Revistas Eletrônicas na área de Arquitetura e Urbanismo, bem como o desenvolvimento de habilidades no uso de software que auxiliem esse manejo são dois dos objetivos do plano de trabalho "Desenvolvimento do Banco de Dados e Mídias Eletrônicas do Grupo PROJETAR", desenvolvido pelo bolsista de iniciação científica Júlio César Pires de Azevêdo, sob a orientação da Profª Drª. Maísa Veloso. O presente relatório objetiva descrever as atividades realizadas pelo bolsista durante o período de duração do plano de trabalho, bem como apontar caminhos para sua continuidade.

Metodologia

Uma vez que o bolsista foi incorporado ao grupo quando o plano de trabalho já estava em curso, a cronologia da metodologia proposta foi modificada levando em consideração as demandas da ocasião. Num primeiro momento, realizou-se uma capacitação com o acompanhamento da ex-bolsista e da orientadora do projeto de pesquisa. Após isso, o bolsista dedicou-se à programação visual da Revista PROJETAR, que lançaria a terceira edição de seu terceiro ano de existência (v.3, n.3). Para além das atividades já apontadas, e tendo em vista que as atualizações das mídias são periódicas mas não diárias, o bolsista também atualizou e organizou os metadados de artigos inseridos no PROJEDATA, banco de dados gerenciado pelo grupo PROJETAR. Outra atividade realizada foi a indexação de volumes anteriores do periódico. O bolsista ficou responsável ainda pela atualização da plataforma virtual da Revista e do Grupo, bem como pelo gerenciamento do email da revista quando se tratava de divulgação de produção de conhecimento em projeto e percepção do ambiente, divulgação de eventos e processos seletivos de pós-graduações relacionadas às áreas de atuação do Grupo e, ainda, contato com os pesquisadores para sanar

dúvidas técnicas acerca da Revista (template do artigo, imagens) e do processo de submissão via sistema.

Resultados e Discussões

A Revista PROJETAR está ancorada no Portal de Periódicos da UFRN (<https://periodicos.ufrn.br/revprojetar>) que utiliza o Open Journal System – OJS, que é um sistema de manejo e publicação de revistas online desenvolvido pelo Public Knowledge Project (PKP), iniciativa de desenvolvimento de software de livre acesso com o objetivo de expandir o acesso à informação. Sendo assim, o OJS é disponibilizado de forma gratuita para criação e gerenciamento de revistas internacionalmente, seguindo o mesmo objetivo do PKP. A Revista PROJETAR é publicada quadrienalmente desde abril de 2016, sempre ao final dos meses de abril, agosto e dezembro. É uma revista de fluxo contínuo, podendo receber, em qualquer momento, submissões de artigos científicos voltados para os temas centrais da mesma (Projeto e Percepção do Ambiente), a partir de abordagens do Ensino, Pesquisa, Teoria e Conceito, Crítica e Práxis, através das quais se organizam as seções da revista. Os trabalhos publicados são aqueles aprovados por meio de avaliação do tipo duplo cega pelos pares, ou seja, é realizada uma avaliação sem identificação do autor por pelo menos dois avaliadores e, em caso de divergência na avaliação dos dois primeiros, por um terceiro avaliador. Os avaliadores são profissionais vinculados a instituições de ensino e/ou pesquisas reconhecidas nacional e/ou internacionalmente, convidados pelo Editor-Gerente a partir de sua experiência como professor/pesquisador. Há ainda o caso da seção Ensaio, onde os artigos que a integram são publicados mediante convite ou envio espontâneo por parte de pesquisadores/profissionais experimentados/renomados, não ultrapassando 20% do total de artigos da edição. Outro exemplo da participação são os Dossiês Práxis, publicados ao menos uma vez ao ano, visando difundir produções arquitetônicas relevantes naquele momento, como foi o caso do Dossiê da edição de Abril de 2018, que apresentou a produção de uma experiência pioneira de Residência Profissional em Arquitetura, Urbanismo e Engenharia na UFBA; e da edição de Agosto 2018, que expõe, como parte das homenagens aos 60 anos da UFRN, os projetos das equipes do curso de Arquitetura e Urbanismo dessa instituição, classificadas para a fase final do concurso internacional do BID UrbanLab/2017, com propostas para o Bairro da Ribeira/Natal. Como bolsista, colaborei na edição de imagens dos projetos apresentados pelos autores, após revisão do texto pela editora responsável. No início de 2019, a Revista passou por uma atualização no sistema OJS e integrou o Portal de Periódicos da UFRN. O sistema novo trouxe atualizações que facilitam a operação do periódico, tendo se revelado muito mais moldável às necessidades específicas da Revista, não havendo grandes dificuldades ou barreiras para a utilização da plataforma por parte do Editor-Gerente e do bolsista. Apesar disso, alguns dos pesquisadores interessados em submeter seus trabalhos encontravam alguma dificuldade nesse processo de submissão, por vezes, não conseguindo completá-la e solicitando orientações da equipe. Para orientar o processo de submissão e de acompanhamento das etapas de avaliação, produzimos alguns tutoriais que são disponibilizados para os autores. Em relação à formatação da revista, ainda mantivemos o uso do Word, pois esse software torna muito mais fácil e rápido o processo de adequação dos artigos submetidos ao layout por nós utilizado, em um modelo (template) de artigo disponível para download na página da Revista. Durante esse período da pesquisa, foram atualizados alguns dados do template para edição em Word para atender a requisitos dos indexadores utilizados, como o LATINDEX. Finalizado o processo de edição, os artigos são publicados em formato pdf. Para edição da capa, optou-se pelo uso do software Photoshop, embora outros tenham sido utilizados em edições passadas, como

o Corel Draw. Essa decisão foi tomada uma vez que se trata de um programa bastante intuitivo e com o qual o bolsista já possui familiaridade. Dessa forma, todo o processo de programação visual da revista, desde a formatação, criação de template e desenvolvimento da capa, mostrou-se muito importante para ampliar o conhecimento do bolsista em relação aos software utilizados e suas funções. Além disso, o contato com a Revista e com o Banco de Dados do Grupo PROJETAR auxiliou no entendimento do processo de publicação de trabalhos científicos, desde a submissão, passando pelo processo de avaliação e edição, até o momento da publicação de fato. Ademais, o contato com um grande volume de trabalhos científicos durante a fase de formatação contribuiu para o entendimento de metodologia de trabalhos científicos e das regras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), às quais eles são submetidos. Já em relação ao Banco de Dados PROJEDATA, têm-se como base o DSpace Institutional Digital Repository System, desenvolvido originalmente pela Massachusetts Institute of Technology (MIT) e Hewlett-Packard Company. Trata-se de um sistema que possibilita a criação de repositórios digitais e sua operação, sendo estes adotados por diversas instituições consorciadas e federadas. Esses repositórios recebem qualquer tipo de material digital e garantem sua acessibilidade por parte de qualquer pessoa. Assim como o OJS, o DSpace é um software livre, flexível às necessidades das instituições que o adotam. Vários outros grupos e setores da UFRN também adotam esse sistema em seus bancos de dados, como é o caso da Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM) que alimenta e mantém a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD). O contato com o Banco de Dados se deu principalmente através da organização dos metadados dos artigos inseridos. Quanto a esse contato, percebeu-se que o manuseio do banco de dados por parte do usuário é bastante intuitivo e legível, servindo bem ao seu propósito de tornar a produção acadêmica mais acessível aos pesquisadores e demais indivíduos que se interessem em acessá-la.

Conclusão

A partir das experiências relatadas, considera-se que os objetivos do plano de trabalho foram alcançados, uma vez que foram desenvolvidas as habilidades quanto ao uso dos software e que, à medida em que o contato com a produção científica avançou, houve de fato o desenvolvimento do senso crítico do bolsista e em sua introdução nos meios de divulgação digitais, muito utilizados no dias atuais. Além disso, foram concluídos os indicativos sugeridos pelo plano de trabalho anterior, sendo eles: (1) a produção de material audiovisual para orientar os pesquisadores no processo de submissão de artigos para a Revista PROJETAR, objetivando sanar as dúvidas mais frequentes; e (2) a atualização do Banco de Dados PROJEDATA com a produção dos pesquisadores do próprio grupo.

Referências

- BOUDON, P. et al. Enseigner la conception architecturale – Cours d'Architecturologie. Paris: Éditions de la Villette, 2000. BOUTINET, J.P. Antropologia do Projeto. Porto Alegre: Artmed, 2000. CAPES. Documento de Área 2013, Arquitetura, Urbanismo e Design. Disponível no http://capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/triennal/Docs_de_area/Arquitetura_Urbanismo_e_Design_doc_area_e_comiss%C3%A3o_16out.pdf CHUPIN, J.P. Analogie et Théorie en Architecture. Gollion : Infolio Éditions. Collection Projet et Théorie, 2013. CHUPIN, JP. & SIMONNET, C. (org). Le Projet Tectonique. Villefontaine/Gollion: Les Grands Ateliers/Infolio éditions, 2005. EURAU'04. Journées européennes de la recherche architecturale et urbaine. La question doctorale. Anais....

Marselha: ENSA, 2004. GROAT, L.; WANG, D. Architectural Research Methods. New York: Wiley, 2013. LARA, F. & MARQUES, S. (org.) Projetar - Desafios e Conquistas da Pesquisa e do Ensino, Rio de Janeiro: Editora Virtual Científica, 2003. LAWSON, B. Como arquitetos e designers pensam. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. LIMA, A.G. et al. Indicadores da Pesquisa Acadêmica em áreas de prática projetual. In. V PROJETAR 2011, Anais... Belo Horizonte. v.1, s/p., 2011. MALARD, M.L. Alguns problemas de projeto ou de ensino de arquitetura. Disponível em <http://www.arq.ufmg.br/eva/art006.pdf>. Acessado em junho/2015. MONEO, R.. Inquietação teórica e estratégia projetual na obra de oito arquitetos contemporâneos. São Paulo: Cosac Naify, 2008. NESBITT, K. (org). Uma nova agenda para a arquitetura. Antologia teórica 1965-1995. São Paulo: Cosac Naify, 2006. PROVIDÊNCIA, P.; MONIZ, G. Ensinar pelo projeto / Teaching through design. Joelho. Revista de Cultura Arquitetônica. Coimbra: EdARQ, 2013. RAMOS, T. (coord.). Arquitetura, Urbanismo, Design: Metodologias e Métodos de Investigação. Lisboa: Caleidoscópio, 2011. SCHÖN, D.A. Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Trad. Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000. VELOSO, M. ; ELALI, G.A. Por uma formação mais qualificada do professor de projeto de arquitetura no Brasil. In. PROJETAR 2003. Anais... Natal, v.1, s/p., 2003. VELOSO, M.; MARQUES, S. A pesquisa como elo entre teoria e prática do projeto: alguns caminhos possíveis. Arquitextos, São Paulo, ano 8, n. 088.8, Vitruvius, set. 2007 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.088/211>>. VELOSO, M. Concepção de ideias em workshops de arquitetura e urbanismo: uma análise de duas experiências internacionais. In: Cadernos do PROARQ (UFRJ), v. 1, p. 93- 108, 2014. VELOSO, M. ; ELALI, G. A. . Projeto como construção coletiva: da participação à colaboração os desafios do ensino.. In: III ENANPARQ, 2014, São Paulo. Anais do III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: PPGAU-UPM, 2014. v. 1. p. 1-20. VELOSO, M. ; ELALI, G. A. . A Pesquisa Arquitetura, Projeto e Produção de Conhecimentos no Brasil. In: VELOSO, M; ELALI, G.A.. (Org.). Projeto, Desenho e (Con)textos: uma análise da produção acadêmica de Trabalhos Finais de Graduação no Brasil. 1ed.Natal: Editora da UFRN, 2011, v. 1, p. 09-18. VELOSO, M. Estudos de precedentes, referências e metodologias projetuais em Trabalhos Finais de Graduação em Arquitetura.. In: VELOSO, M.; ELALI, G.A.. (Org.). Projeto, Desenho e (Con)textos: uma análise da produção acadêmica de Trabalhos Finais de Graduação no Brasil. 1ed.Natal: EDUFRN, 2011, v. 1, p. 39-64.

CÓDIGO: HS0235

AUTOR: AMANDA GABRIELLA DA SILVA FERREIRA

ORIENTADOR: GLEICE VIRGINIA MEDEIROS DE AZAMBUJA ELALI

TÍTULO: O incentivo à criatividade em disciplinas de projeto arquitetônico

Resumo

No processo de ensino-aprendizagem em projeto de arquitetura o exercício da criatividade tem atraído o interesse dos docentes, pois tem impacto direto na produção dos estudantes. Nesse campo, a pesquisa teve como objetivo compreender como a criatividade é trabalhada em ambiente acadêmico e as técnicas mais utilizadas pelos docentes para incentivá-la. O universo de análise foi composto pelas publicações nas edições do Encontro Nacional sobre Ensino de Arquitetura e Urbanismo (ENSEA) ocorridas entre 2001 e 2016. A pesquisa aconteceu por meio de análise documental e traz um diagnóstico de textos publicados por docentes de projeto de arquitetura. Verificou-se que a temática ainda é pouco explorada no cenário nacional, havendo reduzida produção científica brasileira acerca do assunto. Dentre os trabalhos encontrados nota-se que os pontos mais trabalhados estão direcionados à aplicação de técnicas/métodos pedagógicos específicos em atelier de projeto, e à realização de experiências práticas.

Palavras-chave: Arquitetura, criatividade, processo de ensino-aprendizagem

TITLE: The role of creativity in Architectural Design: An investigation from the teacher's point of view

Abstract

In the teaching-learning process in architecture project the exercise of creativity has attracted the professor's interest, because it has directly impact on the students productions. In this field, the research had as objective to understand how creativity is worked in academic environments and the techniques most used by teachers to encourage it. The universe of analysis was composed by the publications in the National Meeting on Teaching Architecture and Urbanism (in Portuguese: Encontro Nacional sobre Ensino de Arquitetura e Urbanismo - ENSEA) that took place between 2001 to 2016. The research used bibliographic analysis and it brings a diagnosis of the articles published by the professors of architecture Project. It was verified that the thematic is still little explored in the national scene, existing only a few Brazilian scientific researches on this sector. Among the articles found, was noticed that the most worked aspects are directed to the application of specific pedagogical techniques/ methods in the atelier, and the accomplishment of practical experiences.

Keywords: Architecture, creativity, teaching-learning process

Introdução

Este plano de trabalho de bolsista deu continuidade a projeto de pesquisa em andamento acerca da criatividade no contexto do processo projetual em ambientes didáticos, trabalhando, especificamente técnicas e recursos utilizados pelos docentes para desenvolvê-la. Em investigação anterior foram identificadas publicações que

trabalhavam a atividade criativa dentro dos ateliês de projeto de Arquitetura. Nessa nova etapa, as práticas de ensino identificadas foram classificadas (a partir de categorias derivadas do referencial teórico que embasa a análise), e ilustradas por meio de casos que se destacaram. Tendo como material de análise publicações selecionadas entre 2001 e 2016 no Encontro Nacional Sobre Ensino de Arquitetura e Urbanismo (ENSEA), a pesquisa se propõe, além de evidenciar quais delas indicavam trabalhar com a criatividade propriamente dita, a dizer o que está sendo feito de fato em termos de técnicas e metodologias para desenvolver a criatividade dos discentes em sala de aula, onde e de que maneira está sendo feito. Além disso, a análise explora também questões relacionadas à autoria dos artigos publicados, a exemplo do gênero do autor (a), e considera ainda o local de origem da publicação, gerando um apurado bem mais detalhado das informações coletadas até o momento. Essa análise continuada proporcionada pelo prosseguimento da pesquisa, leitura e análise de todo o acervo comentado permitiu a delimitação de um sistema de classificação quanto aos tipos de atividades desenvolvidas e ao enfoque dado em cada uma delas. As publicações que se destacaram (pois apresentavam informações mais claras, específicas e relevantes) foram submetidas a tal classificação. Espera-se que os resultados obtidos possam, além de ajudar a compreender como é trabalhada e desenvolvida a criatividade no processo de ensino-aprendizagem de projeto de Arquitetura, funcionar como norteadores para a elaboração e desenvolvimento de novas práticas didático-pedagógicas estimuladoras do potencial criativo.

Metodologia

A pesquisa se estruturou na leitura completa e análise de todas as publicações realizadas entre 2001 e 2016 no Encontro Nacional Sobre Ensino de Arquitetura e Urbanismo (ENSEA) cujos títulos, resumos ou palavras-chave contivessem a palavra “criatividade”, “criação”, “criar” ou similares (criativo/a). Justificando o recorte realizado, o evento foi escolhido como base da investigação em virtude da sua importância a nível nacional, visto que desde a década de 1980 é realizado pela Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura (ABEA), concentrando as pautas mais relevantes no que diz respeito ao ensino de AU de CAUs no país. Quanto ao período temporal em questão, sua escolha deveu-se a dois fatores: (i) representar as tendências mais recentes na área (últimos 15 anos); (ii) haver facilidade de acesso ao material, que está publicado online na plataforma virtual da ABEA (www.abea.org.br - coleção: “cadernos ABEA”). Esse filtro inicial resultou em um universo de 42 textos. Como pontos mais significativos sobre como é trabalhada a criatividade segundo a ótica docente (e passíveis de serem identificados a partir da leitura) foram definidos: técnicas e estratégias utilizadas pelos docentes; modo de aplicação dos mesmos; tempo e frequência de aplicação; principais agentes atuantes nas atividades descritas. Realizou-se a leitura exploratória de todos os textos a fim de identificar tais aspectos. Essa leitura resultou no corpus textual principal utilizado, composto por 8 textos. Estes de fato continham informações mais específicas no que diz respeito ao objeto de estudo da pesquisa, o que permitiu produzir análises mais detalhadas. As análises, no entanto, foram feitas para todo o material coletado relacionado ao tema, isto é, os 42 textos, sempre que pertinente fazê-lo e estão apresentadas de forma comparativa. Partindo desse novo universo (8 publicações), fez-se uma classificação para as técnicas apresentadas nos textos, separando-as em ensino, pesquisa ou extensão/prática didática. Essa classificação foi feita de acordo com o enfoque priorizado no texto. Na classe “ensino” foram classificados os artigos em que sobressaíam métodos com foco no ambiente acadêmico em si, com aplicação em sala de aula e com base na postura do professor, no relacionamento professor-aluno, nos exercícios pedagógicos e aspectos afins. Em “pesquisa” se encaixaram os artigos cujas

técnicas encontravam-se relacionadas a ou os que se dispuseram a discorrer sobre a produção científica da área, exemplificando as metodologias citadas com os respectivos autores envolvidos. Por último, em “extensão/prática didática” foram classificados os artigos em que se destacavam atividades ocorridas fora do ambiente acadêmico, cuja produção criativa decorresse em função da experiência dos alunos com ambientes/situações extraclasse. Também foram identificados o gênero das autorias e o local de origem das publicações, com o intuito de perceber se essas características revelavam alguma relação pertinente. Por fim, foi feita a categorização dos dados coletados. As categorias foram definidas em função do referencial teórico que fundamenta a pesquisa, segundo a qual os aspectos mais frequentemente envolvidos no estímulo à atividade criativa são, em ordem de destaque: métodos e técnicas para incentivá-la (ALENCAR, FLEITH, 2003; BIANCHI; PAIVA; KOWALTOWSKI, 2009); busca por multi- e/ou interdisciplinaridade (PIAGET, 1972/2001; RIQUE, NITZSCHE, 2012); qualidades do ambiente sócio físico (CSIKSZENTMIHALYI, 1996; OLIVEIRA, 2010; PUCCIO, 2006; STENBERG, LUBART, 1991). Dessa compreensão depreenderam-se três designações usadas para as análises: técnica, interdisciplinaridade e ambiente. A categoria ‘Técnica’ corresponde à aplicação de metodologias pedagógicas específicas que partem geralmente de outras técnicas e/ou conceitos orientados a fomentar a criatividade em meio acadêmico. A categoria ‘Interdisciplinaridade’ diz respeito ao estímulo à multiplicidade de associações entre os diversos campos do conhecimento e interação com outras áreas e/ou formas de expressões, usados para expandir o repertório referencial dos estudantes. A categoria ‘Ambiente’ faz referência às condições do contexto (social e físico) de aprendizado em que os discentes estão inseridos, e seu papel para o desenvolvimento do potencial criativo. Finalmente, do universo trabalhado foram selecionados oito artigos que sobressaíram ao evidenciarem os aspectos analisados ilustram tais categorias. Os dados permitiram a obtenção dos resultados descritos a seguir (todos ilustrados por gráficos e tabelas).

Resultados e Discussões

No recorte temporal, o ENSEA contabilizou 283 artigos. Destes, identificou-se que 42 (15%) possuíam no conteúdo inicial analisado (resumo, título e palavras-chave) referência às palavras “criar”, “criação” ou “creativ”. Os resumos concentraram a maioria das menções (90%, ou seja 38 artigos), seguidos dos títulos (19%, 8 artigos) e das palavras-chave (apenas 5 artigos, 11%). Houve ainda casos de publicações que faziam essa alusão em duas ou nas três possibilidades; essas ocorrências representaram cerca de 16%. O total resultou em 54 menções ao termo em estudo. Os dados coletados foram associados às três vertentes de atuação citadas: ensino, pesquisa e extensão/prática didática. Tal classificação permitiu perceber dentre os 42 textos que a maior porcentagem das publicações insere-se no contexto do ensino como maior recurso ao estímulo da criatividade (66% do total). Logo em seguida tem-se a prática didática como estratégia mais utilizada (23%). Em último lugar e com participação inexpressiva encontra-se a pesquisa (com apenas 1%). Entre os 8 textos que se destacaram, a proporcionalidade permanece muito próxima, sendo o ensino o mais significativo (75%), seguido de prática didática (com 25%). A classificação “pesquisa”, que já era quase inexistente, deixa de aparecer quando considera-se somente essa menor amostragem. Com relação ao local de origem da publicação, os panoramas observados tanto para os dois universos são muito similares quanto às regiões mais expressivas. Para o total de 42 artigos foram contabilizadas 46 universidades; destas 36 pertenciam ao eixo sul/sudeste, o que corresponde a 78% das instituições. O norte/nordeste aparece logo em seguida com 7 universidades (16%). Com uma porcentagem correspondente quase

inxpressiva (4%), em penúltimo fica a região centro-oeste com apenas 2 universidades representantes e por último (2%) se encontra a única universidade do exterior participante do evento, o que é esperado e se deve ao fato de o evento ser nacional. Já para o universo das 8 publicações tem-se também as regiões sul e sudeste como maior destaque, correspondendo a 77% do total (7 das 9 instituições dessa amostragem). O eixo norte/nordeste contempla os 23% restantes. Para este caso não há instituições pertencentes à região centro-oeste nem ao exterior. É interessante notar que a presença fortemente expressiva das universidades do eixo sul/sudeste corrobora com a já elevada produção acadêmica da região quando comparada às demais do país. No que diz respeito à autoria, 88% (37 dos 42 artigos) dos artigos possuem autoria compartilhada. Já com relação ao gênero e levando também em consideração as coautorias, a predominâncias de escritoras supera a de escritores nas duas amostragens. Considerando os 42 artigos, são 61 mulheres e 36 homens. Já para os 8 textos, a diferença é ainda mais evidente, visto que o número de mulheres ultrapassa o dobro do número de homens (9 mulheres e 4 homens). Pode-se impelir a partir disso que o interesse das mulheres pela temática de estudo é um pouco maior. Esse panorama coincide com a realidade do percentual de estudantes do sexo feminino e masculino matriculados nos cursos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros divulgado pelo Censo da Educação Superior do INEP (2016 - disponível em <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2017/12/13/G%C3%A3AAnero-e-ra%C3%A7a-de-estudantes-do-ensino-superior-no-Brasil-por-curso-e-%C3%A1rea>), de acordo com o qual a quantidade de mulheres chega a mais de 60% do alunado na área de AU, situação que de acordo com a ABEA (<http://www.abea.org.br>) atinge também o quadro de professores (cuja parcela feminina é 15% maior). O estudo do referencial teórico possibilitou perceber, entre os aspectos mais trabalhados pelos autores como elementos de incentivo ao desenvolvimento do potencial criativo, três que se destacaram. São eles o ambiente como agente influenciador (ALENCAR; FLEITH, 2003, CSIKSZENTMIHALYI; 1996, OLIVEIRA; 2010, PUCCIO; 2006, STENBERG; LUBART, 1991), métodos e técnicas de aplicação (BIANCHI; PAIVA; KOWALTOWSKI, 2009) e visão multi ou interdisciplinar quanto às áreas do conhecimento (PIAGET, 1972/2001; RIQUE, NITZSCHE, 2012). Com base nesses, foram definidas 3 categorias para a análise, descritas a seguir.

- Técnica: Aplicação de metodologias pedagógicas específicas que partem geralmente de outras técnicas e/ou conceitos orientados a fomentar a criatividade em meio acadêmico.
- Interdisciplinaridade: Estímulo à multiplicidade de associações entre os diversos campos do conhecimento e interação com outras áreas e/ou formas de expressões, usados para expandir o repertório referencial dos estudantes.
- Ambiente: condições do contexto (social e físico) de aprendizado em que os discentes estão inseridos, e seu papel para o desenvolvimento do potencial criativo.

Considerando o enfoque e os recursos que se sobressaíram no sentido de fomentar a atividade criativa, para o universo das 8 publicações, 6 estavam relacionadas à técnica, uma à interdisciplinaridade e uma às mudanças encontradas no ambiente (contexto ambiental/social em si). A seguir estão breves sínteses de cada um deles para dar um panorama geral sobre o que trata.

A1 - O texto de Pereira (2015) trata da “aplicação de um exercício de fabricação (...) em uma disciplina de projeto arquitetônico do quarto semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo e constitui parte integrante do desenvolvimento projetual e espacial do aluno” (p. 64), trazendo como foco processos de criação manuais. O exercício “se baseia na importância do trabalho manual como parte do processo de projeto e visa promover o caráter colaborativo da atividade criativa e um laboratório” (p. 64). Ao enfatizar o trabalho manual como parte do processo de projeto, a atividade se desvia dos processos de criação que utilizam somente o computador, além de promover o caráter colaborativo.

A2 - Em outro artigo destacado, Barros (2015) traz um método didático, descrevendo a aplicação da análise crítica coletiva programada (ACCP), uma técnica didático pedagógica baseada na

percepção crítica dos projetos propostos individualmente ou em equipe e que se fundamenta em três alinhamentos principais: "(i) no enfrentamento de problemas, (i) na participação ativa, crítica e criativa dos alunos e professores, e (iii) no estabelecimento de um relacionamento menos hierárquico entre professores e alunos " (p. 432). Sendo o papel do professor nas sessões de ACCP promover um processo de aprendizagem mais horizontal, as relações entre docentes e discentes são menos hierárquicas. A atividade acontece em sessões e os resultados obtidos mostraram que contribui para o aumento do referencial projetual dos alunos, estimula a troca de conhecimentos e pontos de vista, a análise crítica mútua e a própria autocrítica. A3 - O artigo de Nascimento e Albuquerque (2015) foca na integração entre componentes curriculares, o que reforça a proposta metodológica daquele curso. A experiência baseia-se na realização de aulas teóricas e práticas e em uma viagem de estudo em que os exercícios são feitos em trios. Os professores definem as questões norteadoras das atividades e conduzem os alunos na realização de percursos nas cidades, enquanto estes fazem registros (fotográficos ou escritos). Ao final, são pedidos produtos para o encerramento da experiência, a 'produção criativa' dos estudantes. Os trabalhos produzidos em ateliê, devem ter caráter lúdico, interativo e informativo, além de conter os conteúdos trabalhados nas disciplinas. Os alunos são orientados a produzi-los considerando interações com variadas interfaces, usos de mídias sociais e apresentações diferentes das usuais, o que resulta em propostas como jogos, aplicativos e kits de eventos. A4 – Giroto (2014) descreve uma experiência pedagógica em componentes curriculares de projeto arquitetônico, atividade baseada no Design Thinking e na problematização do projeto, o primeiro ancorado na ideia de divergência e inovação, enquanto o segundo se volta para a definição de um problema a ser resolvido e as restrições associadas. As etapas descritas consideram a junção dos pontos positivos das duas abordagens e englobam processos e técnicas (como análise, ideação, prototipação, brainstorming, jornada de usuários e pesquisas). Todo o processo é trabalhado de forma a incentivar o debate, promover a criação colaborativa e ampliar a bagagem para a proposição de novas ideias. O conjunto se mostra como um caminho para a elaboração de metodologias que funcionem como instrumentos ativadores e potencializadores da criatividade no processo projetual. A5 – Batistello, Afonso e Pereira (2013) abordam metodologias que podem influenciar a criatividade no processo de projeto, trabalhando autores como Francis Ching, Roger Clark, Michael Pause e Simon Unwin, e enfatizando a contribuição das análises gráficas no processo projetual como suporte para desenvolvimento de ideias e da criatividade. As estratégias citadas como ferramentas incluem análises de estudo de casos, desenho, verificação de ideias geratrizas de outros arquitetos, utilização de itens de análise gráfica a partir de projetos de dificuldades intermediárias, ensinar os alunos a contextualizar conceitos diferenciados de projetação, cada qual contribui de maneira diferente para a análise da produção arquitetônica, mas todas funcionam como base para criação. A6: O artigo de Benedet e Oliveira (2006) aborda a influência de outros campos de conhecimento, outras formas de expressão e artísticas no projeto de Arquitetura, tais como artes plásticas, cinema e mesmo o cotidiano, todas podendo incentivar o surgimento de novas ideias que contribuem para ampliar a bagagem de referências projetuais no processo de formação do arquiteto. A discussão é exemplificada por meio do exercício pedagógico aplicado em que os alunos são incitados a atribuir novas relações ao processo de concepção arquitetônica, neste caso por meio da reflexão do conceito projetual a partir de um filme assistido. Após a exibição, os alunos foram solicitados a contextualizar um projeto com tema livre, baseando-se nas próprias sensações que tiveram ao assistir e associando-as a experiências do dia-a-dia e a outras formas de expressão. A7 – Dittmar, Carollo, Oba e Leitão (2002) descrevem a experiência de reformulação de proposta pedagógica do curso em questão, cujo trabalho final resultou na elaboração de diretrizes comuns implementadas em todos os cursos da universidade. Para incentivo da criatividade são

trabalhadas as condições propícias ao processo de criar, tais como exercício continuado do tentar e fazer, orientado por um professor; o aumento da complexidade, visto que as restrições e impedimentos auxiliam no desenvolvimento da capacidade de criar; o incentivo para que as práticas de ensino-aprendizagem ocorram sempre da maneira mais colaborativa, envolvendo alunos e professores e amparando-se nos pilares da técnica, teoria e prática. A8 – Mesquita (2002) questiona os métodos de ensino utilizados pelos cursos de Arquitetura, no que toca ao desenvolvimento da criatividade, e se propõe construir uma interpretação a respeito da Teoria da Correspondência de Souriau para sugerir um método de utilização em escolas de Arquitetura. O método se fundamenta na busca de inspiração e referenciais para projeção em outras formas de linguagens artísticas (música, dança, cinema, literatura, pintura, etc) e, principalmente, das relações possíveis entre elas. Para o estudo e elaboração do método, foram aplicados em sala de aula testes embasados na correspondência entre as artes, a exemplo da correspondência entre música e Arquitetura, em que os alunos foram solicitados a criar um projeto, a nível de estudo preliminar, que estivesse vinculado às percepções auditivas e às sensações produzidas pela música tocada em ateliê. Foram também realizados exercícios de associação de sons a formas, cores e materiais de construção.

Conclusão

Tem-se então um panorama geral acerca de como é trabalhada a criatividade especificamente no contexto do ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo fundamentado na análise do material produzido ao longo de um período considerável para efeitos de confiabilidade da amostragem, visto que foram mais de 10 anos. Dessa forma, a pesquisa permitiu compreender com uma riqueza maior de detalhes que tipo de recursos podem e estão de fato sendo aplicados em salas de aula nos cursos de AU brasileiros visando incentivar e estimular o desenvolvimento do potencial criativo do alunado, exemplificando e dando subsídio para o surgimento de outras práticas de finalidade equivalente. A pesquisa elucida o questionamento de Mel Rhodes (1961) quando indaga se o processo criativo pode ser ensinado, mostrando que o ponto-chave mais trabalhado em meio acadêmico pelos docentes está direcionado à aplicação de técnicas e métodos pedagógicos específicos em sala de aula, seguido pela preferência com relação às experiências práticas. Foi possível também obter dados que podem conduzir a novas investigações, entre as quais destacam-se: (i) a possível relação da produção acadêmica sobre criatividade com o gênero das pessoas interessadas; (ii) motivos das chamadas influências ambientais e ações vivenciais (Alencar, 1995) serem tão pouco exploradas nesse contexto, sobretudo diante da constatação desse ser um aspecto muito associado pela literatura ao desenvolvimento e estímulo da atividade criativa. A compreensão e a conscientização da necessidade da criatividade como ferramenta para ajudar no desenvolvimento e/ou construção do potencial de ensino e aprendizagem criativos é algo necessário (KELLER-MATHERS, 2011). Nesse sentido, a pesquisa põe em evidência as várias vertentes de exploração possíveis dentro desta temática e abre espaço para a discussão de suas aplicações no processo de ensino-aprendizagem de projeto de Arquitetura nos cursos de AU brasileiros, configurando-se como uma contribuição válida e necessária ao fomento e exercício da atividade e da própria produção criativa na teoria, enquanto produção acadêmica científica, e prática, nos ateliês de projeto arquitetônico.

Referências

ALENCAR, E. M. L. S. Criatividade. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1995.

ALENCAR, E. M. L. S.; FLEITH, D. S. Contribuições teóricas recentes ao estudo da criatividade. *Psicologia: Teoria e Pesquisa* [online]. vol.19, n.1, 2003, pp.1-8.

BARROS, P. Análise Crítica Coletiva Programada e a promoção da criatividade: Uma pesquisa exploratória. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 34. Anais do..... Natal: ABEA, 2015. p. 428 - 436. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

BATISTELLO, P.; AFONSO, S.; PEREIRA, A. T. C. A criatividade no processo de projeto – análise de estudos de caso como base de conhecimento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 32. Anais do..... Goiás: ABEA, 2013, p. 136-156. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

BENEDET, M. S.; OLIVEIRA, M. A. A. Além da arquitetura: Experimentação na metodologia projetual. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 24. Anais do..... Goiânia: ABEA, 2006. p. 78 - 84. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

CSIKSZENTMIHALYI, M. Creative Surroundings. In: CSIKSZENTMIHALYI, M. *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. New York: Harper Perennial, 1996. p. 127-147.

DITTMAR, A. C. C.; CAROLLO, B. E. M.; OBA, L. T.; LEITÃO, S. R. O projeto pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica do Paraná: inovação, concepção e transição. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 19. Anais do..... Natal: ABEA, 2002. p. 21 - 35. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

GIROTO, I. R. Divergências e convergências. Design Thinking e problematização do ensino de projeto arquitetônico. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 33. Anais do..... Balneário Camboriú: ABEA, 2014. p. 128-142. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

KELLER-MATHERS, Susan. Building Passion and Potential for Creative Learning in Higher Education. Collected Essays On Learning And Teaching. Buffalo, p. 1-6. jun. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.22329/celt.v4i0.3263>> Acesso em: 03 jul. 2019

KOWALTOWSKI, D. C. C. K; BIANCHI, G.; PAIVA, V. T. Methods that may stimulate creativity and their use in architectural design education. International Journal Of Technology And Design Education. Campinas, p. 453- 476. nov. 2009.

MESQUITA, H. M. A correspondência entre a arte e a arquitetura: Estudo sobre o desenvolvimento da criatividade nas escolas de arquitetura relato de experiências docentes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 18. Anais do..... Belo Horizonte: ABEA, 2002. p. 195 - 208. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

NASCIMENTO, J. C.; ALBUQUERQUE, G. L. A. Caminhos (re)buscados e (re)criados em uma cidade barroca: Uma experiência de atividade integrada em componentes curriculares do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 34. Anais do..... 2015, Natal: ABEA, 2015. p. 308-320. Disponível em: <<http://www.abea.org.br>>. Acesso em: 08 maio 2019.

OLIVEIRA, Z. M. F. Fatores influentes no desenvolvimento do potencial criativo. Estudos de Psicologia (campinas), v. 27, n. 1, p.83-92, mar. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-166x2010000100010>. Acesso em 10 maio 2019

PEREIRA, T. C. O lugar da fabricação na experiência do projeto arquitetônico. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO (ENSEA) 34. Anais do..... Natal: ABEA, 2015. p. 64 - 73. Disponível em:<<http://www.abea.org.br>>. Acesso em 08 maio 2019.

PUCCIO, G. Creativity 101: An Introduction to Some Basic Concepts and the Field of Creativity Studies. Nova Iorque: Springer Publ. Company, 2019.

RHODES, Mel. An analysis of creativity. Phi Delta Kappa Internacional. [s.l], p. 305-310. abr. 1961. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/20342603>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

STERNBERG, R. J.;

LUBART, T. I. An Investment Theory of Creativity and Its Development. *Human Development*, v. 34, n. 1, p.1-31, 1991. S.Karger AG. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1159/000277029>>. Acesso em; 20 maio 2018.

CÓDIGO: HS0276

AUTOR: KELVIN JOHNSON BARROS DA COSTA

COAUTOR: ANDERSON FONSECA DE LIMA

ORIENTADOR: EDNA MOURA PINTO

TÍTULO: CONHECENDO AS ESPÉCIES DA CAATINGA PARA USO NA ARQUITETURA POR MEIO DE UMA XILOTECA

Resumo

A catalogação de madeiras da Caatinga com potencial construtivo é um desafio, tendo em vista o pouco referencial existente a respeito dessa temática. O mercado que engloba as espécies madeireiras da Amazônia centra as atenções a esse material. Considerando a valorização dos recursos de nossa região, imersa no bioma Caatinga, esse trabalho de pesquisa em nível de iniciação científica, busca aproximar do ambiente arquitetônico a madeira da Caatinga e seu potencial uso em construções. Por meio da coleta de amostras em expedições realizadas na caatinga e pesquisa bibliográfica foram produzidas fichas catalográficas que integrarão uma xiloteca física e virtual de espécies com potencial construtivo.

Palavras-chave: Xiloteca. Madeira. Caatinga. Construção Civil. Arquitetura.

TITLE: KNOWING THE SPECIES OF CAATINGA FOR USE IN ARCHITECTURE BY XYLOTHEQUE

Abstract

The caatinga woods cataloging with constructive potential is a challenge, given the lack of referential regarding this theme. The market that encompasses the Amazonian timber species focuses attention on this material. Considering the appreciation of the local resources, immersed in the Caatinga biome, this research work at the scientific initiation level seeks to bring the Caatinga wood closer to the architectural environment and its potential use in constructions. By means of sampling in expeditions carried out in the caatinga and bibliographic research were produced catalographic cards that will integrate a physical and virtual xylotetheque of species with constructive potential.

Keywords: xylotetheque, wood, Caatinga, civil construction, architecture.

Introdução

1.

Desde os primórdios da humanidade, a madeira é utilizada como matéria prima para a construção e confecção de diversos artefatos. O aprimoramento tecnológico e o desenvolvimento de novas técnicas construtivas foram primordiais para elevar a demanda por esse material no setor construtivo, gerando desse modo a ampliação dos conhecimentos a respeito das propriedades físicas e mecânicas da madeira. No Brasil, o comércio de produtos de madeira é em sua grande maioria de espécies encontradas na região amazônica, como por exemplo: Angelim-vermelho (*Dinizia excelsa*), Ipê (*Tabebuia* sp.) e Timburana (*Piptadenia suaveolens*). Segundo (FERREIRA, 2018), se levarmos em consideração todos os biomas do país, a

Introdução

caatinga é o menos explorado. A catalogação das espécies e o conhecimento real da sua capacidade/potencial construtivo aliados aos avanços tecnológicos são oportunos. Poucos são os estudos existentes a respeito da temática mesmo sabendo que as madeiras de origem local tradicionalmente vem sendo empregada, ainda que vernacularmente.

A indicação de espécies arbóreas nativas da caatinga poderia ser melhor direcionadas se tivermos como base o conhecimento de suas propriedades pois além de sua potencial utilização em construções, elas apresentam ainda um potencial para aplicação em mobiliário e revestimentos, para os quais os arquitetos e designers precisariam saber, além de sua resistência e rigidez, das propriedades organolépticas, aquelas que envolvem os aspectos sensoriais: textura, cheiro e cor. Aproximando assim os arquitetos, designers e engenheiros da realidade regional com relação aos recursos locais e suas potencialidades, considerando principalmente que não se projeta aquilo que não se conhece.

2. Objetivo

O objetivo geral desta pesquisa é elaborar um fichamento/catalogação de espécies da caatinga com potencial uso na arquitetura.

Metodologia

3. Método

Para atender ao objetivo desse trabalho a metodologia se baseia em coleta de amostras e consultas bibliográficas. Trata-se, portanto, de um trabalho de cunho teórico e experimental.

A coleta de amostras foi realizada em duas situações: Uma expedição realizada no período de 27 e 28 de julho de 2017 para o trabalho de mestrado do Victor Ferreira, principal referência deste estudo, tendo suas amostras aproveitadas para essa pesquisa e a Expedição Caatinga, realizada entre os dias 10 e 21 de dezembro em 2018. No segundo caso onde se concentra o objeto de análise desse referencial, o material coletado foi devidamente separado, identificado e encaminhado para identificação anatômica por microscopia e macroscopia junto a Universidade Federal de São João Del Rey-MG. A etapa de identificação está em andamento e visa a criação de um acervo material em forma de uma xiloteca. Outro acervo, de caráter digital, é a catalogação de espécies, a qual foi realizada com base em referencial bibliográfico e em trabalhos acadêmicos (dissertação de mestrado, artigos científicos entre outros). As fichas catalogadas encontram-se disponibilizadas em anexo a este relatório e disponibilizadas para consulta online no seguinte endereço eletrônico:

<https://www.labem.ct.ufrn.br/xiloteca>.

Ao final da etapa de identificação anatômica, que se encontra em andamento, as imagens geradas serão reunidas as fichas catalográficas (Anexo 1, 2, 3 e 4) e as amostras físicas comporão o acervo da xiloteca do Laboratório de estudos da madeira, ficando a disposição como material didático e de pesquisa.

Resultados e Discussões

4. Catalogação de espécies da caatinga

A caatinga ocupa uma área de cerca de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Engloba os estados Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. (MMA, 2016).

Considerado o único bioma totalmente brasileiro, a caatinga apresenta inúmeras características que mostram o seu valor em âmbitos nacionais, como: a sua biodiversidade, atividades econômicas, sustento da população local, uso industrial e fornecimento de matéria prima nos ramos farmacêuticos, de cosméticos, químico, de alimentos e fornecimento de madeira para produção de energia e pequenas construções.

Apesar da sua importância, o bioma tem sido desmatado de forma acelerada, principalmente nos últimos anos, devido principalmente ao consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e industriais. (MMA, 2016).

O comércio madeireiro local é destinado quase que inteiramente a produção de lenha para o fornecimento de energia ou uso vernacular nas redondezas, ficando as espécies fornecidas pelo Norte do país, bem como aquelas de florestamento como pinus e eucalipto, voltadas a atender o setor construtivo. Segundo (FERREIRA, 2018), o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas possibilitam um uso racional na construção civil. Ressaltando mais uma vez a importância de uma amostragem, aproximando esse conhecimento dos alunos do curso de arquitetura em nossa universidade.

A identificação das árvores faz uso da botânica sistemática tradicional, com o uso da dendrologia (estudo científico das árvores) que se vale de características secundárias como a cor, a estrutura, o aspecto da casca, o porte das árvores, a sua forma de copa e de tronco, a presença de acúleos⁴ e espinhos, bem como a presença de odores peculiares nas folhas, casca e outras partes a espécie analisada. Esta última característica é bem conhecida e usada pelos nativos das regiões estudadas, sendo uma das mais utilizadas na prospecção e reconhecimento das árvores. A identificação botânica é necessária para a obtenção de diferentes informações sobre espécies que possuem diferentes características e particularidades individuais. A identificação científica correta das espécies é essencial para o desenvolvimento das ciências básicas (desenvolvimento de teorias) e aplicada (aplicação de teorias às necessidades humanas).

Vale salientar que os inventários arbóreos, baseados em nomes vernaculares (populares), provocam muita confusão por causa da diferença diatópica dos nomes das espécies, portanto o nome popular deve ser levado em conta, entretanto não como prioritário e sim como primário para identificação, uma vez que a nomenclatura científica, expressa em linguagem universal, denomina a mesma planta, com um único nome, em qualquer lugar do Planeta; oferecendo, dessa forma, maior segurança para os usuários. Por essa razão, a nomenclatura científica permite o diálogo entre cientistas de diferentes países e regiões, promovendo acesso às informações necessárias para o desenvolvimento de pesquisa. (Silva, 2002).

Além disso, a identificação é importante para dar base aos estudos de construção da xiloteca. Além de auxiliar na expansão do conhecimento (uma vez que a formação de arquitetura é generalista) sobre a caatinga, pode-se e deve-se ainda elaborar um catálogo sobre como utilizá-las, controlá-las, armazená-las e como reconhecê-las. Um cenário de vantagens é idealizado por meio dessa catalogação e disseminação das espécies locais formatadas e disponibilizadas na forma de uma xiloteca voltada ao

estudo das madeiras da caatinga para uma melhor compreensão e conhecimento. Uma vez produzido, esse acervo dará aos estudantes das áreas de construção civil (arquitetura, engenharia civil, engenharia de materiais, entre outras) um suporte enquanto fonte de consulta e conhecimento dos recursos locais potencialmente empregáveis na atividade construtiva.

O acervo da xiloteca será composto de amostras macro e microscópicas. Para a identificação das espécies serão levados em conta dois aspectos da madeira: os organolépticos e os anatômicos. O primeiro presente de forma macroscópica e o segundo de forma microscópica, sendo necessário o uso de equipamentos específicos para a sua definição.

As características organolépticas ou sensoriais englobam: cor, brilho, odor, gosto, grã, textura, densidade, dureza e desenhos. As características anatômicas, como camadas de crescimento, tipos de parênquima, poros (vasos) e raios; são observadas à vista desarmada ou com auxílio de uma lupa de 10 vezes de aumento. Em conjunto, as observações dessas características permitem identificar muitas das espécies comercializadas no País. (ZENID, 2012, CECCANTINI, 2012).

São necessários três tipos de corte para que todas as propriedades da madeira sejam consideradas como explicado pela citação a seguir: "As madeiras são classificadas como materiais ortotrópicos, ou seja, têm propriedades mecânicas únicas e independentes nos três eixos perpendiculares entre si, o longitudinal, radial e tangencial. O eixo longitudinal corresponde à direção paralela às fibras, o eixo radial é perpendicular aos anéis de crescimento e o eixo tangencial é perpendicular às fibras e tangente aos anéis de crescimento (KRETCHMANN5, 2010)" (Citado por FERREIRA, 2018, página 10).

A partir desses dados somados aos ensaios de retratibilidade, compressão, tração, umidade, entre outros, pode-se por sua vez classificar as espécies em parâmetros de produtividade associando cada uma a sua devida finalidade proposta. Como anteriormente explicitado, a etapa de identificação será realizada nas dependências laboratoriais da UFSJ (Universidade Federal de São João Del Rey-MG).

5. Coleta de amostras e a expedição Caatinga

A coleta de espécies foi realizada na fazenda de manejo florestal Riacho do Cabra, localizada no município de Santa Cruz, com área de 682,57 hectares e que dispõe 644,02 ha, (94,35% da área total), com vegetação nativa apta a manejar, ou seja, o potencial de biomassa florestal da área pode ser incorporado aos processos produtivos da região, através da sua conversão em fonte de Energia. (Plano de Manejo Florestal da Fazenda Riacho do Cabra, 2012). Para sistematização da pesquisa, a área total apta ao abate foi dividida em 10 parcelas com 40 m² cada, distribuídas de forma aleatória pelo terreno com o intuito de representar ao máximo toda a biodiversidade local. Localização esquemática ilustrada conforme figuras 1 e 2, a seguir.

Toda expedição foi inserida no contexto de reflorestamento ambiental legal previsto para a fazenda, seguindo o ciclo de corte, que é o prazo mínimo de anos necessários, para quê, a regeneração após corte, possa atingir o mesmo nível de produção que existia anteriormente, visando também, um menor impacto à biodiversidade existente na área

em estudo. (Plano de Manejo Florestal da Fazenda Riacho do Cabra, 2012). Ainda segundo o plano de manejo florestal para a fazenda é interessante comentar que esse ciclo de rotação ambiental é normalmente desconhecido o que intensifica o desmatamento e a perca da biodiversidade. A expedição Caatinga foi realizada do dia 10 ao 21 de dezembro de 2018, na fazenda Riacho do Cabra. A equipe era composta por discentes, mestrandos, docentes e profissionais em engenharia florestal. Os cursos contemplados na expedição foram os de: Agronomia, Arquitetura e Engenharia Florestal. No total foram coletadas 61 amostras de 22 espécies distintas, sendo 19 espécies coletadas para os respectivos ensaios e amostragens do acervo da Xiloteca. A seguir, gráfico com todas as espécies levantadas por parcela e suas respectivas dimensões, conforme Gráfico 1.

A primeira semana foi voltada para o inventário das espécies e início dos abates. A dinâmica da expedição foi dada pela identificação das árvores por espécie, medição do diâmetro da base, do peito e a respectiva altura de cada exemplar. Na fase do abate foram separados os resíduos vivos dos mortos e as lenhas de regeneração e necromassa. Em sequência sendo selecionadas as amostras representativas de cada parcela para ensaios a posteriori. A seguir é ilustrado a medição do diâmetro da base, conforme figura 3, a seguir.

Foram coletadas uma amostra de cada espécie por parcela. Tendo as dimensões variáveis, devido a independência estrutural de cada espécime, descartando a ideia de uma dimensão padrão. A altura do corte foi em média na “altura do peito”, isso equivale a um metro e 30 centímetros do solo, sendo tolerada pequenas variações devido a bifurcações ou situações do gênero. A medição da altura do peito é exemplificada conforme figura 4, a seguir.

Devido ao cenário de seca, foram privilegiadas as árvores vivas e sadias. Vale salientar que a definição da amostragem foi o inventário florestal, que visa ter um panorama da cobertura vegetal em questão, dados como quantidade de árvores, altura e circunferência na base assim como a altura de cada árvore. É importante levar em conta que as amostras coletadas foram voltadas para diversas finalidades tendo em vista a integração de áreas nessa expedição. Na pesquisa descrita neste trabalho que busca a catalogação referente ao potencial construtivo das espécies, os discos coletados foram de cinco centímetro de espessura com diâmetro variável devido as características típicas de cada espécie, podendo ser padronizado por seguinte em laboratório. A medição onde deveriam ser realizados os cortes nas espécies foram feitas com marcadores e ilustrada conforme figura 5, a seguir.

As espécies Braúna e Aroeira não foram amostradas devido a lei ambiental vigente de proteção da espécie pelo risco de extinção. Porém, alguns exemplares já se encontravam tombados no local o que foi aproveitado pela equipe. As espécies coletadas durante a expedição foram: Angico, Braúna, Burra Leiteira, Catingueira, Feijão Bravo, Imbirantanha, Imburana, Imbuzeiro, João Mole, Juazeiro, Jurema Branca, Manicoba, Marmeleiro, Mororó, Pau Mulato, Pereiro, Piaca, Pinhão e Quixabeira. Ilustrados conforme gráfico 1 citado anteriormente.

6. Uso na Arquitetura

Tendo em vista o seu principal uso, que é o suporte para conhecimento das madeiras no momento da projeção arquitetônica com madeira, a xiloteca de madeiras da

caatinga terá seu uso aplicado por estudantes e profissionais da área de arquitetura, visando o uso adequado de tais espécies. A presença da madeira na composição de sistemas construtivos sempre foi uma realidade no campo da construção civil brasileira. Em especial no Estado do Rio Grande do Norte, local de origem das espécies que serão abordadas no estudo para dar composição à xiloteca. O uso desse material de potencial construtivo tanto para edificações, móveis e etc., é registrado há séculos, por exemplo, em técnicas de Taipa, pau-a-pique e enxaimel, Weiner (2012), e também uma remota herança grega, uma vez que a arquitetura interiorana nordestina brasileira é semelhante à grega, principalmente aquela encontrada na ilha de Santorini. De acordo com estudos na arquitetura potiguar, os séculos XVIII e XIX testemunham a utilização desse material em estruturas de sustentação: pilares, vigas; cobertura: frechais, caibros e ripas; entrepisos: assoalhos, tábuas e barrotes; componentes de vedação: esquadrias em geral; e escadarias. Ainda segundo os autores citados, constata-se nos autos de arrematação de carpintaria daquela época a indicação comum das seguintes espécies: sucupira (*Bowdichia spp.*, Leguminosae), maçaranduba (*Manikara spp.*), pau ferro (*Astronium Graveolens*), oiti (*Licania Tomentosa*) que são madeiras consideradas, pelos seus usuários, de boa qualidade, IPHAN/MONUMENTA (2006); IPT (2009). Esses relatos fornecem-nos um importante indicativo das espécies e as técnicas utilizadas nas construções oficiais ao longo destes séculos no Estado do Rio Grande do Norte e registram o uso de espécies que, atualmente, não se encontram com disponibilidade para continuarem a vigorar como a sucupira e o pau ferro, devido ao seu uso indiscriminado e desenfreado sem uma política de sustentabilidade. O conhecimento sobre a madeira da Caatinga no que tange as suas propriedades organolépticas são de especial interesse a arquitetura, por meio da qual as espécies poderiam ser escolhidas em função da cor, cheiro e textura para integrar revestimento de ambientes, uso estrutural e na composição de mobiliário.

De fato, com o auxílio de uma xiloteca, os profissionais e estudantes das áreas construtivas de arquitetura terão como projetar sabendo o tipo, qual madeira e como utilizá-la da melhor forma possível, uma vez respeitando sua extração e emprego adequado. Por isso visa-se preencher uma lacuna existente de informações sobre a madeira oriunda da caatinga, e esse trabalho propõe uma coleta, identificação, estudos físico-químicos e catalogação das madeiras analisadas sob o intuito de elaborar tal acervo material sobre as espécies arbóreas da caatinga.

Conclusão

7. Considerações finais
Neste trabalho foi abordada a importância sistemática da construção de uma xiloteca, catalogação com as espécies arbóreas do bioma caatinga para dar suporte no estudo e elaboração projetual arquitetônica. Em particular, ressalta-se a importância da troca de experiência e interdisciplinaridade entre discentes de graduação e pós-graduação dos cursos de arquitetura, engenharia florestal e agrícola durante a realização desse trabalho. Foram atingidos os objetivos iniciais do estudo, ficando em pendência os resultados adicionais de identificação macro-micro que se encontram em condução nesse momento. Começou-se com o estudo da área proposta em arquivos da "internet"

e acervo bibliográfico na Biblioteca Central Zila Mamede e Biblioteca Setorial do Curso de Arquitetura e Urbanismo, ambas da UFRN. De posse desse estudo, foi-se a campo para a coleta e georreferenciamento das amostras coletadas e pesquisadas pré-campo, o que se tomou satisfatória, uma vez que o material coletado ofereceu a base de dados necessária para a elaboração das fichas catalográficas da xiloteca, as quais se encontram disponibilizadas no sítio eletrônico do LABORATÓRIO DE ESTUDOS DA MADEIRA, para consulta pública (Material também disponibilizado nos anexos). De fato, este trabalho foi importante para a obtenção de conhecimento, compreensão e aprofundamento sobre as espécies arbóreas regionais. No que diz respeito aos seus potenciais construtivos, esse material ainda precisa de uma análise aprofundada sobre suas características físicas (tais como resistência a compressão/tração, suas características higroscópicas, densidade e outras), sobre aspectos socioambientais, econômicos e culturais, que envolvem uma série de outros fatores. Uma vez que de posse do estudo e análise das amostras, podemos agora com mais clareza e assertividade desenvolver uma xiloteca com espécies da caatinga, com base nas necessidades e aplicabilidade da madeira, gerando o aperfeiçoamento de nossas competências quanto a investigação científica, compreensão e aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos voltados ao benefício da sociedade como um todo, envolvimento em trabalhos conjuntos entre diferentes instituições de ensino no país, bem como interação com profissionais de diferentes áreas do conhecimento.

Referências

Referências:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 07190: Projetos de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941: Madeira - Densidade Básica da Madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9170: Projetos em estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- CHIMELO, J.P. Disciplina 782 - Identificação de madeiras. Curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Madeiras - ESLAQ/USP. 1992.
- FERREIRA, Victor Vinícius de Oliveira. Caracterização de espécies florestais da caatinga para a construção Civil. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN - Madeira, Uso e Conservação. Coord. Armando Luiz Gonzaga. Cadernos Técnicos;6. Brasília, DF: IPHAN/MONUMNENTA. 2006.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: SVMA, 2009.

NASCIMENTO, Maria Fátima do. Madeira do Agreste Para uso em Habitação. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Biomas Brasileiros. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>>. Acesso em 01 jan. 2019.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. Coleta e identificação de espécimes botânicos. Belém-PA: Embrapa (Série Documentos, 143), 2002.

WEINER, Gunter. Arquitetura popular brasileira. 2 ed. São Paulo. Editora WMF Martins Fontes, 2012.

ZENID, Geraldo José. CECCANTINI, Gregório C. T. Identificação Macroscópica de Madeiras. Instituto de pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, SP. 2012.

Anexos

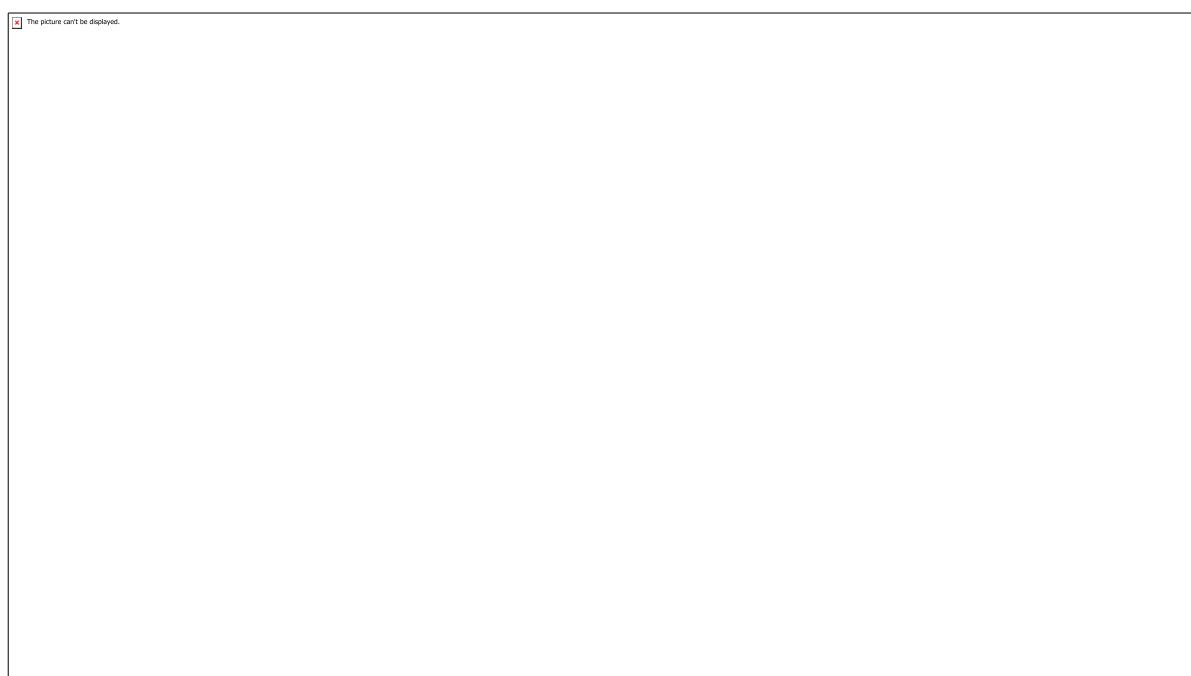


Figura 1. Localização da área de estudo para a expedição caatinga. Fonte: Acervo da Expedição Caatinga

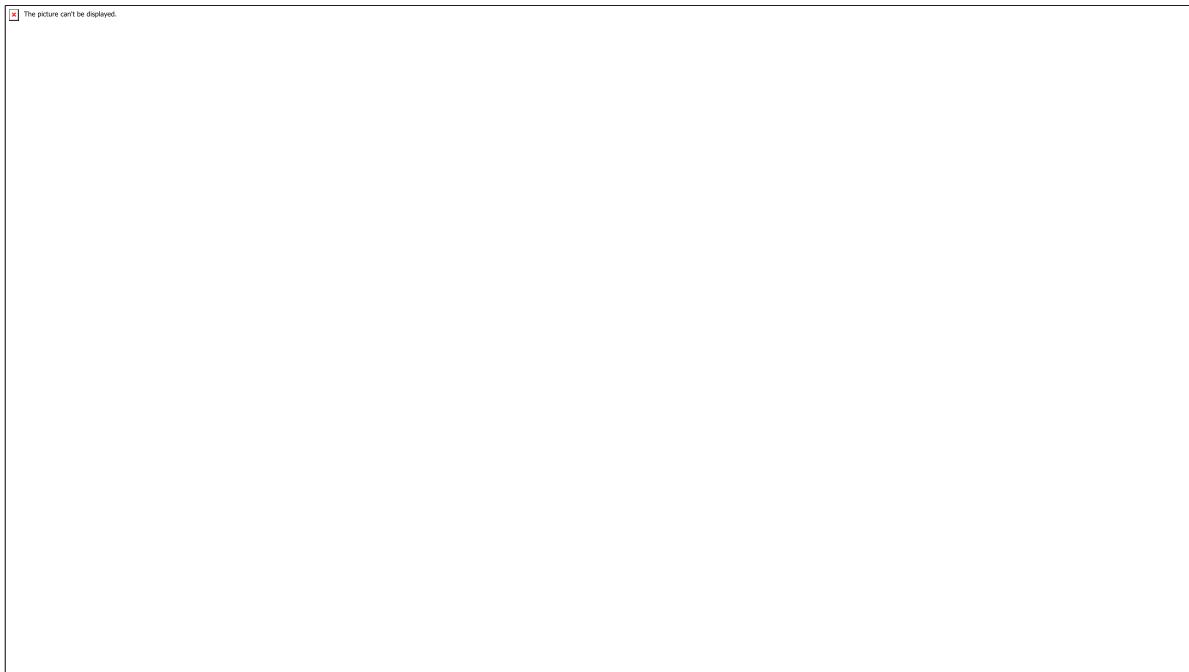


Figura 2. Localização das parcelas trabalhadas na área de estudo. Fonte: Acervo da Expedição Caatinga

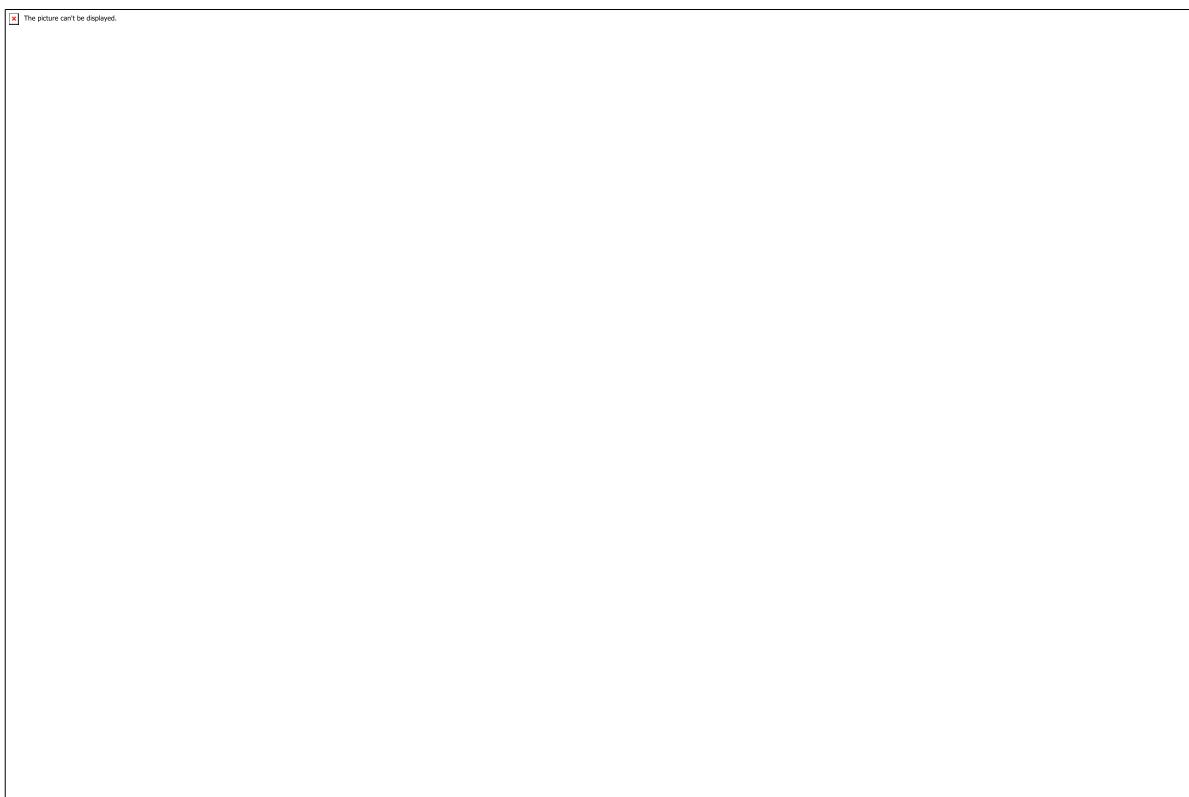


Figura 3. Verificação do diâmetro da base in loco. Fonte: Acervo dos autores.

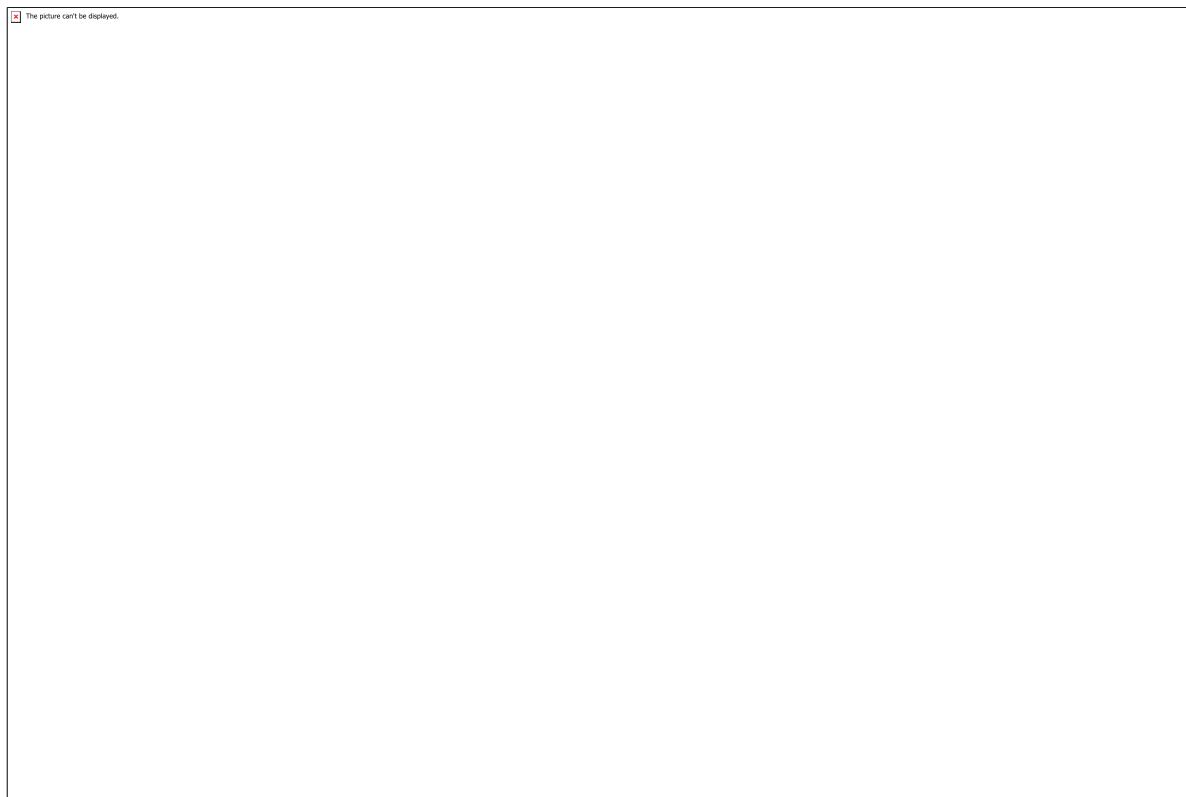


Figura 4. Coleta da altura do peito in loco. Fonte: Acervo dos autores.

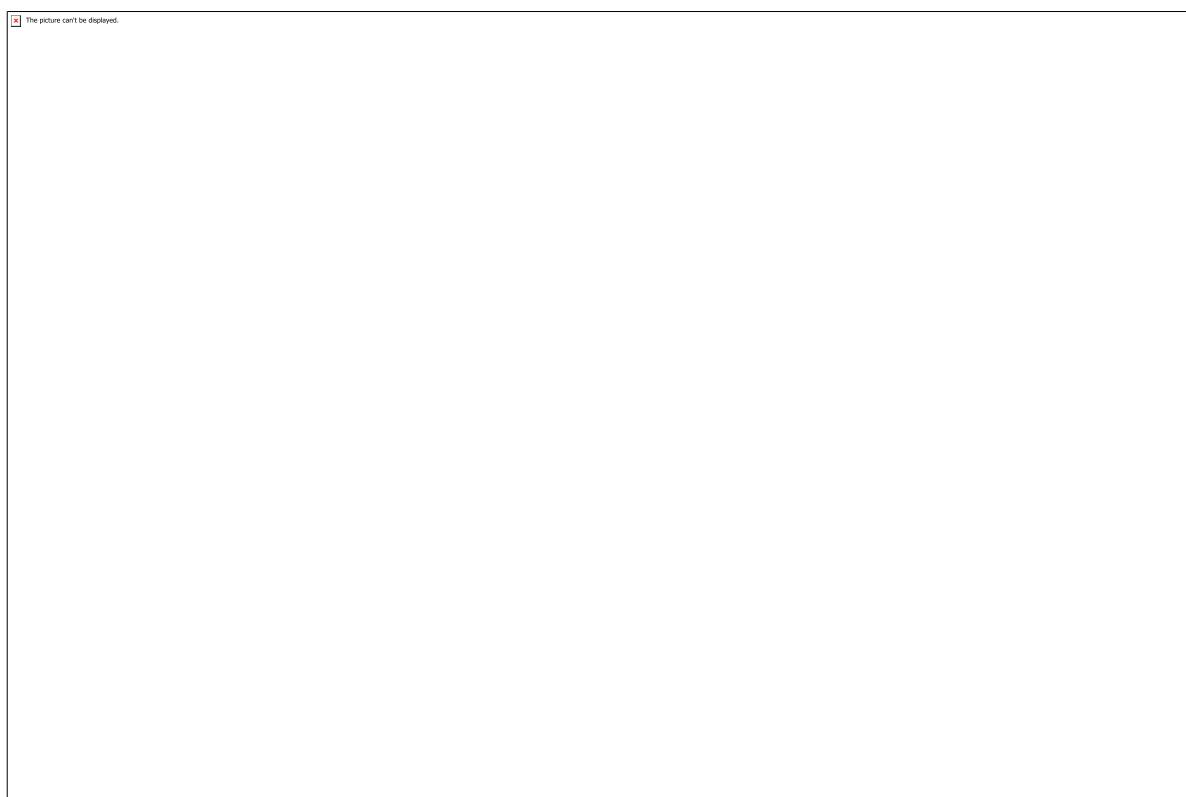


Figura 5. Marcação dos cortes. Fonte: Acervo dos autores.

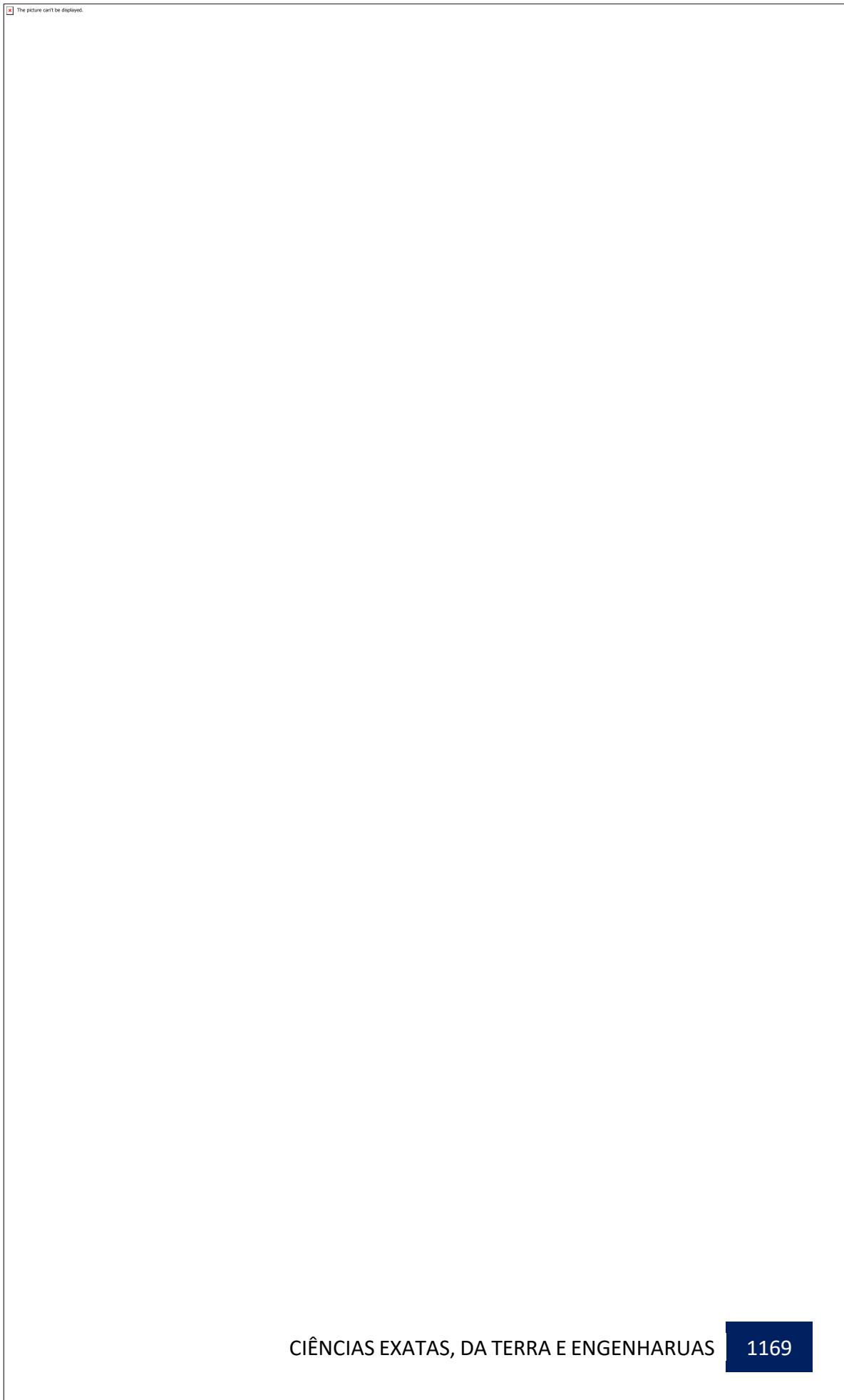
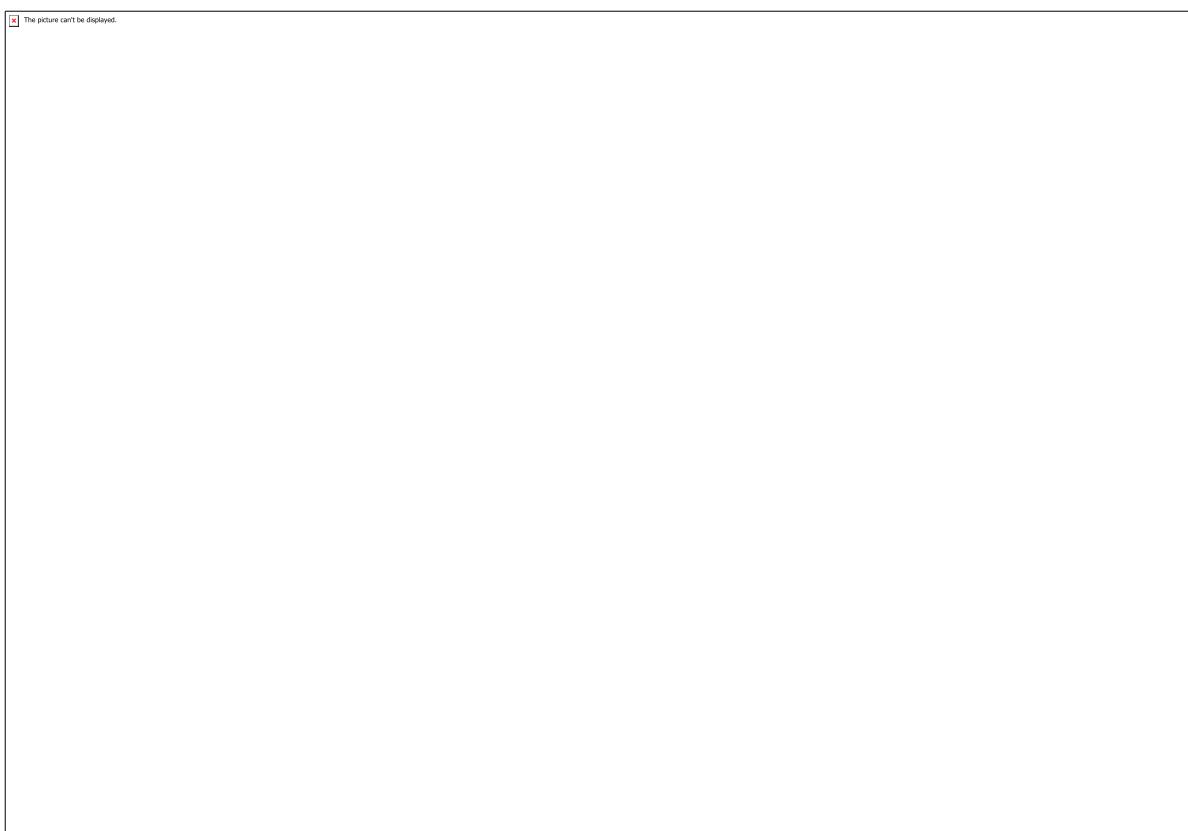
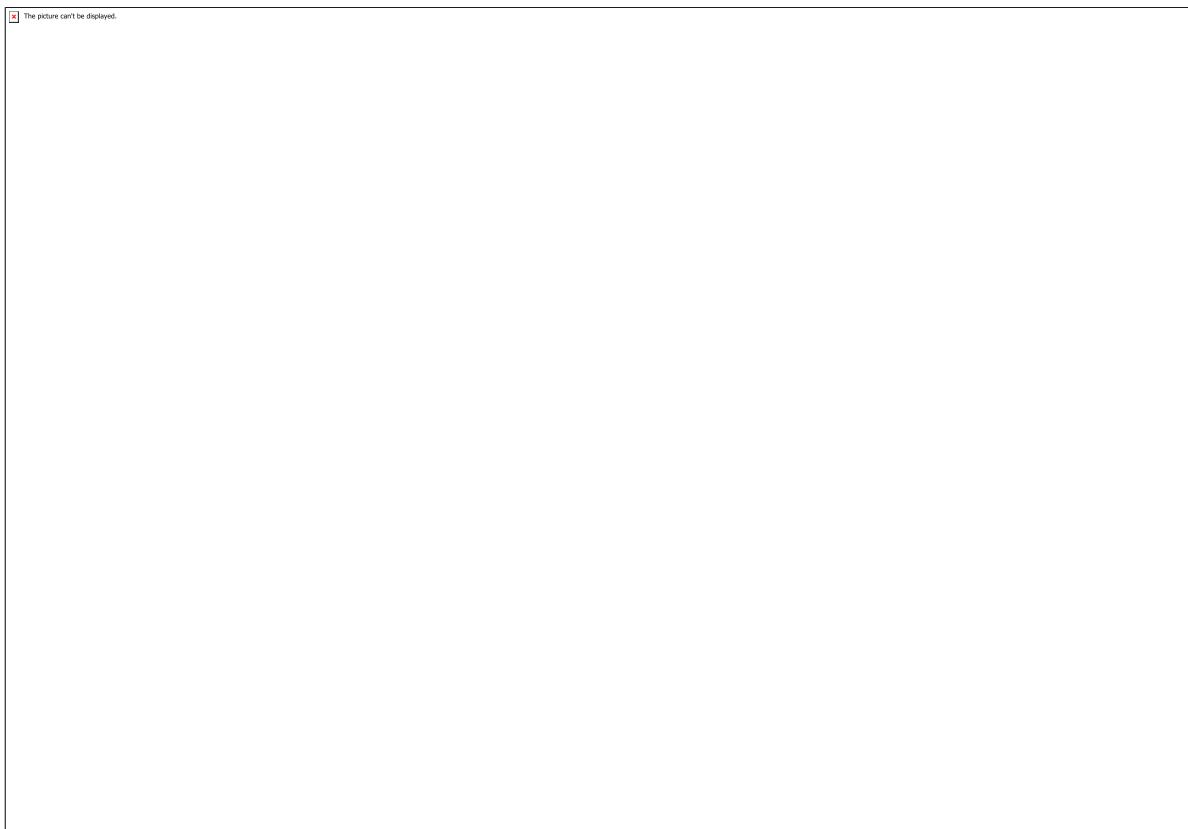


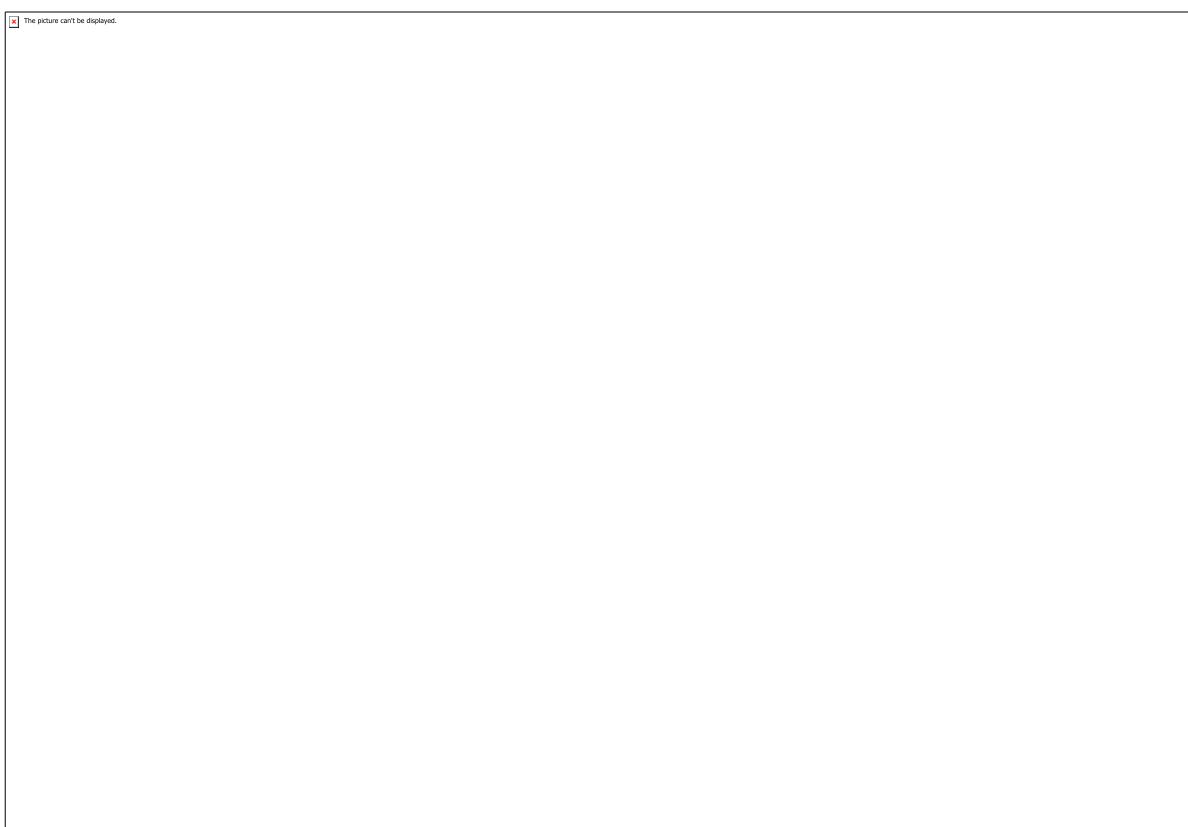
Gráfico 1. Universo amostral da expedição. Fonte: Acervo da expedição caatinga.



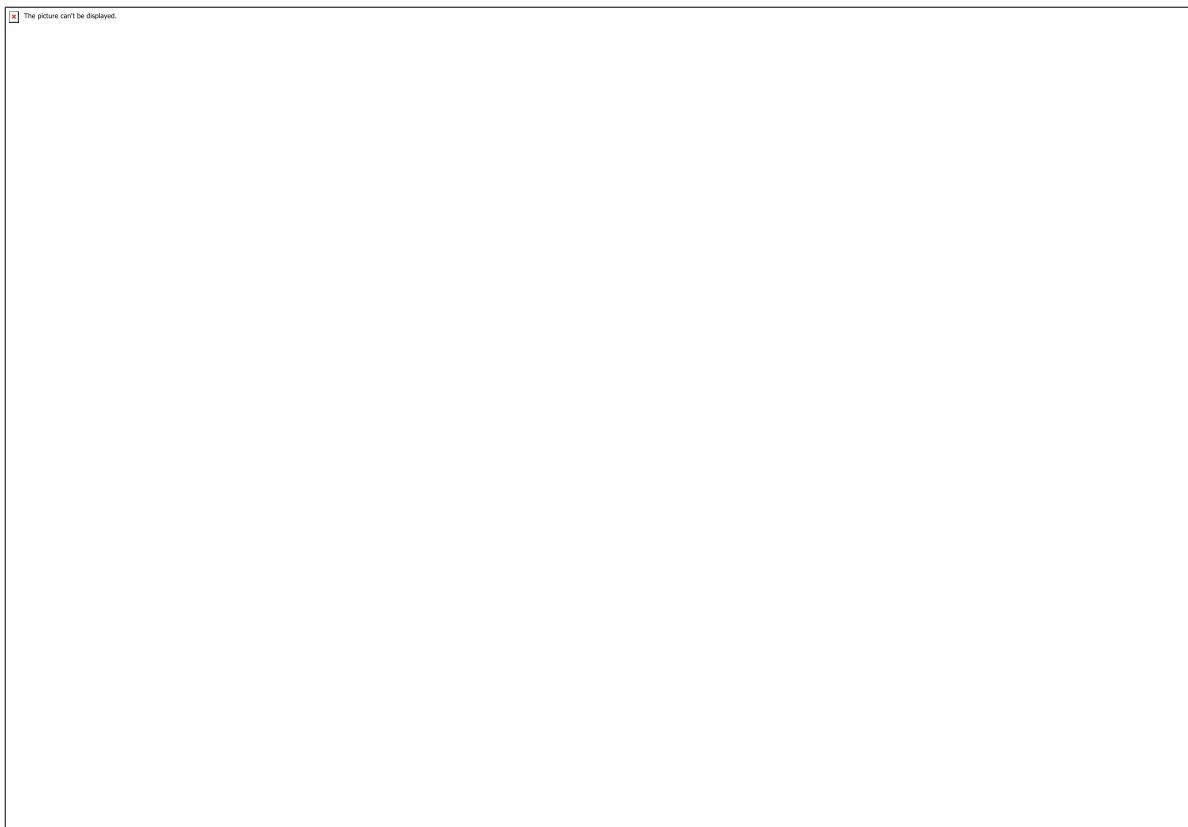
Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3



Anexo 4

CÓDIGO: HS0298

AUTOR: IGOR DOS SANTOS LINHARES

ORIENTADOR: MAISA FERNANDES DUTRA VELOSO

TÍTULO: Análise da produção científica na área de Projeto de Arquitetura e Urbanismo no Brasil (2003-2016)

Resumo

Em oito edições do Seminário PROJETAR, evento agora internacional e de periodicidade bienal, sobre o ensino, pesquisa e prática na área de Projeto de Arquitetura e Urbanismo, foi produzido um amplo acervo de títulos com resultados de pesquisas e experimentos na área. A variedade de trabalhos contém importantes dados estatísticos e qualitativos para caracterização do estado da arte e desenvolvimento de pesquisas na área de Projeto no Brasil e na América Latina. O relatório apresenta os principais resultados da continuação da análise dos 1.118 artigos publicados nos Anais dos Seminários PROJETAR entre os anos de 2003 e 2017, tendo em sua maior parte sido apresentada nos relatórios referentes aos dois primeiros anos da pesquisa. Nessa última etapa, foi feita uma análise dos artigos que tinham como foco o Ensino publicados na última edição do evento, realizada em Buenos Aires em 2017, abrangendo as categorias "Metadados", "Desenvolvimento do Artigo" e "Bibliografia". Posteriormente, a análise foi feita qualitativamente, a partir de uma leitura aprofundada de um total de 54 artigos publicados. Foram feitas em planilha do Excel tabulações e análises das categorias analíticas, que incluíam não só os temas como também teorias, conceitos, métodos e principais referências empregadas nas pesquisas. Como resultados, destacam-se a maior incidência dos artigos nas categorias de Ensino de Projeto Arquitetônico, bem como a pouca ocorrência de pesquisas sobre práticas profissionais.

Palavras-chave: Arquitetura; Projeto; Ensino; Pesquisa; Prática.

TITLE: Analysis of the scientific production in the area of Architecture and Urbanism Design in Brazil (2003-2016)

Abstract

In eight editions of the PROJETAR Seminars, an international and biennial event on teaching, research and practice in the area of Architecture and Urbanism Design, a large collection of titles was produced with results of research and experiments in the area. This variety of papers contains important statistical and qualitative data for the characterization of the state of the art and the development of researches in the Design area in Brazil and in Latin America. This report presents the main results of the continuation of the analysis of the 1,118 articles published in the Annals of the PROJETAR Seminars between 2003 and 2017, with most of the results obtained being presented in the reports referring to the first two years of the research. In the last stage, an analysis was made of the articles focusing on Teaching published in the last edition of the event, held in Buenos Aires in 2017, covering the categories "Metadata", "Article Development" and "Bibliography". In the second stage, the analysis was done qualitatively, based on an in-depth reading of a total of 54 published articles. Tabulations and analyzes of the analytical categories were done in Excel spreadsheet, which included not only the topics but also theories, concepts, methods and main references

used in the research. The main results are the greater incidence of the articles in the categories of TeachingArchitectural Design, as well as the little occurrence of research on professional practices.

Keywords: Architecture; Design; Teaching; Research; Practice;

Introdução

O seminário PROJETAR, evento fundado em 2003 pelo Grupo de Pesquisa de mesmo nome da UFRN, é realizado a cada 2 anos e tem como objetivo apresentar os desenvolvimentos científicos sobre o Ensino, a Pesquisa e a Prática profissional no âmbito de Projeto em Arquitetura e Urbanismo no Brasil e América Latina. Até hoje já foram realizadas oito edições do evento, cujos artigos publicados nos respectivos anais podem ser consultados na página do PROJEDATA, o banco de dados do Grupo Projetar (<http://projedata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/community-list>). O universo dessa pesquisa como um todo incluiu as oito primeiras edições (2003-2017), sendo que, nesse último ano, o foco foi na edição de Buenos Aires/2017, a primeira realizada fora do Brasil. Este trabalho apresenta a terceira etapa da pesquisa que agora se finaliza com uma análise mais aprofundada sobre os artigos da edição de 2017, uma vez que já foram categorizados estatisticamente e analisados pela bolsista anterior os dados referentes às edições anteriores. Dessa forma, foram tabulados e agrupados em categorias um total de 54 artigos, analisados individualmente, primeiramente os que fazem parte da categoria Ensino e, em seguida, os das demais categorias. Após a organização e tabulação dos dados em Planilhas do Excel, foi possível fazer a análise estatística, identificando as categorias em que os artigos mais se inseriam, a partir da identificação do tema central do trabalho, do tipo de Projeto a que se referiam, assim como das teorias e conceitos empregados e as bibliografias mais utilizadas. Dessa forma, com esses dados classificados, diagnósticos comparativos foram realizados e obteve-se maior aprofundamento acerca dos artigos, como bons indicadores de parte das pesquisas científicas realizadas nesse campo.

Metodologia

Dando continuidade ao que vinha sendo desenvolvido no período anterior, para a realização das análises e a manipulação dos dados coletados por meio das leituras efetuadas utilizou-se o Software Excel e organizou-se o banco de dados da edição mais recente do seminário – 2017, uma vez que já haviam sido produzidas as planilhas referentes às edições anteriores: 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 e 2015 pela bolsista anterior. Sendo Ensino a categoria com maior número de artigos publicados, a primeira etapa do trabalho consistiu na criação de uma planilha específica para análise dos artigos vinculados a essa categoria, de forma a identificar não só os temas como também teorias, conceitos e métodos empregados nas pesquisas, buscando, assim, obter uma análise mais aprofundada dos dados.

FIGURA 01

Em seguida, sentiu-se a necessidade de analisar também os artigos nas demais categorias: Pesquisa, Prática, Metodologia, Teoria e Crítica e Análise, Avaliação e Percepção. No entanto, para essas categorias a análise foi feita apenas por meio da leitura dos Metadados (Título, Resumo e Palavras-Chave) e se restringiu às classificações de Categoria Nível 02, Categoria Nível 03, Universidade de Origem e Palavras-Chave, conforme ilustra a figura 02.

FIGURA 02

Após o processo de tabulação dos artigos da última edição do seminário, criou-se na planilha uma tabela para os “Totais”, utilizada para identificar os temas e categorias em

que se encaixavam, como é mostrado na figura 03. Para fazer esta busca, foi utilizado o comando do Excel COUNT.SE, o qual identifica a palavra nas células da Planilha e dá o total de vezes que esta é repetida no intervalo de células desejado. Após esta primeira abordagem, foi possível prosseguir para uma análise mais detalhada do universo pesquisado, como será exposto a seguir. Dessa forma, a Planilha “Totais da tabulação” foi organizada a partir desses resultados do COUNT.SE, e nela foi criada uma tabela com os totais das Categorias Dominantes e os totais das Categorias do Nível 01, 02 e 03.

FIGURA 03

Por fim, os dados foram organizados de acordo com as recomendações necessárias e foi montada a tabela apresentada na Figura 04 com os resultados dos totais das categorias nível 01 e 02.

FIGURA 04

A leitura dos artigos completos assim categorizados permitiu uma análise qualitativa mais aprofundada, sobretudo quanto aos suportes teóricos e metodológicos utilizados nas pesquisas e experiências apresentadas, como discutido a seguir.

Resultados e Discussões

No que diz respeito à oitava edição do PROJETAR, a primeira edição internacional do evento, que teve como sede a Faculdade de Arquitetura da Universidade de Buenos Aires no ano de 2017, houve algumas distinções com relação às edições anteriores, realizadas no Brasil. A quantidade de artigos publicados, por exemplo, caiu de 152 (em média nas edições anteriores) para 54 artigos, o que pode ser explicado pela mudança no formato do evento, que foi reduzido para que não houvesse sessões paralelas e todos pudessem assistir às apresentações e debates. Como era esperado, a autoria dos artigos submetidos varia entre artigos de autoria nacional (brasileiros) e artigos de autoria estrangeira (não-brasileiros), com destaque para 1 (um) artigo que apresentou autoria mista (coautoria) entre brasileiro e não-brasileiro. Quantitativamente, a proporção entre as autorias foi de cerca de 70% de artigos de autoria de brasileiros contra 28% de autoria estrangeira, o que indica ainda uma prevalência de autores nacionais nessa primeira edição internacional do evento.

TABELA 01

Além disso, persistiu o foco na categoria de Ensino, que correspondeu a mais da metade dos trabalhos enviados (52%) na edição, seguida por Pesquisa (15%), Metodologia (13%) e Análise, Avaliação e Percepção (11%). As categorias Prática (5%) e Teoria e Crítica (4%) foram as que apresentaram menores resultados, repetindo um padrão que se observou nas edições prévias do evento. Com relação às Categorias de Nível 02, assim como no balanço das edições anteriores, houve dominância da categoria Projeto Arquitetônico, que correspondeu a mais da metade dos artigos, com 54% do total, seguido por Projeto de Arquitetura e de Urbanismo (11%). Aumentou o número de artigos que não se encaixavam em nenhuma das categorias elaboradas, sendo deslocados para a categoria “Não se Aplica”, que representou 15% do total. Isso se deve à variedade de temas tratados nos trabalhos, como por exemplo “O exercício da criatividade no projeto: o que dizem as publicações recentes” e “Experiencia y subjetividad en la construcción del proyecto” em que se tratam temas mais subjetivos, como a criatividade. As categorias que apresentaram a menor porcentagem foram Projeto Integrado (3%), Projeto Urbano (2%) e Projeto Paisagístico e Urbano (1%), o que confirma o domínio do arquitetônico no campo das pesquisas sobre o projeto e em alguns casos sua associação com o projeto urbano. Por fim, dentro das Categorias de Nível 03, tem-se como categorias que mais se repetem Arquitetura Contemporânea (com 18%) e Forma (15%), que juntas correspondem a um terço do total. As demais

incidências foram pontuais não indicando uma tendência dominante sobre um universo relativamente pequeno de 54 artigos publicados nesse ano. Sobre a análise qualitativa dos conteúdos dos artigos, confirma-se o que já havia sido detectado nas etapas anteriores: dada a complexidade e diversidade das temáticas contempladas nos estudos nesse campo, são também diversas as abordagens teóricas e metodológicas, o que repercute nas referências bibliográficas utilizadas nos artigos. Como exemplos, podemos destacar: trabalhos com foco na Metodologia de Projeto (sobre processos, métodos, técnicas e respectivas ferramentas) são mais recorrentes as seguintes referências: Lawson, B. (2011); Kowaltowski et al (2011); Mahfuz, E. (1995). Quando o tema é Ensino, o mais recorrente, Schön, D. (2000) é o mais citado. Para temas específicos, bibliografias específicas. No campo da intervenção no patrimônio, no que se refere à restauração, Césari Brandi é o campeão de citações. Sobre a forma na arquitetura e arquitetura contemporânea, Montaner (2002) é o mais citado. Da mesma forma, não foi identificada nenhuma teoria nem método dominante no conjunto dos sete eventos. Entre os mais frequentes/citados em algumas edições, conforme o enfoque temático de cada Seminário, temos: o princípio de reflexão na ação de Donald Schön, Teorias da área de Educação aplicadas à Arquitetura notadamente o sócio construtivismo nas linhas de Piaget e Vygotsky, a Teoria do Projeto de Hélio Piñon, as reflexões sobre a composição e pertinência da forma arquitetônica de Edson Mahfuz, a Arquiteturologia de Philippe Boudon, a abordagem da APO (Avaliação Pós-Ocupação) como subsídio à realimentação do processo projetual, Teorias do Restauro como a de Césari Brandi nos artigos sobre intervenções do patrimônio, A Teoria da Sintaxe Espacial de Hillier e Hansen e as Teorias, métodos e ferramentas das Ciências da Computação aplicadas à Arquitetura e ao Projeto (Realidade Virtual, Projeto Paramétrico, dentre outros).

Conclusão

A partir dos artigos analisados ao longo das edições do Seminário PROJETAR, foi possível observar como a pesquisa científica é feita na área de projeto do Brasil, como ela vem sendo organizada, quais os principais temas enfocados e como eles tem sido abordados. Além disso, pôde-se perceber como as análises qualitativas foram importantes, para melhor compreensão dos dados estatísticos obtidos por meio de categorias analíticas sistematizadas em planilha do Excel. A Categoria nível 03 não apresentou dados conclusivos relevantes para o aprofundamento das análises, dada a variedade de aspectos enfatizados nos metadados dos artigos. Sendo assim, utilizou-se a tabela “Totais” apenas para a Categoria Dominante nível 01 e a Categoria nível 02, que agregavam a essência dos temas trabalhados. Pode-se assim concluir que a Pesquisa Científica no âmbito dos Seminários PROJETAR, consequentemente no meio brasileiro, são em grande maioria experiências do contexto acadêmico e relacionadas ao Ensino do Projeto Arquitetônico. É ainda pouco relevante a pesquisa sobre práticas profissionais. Observou-se a baixa incidência dos artigos categorizados em Projetos Urbanos, Projetos Paisagísticos e Projetos Integrados, revelando a necessidade de ampliação da divulgação de pesquisas nessas áreas, ao menos no âmbito dos Seminários PROJETAR.

Referências

CAPES. Documento de Área 2013, Arquitetura, Urbanismo e Design. Disponível em: http://capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/trienal/Docs_de_area/Arquitetura_Urbanismo_e_Design_doc_area_e_comiss%C3%A3o_16out.pdf CROSS, N. Expertise in Design: an overview. *Design Studies*. 25. 2004. p.427-441. GROAT, L.;

WANG. D. *Architectural Research Methods*. New York: Wiley, 2013. KOSKINEN, I.; ZIMMERMAN, J.; BINDER, T.; REDSTRÖM, J.; WENSVEEN, S. *Design Research Through Practice: From the Lab, Field and Showroom*. Waltham, MA, USA: Elsevier/Morgan Kaufmann, 2011. KOWALTOWSKI, D.; MOREIRA, D. As pesquisas sobre processos de projeto em arquitetura: argumentos para uma reflexão. *Revista PROJETAR – Projeto e Percepção do Ambiente*, v.1.n.1, p.42-52, novembro, 2015. KOWALTOWSKI, D.; MOREIRA, D.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M.; O Processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. LAWSON, B. *Como Arquitetos e Designers pensam*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. LAWSON, B. *Design Research in Architecture: An Overview*. *Design Studies*. v.36.n.1.p.125-130, janeiro, 2015. LIMA, A.G. et al. Indicadores da Pesquisa Acadêmica em áreas de prática projetual. In: V PROJETAR 2011, Anais... Belo Horizonte. v.1, s/p., 2011. MAHFUZ, E. Ensaio sobre a razão compositiva. Belo Horizonte: AP Cultural, 1995. MONTANER, J. M. *A forma do século XX*. Barcelona: Gustavo Gili, 2002. NESBITT, K. (org). *Uma nova agenda para a arquitetura. Antologia teórica 1965-1995*. São Paulo: Cosac Naify, 2006. SCHÖN, D. *Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2000. VELOSO, M. ; ELALI, G. A. . Projeto como construção coletiva: da participação à colaboração os desafios do ensino.. In: III ENANPARQ, 2014, São Paulo. Anais do III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: PPGAUUPM, 2014. v. 1. p. 1-20. VELOSO, M. ; ELALI, G. A. . A Pesquisa Arquitetura, Projeto e Produção de Conhecimentos no Brasil. In: VELOSO, M; ELALI, G.A.. (Org.). Projeto, Desenho e (Con)textos: uma análise da produção acadêmica de Trabalhos Finais de Graduação no Brasil. 1ed.Natal: Editora da UFRN, 2011, v. 1, p. 09-18. VELOSO, M.; ELALI, G.A.. (Org.). Projeto, Desenho e (Con)textos: uma análise da produção acadêmica de Trabalhos Finais de Graduação no Brasil. 1ed.Natal: EDUFRN, 2011.

Anexos

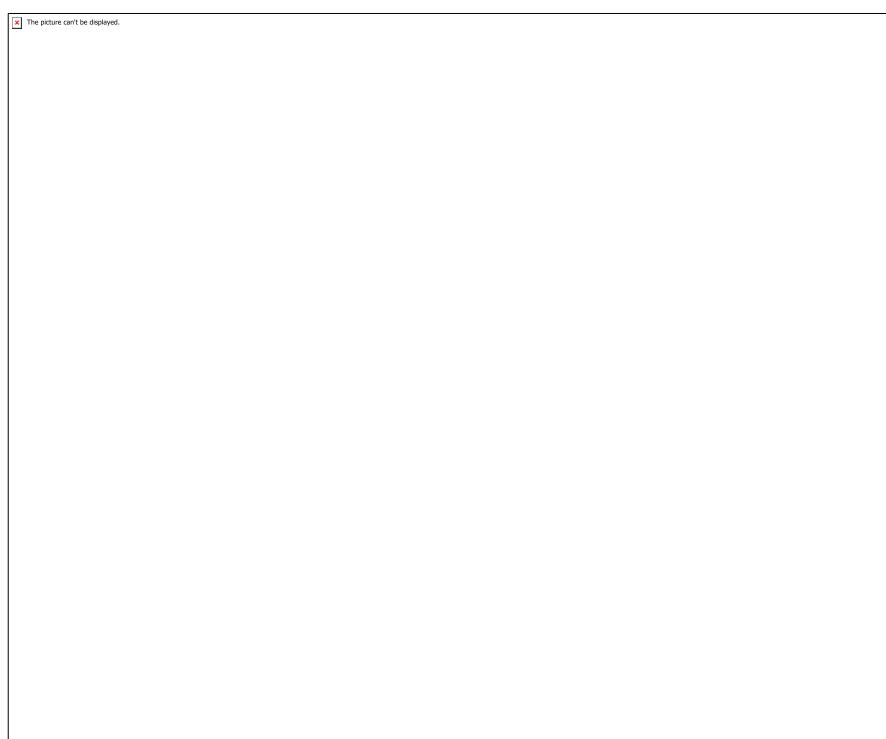
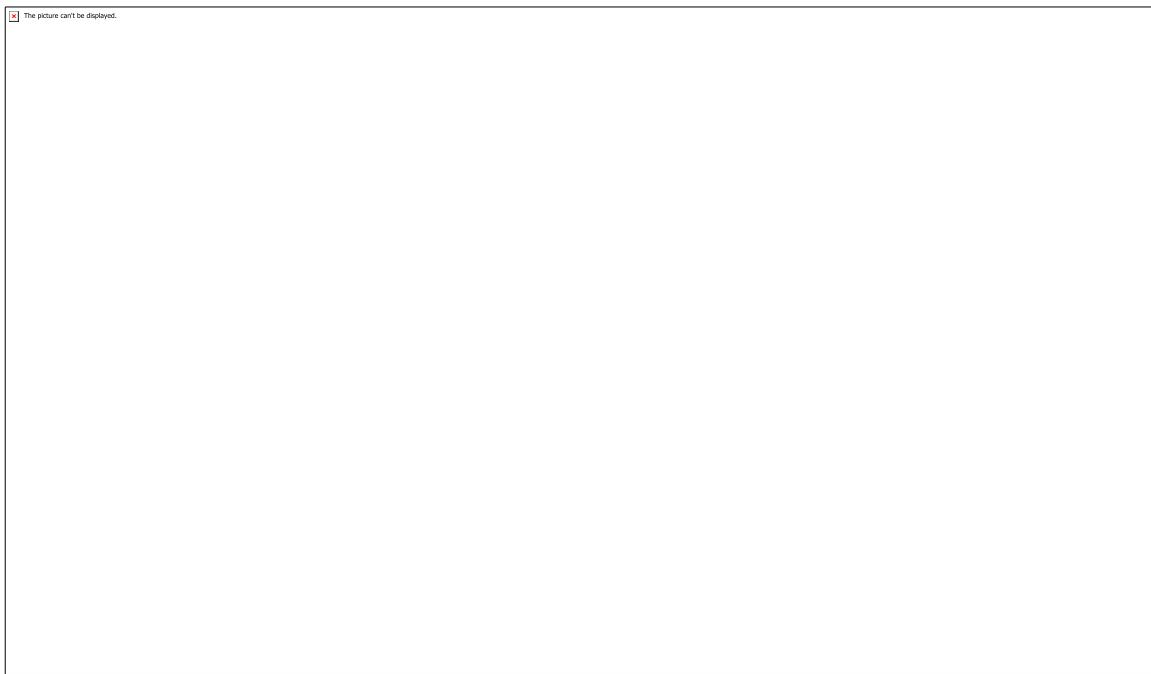


FIGURA 01 – Recorte da planilha tabulada da edição de 2017 contendo as classificações propostas.



The picture can't be displayed.

FIGURA 02 – Recorte da planilha tabulada da edição de 2017 contendo as classificações propostas.

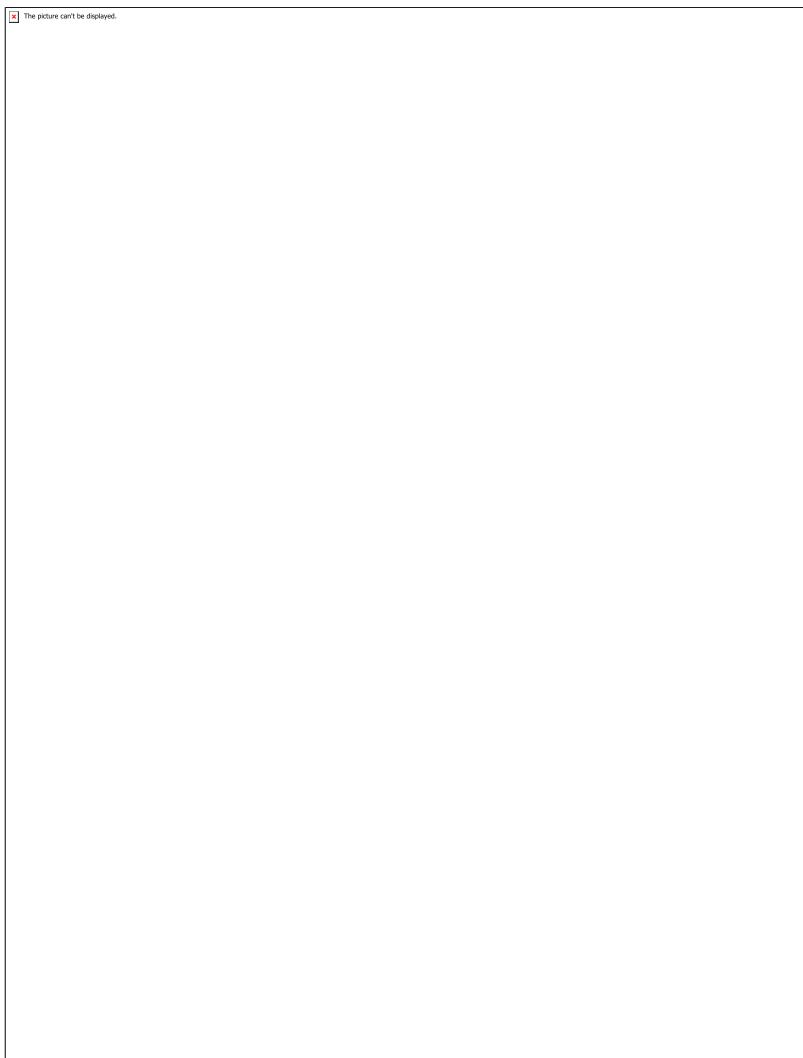


FIGURA 03 - Recorte da planilha de Tabulação dos Dados da Edição de 2017/ dados “totais” das categorias.



FIGURA 04 - Planilha com o total das categorias tabuladas.



TABELA 01 - Tabela de autoria dos artigos submetidos em 2017.

CÓDIGO: HS0438

AUTOR: JULIANA SILVA BARROS

ORIENTADOR: AMIRIA BEZERRA BRASIL

TÍTULO: Organização e divulgação de informações acerca da análise morfológica da evolução urbana de Natal

Resumo

Neste relatório aborda-se o projeto de pesquisa sobre o estudo morfológico da evolução urbana da cidade de Natal, utilizando como base dados produzidos pelos alunos do 4º período do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN e de outras fontes de informações. A análise morfológica consiste em estudar as transformações que ocorreram no tecido urbano da cidade ao longo dos anos para entender sua atual configuração. Nesse contexto, o presente plano de trabalho consiste no aperfeiçoamento, alimentação e divulgação de um banco de dados produzido a partir da sistematização realizada na primeira etapa da pesquisa, além da colaboração na organização de eventos e utilização das informações obtidas ao longo da pesquisa para produção de novos materiais, como mapas e artigos que abordam estudos morfológicos. O relatório apresenta resultados parciais, pois a pesquisa ainda está em andamento, bem como suas perspectivas futuras.

Palavras-chave: Análise morfológica; Evolução urbana; Tecido Urbano; Pesquisa.

TITLE: Organization and dissemination of information about the morphological analysis of the urban evolution of Natal

Abstract

This report discusses the research project about the morphological study of the urban evolution of the city of Natal, using as a basis data produced by the students of the 4th period of the Architecture and Urbanism Course at UFRN, and other sources of information. The morphological analysis consists of studying the transformations that occurred in the urban fabric of the city over the years, to understand its current configuration. In this context, this work plan consists of the improvement, feeding and dissemination of a database produced from the systematization performed in the first stage of the research, in addition to the collaboration in organizing events and the use of information obtained throughout the research to produce new materials, as maps and articles that address morphological studies. The report presents partial results, because the research is still in progress, as well as its future perspectives.

Keywords: Morphological analysis; Urban development; Urban fabric; Research.

Introdução

A cidade é formada por vários elementos que em conjunto resultam em uma forma física, que pode ser definida como “suporte de todas as atividades e vivências que aí se desenvolvem e que se organizam coletivamente” (COELHO, 2015). Dessa forma, para entender a cidade é preciso entender sua forma física, a qual se expressa por meio do tecido urbano, que é “constituído pelo conjunto dos elementos físicos que a constituem – o sítio, a rede viária, a divisão cadastral, a relação entre os espaços construídos e

livres, a dimensão, a forma e o estilo das construções – e pelas relações estabelecidas entre estes elementos (...)" (COELHO, 2015).

A morfologia urbana estuda esses tecidos urbanos, com o intuito de compreender a evolução de uma cidade, pois "o tecido como realidade temporal condensa todo um processo evolutivo, toda uma história, que se traduz num resultado muito particular a cada momento e que explica a riqueza formal das nossas cidades" (COELHO, 2015). Assim, a leitura de como ocorrem as transformações da forma das cidades é fundamental para entender a sua atual configuração, como afirma Aldo Rossi: "o que enriquece a cidade e os fatos urbanos – tantos antigos, quanto novos – é a sua constante transformação. Ou seja, os diferentes tempos presentes em um mesmo núcleo urbano, o que demonstrará uma cultura em transformação". (ROSSI, 2001)

A pesquisa em questão intitulada: "Caracterização do tecido urbano de Natal: um estudo morfológico da evolução urbana da cidade", tem como objetivo realizar uma análise morfológica, ou seja, um estudo da forma, da evolução urbana de Natal, buscando entender como se deu o processo de formação da cidade e seu desenvolvimento até os dias atuais.

A primeira etapa da pesquisa realizada entre os semestres de 2017.2 e 2018.1 consistiu na sistematização dos dados resultantes de trabalhos de análises morfológicas desenvolvidas semestralmente pelos alunos do 4º período do Curso de Arquitetura e Urbanismo, na disciplina obrigatória de Planejamento e Projeto Urbano e Regional 2 (PPUR II). Além do início da construção do banco de dados, a partir da identificação de que tipo de informações tinham sido produzidas nos trabalhos.

Posteriormente à conclusão dessa etapa de construção do banco de dados, surgiu a necessidade de busca por outras fontes de dados, como a disciplina de Projeto Integrado 5 que também realiza análises morfológicas e a Prefeitura Municipal de Natal. Sendo assim, foram obtidos novos dados a serem selecionados e incorporados aos existentes e a partir disso iniciou-se a divulgação do material e a produção de novas informações utilizando os dados obtidos.

Além disso, ocorreu um minicurso de geoprocessamento com ArcGIS oferecido pela base de pesquisa do Grupo de Estudos Habitação, Arquitetura e Urbanismo – GEHAU, para uma melhor capacitação dos bolsistas afim de aprimorar o uso da ferramenta. Desta forma, para elaboração dos materiais utilizou-se como referencial teórico e conceitual autores como: Philippe Panerai, Aldo Rossi, Carlos Coelho, Vicente Del Rio, bem como as leis municipais: Lei 07/1994, que dispõe sobre o Plano Diretor de Natal de 1994 e a Lei 082/2007, que dispõe sobre o Plano Diretor de Natal de 2007. Ademais, para ampliação do banco de dados e espacialização das informações, foram utilizados diversos softwares e ferramentas, como o Excel, AutoCAD e ArcGis.

Metodologia

A metodologia consiste inicialmente na organização e ampliação do material do banco de dados. Foram produzidas tabelas no Excel e criadas pastas para armazenar as informações, que seriam divulgadas e utilizadas posteriormente para produção de novos materiais. Visto que os objetivos dessa etapa envolviam a divulgação do banco de dados, a tabela foi elaborada contendo o semestre e a área estudada por cada turma, além de serem separados por disciplina (Figura 1 e 2).

Em seguida as tabelas deveriam ser depositadas na Biblioteca Setorial Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinôco, do Departamento de Arquitetura (DARQ), entretanto a biblioteca estava enfrentando problemas técnicos e as tabelas permanecem apenas na base do Grupo de Estudos Habitação, Arquitetura e Urbanismo – GEHAU onde é realizada esta pesquisa.

Juntamente com essas tabelas, foram criadas pastas para armazenar os materiais fornecidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB), os quais eram formados basicamente por shapefiles do software ArcGis. Adotando a organização inicial advinda da própria SEMURB, as informações foram separadas de acordo com a legislação urbanística do Plano Diretor de Natal, e conforme os elementos físicos que compõem o tecido urbano, como espaço construído e sistema viário (Figura 3).

Dessa forma, o material poderia ser facilmente selecionado para ser utilizado na construção de novos mapas utilizando o software ArcGis. Somado a isso, foi obtido um Levantamento Aerofotogramétrico realizado na Cidade de Natal entre dezembro de 1977 e março de 1978. O levantamento estava dividido em Cartas Topográficas não georreferenciadas, logo, foi necessário realizar o georreferenciamento das imagens correspondentes às cartas, por meio do software AutoCAD, utilizando o grid de articulação da carta proveniente de um arquivo do mapa de Natal em DWG também fornecido pela SEMURB. Após realizado o georreferenciamento iniciou-se o processo de desenho do espaço construído – edificações – por meio da criação de polígonos, que futuramente poderiam ser transformados em shapefile e utilizados no ArcGis.

Dando prosseguimento aos objetivos programados para a pesquisa, foram elaborados novos mapas temáticos utilizando o software ArcGis, dessa vez adotando os shapefiles da SEMURB para produzir conteúdo em colaboração com eventos, artigos, e trabalhos para disciplinas. Os novos mapas produzidos adotavam o zoneamento estabelecido no Plano Diretor de Natal e de leis complementares, como as leis que regulamentam as Zonas de Proteção de Ambiental (ZPA's).

Simultaneamente à realização das atividades, foi realizado um curso de extensão “Noções básicas de ArcGis para Arquitetura e Urbanismo”, fornecido pelo Departamento de Arquitetura em parceria com o Departamento de Políticas Públicas, aberto aos alunos da UFRN e com o objetivo de oferecer uma melhor capacitação dos bolsistas afim de aprimorar o uso da ferramenta para produção de novos mapas a partir dos dados já existentes.

Resultados e Discussões

A pesquisa finalizou o seu segundo ano de trabalho, tendo sido renovada para ser desenvolvida por mais um ano, então os resultados obtidos até o momento são apenas parciais.

O objetivo geral da segunda etapa é a divulgação das informações acerca da evolução urbana de Natal, assim, foram produzidas as tabelas do Excel (Figura 1 e 2) contendo os trabalhos já realizados pelos alunos e organizados os materiais em formato shapefile fornecidos pela SEMURB (Figura 3), de forma que ambos podem ser adquiridos na base do Grupo de Estudos Habitação, Arquitetura e Urbanismo – GEHAU, enquanto a biblioteca setorial do DARQ se encontra em reforma.

Dando continuidade às atividades, foi estabelecida uma parceria com o projeto de extensão Fórum Direito à Cidade dos Departamentos de Arquitetura e Urbanismo (DARQ) e de Políticas Públicas (DPP). A pesquisa contribuiu na elaboração de mapas temáticos que seriam utilizados nos eventos organizados pelo Fórum. O primeiro evento que teve o auxílio da pesquisa foi o “Orla de Natal em debate: projetos, gestão e interesse socioambiental”, que discutia a orla da Cidade sob os aspectos sociais, turísticos, habitacionais, econômicos e, sobretudo, sob o aspecto do planejamento urbano, em virtude do processo de revisão do Plano Diretor de Natal iniciado em 2017.

Foram produzidos mapas de diferentes pontos da orla urbana da Cidade, utilizando os shapesfiles obtidos na SEMURB, conforme figuras 4 e 5. Os mapas fazem o cruzamento de informações como Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS), Zonas Especiais de

Proteção Ambiental (ZPA), Zonas Especiais de Interesse Turístico (ZET) e Zonas Especiais de Preservação Histórica (ZEPH).

Além dos mapas produzidos para o evento do Fórum, a pesquisa também vem contribuindo com o processo de revisão do Plano Diretor de Natal, a partir da criação de mapas temáticos (Figura 6) semelhantes aos anteriores, que servem para auxiliar a visualização das áreas a serem discutidas durante as reuniões.

Concomitantemente às atividades realizadas em parceria, iniciou-se o processo de produção de um mapa do espaço construído de Natal utilizando os dados do Levantamento Aerofotogramétrico 1977 e 1978. Em virtude da escala do mapa e do grau de dificuldade de desenhar cada uma das edificações existente nas imagens, foi possível montar as Cartas Topográficas e gerar um arquivo PDF para consulta (Figura 7), entretanto o mapa em DWG ainda se encontra em produção.

Ademais, o banco de dados da pesquisa vem sendo empregado pelos estudantes do curso de graduação e da pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo na elaboração de trabalhos acadêmicos e artigos (Figura 8 e 9). Dessa forma, há uma rotativa de informações e uma maior produção de materiais usando o sistema de georreferenciamento adotado em órgãos públicos e na própria pesquisa.

Conclusão

Em síntese, a pesquisa ainda está em processo de desenvolvimento e os resultados parciais são fundamentais para o aperfeiçoamento tanto da pesquisa em si quanto da disciplina a qual está diretamente vinculada.

É importante ressaltar que apesar do banco de dados ter sido ampliado e apresentar uma variedade de informações, ainda não é possível elaborar uma evolução completa do crescimento de toda a Cidade de Natal. Logo, é preciso que haja uma maior distribuição dos estudos realizados pelos alunos, para que o banco de dados continue a crescer com regiões que possuem pouco material armazenado. Além disso, espera-se que após a revisão do Plano Diretor a Prefeitura disponibilize os dados mais recentes que vêm sendo apresentados durante o processo de revisão.

Em seguida, nota-se que a preferência pelo uso do software ArcGis e de outras ferramentas de georreferenciamento contribui bastante para a difusão e ampliação da informação, visto que, por trabalhar com tabela de atributos tais ferramentas possibilitam a atualização constante dos dados e o cruzamento com novas variáveis. Logo, houve um aumento no número de alunos que buscaram aprender a manusear o software, somado a uma maior produção de mapas com precisão geográfica e com uma melhor legibilidade.

Por último, a pesquisa ainda se encontra em processo de aprimoramento dos meios de divulgação do banco de dados, com o intuito de democratizar o acesso às informações, não restringindo apenas os alunos e profissionais da UFRN.

Referências

ATAIDE, Ruth Maria da Costa. **Interés ambiental frente a interés social. La gestión de los conflictos socio-espaciales en los espacios naturales protegidos: los retos de la regularización urbanística de los asentamientos informales en Natal, RN.** Brasil. Tese de doutorado orientada pela professora Dr^a Mercedes Tatjer. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2013. 608 p. Depósito Digital da Universidad de Barcelona <<http://hdl.handle.net/2445/44990>>.

COELHO, Carlos Dias (Coord). **Os elementos Urbanos**. Lisboa: Argumentum, 2015.
2a ed.

COELHO, Carlos Dias (Coord). **O Tempo e a Forma**. Lisboa: Argumentum, 2014.

COSTA, S. e GIMMLER NETO, M. M. **Fundamentos de Morfologia Urbana**. Belo Horizonte: C/Arte, 2017.

DUARTE, Marise Costa de Souza. **Espaços especiais urbanos: Desafios à efetivação dos direitos ao meio ambiente e à moradia**. Rio de Janeiro: Observatório das Metrópoles, 2011.

FERREIRA, Angela et al. **Uma Cidade Sã e Bela: a trajetória do Saneamento em Natal (1850-1969)**. Natal: IAB-RN/ CREA-RN, 2008.

LAMAS, José Manuel Ressano Garcia. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. sl: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

MIRANDA, João Maurício Ferndandes de. **Evolução urbana de Natal em 400 anos, 1599-1999**. Natal: Prefeitura do Natal, 1999.

NATAL, Prefeitura Municipal de. **Lei 07/94 – Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal de 1994**. Natal: DOM/IPLANAT, 1994.

NATAL, Prefeitura Municipal de. **Lei 082/2007 – Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal de 2007**. Natal: DOM/SEMURB, 1994.

PANERAI, Philippe et al. **Análise Urbana**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

ROSSI, Aldo. **Arquitetura da Cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

Anexos

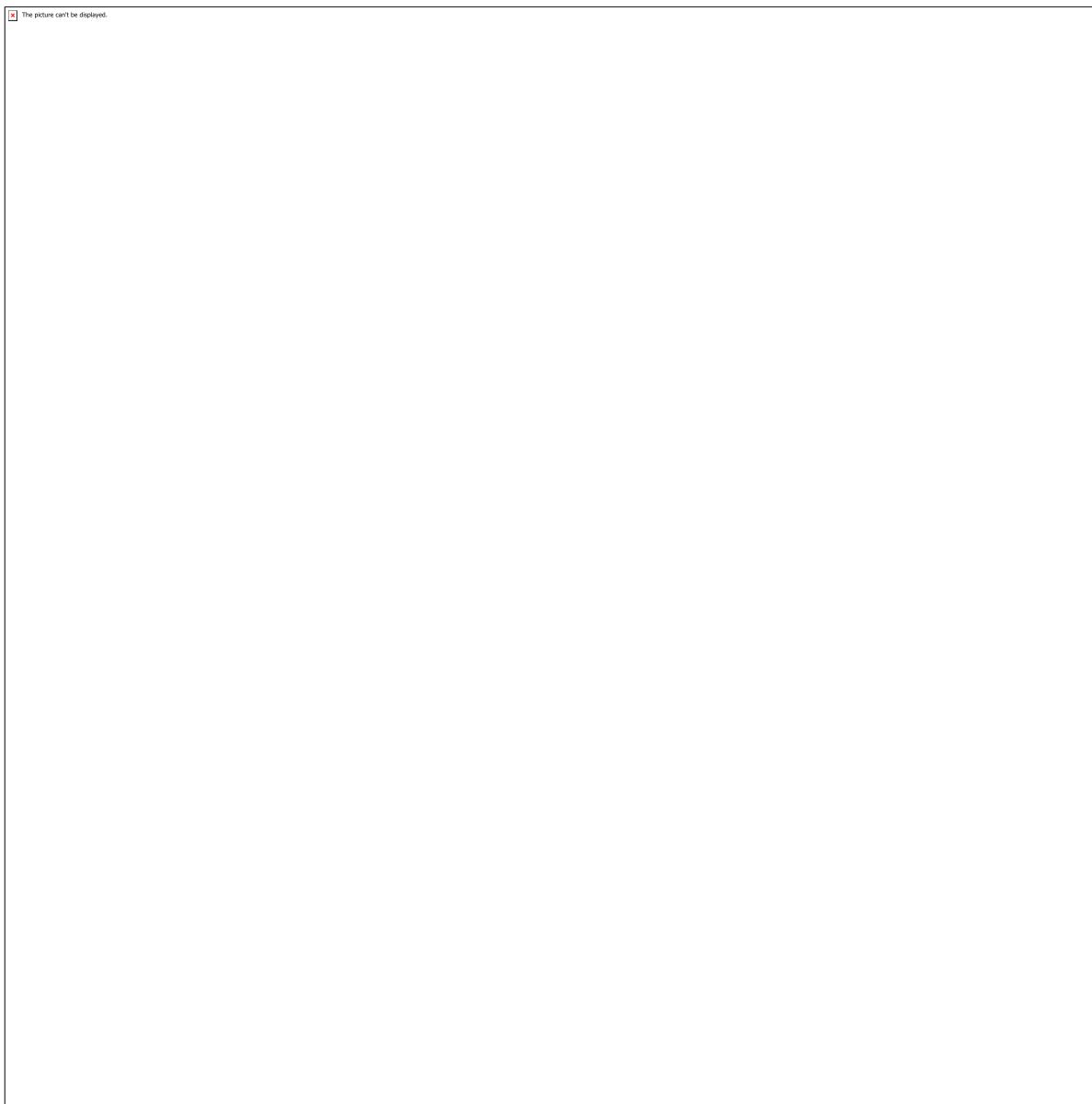


Figura 1: Tabela de divulgação do banco de dados dos trabalhos. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa, 2019.

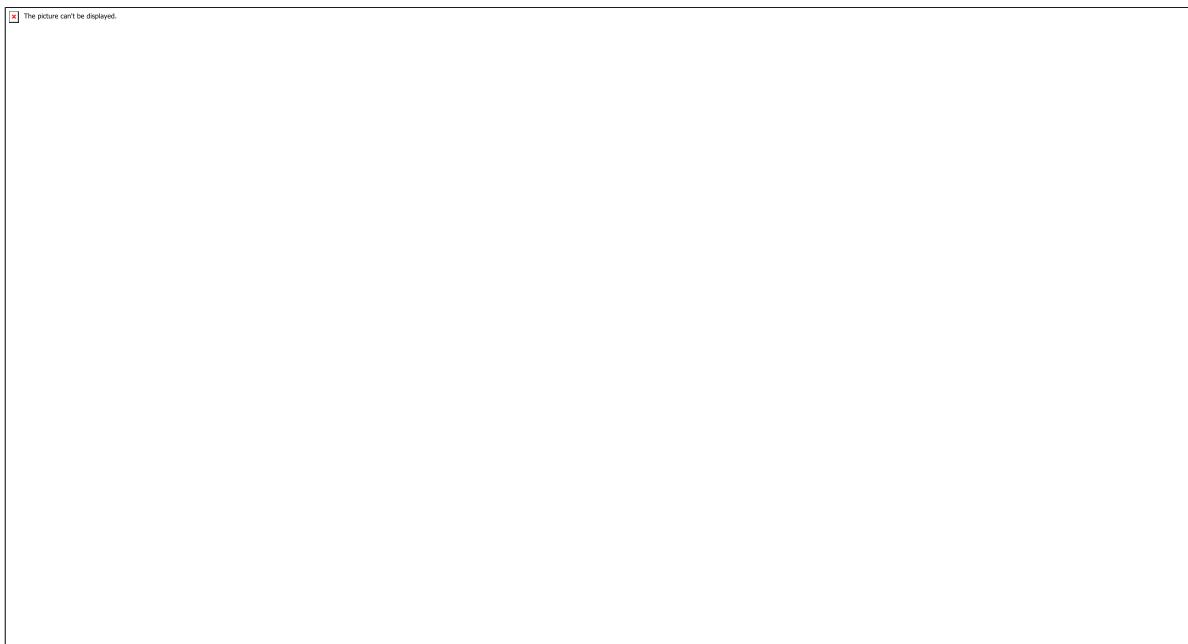


Figura 2: Tabela de divulgação do banco de dados dos trabalhos. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa, 2019.

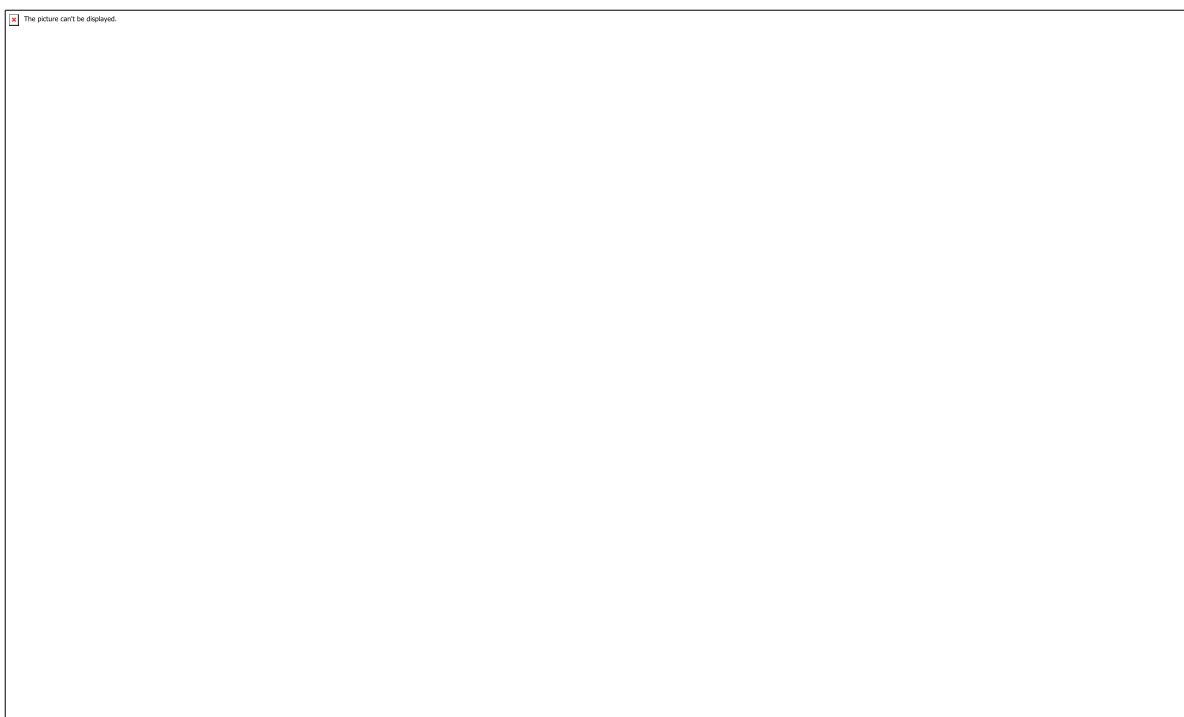


Figura 3: Pastas contendo os shapefiles fornecidos pela SEMURB. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa, 2019, com base nos dados da SEMURB.

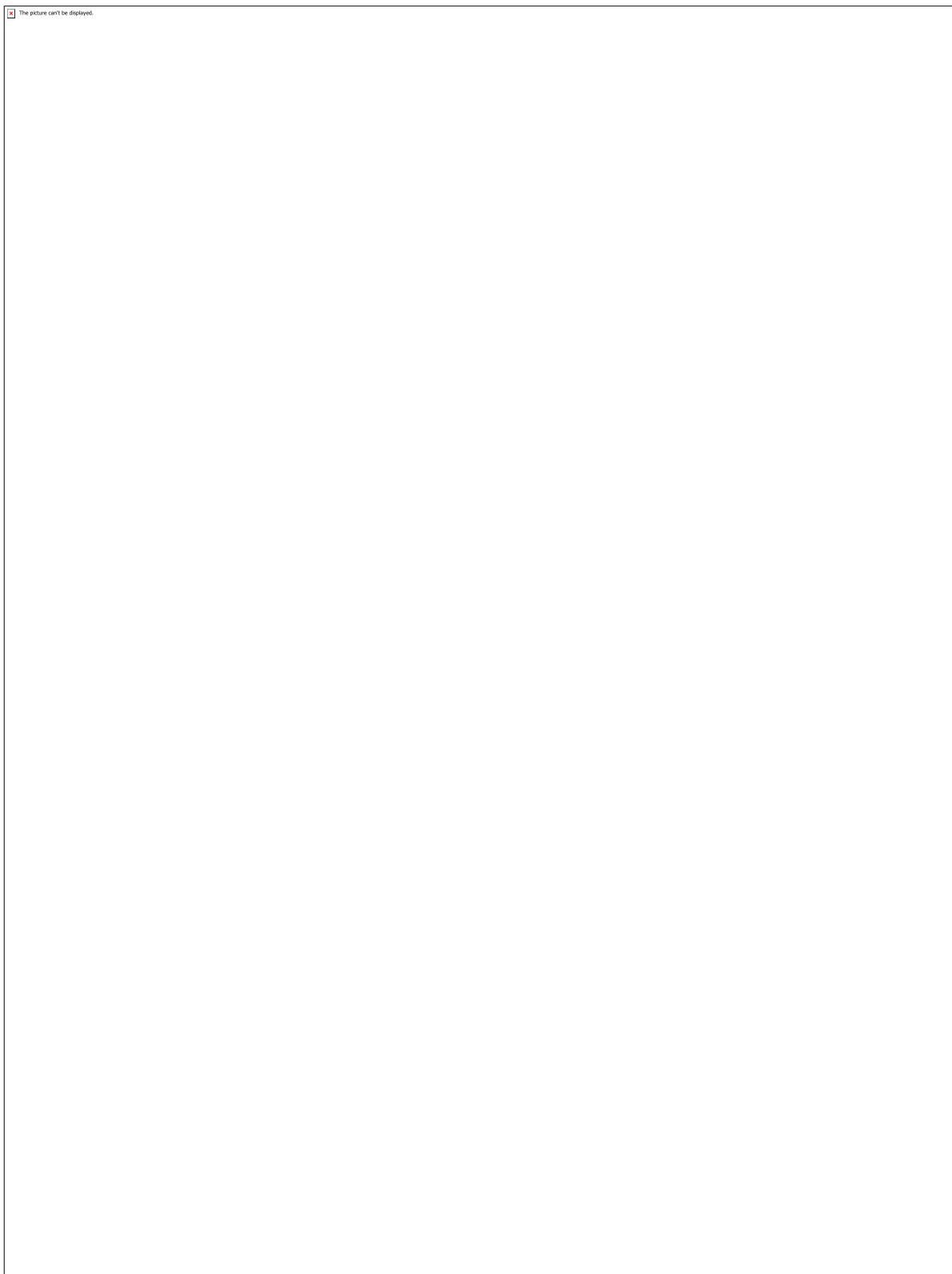


Figura 4 e 5: Mapas produzidos para o evento Orla. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa e pelo Fórum Direito à Cidade, 2019, com base nos dados da SEMURB, 2007.

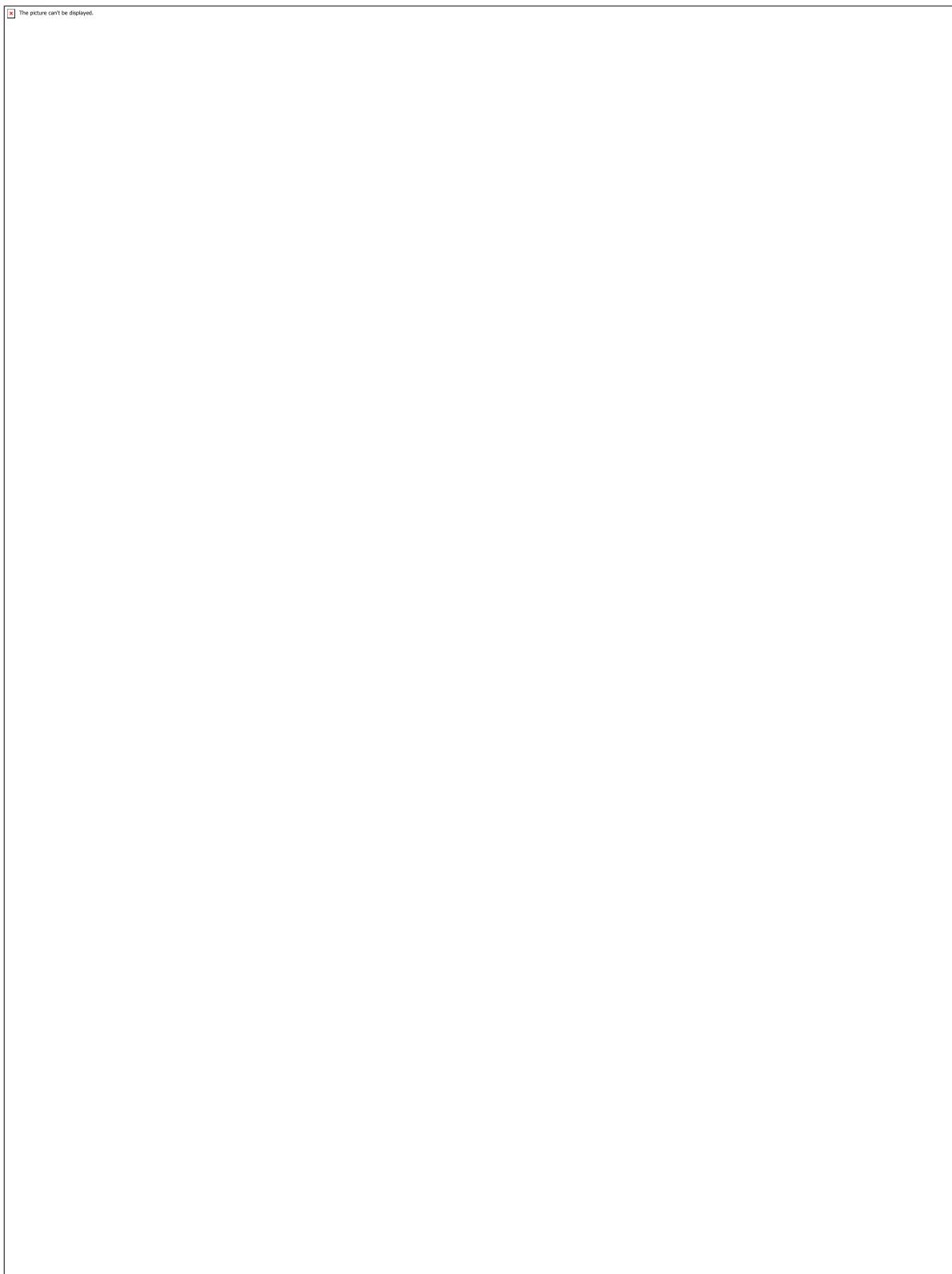


Figura 4 e 5: Mapas produzidos para o evento Orla. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa e pelo Fórum Direito à Cidade, 2019, com base nos dados da SEMURB, 2007.

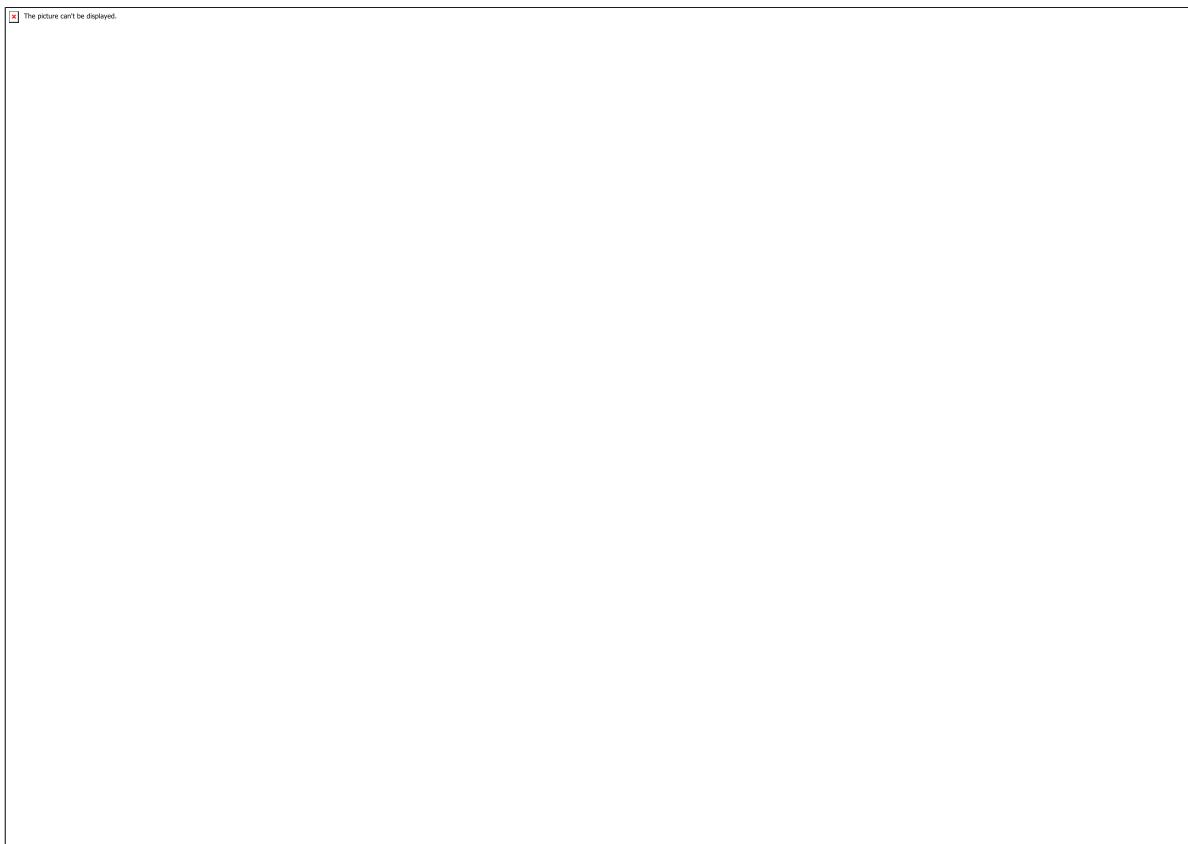


Figura 6: Mapas produzidos para a revisão do Plano Diretor. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa, 2019, com base nos dados da SEMURB.

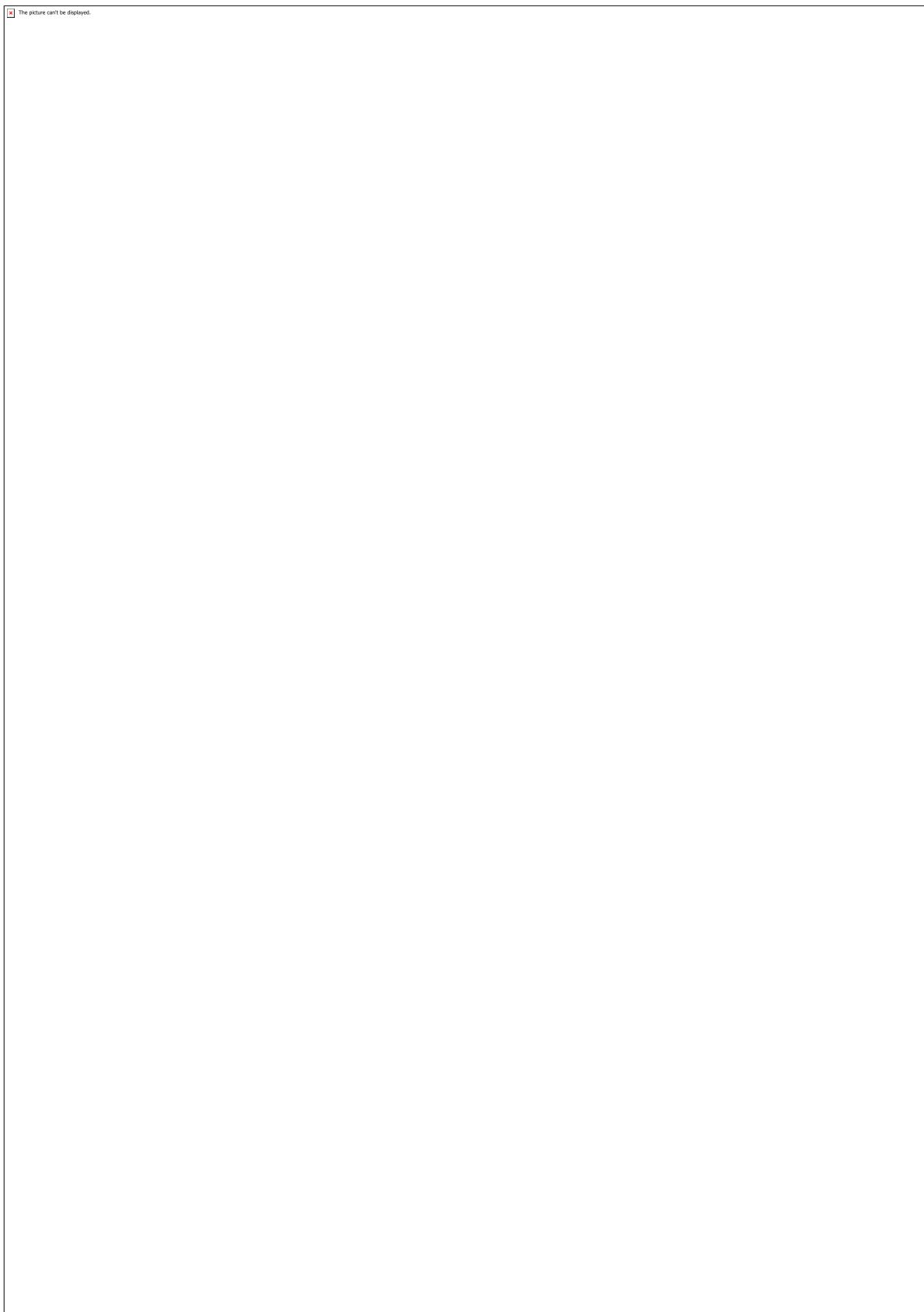


Figura 7: Mapa de Natal de 1978. Fonte: Produzido pelo grupo de pesquisa, 2019, com base nos dados da SEMURB.

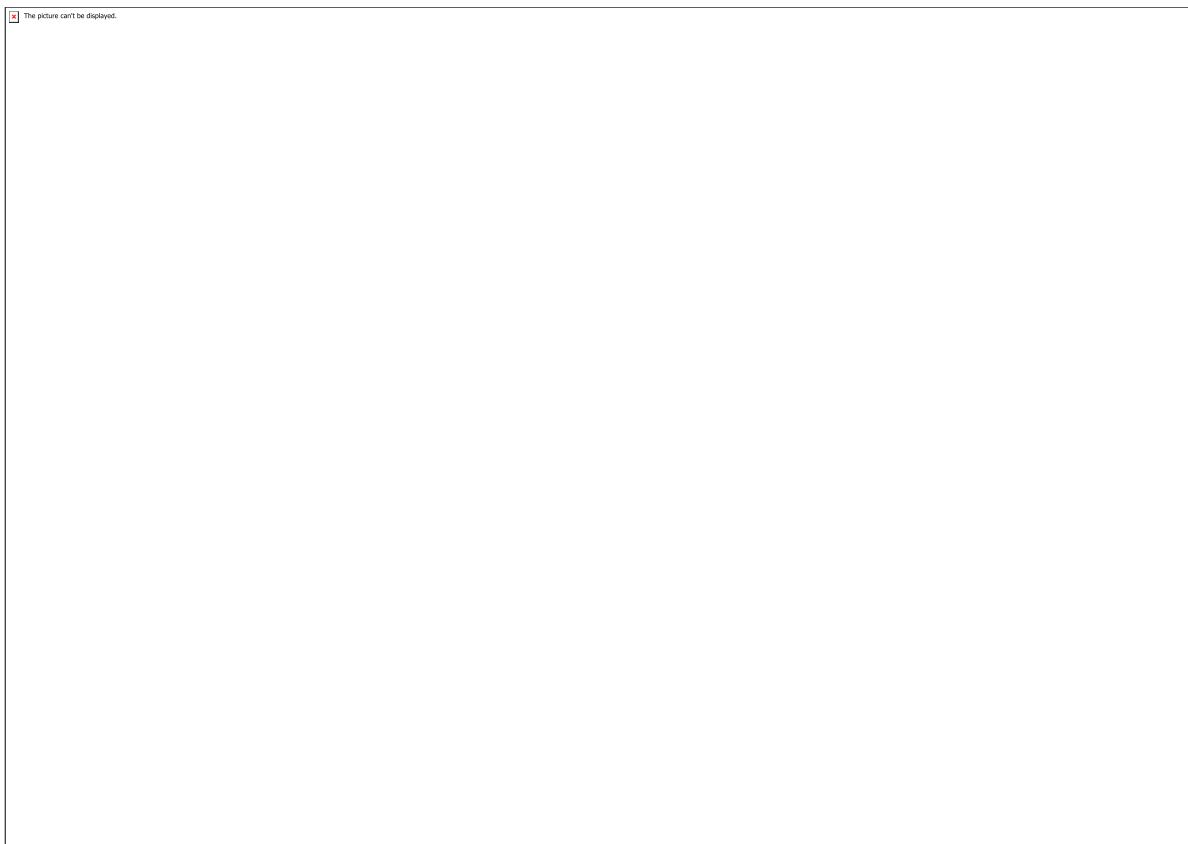


Figura 8: Mapa de Uso do Solo do casario de valor patrimonial do bairro da Cidade Alta.
Fonte: Produzido pela turma do 7º Período, 2019.1, com base nos dados da SEMURB,
2007.

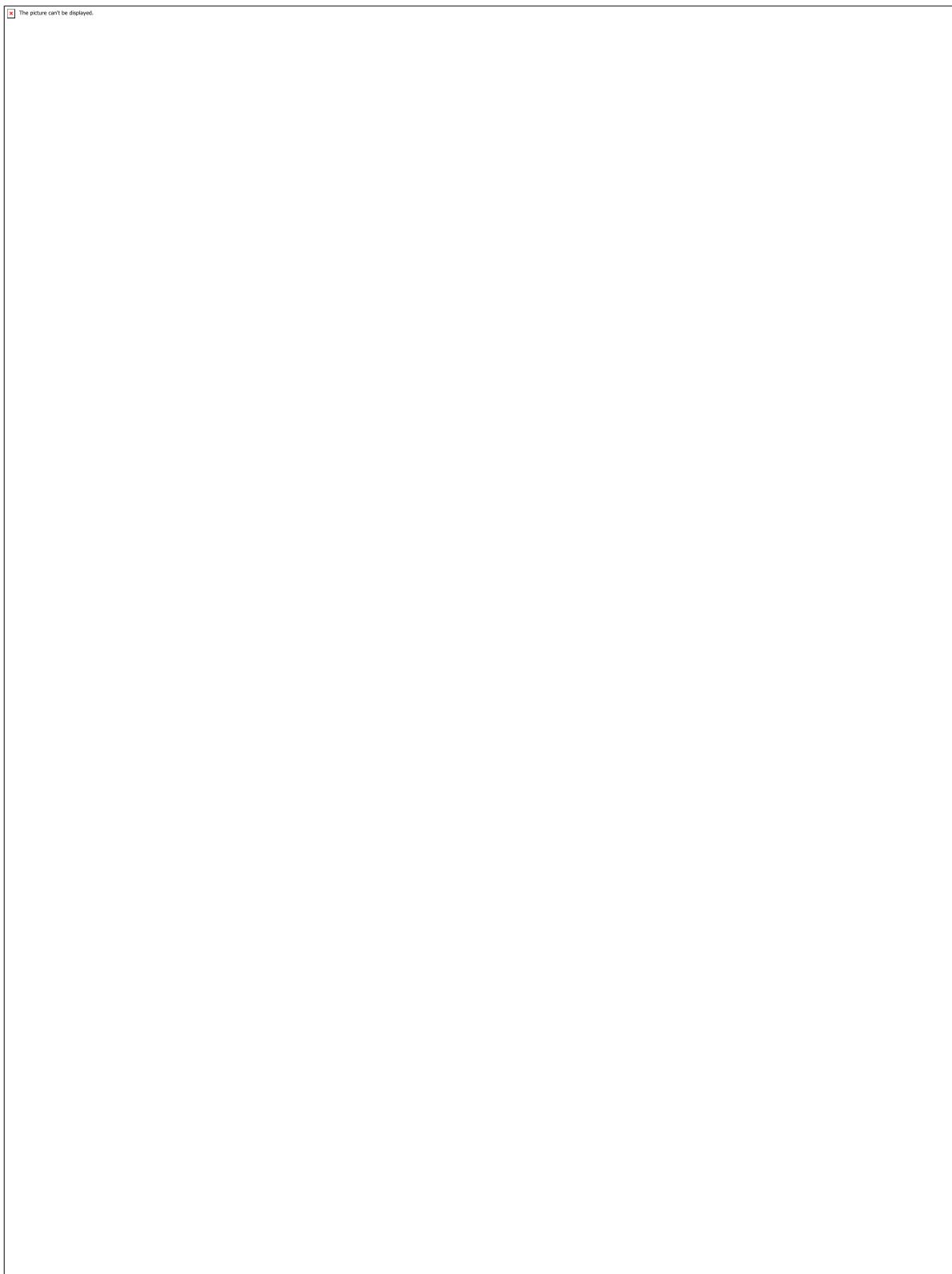


Figura 9: Conjuntos e loteamentos no bairro Capim Macio. Fonte: Produzido pelo aluno Saulo Cavalcante, 2019, com base nos dados da SEMURB, 2007.

CÓDIGO: HS0475

AUTOR: YANE KALINE SANTOS LOPES

ORIENTADOR: EDNA MOURA PINTO

TÍTULO: DESCREVENDO O PROCESSO CONSTRUTIVOS DE ESTRUTURAS GRIDSHELL

Resumo

Segundo Carvalho (2015), Gridshells são estruturas com formas curvas de definição livre, com elevada eficiência estrutural garantida com quantidades de material reduzidas. Como o próprio nome indica, resultam da associação de estruturas do tipo casca ("shell") com grelhas ("grid"), ou seja, podem ser consideradas como cascas discretizadas em elementos lineares que formam uma grelha. Estas condições permitem uma grande variabilidade arquitetônica, aliada a um bom desempenho estrutural. O trabalho trata-se de montagem de um manual a fim de auxiliar o processo de execução de uma estrutura gridshell montada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte em 2018, foram feitos registros para incrementar a segunda parte do manual.

Palavras-chave: Gridshell, Madeira, Estrutura de Madeira

TITLE: Gridshell Manual

Abstract

According Carvalho (2015), Gridshells are curved structures with a freedom design characterized by a high structural efficiency achieved with very few material. As the name suggests, they can be defined as shell structures, but instead of considering a solid surface, they are displayed on a grid pattern. These assumptions allow a wide architectural range combined with a good structural behaviour. The work is about assembling a manual in order to assist the process of execution of a gridshell structure assembled at the Federal University of Rio Grande do Norte in 2018, records were made to increase the second part of the manual.

Keywords: Gridshell, Timber, Timber Structure

Introdução

As estruturas gridshell, tema do trabalho de pesquisa, possuem montagem, relativamente, rápida e racional, já que são mínimos os resíduos deixados no processo. Tais estruturas podem ser projetadas de vários materiais, como madeira, aço, papelão, entre outros. Segundo Harris (apud KUNZ, Maurício; PRAUCHNERD, Márcio, 2015, p. 19), o benefício de gridshells em madeira torna-se aparente em fase de construção pois formas complexas podem ser conseguidas facilmente. Sua forma final assemelha-se a uma malha ou grade curva, que chama atenção, inclusive, por vencer médios e grandes vãos, podendo ser utilizadas para cobrir galpões, shoppings, museus, espaços de lazer e atividades culturais, entre outros. Por se tratar de estrutura vazada, a ela pode-se combinar materiais de vedação ou vegetação a depender da proposta do projeto. O objetivo geral do trabalho foi acompanhar e descrever, em um manual, o processo de montagem de uma gridshell de madeira em escala real, a Dunas Gridshell. Esta foi

projetada pela então aluna de mestrado Isabela Cavalcanti orientada pela Professora Dra. Edna Moura Pinto.

Metodologia

A priori, foi feita uma pesquisa a fim de conhecer os processos de montagem de estruturas gridshell, assim como referências de estruturas já construídas, como o Multihalle na Alemanha e o Centro Pompidou-Metz na França. Após, foi estudado o projeto que seria montado em escala real para ser descrito na parte 1 do manual de montagem, a descrição foi feita com imagens do projeto e textos explicativos, utilizando Autodesk Autocad para exportar as imagens dos módulos projetados, o Adobe Photoshop para editar e tratar imagens, e o Inkscape Project 0.92.3 para a diagramação das páginas. A parte 1 do manual foi disponibilizada para a equipe de montagem da Dunas Gridshell, nele estavam discriminadas todas as peças a serem utilizadas, assim como o modo de montar cada módulos e como estes deviam ser encaixados e parafusados. As subsequentes etapas de aguado, içamento e tensionamento foram acompanhadas e registradas para serem retratadas na parte 2 do manual, este não foi concluído mas foram utilizados os mesmos softwares além do Adobe Illustrator. O registro foi feito com anotações além de fotos e vídeos utilizando celulares e câmeras fotográficas.

Resultados e Discussões

Para Pone (2012, apud Meirelles, 2016, p.24), as gridshells podem ser divididas em dois grandes grupos: “pré-formadas”, e “pós-formadas”. As primeiras estruturas cujos elementos são pré fabricados com a curvatura desejada, o segundo grupo refere-se às estruturas que a forma curva será obtida in loco a partir de elementos inicialmente planos. A gridshell objeto deste estudo pertence ao segundo grupo. Ela foi dividida em 9 módulos para facilitar a compreensão e montagem, depois de montados os 9 módulos, eles foram conectados ainda planos. Durante o processo de conexão dos módulos, foi observado que seria interessante que o espaçamento entre as peças da “grelha” fosse maior com o objetivo um pessoa poder passar entre os vazios, isso facilitaria a elevação manual dos módulos para serem conectados com parafusos e arruelas. Antes de içar a estrutura, foi necessário molhar a madeira para facilitar a envergadura do material a medida que fosse içada. Os planos iniciais eram utilizar o método pull up de execução, que consiste em utilizar guindaste ou grua móvel para puxar a estrutura pelo centro e apoios no perímetro da estrutura para auxiliar e equilibrar. Porém, foi inviável permanecer com a grua ligada esperando a madeira se acomodar, a acomodação é necessária para as peças não quebrarem, por isso, deve-se ficar sempre atento a sons vindos da estrutura. A grua, então, auxiliou para a colocação de andaimes e nestes foi instalado um sistema de roldana para erguer a estrutura enquanto acontecia os tensionamento. Mesmo havendo aguado, algumas peças quebraram e tiveram que ser trocadas, as principais causas observadas foram: parafusos apertados e nós da madeira. A necessidade de troca de peças era esperada então havia material extra para esse processo, é notório observar que quanto mais curvada estiver a peça, mais difícil será para colocar outra no mesmo lugar. Enfim, ao chegar à curvatura desejada, os parafusos foram apertados um a um e outras peças foram sobrepostas para travar a estrutura. Acompanhar a montagem foi de extrema importância para ajustar e adicionar informações no manual. Depois da execução, a segunda parte do manual foi continuada com imagens representativas de cada etapa realizada para ilustrá-las.

Conclusão

O Trabalho promoveu o aprendizado de softwares de manipulação de imagens, além experiência em diagramação com linguagem técnica e experiência com montagem de estrutura gridshell, ainda não difundida no Brasil, o trabalho é exemplo que mesmo sendo uma estrutura capaz de vencer grandes vãos, ela também pode ser utilizada para pequenos vãos, sendo suporte para vegetação trepadeira ou simplesmente promovendo sombreamento para ambientes de permanência.

Referências

AEC WEB. Estruturas de madeira evoluem e já chegam à terceira geração. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/estruturas-de-madeira-evoluem-e-ja-chegam-a-terceira-geracao_18058_10_0. Acesso em 17 de agosto de 2019.

CAFFARELLO, Flávio Meireles. ANÁLISE ESTRUTURAL DE COBERTURA EM GRIDSHELL DE MADEIRA. Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/320717>. Acesso em 17 de agosto de 2019.

CAVALCANTI, Isabela. Etapas Construtivas de Estrutura Gridshell Pós-formada a partir do processo de elevação Pull Up. In: Simpósio Sobre Estudos da Madeira, 1, 18 de maio de 2018, Natal, RN. Anais (on-line). Natal: LABEM/DARQ/UFRN, 2018. Disponível em: <http://www.labem.ct.ufrn.br/simposio> . Acesso em 27 de julho de 2019.

CARVALHO, Diogo Filipe Pombo Alves. Gridshells em madeira: morfologia, aplicabilidade, comportamento estrutural e projeto. Tese (mestrado em Engenharia Civil na Especialidade de Estruturas) Universidade de Coimbra. 2015

KUNZ, Maurício; PRAUCHNER, Márcio. Uso do sistema estrutural Gridshell na criação de formas complexas em estruturas de madeira. In: Revista de Arquitetura IMED. 2015

LIDDELL, Ian. Frei Otto and the development of gridshells. Discponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214399815300011>. Acesso em: 17 de agosto de 2019.

CÓDIGO: HS0476

AUTOR: ANTONIO ALEXANDRE NETO

ORIENTADOR: MONICA MARIA FERNANDES DE LIMA

TÍTULO: Técnicas de dobraduras

Resumo

O ensino de Arquitetura e Urbanismo abrange áreas diversas na formação de novos profissionais e docentes da área, sendo um espaço multidisciplinar, cuja atuação é possibilitada em diferentes âmbitos. No entanto, ainda que haja uma atualização constante no currículo acadêmico do curso, é preciso aproximar novos métodos na educação dos futuros arquitetos e urbanistas, em específico, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Este artigo tem por objetivo a pesquisa sobre meios inovadores no ensino deste curso, com enfoque principal na técnica de dobradura, conhecida também como origami, no que diz respeito aos assuntos referentes à percepção espacial, representação gráfica, processo projetual e geometria gráfica. Para tanto, métodos teóricos e práticos foram adotados, a fim de gerar conhecimento para os alunos dos primeiros períodos da graduação. Os resultados obtidos confirmam a necessidade da interdisciplinaridade entre os assuntos já abarcados na grade curricular e temas inovadores, corroborando para o crescimento integrado e contínuo dos discentes, aliado aos avanços tecnológicos e às diversas técnicas de criação de projetos.

Palavras-chave: Origami; Concepção Projetual; Geometria; Dobradura.

TITLE: Alternative methods to teaching Architecture and Urbanism at UFRN - Folding Techniques

Abstract

The architecture and urbanism teaching covers diverse areas in the formation of new professionals and teachers of the area, being a multidisciplinary space, whose performance is made possible in different areas. However, although there is a constant update in the academic curriculum of the course, it is necessary to approach new methods in the education of future architects and planners, in particular, the Federal University of Rio Grande do Norte. This article aims at researching innovative means in the teaching of this course, focusing mainly on the folding technique, also known as origami, regarding the subjects related to spatial perception, graphic representation, design process and graphic geometry. Therefore, theoretical and practical methods were adopted in order to generate knowledge for students of the first periods of undergraduate. The results confirm the need for interdisciplinarity between the subjects already covered in the curriculum and innovative themes, corroborating the integrated and continuous growth of students, combined with technological advances and various project creation techniques.

Keywords: Origami; Project Conception; Geometry; Folding.

Introdução

O presente projeto de pesquisa tem como base o crescente estudo sobre o uso de métodos alternativos no ensino da Arquitetura e Urbanismo nas instituições de ensino,

especificamente com a utilização de técnicas de dobraduras. Tal projeto desdobra-se da tese “DOBRA E REDOBRA: um estudo exploratório da dobradura de papel no auxílio à visualização e à concepção da forma arquitetônica” de autoria da professora orientadora desta pesquisa. Diante da necessidade de apresentar novos meios de conceber ideias e projetos arquitetônicos, o presente trabalho alia o origami – denominação dada à técnica de dobradura – ao processo criativo e à metodologia projetual. Além de croquis, desenhos artísticos e maquete manual, novas formas de pensar a arquitetura se desenvolveram ao longo do tempo e proporcionaram modos diversos de trabalhar o ambiente construído. É conhecido que a aplicação da dobradura na arquitetura se deu por volta do século 20, segundo Sophia Vyzoviti (2004), no que diz respeito às coberturas e paredes de sustentação. Na contemporaneidade, a dobradura adentra os diversos espaços da obra arquitetônica, resultando em fluidez e reconstruindo em si mesma novas formas e possibilidades. Corroborando para este pensamento, Lynn (1998) defende as conexões possíveis proporcionadas pela dobra na arquitetura. De acordo ainda com Vyzoviti, a coordenação desenvolvida pela dobra, na relação olho-mão, livra o processo de criação de concepções anteriores e liberta o pensamento do autor sobre possíveis formatos previstos, promovendo uma concepção dinâmica. A cada vinco feito no papel, novas linhas e formatos se apresentam. Nesse sentido, o processo generativo da dobra se dá de modo não linear, aguçando a mente e motivando a criatividade a fim de expressar modelos abertos a inovações. Some-se a isso a estreita relação entre o origami e a geometria, a qual auxilia na melhor compreensão dos alunos de arquitetura e urbanismo dos assuntos referentes à representação gráfica, perspectivas e métodos de produção do espaço e da forma. Diferentemente da representação de uma peça geométrica em duas dimensões, a dobradura possibilita a visão de tal objeto em todas as suas faces, corporificando cada ângulo, linha e plano, pelos quais a obra arquitetônica irá ser concebida.

Metodologia

Haja vista a importância da dobradura como ferramenta capaz de colaborar com o conhecimento da geometria e proporcionar habilidades relacionadas à concepção projetual, a presente pesquisa foi desenvolvida em duas etapas principais. A primeira delas estritamente teórica, com foco no estudo e na pesquisa por parte do pesquisador; e a segunda, na produção de um workshop como atividade de extensão, aplicando-se os conhecimentos adquiridos na etapa anterior no ensino ao público participante. O primeiro dos estudos feitos teve como base os capítulos iniciais da tese de doutorado da docente orientadora deste projeto de pesquisa, supracitada. Por meio dela, o conhecimento sobre os diversos modos de ensino da arquitetura e do urbanismo se expandiram e serviram de referência para a etapa posterior, fornecendo arcabouço fundamental para compreender a importância da dobradura na criação arquitetônica. A partir dos conceitos apreendidos, entende-se “projeto” como a materialização – de forma gráfica ou textual – de ideias, soluções e noções espaciais. No curso de Arquitetura e Urbanismo, aquilo que o aluno imagina para determinada edificação passa por esse processo projetual de expressão de suas ideias, principalmente nos anos iniciais de sua formação. Para tanto, se faz necessário a facilitação da visualização do espaço nos quatro primeiros períodos do curso. Desse modo, o estudo se desenvolveu aliando ensino e expressão gráfica, visando analisar se realmente o origami pode ser aplicado como método inovador na aprendizagem dos discentes. Dando continuidade aos estudos, o livro *Folding Techniques for Designers: From Sheet to Form* (2011), de autoria de Paul Jackson, foi utilizado especificamente como modelo para criação de dobraduras, fundamental para o desenvolvimento da pesquisa e para a elaboração do material apresentado na segunda etapa da mesma. No livro, o autor discorre sobre as

diferentes maneiras de se dobrar papéis e como cada uma delas influencia diretamente na forma, no desenho aplicado na folha e na reprodução dessas dobras na criação de peças. Finalizando a primeira etapa, alguns teóricos foram consultados na busca de marcar na história um marco referencial de quando a dobradura passou a ser aplicada na arquitetura e sobre a importância dessa técnica no estudo estrutural e formal das edificações. Os textos de Greg Lynn - *The Folded, The Pliant And The Supple* (1998) - e de Sophia Vyzoviti – *Folding Architecture* (2004) - corroboraram para o entendimento da dobra como meio criador, possibilitando uma possível inclusão desta ao ensino de Arquitetura e Urbanismo, tendo em vista que tal relação não é recente e que diversos arquitetos se valeram do origami como partido de suas obras. Posteriormente, deu-se início à segunda etapa da pesquisa, na qual os conhecimentos adquiridos na etapa anterior foram postos em prática, tanto no ensino, quanto na elaboração do origami. Para tanto, uma ação de extensão, no modelo de workshop, foi realizada na própria universidade, visando estender a aplicação do origami na construção da ideia projetual. Tendo como público alvo os alunos do 1º ao 4º período do curso e demais alunos de outras instituições de ensino, com duração de 12 horas (divididas em três tardes), o workshop contemplou uma explicação teórica do que é a dobra, de como ela é aplicada na arquitetura e na visualização de alguns exemplos práticos de obras arquitetônicas presentes pelo mundo, cuja premissa partiu do origami. Em seguida, ensinou-se a prática da leitura de diagramas de origami para a compreensão dos modos de criar víncos e dobras no papel. Ademais, aliando-se a técnica à geometria, os alunos aprenderam a criar polígonos compostos, sendo estes usados diretamente na produção final do workshop. Por fim, como conclusão da ação de extensão, os participantes criaram, de forma orientada e criativa, um objeto arquitetônico a partir de folhas de papel e das dobras feitas nelas. De modo bastante proveitoso para a pesquisa, alunos de outros cursos da UFRN também participaram da ação, entre eles um discente do curso de Matemática, cujo interesse pelo workshop se deu pela facilitação na aprendizagem da geometria e de conceitos matemáticos a partir da dobradura. Ademais, sendo o workshop uma ação de extensão, alunos do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) também se fizeram presentes. Ao final da ação, os alunos foram convidados a apresentar seus modelos arquitetônicos, justificando a forma e a função deles, de modo oral e escrito, além de avaliar o grau de aproveitamento dos conteúdos aprendidos para o pensamento projetual, tanto nos pontos positivos, quanto nos negativos.

Resultados e Discussões

Diante do aprendido no workshop, os alunos avaliaram positivamente o ensino da dobradura e sua aplicação na arquitetura, expressando ser novidade para eles e auxiliando na elaboração de maquetes e na percepção espacial. Foram apresentados diferentes modelos de edificação com diversas funções, desde museus a salas de aula adaptadas. O uso da criatividade foi estimulado e, consequentemente, projetos ousados foram expostos, abrangendo ainda mais os limites antes vistos pelo discente. Foi possível confirmar a eficácia do ensino do origami para os primeiros períodos do curso, haja vista que cada conceito aprendido na primeira etapa dessa pesquisa foi observado em prática. Ademais, foi de suma valia abrir novos olhares para o modo de representar graficamente formas e objetos em três dimensões, ainda que croquis e esboços sejam continuamente bastante utilizados. Vale ressaltar que a ideia da pesquisa não é substituir métodos de representação na criação projetual, mas sim de auxiliar e fornecer novas técnicas facilitadoras nesse processo de concepção. Acrescente-se a isso a comprovação, na prática, do quanto o conhecimento da dobra possibilitou aos participantes do workshop criar elementos que não surgiriam tão facilmente se fossem

pensados apenas em duas dimensões. A percepção de que a dobra cria firmeza na estrutura e texturas diferentes para revestimentos coincide com as primeiras utilizações do origami na história da arquitetura, citadas por Sophia Vyzoviti (2004). Além disso, os alunos desejaram se aprofundar na técnica, levando à frente os modelos criados, aplicando os mesmos na disciplina de Projeto I, estudada no 3º período da graduação. Sabendo que o trabalho final da disciplina era a concepção de um complexo religioso, em nível de anteprojeto, três alunos que participaram do workshop utilizaram a dobradura feita na ação de extensão e prosseguiram com a criação da forma da Igreja, refletindo sobre ela diante dos condicionantes legais da região na qual o projeto deveria ser aplicado. Tanto a justificação da forma externa quanto a interna foram firmadas a partir da simples dobra feita no papel, facilitando a materialização da ideia, tendo como partido projetual a dobra e conectando todos os demais elementos do complexo. Ainda como resultado da presente pesquisa, o aluno pesquisador foi convidado pelo Centro Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) para realizar uma oficina semelhante à aplicada na UFRN, durante a Semana Acadêmica do curso. O interesse por tal ação se deu pela necessidade de aprofundar ainda mais as técnicas de representação gráfica na atividade de projeto. De modo similar ao primeiro, este segundo workshop tentou expandir o olhar dos estudantes de arquitetura para a criação de linhas, curvas, vincos e estruturas a partir do origami. As maquetes 3D criadas foram expostas no Laboratório de Maquetes da instituição e a justificativa da forma e da função das obras foi feita a partir da materialização do pensamento de cada participante, os quais explicaram suas intenções em cada modelo criado. No arquivo em anexo, alguns dos modelos criados nas duas oficinas de origami podem ser vistos, bem como a interação entre o grupo nas produções sugeridas.

Conclusão

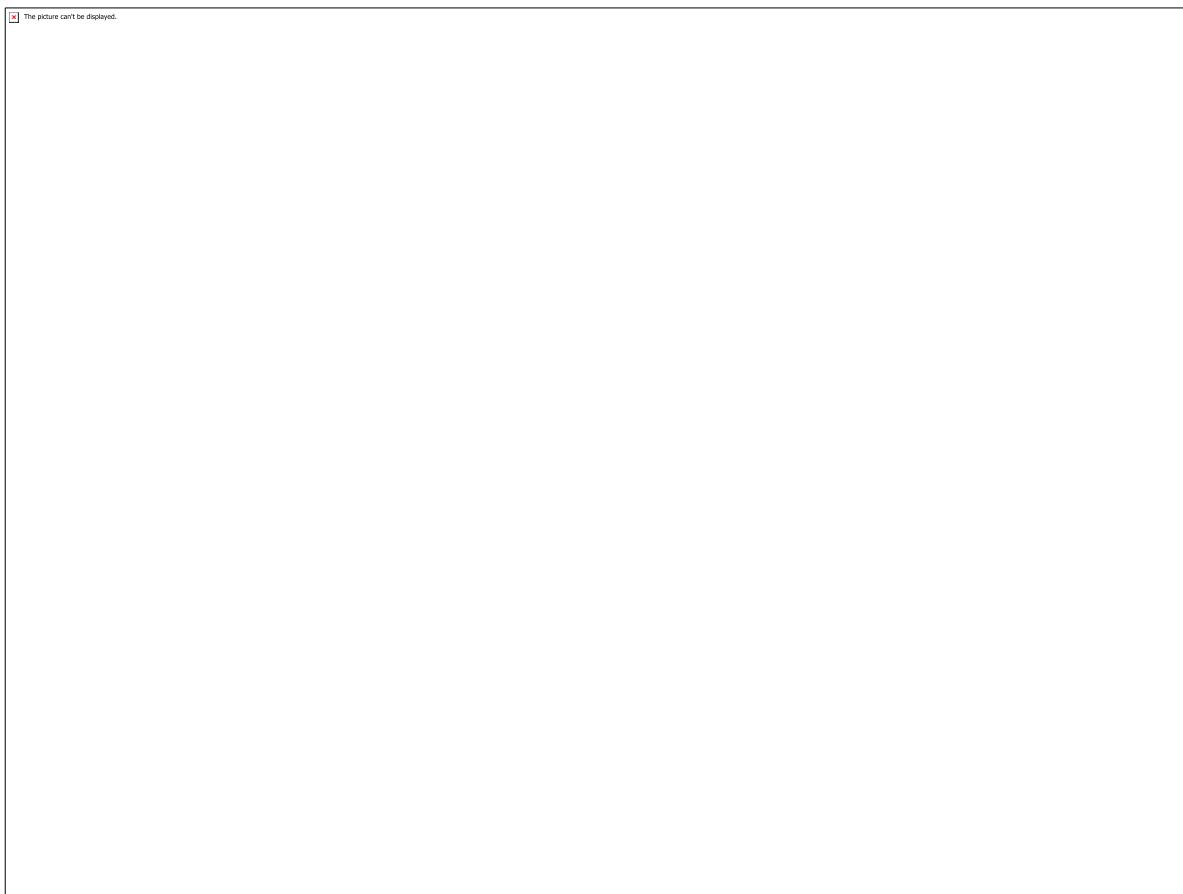
Ao final desta pesquisa, pode-se compreender a importância da implantação de novos métodos para o ensino da Arquitetura e do Urbanismo, aproximando técnicas diferentes – sejam elas recentes ou antigas – da produção dos alunos. O interesse dos discentes na realização do workshop demonstrou a necessidade de estender o aprendizado às diversas áreas do conhecimento. Ressalta-se, além disso, o fundamental envolvimento de diversos docentes no decorrer da pesquisa, em especial nos workshops, colaborando de fato para que houvesse uma real integração entre a geometria, a representação gráfica, a dobradura, o estudo processual de projetos, bem como, a prática de ensino. O estímulo à docência se tornou presente de modo muito especial durante esta pesquisa, tanto pelos alunos participantes da ação de extensão, quanto da docente orientadora. Deseja-se, então, que a pesquisa contribua para a discussão sobre a inovação no ensino de projeto, no estudo da geometria e da percepção espacial, tornando o ensino da Arquitetura e do Urbanismo sempre de maior qualidade em nossa instituição, ainda que diante dos obstáculos enfrentados e dos ataques sofridos na educação nacional.

Referências

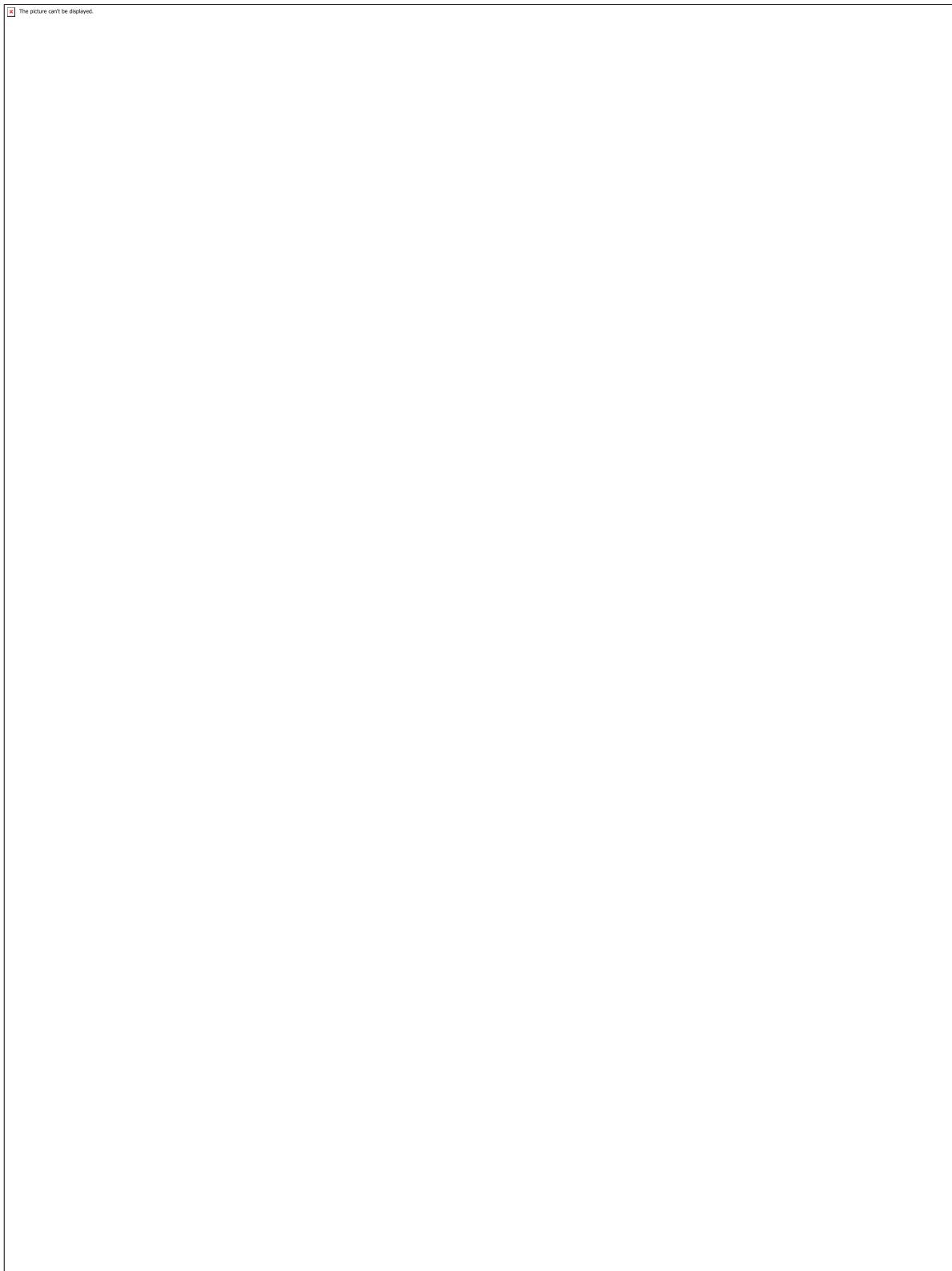
JACKSON, Paul. *Folding Techniques for Designers: From Sheet to Form*. United Kingdom: Laurence King Publishing Ltd, 2011. LIMA, Mônica Maria Fernandes de. Dobra e Redobra: um estudo exploratório da dobradura de papel no auxílio à visualização e à concepção da forma arquitetônica. 2017. 284 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. LYNN, Greg. *The folded,*

the pliant and the supple. In: LACHOWSKY, M.; BENZAKIN, J. (Orgs.) books-by-Architects – Greg Lynn: Folds, bodies & Blobs collected essas. Belgica: Bibliotheque Royale de Belgique, 1998, p. 109-133. ORIGAMI. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/50107083/Origami-Símbolos-e-Dobras-Básicas>>. Acesso em: 2 fev. 2019 VYZOVITI, Sophia. Folding Architecture: espatial, structural and organizational diagrams. 3.ed. Singapore: Bis Publishers, 2004, 74p.

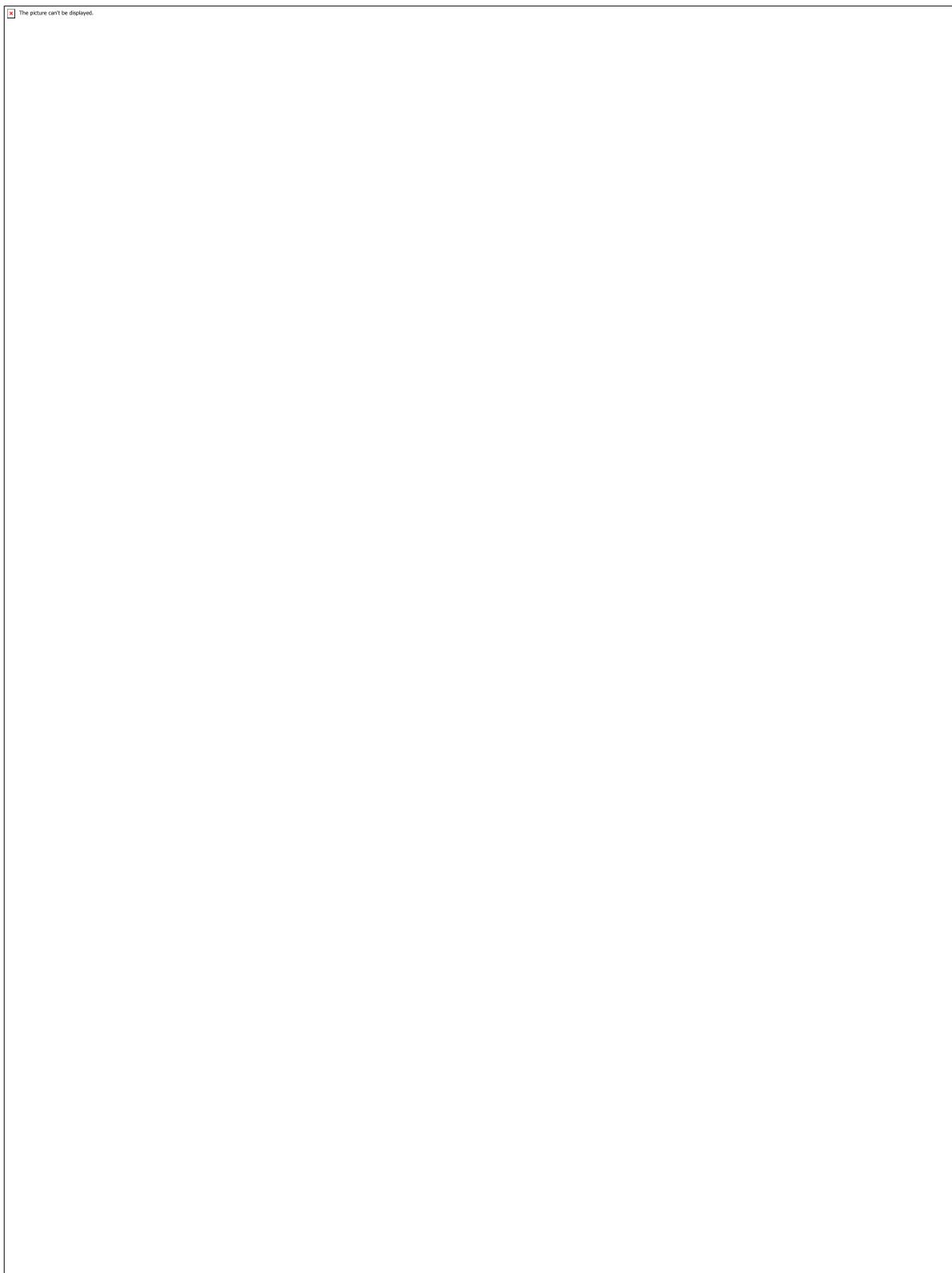
Anexos



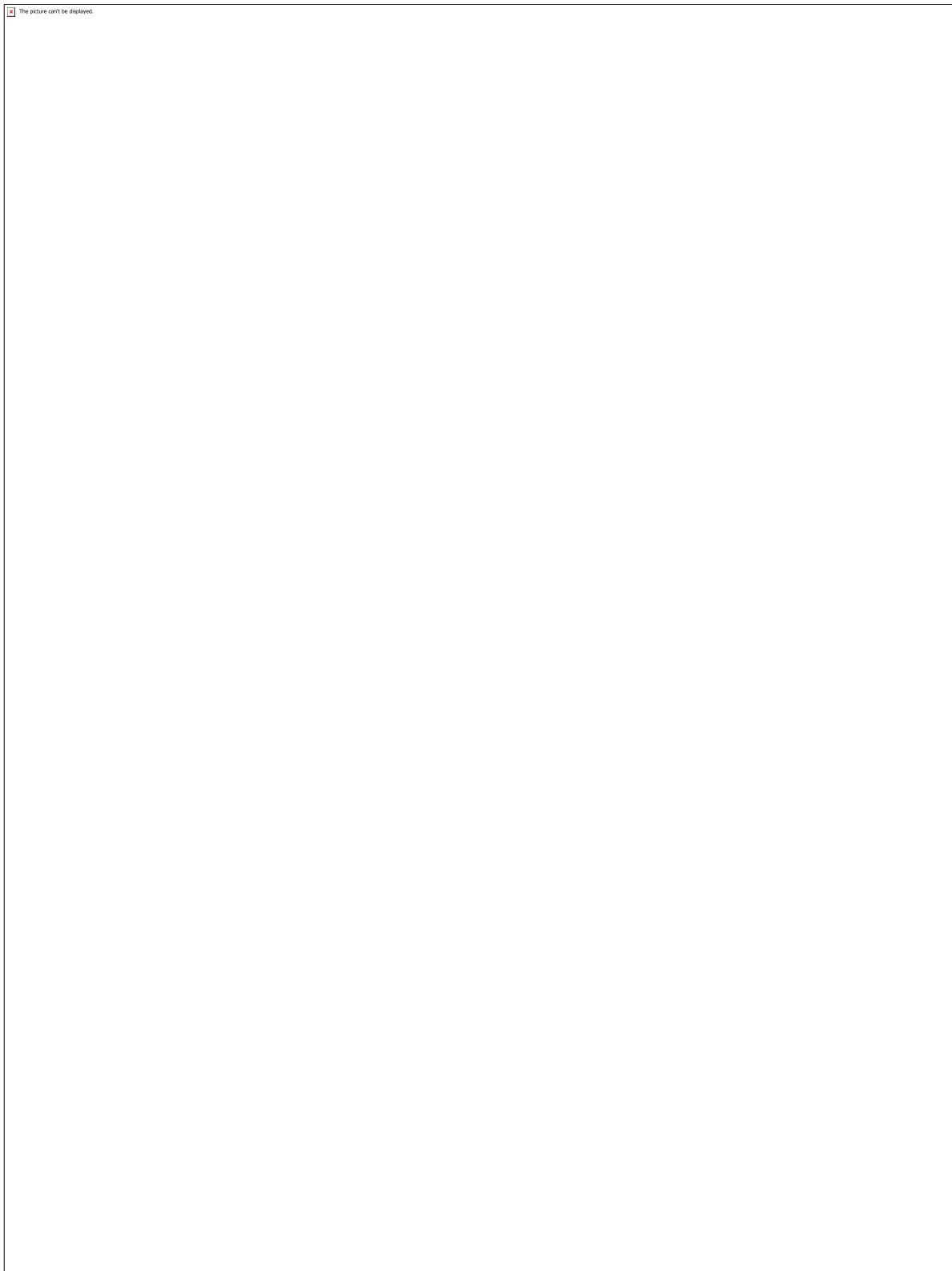
Modelos Criados



Modelos Criados



Modelos Criados



Modelos Criados

CÓDIGO: HS0545

AUTOR: YASMIM NITHARA RODRIGUES DA ROCHA

ORIENTADOR: VERONICA MARIA FERNANDES DE LIMA

TÍTULO: Jogos Educativos no Ensino de Arquitetura e Urbanismo

Resumo

O presente projeto de pesquisa pretende estudar e avaliar métodos inovadores no ensino do curso de Arquitetura e Urbanismo considerando tanto o ponto de vista do discente quanto do docente nesse processo. O material lúdico se adequa ao objetivo de mudar o ensino tradicional e conciliar a aprendizagem com diversão e dinamicidade, tornando-a mais leve e melhorando o desenvolvimento acadêmico dos discentes, que, por sua vez, passam a ser mais atuantes e a interagirem mais entre si. Isso posto, serão analisadas as técnicas lúdicas já utilizadas pela professora e co-autora deste projeto, pretendendo-se ver seus resultados e impulsionar tais técnicas a melhorias, tendo a criação de um novo jogo como produto, a fim de que se haja, cada vez mais, ferramentas capazes de motivar e envolver os alunos no processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Lúdico. Jogos Educativos. Arquitetura e Urbanismo. Técnicas de ensino.

TITLE: Educational Games in Architecture and Urbanism Teaching

Abstract

This research project aims to study and evaluate innovative methods in the teaching of the course of Architecture and Urbanism considering both the opinion of the student and the teacher in this process. The playful material is suitable for the purpose of change the traditional teaching and reconciling learning with fun and dynamism, making it more fun and improving the academic development of students, who become more active and interact more with each other. Will be analyzed the playful techniques already used by the teacher and author of this project, intending to see their results and make better techniques, with the creation of a new game as a product, there will be more tools capable of motivating and involving students in the learning process.

Keywords: Ludic. Educational games. Architecture and Urbanism.

Introdução

Mesmo em pleno século XXI e com um cenário onde as pessoas sempre procuram o mais prático e fácil de ser feito/resolvido, tem-se como uma barreira a ser vencida o modo de ensino tradicional, muitas vezes repetitivo e monótono ainda existente nas salas de aulas. Murilo Gun, palestrante e professor de criatividade destaca em uma de suas vídeo aulas: “Nós somos muito bons em nos auto-convencer a continuar na zona de conforto”, (GUN, Murilo. Vídeo aula da web-série “Habilidades do Futuro”. 2017. [O link da vídeo aula encontra-se nas referências deste trabalho]) o que é, infelizmente, uma verdade. Entretanto, faz-se preciso assentir que no contexto de aprendizagem/ensino estar na zona de conforto não é um bom indicativo, mas é uma via oposta à expansão que o conhecimento pode fornecer.

É interessante abordar, à priori, que a inovação nos métodos de ensino e aprendizagem pretende contribuir no melhor desempenho acadêmico dos jovens estudantes que muitas vezes se frustram por não compreenderem o assunto que foi explicado em sala. Tal fato se comprova quando pesquisas realizadas pela Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes) apontam que os alunos universitários são cada vez mais suscetíveis a doenças psíquicas como consequência de frustrações acadêmicas e que 30% já precisam de acompanhamento psicológico. Certamente, esse número não é consequência apenas das maneiras como o conteúdo é repassado, mas acredita-se que este é um dos fatores contribuintes. Isso posto, por que não optar por ferramentas que estimulem o aluno aprender de maneira leve e prazerosa? Por que não tornar o contexto universitário um ambiente de profundas e divertidas trocas de aprendizagens?

Tratando-se mais especificamente do contexto das universidades, é preciso atentar que a formação profissional não pode ser meramente intelectual, mas necessita ser voltada, também, para o crescimento humano, ou seja, as relações humanas e suas complexidades devem ser exploradas. Essa competência é muito exigida no perfil do profissional dos tempos atuais, que contempla pessoas mais ativas, criativas, independentes, que consigam trabalhar em equipe e que possuam equilíbrio emocional.

Ante a essa demanda, os docentes podem responder com algumas novidades nas estratégias de ensino, dentre elas, recorrer àquelas que utilizam de ludicidade. Para Pinto e Tavares (2010) “A ludicidade pode ser utilizada como forma de sondar, introduzir os conteúdos no ensino da Matemática, fundamentados nos interesses daquilo que pode levar o aluno a sentir satisfação em descobrir um caminho interessante no aprendizado”. (p.231). Apesar de focar na Matemática, esse pensamento sobre o lúdico é genérico, sendo facilmente aplicado na Arquitetura e Urbanismo. Por exemplo, uma aula de maior complexidade como a de geometria espacial, é muito mais bem sucedida quando os alunos conseguem aprender de uma maneira mais divertida, como por exemplo, em uma gincana com materiais em 3Ds produzidos pelos próprios alunos. Outro benefício do lúdico é o da sua influência em melhorar o stress psíquico e melhorar o desempenho nas atividades em equipe.

Dentre as estratégias lúdicas que podem ser utilizadas em salas de aula, estão os jogos educativos. Por meio destes os alunos conseguem desenvolver o raciocínio lógico, aplicar as teorias que antes não saiam do caderno, conviver uns com os outros, dentre outras vantagens. Diante disso, o presente plano de trabalho pretende avaliar a viabilidade das técnicas “não-tradicional” utilizados pelas professora e autora deste trabalho na disciplina de Planejamento e Projeto Urbano e Regional (PPUR) do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN, de maneira a analisar a apreciação dos alunos e considerar suas sugestões. Tenderá-se a focar na técnica do jogo, uma das utilizadas, pois visa-se, como produto desse projeto, a criação de jogos pedagógicos capazes de melhor atender às necessidades dos discentes e objetivos dos docentes

Metodologia

Para o desenvolvimento da pesquisa foram feitas leituras bibliográficas iniciais com o intuito de identificar, através da visão de diversos autores, quais os resultados e

consequências da aplicação do lúdico no processo de ensino, tentando manter o foco específico no campo acadêmico da Arquitetura e Urbanismo.

Concomitantemente à tal atividade, consultou-se docentes do ensino superior e fundamental que costumam utilizar da ludicidade como ferramenta de ensino, e como esses recursos eram desenvolvidos em sala de aula. Essa análise da experiência dos docentes serviria, desse modo, para entender às estratégias utilizadas por eles e suas respectivas justificativas por utilizá-las. Nessa fase, tornou-se possível avaliar, a partir da visão do professor, o reflexo da aplicação do método lúdico, bem como os prós e contras envolvidos.

Sabendo disso, foi elaborado um questionário a ser aplicado em duas turmas do quinto e sexto período do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN, tendo em vista que eram duas das turmas das quais a professora aplicava metodologias alternativas para o ensino da disciplina de Planejamento e Projeto Urbano e Regional (PPUR), das quais existia a aplicação de jogos. O questionário composto por perguntas objetivas e discursivas, a fim de deixar os alunos livres para expor suas opiniões e sugestões relacionados ao tema, foi, posteriormente, computado e a partir das respostas foram produzidos gráficos e tabelas. Com o resultado, foi possível elaborar conclusões sobre a visão dos alunos em relação a aplicação de métodos não tradicionais no processo de ensino.

Após essas análises, pretendia-se confirmar ou não a viabilidade da criação do jogo. Se o feedback dos alunos majoritariamente positivo, significaria que o produto final deste projeto (o jogo) era viável de ser feito e contribuiria para o melhor aprendizado dos alunos. Como parâmetro, de acordo com Kamii (1992) os jogos devem ser trabalhados a partir de 5 princípios básicos de forma didática e planejada: escolher os jogos, introduzir os jogos na sala de aula, aplicar os jogos, encerrar um jogo e avaliar os seus resultados. Tais princípios podem facilitar a atuação do professor, para que a atividade com jogos seja satisfatória e eficiente.

Resultados e Discussões

As leituras sobre o tema da pesquisa serviram, principalmente, para nortear discussões semanais que acompanharam o andamento do projeto de pesquisa. Já em relação aos diálogos tidos com os professores houve uma proveitosa troca de informações.

O professor de matemática Ricardo Sérgio da Escola Estadual São Francisco do município de Lajes Pintadas/RN, afirmou sempre utilizar do recurso lúdico em suas aulas. Um deles é o tabuleiro gigante (ver Figuras 1 e 2). Nesse jogo, os alunos são divididos em duplas e precisam percorrer um caminho com questões de matemática. Em cada acerto, o aluno vai avançando no tabuleiro, sendo ele mesmo a peça do jogo. O professor Ricardo ressalta que um dos pontos positivos do jogo é sua versatilidade, podendo se adequar a qualquer matéria, pois o objetivo é testar as habilidades e competências adquiridas no decorrer da disciplina. Percebe-se mesmo nas figuras, o engajamento dos alunos e o esforço espontâneo em tentar resolver os desafios.

Fotografias 1 e 2 - Fotos da aplicação do um jogo de “tabuleiro gigante” na disciplina de matemática na turma do 7º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual São Francisco. (Fonte: Acervo do professor Ricardo Sérgio)

Os questionários, por sua vez, foram aplicados à 34 alunos que cursam entre o quinto e o sexto período de Arquitetura e Urbanismo da UFRN. As questões foram elaboradas pela professora Verônica Lima na disciplina de Planejamento e Projeto Urbano e Regional (PPUR) vinculada ao departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFRN. O questionário continha perguntas em relação aos métodos utilizados no ensino da disciplina. Assim, os alunos tiveram que avaliar oito métodos, são eles: 1) Aulas Expositivas; 2) Painel Integrado; 3) Jogo 4) Mapas Mentais 5) Debates 6) Montagens de Painéis Explicativos 7) Brainstorming 8) Grupo no Facebook.

A primeira pergunta foi em relação a visão geral dos alunos sobre as técnicas utilizadas nas aulas, os quais poderiam avaliá-las em produtiva, improdutiva e indiferente. Os resultados apontam, deste modo, que a técnica do debate é considerada a mais produtiva de todas e a do brainstorming a de menor índice de produtividade (ver gráfico 1). Em relação ao jogo, obteve um bom índice de produtividade, considerando que 24 pessoas concordaram em ser produtivo.

Gráfico 1 - Técnicas Didáticas de Ensino de Arquitetura. (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

Após uma avaliação geral, os alunos eram induzidos a atribuir uma nota para cada técnica (variando de 0 a 10, sendo 0 a menor nota e 10 a maior nota) e o seu grau de importância (variando de 0 a 3: 0 - sem nenhuma importância 1- muito importante 2- importante 3- pouco importante). O questionário possuía, ainda, um campo com linhas em branco para o aluno apresentar suas opiniões a respeito da técnica em questão e sugestões de melhorias. Os comentários foram variados e bastante esclarecedores, e serão discutidos em cada seção. As notas atribuídas e os valores dados para a importância de cada técnica se tornaram dados para a produção de gráficos. Os resultados podem ser vistos a seguir.

1)Aulas expositivas

Gráfico 2 - Aulas Expositivas Tradicionais (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

A partir do gráfico 2, percebe-se que a maioria dos alunos consideram às aulas expositivas tradicionais grau 2 (importante) e atribuem notas positivas para esse método, sendo a menor delas um 5.

Algumas sugestões foram dadas pelos alunos nos seus discursos. Dentre os comentários, a maioria deles pediam que fossem aulas que tivessem mais referências, o que demonstra que é um recurso melhor aplicado quando é utilizado para demonstrar exemplos aplicados do assunto que está sendo lecionado. "Poderia ter mais aulas expositivas com mais referências."(22 anos, 6 período.) "A aula é em si muito importante, o motivo de "não produtivo" é devido ao próprio aluno. Um maior leque de referências e heterogeneidade nas mesmas leva um maior interesse pela diferença." (20 anos, 6 período) "A qualidade dos slides, o layout, exemplos mais diversificados de bons planos urbanísticos. Mais referências. Mais exemplos de desenhos urbanos técnicos."(22 anos, 6 período.)

Além disso, apontou-se sobre a duração das aulas. Aulas longas não são produtivas, segundo os alunos. Utilizar de recursos como vídeos e imagens nessas aulas também foi uma proposta levantada. "Mostrar nas aulas expositivas fontes de mídia como vídeo

e/ou documentários.” (20 anos, 5 período) “Associar a aula à vídeos/filmes pode ajudar a melhorar as aulas expositivas.” (21, 6 período). “As aulas não podem durar muito, pois o aluno fica cansado e sua produtividade diminui” (21, 5 período).

Conclui-se que apesar de ser um método que pela frequência de uso pelos docentes poderia fazer com que os alunos classificassem como maçante, não foi isso que aconteceu. Ou seja, apesar de ser uma técnica tradicional, ainda é bastante válida de ser aplicada em sala de aula.

2) Painel Integrado

Gráfico 3 - Painel Integrado (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

Painel integrado consiste em uma técnica didática que torna bem mais rápida e produtiva a aprendizagem de um conteúdo que precisaria de tempo longo para ser captado e compreendido, como por exemplo, livros mais densos. Assim, foi aplicado essa técnica da seguinte maneira: Os alunos da turma se dividiam em 4 grupos (A, B, C, D, por exemplo) de 4 componentes e cada grupo era responsável por um capítulo, o qual todos do grupo precisariam ler por inteiro. Após esse primeiro momento, 4 novos grupos são formados com um componente de cada grupo dos anteriores. Assim, o aluno que leu o primeiro capítulo teria que repassar às informações para os que leram os demais capítulos e vice-versa. Com essa troca de informações contribuída por todos os alunos, conseguia-se compreender o conteúdo do livro por inteiro de forma integrada, dinâmica e rápida.

Sobre essa técnica a grande maioria dos alunos atribuem o valor de menor importância (3), como pode ser visto no gráfico 3. E às notas são acima de 7, com exceção de dois alunos que atribuíram nota 5.

Um tipo de comentário que se repete é o de que o aluno tende a aprender apenas o que lhe é de responsabilidade apresentar, focando, geralmente, no conteúdo que ele mesmo precisará expor aos demais e não dando tanta atenção aos outros assuntos abordados pelos demais grupos. “Não acho a divisão de um assunto entre a sala um bom exemplo, isso me levou a aprender e me focar apenas na minha parte.” (20 anos, 6 período) “Ao mesmo tempo que cada um lê uma parte do texto, todos não tem um conhecimento aprimorado sobre esse. Precisa-se elaborar uma forma com que todos tenham um mesmo conhecimento.” (20 anos, 5 período) “Infelizmente, em atividades integradas os alunos, (eu inclusive), tendem a se concentrar só na sua tarefa individual.” (52 anos, 5 período).

Por acontecer o fato de cada aluno só estudar realmente o que ele é responsável por explicar, conclui-se que a técnica não é tão apreciada pelos alunos, refletindo no seu grau de importância que foi baixo. Todavia, como se trata de um trabalho que conta com a contribuição em equipe é de grande relevância para a formação profissional dos discentes, além de ser uma ótima forma de propagar conhecimento, já que após feitos são expostos para todos do meio acadêmico.

3) Jogo (imagem e ação)

Gráfico 4 - Jogo Imagem e Ação (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

O jogo foi o método que, neste trabalho, foi analisado com maior atenção, tendo em vista que é o propósito do projeto a avaliação de métodos lúdicos como jogos para analisar a eficiência destes e, posteriormente, criar um jogo que atenda às necessidades dos alunos e professores. Vê-se no gráfico 4 que apesar de oito alunos não terem atribuído nota ao jogo (como houveram casos de não responderem também à outras técnicas), 96% dos que responderam atribuíram notas acima de 7 à aplicação de jogo como técnica de ensino. Essa porcentagem de boas notas bastante expressivas demonstra aprovação pelos alunos, assentindo o aproveitamento positivo do jogo como ferramenta para aprender mais.

Em relação ao grau de importância dada ao jogo de imagem e ação todos responderam. Onze pessoas atribuíram grau 1 de importância, ou seja, muito importante, correspondendo a aproximadamente 32% dos alunos entrevistados. Quase 30% designaram grau 2 (importante) e novamente 32% atribuíram grau 3 (pouco importante). Apenas dois alunos atribuíram grau 0 à essa técnica, um não justificou nem deu nota e o outro discente relatou o jogo ser negativo por proporcionar euforia entre os grupos.

Atentou-se, ainda, a algumas sugestões para melhorias na técnica do jogo. Muitos reclamavam da rivalidade que se estabeleceu entre os grupos: "Os alunos precisariam ter sido ensinados (em casa) a jogar "limpo" e não usar subterfúgio para ludibriar o professor e os colegas." (22 anos, 6 período). "Eu não sei se não achei produtivo pelo fato da brincadeira trazer muita euforia, o que acarreta com que não escutemos os contatos definidos na ficha. Deveria ter uma aula esportiva sobre o assunto antes da brincadeira." (52 ano, 5 período). Em contraponto, também existiram opiniões que consideraram o espírito competitivo do jogo como um fator positivo: "Os jogos são altamente produtivos, principalmente quando instiga a rivalidade entre grupos, o que serve de motivos ao assunto do jogo." (20 anos, 6 período).

Os discentes propuseram também que os assuntos que os jogos envolviam fossem mais explorados e não se limitassem apenas ao próprio jogo. "Acho jogos e dinâmicos produtivos, porém, não me garantiram o aprendizado do estatuto. Talvez alguma técnica complementar, como resumo ou fichamento." (21 anos, 6 período). "O conteúdo "discutido" o jogo deveria ser mais explorado, discutido, de fato. Não apenas leitura do conceito e pronto, estilo "decobreba"."(22 anos, 6 período). "Talvez uma abordagem sobre o assunto antes do jogo pode abrir um pouco nossas mentes." (20 anos, 5 período).

Comprova-se, desta forma, a eficiência do jogo como método de ensino em sala de aula por ser uma maneira mais divertida de aprender, por ajudar a trabalhar em equipe e por induzir a lidar com a competitividade, entre outros benefícios já discutidos neste presente trabalho. "Para mim, foi dos melhores métodos adotados no semestre porque além de ser eficaz na duração do conteúdo foi também muito divertido e motivador." (24 anos, 6 período).

Conclui-se, deste modo, que adotar o jogo como técnica de ensino é sim uma boa alternativa para fugir dos métodos tradicionais. Além disso, é uma ferramenta bastante aplicável para complementar os métodos mais tradicionais, como aulas expositivas, por exemplo e usá-lo para tal fim contribui na fixação "divertida" do conteúdo.

4) Mapas Mentais

Gráfico 5 - Mapas Mentais (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

Mapas mentais é uma técnica que visa produzir um mapa a partir da percepção que os alunos guardam na memória sobre os elementos existentes num recorte da cidade. Geralmente esse recorte já foi trabalhado no semestre anterior para o diagnóstico de uma fração urbana que seria objeto de intervenção. Sabendo disso, forma-se um grande círculo em um ambiente mais tranquilo (como um gramado) e os alunos listam as características principais que conseguem resgatar na memória referentes ao recorte estudado (ruas, marcos, edificações, praças, entre outros). Após esse primeiro reconhecimento, é chegada a hora de expressar no papel, por meio de croquis e desenhos rápidos onde estão localizados esses elementos e como se relacionam. O produto final é, portanto, um mapa mental.

Com relação aos mapas mentais pode-se ver no gráfico 5 que a maioria dos discentes deram um grau de importância alto (grau 1 - muito importante). Concordando com o grau, as notas atribuídas foram maiores que 7. Percebe-se, assim, os alunos prezam pela aplicação desta técnica.

Houveram poucos comentários que se contrapunham. “É importante as discussões mas os mapas não são um bom meio de representar.” (21 anos, 5 período). “Esta aula não me rendeu muito conhecimento extra.” (21 anos, 6 período). Importante salientar que sobre essa técnica poucos comentários foram redigidos, pois dos 34 alunos que discursaram, apenas 7 apresentaram alguma opinião.

5) Debates

Gráfico 6 - Debate (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

O debate apresentou resultados semelhantes aos obtidos na avaliação dos mapas mentais, uma vez que, a maioria expressiva expressou grau 1 de importância, existindo apenas um aluno que atribuiu grau 3. Em relação às notas atribuídas a esse item, variam de 5 a 10. (ver gráfico 6)

Pelos discursos dos alunos, comprehende-se que foi uma técnica muito bem sucedida, e refletida em muitas falas estava a sugestão de os debates acontecem com maior frequência no decorrer do semestre, ou seja, os alunos se instigaram naturalmente a aprender quando existiam debates em sala. “Ter maior frequência de debates. Não melhoraria nada mais.” (23 anos, 6 período). “A turma por ser competitiva, no geral se “empolgou” e se preparou para fazer um debate com base no conteúdo que estávamos estudando.” (24 anos, 6 período). “Houve poucos debates, mas é uma ótima forma de trazer questões atuais que irão refletir na nossa vida profissional.” (20 anos, 5 período).

6) Montagem de painéis

Gráfico 7 -Montagem de Painéis Explicativos (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

Painel explicativo é uma técnica para a produção de um painel físico sobre um determinado tema proposto, utilizando de recursos gráficos como imagens, croquis, recortes, e também de informações textuais pontuais a fim de complementar o conteúdo

exposto no painel. Geralmente é produzido pelos próprios alunos que se juntam em grupos para a execução do trabalho e que escolhem autonomamente a forma mais adequada de diagramar e representar os dados a serem repassados na apresentação. Essa painel pode ser, inclusive, exposto na galeria da universidade a fim de que as informações contidas nos painéis possam ser vistas por quem passar.

Para painéis explicativos a maioria julgou importância de grau 2 (importante). Do total de alunos que responderam esse item, nove atribuíram grau de importância 1 (muito importante), e apenas dois grau de importância 3 (pouco importante). As notas para essa técnica de ensino foram geralmente acima de 7, sendo a menor de todas as notas um 4 (ver gráfico 7).

Os comentários geralmente apontam que a escolha dos textos para a montagem dos painéis precisa ser repensada, sugerindo um tempo maior de leitura e menor complexidade nos assuntos tratados pelos textos. “Aumentar o tempo para que o grupo todo consiga ler o texto na íntegra.” (18 anos, 5 período). “Geralmente, textos não cansativos e cheios de linguagem técnica desestimulando o aluno.” (21 anos, 5 período). “Minha única crítica foi na escolha dos textos, algumas informações eram parecidas ou estavam truncadas, escolher textos que melhor se completem seria melhor.” (21 anos, 6 período).

7) Brainstorming

Gráfico 8 - Brainstorming (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

O brainstorming ou tempestade de ideias tem o intuito que diferentes pessoas se reúnem e compartilhem seus pensamentos. No final de um brainstorming se obtém uma ideia final, um denominador comum que abrange as ideias que foram discutidas. Sobre o brainstorming, é claramente visto no gráfico 8 que muitos dos alunos não responderam nem atribuíram notas. Isso porque a técnica aconteceu só apenas em uma das turmas entrevistadas. Dos que responderam aproximadamente 33% concederam grau de importância 2 (importante), quase 42% grau 1 (muito importante), e apenas 4 responderam grau 3 de importância.

Dos que tiveram experiência de fazer um brainstorm, sugere-se apenas que haja uma maior interação entre os grupos e que sejam aplicados um maior tempo para a realização da atividade, bem como houve a sugestão de ela ser realizada em locais inspiradores.

8) Grupo de facebook

Gráfico 9 - Grupo de Facebook (Notas e Grau de importância). (Fonte: Questionários aplicados pela professora Verônica Lima)

Foi criado, também, um grupo na rede social Facebook a fim de que os alunos compartilhassem artigos, arquivos de mídia acadêmicos, informações sobre a disciplina de maneira rápida, fácil e eficaz com todos que estavam cursando a disciplina.

Referente ao grau de importância 4 pessoas atribuíram grau de importância 0 (sem nenhuma importância). Uma porcentagem de 32% julgaram ser grau de importância 2 (importante), 20% grau de importância 3 (pouco importante), e aproximadamente 35%

deram grau de importância 1 (muito importante). Já em relação aos valores distribuídos nas notas, computa-se que 70% delas variam de 3 a 9. (ver gráfico 10)

Dentre os aspectos negativos expressados nos discursos está apenas a crítica de que nem todos possuem facebook, ou seja, não é um recurso que pode ser utilizado na totalidade da turma. Além disso, falou-se que é uma ferramenta útil, mas muito utilizada para troca de informações e pouco para debates produtivos. Cabe aos aspectos positivos diversos comentários que confirmam ser uma ferramenta ótima para que a informação sobre a disciplina chegue de maneira rápida para os que estão no grupo e que se poderia intensificar a postagem dos conteúdos abordados pela disciplina. “É um meio de fácil acesso e rápido para tirar dúvidas e compartilhar documentos importantes.” (19 anos, 5 período). “Perfeito. É uma forma de manter todos os alunos cientes do andamento da disciplina, sendo informado de forma rápida e fácil.” (24 anos, 6 período). “Meio rápido e eficiente para contato.” (20 anos, 6 período).

Conclusão

Nota-se, portanto, que até o estágio atual da presente pesquisa, comprovou-se a efetiva relevância em utilizar métodos lúdicos e “diferentes do comum” nas salas de aula, pois contribuem diretamente na melhoria do engajamento do aluno na sala de aula, que passa a aprender com mais facilidade, uma vez que esse processo é desenvolvido de maneira prazerosa.

O jogo, uma das metodologias utilizadas e avaliadas pelos próprios alunos nos questionários, ainda articula o aprendizado com o espírito da competitividade, que pode tender a ser um atributo negativo quando não se tem a oportunidade de trabalhá-lo de maneira saudável. Assim, o simples fato de trabalhar o jogo em sala de aula entre as diferentes personalidades que podem surgir dentro de uma turma, é, sem dúvida, uma chance de crescimento pessoal dos discentes e oportunidade de trabalhar nesse aspecto.

Com os feedbacks dos docentes e discentes, tornou-se possível avaliar se utilizar de recursos lúdicos seria, de fato, válido e de contribuição relevante para o rendimento acadêmico, e, em caso positivo, se seria realmente interessante articular e trabalhar no desenvolvimento de um novo jogo a ser aplicado em sala de aula.

Assegurou-se, por parte dos alunos, o sucesso da maioria das técnicas aplicadas na disciplina de Planejamento e Projeto Urbano e Regional, cuja ementa é, em grande parte, densa e teórica, tornando-se mais leve quando os assuntos são abordados usando recursos lúdicos. Deste modo, o objetivo desta presente pesquisa também se voltará ao aprimoramento de tais técnicas, sendo de suma importância a consideração das sugestões dos discentes discorridas nos seus respectivos discursos.

Confirmou-se, ainda, a hipótese de que pelo fato de o recurso lúdico ser uma ótima estratégia, há sentido em continuar com a idéia da criação de um jogo que seja aplicável no contexto do ensino da arquitetura e urbanismo. Com a continuação do projeto, objetiva-se, também, que o produto (o jogo) contribua na melhoria da visualização espacial dos discentes, tendo em vista que esta é uma das principais dificuldades relatadas pelos alunos de arquitetura e urbanismo, principalmente quando precisam dessa aptidão nas disciplinas de representação gráfica, que, por sua vez, possuem

grande importância para o exercício profissional do arquiteto. Isso posto, pretende-se, assim que terminar de desenvolver o jogo, experimentar sua aplicação em sala de aula.

Referências

SABIA que a zona de CONFORTO causa DESCONFORTO criativo?. Realização de Murilo Gun. 2017. (1 min.), son., color. Série Web Série Habilidades do Futuro. Disponível

em:

<<https://www.facebook.com/murilogunfanpage/videos/10155868643358189/?t=44>>.

Acesso em: 19 ago. 2019

COSTA, Válida G.(2008) A Formação dos formadores de professores de Matemática e a Ludicidade. Disponível em:<http://29reuniao.anped.org.br/trabalhos/trabalho/GT19-2651--Int.pdf> Acesso em: 29 de julho 2019.

PINTO. C. L. e TAVARES, H. M. o lúdico na aprendizagem: apreender e aprender. Revista da Católica, Uberlândia, v. 2, n. 3, p. 226-235, 2010.

MACHADO, B. e WOJCICKOSKI, V. S. O lúdico no ensino superior: uma proposta de inovação pedagógica. Revista Eletrônica: Saber, v. 37, janeiro, fevereiro, março/2017. ISSN 1980-5969. Disponível em: <https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arqidvol_47_1482098001.pdf>. Acesso em: 26/03/18.

KAMII, Constance. Aritmética: novas perspectivas: implicações da teoria de Piaget. Campinas: Papirus, 1992

AUMENTO DE TRANSTORNOS MENTAIS ENTRE JOVENS PREOCUPA UNIVERSIDADES: Casos frequentes de alunos com ansiedade e depressão têm levado instituições públicas a criar núcleos de prevenção e atendimento psicológico; estudantes também organizam grupos de apoio nas redes sociais para compartilhar relatos e oferecer ajuda. São Paulo, 16 set. 2017. Disponível em: <<https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,aumento-de-transtornos-mentais-entre-jovens-preocupa-universidades,70002003562>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

Anexos

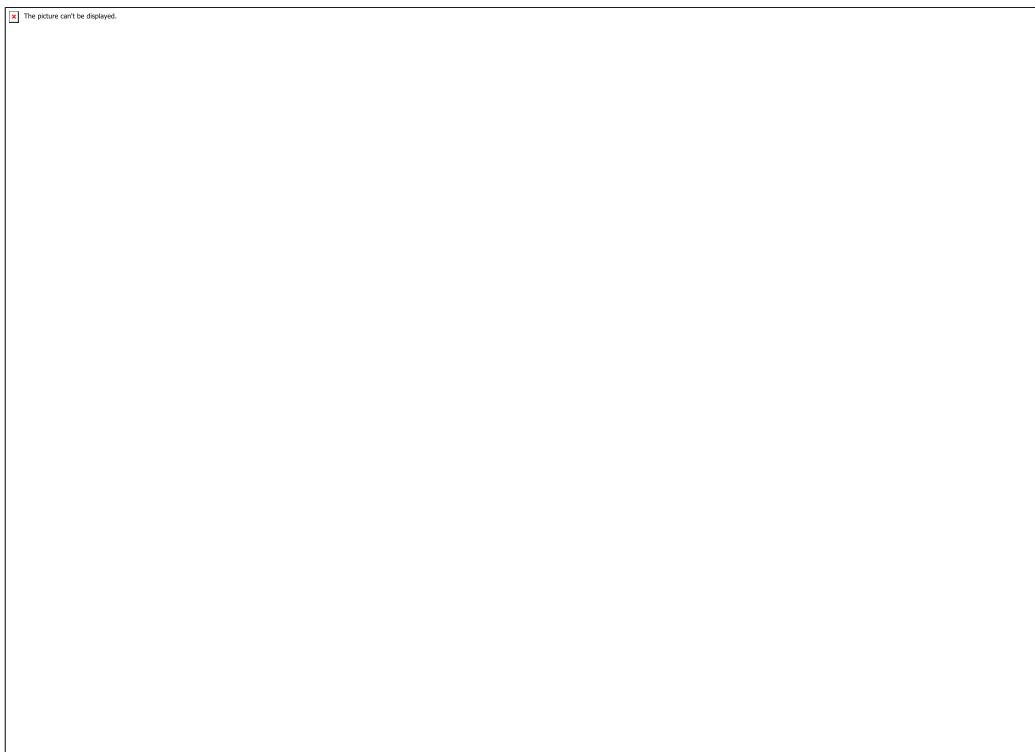


Gráfico 1 - Técnicas Didáticas de Ensino de Arquitetura

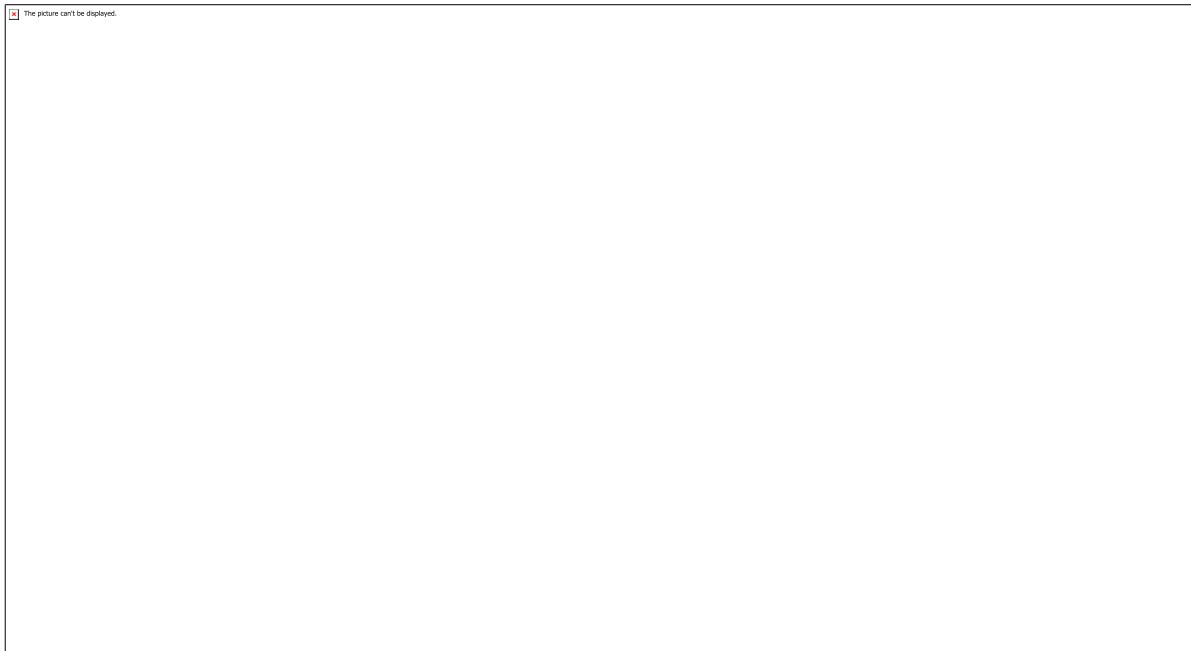


Gráfico 2 - Aulas Expositivas Tradicionais (Notas e Grau de importância)

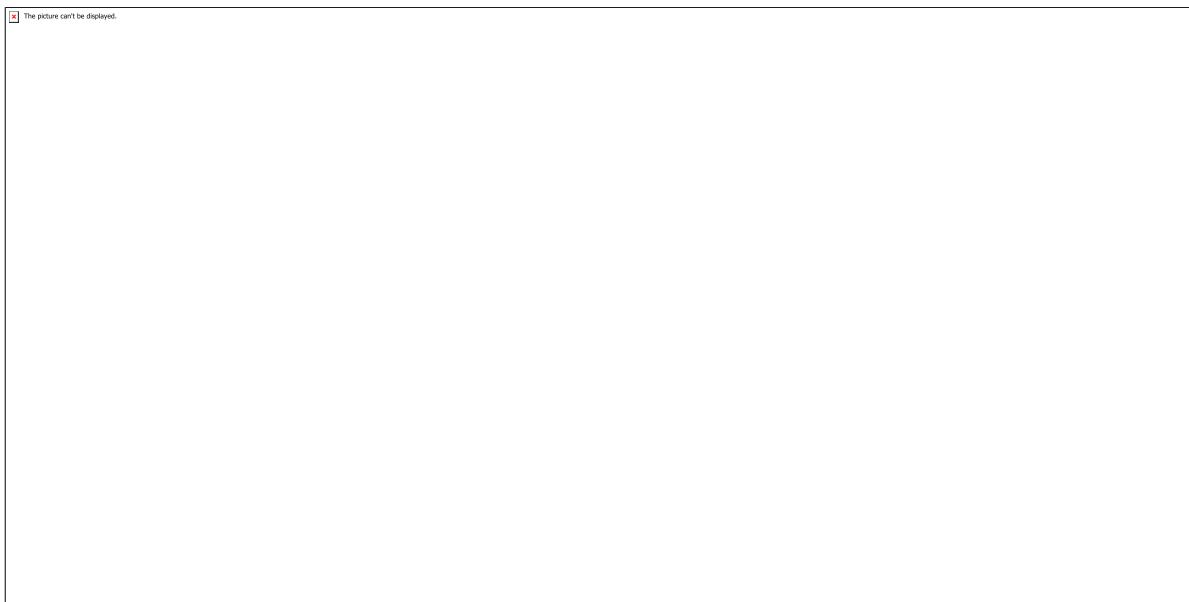


Gráfico 3 - Painel Integrado (Notas e Grau de importância)

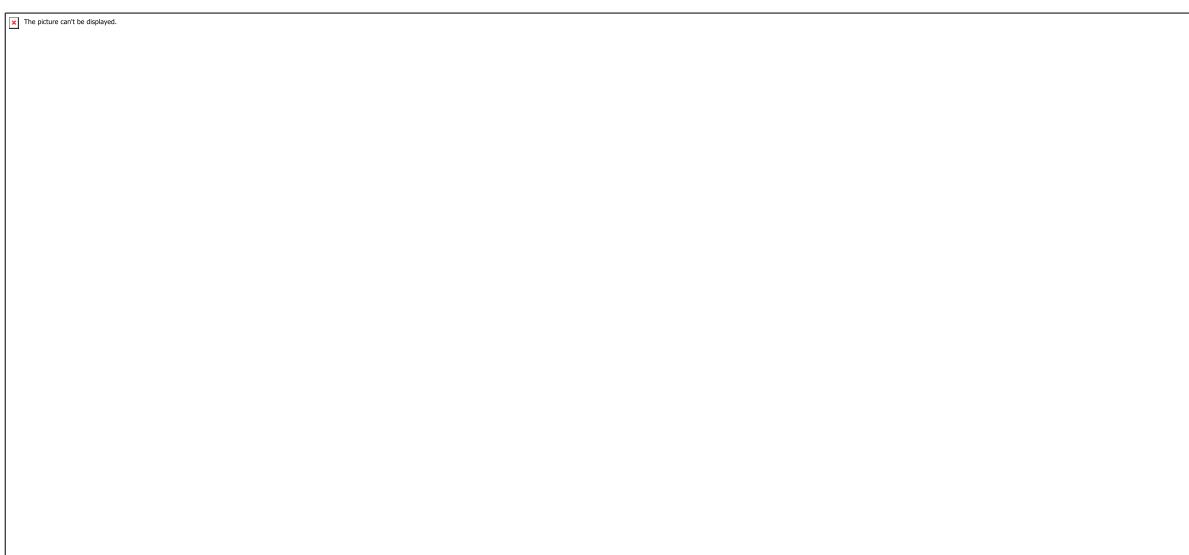


Gráfico 4 - Jogo Imagem e Ação (Notas e Grau de importância).

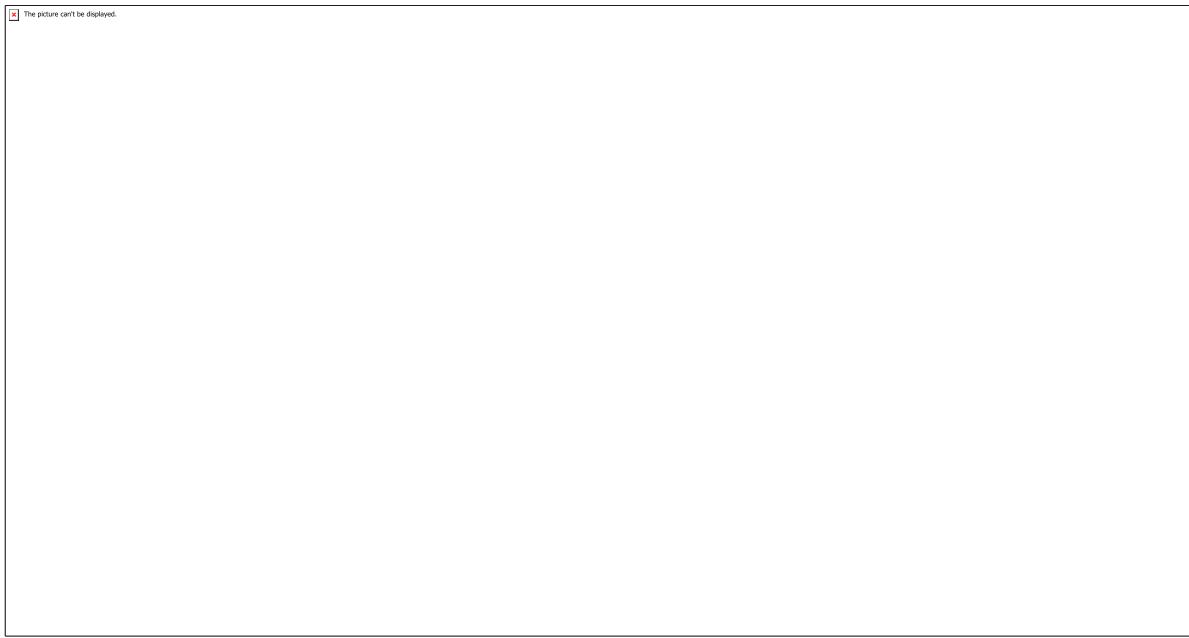


Gráfico 5 - Mapas Mentais (Notas e Grau de importância).

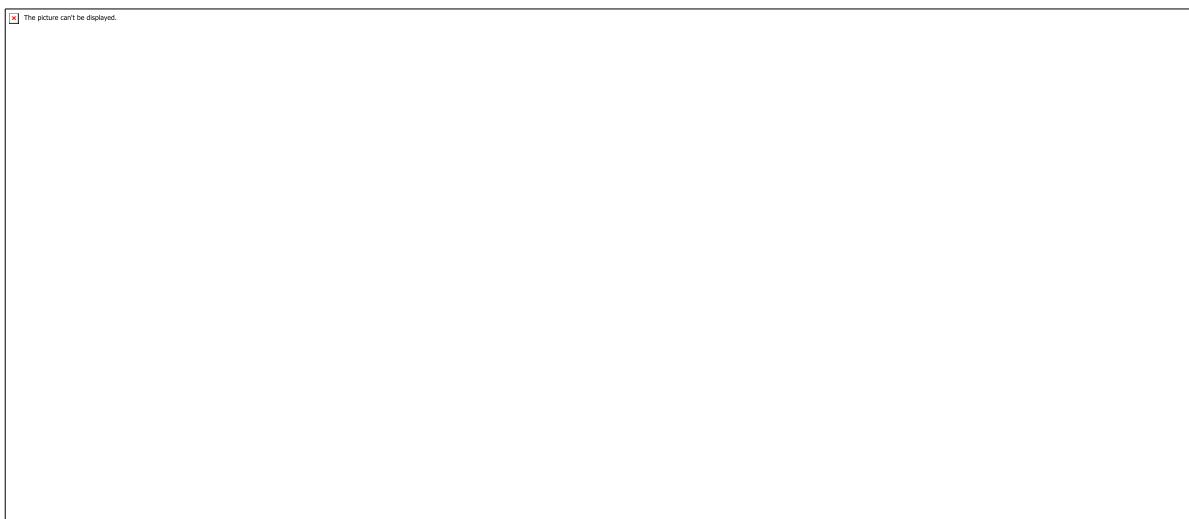


Gráfico 6 - Debate (Notas e Grau de importância).

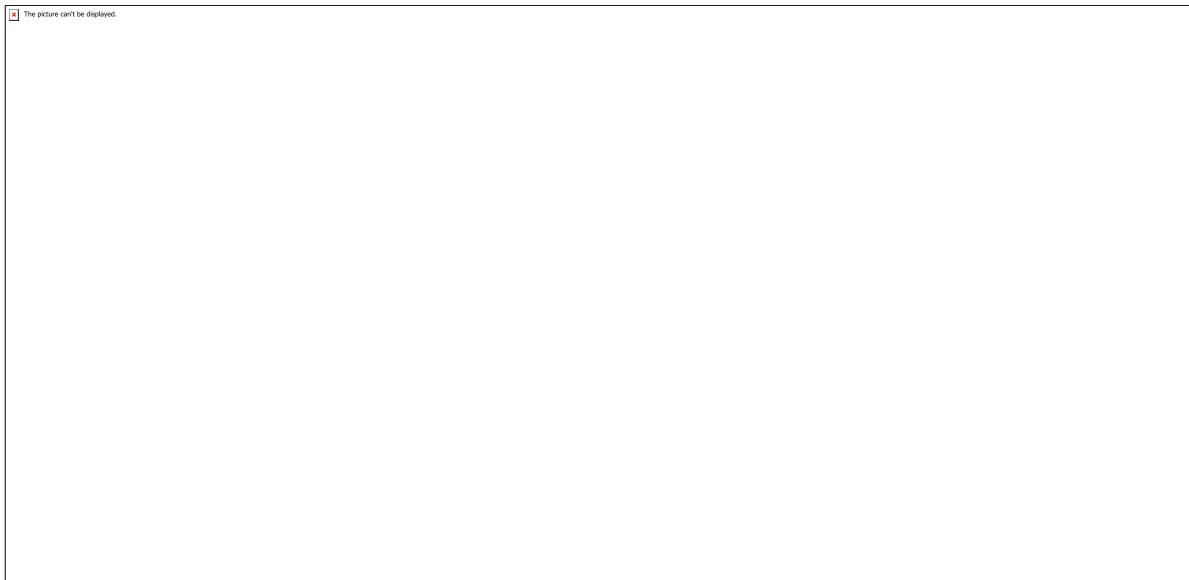


Gráfico 7 -Montagem de Painéis Explicativos (Notas e Grau de importância)

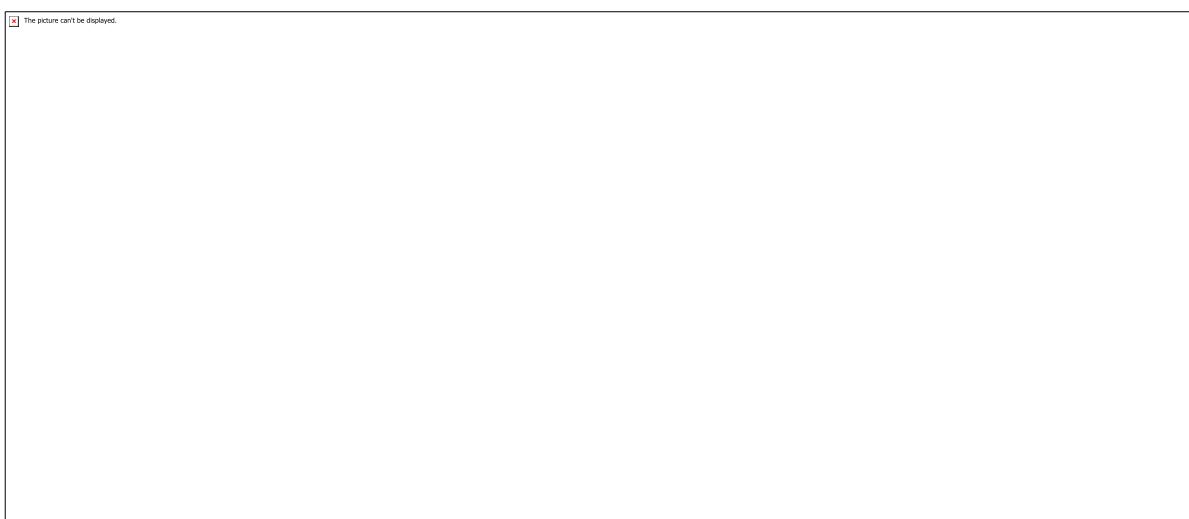


Gráfico 8 - Brainstorming (Notas e Grau de importância).

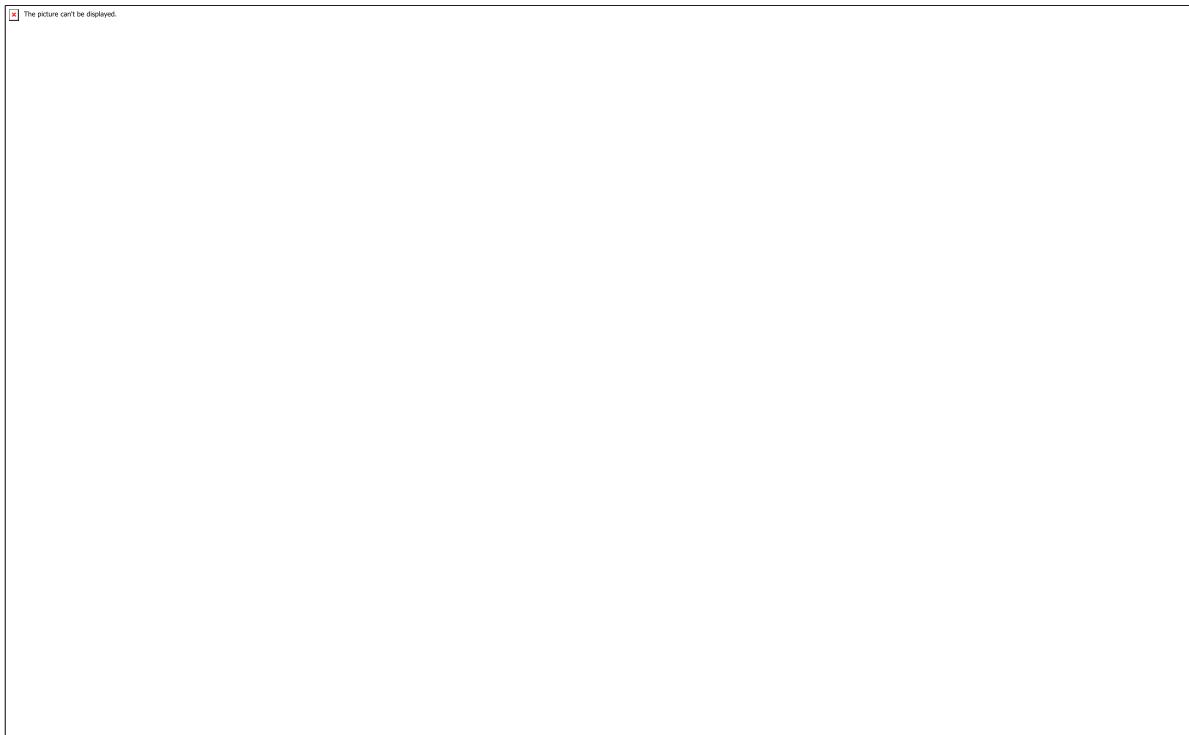
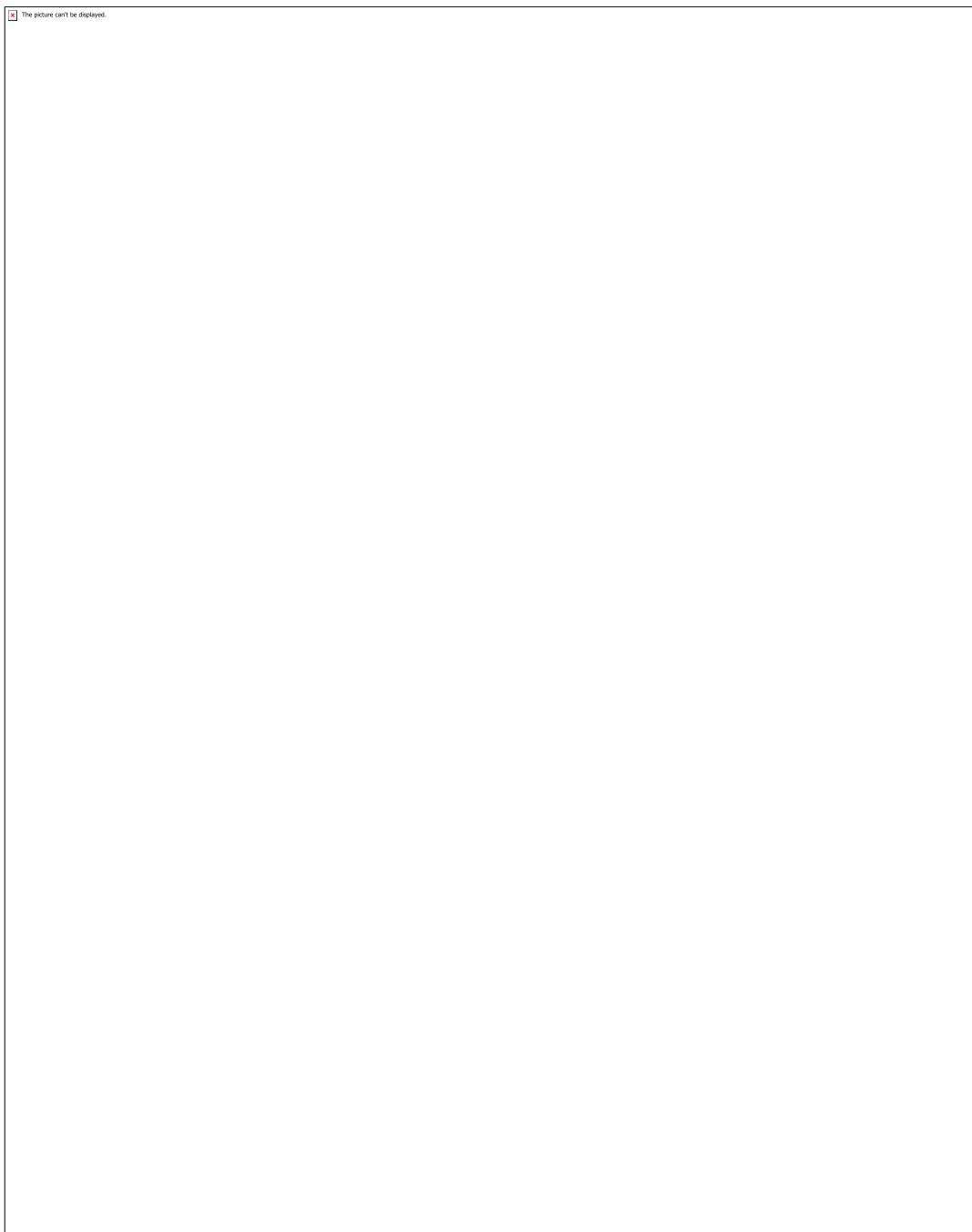
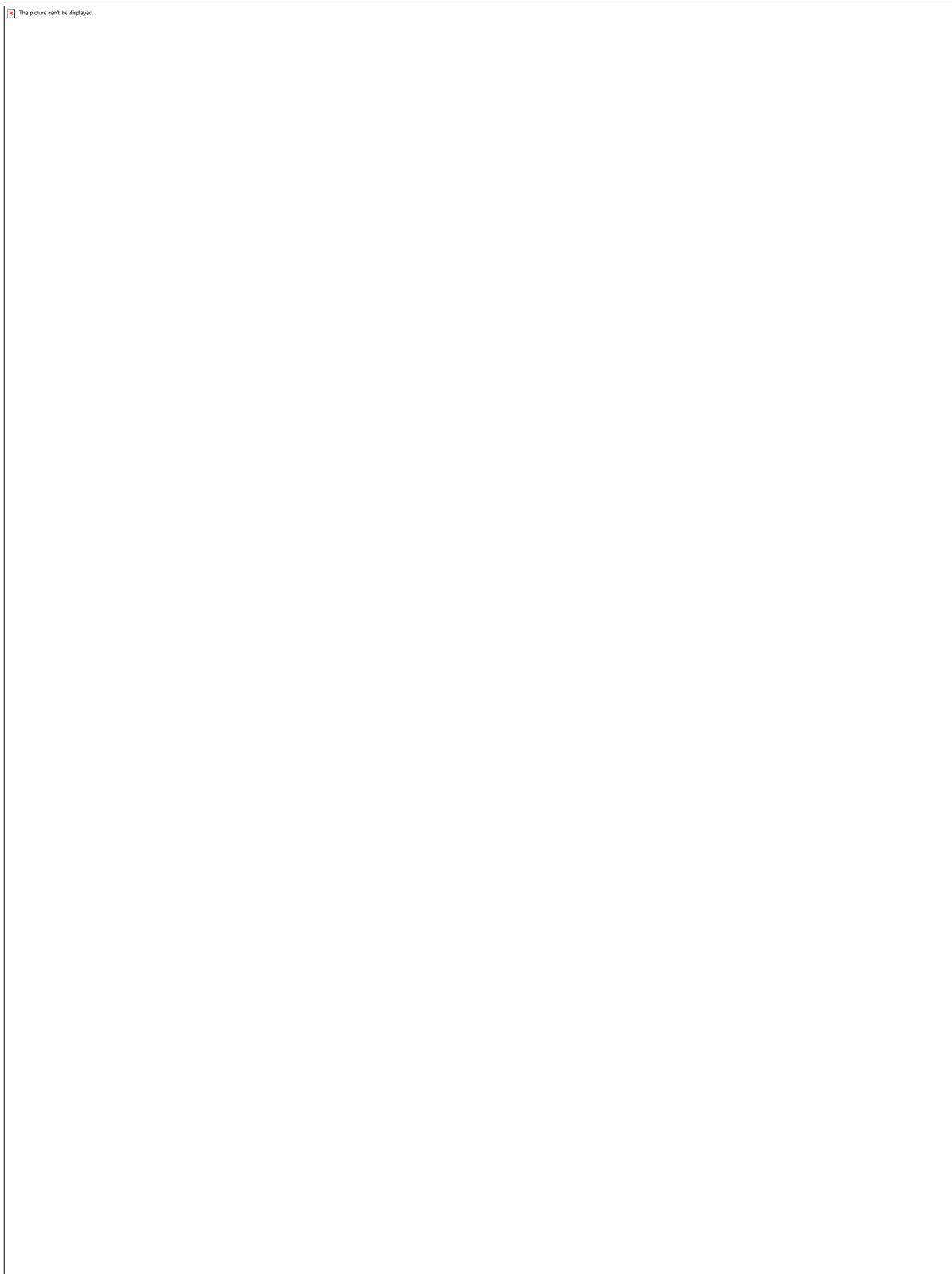


Gráfico 9 - Grupo de Facebook (Notas e Grau de importância).



Fotografia 1 - Foto da aplicação do um jogo de “tabuleiro gigante” na disciplina de matemática na turma do 7º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual São Francisco.



Fotografia 2 - Foto da aplicação do um jogo de “tabuleiro gigante” na disciplina de matemática na turma do 7º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual São Francisco.

CÓDIGO: HS0648

AUTOR: INGRID DE QUEIROZ CAMPOS

ORIENTADOR: GLAUCE LILIAN ALVES DE ALBUQUERQUE

TÍTULO: Análise do conforto acústico no entorno de shoppings centers na cidade de Natal-RN

Resumo

Os shoppings center são empreendimentos de grande porte que causam fortes impactos nas áreas que são inseridas, aumentando, entre outros fatores, a poluição sonora. Dessa forma, as pessoas que residem, trabalham ou estudam nessa área sentem o incômodo desses barulhos constantes. Neste contexto, buscamos entender quais fatores influenciam na geração de ruídos através de análises em dois shoppings com características morfológicas, locacionais e desempenho funcionais diferentes, buscando apontar soluções e diretrizes projetuais para esse tipo de empreendimento. A metodologia se constitui através de 4 eixos: caracterização do entorno, a elaboração de croquis de espacialização do empreendimento, definição das atividades e equipamentos ruidosos e por último, realização de medições acústicas. A análise da pesquisa ocasionou na constatação de que os dois empreendimentos não se adequam a norma vigente de conforto acústico, apesar do mall fechado ter apresentado resultados piores.

Palavras-chave: Shoppings Centers; Conforto Acústico; Poluição Sonora;

TITLE: Analysis of acoustic comfort around shopping centers in Natal-RN.

Abstract

Shopping malls are large enterprises that cause strong impacts on the areas they are inserted, increasing, among other factors, noise pollution. Thus, people who reside, work or study in this area feel the annoyance of these constant noises. In this context, we seek to understand which factors influence the generation of noise through analysis in two malls with different morphological characteristics, location and functional performance, seeking to point out solutions and design guidelines for this type of enterprise. The methodology is constituted by 4 axes: characterization of the surroundings, the elaboration of sketches of spatialization of the enterprise, definition of the noisy activities and equipment and, finally, acoustic measurements. The analysis of the research led to the finding that the two projects do not fit the current standard of acoustic comfort, although the closed mall had worse results.

Keywords: Malls; Acoustic comfort; Noise pollution;

Introdução

O projeto de um empreendimento de grande porte, como é o caso do shopping center, demanda a participação de profissionais de várias áreas do conhecimento, que juntos buscam encontrar uma solução que possa atender satisfatoriamente a todas as variáveis. Além disso, esse tipo de construção causa um grande impacto no entorno em que são inseridos, seja ele aumentando o tráfego de veículos automotores e o fluxo de pessoas ou até mesmo valorizando os imóveis vizinhos.

Por outro ângulo, têm-se a poluição sonora, que segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) representa a segunda maior causa de poluição do planeta, porém não recebe a devida atenção, já que os ruídos propagados pela cidade são muitas vezes mais intensos do que os permitidos pela norma NBR 10.151. Em relação aos shoppings, por ser um empreendimento que influência fortemente a área em que é inserido, a tendência é que os níveis sonoros do entorno também sofram com esse impacto.

Neste contexto, buscamos compreender, a relação dos shoppings centers com o conforto acústico da sua vizinhança, uma vez que a preocupação com esse aspecto é recente e muitas vezes é desconsiderado pelos arquitetos. O objetivo geral é compreender a influência dos aspectos morfológicos, locacionais e o desempenho funcional no conforto acústico do entorno imediato de centros comerciais, para apontar diretrizes que auxiliem nos projetos desse tipo de empreendimento.

Para isso, realizamos as análises em dois shoppings da cidade de Natal/RN. O primeiro, denominado de Shopping A, foi escolhido por apresentar mall fechado e por ocupar toda a área do lote, além de ser o principal centro comercial da cidade. Em contrapartida, precisávamos selecionar outro empreendimento que tivesse características opostas ao primeiro. Por isso, o Shopping B, foi selecionado por ser o exemplo mais significativo de mall aberto da cidade e por apresentar grandes recuos em relação ao terreno.

Em relação a metodologia destaca-se: a elaboração de croquis da espacialização do empreendimento dentro do lote; a identificação das principais fontes geradoras de ruídos; a realização de medições acústicas e comparação dos resultados com a norma vigente. Para isso, buscamos embasamento teórico sobre shoppings center em autores como: GAREFFA (2011), LEMOS (2014) e ZAFFARI (2012), além de dados da Associação Brasileira de Shopping Centers (ABRASCE, 2019). Para o tema do conforto acústico, utilizamos como base os trabalhos de BUENO (1995), NEPOMUCENO (1994), SANTOS; MATOS (1994), SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA (2009) Almeida e Luís Bragança, e NAHAS (2003), além da NBR 10.151.

Destaca-se que este trabalho faz parte do projeto de pesquisa “Edifícios Comerciais e Shoppings Centers: análise projetual e estratégias de planejamento espacial” juntamente com a disciplina de “Planejamento e Projeto Urbano e Regional 06” que tinha como objetivo desenvolver uma pesquisa na área de Arquitetura e Urbanismo.

Metodologia

Essa pesquisa se deu através de quatro procedimentos metodológicos. Inicialmente realizamos uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto e um estudo sobre os shoppings, que foram analisados individualmente e a sua relação com o entorno. Com isso, buscávamos entender um pouco sobre a história dos empreendimentos e suas

transformações, e a configuração do entorno imediato na época em que eles foram concebidos e no momento atual.

Ambos os empreendimentos foram implantados em locais que continham edifícios fabris, porém o projetista do Shopping A optou por demolir a antiga construção e propôs um novo projeto, enquanto que o Shopping B é resultado da reforma da construção existente. Ademais, na época da inauguração do Shopping B, o entorno não apresentava uma ocupação tão intensa em relação ao adensamento da vizinhança do Shopping A no ano em que ele foi aberto.

Ainda nesse contexto, analisamos o uso do solo e a hierarquia viária da vizinhança. Esse estudo foi necessário, pois existem alguns tipos de empreendimentos que necessitam de “mais silêncio”, como por exemplo, instituições de ensino e religiosas. Outro ponto que deve ser analisado é o impacto da poluição sonora é maior para os moradores da área do que pessoas para aqueles que trabalham no local. Em relação a hierarquia viária, tem-se que, quanto mais alto o movimento de veículos e pedestres na parte externa ao shopping, no caso a rua, maior a propagação de ruídos. Como estes centros comerciais são responsáveis pelo aumento do trânsito, se faz necessário essa análise.

Em segundo lugar, desenhamos os croquis dos empreendimentos, buscando entender como o edifício se relaciona com o terreno onde está implantado. Na sequência, identificamos as atividades e os equipamentos considerados os principais agentes na emissão dos ruídos, indicados nos croquis. O objetivo desse procedimento foi entender como essas atividades impactam no seu entorno. Um dos principais emissores de ruídos são os geradores do shopping, localizados ao fundo do lote e próximos às casas vizinhas. Talvez houvesse um efeito mais ameno, se fosse posicionado no recuo do terreno, próximo a uma avenida mais larga. Também, realizamos entrevistas com arquitetos e profissionais relacionados ao tema, que nos ajudaram a entender o histórico dos edifícios e suas modificações e adequações, bem como os problemas anteriores, soluções encontradas e as necessidades atuais.

Após estes procedimentos metodológicos, realizamos as medições acústicas in loco com auxílio do decibelímetro. Para essas medições, selecionamos pontos de medições próximos a todas as atividades e equipamentos apontadas anteriormente como causadores de ruídos. Foram adotados pontos de medições no interior do edifício e também no exterior estava a fonte do ruído, para verificar a ausência ou não de isolamento acústico. Em cada ponto fizemos cinco medições, sendo o resultado a média entre os resultados encontrados. As aferições ocorreram nos dias 08 de maio de 2019 no Shopping A e 10 e 15 de maio de 2019 no Shopping B.

Por fim, os valores definidos nas medições foram comparados com os apontados pela NBR 10.151, com o objetivo de compreender se eles estavam dentro da norma e qual das opções se apresentava como melhor solução para o conforto acústico. De posse da análise dos dados, foram elaboradas diretrizes projetuais, que levaram em consideração todos os fatores que foram analisados neste trabalho.

Resultados e Discussões

Ao realizar as análises do entorno do Shopping A, percebemos que ele foi inserido no cruzamento das principais vias da cidade no sentido Norte/Sul e no Leste/Oeste, a Avenida Senador Salgado Filho e a Avenida Bernardo Vieira, que de acordo com o Código de Obras de Natal/RN são consideradas como Arterial I e II respectivamente. Ou seja, antes da construção desse centro comercial as ruas já eram classificadas nas maiores hierarquias viárias, possuindo um alto fluxo de veículos automotores.

Vale salientar que o lote deste empreendimento ocupa um quarteirão e o edifício por sua vez estende-se por todo o lote, com acessos de veículos em todas as ruas. A Avenida Romualdo Galvão e a Rua São Joaquim classificadas respectivamente pelo Código de Obras e Natal/RN como Coletora II e Local, são as que mais sofrem com o aumento do tráfego, já que não são preparadas para trânsitos tão intensos, principalmente nos horários de pico.

Cruzando essas informações com o uso do solo do entorno, têm-se que a situação mais crítica se encontra na Rua São Joaquim, que é predominantemente residencial e de menor hierarquia viária. Por outro lado, o shopping tem proximidade com instituições de ensino e de saúde, que necessitam de um silêncio maior para a boa execução de suas atividades.

Em relação ao Shopping B encontramos uma situação diferente. Possuindo acesso de veículos em apenas duas vias, a entrada principal está voltada para a rua de maior hierarquia viária de acordo com o Código de Obras de Natal/RN, a Av. Senador Salgado Filho, classificada como Arterial I. A outra entrada fica localizada na Rua das Gardênias/Rua dos Gerânios, que assim como a Joaquim Alves são determinadas pelo Código de Obras de Natal/RN como Locais.

Como a Rua Joaquim Alves não possui acesso de veículos, a intensificação do tráfego de veículos automotores nela é insignificante quando comparado a Rua Contígua das Gardênias, que além de ter o aumento do trânsito, possui veículos estacionados em seus dois lados.

No tocante ao uso do solo, encontramos o entorno predominantemente residencial, com exceção das edificações localizadas na outra margem da Av. Senador Salgado Filho que apresenta em sua maioria o uso comercial. Porém, assim como no Shopping A, este empreendimento possui em seu entorno instituições de ensino e religiosas, que como já foi citado anteriormente, são atividades que necessitam de um maior controle da poluição sonora.

Essa análise se torna importante, pois, de acordo com o site do Vibrasom[n1], o tráfego intenso sozinho já é responsável pela emissão de ruídos a aproximadamente 85 decibéis. Esse valor ultrapassa em 30 dB os 55 dB que são permitidos pela NBR 10.151 para áreas de uso misto, que são predominantemente residenciais.

Os equipamentos e as atividades realizadas nos shoppings também têm um papel importante nessa pesquisa. Esse tipo de empreendimento tem comércios e serviços característicos, como: lojas de departamento, lojas de roupas e praça de alimentação.

Com isso, identificamos que no Shopping A as atividades mais barulhentas eram: a) o descarregamento das mercadorias nas docas, que apesar dos portões só ficarem abertos até as 20 horas, os caminhões que já estavam dentro podem continuar retirando os produtos mesmo depois do horário; b) a intensificação do fluxo de veículos

automotores, principalmente na Rua São Joaquim que apresenta o uso predominantemente residencial. Porém, mesmo que as outras três vias já apresentassem um fluxo consideravelmente alto, a inserção do empreendimento do local tem um papel importante na intensificação desse fluxo; c) as áreas técnicas e seus equipamentos causam um grande impacto na geração de ruídos, já que um empreendimento deste porte necessita, entre outros, de uma grande quantidade de condicionadores de ar, geradores e torres de arrefecimento; d) como o shopping se tornou um marco na cidade e se encontra no cruzamento das principais vias, as manifestações políticas e eventos sociais ocorrem em frente a ele, gerando ruídos muito superiores aos 55 dB exigidos por normas.

No Shopping B, as atividades mais relevantes em relação à geração de ruídos são: a) música ao vivo na praça de alimentação, que ocorre das quartas-feiras aos sábados a partir das 19 horas. O grande problema detectado é o fato da praça ser aberta, voltada para edificações de uso residencial; b) a intensificação do fluxo de veículos automotores, principalmente na Av. Senador Salgado Filho, com as paradas de ônibus, e na Rua Contígua das Gardêniias.

Ao realizamos as medições no Shopping A (Figura 1, 2, 3 e 4), detectamos que de todos os 24 pontos de medições, apenas um se manteve dentro dos 55 dB exigidos por norma, o que se revela uma situação preocupante, já que a maioria dos resultados encontrados apresentam pelo menos 10 dB a mais, chegando ao extremo de 84 dB na medição realizada na saída da Av. Senador Salgado Filho em dia de protesto.

Em relação ao Shopping B (Figura 5 e 6), a situação encontrada, depois da aferição nos 22 pontos, foi um pouco melhor, apesar de também só apresentar um ponto com menos de 55 dB, porém na medição realizada na parada de ônibus, localizada na saída da Av. Senador Salgado Filho demostrou 77 dB, sendo o maior valor registrado nesse empreendimento.

Ao compararmos os dois valores máximos, podemos perceber que o Shopping A apresentou 7 dB a mais que o shopping B. Vale salientar que nas médias, o primeiro também mostrou resultados superiores, com 69 dB contra os 63 dB expostos pelo segundo.

Contudo, deve-se considerar que, nos dois empreendimentos, na hora das medições realizada nas docas, não havia caminhões realizando descarregamentos, ou seja, os 63 dB e os 60 dB encontrados nos Shoppings A e B respectivamente, não representam os valores de quando essas atividades estão sendo executadas, mas mesmo assim já são superiores ao determinado por norma.

Com base ao que foi exposto, apontamos algumas soluções e diretrizes projetuais, como: a) localização do terreno com apenas uma via arterial, para que os ruídos causados pelo trânsito não sejam tão intensos; b) recuos da edificação e das áreas técnicas em relação ao terreno e as edificações vizinhas, de forma que possa ocorrer o decaimento dos sons indesejáveis pela distância; c) zoneamento das atividades e dos equipamentos levando em consideração o uso do solo, buscando afastar as atividades e equipamentos mais ruidosos das edificações de uso residencial e das instituições que necessitam de um maior controle de barulho; d) projeto de isolamento acústico projetados corretamente e executados de forma a reduzir consideravelmente os sons; e) acessos de veículos e pedestre localizados de forma a diminuir o impacto causado pelo aumento do tráfego automotores.

Conclusão

As conclusões dessa pesquisa é que o conforto acústico do entorno não depende exclusivamente do fato do shopping apresentar mall aberto ou mall fechado, das atividades executadas e dos equipamentos necessários, nem da sua localização, mas sim de como essas variáveis se relacionam entre si.

Por exemplo, se o shopping necessitar de um determinado equipamento que gere muito ruído e, além de apresentar um bom projeto de isolamento acústico, essa máquina for colocada com um recuo considerável em relação às edificações circunvizinhas, é possível que não haja transtornos com os barulhos gerados.

No tocante ao tráfego de veículos automotores, se os acessos aos empreendimentos forem estrategicamente localizados nas vias de maior hierarquia viária e que, no uso do solo, não possuam atividades que necessitem de silêncio para seu funcionamento, o impacto do aumento desse tráfego será menos sentido pelos usuários da área.

Todavia, ao cruzarmos todas as análises feitas, percebe-se que o Shopping B demonstrou um melhor resultado em relação ao Shopping A, evidenciando a tipologia de mal aberto como a melhor solução, já que ela necessita de menos equipamentos, que é um dos fatores que mais gera ruídos no outro empreendimento.

É importante destacar que os estudos realizados nesse trabalho foram focados no conforto acústico, não podendo ser entendido como a melhor opção, uma vez que não foi analisado o conforto térmico e luminotécnico. Além disso, essa pesquisa foi realizada para a cidade de Natal, podendo apresentar outros resultados caso os shoppings sejam localizados em lugares com características diferentes daqui.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: acústica - avaliação do nível de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SHOPPING CENTERS - ABRASCE. Números do Setor / Definições e Convenções. Disponível em: <<https://abrasce.com.br/monitoramento/definicoes-e-convencoes>>. Acesso em 28 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SHOPPING CENTERS - ABRASCE. Plano de Mix. Disponível em: <https://abrasce.com.br/uploads/temp/PlanodeMix_FinalDez2009_NOVO.pdf>. Acesso em 29 de março de 2019.

BERSAN, Fernando. A “Lei dos Inversos dos Quadrados” e o Áudio. 08 de março de 2008. Disponível em: <<https://www.somaovivo.org/artigos/a-lei-dos-inversos-dos-quadrados-e-o-audio/>>. Acesso em 18 de junho de 2019.

BUENO, Mariano. O grande livro da casa saudável. São Paulo: Roca, 1995. 279p.

CURITIBA. Lei Municipal Nº 10.625. Disposição sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público. Datada em 19 de fevereiro de 2002.

CUTAIT, Michel. Os Tipos de Shopping Centers. Make It Work: Shopping e Varejo, 11 de janeiro de 2017. Disponível em: <<http://makeitwork.com.br/blog/sem-categoria/os-tipos-de-shopping-centers/>>. Acesso em 28 de março de 2019.

LEMOS FILHO, Eduardo. Shopping de Vizinhança. 2014. Disponível em: <<http://www1.redegestao.com.br/cms/opencms/desafio21/artigos/gestao/marketing/0036.html>> Acesso em 23 de maio de 2018.

FLORÊNCIO, Débora. Avaliação do Mapa Sonoro de Tráfego Veicular No Município de Natal/RN. 2018. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

GARREFA, Fernando. Shopping Centers: de centro de abastecimento a produto de consumo. São Paulo: Senac São Paulo, 2011.

HIRAI, Marcos. O varejo e os shopping centers voltam a crescer. 31 de janeiro de 2019. Disponível em: <<https://www.mercadoeconsumo.com.br/2019/01/31/o-varejo-e-os-shopping-centers-voltam-a-crescer/>>. Acesso em 18 de junho de 2019.

NAHAS, Markus Vinícius. Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. 3. ed. Londrina: Midiograf, 2003.

NEPOMUCENO, Luiza de Arruda. Elementos de acústica física e psicoacústica. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

O Midway Mall. Disponível em: <<https://www.midwaymall.com.br/2016/o-midway-mall/>>. Acesso em 20 de maio de 2019.

RIBEIRO, Fábio. Análise Acústica - Shopping Midway Mall. Natal: 2019. 26 slides, color.

SANTOS, Ubiratan de Paula; MATOS, Marcos Paiva. Aspectos da física. In: SANTOS, Ubiratan de Paula. Ruído: riscos e prevenção. São Paulo: Hucitec, 1994.

SOUZA, Léa; ALMEIDA, Manuela; BRAGANÇA Luís. Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura. São Carlos: EdUFSCar, 2009.

Tabela de Pressão Sonora. Disponível em: <<https://www.vibrasom.ind.br/tabela-de-press%C3%A3o-sonora.html>>. Acesso em 21 de maio de 2019.

Você conhece a diferença entre Shopping, Mall e Strip Mall?. 2016. Disponível em: <<https://plazaslogcp.com.br/2016/02/15/voce-conhece-a-diferenca-entre-shopping-mall-e-strip-mall/>>. Acesso em 22 de maio de 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Noise. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/noise>>. Acesso em 30 de março de 2019.

ZAFFARI, Vera. Open Mall: Uma tendência de varejo no Brasil. 2012. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1QKNRWL8af7hhDALPL0uEq52frX5DScMkSQqte9_2k8/edit>. Acesso em 23 de maio 2019.

BRASIL, NORMA REGULAMENTADORA Nº 15, de 08 de junho de 1978. Atividades e operações insalubres, anexo N.º 1. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15_anexol.htm>. Acesso em 20 junho de 2019.

Anexos

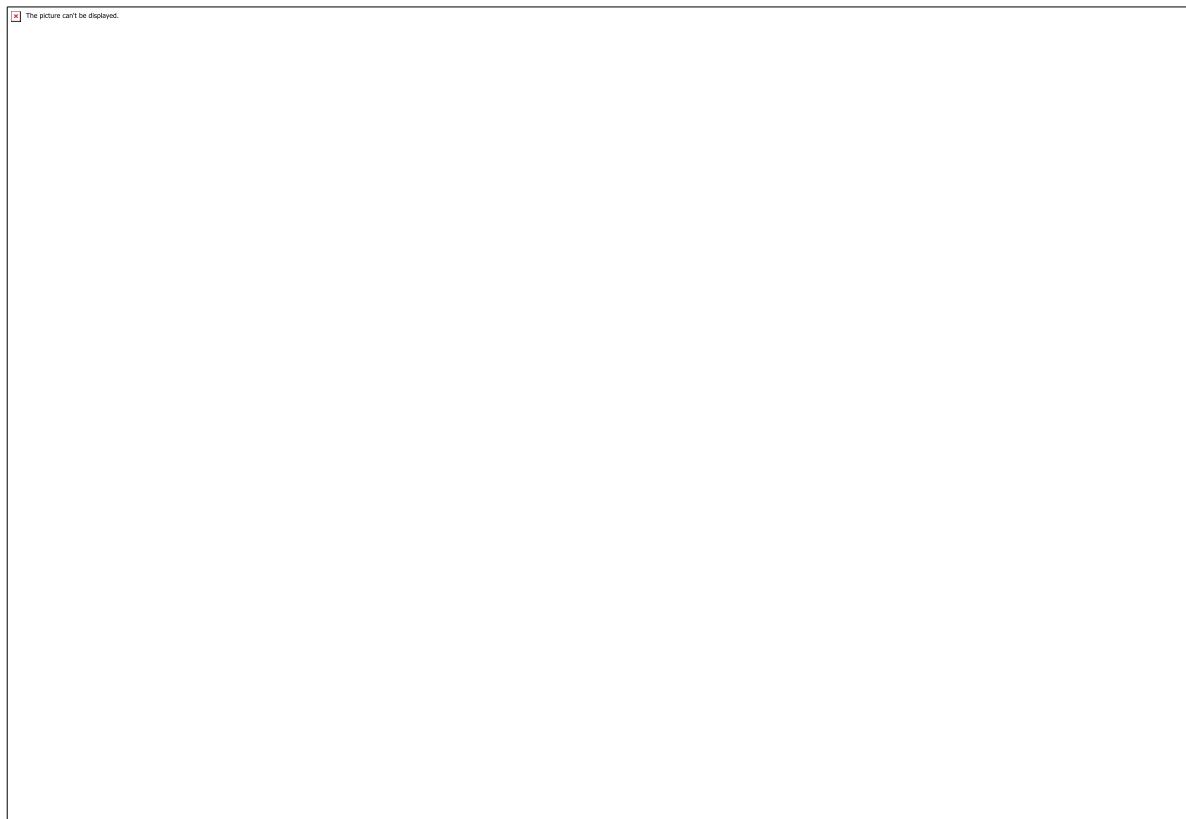


Figura 1 - Medidas do Shopping A

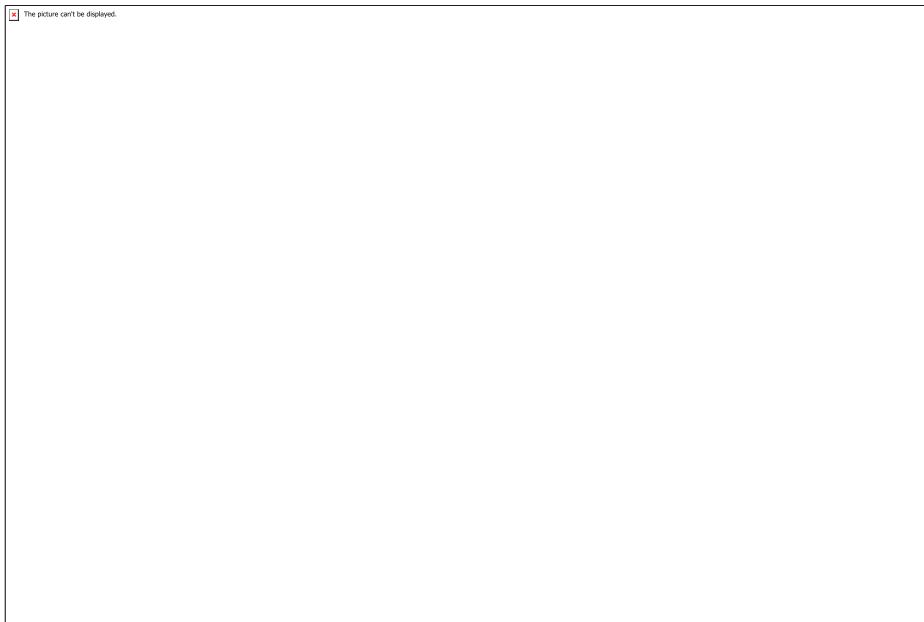


Figura 2 - Pontos de Medições do Shopping A L1

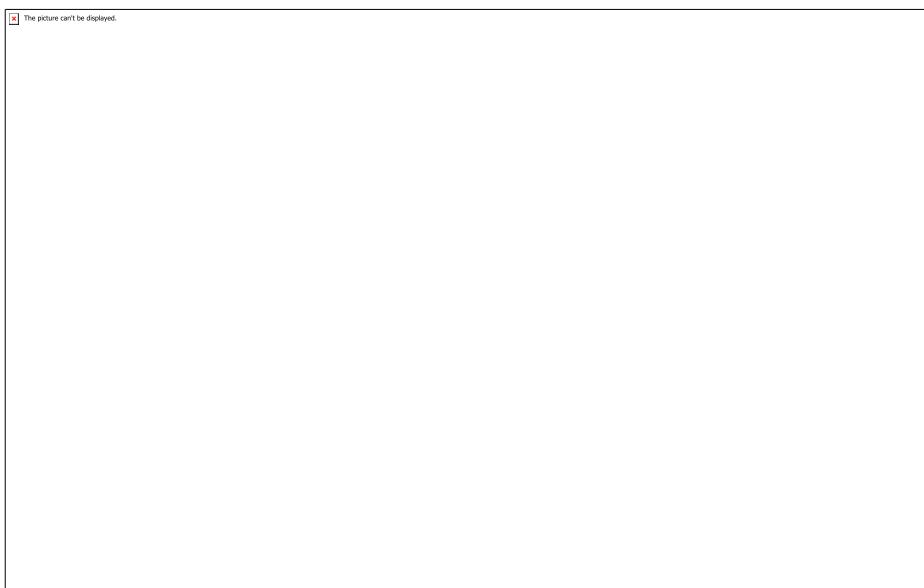


Figura 3 - Pontos de Medições do Shopping A L2

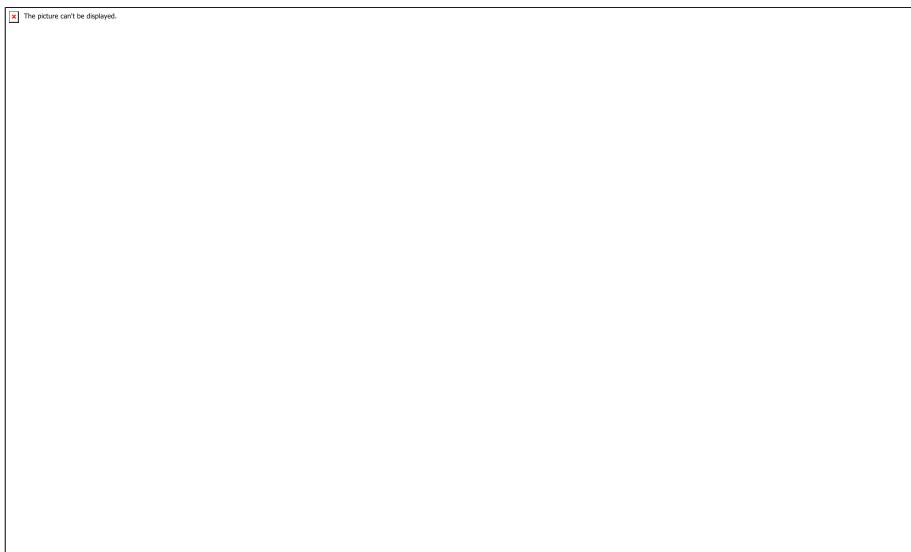


Figura 4 - Pontos de Medição do Shopping A L3

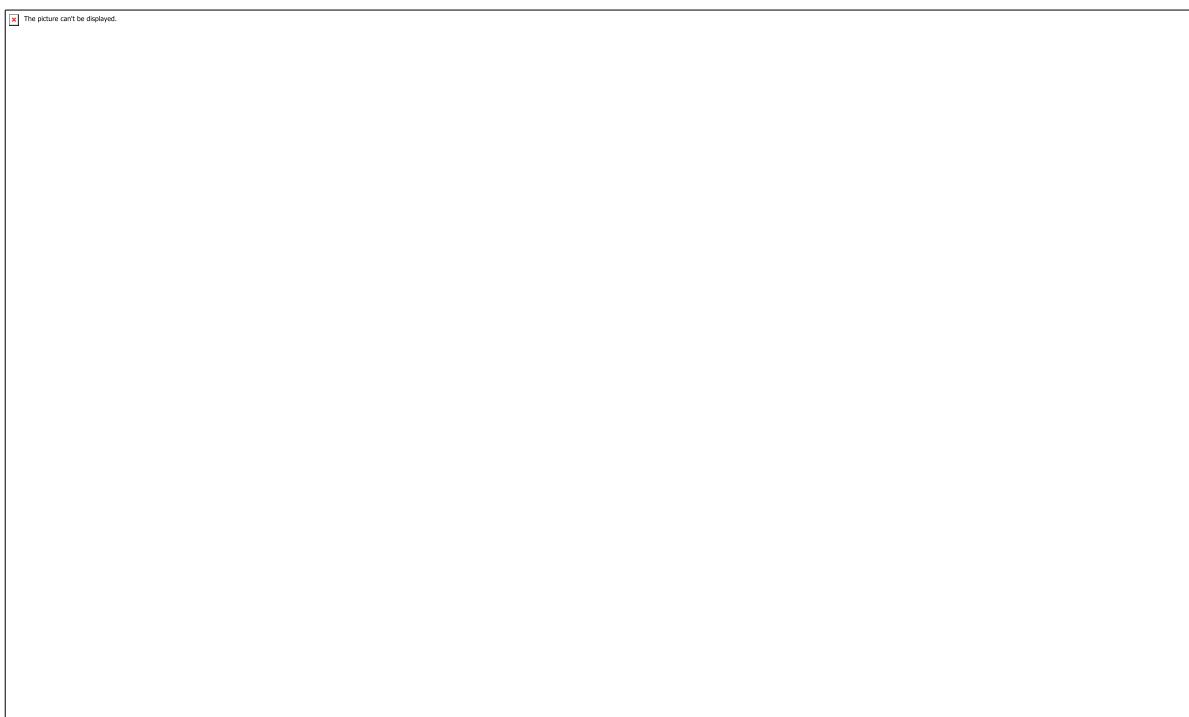


Figura 5 - Medição do Shopping B

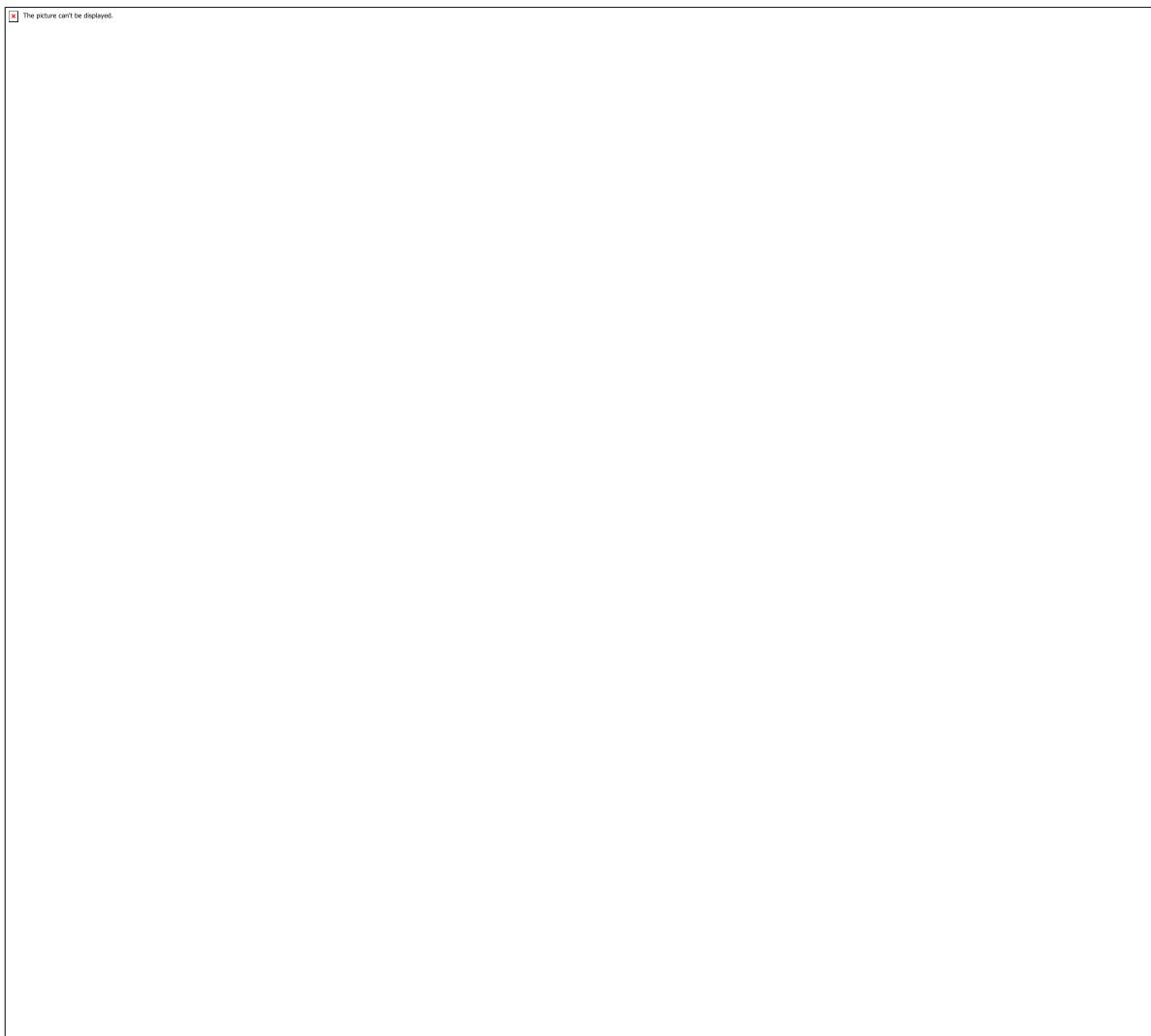


Figura 6 - Pontos de Medições do Shopping B

CÓDIGO: HS0718

AUTOR: BRENO DE ASSIS SILVA ARAUJO

ORIENTADOR: ANGELA LUCIA DE ARAUJO FERREIRA

TÍTULO: REDE E CENTRALIDADE: A ARTICULAÇÃO URBANA DO OESTE POTIGUAR NO EIXO DA FERROVIA MOSSORÓ-SOUZA (1920-1951)

Resumo

No limiar do século XX, a região Oeste do Rio Grande do Norte carecia de uma infraestrutura viária que permitisse escoar o que era produzido na porção interiorana do território para o mercado externo, acarretando no não aproveitamento deste importante polo de produção agrícola do estado. A institucionalização das “Obras Contra as Secas”, por meio da ação da IOCS, permitiu a concretização de um desejo antigo das elites mossoroenses: a construção da ferrovia Mossoró-Souza, interligando o porto de Areia Branca ao interior do sertão norte-rio-grandense. Mas, de que forma essa estrada de ferro influenciou na consolidação de um encadeamento entre os assentamentos humanos ao longo do trajeto? Destarte, o objetivo do presente trabalho consiste em compreender o papel da estrutura ferroviária na constituição de uma rede urbana na mesorregião Oeste do RN, mediada pela centralidade regional mossoroense. Para tanto, toma-se como constructo teórico central os conceitos de redes técnicas e lugares centrais, a partir das discussões propostas por autores como Corrêa (1989), Dias (2000, 2005) e Santos (2008, 2009). Tais aportes fundamentaram sua confrontação com a historiografia local e a leitura crítica dos dados contidos nos relatórios governamentais. Verifica-se, efetivamente, o desenho de uma tessitura de pontos nodais articulados, hierarquizados e constituidores de uma hinterlândia comandados por um centro gestor: Mossoró.

Palavras-chave: Rede Técnica; Lugar Central; Obras Contra as Secas; Nordeste/Brasil.

TITLE: NETWORK AND CENTRALITY: THE URBAN ARTICULATION IN WEST OF RIO GRANDE DO NORTH ON THE MOSSORÓ-SOUZA RAILROAD (1920-1951)

Abstract

At the threshold of the twentieth century, in the western region of Rio Grande do Norte, a road infrastructure that allows the flow or that was produced in the interior section of the territory territory to the foreign market, does not allow the use of this important agricultural production pole of the state. The institutionalization of “Works against Droughts”, through the action of the IOCS, allowed the fulfillment of an old desire of the Mossoran elites: a construction of the Mossoró-Souza railroad, connecting the port of Areia Branca to the interior of the North-Rio sertão. great. But how has this railway influenced the consolidation of a long-term human settlement link? Thus, the objective of the present work is to understand the role of the railway structure in the constitution of an urban network in the western region of RN, mediated by the mossoroense regional centrality. Therefore, it takes as central theoretical construction of concepts of technical networks and central places, from the political discussions of authors such as Corrêa (1989), Dias (2000, 2005) and Santos (2008, 2009). Such arguments substantiated their confrontation with local historiography and the critical reading of the data contained in

the records. Verify, effectively, or draw a fabric of articulated, hierarchical nodal points and constituents of a hinterland commanded by a managing center: Mossoró.

Keywords: Technical Network; Central Place; Works Against Droughts; Northeast.

Introdução

A ausência de comunicação entre os povoados do sertão do Rio Grande de Norte e deste com o litoral trazia, no início do Século XX, sérios problemas de escoamento da produção interiorana e, no sentido contrário, de fazer chegar outros produtos e a ajuda nos momentos de estiagem. Essa notória e prejudicial desarticulação, presente no território nacional impulsionou a uma série de intervenções realizadas pelo Governo Republicano no sentido de dotar o país com um sistema adequado de transportes, que permitisse, entre outros aspectos, integrar suas regiões e potencializar suas trocas comerciais. No Nordeste, tais ações foram viabilizadas por meio das “Obras Contra as Secas”, institucionalizadas a partir da criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), em 1909. Para Farias (2008), a atuação da IOCS se constitui na origem do planejamento territorial da região, evidenciada por três frentes de trabalho: construção de ferrovias, reservatórios hídricos e mediações no manejo da cobertura vegetal e agrícola.

O RN, unidade federativa com quase 90% de seus municípios circunscritos na delimitação do Semiárido (SUDENE, 2017), foi palco da construção de três malhas ferroviárias, notadamente a Estrada de Ferro Central do Rio Grande do Norte (EFCRN), a Natal-Nova Cruz (EFNNC) e Mossoró-Souza (EFMS). Seus traçados buscavam aproximar regiões de intensa produção agropecuária com áreas portuárias marítimas, responsáveis por escoar a mercadoria advinda do sertão potiguar. Além disso, estas ferrovias proporcionaram a ocupação e crescimento de várias localidades, evidenciados pelo adensamento populacional observado ao longo dos trilhos. A EFMS, última das linhas a ser construída, transpunha o Oeste potiguar nos limites estaduais, traçando uma ligação direta entre Areia Branca, no litoral norte, ao município de Alexandria, já na divisa com a Paraíba (MEDEIROS, 2007, 2018).

Entretanto, o principal centro de articulação da EFMS era o município de Mossoró. Entre os anos de 1920 e 1940, Mossoró atravessou um processo de redefinição e intensificação da sua centralidade regional, antes determinada pela característica de “empório comercial” e agora encabeçada pelo desenvolvimento da sua via férrea e o florescimento de um parque industrial voltado ao beneficiamento de produtos agrícolas (FELIPE, 1982; OLIVEIRA, 2017). Era de onde irradiavam os principais fluxos econômicos, sociais e políticos para a área de influência mossoroense.

Contudo, sua influência e alcance espacial são reajustados de acordo com o período histórico e a dinâmica territorial estabelecida. Com o advento do trem, a conexão entre Mossoró e municipalidades do Oeste potiguar estreitava-se, acarretando alterações na dinâmica socioespacial em cada localidade alcançada. Destarte, surge a questão e a indicação de um debate teórico: de que forma essa estrada de ferro influenciou na consolidação de um encadeamento entre os assentamentos humanos ao longo do trajeto?

Neste sentido, pretende-se compreender o papel da estrutura ferroviária na constituição de uma rede urbana na mesorregião Oeste do RN, mediada pela centralidade regional mossoroense. Mais especificamente, busca-se avaliar o processo de expansão demográfica dos municípios associados ao itinerário da linha férrea, propondo direcionamentos para entender a consolidação do caráter polarizador dos fluxos

espaciais engendrados por Mossoró, sobretudo entre os anos de 1920-1951. De modo sucinto, discute-se a relação entre as “obras contra as secas” e os primórdios do projeto dos caminhos de ferro mossoroense. Aspira-se, finalmente, prestar contribuição aos estudos do HC Urb e à história da construção do território potiguar.

O texto está estruturado em Metodologia, onde é exposto o percurso de construção da pesquisa e Resultados e Discussões, fragmento no qual se argumenta e se rebate a base teórica na análise da realidade concreta. Ao fim, traçam-se comentários conclusivos e que desvelam rastros para a realização de novos trabalhos.

Metodologia

Toma-se como norte teórico fundamentalmente dois conceitos medulares: o de lugares centrais, pioneiramente trabalhado por Walter Christaller em 1933, e redes técnicas, amplamente discutidas na geografia nacional por autores como Roberto Lobato Corrêa (1989), Leila Dias (2000, 2005) e Eliseu Sposito (2008). A relação entre ambos nos auxilia na compreensão da centralidade regional como fruto de processos históricos empreendidos por agentes e estruturas heterogêneas.

Para Corrêa (1989), é na cidade capitalista onde os processos sociais e a produção de novas formas espaciais acentuam a hierarquização de lugares, seja na escala intraurbana ou mesmo regional. Esta diferenciação é, portanto, inerente ao próprio modo de produção e à forma como os arranjos territoriais são estabelecidos. Para Santos (2009) e Sposito (2011) a diferenciação socioespacial e a divisão territorial do trabalho são elementos estruturantes para esta definição, tendo em vista o privilégio de determinadas frações do espaço em detrimento de outras na localização das variadas atividades econômicas.

As redes técnicas, enquanto “prótese” que viabiliza a relação entre diferentes centros e subespaços (SANTOS, 2009), permitem que um lugar central acentue sua teia de relações e trocas com sua área de influência, doravante, por meio de uma infraestrutura adequada. Adota-se aqui como exemplificação das redes técnicas a rede ferroviária, importante elemento “fixo” capaz de produzir, organizar e conectar o espaço por meio da circulação de pessoas, mercadorias e informações. A este respeito, Dias (2000) afirma que, assim como outras inovações inscritas na história do capitalismo mundial, a estrada de ferro se inseriu e modificou os espaços nacionais, atribuindo-os com uma rede técnica capaz de permitir maior velocidade na circulação de pessoas, bens e informações.

O percurso metodológico divide-se, de forma geral, em três eixos: revisão bibliográfica, investigação de materiais empíricos contendo informações governamentais e plataformas institucionais “on-line”, além da elaboração de mapas temáticos como ferramenta de auxílio ao entendimento dos fenômenos abordados. Pela ótica teórica, foram utilizados aportes de autores já mencionados, como Roberto Lobato Corrêa (1989, 1996), ao trazer a discussão sobre centralidade regional no contexto brasileiro; Leila Dias (2000, 2005), referência na discussão sobre redes geográficas no Brasil; Milton Santos (2008, 2009), ao auxiliar na compreensão do sistema de objetos e sistema de ações circunscritos no espaço e representados aqui pela ferrovia e as interações por ela permitidas, respectivamente.

Para contextualizar o problema em seu aspecto específico, amparou-se a pesquisa no acervo produzido no âmbito do Grupo de Pesquisa História da Cidade, do Território e do Urbanismo (HC Urb), notadamente os trabalhos de Gabriel Medeiros (2007, 2018) –

quando discute sobre as estradas de ferro norte-rio-grandenses – e Hélio Farias (2008), ao estudar o planejamento territorial potiguar efetivado pelas instituições associadas às obras contra as secas no inicio do século XX.

Já os parâmetros historiográficos estão assentes, sobretudo, na literatura produzida sobre Mossoró. Tal circunstância ocorre por dois fatores: abundância de materiais produzidos sobre a história local em várias perspectivas e ausência de obras dos demais municípios pertencentes ao nosso recorte espacial. Isto posto, as produções dos geógrafos José Lacerda Felipe (1982), principal referência acerca da periodização dos estágios econômicos mossoroenses; e Jionaldo Oliveira (2017), proposito de leituras renovadas acerca da expansão do espaço urbano intraurbano, constituem o fulcro referencial acerca do desenvolvimento socioespacial da cidade. Em escala estadual, recorre-se às contribuições do também geógrafo Manuel Correia de Andrade (1994), quando discorre sobre os diferentes momentos de ocupação do território norte-rio-grandense, além de Felipe (2011), ao atrelar aspectos econômicos, espaciais e históricos para discutir o RN.

No que diz respeito ao alicerce empírico e fontes materiais, estes são oriundos de relatórios técnico-governamentais como os elaborados pelos profissionais da IOCS, durante a década de 1910, e as “Estatísticas das Estradas de Ferro do Brasil”, relativas ao período 1932-1936, confeccionadas pela então Inspetoria Federal das Estradas. A partir da apreciação de cada um deles foi possível sistematizar as informações impressas nestes documentos, permitindo a elaboração de quadros que expõem a movimentação financeira, de pessoas e mercadorias executadas pela EFMS durante o período estabelecido.

Com relação às informações econômicas e demográficas do Rio Grande do Norte, recorre-se a plataforma digital do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), importante fonte de estruturação das informações estatísticas, organizadas em séries históricas, produzidas pelos Censos Demográficos e outras pesquisas que envolvem aspectos populacionais e agropecuários.

Por meio do ordenamento e organização dos dados daí extraídos realizou-se a construção de materiais cartográficos que utilizam a base territorial da época disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), evidenciando questões sobre população e produção agrícola. Quanto à produção agrícola, o IPEA a define como o conjunto dos seguintes itens: algodão, arroz, banana, batata inglesa, cacau, café, cana-de-açúcar, feijão, fumo, laranja, mandioca, milho e trigo. Acerca dos dados populacionais utilizados, adotou-se como ponto inicial o censo realizado em 1940, data que começa a diferenciação entre população rural e urbana, o que permitiu assinalar taxas de crescimento urbano apenas entre 1940 e 1950.

Resultados e Discussões

REDES TÉCNICAS E CENTRALIDADE REGIONAL: APROXIMAÇÕES TEÓRICAS

Walter Christaller, geógrafo alemão, desenvolveu durante a década de 1930 um estudo voltado a localizar as atividades econômicas no sul da Alemanha e de que formas estas se distribuíam. Seus resultados e postulados dariam origem àquela que ficaria

conhecida como “Teoria das Localidades Centrais” (BENKO, 1999), posteriormente difundida em ampla escala ao redor do mundo e norteadora das pesquisas centradas na compreensão das redes e hierarquias urbanas, como, por exemplo, aquelas desenvolvidas pelo IBGE, no Brasil, desde a década de 1960.

Christaller, ao ponderar este fenômeno na escala intraurbana, considerava a oferta de bens e serviços na determinação de uma área central a partir das ‘funções centrais’ que estes são capazes de desempenhar (BESSA, 2012). Ele levava em consideração, também, o grau de interação realizado com a “hinterlândia” ou área de influência do centro. Ou seja, o nível do alcance espacial que os fluxos irradiantes ou convergentes do ou para o núcleo abarcavam.

Tal configuração constitui, conforme Bessa (2012), uma diferenciação hierárquica dos lugares, estipulada pela abrangência de outros centros com menor gabarito. Nesse sentido, a aglomeração das principais atividades comerciais, de gestão pública e privada, além dos terminais de transportes inter-regionais e intraurbanos, simbolizam o foco principal das interações espaciais estabelecidas (CORRÊA, 1989). Para Santos (2009) a localização concentrada de atividades econômicas privilegiadas resulta propriamente da divisão territorial do trabalho, modificada a cada momento histórico. A valorização e uso da área central não se tratam de processos casuais. Revela m que, com relação aos outros subespaços "o valor real de cada um não depende de sua existência separada, mas de sua qualificação geográfica, isto é, da significação conjunta que todos e cada qual obtêm pelo fato de participar de um lugar. [...] A definição conjunta e individual de cada qual depende de uma dada localização" (SANTOS, 2009, p. 132).

Nesta lógica, um lugar central não se faz ou conserva seu nível de centralidade frente a outros lugares de maneira autônoma, é profundamente dependente do movimento e amplitude das suas ligações com a área de influência que outorga esta posição. É, portanto, inconcebível pensar um lugar central que não possua infraestrutura adequada, de forma a permiti-lo um encadeamento direto com sua região de influência. Destarte, a articulação proporcionada pela rede técnica exprime um caráter essencial para as áreas centrais.

Para Santos (2008), as redes surgem para atender interesses específicos de grupos dominantes, dado que estas se constituem com base na seletividade espacial e na busca pela integração de espaços hegemônicos. Uma rede técnica pode ser compreendida como rede geográfica na medida em que interliga um conjunto de localizações por meio de um certo número de ligações (CORRÊA, 1997).

Sposito (2008) atenta para a importância de apreender uma rede a partir de seus diferentes elementos e suas características dinâmicas, intrinsecamente relacionados as atividades realizadas através dela. Em concordância, Dias (2000) afirma que o seu advento está associado a uma demanda social instaurada e como instrumento que viabiliza duas estratégias: circular e comunicar. Neste sentido, a rede ferroviária permite a circulação de pessoas, bens, mercadorias e informações por meio de um trajeto que envolve, conforme Ribeiro (2000), “pontos nodais”, ou cidades, doravante articuladas pelos trilhos.

A densificação das redes surge como imposição à crescente movimentação proporcionada, desenhando uma espécie de hierarquia urbana entre os centros envolvidos. Isto porque, no caso da rede ferroviária, há a existência de um centro tido como “gestor” da rede, para onde os mais variados fluxos confluem e emanam com

maior intensidade. Isto pode dar-se, pela proximidade de uma região portuária, responsável pelo escoamento da produção interiorana, ou ainda graças ao aglomerado de segmentos econômicos em uma mesma área.

É possível citar, como exemplo, a atividade industrial. Carlos (1988) argumenta que as indústrias, sobretudo durante o século XX, direcionavam suas instalações com base nas vantagens locacionais, privilegiando espaços coesos e que possibilissem o acesso a vias de circulação eficientes, mão-de-obra e indústrias complementares ao seu processo produtivo com o menor custo possível. Para a autora, esta ação “multiplica os pontos de concentração e produz uma rede urbana articulada e hierarquizada” (CARLOS, 1988, p. 35).

Tais benefícios poderiam ser encontrados, de modo geral, em extensões adjacentes às linhas férreas. Esta é uma característica preponderante ao estabelecimento das primeiras indústrias nacionais: localização junto aos terminais de transporte como fator essencial, significando diminuição de despesas (CORRÊA, 1989). Estamos tratando, por conseguinte, do processo de diferenciação, ou centralização, dos lugares. A rede emerge, dessa maneira, como ferramenta que potencializa e define o nível de centralidade para os espaços nela envoltos, expondo uma rede geográfica hierarquizada e comandada por um centro gestor.

A FERROVIA MOSSORÓ-SOUZA: NOTAS SOBRE SUA GÊNESE

A construção da malha ferroviária na região Nordeste brasileira está diretamente atrelada à execução das Obras Contra as Secas, realizadas inicialmente pela IOCS que, dez anos após sua fundação, passaria por uma reformulação institucional dando lugar à Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) – órgão que perdurou com esta nomenclatura até nova alteração que deu origem ao atual Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Seus primeiros passos tratavam de explorar e inserir a porção semiárida nacional em uma economia regional integrada, com uma divisão territorial do trabalho já anteriormente bem definida. Para o Nordeste, de modo geral, cabia a função de produtor agrícola e fornecedor dos insumos necessários ao incipiente parque industrial em desenvolvimento na região Sudeste – tendo por expoente, sobretudo no RN, o algodão. Para isso, era necessário, inicialmente, agregar os principais polos de exportação da época, notadamente as regiões portuárias, com a porção interior do território.

Ao tomar-se como norte analítico o viés econômico destas ações, o planejamento regional, encabeçado pelas inspetorias federais, atuou em três grandes frentes que possibilissem o progresso almejado: construção de infraestruturas ferroviárias – responsáveis por cortar e interligar o sertão ao litoral, facilitando a circulação de mercadorias a serem escoadas; edificação de inúmeros açudes com grande e pequeno porte – objetivando oferecer subsídios para as práticas agropecuárias ao permitir o represamento e utilização de grandes quantidades de água; além de numerosas intervenções sobre a vegetação local e de manejo agrícola, vislumbrando uma espécie de “desenvolvimento sustentável” e modernização dos sistemas de plantio (FARIAS, 2008; DANTAS et. al., 2018).

Contudo, estas obras não exprimiam apenas aspectos atinentes ao crescimento econômico por meio da modernização do território. Longe disso, tais empreitadas eram responsáveis por absorver uma ampla mão-de-obra sertaneja diretamente afetada pelas

secas periódicas inerentes ao tipo climático semiárido. As ferrovias prestavam de alicerce para o emprego dos retirantes, já que o repasse de verbas para o seu prolongamento pelo governo federal estavam condicionados a admissão em grandes quantidades de trabalhadores locais afetado pelas intempéries (MEDEIROS, 2018).

O RN contava, já no início da década de 1910, com duas importantes malhas ferroviárias, a EFNNC (1883) e a EFCRN (1906), ambas partindo da capital Natal. Todavia, a região Oeste potiguar tardaria a ser beneficiada pelos trilhos, tendo a EFMS iniciado sua estruturação apenas em 1915. Sua idealização pelas elites mossoroenses, entretanto, data do final do século XIX (MEDEIROS, 2018).

No âmbito da IOCS, havia, segundo o geólogo Roderic Crandall (1982 [1910]), dois projetos que visavam dar inicio a construção da estrada. O primeiro, proposto por João Ulrich Graf, determinava um traçado que partisse de Mossoró, percorrendo desde o município de Apodi, no extremo Oeste estadual, até São João do Peixe, na Paraíba. Crandall, porém, propunha um percurso distinto, que pudesse alcançar outras regiões produtivas como o Seridó, atravessando as municipalidades de Patu a Cajazeiras, nos limites paraibanos, permitindo a instalação de um ramal até Caicó (CRANDALL, 1982 [1910]). Sua preocupação denota o ensejo de estabelecer uma rede mais dinâmica para a porção Oeste do estado, potencializando o alcance espacial pela via férrea. A Figura 01 detalha estas diferentes projeções.

DE AREIA BRANCA À ALEXANDRIA: ESTABELECENDO UMA REDE ARTICULADA E HIERARQUIZADA NO OESTE POTIGUAR

O processo de expansão da malha ferroviária mossoroense apenas acentuar-se-ia no final da década de 1920, já que desde o início da sua construção, em 1915, até 1928, os trilhos apenas haviam alcançado o distrito de São Sebastião – atual município de Gov. Dix Sept-Rosado (MEDEIROS, 2007). Este período marca para a história de Mossoró uma importante reestruturação produtiva, ensejada pelo declínio do seu status de “Empório Comercial”, advindo do final do século XIX, por consequência de diversos fatores como o crescimento de outros centros de mesmo porte, como Campina Grande na Paraíba (FELIPE, 1982; OLIVEIRA, 2017).

Especialmente a partir de 1930 a economia mossoroense apresenta dois eixos norteadores: a ampliação da sua estrada de ferro e o surgimento de um conglomerado de indústrias de pequeno porte, voltadas, sobretudo, ao beneficiamento dos produtos agrícolas produzidos ao longo da sua região de influência. Ambos os elementos caminhavam em associação, na medida em que a atividade industrial se desenvolvia conforme a ferrovia alcançava novos locais de produção (OLIVEIRA, 2017).

É durante a década de 1930, também, que esta via apresenta os resultados mais positivos no que diz respeito ao seu balanço financeiro. Outrora, a expansão dos carris de ferro pautou-se de forma mais lenta, tendo em vista que no intervalo de quinze anos desde o início da sua construção apenas haviam sido assentados 77,241 km da linha. Contudo, este pequeno trecho que conectava Mossoró a São Sebastião era estratégico, pois conservava um importante elemento econômico: as primeiras jazidas de gipsita exploradas em território nacional.

Com a aparelhagem da nova malha viária, a drenagem deste produto tornou-se direta mediante a concatenação entre a linha e o porto de Areia Branca. De modo que antes de 1930 sua exportação não excedia as 2.000 toneladas e, já em 1938, registrara 17.326

quilogramas vendidos (ROSADO, 2006). O Quadro 01 apresenta os constantes resultados positivos obtidos pela EFMS entre os anos de 1932 e 1936.

Hipoteticamente, é possível depreender que o contínuo retorno lucrativo impulsionaria o prolongamento do trecho ferroviário. No intervalo de 1936 a 1941 são construídas mais cinco estações e a linha férrea já operava em cinco importantes municípios do Oeste norte-rio-grandense: Areia Branca, Mossoró, Caraúbas, Patu e Martins. No âmbito da dinâmica econômica estadual, haveria neste período, de acordo com Andrade (1994), três grandes polos produtivos: o litoral oriental, a região do Seridó e o Oeste. Neste sentido, a EFMS atendia um significativo centro de produção agrícola para o estado, dinamizando seu processo de escoamento. A Figura 02 espacializa estes três polos e demonstra a necessidade de haverem vias que os contemplassem e permitissem o transporte de mercadorias.

Com o desenvolvimento do núcleo urbano mossoroense, boa parte desta produção confluía ao seu “parque industrial” onde passava pela primeira etapa do processamento necessário à exportação para o mercado europeu e do sudeste do país (FELIPE, 1982; OLIVEIRA, 2017). Essa nova rota comercial, completamente independente da capital, denotava uma redefinição da centralidade regional de Mossoró, tido como principal centro urbano do Oeste potiguar (MEDEIROS, 2018).

A EFMS apenas alcançaria o último município dentro dos limites norte-rio-grandenses em 1951 com a construção da estação Ulrich Graf, em Alexandria. Seu alcance espacial, doravante, compreendia relevante parcela do Oeste potiguar de forma direta e todo restante de forma indireta. Isto porque as localidades que não estavam contempladas no trajeto da ferrovia, cuidavam de adotar estratégias que possibilitassem sua utilização. Na década de 1930, decorrente da limitação imposta por sua característica geomorfológica , deu-se início à construção de uma estrada de rodagem interligando a sede municipal da serra de Martins, à estação localizada no então povoado de Almino Afonso, a fim encurtar a distância entre este município e Mossoró (GOUTHIER, 2006).

O fluxo de bens, pessoas e mercadorias, incrementados pela EFMS, intensificou a ocupação e expansão das lugares envoltos em seu percurso. É notório, por exemplo, a emancipação política dos povoados de Almino Afonso, Frutuoso Gomes e São Sebastião ao nível de Distrito (Quadro 02), intrinsecamente influenciados pela nova dinâmica espacial instaurada pelos caminhos de ferro.

Pese a ausência de dados desta natureza para anos anteriores, verifica-se entre 1940 e 1950 uma significativa expansão da população urbana dos municípios que competiam ao trajeto da linha férrea , importante apontamento do papel da ferrovia mossoroense na estruturação desta rede de cidades . De modo similar, os demais pontos pertencentes ao Oeste potiguar, ou a área de influência constituída por esta rede técnica ferroviária, expõem este mesmo acréscimo, com destaque para Pau dos Ferros (216,73%), Augusto Severo (68,63%), Caraúbas (55,81%) e Patu (55,39%), conforme é possível visualizar na Figura 03.

Em 1951, as oito municipalidades ligadas diretamente pela estrada de ferro Mossoró-Souza constituíam uma primária rede de cidades no Oeste potiguar. A produção agrícola desta região afluía, em grande parte, diretamente para Mossoró, aonde podia ser beneficiada através de processos industriais e, posteriormente, escoada pelo porto de Areia Branca, estabelecendo importante dinâmica para a economia potiguar.

Conclusão

O desenvolvimento diferenciado do espaço geográfico, evidenciando áreas tidas como centrais pela concentração da oferta de bens e serviços, diz respeito diretamente à lógica de inserção do sistema capitalista sobre o território (SANTOS, 2009; SPOSITO, 2011). Esta penetração desigual gera regiões com características e funções distintas, conforme a maximização do uso das vantagens locacionais é realizada (CORRÊA, 1989). O desenvolvimento de uma rede técnica ferroviária emerge como elemento de ligação entre estas regiões distintas, ressaltando a convergência das interações espaciais realizadas para a Área Central. A porção oeste do território potiguar foi amparada com a edificação de uma linha férrea ao longo da primeira metade do século XX. Seu trajeto, que perpassava desde o município de Areia Branca até Alexandria, nos limites políticos do RN com a Paraíba, interligava um polo produtivo, desde o porto até o sertão do Nordeste. Sua construção está diretamente associada à institucionalização das “Obras Contra as Secas” realizadas na porção semiárida brasileira, que almejavam, em tese, subsidiar o desenvolvimento do interior nordestino e atenuar os efeitos sociais decorrentes das intempéries. Mossoró, importante centro comercial norte-rio-grandense, sobretudo na virada do século XIX para o XX, já se configurava como núcleo gestor da ferrovia em decorrência da notoriedade político-econômica que detinha, ou seja, graças aos processos históricos ocorridos em seu espaço. Entretanto, a partir de 1930, a reorganização produtiva e espacial direciona dois novos vetores de crescimento da cidade em detrimento da característica mercantil anterior: a expansão da EFMS e o amadurecimento do segmento industrial.

De modo geral, a indústria mossoroense era responsável por beneficiar ligeiramente o que era produzido na sua região de entorno como, a título de exemplo, o descaroçamento do algodão que era exportado para o mercado exterior e sudeste país. Com o avanço da estrada de ferro este alcance espacial é expandido, facilitando o escoamento direto da produção de outros municípios por meio dos trilhos. Por consequência, a afluência de mercadorias neste fluxo rígido entre ferrovia-porto intensifica a centralidade regional de Mossoró, denotando uma rota comercial singular independente da capital do estado. O que se verifica, efetivamente, é o desenho de uma rede urbana proporcionada pela rede técnica ferroviária. Nela, os pontos nodais envolvidos possuíam diferentes níveis de influência, estando Mossoró como centro gestor desta articulação. O crescimento demográfico e da população urbana visualizados entre 1940 e 1950 na hinterlândia mossoroense é um indicador que aponta para a afirmação deste esboço. Isto posto, é de fundamental importância o aprofundamento de análises que privilegiem este recorte espacial e as estruturas atuantes para a consolidação desta rede, ressaltando, sobretudo, a necessidade de compreender a realidade local na construção da dinâmica regional.

Referências

1. Fontes Documentais

BRASIL. Ministério da Viação e Obras Públicas. Estatística das Estradas de Ferro do Brasil relativa ao ano de 1933. Rio de Janeiro: Inspetoria Federal das Estradas, 1935.

_____. Estatística das Estradas de Ferro do Brasil relativa ao ano de 1934. Rio de Janeiro: Inspetoria Federal das Estradas, 1936.

_____. Estatística das Estradas de Ferro do Brasil relativa ao ano de 1935. Rio de Janeiro: Inspetoria Federal das Estradas, 1937.

_____. Estatística das Estradas de Ferro do Brasil relativa ao ano de 1936. Rio de Janeiro: Inspetoria Federal das Estradas, 1938.

_____. Estatística das Estradas de Ferro do Brasil relativa aos anos de 1932 e 1933 (em parte). Rio de Janeiro: Inspetoria Federal das Estradas, 1934.

CRANDALL, Roderick. Geografia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do nordeste do Brasil: Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Mossoró: Fundação Guimarães Duque. 1982. (Coleção Mossoroense).

Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada – Ipeadata. Dados Regionais. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. Fortaleza-CE: SUDENE, 23 nov. 2017.

2. Referências Gerais

ANDRADE, Manuel Correia de. A produção do espaço norte-rio-grandense. 2 ed. Natal: UFRN. Pró-Reitoria de Extensão; FUNPEC, 1994.

BENKO, Georges. A Ciência Regional. Portugal: Celta, 1999.

BESSA, Kelly. Estudos sobre a rede urbana: os precursores da teoria das localidades centrais. GeoTextos, v. 8, n. 1, p. 147-16, 2012.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. Espaço e Indústria. São Paulo: Contexto/EDUSP, 1988.

CORRÊA, Roberto Lobato. O espaço urbano. São Paulo: Ática, 1989.

_____. Trajetórias Geográficas. São Paulo: Bertrand, 1996.

DANTAS, George Alexandre Ferreira; FERREIRA, Angela Lúcia; FARIA, Hélio Takashi Maciel de. A delimitação das secas como problema técnico. In: FERREIRA, Angela Lúcia; DANTAS, George Alexandre Ferreira; SIMONINI, Yuri. Contra as secas: Técnica, Natureza e Território. 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital: INCT/Observatório das Metrópole, 2018.

DIAS, Leila Christina. Os sentidos da rede: notas para discussão. In: DIAS, Leila Christina; SILVEIRA, Rogério Leandro Lima da. (orgs.). Redes, Sociedades e Territórios. Santa Cruz do Sul - SC: EDUNISC, 2005.

_____. Redes: Emergência e Organização. In: CASTRO, Iná Elias; GOMES; Paulo César da Costa; CORRÊA, Roberto Lobato. Geografia: Conceitos e Temas. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

FARIAS, Hélio Takashi Maciel de. *Contra as Secas: A Engenharia e as origens de um*

Planejamento Territorial no Nordeste brasileiro (1877-1938). Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Natal-RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

FELIPE, José Lacerda Alves. *Economia - Rio Grande do Norte: estudo geo-histórico e econômico.* João Pessoa: GRAFSET, 2011.

_____. *Organização do espaço urbano de Mossoró.* Mossoró-RN: Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense, Série C – Volume CCXXXVI, 1982.

GOUTHIER, Misherlany. Almino Afonso: nas trilhas de uma cidade. Mossoró/RN: Fundação Vingt-Un Rosado, 2006.

MEDEIROS, Gabriel Leopoldino P. *As cidades e os trilhos: resgate histórico da implantação das ferrovias no Rio Grande do Norte e inventário de suas estações.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Natal-RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

_____. *O sonho grafiano: A estrada de Ferro de Mossoró a Souza e suas implicações sócio-espaciais.* Anais do I Seminário Nacional de História Social dos Sertões/II Colóquio de História Social dos Sertões. Crato-CE: Universidade Regional do Cariri - URCA, 2018.

OLIVEIRA, Jionaldo Pereira de. *Uma análise da formação e expansão do urbano de Mossoró: dinâmica e contradições.* Revista Pensar Geografia, v. 1, n. 1, 2017.

RIBEIRO, Miguel Angelo. *Abordagens analíticas das redes geográficas.* Boletim Goiano de Geografia, v. 20, n. 1/2, 2000.

ROSADO, Vingt-Un. *Mossoró.* 2.ed. Mossoró: Fundação Vingt-Un Rosado, 2006.

SANTOS, Milton. *A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção.* São Paulo: EDUSP, 2009.

_____. *Metamorfoses do espaço habitado.* São Paulo: EDUSP, 2008.

SPOSITO, Eliseu Savério. *Redes e cidades.* São Paulo: Editora UNESP, 2008.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. *A produção do espaço urbano: escalas, diferenças e desigualdades socioespaciais.* In: CARLOS, Ana Fani Alessandri; SOUZA, Marcelo Lopes de; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (Orgs.). *A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios.* São Paulo: Contexto, 2011.

Anexos

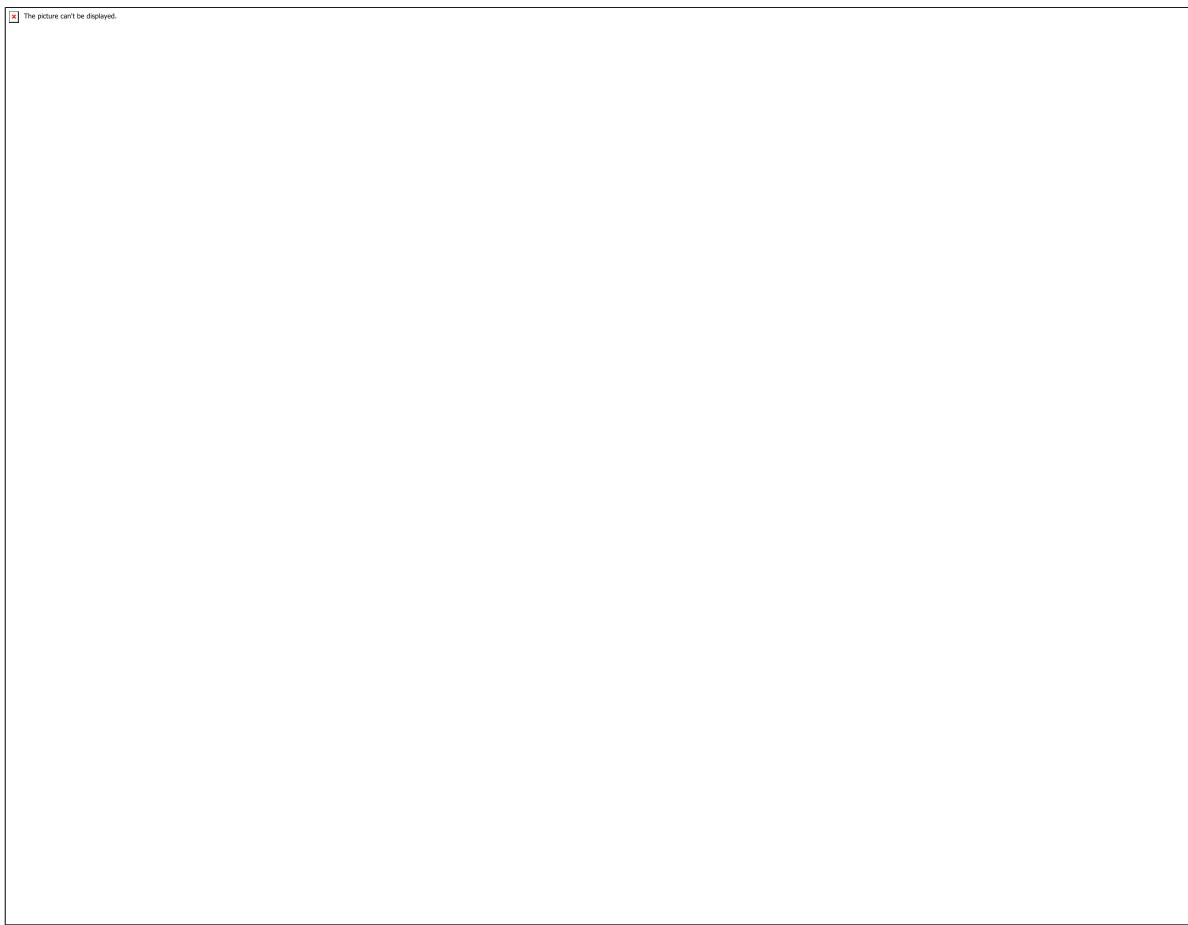
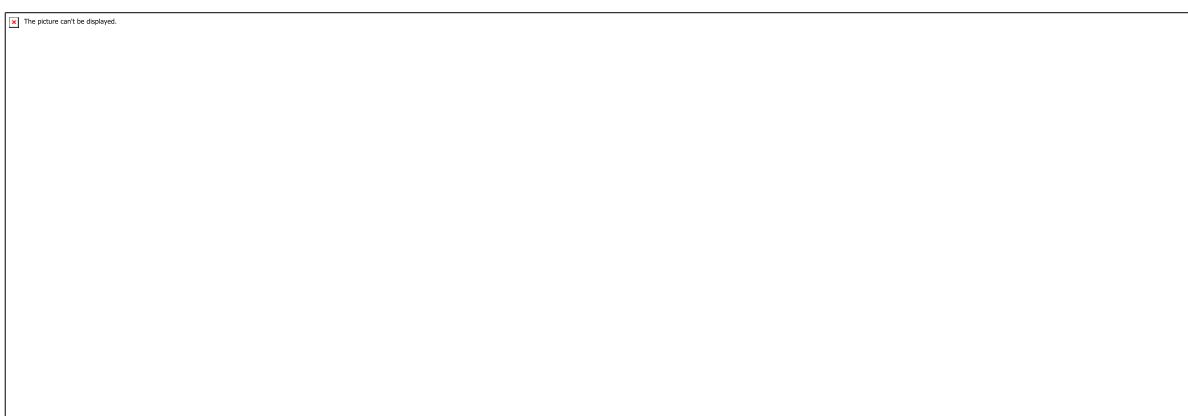


Figura 01 - Projeção dos dois projetos de percurso da EFMS pela IOCS (1911)



Quadro 01 - Estatísticas da Ferrovia Mossoró-Souza (1932-1936)

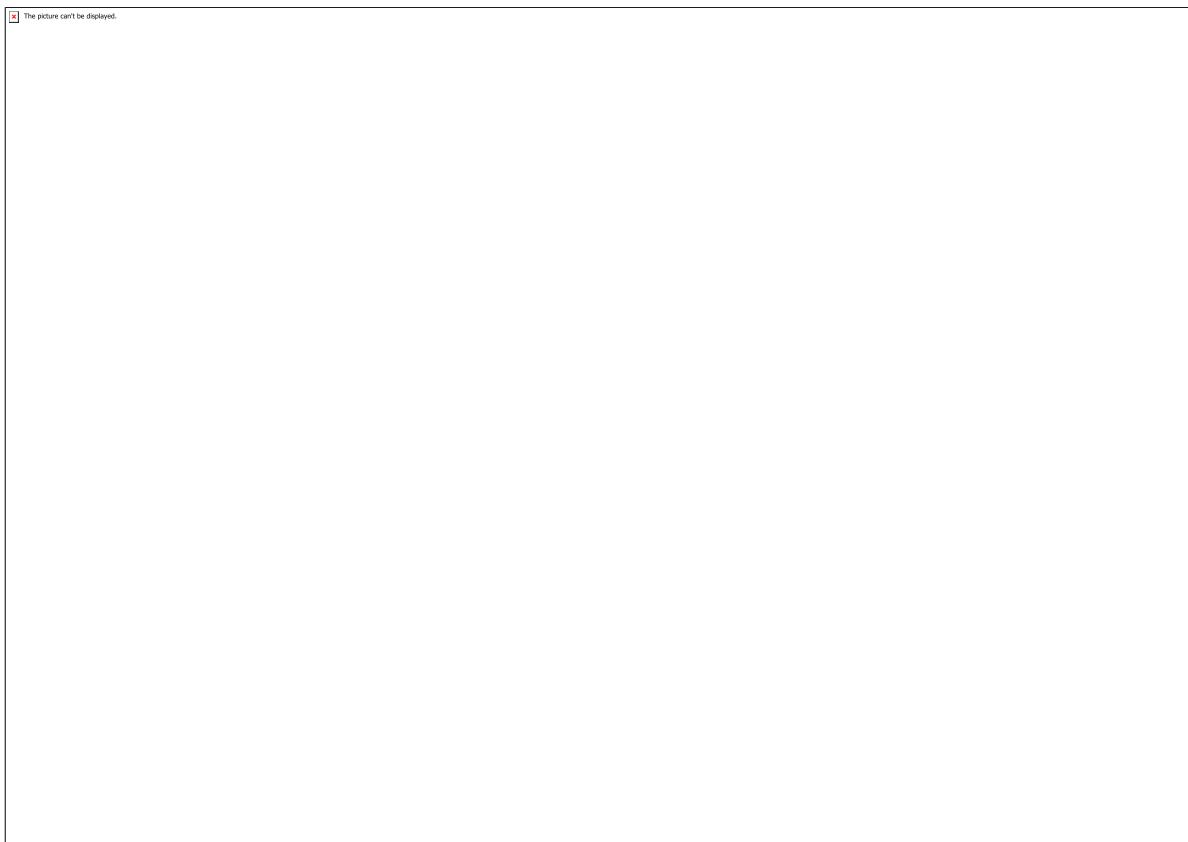
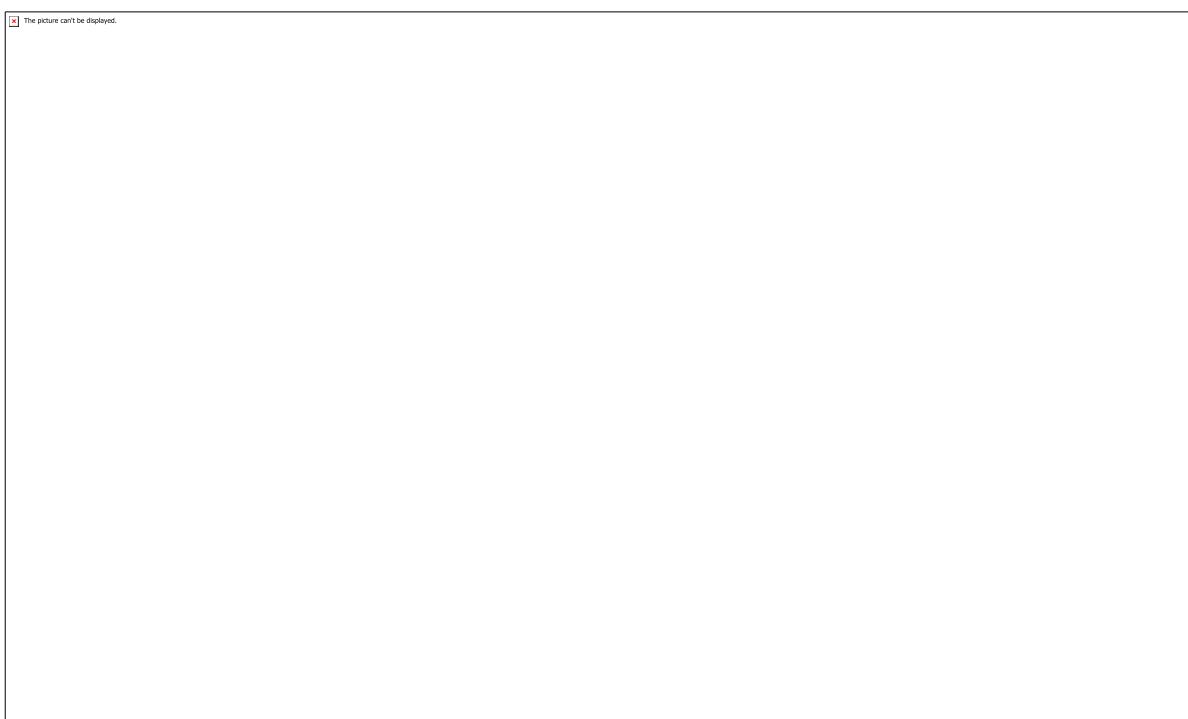


Figura 02 – Espacialização da Produção Agrícola (ton.) do RN em 1940



Quadro 02 - Relação entre início das atividades da EFMS e emancipação política das localidades

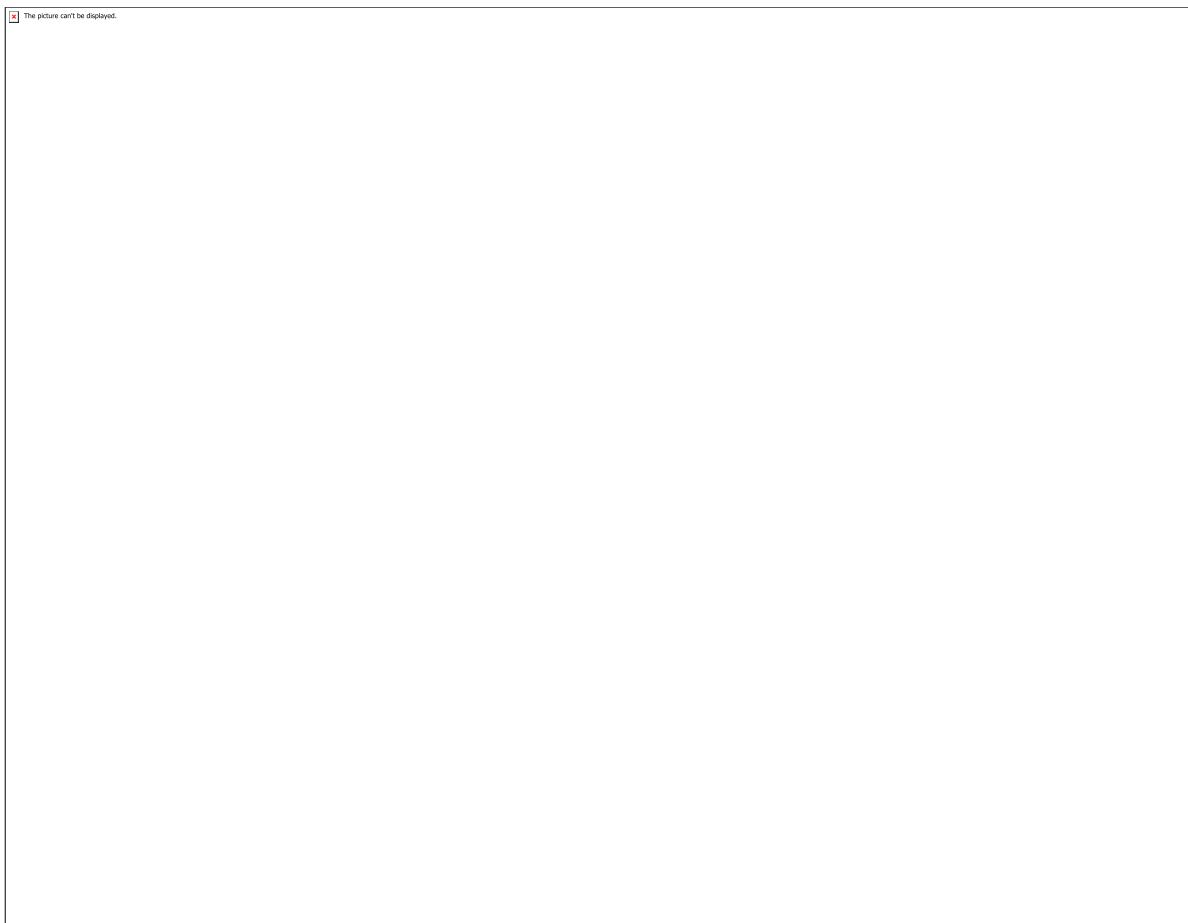


Figura 03 – Representação da taxa de crescimento urbano por município do RN entre 1940 e 1950

CÓDIGO: HS0829

AUTOR: GABRIEL MEDEIROS PROCOPIO NUNES

ORIENTADOR: JAMERSON VIEGAS QUEIROZ

TÍTULO: ANÁLISE DA EXPANSÃO RECENTE DA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

Resumo

RESUMO O Plano de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional é uma política pública para a ampliação de unidades de educação profissional em todo o território Brasileiro. Concomitante a essa política, a qualidade do ensino tem sido avaliada pelos órgãos de controle através de indicadores de desempenho padronizados para toda a Rede Federal. Neste artigo, buscou-se identificar as variações regionais no desempenho dos Institutos Federais de 2009 a 2017. Este estudo é uma pesquisa exploratório-descritiva ex-post-facto com abordagem quantitativa. Para a atingir os objetivos, através das técnicas de estatística descritiva, coletou-se os dados nos Relatórios anuais de análise dos Indicadores de gestão da Rede Federal. Os resultados revelaram diferenças de desempenho entre as regiões do Brasil em vários aspectos, tais como infraestrutura e indicadores acadêmicos. A pesquisa revela-se importante para a avaliação dos impactos da expansão da Rede Federal enquanto política educacional

Palavras-chave: Palavras chave: Indicadores de desempenho, Expansão da Educação Profis

TITLE: AVALIAÇÃO DO PLANO DE EXPANSÃO DA REDE FEDERAL DE ENSINO SEGUNDO INDICADORES DE DESEMPENH

Abstract

O Plano de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional é uma política pública para a ampliação de unidades de educação profissional em todo o território Brasileiro. Concomitante a essa política, a qualidade do ensino tem sido avaliada pelos órgãos de controle através de indicadores de desempenho padronizados para toda a Rede Federal. Neste artigo, buscou-se identificar as variações regionais no desempenho dos Institutos Federais de 2009 a 2017. Este estudo é uma pesquisa exploratório-descritiva ex-post-facto com abordagem quantitativa. Para a atingir os objetivos, através das técnicas de estatística descritiva, coletou-se os dados nos Relatórios anuais de análise dos Indicadores de gestão da Rede Federal. Os resultados revelaram diferenças de desempenho entre as regiões do Brasil em vários aspectos, tais como infraestrutura e indicadores acadêmicos. A pesquisa revela-se importante para a avaliação dos impactos da expansão da Rede Federal enquanto política educacional

Keywords: AVALIAÇÃO DO PLANO DE EXPANSÃO DA REDE FEDERAL DE ENSINO SEGUNDO INDIC

Introdução

1. INTRODUÇÃO A crescente preocupação com a transparência e bom uso de recursos públicos levam as instituições a mensurar os investimentos e as atividades realizadas nos diversos programas desenvolvidos dentro de políticas públicas. Essa preocupação se estende aos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, Centros de educação profissional que são submetidos a constantes avaliações do desempenho, seja por iniciativa do Ministério de Educação (MEC) ou dos órgãos de controle como o Tribunal de Contas da União (Thomaz, 2013). Avaliações de desempenho são fortes fatores para o cenário estratégico de qualquer organização, podendo contribuir para um melhor controle e consequentes quedas nos custos, pois é possível mensurar e agir de forma efetiva, tentando sempre otimizar recursos. Ademais, em um cenário onde não se dispõe de recursos em abundância e com fortes quedas nas receitas das instituições, faz-se necessário saber onde e como investir, de forma a garantir o pleno funcionamento das atividades. Assim, diante da necessidade de se avaliar os resultados da expansão da Rede Federal enquanto política pública de educação, dos resultados apontados por Thomaz (2013) e da ampliação da disponibilidade de dados, pretende-se, neste trabalho, avaliar os indicadores de desempenho dessas instituições, a fim de aferir o padrão de desempenho dos serviços prestados, no contexto da expansão dos Institutos Federais, abrangendo um período temporal maior, de 2009 a 2017. Através do estudo, será possível identificar, se houver, as variações regionais no desempenho dos Institutos Federais compreendido no período analisado. Junto ao objetivo geral, busca-se atender aos seguintes objetivos específicos: (i) analisar os indicadores utilizados nos relatórios de gestão para cada região, (ii) comparar os indicadores de gestão da rede federal com cada região do país, (iii) avaliar os indicadores por meio da análise descritiva dos dados. Este estudo está organizado em 5 seções. Além dessa parte de marco conceitual e introdutório, tem-se na seção 2, a fundamentação teórica com os conceitos que nortearam o estudo, na seção 3 a metodologia de pesquisa que apresenta os aspectos metodológicos utilizados para levantamento e análise dos dados. A seção 4, Resultados, expõe os resultados da pesquisa e a descrição dos dados finais. Na seção 5 se encontram as considerações finais do trabalho, e possíveis sugestões de trabalhos futuros. Por fim, referências utilizadas na pesquisa estão na parte final do trabalho.

Metodologia

METODOLOGIA Esse trabalho é classificado como pesquisa descritiva quanto aos seus objetivos, visando descobrir a existência de associação ou de relação entre as variáveis. Para Gil (2002), “algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação”. Quanto a abordagem da pesquisa, esta é quantitativa, sendo caracterizada pelas técnicas utilizadas para análise dos dados, as técnicas estatísticas. Este trabalho pode ainda ser caracterizado como ex-post-facto, pois tem o propósito de verificar a existência de relações entre variáveis, quando o estudo for realizado após a ocorrência de variações na variável dependente no curso natural dos acontecimentos (GIL, 2002). De todas as unidades da Rede Federal, foram avaliadas 41 instituições federais neste estudo, compreendendo os 38 Institutos Federais, os 2 CEFET e o Colégio Pedro II. Os dados utilizados são os resultados dos 12 indicadores de desempenho demandados pelo TCU à Setec. O Quadro 2 apresenta esses indicadores e sua descrição. Quadro 02 - Indicadores de desempenho dos Institutos Federais Indicadores/IF Sigla Descrição 1. Relação Candidato/Vaga (índice de efetividade) RCV Este indicador mede a consonância entre a oferta de vagas em relação à procura do público. 2. Relação Ingressos/Alunos IA Este indicador mede a capacidade de renovação do quadro discente. 3. Relação Concluintes/Alunos RCA Este indicador mede a capacidade de

alcançar êxito escolar. 4. Índice de Eficiência Acadêmica – Concluintes IEAC Este indicador mede a capacidade de alcançar êxito entre os alunos que finalizam. 5. Índice de Retenção do Fluxo Escolar RFE Este indicador mede a relação de alunos que não concluem seus cursos no período previsto. 6. Relação Alunos/Docente em tempo integral ADTI Este indicador mede a capacidade de atendimento pela força de trabalho. 7. Índice de Titulação do Corpo Docente ITCD Este indicador mede o índice de atualização do corpo docente. 8. Gastos Correntes por Aluno GCA Este indicador mede o custo médio de cada aluno da Instituição. 9. Percentual de Gastos por Pessoal GP Este indicador mede os gastos com pessoal em relação aos gastos totais da Instituição.

7 Fonte: Acórdão 2.267/2005-TCU. Em relação ao indicador do perfil Socioeconômico da Clientela - PSC, por ser desconhecida a amostra de discentes utilizados no cálculo do indicador, optou-se por não utilizá-lo neste trabalho. As 23 escolas técnicas vinculadas e a UTFPR demonstram o conjunto de indicadores que o TCU demanda às universidades, o que as exclui do escopo de análise deste estudo. A coleta de dados se deu por meio eletrônico, através dos Relatórios anuais de Análise dos Indicadores de gestão das Instituições Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica da Setec, no período de 2009 a 2017. Os procedimentos utilizados para alcançar os resultados da pesquisa estão descritos na figura 02. Figura 02 – Procedimentos da pesquisa Fonte: Elaborado por autores (2019) Na etapa 1, Detalhamento dos objetivos da Pesquisa, foram definidas quais análises seriam feitas e qual o período de avaliação, de acordo com a disponibilidade de dados confiáveis. A Lei 11.892, publicada em dezembro de 2008, criou os Institutos Federais a partir de uma estrutura descentralizada, resultante da fusão de diversas escolas agrotécnicas e/ou CEFET. Dessa forma, por não haver histórico anterior a 2009 em diversas instituições, considerou-se apenas os dados a partir de então. Também se optou por não utilizar o indicador de Perfil Socioeconômico da Clientela, pela ausência considerável de dados ou confiabilidade duvidosa, não sendo possível identificar a amostra utilizada para o cálculo. Na etapa 2, Levantamento dos dados nos Relatórios de Indicadores de 2008 a 2017, foram coletados os dados da pesquisa nos relatórios de gestão da rede federal de ensino. Na etapa 3, Agrupamento dos dados por região, foi utilizado o Software Excel para tratar e agrupar os dados, facilitando sua análise e posterior criação dos gráficos, realizados na etapa 4. Por fim, na etapa 5 foram feitas considerações sobre os resultados obtidos, com ênfase no desempenho agrupado por regiões do território nacional, apresentando as que ganham destaque e quais merecem atenção, a depender do quesito analisado.

- Detalhamento dos objetivos da Pesquisa
- Detalhamento dos objetivos da Pesquisa Etapa 1
- Levantamento dos dados nos Relatórios de Indicadores de 2008 a 2017
- Levantamento dos dados nos Relatórios de Indicadores de 2008 a 2017 Etapa 2
- Agrupamento dos dados por região
- Agrupamento dos dados por região Etapa 3
- Análise dos Dados
- Análise dos Dados --Estatística Descritiva
- Estatística Descritiva Etapa 4
- Considerações sobre resultados obtidos Etapa 5
- Considerações sobre resultados obtidos Etapa 5

10. Percentual de Gastos com Outros Custos GOC Este indicador mede os gastos com outros custos em relação aos gastos totais da Instituição. 11. Percentual de gastos com Investimentos GI Este indicador mede os gastos com investimentos em relação aos gastos totais da Instituição. 12. Perfil Socioeconômico da Clientela PSC Este indicador mede a capacidade de inclusão social da instituição. 8

Resultados e Discussões

4. RESULTADOS A análise dos resultados foi feita por meio da coleta e interpretação dos indicadores de desempenho constantes nos relatórios anuais de Análise dos Indicadores de gestão das Instituições Federais de Educação Profissional, Científica e

Tecnológica a fim de destacar os aspectos mais relevantes do desempenho dos Institutos por região, como também analisar a trajetória das instituições no contexto da expansão, considerando o recorte regional. A análises serão apresentadas conforme disposto na tabela 03. Tabela 03 – Sistematização dos indicadores por tema Agrupamento Indicadores associados Ingresso do discente RCV - Relação Candidato/Vaga IA – Relação Ingressos/Aluno Matriculado Conclusão do curso pelo discente RCA – Relação Concluintes/Aluno Matriculado IEAC – Índice de Eficiência Acadêmica de Concluintes RFE – Índice de Retenção do Fluxo Escolar Pessoal docente ADTI – Alunos/Docente em Tempo Integral ITCD – Índice de Titulação do Corpo Docente Despesas e investimentos GCA – Gastos Correntes por Aluno GP – Gastos com Pessoal GOC – Gastos com Outros Custeios GI – Gastos com Investimentos Fonte: Elaborado por autores (2019) O agrupamento conforme tabela 03 permite uma melhor interpretação dos resultados alcançados com os indicadores da Rede Federal, conforme afinidade do indicador ao tema representado pelo agrupamento. Dessa forma, obtém-se uma análise do tema explorada por diversos ângulos, o que se propõe a enriquecer a compreensão dos fenômenos ligados ao desempenho.

4.1 AGRUPAMENTO INGRESSO DO DISCENTE

Esse agrupamento apresenta os indicadores RCV e IA. Na figura 03, pode-se observar os valores dos indicadores referentes à Relação Candidato/Vaga em cada região. Figura 03 - Indicador RCV

Ano	N	S	SE	CO	NE	IA
2009	4,3	7,3	6,4	5,8	4,9	4,0
2010	7,3	5,8	7,0	4,4	4,8	5,5
2011	7,3	5,8	7,0	4,4	4,8	5,5
2012	8,0	5,9	6,2	8,8	6,8	7,3
2013	5,7	7,3	5,7	4,6	5,0	4,3
2014	5,3	7,5	5,7	4,6	5,0	4,3
2015	4,7	4,2	6,2	5,3	5,0	4,3
2016	4,0	4,5	4,6	4,7	4,2	4,0
2017	4,6	3,7	3,3	3,3	3,0	2,9
2018	1,8	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0
2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaborado por autores (2019)

Da figura 03 se observa, quanto a amplitude, que as regiões Sul (S), Sudeste (SE) e Centro Oeste (CO) possuem as menores procuras, enquanto que a região Nordeste (NE) e Norte (N) possuem as maiores. Em termos de tendência, observa-se que os valores oscilam ao longo do tempo, sendo que em 2017 todas as regiões apresentaram queda e, destas regiões, merece destaque a região Sul que teve queda acentuada desde 2015. Desse modo, analisando as oscilações visuais das curvas por região, percebe-se oscilações frequentes em NE e N, com a situações de “picos” e “vales” ao longo das séries. Além disso, ocorre também a variabilidade em cada ano, em função das diferenças de RCV entre os Institutos Federais de uma determinada região. Observa-se, das análises do RCV das regiões que existem diferenças de padrão entre NE, N e S, SE, CO. A procura em N e NE ainda não é estável (possível processo de consolidação das ofertas) e a região S possui menores procura e queda acentuada nos últimos anos, ponto relevante para possíveis pesquisas, tais como entender o impacto das instituições nessa região. Quanto ao indicador de Relação Ingressos/Aluno Matriculado, pode-se, por meio da figura 4, analisar o comportamento das regiões e notar que após o ano de 2010, todas as regiões obtiveram queda. Figura 04 – Indicador IA

Ano	N	S	SE	CO	NE
2009	9,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2010	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2011	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2012	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2013	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2014	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2015	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2016	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2017	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2018	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0
2019	10,0	10,0	7,0	8,0	9,0

Fonte: Elaborado por autores (2019)

Em relação as amplitudes das séries, vê-se que, após 2010, todas as regiões apresentam amplitudes próximas, entre 30% a 40%, exceto a região NE que após 2013 teve queda e alcançou valores inferiores a 30%. A região Nordeste possui menor valor entre 2014 e 2017 do que as demais regiões. A região Norte, após crescer e assumir um pico de 56% em 2010, provavelmente devido a expansão da rede federal, tem uma queda nos anos seguintes, seguindo a tendência das outras regiões. Avaliando a tendência das séries do indicador IA, observa-se menos oscilações e resultados mais semelhantes entre as regiões. Isso demonstra que a ocupação de novas vagas está se mantendo em patamares estáveis, para todas as regiões. Observa-se, portanto, na análise do agrupamento Ingresso do discente, que apesar da menor procura por vaga ocorrer nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, essas regiões tem o maior percentual de ingressantes dentre seu alunado. Tal fenômeno denota maior eficiência de matrícula em relação ao interesse do candidato, hipoteticamente indicando maior grau de convicção da escolha dos cursos por esses candidatos.

2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017	N	N	47,0%
47,0%	56,0%	56,0%	34,7%	34,7%	28,4%	28,4%	28,2%	28,2%	30,4%	30,4%	29,7%	29,7%			
29,7%	30,9%	30,9%	33,9%	33,9%	NE	NE	33,0%	33,0%	47,0%	47,0%	40,5%	40,5%			
33,2%	33,2%	32,8%	32,8%	26,7%	26,7%	23,6%	23,6%	27,9%	27,9%	34,0%	34,0%	CO	CO		
CO	24,0%	24,0%	51,0%	51,0%	45,5%	45,5%	42,9%	42,9%	39,7%	39,7%	34,1%	34,1%			
39,8%	39,8%	37,1%	37,1%	34,3%	34,3%	SE	SE	30,0%	30,0%	43,0%	43,0%	41,5%	41,5%		
41,5%	38,6%	38,6%	39,1%	39,1%	34,0%	34,0%	31,8%	31,8%	40,6%	40,6%	38,5%	38,5%			
S	S	25,0%	25,0%	42,0%	42,0%	40,8%	40,8%	33,0%	33,0%	28,3%	28,3%	34,4%	34,4%		
34,4%	33,4%	33,4%	36,8%	36,8%	40,1%	40,1%	0,0%	0,0%	10,0%	10,0%	20,0%	20,0%			
30,0%	30,0%	40,0%	40,0%	50,0%	50,0%	60,0%	60,0%	Ingressos/ (%)	Ingressos/ (%)						

10 4.2 AGRUPAMENTO CONCLUSÃO DO CURSO PELO DISCENTE Esse agrupamento é representado pelos indicadores RCA, IEAC e RFE, demonstrados nas figuras 05, 06 e 07 que são indicadores de conclusão de curso pelos discentes. A figura 05 apresenta o indicador de Relação Concluintes/Aluno Matriculado, este mede a porcentagem de formados entre o total de matrículas. Figura 05- Indicador RCA Fonte: Elaborado por autores (2019) Observa-se no indicador RCA da figura 05, uma variação alta nos dados se comparar as regiões. A partir de 2016 é apresentado um crescimento, que encontra respaldo nos valores de RFE no mesmo período. Nota-se, claramente, que a região Sul possui maior porcentagem em relação as demais regiões. Em relação a tendência, as regiões Sul e Sudeste apresentam os maiores índices, ficando, na maioria dos anos, acima dos 14%. Entre 2014 a 2016 a região Nordeste obteve valores abaixo de 9%. De modo geral, todas as regiões apresentam altos e baixos em seus índices, destacando as regiões S e SE que possuem maiores valores de concluintes por matriculados. Após 2016 vê-se um aumento em todas as regiões, período pós expansão da rede federal. Na figura 06, apresenta-se o índice de eficiência acadêmica de concluintes e seu comportamento no decurso do tempo estabelecido. O indicador comunica a proporção de concluintes frente ao total de matrículas finalizadas na instituição, seja por conclusão ou por evasão.

2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017	2017	N	N	16,1%	16,1%	12,9%				
12,9%	8,5%	8,5%	11,5%	11,5%	9,8%	9,8%	12,3%	12,3%	10,2%	10,2%	12,4%	12,4%	18,2%	18,2%	NE	NE	13,3%	13,3%	12,5%	12,5%	12,7%	12,7%	15,5%	15,5%	11,4%		
11,4%	7,2%	7,2%	7,0%	7,0%	8,8%	8,8%	19,4%	19,4%	19,4%	CO	CO	11,2%	11,2%	13,1%	13,1%	13,1%	13,1%	8,5%	8,5%	10,4%	10,4%	10,9%	10,9%	11,2%	11,2%	11,9%	
13,1%	18,4%	18,4%	SE	SE	16,4%	16,4%	12,8%	12,8%	18,0%	18,0%	17,3%	17,3%	15,0%	15,0%	14,9%	14,9%	14,9%	14,9%	15,6%	15,6%	12,8%	12,8%	21,1%	21,1%	SS		
12,9%	20,1%	20,1%	16,8%	16,8%	16,0%	16,0%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,7%	14,7%	16,2%	16,2%	22,9%	22,9%	0,0%	0,0%	5,0%	5,0%	10,0%	10,0%	15,0%	15,0%	20,0%	20,0%	25,0%
25,0%	Concluintes/Matriculados (%)	Concluintes/Matriculados (%)																									

11 Figura 06- Indicador IEAC Fonte: Elaborado por autores (2019) A figura revela um crescimento na eficiência acadêmica de concluintes (IEAC), de 2010 para 2011. A eficiência acadêmica no início da trajetória apresenta baixos valores, pela característica de início de atuação de diversos Institutos Federais, a partir de 2008 com a publicação da Lei 11.892/08. No entanto, há crescimento, mantendo-se o IEAC entre 40% a 50%, nas regiões. Em todas as regiões acontecem oscilações, destacando-se a região CO que apresenta os menores valores entre os anos de 2011 a 2015. As regiões Norte e Sudeste obtiveram os maiores valores de concluintes por finalizados entre os anos de 2014 a 2016, mas em 2016 e 2017 tiveram queda em seus valores. Em 2017 houve uma aproximação entre os valores das regiões. Isso indica que, nas regiões, a quantidade de matrículas que em 2017 não finalizaram o curso tem valores aproximados. Quanto ao indicador de Índice de Retenção do Fluxo Escolar, apresentado na figura 07, comunica a porcentagem de matrículas que se encontraram retidas pelo menos um dia no ano de referência. Há uma relação inversa entre os indicadores RFE (figura 07) e RCA (figura 05), ocorrida pela ocorrência de retenção, ou seja, ao invés dos alunos concluírem no

tempo esperado estão levando mais tempo para a conclusão, permanecendo por um período maior, portanto, na instituição. Figura 07- Indicador RFE Fonte: Elaborado por autores (2019)

	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017	N	N																																																																																																																																																																																																							
16,1%	16,1%	16,1%	12,9%	12,9%	43,0%	43,0%	42,9%	42,9%	50,6%	50,6%	50,6%	50,6%	50,6%	50,6%	56,5%	56,5%	48,5%	48,5%	50,9%	50,9%																																																																																																																																																																																																							
13,3%	12,5%	12,5%	51,8%	51,8%	60,1%	60,1%	49,1%	49,1%	51,2%	51,2%	41,6%	41,6%	41,6%	41,6%	46,2%	46,2%	48,2%	48,2%	CO	CO																																																																																																																																																																																																							
36,4%	36,4%	35,2%	35,2%	41,7%	41,7%	42,4%	42,4%	42,0%	42,0%	46,3%	46,3%	SE	SE	16,4%	16,4%	12,8%	12,8%	50,4%	50,4%																																																																																																																																																																																																								
51,0%	51,0%	50,6%	50,6%	45,6%	45,6%	S	S	14,3%	14,3%	12,9%	12,9%	55,6%	55,6%	52,0%	52,0%	53,9%	53,9%	52,9%	52,9%																																																																																																																																																																																																								
0,0%	0,0%	10,0%	10,0%	20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	40,0%	40,0%	50,0%	50,0%	60,0%	60,0%	60,0%	70,0%	70,0%	Concluintes/Finalizados	Concluintes/Finalizados																																																																																																																																																																																																									
2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017	N	N																																																																																																																																																																																																								
16,2%	16,2%	13,6%	13,6%	34,0%	34,0%	45,8%	45,8%	42,3%	42,3%	46,3%	46,3%	47,9%	47,9%	48,2%	48,2%	44,6%	44,6%	NE	NE																																																																																																																																																																																																								
37,4%	37,4%	44,6%	44,6%	38,1%	38,1%	42,1%	42,1%	46,4%	46,4%	48,7%	48,7%	44,6%	44,6%	10,0%	10,0%	14,2%	14,2%	26,5%	26,5%																																																																																																																																																																																																								
37,7%	CO	CO	10,0%	10,0%	14,2%	14,2%	31,3%	31,3%	28,0%	28,0%	34,1%	34,1%	37,6%	37,6%	38,5%	38,5%	39,6%	39,6%	SE	SE																																																																																																																																																																																																							
14,1%	14,1%	34,8%	34,8%	35,1%	35,1%	33,6%	33,6%	37,3%	37,3%	39,7%	39,7%	35,4%	35,4%	32,4%	32,4%	14,1%	14,1%	13,1%	13,1%																																																																																																																																																																																																								
38,7%	38,7%	39,2%	39,2%	44,9%	44,9%	36,4%	36,4%	33,2%	33,2%	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	40,0%	40,0%																																																																																																																																																																																																								
20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	40,0%	40,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	60,0%	60,0%	Retidos/Matriculados	Retidos/Matriculados	12	As	regiões	Sul,	Sudeste	e	Centro	Oeste,																																																																																																																																																																																																						
historicamente,	possuem	maior	proporção	de	concluintes	e	menores	taxas	de	retenção	de	alunos,	apresentando	maior	eficiência	escolar.	As	regiões	Norte	e	Nordeste,	em	contrapartida,	possuem	os	maiores	índices	de	retidos	por	matriculados.	Após	2010,	as	regiões	tiveram	um	crescimento	e	permaneceram	entre	as	faixas	de	30%	a	48%	em	seus	valores.	Sendo	que	as	regiões	CO	e	SE,	em	seus	dados,	nunca	ultrapassaram	valores	acima	de	40%.	Assim,	as	curvas	não	oscilam	muito	entre	as	regiões,	tendo	um	comportamento	semelhante	apesar	da	diferença	pequena	dos	valores.	Destaca-se	a	região	CO	que	embora	todas	as	outras	regiões	possuam	picos	e	vales,	a	oscilação	visual	permite	ver	diminuição	de	seu	valor	em	2013,	e	após	isso,	seus	valores	estão	cada	vez	crescendo,	sendo	a	única	região	que	possui	crescimento	no	ano	de	2017.																																																																																									
4.3	AGRUPAMENTO	PESSOAL	DOCENTE	Quanto	aos	Investimentos	em	pessoal	docente,	a	figura	08	apresenta	os	valores	anuais	do	indicador	ADTI.	O	mesmo	trata	da	relação	aluno	por	professor.	Observa-se	na	figura	que	o	indicador	ADTI	tem	tendência	de	crescimento	no	período	2011-2013	(Fase	III	da	expansão).	Embora	nesse	período	as	regiões	tenham	exibido	valores	superiores	ao	esperado	(20,00).	Porém,	nos	anos	seguintes	os	valores	baixam,	buscando	se	normalizar	para	todas	as	regiões.	Figura	8	-	Indicador	ADTI	Fonte:	Elaborado	por	autores	(2019)	O	indicador	ADTI	não	pode	ser	nem	muito	baixo,	situação	onde	estaria	subutilizando	os	docentes	e	nem	muito	alto,	situação	onde	estaria	sobrecregendo	os	docentes.	Nessa	situação,	vê-se	que	após	os	anos	de	2011	a	2013,	onde	os	dados	alcançaram	seus	maiores	picos,	as	regiões	N,	NE	possuem	os	maiores	valores.	Esse	evento	ocorreu	devido	a	expansão	da	rede	federal,	pois	tinha-	se	muitos	discentes	devido	a	uma	maior	abertura	de	vagas	e	não	se	tinha	contratação	de	docentes.	Situação	que	foi	normalizada	a	partir	de	2014.	De	forma	geral,	os	dados	permitem	inferir	que	os	institutos	federais	têm	buscado	cumprir	a	meta	estabelecida	desse	indicador	da	rede	federal.	Ainda	no	mesmo	agrupamento,	a	figura	09	expõe	o	Índice	de	Titulação	do	Corpo	Docente.	Esse	indicador	mostra	o	quanto	os	professores	possuem	competências	através	de	progressões	e	especializações.

24,1 NE NE 20,1 20,1 16,6 16,6 22,9 22,9 27,2 27,2 27,3 27,3 25,1 25,1 20,5 20,5 21,2
21,2 22,4 22,4 CO CO 22,5 22,5 17,6 17,6 19,5 19,5 24,8 24,8 30,2 30,2 19,4 19,4 18,7
18,7 20,4 20,4 22,2 22,2 SE SE 17,7 17,7 19,7 19,7 23,5 23,5 29,5 29,5 31,1 31,1 21,6
21,6 18,9 18,9 17,2 17,2 20,3 20,3 S S 18,6 18,6 17,9 17,9 30,3 30,3 35,6 35,6 31,1 31,1
22,0 22,0 17,3 17,3 18,4 18,4 20,6

Conclusão

5 CONCLUSÃO A análise regional realizada através dos indicadores da Rede Federal revelou diferenças nos desempenhos e desdobramentos da Expansão entre as regiões. A política de expansão contribuiu para que o ensino se interiorizasse e que os institutos federais chegassem a públicos que não tinham condições de se deslocar para as capitais e estudar. Observou-se nas análises que as regiões Sul e Sudeste possuem maior proporção de concluintes e menores taxas de retenção de alunos, apresentando maior eficiência escolar e, consequentemente, melhores desempenhos. Quanto as demais regiões, que apresentam um índice de eficiência menor, precisam de ações que melhorem os indicadores e assim, tenha-se um resultado satisfatório do plano de expansão que vai muito além de só aumentar o quantitativo de institutos. Foi observado que apesar da menor procura por vaga ocorrer nas regiões Sul e Centro-Oeste, essas regiões tem o maior percentual de ingressantes dentre seu alunado. Quanto ao agrupamento Pessoal docente, evidenciou-se o bom desempenho nas regiões Sul e Sudeste uma vez que têm uma boa distribuição e boa titulação dos seus docentes. Nas outras regiões o desempenho não satisfatório pode ter ocorrido pelas condições socioeconômicas. Quantos ao agrupamento dos gastos, Em geral, os percentuais de todos os gastos diminuem, exceto os gastos por pessoal. A rede federal vive um congelamento dos gastos imposta pelo governo federal e isso tem afetado na diminuição dos gastos com investimentos O objetivo da pesquisa de investigar diferenças no desempenho dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia no período 2009-2017, durante e após a expansão das unidades de ensino, foi atingido na medida em que respondeu ao problema de pesquisa proposto por meio dos indicadores coletados nos relatórios de gestão do SETEC/MEC. Os objetivos do trabalho foram atingidos, pois foi possível realizar a comparação da rede federal de forma regional e com base nos agrupamentos de indicadores. Assim, quanto ao objetivo específico de analisar os indicadores utilizados nos relatórios de gestão para cada região, esse foi realizado por meio da coleta de dados dos relatórios do SETEC de 2009 a 2017. Em relação ao objetivo de comparar os indicadores de gestão da rede federal com cada região do país, esse foi realizado por meio da criação de gráficos com os dados das regiões e os respectivos indicadores. E, por fim, quanto ao objetivo de avaliar os indicadores por meio da análise descritiva dos dados, foi possível por meio dos gráficos já mencionados e do conhecimento acerca da rede federal, apresentada no início da pesquisa. A Expansão da Rede Federal é o berço deste trabalho, que revela a importância do crescimento dos Institutos Federais, na busca de prover educação profissional em todas as regiões brasileiras. Assim, os resultados são úteis para a avaliação dessa importante política pública, com o viés de mensuração da qualidade dos serviços da Rede Federal, mediante os investimentos.

Referências

REFERÊNCIAS ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. Rio de Janeiro. Estatísticas IDHM. PNUD, IPEA, Fundação João Pinheiro, 2010. BRASIL. Presidência da República. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008: Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais

de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm>. Acesso em: 23/11/2018. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Expansão da rede federal. 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec-programas-e-acoes/expansao-da-rede-federal>>. Acesso em: 15/11/2018. BRASIL. Lei 9394/96 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf>. Acesso em: 23/11/2018. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica/ Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. BRASIL. Ministério da Educação. Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: Concepção e diretrizes. MEC/SETEC, Brasília, 2008.. BOURNE, M. ET AL. Designing, implementing and updating performance measurement systems. International Journal of Operations and Production Management, Sp, p. 754-771. 1 jan. 2000. BOCLIN, R. Avaliação Institucional: Quem acredita? Rio de Janeiro: Espaço e Saber, 2006. ELG, Mattias. The process of constructing performance measurement. The TQM Magazine, Vol 19, N, 3, pp. 217-228. 2007. FERREIRA, Cleia Simone; SANTOS, Everton Neves dos. Políticas públicas educacionais: apontamentos sobre o direito social da qualidade na educação. Revista Labor, Cuiabá, v. 1, n. 11, p.146-159, jul. 2014. GIRON, Graziela Rossetto. Políticas públicas, educação e neoliberalismo: o que isso tem a ver com a cidadania. Revista de Educação. PUC-Campinas. Campinas. n.24. jun. 2008. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed., São Paulo: Atlas, 2002. LASWELL, H.D. Politics: Who Gets What, When, How. Cleveland, Meridian Books. 1936/1958. MARZAGÃO, Daniela Santana Lambert; ERARIO, Alexandre L; CARVALHO, Marly Monteiro de. Sistemas de indicadores de desempenho: revisão bibliográfica por métodos bibliométricos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos. 2010. Mike Kennerley, Andy Neely. A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems". International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22 Issue: 11, pp.1222-1245, <https://doi.org/10.1108/01443570210450293>. 2002. NARCISO, Luciana Gusmão de Souza. Análise da evasão nos cursos técnicos do instituto federal do norte de minas gerais – campus Arinos: exclusão da escola ou exclusão na escola? 262 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Sociologia Política, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. 18 Neely, A.D., Performance measurement system design – third phase. draft of the fourth section of the "Performance Measurement System Design Workbook", April 1994. OLIVEIRA, Adão Francisco de. Políticas públicas educacionais: conceito e contextualização numa perspectiva didática. In: OLIVEIRA, Adão Francisco de. Fronteiras da educação: tecnologias e políticas. Goiânia-Goiás: PUC Goiás, 2010. OLIVEIRA, André Luiz Ferreira de. O IFRN no âmbito das políticas públicas de expansão dos Institutos Federais no Brasil: Uma abordagem organizacional sobre o processo de democratização do Ensino Médio e Superior, a partir das representações de alunos, professores e gestores. 615 f. Tese (Doutorado) - Curso de Organização e Administração Escolar, Universidade do Minho, Universidade do Minho, 2016. PACHECO, Eliezer. Os Institutos Federais: uma revolução na educação profissional e tecnológica. São Paulo: Moderna, 2011. PACHECO, Eliezer Moreira; PEREIRA, Luiz Augusto Caldas; DOMINGOS SOBRINHO, Moisés. Educação profissional e tecnológica: das Escolas de Aprendizes Artífices aos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. T&c Amazônia, Manaus, n. 16, p.2-7, fev. 2009. PUČEK, M.; ŠPAČEK, D. Strategic Public Management-Selected Experiences with BSC

Implementation. (*Transylvanian Review of Administrative Sciences*, v. 10, n. 41, p. 146-169, 2014. Disponível em: <<http://rtsa.ro/tras/index.php/tras/article/view/161>>. 12/02/2019 SOUZA, Celina. Políticas públicas: questões temáticas e de pesquisa. Caderno CRH, Salvador, n. 39, jul./dez. 2003. SOUZA, Cláudio Reynaldo Barbosa de. O processo de expansão da Rede Federal de Educação Tecnológica. Um Estudo de Caso na Bahia. 381 f. Tese (Doutorado) - Colegiado do Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. SETUBAL, Maria Alice. Com a palavra... Consulex. Ano XVI. N.382. 15 de dezembro de 2012. THOMAZ, Solange Marlene. Avaliação do Impacto do Plano de Expansão da Rede Federal na Qualidade dos Institutos Federais de Educação Segundo Indicadores de Desempenho. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

CÓDIGO: HS0923

AUTOR: HIGO VINÍCIUS ARAÚJO CAVALCANTI

ORIENTADOR: GEORGE ALEXANDRE FERREIRA DANTAS

TÍTULO: A cidade em obras: descontinuidades na administração urbana de Natal (1930-1935)

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo levantar e sistematizar dados acerca da gestão municipal da cidade do Natal no período entre 1930 e 1935, compreendendo este período como uma fase em que o cenário político local encontrou-se em uma conjuntura instável, consequência também do contexto nacional com os efeitos da chamada revolução de 1930. Com base nesse enfoque busca-se entender os impactos da inconstância da gestão, com as diversas trocas de intervenientes municipais, a partir das ações urbanas pensadas e executadas no período, suscitando também a discussão deste tema frente a escassez de pesquisas apresentadas. Utilizou-se como procedimento de pesquisa a revisão bibliográfica acerca da temática e o enfoque na leitura de fichas catalográficas de periódicos de época, além dos decretos do governo expedidos pela interventoria estadual. A análise das fontes examinadas permitiu compreender, de forma preliminar, as continuidades e as oscilações das intervenções urbanas, além de reconhecer as obras do período a partir deste contexto de impermanência da primeira metade da década de 1930.

Palavras-chave: História Urbana. Anos 1930. Gestão Municipal. Natal. Obras urbanas.

TITLE: The city in construction: discontinuities in urban administration of Natal (1930-1935)

Abstract

This research proposes to collect and systematize data on the municipal management of the city of Natal from 1930 to 1935, understanding this period as a phase in which the local political scenario found itself in an unstable conjuncture, also a consequence of the national context with the effects of the so-called 1930 revolution. Based on this approach seeks to understand the management of the fickleness of impacts, with the various exchanges of municipal interveners, from urban actions conceived and executed in the period, also raising the discussion of this theme facing the shortage of research presented. The research procedure used was the literature review on the theme and the focus on reading catalogs of periodicals of the period, in addition to government decrees issued by the state intervention management. The analysis of the sources examined allowed us to understand, in a preliminary way, the continuities and oscillations of urban interventions, besides recognizing the works of the period from this context of impermanence of the first half of the 1930s.

Keywords: Urban History. 1930's. Municipal Management. Natal. Urban works.

Introdução

A pesquisa aqui relatada, “A cidade em obras: descontinuidades na administração urbana de Natal (1930-1935)”, compõe o Projeto ampliado “Ruínas & Escombros da modernidade: arquitetura, reformas e cultura urbana”, desenvolvido no grupo de pesquisa História da Cidade, do Território e do Urbanismo - HC Urb. Este trabalho possui como objetivo a sistematização e levantamento bibliográfico permitindo a composição de uma base de dados para a análise das transformações urbanas da cidade do Natal na primeira metade da década de 1930, enfocando as dinâmicas dos projetos e ações da gestão municipal. Nossa pesquisa dialoga também com o plano de trabalho “A cidade em obras: a administração do engenheiro Gentil Ferreira para Natal (1936-1940)”, fruto do mesmo projeto e grupo de pesquisa.

O período em questão apresentou-se a partir de suas peculiaridades, marcado pelo profundo impacto na estrutura nacional devido às modificações no cenário político-social em decorrência da chamada Revolução de 1930, portanto, um dos enfoques da pesquisa foi buscar os desdobramentos dessa conjuntura nacional na municipalidade, avaliados a partir, principalmente, dos periódicos de época circulados na cidade. Natal possuiu uma correlação forte com esse cenário nacional já que entre os anos de 1930 e 1935 teve uma grande rotatividade de gestores, o que foi elemento de relevância na análise das obras e ações urbanas do período.

Buscou-se investigar as repercussões da instabilidade na gestão municipal na relação com a administração em nível estadual, principalmente por reconhecer a importância que tomou essa relação nesse período em específico, com o elemento da interventoria estadual como chave dessa comunicação. Para tal uma obra que permitiu relacionar as informações dos periódicos da cidade com a gestão estadual foi o livro “Getúlio Vargas e a oligarquia potiguar” (SPINELI, 1996), possibilitando compreender essa comunicação ou a ausência desta.

A pesquisa parte da revisão bibliográfica, tanto do corpus documental já compulsado pelo HC Urb, quanto pela bibliografia já existente sobre a temática, relativa a administração de Natal nas décadas anteriores e principalmente nas obras realizadas nesses períodos, buscando acrescentar informações, também por reconhecer uma lacuna de dados sistematizados do recorte posterior escolhido. Foi fundamental esta observação de um recorte anterior para compreender as modificações, porém, aqui principalmente, as permanências quanto as ações tomadas pela gestão.

Busca-se então entender a formação urbana a partir desses agentes com enfoque na relação política e cultura consequência desse momento conturbado da condução municipal.

Metodologia

Para início do processo de sistematização dos dados, as primeiras atividades foram de busca às produções acadêmicas já realizadas que pudessem auxiliar na organização da pesquisa, rastreando em diversos canais como o repositório da UFRN, Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional, acervos de hemerotecas de outras instituições. Esta busca foi realizada a partir de termos escolhidos de acordo com a temática, portanto foi

realizada a busca de forma mais direta com conteúdo como “Natal década de 1930” ou “Natal História 1930”. Também tomamos como termos de pesquisa nomes de gestores do período como “Gentil Ferreira”, “Sandoval Cavalcante” ou “José Bilro”, buscando assim encontrar pesquisas transversais no possível campo da Cultura ou História política. Ainda buscou-se elementos que trouxessem contextualização para a temática como o caso do “Código de Obras 1929” e do “Plano de Sistematização 1930”. Desta forma foram encontrados alguns trabalhos, principalmente no repositório de trabalhos da UFRN.

Outro processo da ordem inicial para a pesquisa foi consultar obras clássicas que tratam de uma remontagem mais tradicional do ponto de vista historiográfico da cidade do Natal, para tal foram consultadas duas obras principais “História da cidade do Natal” (CASCUDO, 1999) e “Nova História de Natal” (SOUZA, 2008), no caso de Cascudo, uma ênfase nos últimos capítulos (do capítulo XXIII ao XXXV), juntamente da seção final, “De Rebus Pluribus”, ou as chamadas “efemérides” (CASCUDO, 1999, p. 433); e na obra de Itamar de Souza buscamos relacionar com as obras realizadas na década de 1930 buscando os capítulos respectivos.

Ainda na relação com a bibliografia realizamos leituras de trabalhos transversais que auxiliaram a compreender o contexto anterior geral a se aprofundar posteriormente na relação com os periódicos, desta forma consultamos diversas obras como o livro “Uma cidade sã e bela: a trajetória do saneamento de Natal. 1850 a 1969” (FERREIRA et al., 2008) ou ainda a dissertação “Linhas convulsas e tortuosas retificações: transformações urbanas em Natal nos anos 1920” (DANTAS, 2003), que permitiram analisar a trajetória que culminou no cenário da Natal da década de 1930.

No segundo momento, já em contato com os periódicos, realizamos a sistematização dos dados contidos nas fichas catalográficas realizadas por pesquisadores anteriores do grupo HC Urb, devido problemas de acesso às fontes originais, permitindo uma maior comodidade de contato com as informações. As fichas foram produzidas por vários pesquisadores ao longo de diversas consultas em arquivos variados da cidade, buscando elementos que tratasse de vários fatores das obras urbanas e ações na cidade durante as décadas de 1920 e 1930. O principal periódico analisado foi o jornal *A República*, para além deste também foram analisados Decretos do Governo publicados em *Diário Oficial* do período. Nesta consulta aos periódicos foram organizadas pastas no programa Excel, sistematizadas para a catalogação das fichas catalográficas a partir de divisão por ano e organizada por colunas: TÍTULO/ASSUNTO; Nº DO JORNAL; PÁG. DO JORNAL; ANO NO PERIÓDICO; DATA; PÁG. NO CADERNO DE FICHAS; CONTEÚDO; OBSERVAÇÕES. A partir destas categorias entendemos a sistematização tanto para a pesquisa atual, como para futuras consultas (com a coluna da “página no caderno de fichas”, por exemplo).

Intercalado com esses dois momentos de sistematização dos dados foi realizado um seminário de leitura, conjunto a outros pesquisadores de Iniciação Científica, que consistiu em na leitura de uma obra e na discussão sistêmica desta, em que no caso a temática foi a relação e a cultura do espaço privado e do espaço público, apresentando como obra em debate o livro “O Declínio do Homem Público: as tiranias da intimidade” (SENNETT, 1999), em que foi fundamental para a discussão acerca das intervenções urbanísticas públicas rebatendo nos universos privados e dos símbolos que permeiam o universo público e privado, como os gestores públicos como um exemplo.

Resultados e Discussões

Buscando compreender melhor o processo de descontinuidades na gestão, buscou-se, em diversas fontes, menções aos gestores da cidade do Natal, durante a primeira metade da década de 1930, e às ações e obras realizadas no período. Um dos primeiros e mais recorrentes resultados obtidos durante a coleta de dados foi a percepção da escassez de material se comparado com outras décadas, inclusive contraposto com os anos seguintes, o que já poderia indicar a relação do processo de instabilidade política com o registro e produção de fontes, já que inclusive a imprensa termina por sentir fortemente os impactos causados, além da própria complexidade ampliada de organizar historiograficamente o período.

Mesmo com a dificuldade de acesso às fontes, ao sistematizar as fichas catalográficas por periódico e, no caso das ordens de governança, divisão por anos foi possível cruzar análises e perceber informações quanto a situação política e os possíveis impactos disso na vida urbana cotidiana retratada pela imprensa local, salvaguardando também aqui a percepção crítica de que tais veículos de mídia também são construídos a partir das visões e interesses de seus produtores.

Foi a partir da organização e catalogação das informações, nas diversas base de dados anteriormente citadas, que foi possível produzir algumas reflexões acerca do recorte e da temática da pesquisa.

3.1 CASCUDO E SOUZA

Quando acessamos a bibliografia clássica acerca da cidade do Natal, dois autores são apresentados como alguns dos principais produtores da reconstrução tradicional da trajetória da capital. A partir desses autores, CASCUDO (1999) e SOUZA (2008), iniciamos as investigações sobre a cidade a partir de 1930.

Em “História da cidade do Natal”, Cascudo (1999) apresenta pistas do processo de transformação da cidade, principalmente nos capítulos XV - Cidade Alta e Ribeira, XXIX - Água, XXX - Transporte urbanos e XLIII - Trem, vapor e avião, quando trata de algumas obras realizadas durante a primeira metade da década de 1930, com destaque aqui aos projetos de ampliação da rede de água e esgoto durante boa parte da década, realizando a menção ao interventor Mário Leopoldo Pereira da Câmara, demonstrando aqui uma relação da interventoria com as obras na cidade (CASCUDO, 1999, p. 305). Destaque também para as continuações das obras nas vias de ligação entre Alecrim, Cidade Alta e Ribeira, principalmente na Av. Rio Branco, elemento que vai caracterizar uma permanência das obras de pavimentação e intervenção nas vias, que vão atravessar períodos anteriores ao recorte e que vão se estender para além do período. Outras intervenções como a relatada no capítulo Assistência, com a criação de mais uma unidade de tratamento de pacientes com hanseníase e a fundação da Sociedade de Assistência aos Lázarus e Defesa Contra a Lepra no Rio Grande do Norte (CASCUDO, 1999, p. 383) demonstram a continuidade no perfil higienista que por tanto tempo foi presente na cultura da cidade como visto em leituras complementares (FERREIRA, 2008).

A partir dos trabalhos de DANTAS (2003) e SOUZA (2008), encaramos mais indícios desses elementos de continuidade das intervenções anteriores, como quando é relatado sobre o início das obras de pavimentação das ruas ainda em 1924 com a gestão de

Omar O'Grady, em que é indicado o processo de continuidade ao longo da década de 1930, dando destaque aqui a ação de Gentil Ferreira nesse processo, porém indicando também uma taxa municipal para tais obras que foram continuamente cobradas, mesmo antes de Gentil Ferreira assumir o cargo de gestor (SOUZA, 2008, p. 86).

Aparecem diversas menções de Itamar de Souza aos intervenientes e suas ações na primeira metade da década de 1930, principalmente quanto a Mário Câmara e Rafael Fernandes Gurjão (SOUZA, 2008, p. 67-69), assumindo os cargos já no final do recorte, mas que aparecem para exemplificar mais uma vez a importância da relação dos poderes no nível Estadual com as obras na cidade, como analisado também por SPINELI (1996).

Um elemento fundamental e que chama bastante atenção é quanto a menção de SOUZA (2008) ao Plano Geral de Sistematização, relatando a interrupção da aplicação do Plano devido a alteração das forças políticas ocorridas pós Revolução de 1930, que segundo o autor não ocorreu devido a retirada dos idealizadores do Plano da gestão, ilustrando aqui como esse processo de instabilidade vivenciado durante os primeiros anos da década resultaram também nas ações urbanas, em que vamos ver relatadas mais a frente a alta frequência dessas descontinuidades no recorte estudado.

3.2 A REPÚBLICA E DECRETOS DO GOVERNO

O principal periódico analisado foi o jornal *A República*, tendo em vista que o outro a ser analisado, o jornal *A Ordem*, de conteúdo ligado aos interesses eclesiásticos, possui poucos registros das publicações do recorte da pesquisa. *A República* foi um dos grandes veículos da imprensa circulantes na cidade, fundada exatamente na origem do período republicano, em 1889, por Pedro Velho, foi analisado aqui a partir das fichas catalográficas e nestas as temáticas relevantes aos interesses da pesquisa.

No primeiro ano analisado, 1930, temos menção ao progresso das obras de “embelezamento e aformoseamento” da cidade, com uma ficha datada de 8 de junho, em que esses termos são profundamente conhecidos na narrativa de modificação da cidade de Natal durante boa parte século XX (FERREIRA et al., 2008). Durante a primeira metade de 1930, temos algumas matérias recorrentes com a temática recorrente das obras de calçamento e pavimentação das ruas e calçadas, inclusive mencionando taxas municipais direcionadas a estas obras. A última reportagem deste ano trata da temática do enaltecimento da figura de Juvenal Lamartine, Governador no período, com o título da matéria “As Boas orientações administrativas - o RN no governo Juvenal Lamartine”, do dia 20 de julho.

A partir de 1931, temos uma recorrência de alta relevância para a compreensão do período do recorte e para a análise realizada, pois é a partir desse ano que vemos bem frequente a comunicação dos novos gestores fruto da descontinuidade da gestão durante esse momento de instabilidade política em todas as escalas da política nacional. Temos por exemplo a nomeação do prefeito interino, Pedro Dias Guimarães (25 de março), além da nomeação de novos nomes de técnicos escolhidos para acompanhar as obras municipais, os engenheiros Luca Sigaud e Isac Moura e do construtor Bernardo Justino, percebendo aqui a preocupação em modificar inclusive o corpo técnico ao transferir o poder político também. Temos algumas matérias ainda neste ano tratando dos confrontos políticos violentos. No dia 18 de junho temos a nomeação de Gentil Ferreira como prefeito, pela primeira vez neste recorte, e é interessante analisar também as publicações com o objetivo de divulgar o processo aberto contra o antigo gestor Omar

O'Grady, em que aqui podemos fazer uma relação interessante com as ideias de pessoa pública e da importância da opinião pública acerca desses indivíduos, discutidos no seminário de leitura (SENNETT, 1999), como quando se tenta difamar o indivíduo em relação a sua vida privada visando repercussão na vida pública.

No ano seguinte, o que apresenta-se nas fichas catalográficas é uma recorrência também para os anos que seguem o recorte, que se trata de um processo de aprovação e exaltação das obras por parte do periódico para com as obras públicas do gestor, demonstrando a necessidade da construção da imagem e da divulgação, principalmente com o fator da presença recente daquele indivíduo, que por muitas vezes inclusive não pertencia a localidade (situação bastante comum durante essa conjuntura política), e posteriormente temos algum tipo de nomeação de outro gestor, substituindo o até então prefeito.

Em 1932, os elogios às obras de Gentil Ferreira, principalmente quanto às realizadas na Avenida Rio Branco, tornam-se mais frequentes. Mas no início de fevereiro (19 de fev.) e no final de outubro (no jornal do dia 10), Sandoval Cavalcanti é mencionado como novo interventor municipal. Outro elemento a se repetir é a menção ao governo estadual, na figura de Hercolino Cascardo, em matéria de 11 de fevereiro, porém temos aqui também uma citação correspondente a mudança de gestor na escala do Estado, em 11 de agosto, com a menção a Bertino Dutra, ou seja, mais uma marca da instabilidade nas gestões públicas, tanto municipal quanto estadual. Em 1932 acontecem também obras importantes, como o início da construção da vila operária no Alecrim (23 de set.), as obras nas docas do porto de Natal, inclusive com menção a técnicos responsáveis (Engenheiros citados: Afonso H. Sousa Gomes, Pereira Simões, I. G. Garcia Junior, Fernando V. de Miranda Carvalho, Vital Loredelo dos Santos Sousa), em 24 de outubro.

Em 1933 o que temos é profundamente a marca desse recorte já aparecido anteriormente, o profundo processo de descontinuidade de uma gestão perante ao cenário político nacional e local, porém o que temos neste ano é explícito já que temos no mesmo ano duas nomeações de prefeito mencionadas no jornal *A República*, já no início do ano, 18 de janeiro, com a substituição de Sandoval Cavalcanti pelo engenheiro civil Lourival de Almeida, que inclusive já realizava trabalhos com a Diretoria das Secas, e a chegada de Miguel Bilro, carioca, novo prefeito mencionado no jornal de 10 de setembro, em que Lourival permanece no cargo de uma pasta importante para a gestão, como diretor interino do Departamento de agricultura, viação e obras públicas. Outro destaque ocorrido neste ano além da constante mudança na administração é quanto a referência a um evento significativo quanto a cultura política do período, o Congresso de Prefeitos, relatado na data de 04 de janeiro, com o interventor Bertino Dutra comentando as realizações do governo estadual e das obras realizadas em Natal.

Nos anos seguintes o que temos é a demonstração do que estava para se consolidar na segunda metade da década, uma maior estabilidade gestora, principalmente na figura do Gentil Ferreira. Porém, mesmo na interventoria, vemos essa relação e essa preocupação com essa impermanência da governança, como aparece em 01 de julho, com a marcação dos onze meses na interventoria de Mário Câmara, atribuindo uma boa gestão à sua presença um pouco mais estendida, se tomada em relação aos processos anteriores. Durante este ano inclusive temos mais menções ao interventor do que ao próprio prefeito José Miguel Bilro, sendo apenas mencionado quanto a obras em outubro, na solenidade de inauguração de algumas vias (13 de outubro). Em 1935 temos alguns elementos a se considerar, quanto a proposições urbanísticas, como resoluções, colocadas pelo prefeito juntamente ao interventor, com algumas diretrizes urbanas como regulação de gabarito, aparecendo no jornal de 29 de agosto, ou ainda outra

resolução relativa à proibição de verticalização de edificações em alguns pontos da cidade, mencionada em 27 de setembro, demonstrando uma maior organização nas propostas de um planejamento mais integrado e efetivo na normatização urbana. Temos por fim a indicação de posse de Gentil Ferreira em 30 de outubro de 1935, sinalizada no jornal de 01 de novembro, marcando aqui um novo período da gestão municipal, muito mais estável.

Quanto aos decretos de governo analisados temos a maior significância nas assinaturas, pois assim fica possível perceber a presença das figuras políticas a partir dos decretos publicados. Em 1930 temos o destaque para a presença de diversos militares assinando o documento (Coronel Luiz Tavares Guerreiro (presidente), Tte. Coronel Abelardo Torres da Silva Castro e Tte. Coronel Julio Perouse Pontes), marca do caráter militar-civil da Revolução de 1930. Temos ainda um destaque para o ano de 1935, em que temos o maior número de decretos expedidos, principalmente deliberando liberações de crédito para compra de imóveis e terrenos, salientando aqui a menção a construção de um grande hotel na cidade de Natal.

Conclusão

De forma analítica podemos retirar algumas inferências, de caráter ainda introdutório, considerando que muito ainda se pode aprofundar na temática, como por exemplo do caráter altamente impermanente da gestão municipal, assim como a estadual também, o que resultou muitas vezes na inconstância, por consequência, dos planejamentos de obras urbanos, se muito eram realizados tomavam por base obras já iniciadas anteriormente. A partir disso, podemos perceber o impacto que é gerado na administração e, por conseguinte, na execução e materialização da cidade a partir desse desequilíbrio político-cultural.

É interessante perceber também a importância de planos e sistematizações urbanas projetadas a longo prazo, já que podem sobreviver mesmo a alterações políticas e cultura, como foram exemplificados no recorte com os projetos realizados na década anterior, quanto às obras de saneamento previstas para a cidade. Claro que tal longevidade de planos e projetos está sujeita a interesses e demandas daqueles que estão com o domínio do poder gestor, e portanto sua continuidade ou ruptura.

É importante também considerar também o impacto gerado na própria historiografia em momentos de instabilidade política, já que fica reconhecido que tal situação de incerteza política gera uma dificuldade de registro e arquivamento de documentos, algo que foi fortemente constatado durante a pesquisa, quanto a escassez de documentação do período.

Definitivamente a pesquisa auxiliou no desenvolvimento da habilidade de sistematização das informações, permitindo uma leitura cada vez mais objetiva e resultante dos dados confrontados durante a jornada acadêmica por parte do aluno/pesquisador. A própria compreensão da relação política com a construção do espaço também foi ampliada, possibilitando uma melhor reflexão acerca das relações de poder e da geração de espaços previstos, ou não, para os grupos diversos da sociedade.

Uma possível ampliação da pesquisa pode se direcionar em uma sistematização enfocada diretamente na relação dos poderes estaduais e municipais em comunicação, direta ou indireta, com o poder federal, haja vista que esse tipo de relação estava intrínseco ao formato político construído na década de 1930 no Brasil. Outro desenvolvimento da pesquisa pode ser direcionada ao acesso a novas fontes, considerando a, já anteriormente citada, dificuldade de contato com documentos do período estudado.

Referências

CASCUDO, Luís da Câmara. História da Cidade do Natal. 3. Ed. Natal: Ed. IHG/RN. 1999

DANTAS, George A. F. Linhas convulsas e tortuosas retificações: transformações urbanas em Natal nos anos 1920. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – São Carlos, EESC-USP, 2003(a).

FERREIRA, Angela L. A., EDUARDO, Anna R. B., DANTAS, Ana C. C. L., DANTAS, George A. F. Uma cidade sã e bela: a trajetória do saneamento em Natal. 1850-1969. Natal: IAB/RN; CREA/RN, 2008.

MORAIS, Helicarla Nyely Batista de. Os decaídos de 1930: José Augusto Bezerra de Medeiros e a reconfiguração política do Rio Grande no Norte pós-revolução. ANPUH, Brasil, 2016. Disponível em: <http://www.rn.anpuh.org/2016/assets/downloads/veeh/ST02/Os%20decaidos%20de%201930%20Jose%20Augusto%20Bezerra%20de%20Medeiros%20e%20a%20reconfiguracao%20politica%20do%20Rio%20Grande%20no%20Norte%20pos-revolucao.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SENNETT, Richard. O Declínio do Homem Público: as tiranias da intimidade.

Tradução: Lygia Araújo Watanabe. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

SPINELI, José Antonio. Getúlio Vargas e a oligarquia potiguar – 1930/1935. Natal: EDUFRN, 1996.

SOUZA, Itamar de. Nova história de Natal. Natal: Departamento Estadual de Imprensa, 2008.

CÓDIGO: HS0939

AUTOR: GABRIELE LACERDA GADELHA

ORIENTADOR: ANGELA LUCIA DE ARAUJO FERREIRA

TÍTULO: O sobrado da Rua MOSSORÓ 604: intenções projetuais de Milson Dantas em Natal

Resumo

Um dos exemplares da arquitetura modernista residencial, resistente em Natal, foi projetado pelo destacado engenheiro Milson Dantas na década de 1960. Fez parte da produção imobiliária estimulada pelo Governo Federal, através dos Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAP), disseminadora dos princípios racionalistas, a partir dos anos 1930. Dantas foi avaliador, projetista e construtor, ademais de criador de um sistema de pavimentação de ruas e estradas. A permanência de uma de suas obras, o sobrado localizado na Rua Mossoró e sua vida profissional geram inquietações quanto ao alcance das ideias iniciais propostas. Assim, pretende-se analisar a adaptabilidade dos preceitos modernistas na funcionalidade dos espaços contemporâneos, contribuindo para o conhecimento da participação de Dantas na Natal Moderna e para discutir os conceitos de projetos e patrimônio. Partiu-se da literatura acerca do modernismo e da atividade das Instituições de Previdência no financiamento de imóveis no Brasil e em Natal. Sobre a formação e influências vividas pelo engenheiro utilizou-se dos aportes documentais do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pernambuco (CREA-PE), além de fontes audiovisuais do acervo do HC Urb no estudo do grau de modificações em relação ao seu projeto. Desse modo, ressalta-se o espírito inventivo de Milson Dantas e a utilização de elementos modernistas em suas obras adequadas à realidade natalense até o momento.

Palavras-chave: Modernismo; Método BRIPAR; Audiovisual; IAP; RN/Brasil

TITLE: Mossoró st. townhouse 604: Milson Dantas' intentions in Natal

Abstract

From the 1930s, modernist concepts were disseminated through a growing real estate production, which was stimulated by Federal Government financing actions, through the Institutes of Retirement and Pension (IAP). In Natal (Brazil), that real state development occurred on the 1940s. Besides that it was also during the 1940s that several professionals, stood out in the real estate production of Natal, among them the Engineer Milson. In this way, this research aims to converge attention to the life of Milson Dantas and to one of his projects located at Rua Mossoró, Tirol district, Natal-RN. Thus, this work intends to study the modification degree that have occurred in relation to his original project, to understand the adaptability of Modernist precepts in the functionality of contemporary spaces, contributing to the apprehension of the participation of Milson Dantas in Modern Natal and to discuss the projects concepts and patrimony. In this manner, this paper started analyzing the literature about modernism in Brazil and in Natal about the Social Security Institutions activity on real estate financing. The National Social Security Institute's (INSS) catalogs, the Regional Council of Engineering and Agronomy of Pernambuco (CREA-PE), and the HC Urb audiovisual sources were also important to

the better understanding of the formation and influence of Milson Dantas. As a result, this article concluded that Milson Dantas was creative in using elements of modernism in his works.

Keywords: Modernism; BRIPAR; Sobrado Mossoró; IAP

Introdução

O sobrado da Rua Mossoró, nº 604, é um exemplo de resistência e limite da manutenção da arquitetura modernista em Natal. Financiado através dos Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAP), localiza-se no bairro de Tirol (Figura 01), onde grande parte de seu patrimônio vem sendo destruído, e destaca-se por sua feição de tendências racionalistas. A edificação foi projetada pelo engenheiro Milson Dantas, avaliador do IAP e inventor do sistema de pavimentação denominado BRIPAR.

A postura do Estado presidido por Getúlio Vargas, nos anos 1930, estimulou financiamentos por meio dos IAP e gerou “relativo consenso sobre a incapacidade do setor privado de poder garantir moradia para o largo contingente de trabalhadores que chegava às cidades à procura de trabalho” (BONDUKI, 2014). Por meio dessa política, inseriu-se no contexto de grande circulação de ideias modernistas sobre a habitação operária ideal no país, alimentando uma nova forma de projetar no setor da construção. Isso concorda com a familiarização desses novos conceitos por parte dos profissionais atuantes nessa época, que tiveram importante papel na consolidação do modernismo de “sotaque natalense” (MELO, 2004). A popularização dos financiamentos e dessa produção se deu em Natal, a partir da década de 1940, principalmente nos bairros de Tirol, Petrópolis e Alecrim (LIMA, 2015).

Dentre os profissionais, destaca-se Milson Dantas, formado em engenharia pela Universidade Federal do Pernambuco, em 1953, onde cursou disciplinas voltadas para arquitetura, abrangendo sua atuação como projetista. O sobrado da Rua Mossoró é um exemplar de sua produção que se destaca por manter as características gerais do projeto original. Questiona-se, portanto: como a utilização e desempenho de seu espaço atual revela as intenções projetuais de Milson Dantas?

Infere-se inicialmente que, apesar da preocupação em utilizar técnicas mais eficientes na construção do sobrado, atualmente o anseio do morador em modificá-lo está ligado às predisposições vigentes e ao contínuo aperfeiçoamento tecnológico construtivo e de materiais. Unido a isso, supõe a mudança de uso decisiva em algumas transformações do projeto de Milson Dantas. Com isso, em relação à preservação do patrimônio natalense, por tratar-se de uma obra de incorporação do repertório modernista, considera-se que as características presumidas pela “nova arquitetura”, ditadas por Le Corbusier, aumentam as alternativas de configurações do espaço, contribuindo para os “retoques” nesta edificação.

Esta pesquisa, prossegue o projeto intitulado “Percurso profissional, interlocução de ideias, redefinição do uso da moradia e registro audiovisual”, do HC Urb, em que se coletou documentos e entrevistas fundamentais. Este trabalho acende a discussão sobre a forma em que uma propriedade, carregada de determinada relevância histórica, é influenciada por vários agentes, a partir das peculiaridades do seu uso contemporâneo e do grau de modificações dos preceitos arquitetônicos modernistas previstos pelo projetista. Neste caso, sob a perspectiva da utilização cotidiana e prática, a edificação insere-se em um contexto de valor de uso atribuído pelo proprietário.

Logo, o objetivo é analisar a adaptabilidade dos preceitos modernistas na funcionalidade dos espaços contemporâneos, contribuindo para o conhecimento da participação de Milson Dantas na Natal Moderna, e para discutir os conceitos de projetos e patrimônio. Para tal, necessita-se entender a influência modernista na formação de Milson Dantas; os preceitos modernistas observados no projeto da edificação; a convivência dos vestígios do projeto inicial na forma e nas atividades desenvolvidas hoje no imóvel; e, por fim, contribuir para o debate acerca do patrimônio moderno natalense, considerando os conceitos de valor histórico.

Metodologia

Em busca de concretizar os objetivos deste trabalho, estabeleceu-se procedimentos que guiam o caminho de sistematização. Primeiramente, efetivou-se a análise da literatura acerca do modernismo no Brasil e em Natal, e da atividade das Instituições da Previdência no financiamento de imóveis.

Assim, para situar o contexto do país, na época de inserção dos Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAP) na política habitacional, foram fundamentais as contribuições de autores como Nabil Bonduki e Ana Paula Koury (2014), pela obra “Os pioneiros da habitação social”; Luiza Lima (2015) pelo estudo “O olhar das instituições de previdência sobre a casa e a cidade: promoção, financiamento e avaliação de imóveis”, em que sintetiza as particularidades da atuação dos IAP em Natal. Para se acercar à introdução do modernismo em Natal, remeteu-se às discussões de Alana de Oliveira (2012), Alexandra Consulin (2004) e Maria Heloisa de Oliveira (2018).

Na construção dos procedimentos metodológicos específicos voltados ao tratamento de fontes audiovisuais, recorreu-se aos aportes dos seguintes autores: José Carlos Meihy et al. (2011); Marieta de Moraes, Janaína Amado e Alessandro Portelli (2006); e Emili Puig (2006). Para apoiar a utilização de fontes orais, valeu-se de Candau (2014), sobre as nuances do quadro em que se encontram os depoimentos orais, e de Luna Tavares (2017), quanto a recomposição da trajetória de um personagem representativo.

Interpretando as fontes orais

Neste trabalho, por ser fundamental a reconstituição da trajetória profissional de um determinado personagem e a compreensão da utilização de uma espaço através de seu usuário, foi indispensável a utilização do registro audiovisual, buscando permitir “a coexistência de outras vozes além da do pesquisador”, conforme Mariana Rodrigues (2011). Já Puig (2006) comenta a “potencialidad educativa en diferentes ámbitos culturales y académicos” das fontes audiovisuais.

Entretanto, é necessário cautela, “rejeitando a interpretação unívoca das trajetórias individuais” (MARIETA et al., 2006), admitindo maior disciplina para o tratamento dessas fontes e sensibilidade diante do caráter multifacetado da fala e de sua interpretação, pois, segundo Candau (2014) “A memória, ao mesmo tempo em que nos modela, é também por nós modelada. Isso resume perfeitamente a dialética da memória e da identidade que se conjugam, se nutrem mutuamente”.

Os meios que justificam os fins

O acesso às entrevistas e documentos do acervo do Grupo HC Urb, possibilitou analisar as plantas da edificação em estudo, os anseios do seu atual usuário com relação às melhorias desejadas para o local, e relatos sobre a época vivida por Milson Dantas, tanto de sua formação, quanto de atuação profissional.

Os aportes documentais do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) foram importantes, principalmente, para a análise das plantas do sobrado em estudo. Com o auxílio documental do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pernambuco (CREA-PE) e Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), rememora-se a formação de Milson Dantas, professores e disciplinas cursadas, possibilitando um panorama de influências que cercavam o engenheiro e como refletiram em projeto.

Na tentativa de agregar mais informações sobre a conjuntura experimentada por Dantas, examinou-se as entrevistas concedidas a Frederico Luna no ano de 2014, de Moacyr Gomes e Kleber Carvalho, respectivamente arquiteto e engenheiro, os quais atuaram em Natal no já contexto apresentado. As falas foram organizadas em três tópicos - Contexto, Personalidade e Atuação profissional - para entender as possibilidades de escolhas de Milson Dantas e seus rumos. Visto aos parcisos relatos de familiares de Dantas muitas informações foram apinhadas nos respectivos tópicos, para melhor aproveitamento do material existente.

Na análise da edificação em estudo, as plantas baixas constituíram elementos fundamentais para identificar os valores modernistas incorporados pelo engenheiro na fase ainda de projeto. Para isso, os cinco pontos de Le Corbusier e o Quadro de critérios valorativos (Anexo 1), de Heloísa de Oliveira (2008), utilizou-se como modelo, visto que, aquele caracteriza de maneira mais rigorosa e primária os preceitos modernistas, e este caracteriza, em Natal, a produção modernista de 1930 a 1980. Para o esclarecimento das transformações no volume da obra, elaborou-se maquetes eletrônicas, no programa de modelagem Sketchup 2017 Pro, além de visitas ao local.

Além disso, fez-se necessária a utilização do acervo audiovisual do Grupo HC Urb, o qual conta com duas entrevistas com o atual usuário do sobrado, o empresário Pedro Raimundo de Souza, realizadas por Frederico Luna, no dia 20 de maio de 2014. Devido a impossibilidade de sistematizar as falas do Sr. Júnior, como prefere ser chamado, a partir do rumo de seu próprio pensamento, elas foram encaixadas em três tópicos: Noções sobre o local, edificação e patrimônio, Modificações realizadas e Modificações pretendidas no imóvel. A análise das informações contidas nas entrevistas complementaram a avaliação do valor do uso do imóvel, suas alterações para adaptação às necessidades atuais e a preservação das ideias do projeto inicial. Observa-se que as falas foram mantidas como no original, sem correções.

Resultados e Discussões

TRADUTORES DO MODERNISMO EM NATAL

Entre o final do século XIX e a década de 1940, Natal passou por muitas transformações urbanas, com as mudanças advindas de melhoramentos urbanos liderados por Pedro Velho, de 1889 a 1913; o Plano de Sistematização, em 1929; e o Plano Geral de Obras, na década de 1930 (Figura 02). Mais tarde, em 1942, alavancaram-se os investimentos

para transformar a cidade no Trampolim da Vitória, ponto da partida de aeronaves americanas para a África, na 2^a Guerra Mundial.

Naquele momento, o Estado brasileiro, no governo Vargas, assumia uma postura de atenção à moradia, através da criação das Caixas de Aposentadoria e Pensão (CAP) e dos Institutos de Aposentadoria e Pensão (IAP), assumindo, além “do ramo previdenciário e de assistência médica e social”, a seguridade de moradia de seus beneficiários (LIMA, 2015). Os debates para conceber diretrizes atuariais e projetuais foram importantes para a construção de políticas públicas de habitação e difundir ideais modernistas na produção da época (Figura 03).

Em 1937, as experiências construtivas modernistas em Natal iniciaram com o Edifício Sede da Comissão de Saneamento (Figura 04), do Escritório Saturnino de Brito, na Ribeira. Entretanto, esse modelo foi aceito aos poucos, mesclando elementos do eclético ou art decó e da leveza adorativa do modernismo. Assim, os exemplares, inicialmente não residenciais (Figura 05), traziam a noção de avanço pela simplicidade nos ornamentos e verticalização, mesmo com “elementos de tendências historicistas” (OLIVEIRA, 2018).

Quanto aos avaliadores dos IAP, eles julgavam edificações já construídas, para possível aquisição, e projetos para construções financiáveis. Dessa forma, opinavam tanto sobre moradias existentes no mercado, como sobre as propostas a construir (LIMA, 2015). De acordo com Lima (2015), esses profissionais eram “homens provenientes de famílias política e economicamente importantes”, a maioria potiguar formados em outros estados, entre eles, Milson Dantas.

VIVÊNCIAS DE MILSON DANTAS

Vida

O engenheiro Milson Dantas nasceu em Macaíba-RN, em 16 de julho de 1922. Casado com Martha Dantas, tiveram os dois filhos (Figura 06). Em 1942, estagiou no primeiro laboratório de análises físicas de material do solo instalado no Brasil, em Parnamirim-RN (ANI, 2003). Diplomou-se em 1953, atuou como projetista, construtor, chefe do Distrito Rodoviário e avaliador dos IAP.

Sua atuação em projetos residenciais (Quadro 01) é mais intensa entre 1960 e 1982. Dois projetos de sua autoria possuem algumas semelhanças: janelas marcadas horizontalmente, telhados de uma água e reproduções em lotes adjacentes. Os projetos de “pavimentação” (Quadro 01) constam a partir de 1976, provavelmente, devido ao Trabalho Científico “Pavimento BRIPAR” ter sido registrado no CREA-RN em 1975. Para isso, contou com o apoio dos laboratórios da UFRN e do DER (ANI, 2003), provando matematicamente sua criação.

Em 1974, entra com o pedido de patente no Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Processo BRIPAR e, como chefe do Distrito Rodoviário de Natal, utiliza sua técnica na estrada que liga Natal à Extremoz. Falecido em 05 de junho de 2015, Dantas é recordado pelas participações em “festas e reuniões” na sociedade potiguar, mencionadas na ocasião em notas do CONFEA (2014) e o Jornal Tribuna do Norte (2014).

Contextualizando a Escola de Engenharia

A “Escola Livre de Engenharia de Pernambuco”, fundada em 1895, constituiria a Universidade do Recife em 1946, federalizada, mediante a Lei nº976, 17 de dezembro de 1949. A Escola, situada em Recife, polo para a região Nordeste, atraiu estudantes de cidades próximas que desejavam cursar engenharia, como Milson Dantas.

Depois da Revolução de 1930, “com um sopro de renovação geral”, alterou-se a lógica administrativa e instalou-se maior “estabilidade material” (MAIA, 1967), contribuindo para a ampliação do quadro de professores. O corpo docente possuía vasta atuação “fora” da universidade, pois

Grande parte dos professores da época ensinava também em Escolas públicas [...] ou trabalhavam em repartições públicas. [...] Essas repartições absorveriam, no futuro, vários engenheiros [...] como o DER (SIQUEIRA et.al, 1995)

Destacam-se alguns professores, como o engenheiro Manoel Antônio Rego, um dos fundadores e professor da Escola de Engenharia de Pernambuco, e prefeito do Recife-PE (1915-18); e Newton Maia que estagiou na Companhia Construtora de Cimento Armado, tornando-se Engenheiro chefe e Gerente e, após, dedicando-se ao ensino.

Das disciplinas ofertadas pelo curso, em 1947, (Figura 07), Lima (2015) destaca as de perspectiva arquitetônica, entre elas: Desenho à mão livre (1º ano) e Arquitetura (5º ano). Urbanisticamente, as atenções das disciplinas remetem ao pensamento modernista, como saneamento e pavimentação.

BRIPAR

Ao criar o Método BRIPAR de Pavimentação, em 1958, Dantas teve a intenção de fazer os paralelepípedos suportarem as cargas solicitantes nas estradas. Entende-se o BRIPAR como uma placa rígida aos esforços cortantes, graças à junção da brita e do paralelepípedo, e semi-flexível, proveniente da emulsão asfáltica, em que as “dilatações são absorvidas [...] e diluídas pela pequenez das partes que formam o todo” (DANTAS, 1980).

Demonstra-se oportuna sua aplicação devido a três propriedades: aglutinante, reunindo as britas entre si e ao paralelepípedo; impermeabilizante, evitando a entrada de água e a fragmentação dos materiais; e plástica, permitindo movimentos de adaptação. Ao comentar, no relatório de patente, que o sistema

Mantém o conforto visual e a claridade peculiares aos pavimentos empedrados [...] Nas ruas, a iluminação que incide sobre o pavimento BRIPAR, é refletida, enquanto nos asfálticos, é absorvida; é da ordem de 40% (quarenta por cento) o acréscimo de luz às ruas asfaltadas para que tenham a mesma claridade das ruas empedradas”(DANTAS, 1980).

o engenheiro Dantas, trazia preocupações com o meio urbano.

O SOBRADO PELO DESEJO DE DANTAS

O sobrado na Rua Mossoró (Figura 08) esquina com a Av. Rodrigues Alves, em Tirol, financiado pelo IAP dos Bancários (IAPB) na década de 1960, compõe um grupo de quatro reproduções quase idênticas sequenciadas ao longo da rua, em lotes retangulares, com 7,40m de frente e 15,85m de fundo. A reentrância gerada pela

diferenciação de seus dois volumes, Figura 09, possibilita o passeio até o abrigo de entrada, artifício modernista para agregar jardins, proporcionando o “promenade architecturale” (MELO, 2018) e valoriza a visual criada pelo afastamento dos andares.

Em relação à caixa-mural, Figura 10, compõe-se sobretudo de dois prismas trapezoidais. A inclinação em uma água da cobertura e os cobogós à direita da fachada aproveitam-se de técnicas locais como recurso plástico. A relação cheio-vazio é equilibrada através da continuidade da abertura com os tijolinhos e do emolduramento das janelas ao marcarem sua horizontalidade. O contato com o meio externo se dá devido à permeabilidade visual do pano de cobogó, do abrigo lateral (Figura 11), auxiliados pelo gradil e o muro baixo.

Quanto à divisão espacial, os cômodos estão primeiramente divididos em função dos pavimentos, Figura 12. No térreo, ficam a zona social e de serviço e, no 1º andar, a zona íntima. Nesta zona, os quartos resguardam a intimidade dos moradores e o terraço aproxima-se do teto-jardim. O quarto de empregado, conjugado ao setor de serviço no térreo, relaciona-se, conforme Veríssimo e Bittar (1999) apud Melo (2018), com a “descendência da lógica espacial das casas coloniais, que traziam nos fundos num puxado ao lado da cozinha a denominada senzala”. Em relação a essa lógica, o modernismo no país não inova, somente incorpora o quarto de empregado ao corpo da edificação.

Concernente à estrutura, o uso do concreto armado e alvenaria de vedação permite o não alinhamento de paredes em pavimentos diferentes, como no 1º andar, que se reservou um banheiro sobre a sala de jantar (Figura 13), no térreo. Referente às estratégias de conforto climático, Figura 14, a distribuição dos espaços em L no lote recebe os ventos do leste. Os cobogós na fachada decoram, permitem a entrada de vento e protegem o ambiente da insolação direta.

Dantas deparou-se com um terreno reduzido e programa residencial comum. Setorizou os espaços, permitiu um jogo de cheio e vazios na fachada e o “promenade architecturale”; com o concreto armado, elevou a área íntima e ousou na concepção do terraço; e, apesar das aberturas não corresponderem à horizontalidade pretendida por Le Corbusier, o plano vertical usufruiu de um apelo estético pelo friso e revestimento.

JÚNIOR E O ATUAL CAFÉ-RESTAURANTE

A instalação

O empresário, Pedro Raimundo de Souza Júnior, natalense, 51 anos (Figura 15), mudou-se para o sobrado em agosto de 2007. Júnior comenta sobre festas, carnavais no América Futebol Clube, na década de 1950, e a importância do bairro: “era uma área nobre [...] classe média alta, nasceu nesse setor [...] Então, as pessoas que tinham o maior poder econômico, elas moravam nesse setor, Petrópolis, Tirol”.

O usuário “supõe” que o sobrado é dos anos 1960 e que seja uma experimentação, pois não se opõe a imagem própria da cidade: “Esse pessoal que vem dessa escola de arquitetura [...] eles talvez não quiseram inovar. Eles quiseram trazer ‘pra’ Natal [...] um tipo de arquitetura que não é muito usual”.

Concernente às mudanças feitas para adequar a edificação ao seu comércio, Souza Jr. coloca que o quintal foi coberto para receber clientes mesmo em dias de chuva, também:

[...] como era uma garagem, completa, eu cortei 1/3 da garagem para fazer esse ambiente [...] Tirei umas portas antigas [...] Na frente tinha um jardim, que eu tirei o jardim e deixei de lado [...] e fiz a entrada do restaurante onde é o jardim.

Em visita percebeu-se que outro volume havia sido acrescentado sobre o quarto de empregada e o abrigo foi fechado. Infere-se, sejam alterações do antigo morador. Dessa forma, as mudanças incidem fortemente na fachada (Figura 16).

No lugar das janelas do térreo, tem-se uma porta de enrolar metálica de acesso ao comércio, permanecendo parte do friso e o revestimento, agora pintados (Figura 17). Devido ao alto fluxo de pessoas, nota-se dificuldades em manter as condições de conforto térmico natural e, aparentemente, lumínico, pois os ambientes são dotados de ventilador e lâmpadas ligadas em plena luz do dia (Figura 18). Atualmente o pavimento superior é a residência do empresário, que relata não haver alterações.

Metas e desejos

Apesar de achar “bonita” a residência, Souza Jr. expõe problemas com as instalações do local, desejando um projeto especialmente para uso comercial. Assim, comenta alterações que faria:

[...] quebrar, por exemplo, a parte que seria da entrada; seria uma área, assim, cercada, com tipo um solário [...] faria uma grade com ferrozinho trabalhado, e na parte lateral eu abriria [...] Na parte de cima, só uma questão de estruturação, ‘pra’ se fazer uma cozinha industrial em cima e espaço ‘pra’ funcionário.

A “estrutura” para receber uma cozinha industrial, no 2º andar, não é detalhada. Apesar disso, sabe-se que uma cozinha industrial no 1º andar necessitaria sustentar maquinário e atender às exigências sanitárias, havendo troca de pisos, revestimentos e portas de melhor higienização.

Caso realizadas, as alterações incidiriam na porção frontal com adição de um volume até a altura do térreo, delimitando o “solário” (Figura 19). Além disso, a relação cheio-vazio, em função da maior permeabilidade visual do solário e do acesso lateral, diferenciaria os usos dos dois pavimentos.

Outra aspiração relaciona-se com o piso de taco, original de projeto, provavelmente, devido à necessidade de limpeza constante, porém o usuário demonstra apreço pelo material ao cogitar seu reaproveitamento como revestimento de parede. Dessa maneira, confirma-se a ligação existente entre o uso comercial as modificações, pois o comércio carrega todas as mudanças feitas no térreo, e as pretendidas nos dois pavimentos.

Conclusão

A postura do governo brasileiro, a partir da década de 1930, contribuiu na disseminação do modernismo nas habitações através dos financiamentos dos IAP. A partir dessa popularização, na década de 1940, gerou-se uma produção arquitetônica concordante com os valores modernistas. O momento de grande transformação vivido faz-se

necessário ser memorado, o que leva a entender a cidade como objeto estudo, concebido por Choay (2011) sobre seu valor.

A edificação estudada foi projetada pelo potiguar Milson Dantas, engenheiro civil de espírito inventivo que deu ao país uma grande contribuição, o BRIPAR, projetando suas raízes nacionalmente. Por ser parte desse momento efusivo de ideias na cidade, observou-se no sobrado elementos e adornos, sua inserção no lote e no bairro, configurando assim uma obra de relevância histórica dada às interpretações modernistas encontradas.

Contrapondo-se a isso, as mudanças ocorridas geram uma discussão quando se coloca o sobrado como habitável. Por exemplo, o empresário Souza Jr. apresentou dificuldades advindas da mudança de uso e do tempo das instalações, mas igualmente expôs o seu diferencial:

Essa casa lhe dá uma amplitude de você não mexer no projeto dela [...] você mudar ‘ela’ de várias formas e ter várias formas de comércio, sem mexer na arquitetura. Você não precisa quebrar, botar as paredes abaixo.

Assim, demonstra-se a afinidade com os espaço modernistas e a disposição de seus ambientes. Correia (2004) afirma que esse processo relaciona-se com as ideias higienistas preconizadas desde o início do século XX, “em que as modificações na concepção da planta e nas técnicas construtivas foram sendo progressivamente assimiladas por setores de classe média”, mas isso não quer dizer que não desejem por mudanças hoje.

Isso vai ao encontro do que afirma Atique, em entrevista concedida em 28 de abril de 2014 à Frederico Luna, sobre o Edifício Esther, em São Paulo, ícone modernista brasileiro:

[...] as pessoas internalizaram a maneira de morar do moderno, mas ao mesmo tempo descaracterizaram muito, porque o apelo estético dos modismos [...] O moderno também ele tinha uma característica de ser industrializado.

O autor refere-se ao uso residencial, mas ratifica a internalização e receptividade do modo de morar moderno, relacionando a descaracterização e os modismos, assim mencionado pelo usuário do sobrado pensa em reutilizar o piso de taco como revestimento.

A colaboração do modernismo para o acesso à moradia já é sabido, mas o desempenho que as edificações possuem hoje reflete ainda as necessidades e as individualidades de cada usuário, assim como os modismos construtivos. Presume-se que mesmo quando o patrimônio desempenha satisfatoriamente sua função, é natural o morador possuir o desejo de viver melhor. Atenta-se, portanto, para a ligação entre o projeto modernista e as modificações sobre ele ao longo do tempo, convergindo para suas possibilidades de mudanças, quanto ao uso ou simplesmente ao gosto do usuário.

Referências

Referências

BASTOS, Maria Alice Junqueira; ZEIN, Ruth Verde. Brasil: Arquiteturas após 1950. 1. ed., 2^a reimpressão. - São Paulo: Editora Perspectiva, 2015.

BONDUKI, Nabil Georges. Origens da habitação social no Brasil. Arquitetura moderna, Lei do inquilinato e difusão da casa própria. São Paulo: Estação Liberdade: FAPESP, 1998.

BONDUKI, N.; KOURY, A. P. Os pioneiros da habitação social. São Paulo: Editora Unesp; Edições Sesc, 2014. v.1

_____. Os pioneiros da habitação social. São Paulo: Editora Unesp; Edições Sesc, 2014. v.2

CANDAU, Joël. Memória e identidade. Tradução de Maria Letícia Ferreira. -1. ed., 2a reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.

CAROLINA e Pedro. Revista Versailles Casamentos e Festas. Natal, v. 24, 2014. Disponível em: <https://issuu.com/rv_versailles/docs/rv24_andreza_web> Acesso em 24 de junho de 2019.

CHOAY, Françoise. A Alegoria do Patrimônio. Trad. Luciano Vieira Machado. São Paulo: Estação Liberdade / Editora UNESP, p.175-205, 2001.

CORREIA, Telma de Barros. A construção do habitat moderno no Brasil - 1870-1950. São Carlos: RiMa, 2004, 109p.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). Nota de falecimento - eng. civ. Milson Dantas (Crea-RN). Natal, 5 jun. 2014. Disponível em: ><http://www.confea.org.br/nota-de-falecimento-eng-civ-milson-dantas-crea-rn>> Acesso em: 21 de março 2019.

FERREIRA, Angela Lúcia; EDUARDO, Anna Rachel Baracho; DANTAS, Ana Caroline C. L.; DANTAS, George A. F. Uma cidade sã e bela: a trajetória do saneamento de Natal - 1850 a 1969. Natal IAB/RN; CREA/RN, 2008.

FERREIRA, Marieta de Moraes; AMADO, Janaína; PORTELLI, Alessandro. Usos e abusos da história oral. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

FRAMPTON, Kenneth. História crítica da arquitetura moderna. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

FREIRE, Luis Carlos. Prédio da CAERN - Ícone do Modernismo no Brasil - Escritório Saturnino de Brito. Blog Nísia Floresta por Luis Carlos Freire. Natal, RN, 17 de agosto de 2016. Disponível em: <http://nisiaflorestaporluiscarlosfreire.blogspot.com/2016/08/predio-da-caern-icono-del-modernismo-no.html>. Acesso em 17 de julho de 2019.

FREITAS, Maria Luiza de. O Lar conveniente: os engenheiros e arquitetos e as inovações espaciais e tecnológicas nas habitações populares de São Paulo (1916-

1931). Dissertação (Mestrado em Teoria e História da Arquitetura e do urbanismo) - EESC. São Carlos, 2005.

JABLONSKA, Aleksandra. El sentido del pasado y el discurso de la identidad: la conquista de América en el cine latinoamericano de los 90. *Cinemais*, 2004, vol. 37, p. 219-257, out/dez. 2004.

LEMOS, Carlos A. C. O que é Patrimônio. Editora brasiliense. São Paulo: Coleção primeiros passos, 1981.

LIMA, Luiza Maria M. Modernismo à prestação: traços e linhas da arquitetura nas moradias financiadas pelos IAPS (Natal, décadas de 1940-60). Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Arquitetura e Urbanismo) - UFRN. Natal, 2011.

_____. O olhar das instituições de previdência sobre a casa e a cidade: promoção, financiamento e avaliação de imóveis. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - PPGAU/UFRN. Natal, 2015.

MEIHY, José Carlos Sebe Bom. História oral: como fazer, como pensar. José Carlos Sebe Bom Meihy, Fabíola Holanda. 2. ed., 5^a reimpressão. - São Paulo: Contexto, 2017.

MEIHY, José Carlos Sebe B.; RIBEIRO, Suzana L. Salgado. Guia prático de história oral: para empresas, universidades, comunidades e famílias. São Paulo: Contexto, 2011.

MELO, Alexandra Consulin Seabra de. Yes, nós temos arquitetura moderna! Reconstituição e análise da arquitetura residencial moderna em Natal das décadas de 50 e 60. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). PPGAU/UFRN. Natal, 2004. 149f.

OLIVEIRA, Alana Caroline de Sousa. Memória moderna da minha cidade Natal. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Arquitetura e Urbanismo) - UFRN. Natal, 2012.

OLIVEIRA, Giovana Paiva. A modernização do espaço urbano de Natal no início do século XX. OLIVEIRA, Giovana Paiva; FERREIRA, Angela Lúcia de Araújo (Org.). Natal: Intervenções urbanísticas, morfologia e gestão da cidade. Natal: EDUFRN, 2006. p. 33-67.

O REIS DAS ONDAS. Revista Bzzz. Natal, Ano 5, nº 62, agosto de 2018. Disponível em: <https://issuu.com/revistabzzz/docs/bzzz_-_62_-_web> Acesso em 21 de março de 2019.

PEIXOTO, Clarice Ehlers (Org.). Antropologia & Imagens, vol. 1: Narrativas diversas. Rio de Janeiro: Garamond Ltda, 2011.

PUIG, Emili Ferrando. Fuentes orales e investigación histórica. Orientaciones metodológicas para crear fuentes orales de calidad en el contexto de un proyecto de investigación histórica. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2006.

SIQUEIRA, Antonio Jorge de; TORRES, Antonio; MONTENEGRO. Outras histórias. Memórias da Escola de Engenharia de Pernambuco. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1995.

TAVARES, Frederico Augusto Luna. Uma Trajetória Des-viável: O percurso profissional de Arialdo Pinho entre Natal e Fortaleza. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - PPGAU/UFRN, Natal, 2017.

TRIBUNA DO NORTE (Natal-RN). Milson Dantas morre aos 92 anos. Natal, ano 2014, 05 junho de 2014. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/milson-dantas-morre-aos-92/283979>. Acesso em: 21 mar. 2019.

ZEVI, Bruno. Saber ver a arquitetura. Trad. Maria Isabel Gaspar; Gaetan Martins de Oliveira. 6. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

SITE BLOG DOS INVENTORES. Método Bripar de Pavimentação. Disponível em: <<http://blogdosinventores.com.br/metodo-bripar-de-pavimentacao/>> Acesso em: 21 de março de 2019.

SITE BALTAR BIBLIOTECA. Antonio Baltar. Disponível em: <<http://www.cecieducacao.net.br/acervobaltar/baltar>>. Acesso em: 26 de junho de 2019.

SITE DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS INVENTORES (ANI) - INVENÇÕES BRASILEIRAS. Método Bripar de Pavimentação. Disponível em: <<http://www.invencoesbrasileiras.com.br/metodo-bripar-de-pavimentacao/>> Acesso em: 21 de março de 2019.

SITE DO CREA-PE. Memorial da Engenharia retorna busto de Moraes Rego para o antigo casarão da rua do Hospício. Disponível em: <http://www.creape.org.br/memorial-da-engenharia-retorna-busto-de-moraes-rego-para-o-antigo-casarao-da-rua-do-hospicio/>. Acesso em 26 de junho de 2019.

SITE NAÇÕES UNIDAS 2018. 17 OBJETIVOS PARA TRANSFORMAR NOSSO MUNDO. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em: 29 de agosto de 2018.

Fontes de Dados Primárias

ATIQUE, Fernando. Entrevista concedida à Frederico Luna Tavares. Natal, 28 de abr. de 2014.

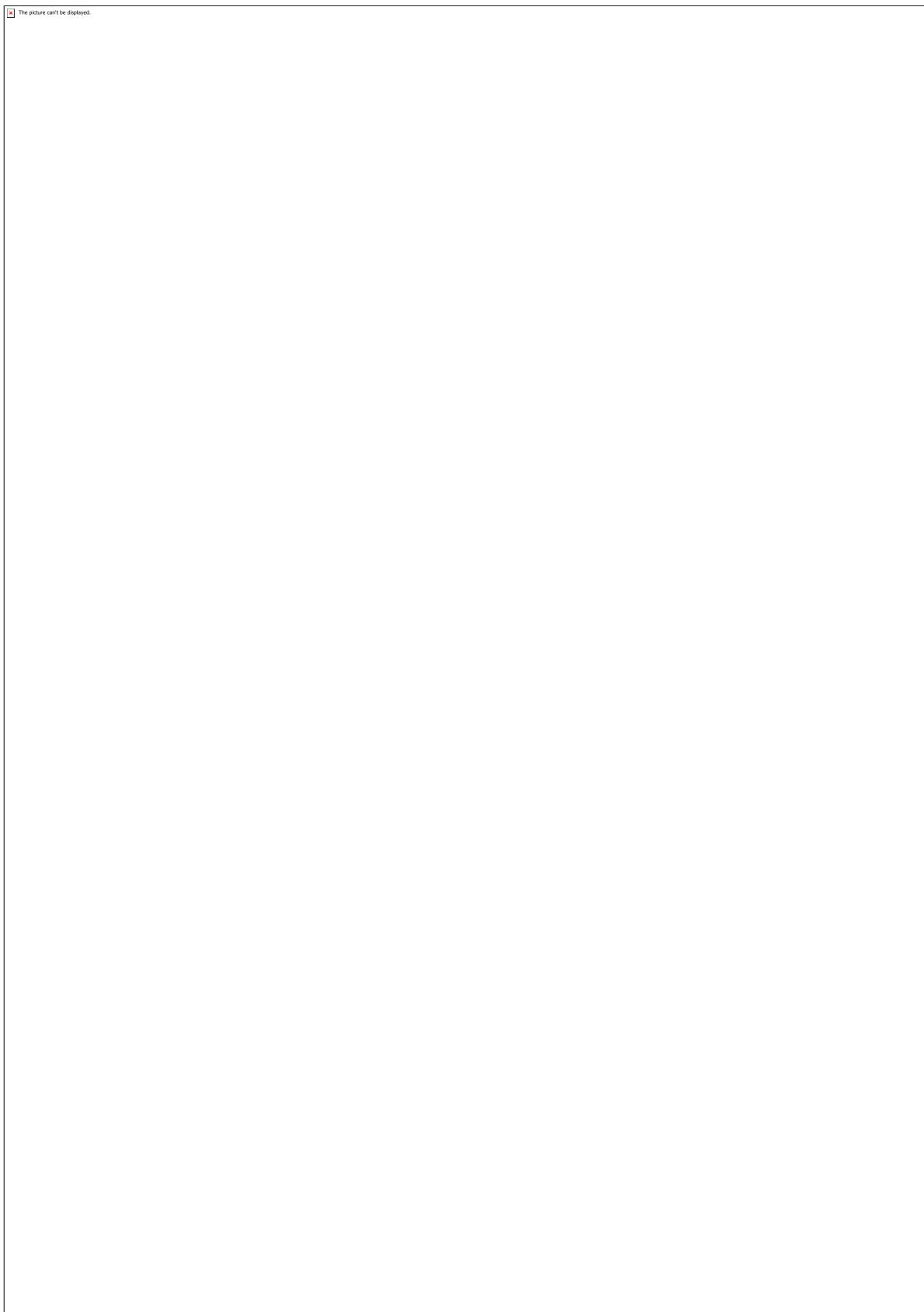
BEZERRA, Kleber de Carvalho. Entrevista concedida a Frederico Luna Tavares e Luiza Lima. Natal, 17 de abr. de 2014.

DANTAS, Milson. PROCESSO DE PAVIMENTAÇÃO E REPAVIMENTAÇÃO MISTA BRITA SECA-PARALELIPÍPEDO-ASFALTO. Depositante: Milson Dantas. Procurador: Menandro de Lima Fontes. BR n. PI-7404984. Depósito: 18 jun. 1974. Concessão: 18 ago. 1980.

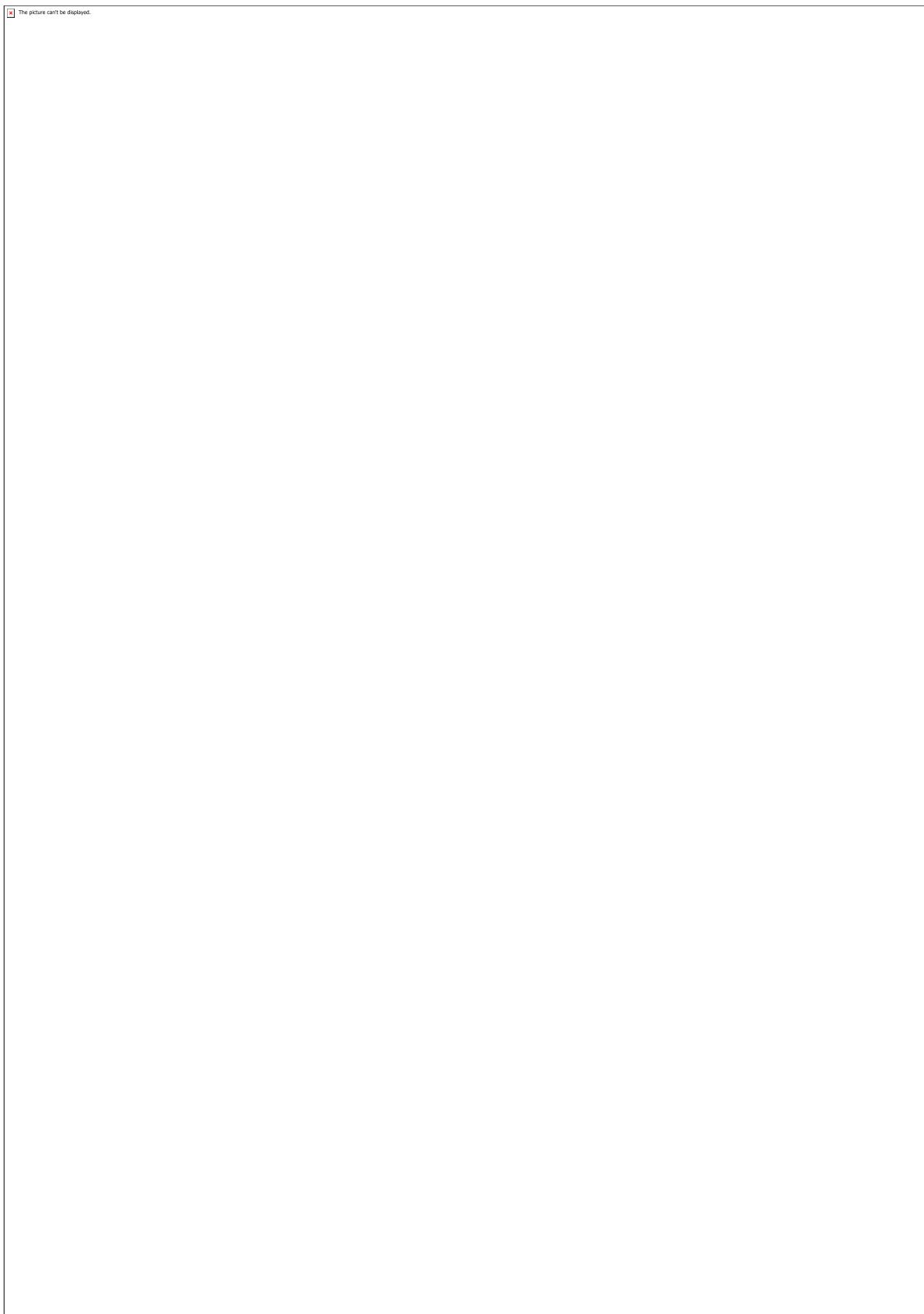
GOMES, Moacyr. Entrevista concedida a Frederico Luna de Tavares. Natal, 2014.

SOUZA JÚNIOR, Pedro Raimundo de. Entrevista concedida a Frederico Luna Tavares.
Natal, 20 de mai. de 2014.

Anexos



Figuras 01,02 e 03



Figuras 04, 05 e 06

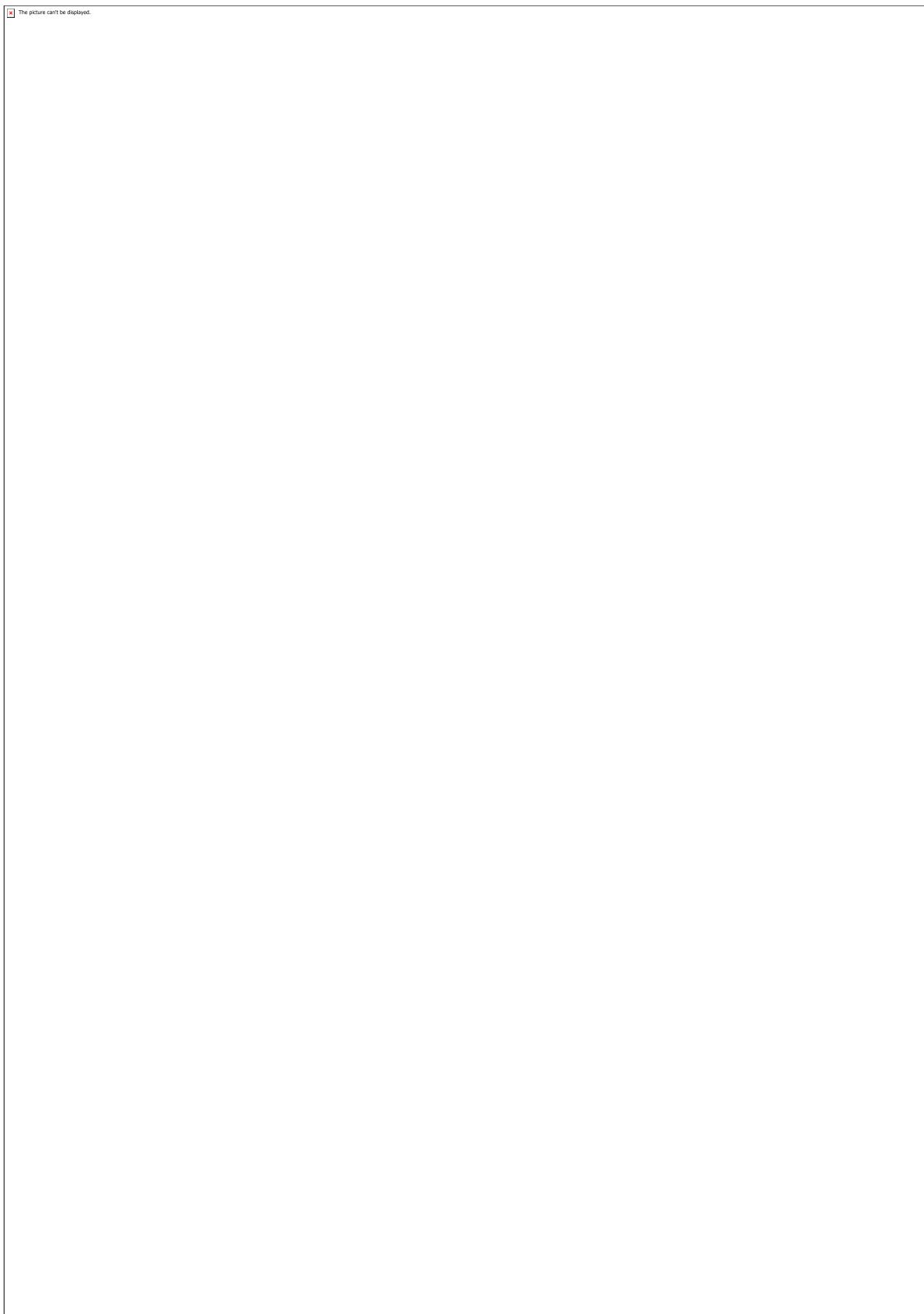
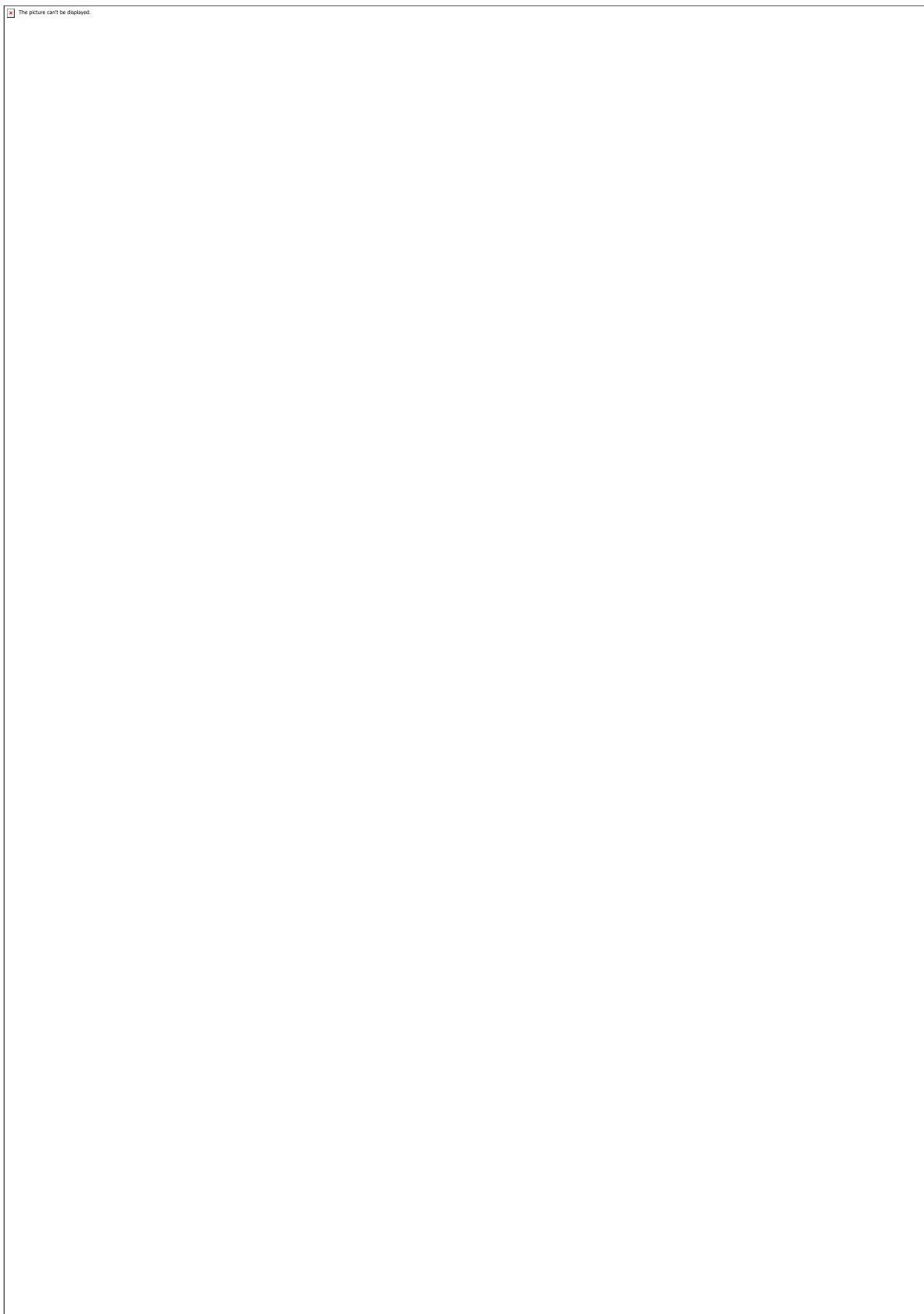
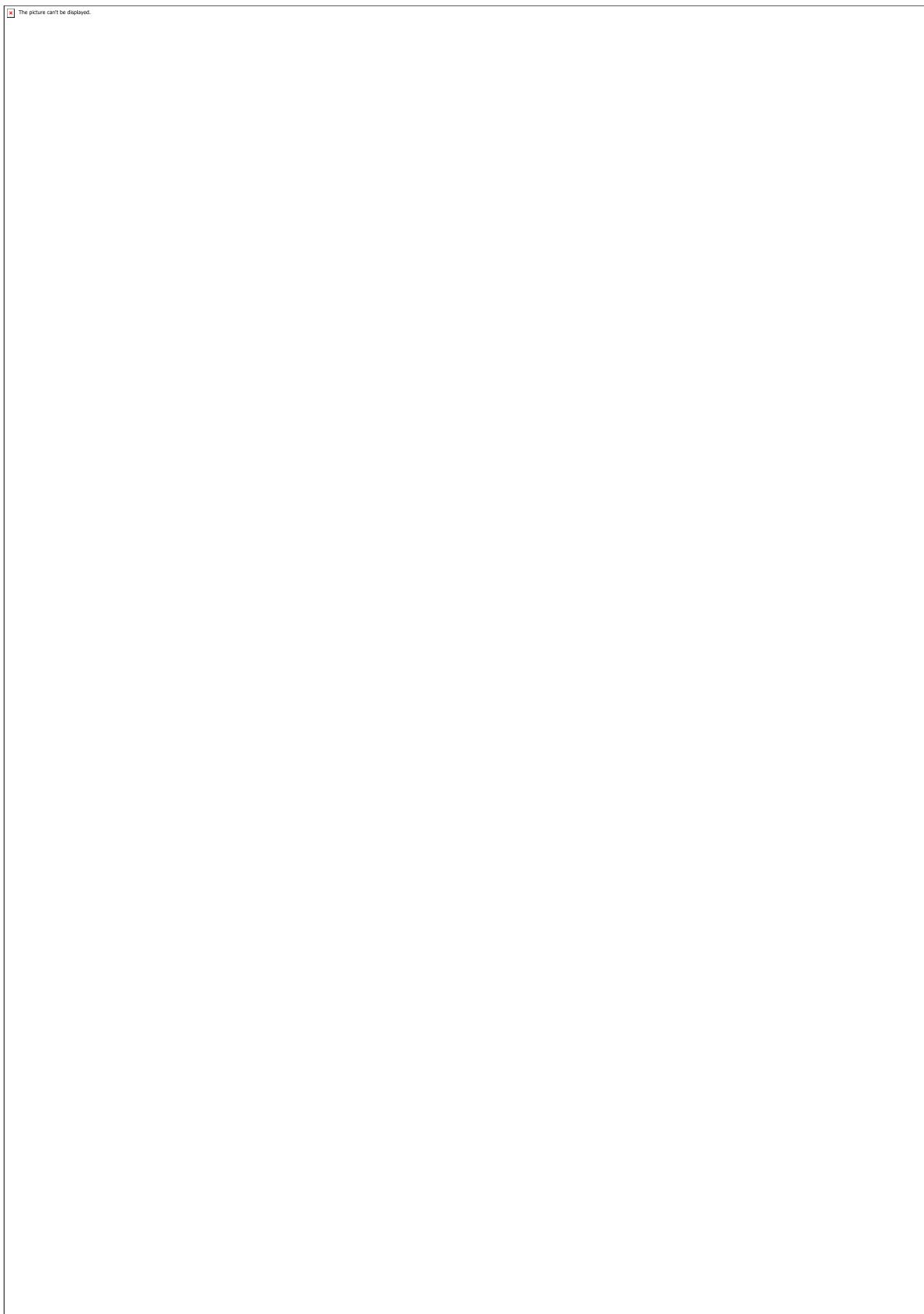


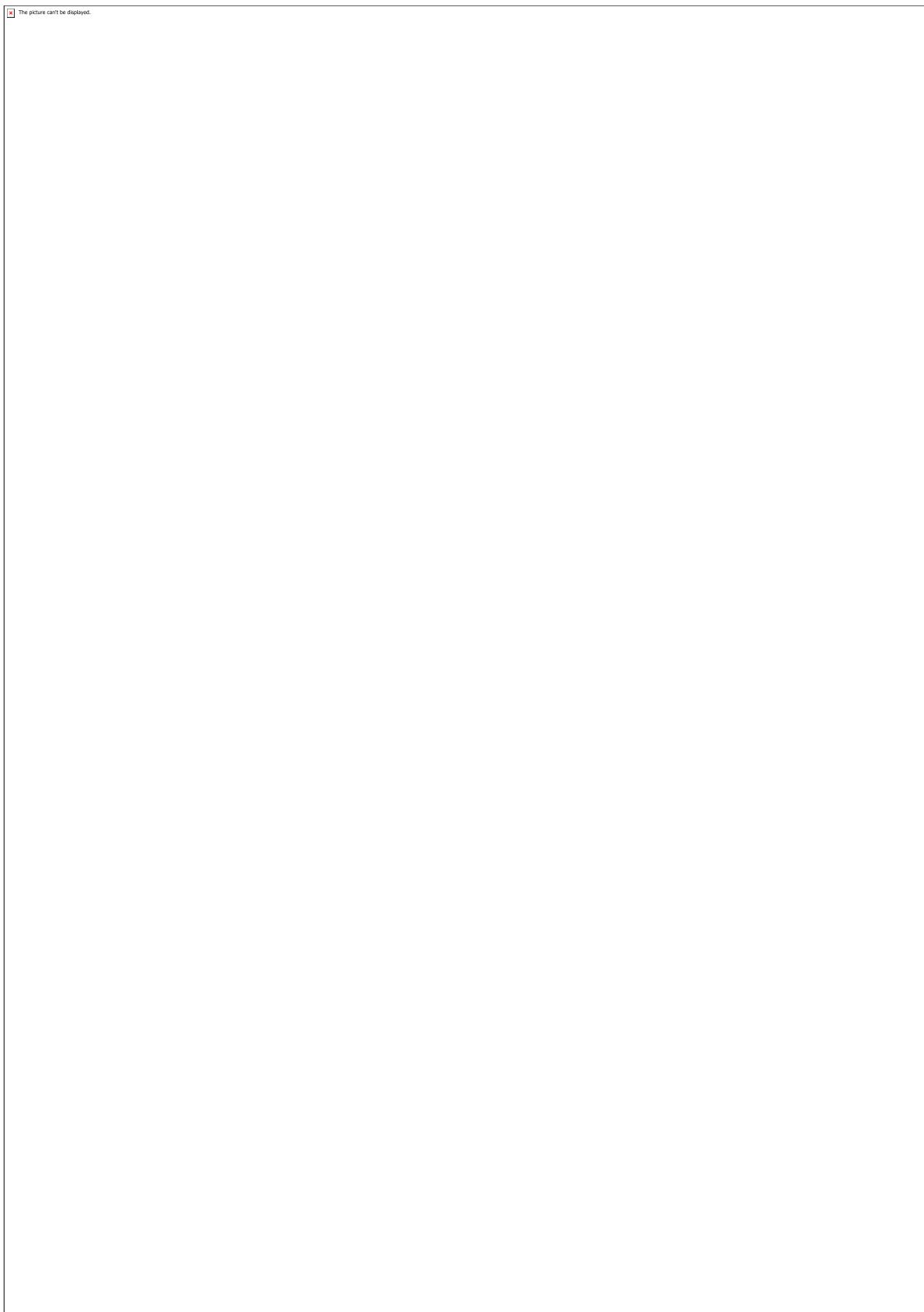
Figura 07



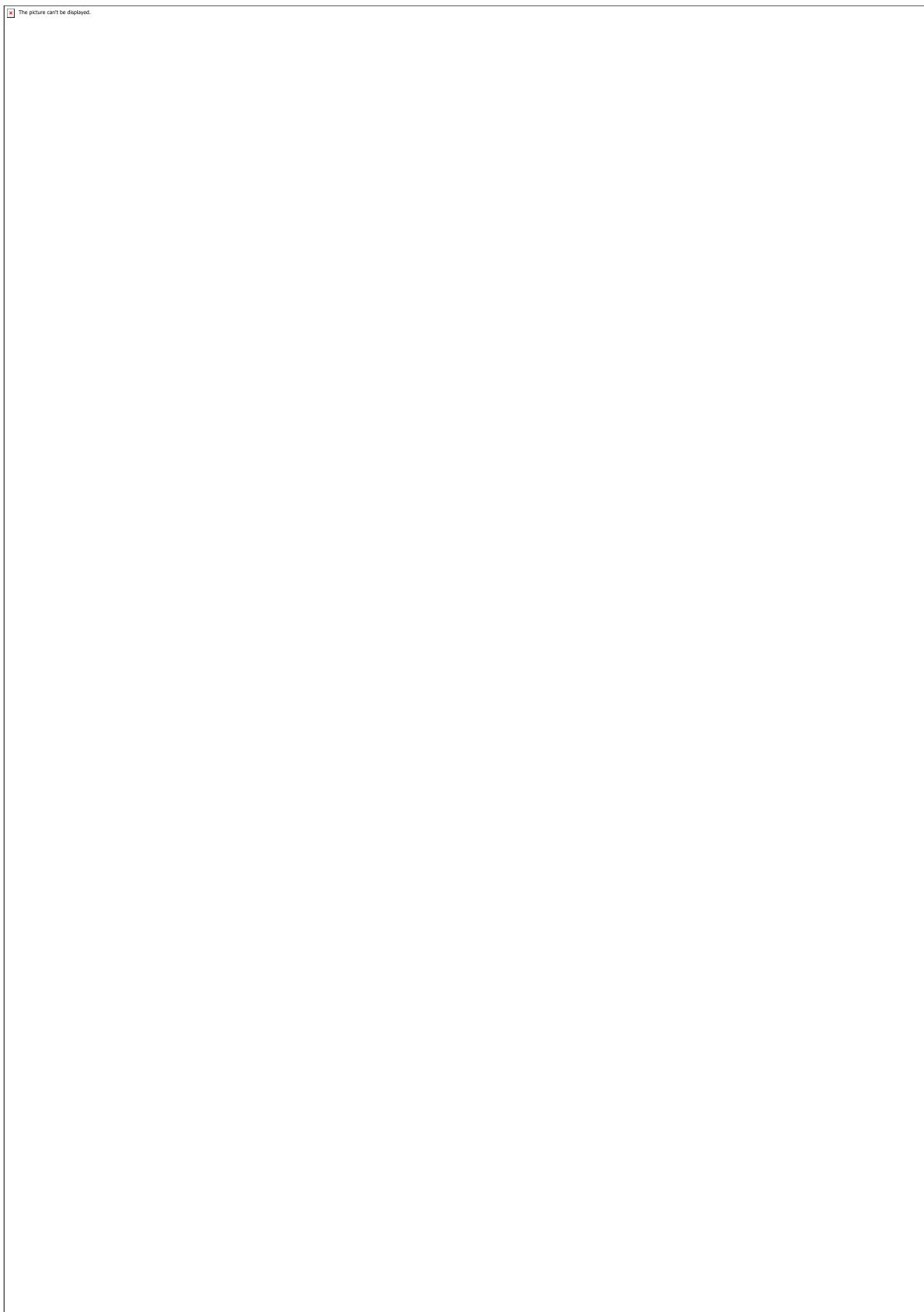
Figuras 08 e 09



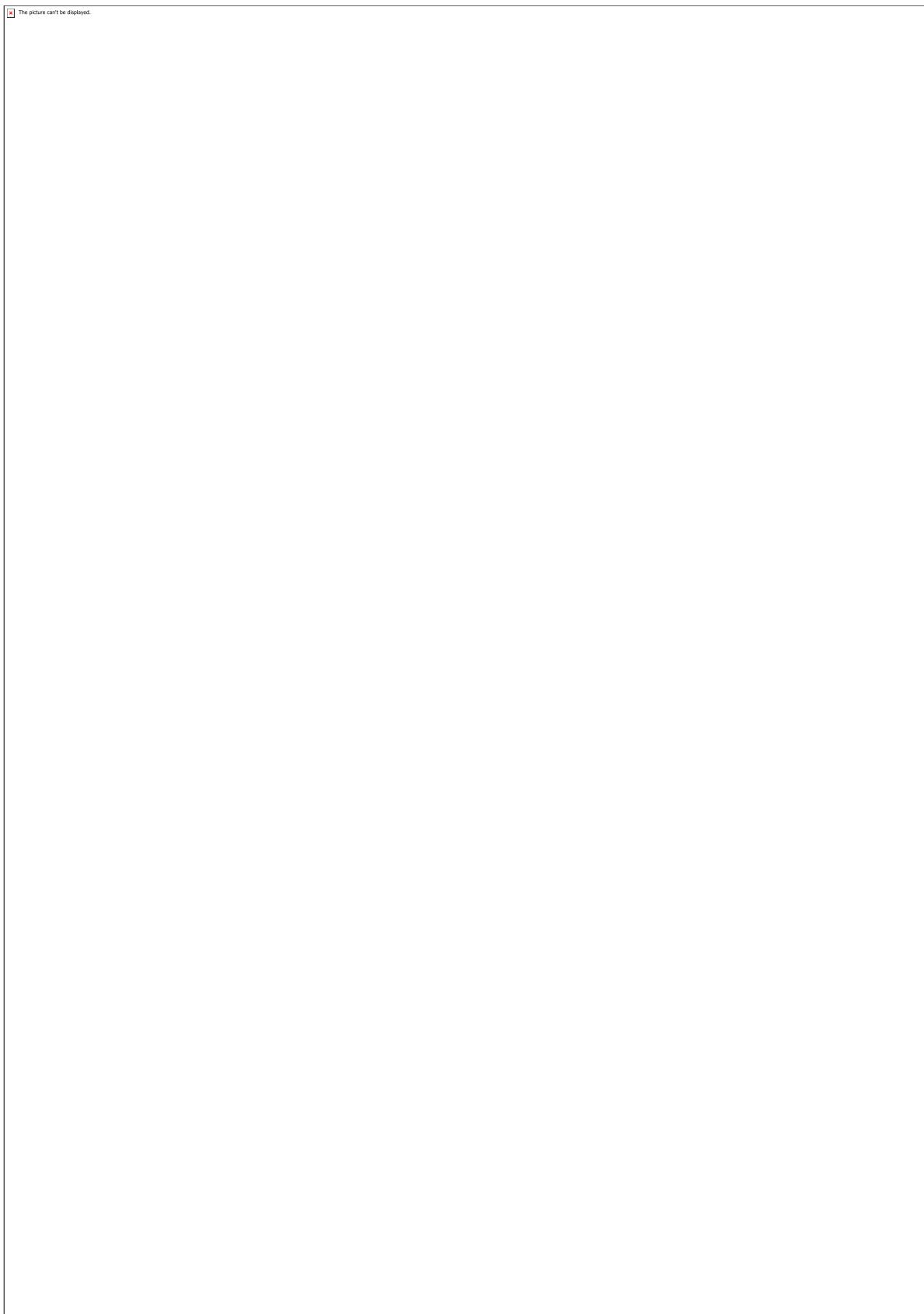
Figuras 10 e 11



Figuras 12 e 03



Figuras 14 e 15



Figuras 16, 17 e 18

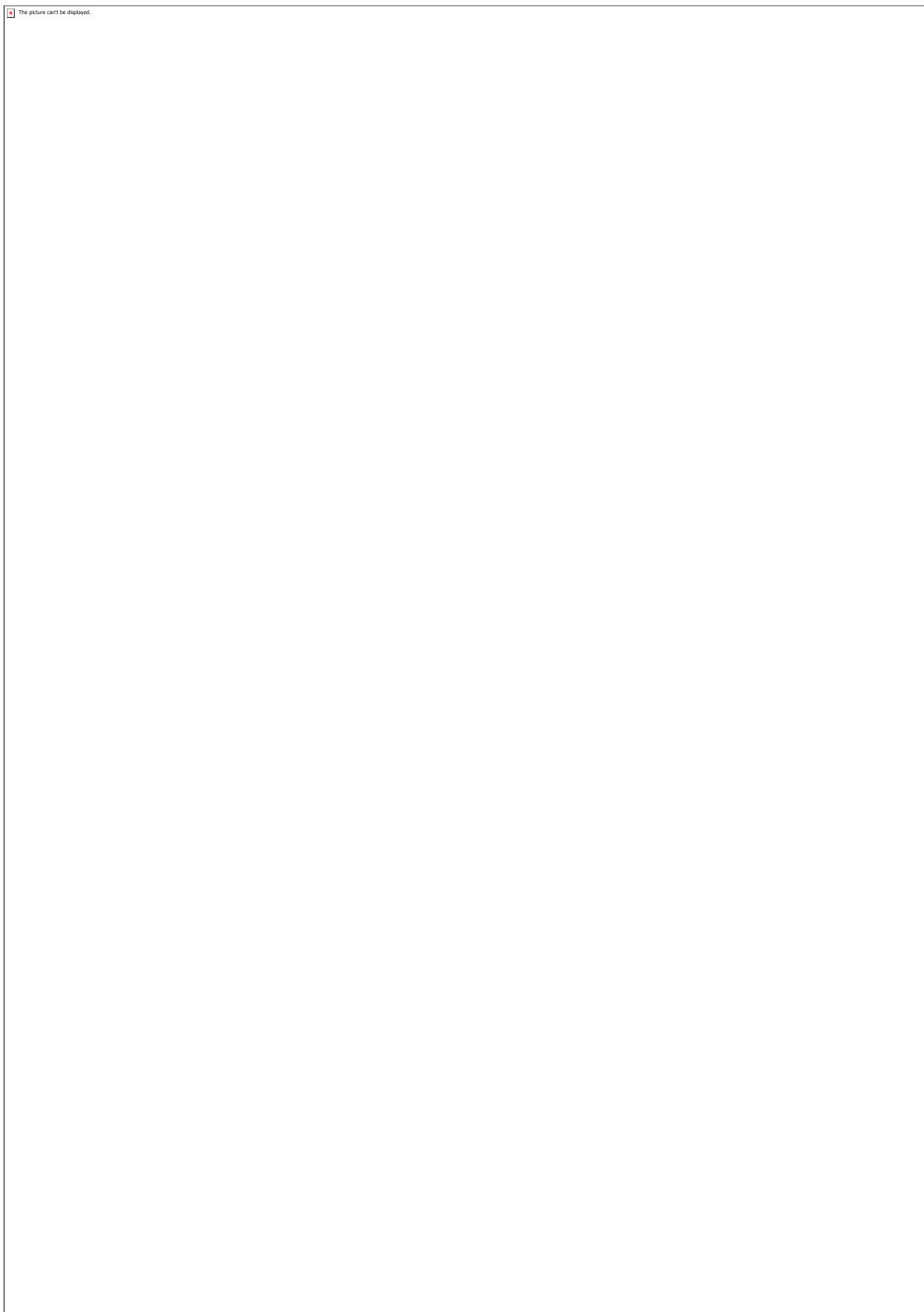
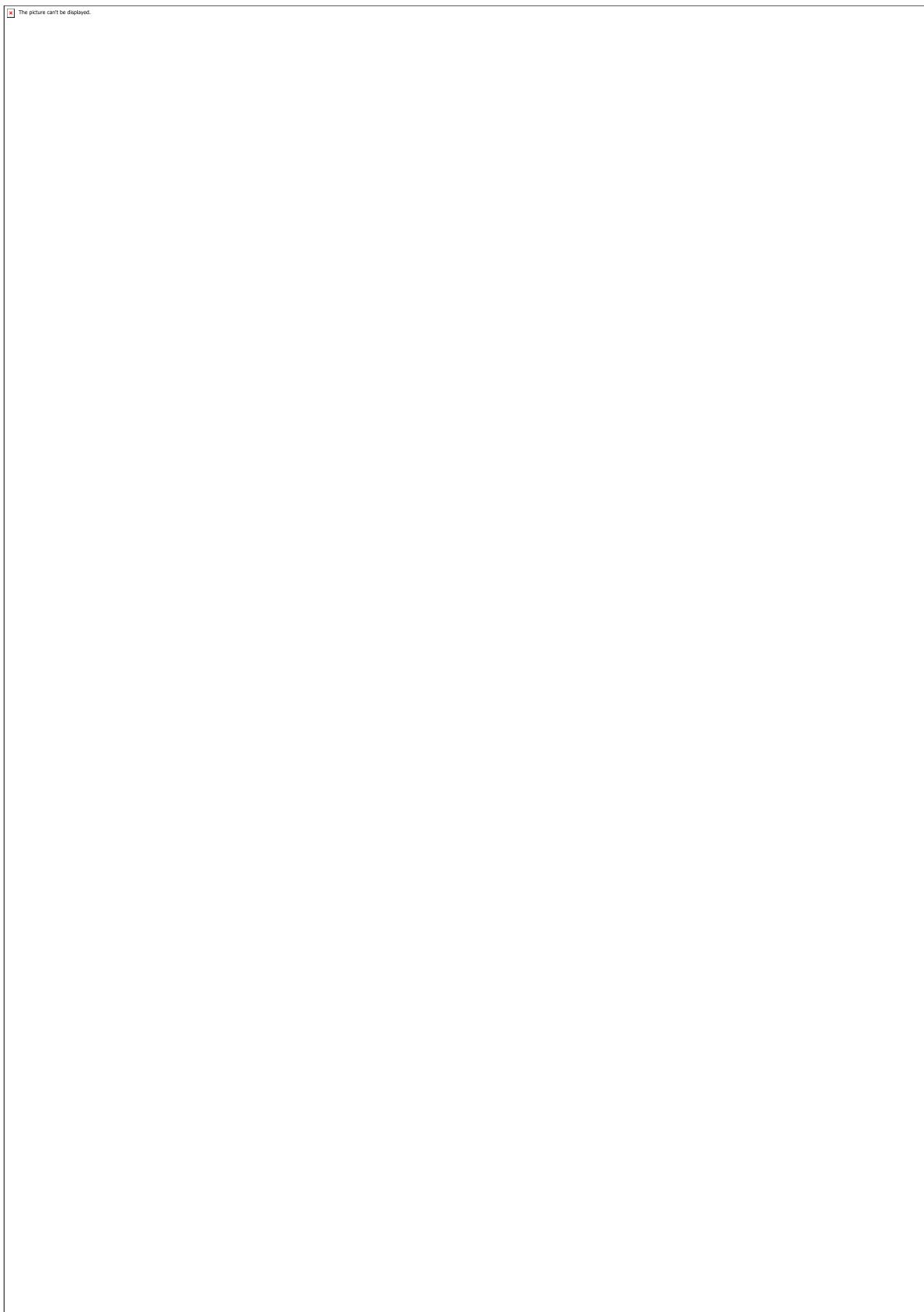


Figura 19 e anexo 01



Anexo 01 - continuação

CÓDIGO: HS0953

AUTOR: SARAH ESLI DE LIMA SOUZA

ORIENTADOR: JOSE CLEWTON DO NASCIMENTO

TÍTULO: Encontros de Rua: a cidade como laboratório de experiências sensoriais

Resumo

O presente relatório objetiva retomar os trabalhos desenvolvidos ao longo de três anos no Projeto de Pesquisa Encontros de Rua, bem como a sistematização, compilação e formas de publicização dos conteúdos produzidos. Esses trabalhos têm como aspecto em comum a discussão sobre como a lógica hegemônica vigente (tempo rápido), e as lógicas de resistências (tempo lento) (SANTOS, 1989) se manifestam e materializam no espaço urbano. Mesmo se tratando de um projeto de pesquisa, diversos trabalhos foram realizados além dos muros da universidade, atuando em parceria com atividades de extensão desenvolvidas e coordenadas pelo professor José Clewton do Nascimento. O projeto teve como co-idealizador e parceiro o antropólogo Maurício Camargo Panella e o Instituto CasaDágua (idealizado e realizado pelo mesmo). Ampliando a compreensão do ir para a rua, diversos bairros da cidade fizeram parte das atividades desenvolvidas entre os anos de 2016 e 2019: Ponta Negra (Vila), Mãe Luiza, Passo da Pátria, Cidade Alta, Ribeira, Quintas e Alecrim. Esse trabalho atinge seu objetivo por tornar pública, em plataformas e formatos de conteúdo distintos, parcela significativa da trajetória do Projeto de Pesquisa Encontros de Rua.

Palavras-chave: Rua. Cotidiano. Memória. Tempo. Espaço urbano.

TITLE: Meeting on the street: The city as a laboratory for sensory experiences

Abstract

This report aims to resume the work developed over the three years in the research project Encontros de Rua, as well the systematization, compilation and forms of publicization of the contents produced. These works have in common the discussion about how the current hegemonic logic (fast time), and the resistance logic (slow time) (SANTOS, 1989) manifest and materialize in the urban space. Even though it is a research project, several works were carried out beyond the university walls, working in partnership with extension activities developed and coordinated by Professor José Clewton do Nascimento. The project had as co-creator and partner the anthropologist Maurício Camargo Panella and the CasaDágua Institute (conceived and realized by him). Broadening the understanding of going to the street, several neighborhoods of the city were part of the activities developed between 2016 and 2019 Ponta Negra (Vila), Mãe Luiza, Passo da Pátria, Cidade Alta, Ribeira, Quintas e Alecrim. This work achieves its goal by making public, in different platforms and content formats, a significant part of the trajectory of the Encontros de Rua Research Project.

Keywords: Street. Day-to-day life. Memory. time. Urban space.

Introdução

O presente relatório objetiva retomar os trabalhos desenvolvidos ao longo de três anos no Projeto de Pesquisa Encontros de Rua, bem como a sistematização, compilação e formas de publicização dos conteúdos produzidos. Esses trabalhos têm como aspecto

em comum a discussão entre a lógica hegemônica (tempo rápido), na modernidade e contemporaneidade, imposta após a consolidação do capitalismo industrial, e as lógicas de resistências (tempo lento) (SANTOS, 1989), ou seja, como ambas se manifestam no espaço urbano.

Ao longo da atuação do grupo foram realizadas discussões que englobam as produções do espaço seguindo a lógica hegemônica (através do trabalho sobre Junkspace); as formas de resistência possíveis de quebrar o tempo acelerado do cotidiano (Paola Berenstein Jacques 2009; Milton Santos 2001) e voltar à rua enquanto espaço de permanência e não apenas de passagem (presente no plano de trabalho “Graficadernos”); buscar a resistência no campo popular, e entender como grupos de pessoas que são postas às margens sociais produzem seus espaços, seja a nível de rua, seja a nível de habitação, e como essa relação rua x casa se estabelece (atividades relacionadas às ações desenvolvidas na Vila de Ponta Negra, no trabalho “Formas de produzir e habitar o espaço”); Recuperar a memória popular, para que em meio à marginalização social, as pessoas se fortaleçam para ocupar e mudar suas cidades (desenvolvidas na ação de extensão “Videocartas”, em parceria com o “Encontros de Rua”).

Nos últimos três anos, muito foi discutido e produzido pelo grupo. Mesmo se tratando de um projeto de pesquisa, diversos trabalhos foram realizados além dos muros da universidade, atuando em parceria com atividades de extensão desenvolvidas e coordenadas pelo professor José Clewton do Nascimento. Essas parcerias buscaram incentivar o diálogo entre pesquisa e extensão na UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Nesse sentido, ampliando a compreensão do ir para a rua, diversos bairros da cidade fizeram parte dessa trajetória: Ponta Negra (Vila), Mãe Luiza, Passo da Pátria, Cidade Alta, Ribeira, Quintas e Alecrim.

As experiências foram diversas em vários de seus aspectos: temáticas, público externo, territórios, metodologias aplicadas, parcerias. Em função do quanto foi produzido, e quão diferenciadas são as produções entre si (mas sempre compartilhando a Rua), o presente trabalho sistematiza, organiza e publiciza parte significativa da produção do grupo, bem como seus resultados e desdobramentos, realizados entre os anos de 2016 e 2019. O projeto de pesquisa teve como co-idealizador e parceiro o antropólogo Maurício Camargo Panella e o Instituto CasaDágua (idealizado e realizado pelo mesmo). Outros parceiros também contribuíram nessa trajetória: ADIC Passo da Pátria, Museu Câmara Cascudo, NAC - Núcleo de Arte e Cultura da UFRN, Nalva Café Salão, grupo Urban Sketchers Natal, Escola Estadual Senador Dinarte Mariz, MMAC - Museu da Memória Afetiva do Natal, CREAS - Vila de Ponta Negra

Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho teve como estrutura prévia 6 etapas, não necessariamente sequenciadas, elencadas a seguir:

1. Criar banco de dados catalogando todas as atividades realizadas, discussões desenvolvidas e produtos obtidos, de modo que se tenha em uma plataforma única (site) um compilado completo do Projeto de Pesquisa Encontros de rua.
2. Adequar os trabalhos para as plataformas de divulgação: Edição dos vídeos e fotos; sistematização de metodologias aplicadas; sistematização dos relatos de cada atividade realizada; diagramação de textos;
3. Estruturar as formas de divulgação, para distribuir o compilado produzido de acordo com as plataformas digitais que melhor lhes favorecem. Nesse momento, se

desenvolverá a estrutura do site, e páginas no facebook e instagram, definindo como os materiais estarão disponíveis para quem o desejar acessar, atualizando e adequando a diagramação dessas plataformas, às necessidades do trabalho.

4. Alimentar o site do Projeto, à medida em que os trabalhos estiverem adequados à plataforma.
5. Alimentar redes sociais (Facebook e instagram) afim de divulgar o site, bem como os resultados em si, e as novas atividades desenvolvidas por membros que compuseram o Projeto de Pesquisa.
6. Sistematizar o compilado para adequar ao formato de publicação em livro.

A primeira etapa consistiu em compilar e organizar todo o material desenvolvido pelo projeto de pesquisa Encontros de Rua. Esse primeiro catálogo foi feito em um drive, ao qual todos os membros que participaram do grupo têm acesso. Após essa primeira compilação, iniciou-se o desenvolvimento do site. O mesmo foi desenvolvido na plataforma wix, por ser gratuita e possuir manuseio bastante intuitivo. Esse site é o banco de dados em formato público, de livre acesso. Ele compila o que foi produzido e discutido pelo grupo Encontros de Rua.

A diagramação do site foi feita paralelamente às adaptações dos conteúdos e materiais a serem publicados no site, um dependia do outro. Para o instagram e o facebook, foram selecionadas e editadas as fotos e vídeos, de acordo com o modo de exibição de cada rede. Os textos para essas plataformas deveriam ser curtos, indicando o que está sendo representado em cada foto, vídeo, álbum (se houvesse), e deixando a opção de visitar o site, caso o leitor queira ver o conteúdo na íntegra. Para a última etapa, foram eleitos 5 trabalhos, que tiveram seu texto, imagens e diagramação modificados, e um dos membros do grupo, Daniel Lucas, os adaptou para o formato de publicação em livro.

Resultados e Discussões

Uma vez que o site é o banco de dados geral, e as redes sociais e o livro são consequências e recortes do mesmo, as discussões e os resultados serão apresentados a partir dele, fazendo uma retrospectiva do que foi trabalhado ao longo dos anos. O Site está estruturado de modo que os seguintes tópicos correspondem às suas abas principais:

01. Apresentação do Projeto
02. Metodologias
03. Pesquisas
04. Publicações
05. Nós
06. Contato

Para compor a retrospectiva, a apresentação do projeto, as metodologias e as pesquisas serão os materiais descritos neste relatório. De modo geral, a aba Publicações contém os artigos, monografias e dissertações na íntegra, frutos das temáticas e pesquisas citadas anteriormente; a aba Nós apresenta todos os membros que compõem o grupo; e a aba Contato é o local de comunicação entre o grupo e o público externo atualmente. Na apresentação do Projeto, faz-se um resumo do que foi o grupo Encontros de rua ao longo desses três anos. Abordando, inclusive os temas chaves que davam unidade às pesquisas e trabalhos desenvolvidos: rua (como espaço e lugar); memória; cotidiano; tempo e narrativas.

A Rua foi o principal conceito chave, uma vez que representa o espaço público enquanto potência do lugar. Buscou-se compreender o que levava os transeuntes a utilizá-la cada vez mais como espaço de passagem, e por outro lado o que na contemporaneidade ainda atrai o sujeito a utilizá-la como lugar de permanência: para o lazer, contemplação, sociabilidade, colocando em confronto o modo como o pensamento hegemônico interfere nos usos e apropriações dos espaços, às manifestações de resistência que insistem em viver o espaço urbano.

No tocante à Memória, o grupo partiu da noção de que o espaço urbano guarda, assim como os livros em sua materialização, as memórias da cidade. Podemos perceber tempos, contextos, mudanças sociais e políticas, através das transformações espaciais e locais, através das marcas inscritas nas paredes, muros, ruas... No entanto, muitas memórias se perdem, e tantas outras são intencionalmente apagadas, visto que não representam a História, as histórias e estórias do ponto de vista daqueles que detém o poder. Os sujeitos populares, ditos comuns e/ou marginalizados não tem comumente seus olhares impressos nos livros, suas memórias são apagadas nos muros da cidade, ao mesmo tempo que as memórias da cidade se perdem pela falta de escuta para com essas pessoas;

O tempo aparece a partir dos conceitos de tempo rápido e tempo lento de Milton Santos. O primeiro, enquanto aquele que acirra uma relação superficial com as cidades, visto que segue a lógica hegemônica. Ora, se tempo é dinheiro, a rua é apenas a ponte entre a casa e o trabalho. Por outro lado, ir à rua, vivê-la e compartilhá-la se apresentam como formas de resistência, e gestos fios (RIBEIRO, 2012; 2015).

Quando o sujeito experiencia a rua, diretamente ou não, ele poderá instigar a outros a fazerem o mesmo, ou ao menos se questionarem: por que não? Em tempos rápidos o cotidiano pode se apresentar superficialmente, monótono, repetitivo ou até mesmo passar despercebido, e as narrativas, consequentemente, se perderem no tempo e espaço. No entanto, pesquisar diversos temas sobre o espaço urbano, apoiando as discussões no que se observa do/no cotidiano é também investigar as narrativas do dia a dia, e o que elas dizem sobre os sujeitos, sobre os espaços e lugares, sobre a cidade (BACHELARD 1978; CERTEAU, 1988).

Na aba de metodologias destacamos três delas: montagem e remontagem, cartografia urbana e deriva. A primeira diz respeito ao pensamento de Walter Benjamin, abordado por Paola Berenstein Jacques, na qual por meios do recolhimento de fragmentos e, em seguida, a disposição deles em uma superfície, acompanhada de discussão entre os participantes, fez-se possível criar uma sequência narrativa. Trata-se de uma metodologia que abrange as apreensões individuais de cada um sobre determinado tema, por meio do fragmento escolhido, nas razões da escolha e seu espaço na montagem (com quais outros fragmentos se conecta). Quando essa bagagem pessoal é externada, podendo ser apreendida por outros, como também expressar um pensamento/sentimento compartilhado, aquilo que inicialmente é posto como individual, torna-se coletivo. Construída a primeira narrativa, os fragmentos podem ser rearranjados, a discussão pode ser expandida, e novos rumos tomados, estabelecendo então a remontagem, ou seja, a composição de uma nova narrativa. Esse processo busca evidenciar a diversidade de sentidos, questionamentos e raciocínios, que podem ser evocados pelos fragmentos.

A deriva corresponde ao andar despreocupado, mas não desatento. No caso do Encontros de Rua as mesmas foram desenvolvidas geralmente a partir de pontos no espaço público pré-estabelecidos, dos quais os participantes vão escolhendo sua

direção/sentido/paradas de acordo com o que lhes prende ou conduz a atenção, o olhar, o corpo. Alguns desses percursos eram temáticos, como por exemplo a deriva realizada no entorno da Casa do Estudante (referente ao plano de trabalho intitulado Graficadernos), na qual o tema era apreender o entorno do edifício.

A Cartografia Urbana foi aplicada nas atividades na qual o suporte era o Mapa Gigante da Cidade do Natal (produzido por Maurício Panella). Nessas atividades a cartografia, ou seja a experiência de mapear foi utilizada para espacializar e locar as memórias vividas, bem como as memórias sonhadas/imaginadas dos participantes, suas relações de afeto e sentimentos evocados com/pelos espaços da cidade (RICOEUR, 1997; RIBEIRO, BARRETO, LOURENÇO 2001).

Na aba de pesquisas, foram abordadas cinco delas: Graficadernos, Video-cartas, Junkpace, Formas de produzir e habitar o espaço, e Cartografias da Violência . Alguns trabalhos (como por exemplo o Trabalho final de graduação de Daniel Lucas) foram frutos do grupo e serão inseridos assim que estiverem disponíveis na plataforma da UFRN.

O Graficadernos de Rua – desenhando as ruas da Cidade Alta e Ribeira Natal/RN foi uma pesquisa realizada entre junho de 2016 e junho de 2017. A mesma, teve por objetivo investigar os cadernos gráficos, suporte de registros pessoais, como ferramenta e metodologia de incentivo à experimentação intensa e atenta da rua por seus transeuntes. Tal investigação foi motivada por questionamentos acerca do atual modo de vida dos meios urbanos, onde se tem a rua como cenário para os deslocamentos dos indivíduos.

Principalmente após a consolidação da modernidade e do capitalismo para além dos novos meios de produção, percebe-se uma ausência de significar e entender a rua enquanto cenário das construções de narrativas sociais, individuais e coletivas, como também reconhecê-la enquanto personagem atuante na construção de outros atores que a ocupa (GUARALDO, 2012; KUSCHNIR, 2012; RIBEIRO, 2005). Através do desenho de observação in loco, bem como por meio da aplicação da metodologia de Montagem Urbana, comprovou-se que os cadernos gráficos além de suporte para registro de narrativas, são impulsionadores de suas construções no meio urbano.

Entre 2017 e 2018 foi desenvolvida uma pesquisa que teve por objetivo identificar formas de ocupação e produção espaciais que inventam e constroem o cotidiano dos habitantes na cidade, intitulada: Modos de produzir e habitar o espaço: imaginação criadora, memórias, representações e linguagens poéticas sobre o cotidiano. Propôs-se a investigar, estudar e valorizar formas de vivência do cotidiano e configuram-se como micro resistências na luta pelo direito à cidade, por cidades democráticas e inclusivas nas quais os sujeitos comuns sejam protagonistas de novos cenários espaciais evidenciando a diversidade sociocultural existente, porém invisibilizada, nos espaços urbanos (SEGAUD, 2016). A partir da realização de oficinas e derivas as memórias e imaginários de cada indivíduo foram acessadas, estimuladas, e também construídas. Por meio das histórias pessoais, foi possível contar algumas histórias sobre a Cidade do Natal e imaginar outros possíveis futuros para ela por meio das vozes íntimas que a compõem no cotidiano.

Em parceria com coletivos e instituições da Cidade do Natal, a ação de extensão video-cartas buscou construir cartografias da história da cidade e histórias e memórias estabelecidas a partir da relação sujeito x cidade. Essa ação de extensão é um dos resultados do Projeto de Extensão Walkshop: arte, cartografia e educação patrimonial

e foi coordenada pelo professor José Clewton do Nascimento e por Maurício Panella. As metodologias utilizadas foram do projeto De Fora adentro: Cartografia dos Sentidos, criado e coordenado pelo antropólogo e artista multimídia Maurício Camargo Panella. A cartografia foiposta como uma ferramenta possível para se interpretar, registrar e representar o patrimônio material, imaterial e natural partindo dos vínculos estabelecidos com as pessoas ao longo do tempo, no cotidiano. Todo esse processo de apreensão da cidade foi realizado de maneira coletiva, colaborativa e exercitando o olhar poético. O objetivo consistiu em resgatar, construir e sonhar as memórias e histórias, individuais e coletivas.

A cidade e seus sentidos: cartografia da violência foi uma atividade/vivência realizada em 2017 No Museu Câmara Cascudo da UFRN. Proposto pelo instituto Casadágua, o momento realizado em parceria com o Encontros Rua discutiu a violência no espaço urbano. A equipe junto com algumas crianças entre, aproximadamente, 7 e 14 anos, atendidas pela Associação para o Desenvolvimento de Iniciativas de Cidadania do RN - ADIC/RN do Passo da Pátria, conversou sobre as diversas formas de violência vivenciadas na cidade, bem como sobre os imaginários atrelados a elas e ao seu território de vivência. A partir da reflexão foram construídas coletivamente propostas pelas crianças, com base nas demandas e problemas expostos por elas, materializando as ideias e desejos sobre a cidade, o bairro que se deseja.

O plano de trabalho intitulado junkspace partiu da compreensão de que existem nas cidade do Natal edifícios em que é possível perceber a materialização da política do lucro pelo lucro, que acabam por prejudicar o bem estar social coletivo, chamados de "Junkspace"(KOOLHAS, 2014). Propôs-se a elaboração de uma cartografia de tais espaços a fim de obter uma visão global, bem como apoiada na realidade imediata de nossa cidade. Além disso, olhando para os significados atrelados a esses espaços, pautou-se também os aspectos tanto da superestrutura da nossa sociedade quanto das experiências mais pessoais que podem acontecer em relação aos espaços-lixo. Em resumo essa pesquisa buscou ampliar as condições para refletir sobre paradigmas da discussão arquitetônica atual em Natal, desenvolvendo uma crítica não só sobre a produção espacial da cidade como também sobre as relações espaciais que o Junkspace influência.

Conclusão

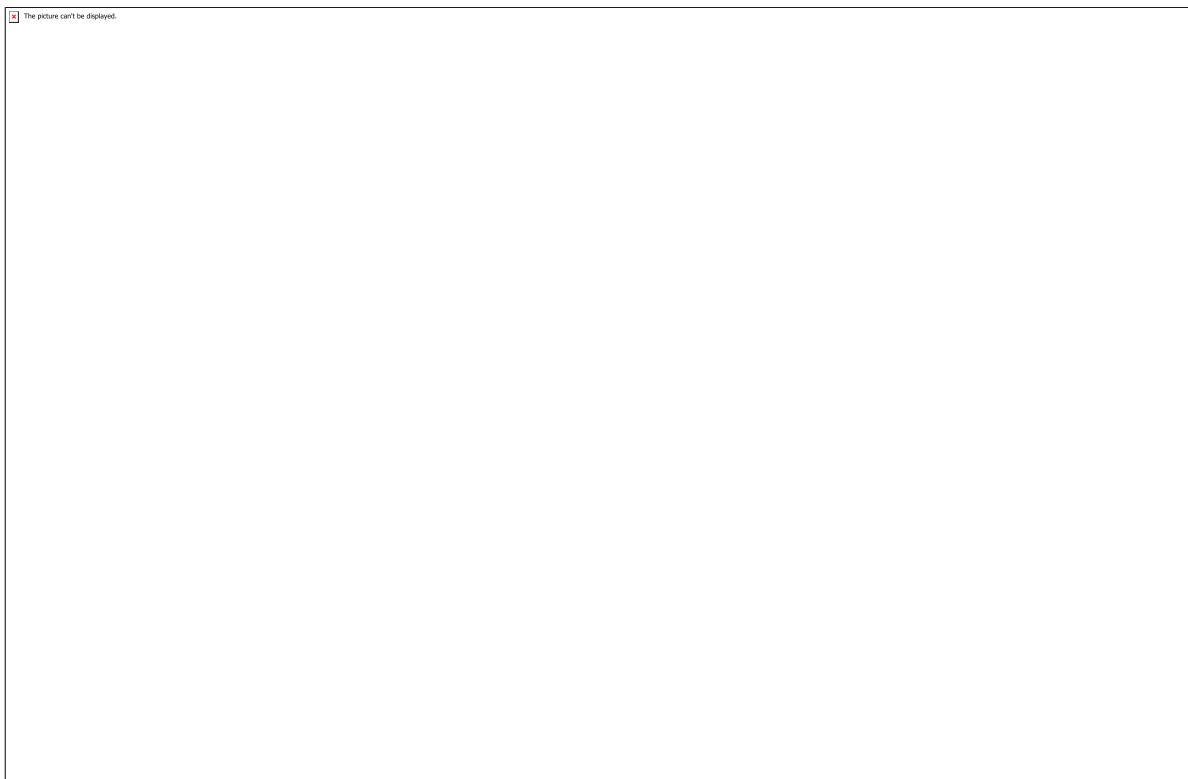
Ao longo dos três anos de atuação o Encontros de Rua mergulhou em diversos espaços, lugares, territórios e territorialidades. O grupo não se ateve a buscar conclusões ou respostas, mas sim a estimular a vivência no espaço urbano, bem como as reflexões, questionamentos e registros sobre ele. Esses estímulos foram atravessados sempre pela compreensão de que no espaço disputam-se narrativas. Enquanto o pensamento hegemônico é posto em prática por diversos agentes, o campo popular responde através de seus personagens (individualmente e coletivamente) com discursos, mas principalmente com ações que defendem o direito à cidade no cotidiano. Em diversas situações o corpo do sujeito marginalizado na cidade, a sua existência, por exemplo, configura-se como resistência pois confronta diariamente aspectos, dinâmicas e vivências que o discurso hegemônico tenta eliminar, ou minimamente esconder. Resgatar as memórias, imaginários e percepções passadas, vividas, ou sonhadas faz parte do processo de visibilizar e ampliar as discussões sobre a diversidade presente nas formas de produzir, habitar, apropriar e ocupar o espaço. Esse processo, também engloba compreender os agentes hegemônicos e sua materialização nas cidades, a fim de compreender como se sustenta, mas também questionar como se combate seus

efeitos negativos ao campo popular. Apropriando-se da Agenda 2030 da ONU esse trabalho dialoga com o Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, e atinge seu objetivo ao promover discussões e atividades que expandem o olhar, ouve as vivências, e percebe-se a cidade, não apenas a partir dos pesquisadores, mas principalmente a partir dos participantes parceiros ao longo dos anos. Afinal, em uma contemporaneidade na qual se sente os efeitos dos processos de espetacularização e estandardização das cidades, pensar cidades democráticas engloba reconhecer, valorizar e considerar no planejamento urbano as memórias e afetos urbanos dos sujeitos “comuns”.

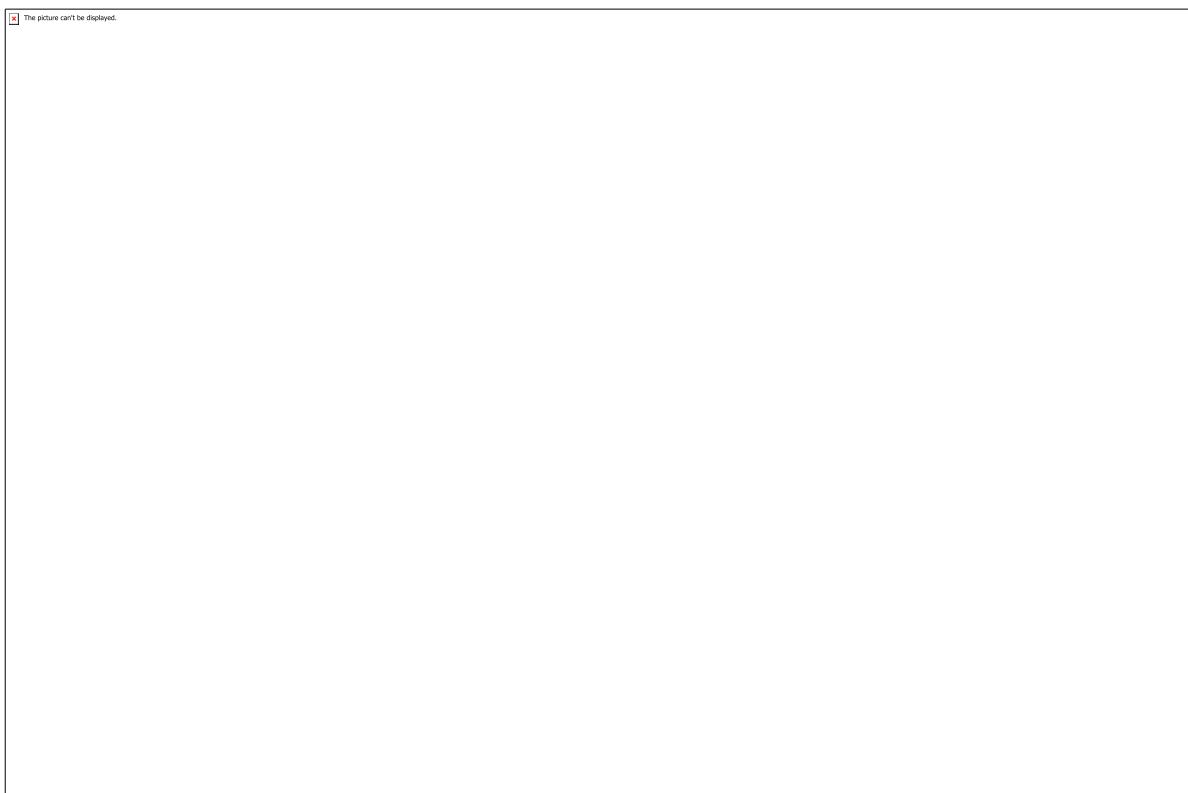
Referências

- RIBEIRO, Ana Clara Torres. Homens lentos, opacidades e rugosidades. Redobra, Salvador, n. 9, p. 58-71, 2012
- RIBEIRO, Ana Clara Torres. Sociabilidade hoje: leitura da experiência urbana. Caderno CRH, Salvador, v. 18, n. 45, set./dez. 2005.
- _____. Elogio da lentidão. Folha de São Paulo, São Paulo, 11 mar. 2001.
- BACHELARD, Gaston. A poética do espaço. Trad. Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- CERTEAU, Michel. A invenção do cotidiano: Artes de fazer. Petrópolis. Vozes. 1988.
- SANTOS, Milton. O Tempo nas Cidades. Texto extraído da transcrição da conferência do autor na mesa-redonda O tempo na Filosofia e na História, promovida pelo Grupo de Estudos sobre o Tempo do Instituto de Estudos Avançados da USP em 29 de maio de 1989.
- _____. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: EDUSP, 2003.
- _____. Metrópole: a força dos fracos é seu tempo lento. Ciência & Ambiente, jul./dez. 1993.
- _____. Pensando o espaço do homem. São Paulo: Edusp, 2004. Guaraldo, Iais. A diversidade de processos nos cadernos de criação. In congresso internacional da associação de pesquisadores em crítica genética, x edição, 2012.
- KUSCHNIR, karina. Desenhando cidades. In revista sociologia &antropologia, v.02.04, 2012.
- JACQUES, Paola Berensteisn. Corpografias urbanas – o corpo enquanto resistência. Cadernos PPGAU – FAUFBA. Resistências em espaços opacos. Ano 5, número especial, Salvador: 2007.
- RICOEUR, Paul. Tempo e narrativa. Trad. Roberto Leal Ferreira. Campinas: Papirus, 1997.
- RIBEIRO, A. C. T.; BARRETO, Amélia Rosa Sá ; LOURENÇO, A. ; COSTA, Laura Maul de Carvalho ; AMARAL, Luís César Peruci Do . Por uma cartografia da ação: pequeno ensaio de método. Cadernos IPPUR/UFRJ, v. 15,16, p. 33-52, 200
- KOOLHAAS, Rem. Três textos sobre a cidade: Grandeza, ou, O problema do grande; A cidade genérica; Espaço-lixo. E-book, Ed. Gustavo Gili, 2014.

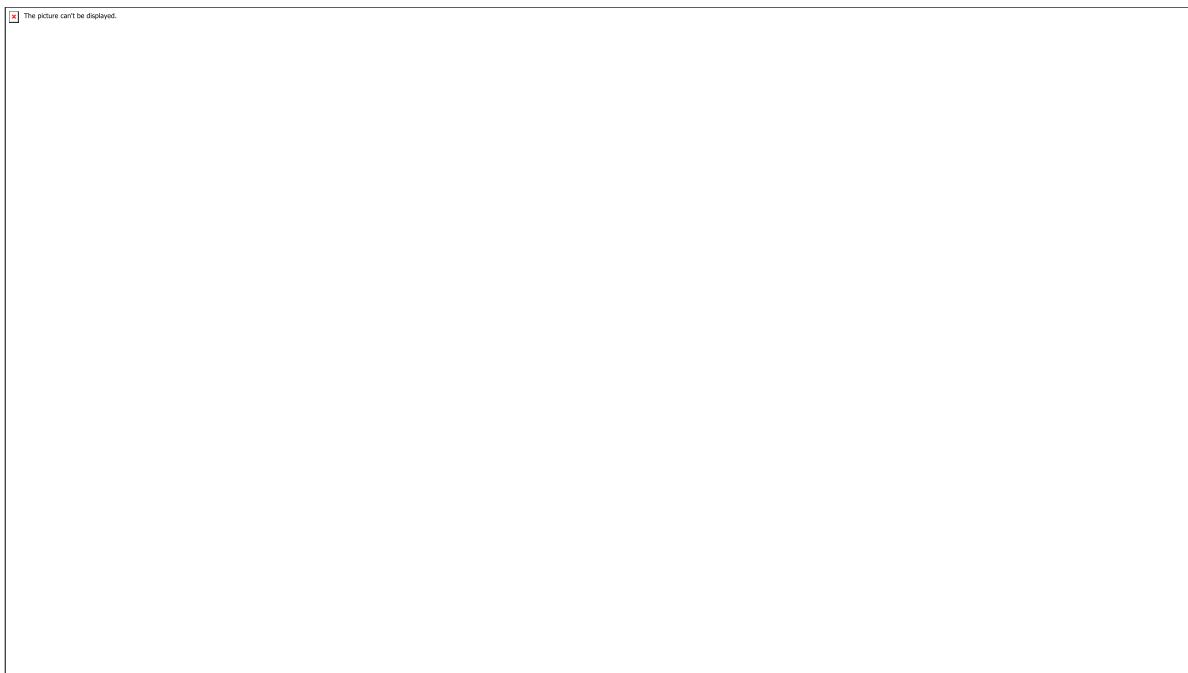
Anexos



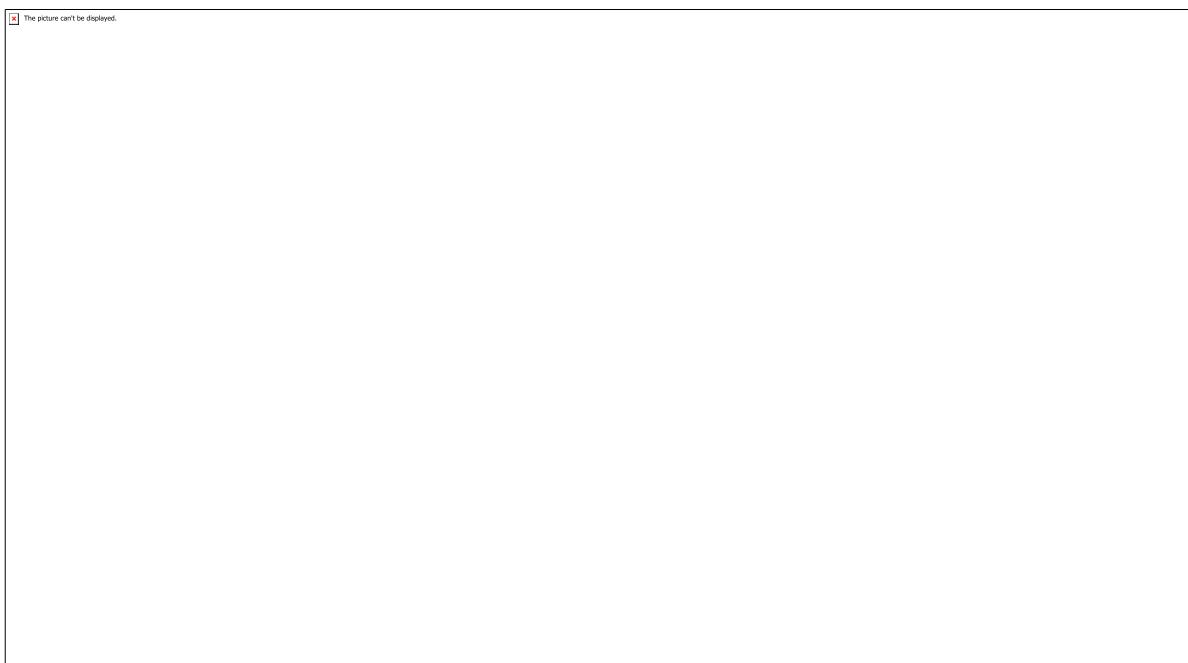
Montagem e remontagem "Junkspace"



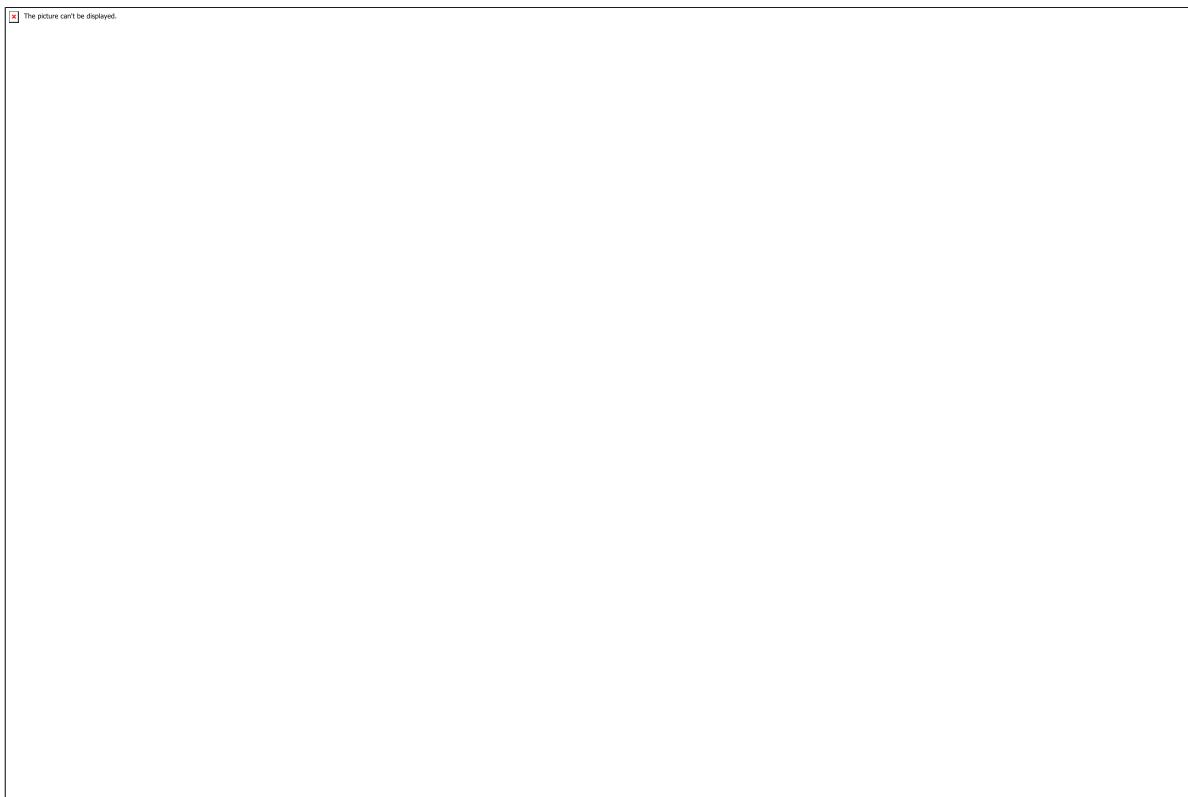
Graficadernos



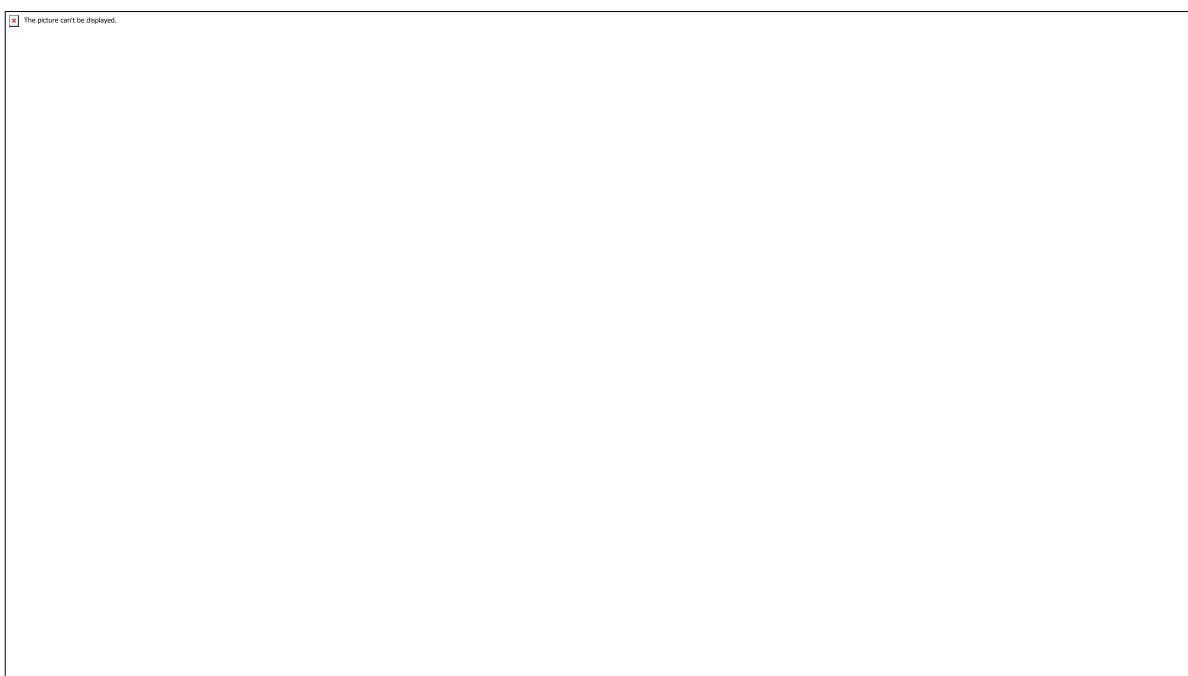
Formas de produzir e habitar o espaço



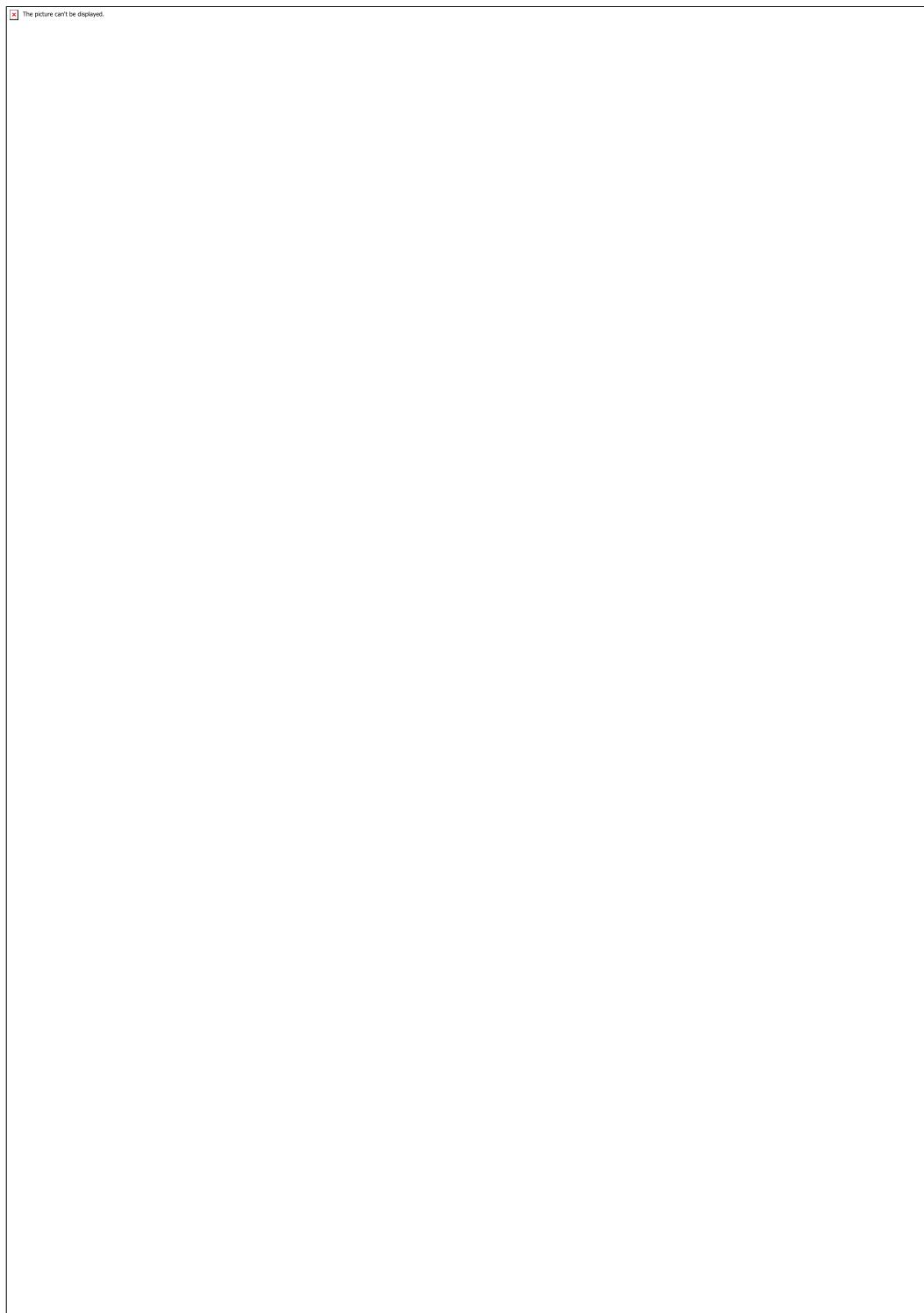
Videocartas



Cartografia da violência



Site do projeto



Livro do projeto (introdução)

CÓDIGO: HS0965

AUTOR: NATHALIA AZEVEDO DE MELO

ORIENTADOR: RUTH MARIA DA COSTA ATAIDE

TÍTULO: Proteção ambiental e conflitos territoriais: reflexões a partir das bordas metropolitanas de Natal/RN

Resumo

Desde meados da década de 1980, os temas relacionados ao planejamento ambiental e urbano e a garantia do direito à moradia têm ganhado destaque na agenda de debates da sociedade e da produção da política urbana nas esferas de governo. O presente artigo discute as fragilidades socioambientais da Região Metropolitana de Natal, destacando os conflitos territoriais e normativos presentes nos limites dos municípios de Natal, São Gonçalo do Amarante, Parnamirim e Extremoz. Evidenciam-se as dificuldades de efetivação das normativas ambientais e urbanísticas aplicadas aos espaços protegidos contínuos das bordas desses municípios, assim como a ausência de gestão metropolitana. Isso permite concluir a falta de comprometimento dos municípios com as determinações do Estatuto da Cidade e dos seus respectivos Planos Diretores municipais, relativas ao cumprimento da função socioambiental da cidade, assim como, a ausência de articulação em relação às determinações do Estatuto da Metrópole, em vigor desde 2015.

Palavras-chave: planejamento ambiental e urbano; conflitos territoriais.

TITLE: Environmental protection and territorial conflicts: reflections from the metropolitan borders of Natal/RN

Abstract

Since the mid-1980s, issues related to environmental and urban planning and the guarantee of the right to housing have gained prominence in the debates of society and the production of urban policy in government spheres. This article discusses the social and environmental weaknesses of the Natal Metropolitan Region, highlighting the territorial and normative conflicts present in the limits of the municipalities of Natal, São Gonçalo do Amarante, Parnamirim and Extremoz. It's evident the difficulties of enforcing the environmental and urbanistic norms applied to the continuous protected spaces of the borders of these municipalities, as well as the absence of metropolitan management. This allows us to conclude the lack of commitment of the municipalities with the determinations of the City Statute and its respective Municipal Master Plans, regarding the fulfillment of the social and environmental function of the city, as well as the lack of articulation in the determinations of the Metropolis Statute, in effective since 2015.

Keywords: environmental and urban planning; territorial conflicts.

Introdução

O debate acerca das questões socioambientais vem crescendo no Brasil nas últimas décadas, apesar das dificuldades de gestão e entendimento político que recaem sobre essa temática. Especialmente a partir dos anos 1980, diversos parâmetros normativos foram introduzidos no marco jurídico no esforço de redirecionar o planejamento ambiental e habitacional nas cidades brasileiras, os quais foram incorporados nos ordenamentos urbanísticos municipais produzidos desde então. No município de Natal, o Plano Diretor de 2007 (NATAL, 2007), reafirmando orientações do Plano de 1994 (NATAL, 1994), delimitou as chamadas Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs) e Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS), na tentativa de assegurar a equidade socioambiental no uso e ocupação do território. No entanto, ainda que se busque esse equilíbrio na política urbana municipal, observa-se que a maioria das ações tende a submeter o interesse social ao ambiental e que existem poucos esforços na perspectiva de uma integração da gestão metropolitana. Neste artigo, sintetizamos a discussão proposta no plano de trabalho sobre a aplicação (ou não) das leis e posturas urbanísticas e ambientais que delineiam a proteção dos espaços de vulnerabilidade socioambiental da Região Metropolitana de Natal, desenvolvido dentro do projeto de iniciação científica “Espaços protegidos e assentamentos precários na Região Metropolitana de Natal: para fortalecer conexões e construir estratégias de gestão de conflitos socioambientais”. O trabalho está estruturado em quatro partes: na primeira, realizamos uma discussão sobre os conflitos e conquistas referentes ao debate acerca da questão socioambiental na política ambiental e urbana. Na segunda parte, focalizamos as dificuldades de articulação em torno da gestão metropolitana e dos instrumentos correspondentes na RMNatal. Na terceira, destacamos os conflitos territoriais presentes nas bordas do município de Natal, com ênfase na relação deste com as áreas de proteção ambiental ali existentes, de forma contínua ou descontínua, nos limites dos municípios vizinhos de Parnamirim, São Gonçalo do Amarante e Extremoz. Na quarta parte, apresentamos uma discussão acerca dos resultados espaciais e paisagísticos do espraiamento urbano a partir da Zona de Proteção Ambiental 4. E Por fim, as considerações finais apontam para a necessidade de uma gestão metropolitana integrada, como estratégia para efetivação das ações normativas aplicadas aos espaços protegidos e com vulnerabilidades socioambientais.

Metodologia

A metodologia foi pautada na investigação bibliográfica e documental sobre o tema da pesquisa, no levantamento e sistematização do conjunto de leis e posturas urbanísticas e ambientais que incidem sobre o município de Natal e seu entorno metropolitano, envolvendo os municípios de Parnamirim, São Gonçalo do Amarante e Extremoz. Para a compreensão teórica do tema recorreu-se ao debate conceitual sobre desenvolvimento sustentável e conflitos territoriais protagonizado por Andréa Zhouri (2005) e Arlete Moyses Rodrigues (2011), e a trajetória da política urbana e ambiental no contexto nacional e municipal a partir da tese de doutorado de Ruth Ataíde (2013), assim como, os estudos do Observatório das Metrópoles sobre a RMNatal. Para a discussão acerca da dispersão urbana, perpassando pela definição de paisagem como produto social e instrumento de entendimento das dinâmicas territoriais de

transformação do espaço, lançamos mão dos trabalhos de Joan Nogué (2007) e Pablo Arias Sierra (2003). Também foram analisados os Planos Diretores dos municípios, resultando na sistematização das referências sobre a proteção dos espaços ambientalmente frágeis em âmbito metropolitano, as quais foram ratificadas nas visitas de campo, registros fotográficos e produção cartográfica, com fins de atualização do banco de dados da pesquisa.

Resultados e Discussões

1. Planejamento Ambiental e Urbano: conflitos e conquistas

As narrativas de preservação do meio ambiente, incorporadas ao processo de construção da política urbana e ambiental, continuam ganhando relevância e assumido protagonismo nas discussões acerca da produção do espaço urbano. Este protagonismo tem se evidenciado, em especial, nos conflitos territoriais que, segundo Andréa Zhouri (2005, p.18) eclodem quando “o sentido e a utilização de um espaço ambiental por um determinado grupo ocorrem em detrimento dos significados e usos que outros segmentos sociais possam fazer de seu território”. Desde as duas últimas décadas do século XX, a legislação ambiental brasileira vem tentando estabelecer uma estrutura normativa no intuito de conciliar interesses sociais e ambientais numa perspectiva de “desenvolvimento sustentável”. No entanto, esses fundamentos muitas vezes encontram dificuldades políticas para a sua implementação e efetivação. Isso remete à afirmação de Arlete Moyses Rodrigues (2011), quando atesta que o consenso em torno do ideal de “desenvolvimento sustentável” reafirma a ideologia dominante e permeia diversos agentes, aos quais interessa a continuidade de um sistema de produção que destrói suas próprias condições de produção em escala planetária.

A partir da década de 1970, em paralelo ao processo de expansão urbana, e sob a influência de um contexto internacional de debate da relação homem-natureza, o Brasil afirma uma política ambiental de caráter mais amplo. Ainda na década de 1980, institucionaliza a Política Nacional do Meio Ambiente em 1981 (BRASIL, 1981), que, segundo Ruth Ataíde (2013), entre outras coisas, estabeleceu diretrizes para orientar os municípios em suas políticas ambientais. No âmbito do processo de redemocratização do país e da construção do novo marco regulatório nacional, a Constituição de 1988 (BRASIL, 1988) estabeleceu os fundamentos para a construção de um sistema de proteção ambiental e reforçou o direito ao meio ambiente sano. A partir da Lei nº 9.985/2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (BRASIL, 2000), foram estabelecidos critérios e normas para a criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais. Em paralelo, a mobilização popular em torno da construção de uma cidade mais democrática resultou na inclusão do capítulo da Política Urbana e da democratização do acesso à cidade na Constituição Federal, com regulamentação posterior no Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

O reconhecimento dos direitos ambientais no mesmo patamar do direito à moradia digna foi introduzido como diretriz da política urbana do município de Natal desde o Plano Diretor de 1994 (NATAL, 1994), que tendo como base as normativas da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), definiu um sistema de planejamento e de regulamentação de espaços especiais, representados pelas Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs) e as Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS). Segundo Ataíde (2013, p.467), tal estratégia foi reafirmada pelo Plano Diretor em vigor (NATAL, 2007),

que apesar de ter incorporado as prerrogativas e instrumentos da nova política nacional de desenvolvimento urbano presentes no Estatuto da Cidade (BRASL, 2001), enfrenta diversos entraves políticos e institucionais para a materialização do seu modelo de gestão. A esses entraves somam-se as dificuldades referentes aos processos de regulamentação desses espaços e aos conflitos normativos e territoriais que ali se evidenciam, assim como, à inexistente integração do planejamento e gestão dos municípios da Região Metropolitana de Natal.

2. Ordenamento territorial na escala metropolitana

A Região Metropolitana de Natal foi criada pela Lei Complementar nº 152, de 16 de janeiro de 1997 (RIO GRANDE DO NORTE, 1997) e atualmente reúne quatorze municípios do estado do Rio Grande do Norte, dentre eles Natal e quatro de seus municípios limítrofes: Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Macaíba e Extremoz, que possuem nível alto ou médio de integração com o município de Natal, polo da RMNatal (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2018), além de outros nove municípios. Passadas duas décadas da implementação desta lei, os esforços de gestão integrada têm sido pouco efetivos, dentre estes, a criação do Conselho de Desenvolvimento Metropolitano de Natal (CDMN), instituído pela própria lei de criação da região metropolitana, e a criação do Parlamento Comum da RMNatal, por iniciativa do parlamento do município de Natal em 2001. Uma das iniciativas de destaque foi a elaboração do Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável – PEDS da RMNatal (2008), que tinha como objetivo direcionar as políticas e estratégias metropolitanas e qualificar os investimentos, mas que, no entanto, não foi implementado.

A Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, instituiu o Estatuto da Metrópole (Brasil, 2015), que estabeleceu diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas instituídas pelos Estados, e veio reforçar as expectativas em torno do estabelecimento de estratégias de gestão metropolitana. Entretanto, passados quatro anos desde a sua publicação, as iniciativas para a sua efetivação na RMNatal, de acordo com Maria do Livramento Miranda Clementino (2018, p.370) são ainda muito incipientes, quase inexistentes. Esta inércia de integração política e administrativa dos municípios também marca presença nas leis e posturas urbanísticas e ambientais que incidem sobre o controle da ocupação do solo destes. Os Planos Diretores de Natal (Lei Complementar nº 082/2007), de São Gonçalo do Amarante (Lei Complementar nº 049/ 2009), de Parnamirim (Lei Complementar nº 067/2013) e de Extremoz (Lei Complementar nº 493 /2006), quanto comparados no que se refere às posturas de planejamento urbano e ambiental que direcionam, apresentam diversas incompatibilidades que acentuam conflitos territoriais em áreas periféricas, com fragilidades ambientais e sob pressão do crescimento urbano devido ao elevado nível de integração das bordas metropolitanas.

O Plano Diretor de Natal (NATAL, 2017) estabeleceu um macrozoneamento estruturado em três grandes zonas: Zona de Adensamento Básico, Zona Adensável e Zona de Proteção Ambiental. Os Planos dos demais municípios estabeleceram zoneamentos parcialmente similares entre eles, no entanto, conforme pode-se observar no Quadro 01 e Figura 01, as principais divergências dos planos dos demais municípios com o de Natal estão expressas na imprecisão do zoneamento ambiental em áreas de continuidade espacial nas margens do município e na delimitação de áreas especiais. No caso do município de Parnamirim, por exemplo, há um estímulo à expansão territorial na direção das ZPAs de Natal, as quais possuem continuidade espacial com a Zona Urbana e de Expansão Urbana daquele município, evidenciando uma divergência na leitura das atividades e usos correspondentes a áreas limítrofes espacialmente

integradas e com especificidades socioambientais distintas.

Em relação às Áreas Especiais, como apresentado no Quadro 01, os Planos dos quatro municípios estabelecem diversas categorias, assim como definem e indicam Áreas Especiais de Interesse Social, com exceção de Extremoz. Todavia, nenhuma dessas áreas é regulamentada e os próprios critérios de delimitação não são muito claros. No município de Natal, os avanços na identificação e delimitação das AEIS são relevantes, mas segundo Ataíde (2013), as ações em torno das respectivas regulamentações são tímidas e nada específicas, limitando-se ao reconhecimento da existência dessas áreas, havendo poucas ações concretas no sentido de ampliar e assegurar o direito à moradia aos que nelas vivem. Além das dificuldades de governança metropolitana em âmbito institucional, as divergências contidas nos planos de ordenamento territorial também fragilizam o processo de integração da gestão metropolitana, fato que aponta para a necessidade de reestabelecimento do diálogo entre os municípios, retomando iniciativas como a do Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável – PEDS da RMNatal e atualizando-as no contexto do Estatuto da Metrópole, no esforço para a elaboração e implantação de estratégias comuns.

3. A ZPA 3, 5, 9 e o setor b da ZPA 8 (NATAL, 2007), e a relação com os municípios vizinhos.

A primeira referência aos espaços denominados e delimitados como Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs) no Município de Natal surgiu no Código de Meio Ambiente do Município - Lei 4.100/1992 (NATAL, 1992), num contexto de atualização das normativas urbanísticas e ambientais. Posteriormente, esses espaços foram reconhecidos e delimitados pelo Plano Diretor de 1994 (NATAL, 1994), e sua relevância e significados reafirmados pelo Plano de 2007 (NATAL, 2007), o qual também estabeleceu critérios para a sua regulamentação e correspondentes atualizações especificados em três categorias de proteção: Subzona de Preservação (SP), Subzona de Conservação (SC) e Subzona de Uso Restrito (SUR). Dentre as dez ZPAs delimitadas pelo Plano Diretor de 1994 (NATAL, 1994), apenas cinco (ZPA 1, 2, 3, 4 e 5) foram regulamentadas no contexto daquele plano, e outras cinco (ZPA 6, 7, 8, 9 e 10) tiveram propostas e estudos desenvolvidos a partir do Plano de 2007 (Figura 02). Devido à lentidão desses processos de regulamentação, esses espaços tornam-se cada vez mais vulneráveis ambientalmente, evidenciando-se à ausência de fiscalização das instalações e atividades humanas existentes. Aliado a isso, destaca-se a indefinição normativa em outras áreas protegidas que possuem continuidade espacial com as ZPAs do Município de Natal.

Das ZPAs discutidas neste trabalho, a ZPA 3 e a ZPA 5, possuem regulamentações aprovadas ainda no âmbito do Plano de 1994, e encontram-se sob pressão imobiliária devido a permissividade de prescrições urbanísticas de certas frações delimitadas nos seus respectivos subzoneamentos. A ZPA 3, definida como a área às margens do Rio Pitimbu, está localizada no limite sudoeste do município de Natal, fazendo fronteira com o município de Parnamirim, entre a Avenida dos Caiapós (conjunto Cidade Satélite - Natal) e o Rio Pitimbu, e foi regulamentada pela Lei 5.273/2001 (NATAL, 2001). Ressalta-se que na SZ1 (limites com o entorno edificado do conjunto Cidade Satélite) foi estabelecido um coeficiente de aproveitamento de 1,8, estabelecido para todo o município pelo Plano Diretor de 1994, que fundamentou tal regulamentação. Em 2007, o Plano Diretor de Natal reduziu o coeficiente de aproveitamento básico para 1,2, mas a regulamentação da ZPA 3 não foi revisada, mantendo para o território um coeficiente superior ao aplicado ao restante do município. Nesse contexto, um empreendimento multifamiliar vertical de alta densidade construtiva foi aprovado dentro da área da ZPA-

3, nos limites com a BR 101 e a Avenida dos Caiapós, assim como outros condomínios horizontais e verticais dispostos ao longo da avenida. Do lado de Parnamirim os níveis de proteção e as contradições não são tão claras devido à falta de regulamentação dos espaços protegidos do município, também denominados Zonas de Proteção Ambiental (PARNAMIRIM, 2013).

A ZPA 5, definida como aquela que delimita o complexo de dunas e lagoas da região de Lagoinha, está localizada no bairro de Ponta Negra (Município de Natal), e tem em seus limites os bairros de Neópolis e Capim Macio (noroeste), além de fazer fronteira com o município de Parnamirim (sudeste). Esta ZPA foi regulamentada pela Lei 4.565 de junho de 2004, que posteriormente sofreu alterações devido à promulgação da Lei 0228 do mesmo ano. As alterações impostas pela Lei 0228/2004 reduziram o perímetro da SZ1, dando lugar a criação de uma nova subzona – a SZ5. Para esta nova subzona foram estabelecidos parâmetros urbanísticos mais permissivos, iguais aos estabelecidos para os demais bairros da Zona de Adensamento Básico do Plano Diretor de 1994, então em vigor, contribuindo para o avanço da atuação do mercado imobiliário nessa área. Por outro lado, a área do município de Parnamirim que faz divisa com a ZPA 5 no encontro com o Município de Natal é definida pela Lei Complementar nº 063/2013 (PARNAMIRIM, 2013) como Zona de Expansão Urbana de Parnamirim, que corresponde a áreas em processo de ocupação e passíveis de urbanização.

Tratando das frações territoriais classificadas como ZPA 8 e 9, estas se encontram em fase de estudo e discussões desde 2010, a partir de laudos realizados pelo IBAM, pela FUNPEC/UFRN e pelo próprio órgão gestor de planejamento do município – SEMURB/Natal. A discussão sobre a regulamentação dessas ZPAs tem evidenciado diversos conflitos referentes a ocupações de origem formal e informal, sobreposição de unidades de conservação sob diferentes competências administrativas, e ausência do necessário diálogo com os municípios limítrofes. A ZPA 8 localiza-se nas Regiões Administrativas (RA) Norte e Oeste do Município de Natal, e sua ultima proposta de regulamentação está em discussão desde outubro de 2016 (SEMURB, 2016). O setor B da ZPA 8 comprehende uma extensa área de manguezal no entorno do rio Jundiaí, nas margens da qual convivem o uso residencial com atividades industriais e de armazenamento, que geram práticas desconformes com os objetivos de preservação, como o saneamento e despejo de lixo de modo irregular, e o aterramento do mangue configurando áreas de risco de inundação ou alagamento. Apesar de classificados como AEIS pelo Plano Diretor vigente (NATAL, 2007), não foram desenvolvidos estudos específicos para regulamentação dos assentamentos precários presentes nesta ZPA.

Na faixa da orla do rio Jundiaí que envolve o município de São Gonçalo do Amarante, os conflitos territoriais recaem sobre a ausência de regulamentação dos espaços protegidos e pela falta de diálogo com o município de Natal, notadamente no que tange a regulamentação da ZPA 8. O Plano Diretor de São Gonçalo do Amarante de 2009 (AMARANTE, 2009) ressalta a delimitação das ZPAs como a principal estratégia de proteção ambiental (Título IV, capítulo 1, SEÇÃO II, art. 94) e identifica no zoneamento ambiental quatro porções territoriais como passíveis de classificação nessa categoria. No entanto, não indica um sistema de controle do uso do solo para tais espaços, onde a pressão por ocupação urbana e de atividades agrícolas já são evidentes.

A ZPA 9, localiza-se na Região Administrativa Norte de Natal, limitando-se com o município de Extremoz, sendo definida como o ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce, e de acordo com a SEMURB (2015), vem apresentando sinais de degradação ambiental, como substituição da vegetação das margens fluviais, e consequente erosão laminar, devido à prática de agricultura e pecuária, e deslizamento

de terra decorrente do avanço da ocupação sobre as dunas. O subzoneamento desta ZPA, delimitado por uma proposta de regulamentação que está em discussão pública desde 2015 (SEMURB, 2015) prevê a divisão do território em três Subzonas e duas Áreas Especiais, sendo: Subzona de Preservação (SP), Subzona de Conservação (SC), Subzona de Uso Restrito (SUR), AEIS Eldorado e AEIS de Segurança Alimentar do Gramorezinho. Ressalte-se que o zoneamento desta ZPA possui uma sobreposição com a APA de Jenipabu, o que gera conflitos socioambientais e de gestão entre as referidas áreas protegidas, devido as condições para ocupação do solo estabelecidas pelo Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da APA de Jenipabu (RIO GRANDE DO NORTE, 2009) serem diferentes das estabelecidas na proposta de regulamentação da ZPA. Desse modo, constata-se que incidem sobre a mesma fração territorial regramentos ambientais em nível municipal, estadual e federal, sem diálogo entre estes, inclusive entre os Planos Diretores incidentes nos dois municípios – Natal e Extremoz, reafirmando a ausência de articulação na gestão metropolitana acerca de territórios naturais que se limitam e se sobrepõem.

4. Dinâmicas de metropolização e os resultados na paisagem de Natal: o estudo de uma fração da ZPA 4

Nas últimas décadas, as bordas do município de Natal, as quais representam zonas de transição entre diferentes âmbitos administrativos e sofrem pressões devido ao processo de metropolização, são partes ativas no crescimento do tecido urbano. Essas áreas correspondem, em grande parte, a porções territoriais caracterizadas por feições naturais de grande beleza cênica e grande potencial ambiental, envolvidas ou sobrepostas por ocupações que evidenciam vulnerabilidades socioambientais e conflitos territoriais. Segundo Joan Nogué (2007), a paisagem, enquanto um objeto de leitura espacial, permite a compreensão das relações entre sociedade e território, e principalmente, das novas dinâmicas, como a dispersão dos tecidos urbanos e conformação das margens ou periferias das cidades. Esse território periférico e de ocupação dispersa, destaca Pablo Arias Sierra (2003), é mais vulnerável às rápidas mudanças econômicas e sociais pelas quais passam as nossas cidades.

Os bairros Guarapes e Planalto estão localizados na Região Administrativa Oeste do município de Natal/RN, e possuem parte da sua superfície territorial delimitada como Zona de Proteção Ambiental 4 – ZPA 4 (Figura 03). Contudo, desde a década de 1960, o tecido urbano desses bairros já vinha sendo pouco a pouco incorporado como área de expansão, com uma ocupação que se materializava por meio do parcelamento do Loteamento Reforma que envolveu grandes porções dos bairros Guarapes, Planalto e Felipe Camarão. Embora não esteja localizada nas bordas metropolitanas, A ZPA 4 destaca-se pela relevância ambiental e cênico-paisagística de um ecossistema marcado pela presença de cordões dunares e interdunares e por um processo de regulamentação também ensejado pelo Plano Diretor Municipal de 1994 (NATAL, 1994), e que resultou na Lei nº. 4.912/1997 (NATAL, 1997). A ausência das três categorias de proteção (Subzona de Preservação, Subzona de Conservação e Subzona de Uso Restrito) previstas pelo Plano Diretor em vigor (NATAL, 2007) na regulamentação da ZPA 4 (Lei nº. 4.912/1997) devido a desatualização desta lei, acarreta em incompatibilidades referentes ao zoneamento da área protegida, de forma similar a ZPA 3. Os parâmetros de ocupação e uso do solo admitidos para a Subzona 3 (SZ3) da ZPA 4 são equivalentes ao estabelecido para a Zona de Adensamento Básico e indicam prescrições incompatíveis com o quadro de proteção ambiental, influindo na indução do crescimento urbano para a referida fração territorial.

Em consequência disto, nas últimas duas décadas, os bairros Guarapes e Planalto

tiveram uma expansão do seu processo de ocupação na fração sobreposta a ZPA 4, devido à implantação de conjuntos habitacionais de interesse social do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Segundo Tamms Campos (2015), o Programa Minha Casa Minha Vida, tem favorecido a fragmentação do território e a hierarquização do espaço físico de acordo com a renda no município de Natal, e em seu entorno metropolitano. Segundo esta autora, em seis anos de atuação do programa em Natal (CAMPOS, 2015, p.194), destacou-se a ocupação de extensos espaços livres privados dos Bairros Guarapes e Planalto. A construção dos conjuntos Leningrado, Santa Clara, Vivendas do Planalto, e dos condomínios Thisaliah, Areias do Planalto e Mirante do Planalto na área correspondente à SZ3 da ZPA 4, contribuiu para reforçar a configuração de uma mancha urbana dispersa, caracterizada pela implantação destes empreendimentos unifamiliares ou multifamiliares com pouca conexão a malha urbana existente. Aliado a produção formal de moradia, a ZPA 4 tem atraído ocupações informais devido a intensificação do crescimento urbano na direção do referido território a partir da década de 1980, o que se evidencia pela indicação de diversas AEIS na categoria de Favelas na referida localidade pelo Plano Diretor de 2007 (NATAL, 2007).

Conclusão

Os avanços nas políticas ambientais e sociais no Brasil dos últimos anos são inegáveis, e tecem uma nova trajetória para o planejamento urbano e territorial, mesmo sob constante ameaça de interesses individuais e visões diferenciadas de “desenvolvimento”. No contexto do município de Natal e em seu entorno metropolitano, muito ainda necessita ser discutido para a garantia do equilíbrio socioambiental, principalmente no que se refere aos processos de regulamentação e aos conflitos institucionais e territoriais presentes nos espaços protegidos.

Mesmo com grande potencial cênico representado pelas respectivas feições naturais, as ZPAs em destaque encontram-se sob constante pressão do crescimento urbano fragmentado do município, evidenciando um contexto de ausência de estudos, novas iniciativas de regulamentação urbanística e regularização fundiária. Esse quadro evidencia como a pressão pela expansão territorial periférica da cidade corroboram para a desvalorização dos atributos físicos e ambientais de áreas limítrofes, e como aprofundam-se as dificuldades em torno da efetivação de um modelo de gestão urbana municipal e metropolitano que valide as diretrizes e leis que trilham um caminho no sentido da “sustentabilidade” e da justiça social.

As condições de vulnerabilidade socioambiental presentes nas áreas de proteção contínuas localizadas entre os municípios de Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante e Extremoz, referentes às ZPAs 3, 5, 8 (setor b), 9 e suas adjacências indicam as dificuldades na compreensão e utilização das normativas que orientam o planejamento ambiental e urbano, como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Lei nº 9.985/2000), o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) e o Estatuto da Metrópole (Lei nº 13.089/2015). Em relação à garantia ao direito à moradia, todos os municípios estudados não têm sido efetivos na implementação dos instrumentos para a adequada gestão dessas relações espaciais, relegando as atividades de produção habitacional a agentes privados que promovem um crescimento urbano inadequado com as diretrizes de desenvolvimento urbano sustentável que são fundamentos dos ordenamentos territoriais dos municípios destacados.

Portanto, é de extrema importância a realização de estudos e discussões para o fortalecimento das articulações do planejamento territorial na RMNatal, com fins de elaboração de uma Plano de Desenvolvimento Urbano Metropolitano que envolva, pelo menos na primeira fase, os municípios aqui destacados. Nesta perspectiva, ressalta-se também a necessidade do aproveitamento das potencialidades de articulação municipal e metropolitana dos espaços ambientalmente protegidos, relacionada ao reforço das regulamentações, dos projetos de recuperação ambiental, e de intervenções sociais e urbanísticas.

Referências

ATAÍDE, Ruth Maria da Costa. Interés ambiental frente a interés social: la gestión de los conflictos socio-espaciales en los espacios naturales protegidos: los retos de la regularización urbanística de los asentamientos informales en Natal, RN. Brasil. Barcelona, Espanha: 2013. 614 f. Tese (Doutorado) - Universidad de Barcelona. Facultad de Geografía e Historia. Programa de Doctorado Pensamiento geográfico y organización del territorio.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1981.

BRASIL. Constituição, 1988. Constituição: República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Estatuto da Cidade: Lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001, 1ª Edição.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 10, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>>. Acesso em: outubro 2018.

BRASIL. Lei no 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, p. 2, 13 jan. 2015.

CAMPOS, Tamms Maria da Conceição Moraes. Urbanização imobiliária residencial: uma leitura da configuração espacial da região metropolitana de Natal/Brasil. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura. Natal, RN, 2015.

CLEMENTINO, Maria do Livramento Miranda. A (Não) Implementação Do Estatuto Da Metrópole Na Região Metropolitana De Natal. In: Brasil metropolitano em foco: desafios à implementação do Estatuto da Metrópole / organizadores: Bárbara Oliveira Marguti, Marco Aurélio Costa, César Buno Favarão. Brasília: Ipea, 2018.

EXTREMOZ. Prefeitura Municipal. Lei Complementar Nº 493, de 06 de Outubro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do município e dá outras providências. Extremoz, 2006.

NATAL, Prefeitura Municipal. Lei Complementar nº 4.100, de 19 de junho de 1992. Dispõe sobre o Código do Meio Ambiente do Município de Natal. Natal: DOM, 1992.

NATAL. Prefeitura Municipal. Lei Complementar Nº 07, de 05 de agosto de 1994. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. Natal: DOM, 1994.

NATAL, Prefeitura Municipal. Lei nº 4.912, de 10 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o uso do solo, limites, denominações e prescrições urbanísticas da ZPA 4. Natal: DOM, 1997.

NATAL. Prefeitura Municipal. Lei nº 5.273, de 20 de junho de 2001. Dispõe sobre o uso do solo, limites, denominações e prescrições urbanísticas da ZPA 3. Natal: DOM, 2001.

NATAL. Prefeitura Municipal. Lei nº 5.565, de 21 de junho de 2004. Dispõe sobre o uso do solo, limites, denominações e prescrições urbanísticas da ZPA 5. Natal: DOM, 2004.

NATAL. Prefeitura Municipal. Lei Complementar Nº 082, de 21 de junho de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. Natal: DOM, 2007.

NOGUÉ, Joan. La construcción social del paisaje. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva, S.L., 2007.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. Níveis de integração dos municípios brasileiros em RMAs, RIDES e AUs à dinâmica da metropolização. Relatório de Pesquisa, 2012. Disponível em: <http://observatoriodasmetropoles.net.br/download/relatorio_integracao.pdf>. Acesso em: novembro 2018.

PARNAMIRIM. Prefeitura Municipal. Lei Complementar nº 063, de 08 de março de 2013. Dispõe sobre o Plano Diretor de Parnamirim e dá outras providências. Parnamirim: DOM, 2013.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei complementar nº 152, de 16 de janeiro de 1997. Institui a Região Metropolitana de Natal e dá outras providências. Natal: DOE, 1997.

RIO GRANDE DO NORTE. Poder Legislativo. Lei Nº 9.254, de 06 de outubro de 2009. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico Econômico da Área de Proteção Ambiental de Jenipabu - APAJ, nos municípios de Extremoz e Natal, criada pelo Decreto nº 12.620, de 17 de Maio de 1995, e dá outras providências. Rio Grande do Norte, 2009.

RODRIGUES, Arlete Moyses. A matriz discursiva sobre o “meio ambiente”: produção do espaço – agentes, escalas, conflitos. In: CARLOS, Ana Fani Alessandri; SOUZA, Marcelo Lopes de; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. A Produção do Espaço Urbano - Agentes e Processos, Escalas e Desafios. São Paulo: Contexto, 2011. p. 207-230.

SÃO GONÇALO DO AMARANTE. Prefeitura Municipal. Lei Complementar nº 049, de 17 de julho de 2009. Dispõe sobre o Plano Diretor de São Gonçalo do Amarante e dá outras providências. São Gonçalo do Amarante: DOM, 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE: Proposta de regulamentação da Zona de proteção Ambiental 8. Relatório das Contribuições da Equipe Técnica do

Departamento de Planejamento, Projetos e Patrimônio (DPPP) e Setor de Projetos e Planejamento Urbano e Ambiental (SPPUA). Natal: SEMURB, 2016.

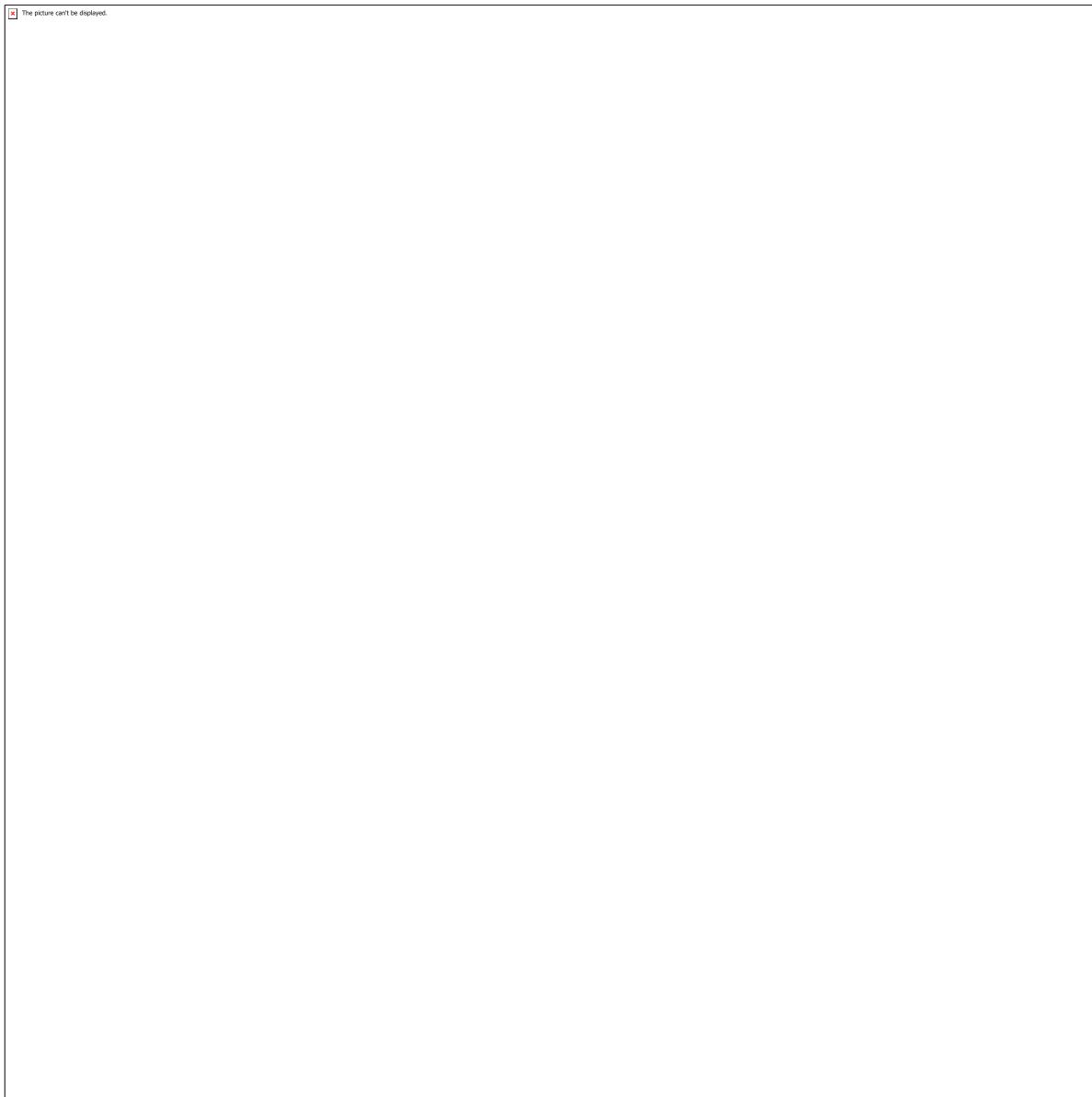
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE: Plano Municipal de redução de risco do Município de Natal. Relatório Final. Natal: SEMURB, 2008.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE: Proposta de regulamentação da Zona de proteção Ambiental 9. Relatório das Contribuições da Equipe Técnica do Departamento de Planejamento, Projetos e Patrimônio (DPPP) e Setor de Projetos e Planejamento Urbano e Ambiental (SPPUA). Natal: SEMURB, 2015.

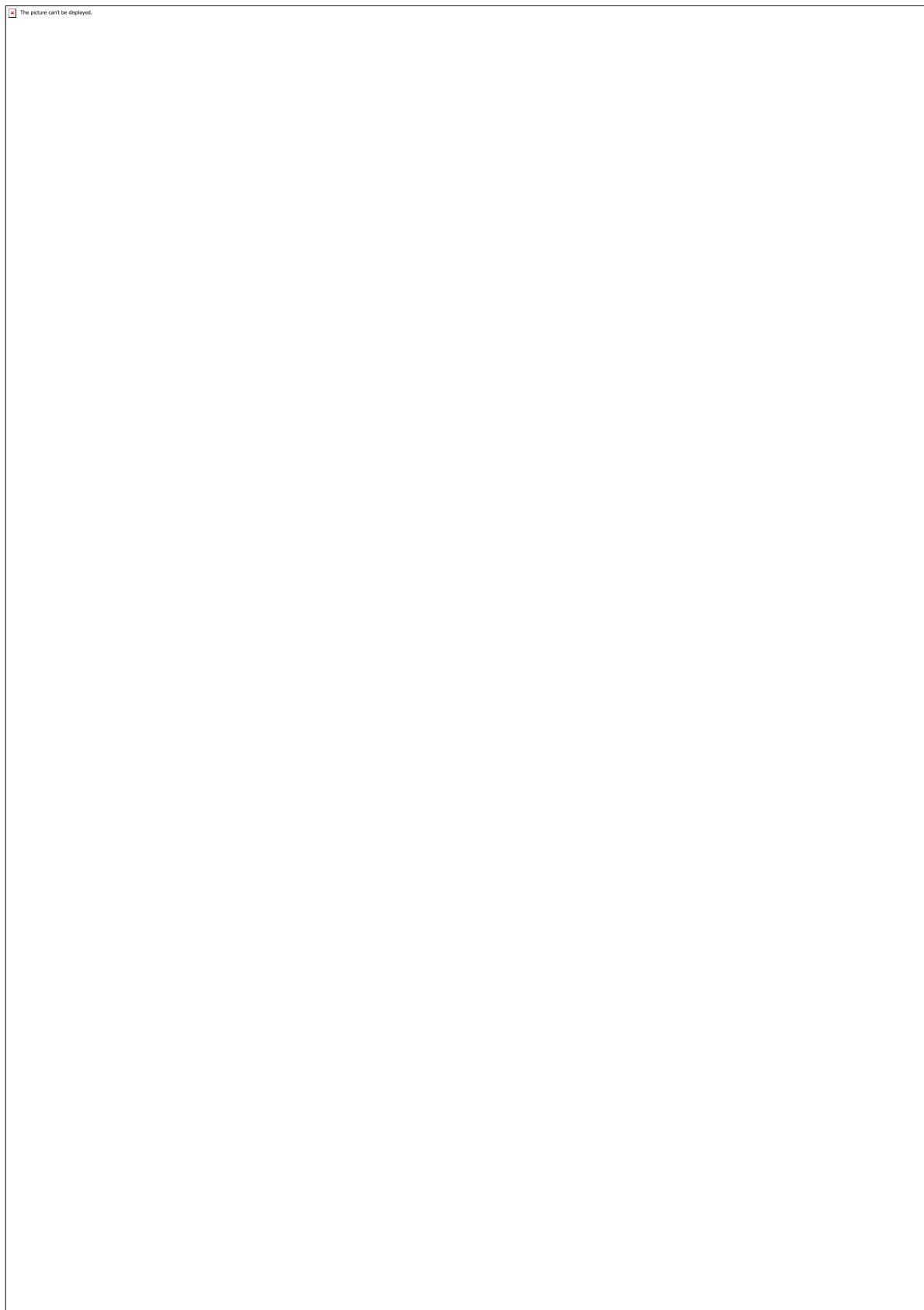
SIERRA, Pablo Arias. Periferias y nueva ciudad: El problema del paisaje em los processos de dispersión urbana. Servilla: Secretaria de Publicaciones de la Universidad de Servilla, 2003.

ZHOURI, Andréa. A insustentável leveza da política ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais. Organizado por Andréa Zhouri, Klemens Laschefske, Doralice Barros Pereira. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

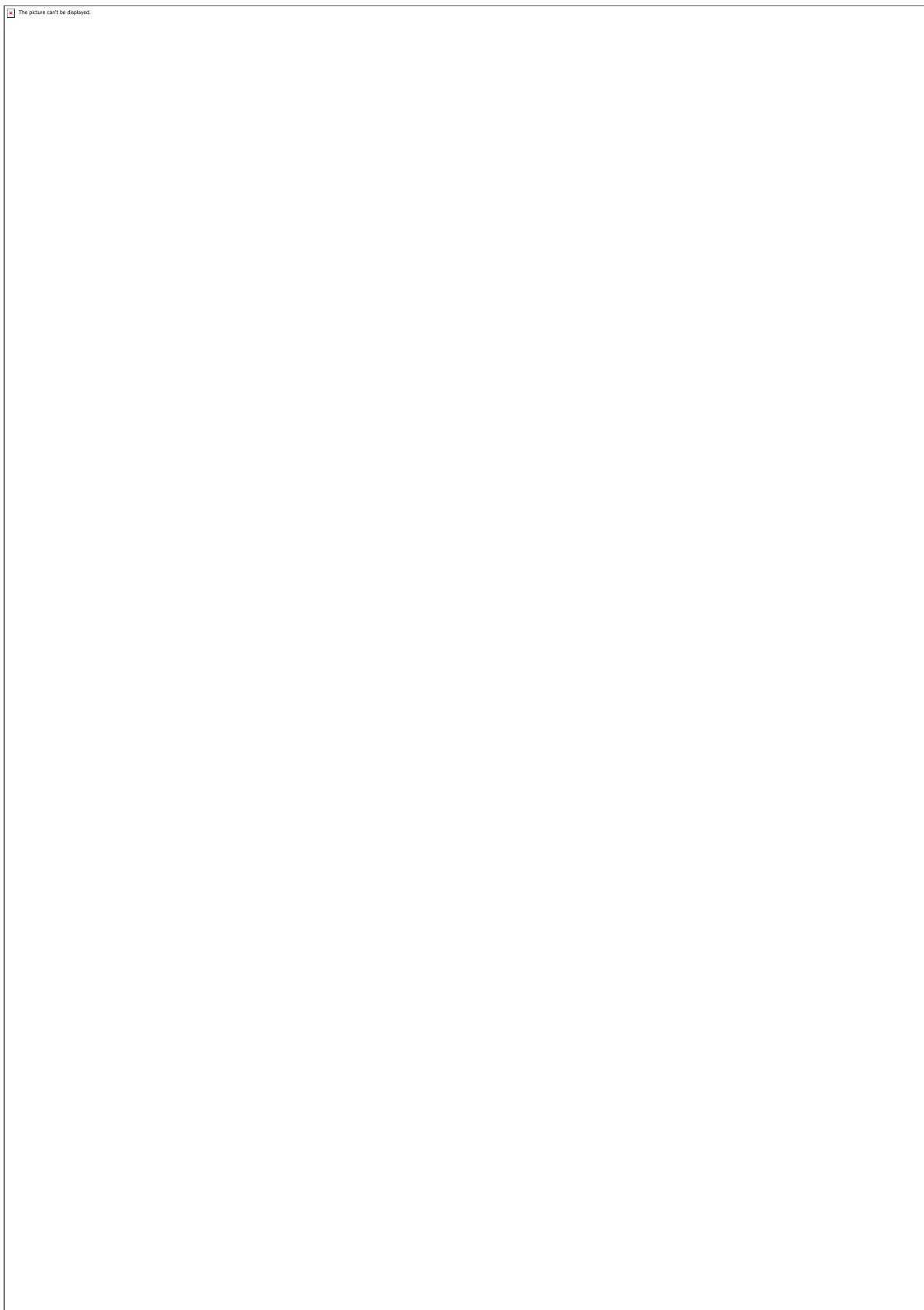
Anexos



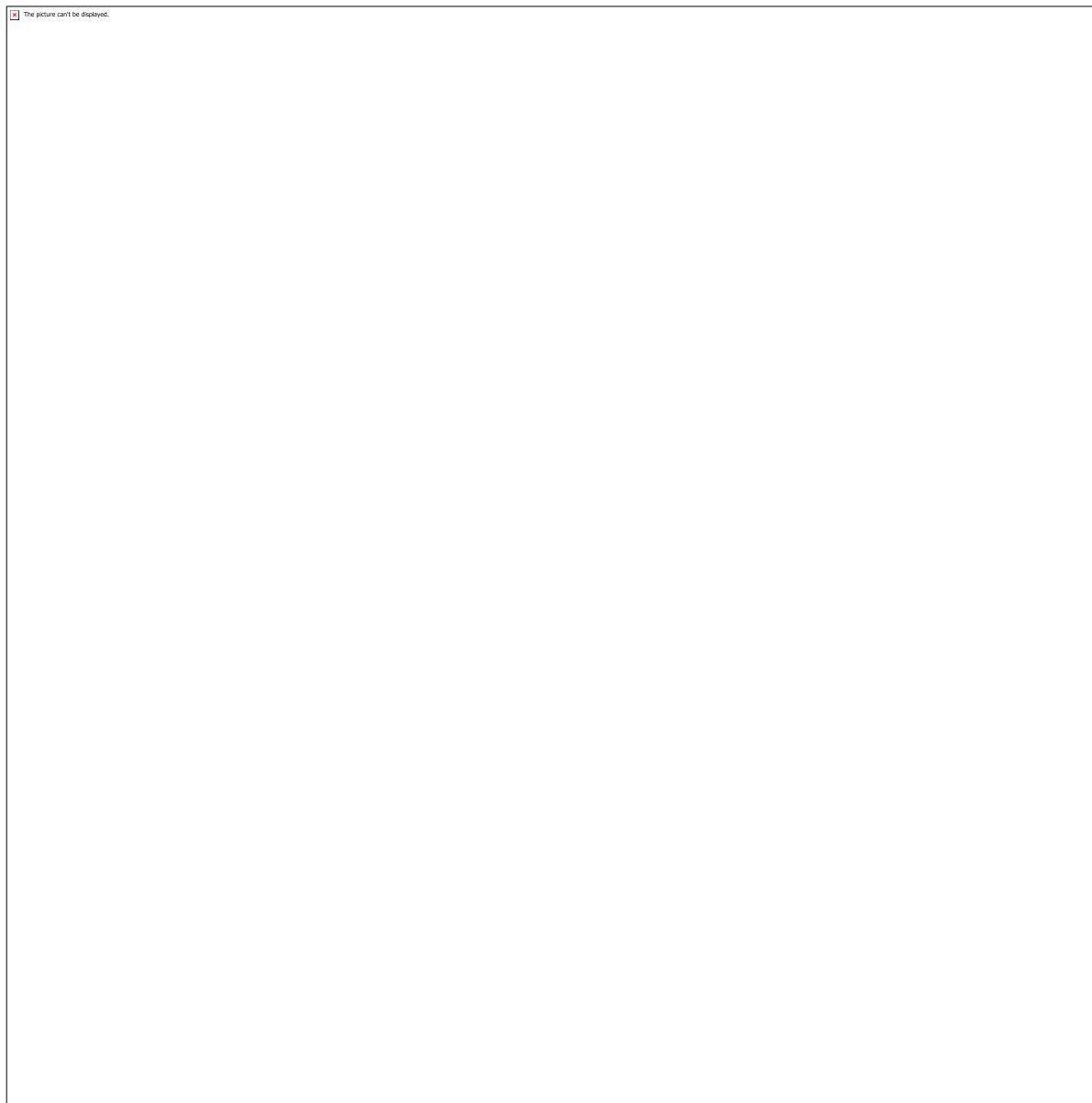
Zoneamento Ambiental de Natal, Parnamirim, São Gonçalo e Extremoz



Macrozoneamento Ambiental da Região Metropolitana de Natal



Situação de Regulamentação das ZPAs e sobreposição com Áreas Especiais de Interesse Social de Natal (2007) no contexto da RMNatal



Zoneamento da ZPA 4 de acordo com a Lei nº4.912/1997

CÓDIGO: HS0972

AUTOR: LETICIA DE LIMA LEITE SILVA

ORIENTADOR: VERONICA MARIA FERNANDES DE LIMA

TÍTULO: Vozes da Cidade: Reflexões sobre Questões Urbanas Contemporâneas.

Resumo

A presente pesquisa está voltada para a continuação dos estudos sobre os movimentos sociais, os quais ecoam os problemas urbanos na cidade contemporânea. Destarte, neste momento, foca-se principalmente nas insurgências e resistências na cidade segregada, como o **movimento da população em situação de rua**.

Diante do atual cenário de distanciamento dos planos urbanos da e para a população, a demanda por ações que visassem uma aproximação das entidades e que procurassem dar voz a uma minoria que anseia por mais respeito, dignidade e direitos, como a população em situação de rua, torna-se imprescindível para a construção de uma sociedade mais igualitária.

Deste modo, seguindo a linha de discussão da pesquisa de levantar questões que ajudem a repensar os modelos de intervenções nas cidades contemporâneas, através da voz dos excluídos, levantou-se a seguinte reflexão: **como a população em situação de rua é vista e ouvida na cidade de Natal/RN? Como isso afeta a construção de uma cidade segregada?** Para que fossem levantadas respostas, além de extensa pesquisa e conexão entre setores de extensão, foram realizadas uma roda de conversa, sobre os moradores de rua, e uma oficina, objetivando a discussão sobre essa população e idealização de propostas de intervenção em um terreno no bairro da Ribeira, em Natal/RN.

Palavras-chave: População; Situação de Rua; Pesquisa.

TITLE: Voices of the City: Reflections on Contemporary Urban Issues.

Abstract

This research focuses on the continuation of studies on social movements, which echo the urban problems in the contemporary city. Therefore, at this moment, it focuses mainly on the insurgencies and resistance in the segregated city, such as the **movement of the homeless population**.

Given the current scenario of distancing the urban plans from and to the population, the demand for actions aimed at bringing the entities closer together and seeking to give voice to a minority that yearns for more respect, dignity and rights, such as homeless population, became indispensable for the construction of a more egalitarian society.

Thus, following the research discussion line of raising questions that help to rethink the models of interventions in contemporary cities, through the voice of the excluded, the following reflection was raised: **how the homeless population is seen and heard in city of Natal/RN? How does this affect the construction of a segregated city?** In order to raise answers, in addition to extensive research and connection between extension sectors, a conversation round about homeless people was held, as well as a workshop aimed at discussing this population and devising proposals for intervention in a field in the area in Ribeira neighborhood, in Natal/RN.

Keywords: Population; Street situation; Search.

Introdução

Existem pessoas em situação de rua no mundo inteiro, tanto nos países desenvolvidos quanto nos subdesenvolvidos. Essa situação representa uma crise global relacionada aos direitos humanos e requer respostas urgentes. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas, de 30 de dezembro de 2015, “O termo ‘situação de rua’ não só descreve a carência de moradia, como também identifica um grupo social. O estreito vínculo entre a negação de direitos e uma identidade social distingue a falta de moradia da privação de outros direitos socioeconômicos”. Ou seja, a ‘situação de rua’ não se refere unicamente à falta de refúgio físico, refere-se também a uma perda de conexão social – o sentimento de “não pertencer a lugar algum”, o qual atinge as pessoas psicologicamente.

O fenômeno mundial é diverso, afetando diferentes grupos de pessoas de formas diferentes, mas com características comuns. Segundo o relatório citado, devemos pensar a questão sobre um enfoque tridimensional baseado nos direitos humanos: a primeira dimensão se refere à ausência de moradia (tanto do aspecto material, quanto do aspecto social); a segunda considera a situação de rua como uma forma de discriminação sistêmica e de exclusão social e a terceira reconhece as pessoas em situação de rua como titulares de direitos que são resilientes na luta pela sobrevivência e dignidade.

No Brasil, a atenção do poder público para com esse segmento populacional é recente, o que reflete a contradição com que a sociedade e a opinião pública tratam o tema, ora com assistencialismo, ora com repressão, preconceito e indiferença. Segundo o MDS, faz-se necessário implementar políticas que estejam pautadas pelos conceitos de garantia de direitos humanos, de inclusão social e de auxílio na construção de projetos de vida.

Entre agosto de 2007 e março de 2008 foi realizado o I Censo e Pesquisa Nacional Sobre a População em Situação de Rua. Foram pesquisadas 71 cidades brasileiras e registradas 31.992 – pessoas maiores de 18 anos em situação de rua nos municípios estudados. **Segundo dados do Movimento Nacional População de Rua, existem aproximadamente 1.500 pessoas nessa situação na cidade.** No entanto, até hoje na cidade de Natal não existe um Censo sobre essa população.

Metodologia

A pesquisa bibliográfica, fichamentos documentais, a roda de conversa e a oficina colaborativa foram o conjunto de métodos utilizados para o desenvolvimento deste presente trabalho. Com o aprofundamento teórico proveniente da pesquisa e dos fichamentos de livros e relatórios técnicos e acadêmicos, pôde-se direcionar como seriam aplicadas e quais seriam os desafios e objetivos propostos para a realização da roda de conversa e da oficina, uma vez que é através delas que se possibilita a produção de conhecimento em que o pesquisador se insere como sujeito da pesquisa pela participação na conversa e, ao mesmo tempo, produz dados para discussão.

Segundo Moura e Lima (2014), a roda de conversa é definida como um método de participação coletiva de debate acerca de determinada temática em que é possível dialogar com os sujeitos, que se expressam e escutam seus pares e a si mesmos por meio do exercício reflexivo. Tendo como um dos seus objetivos o de socializar saberes e implementar a troca de experiências, de conversas, de divulgação e de conhecimentos entre os envolvidos, na perspectiva de construir e reconstruir novos conhecimentos sobre a temática proposta.

Ademais, conforme Melo e Cruz (2014), essa metodologia é aplicável para a investigação de fenômenos sociais porque se busca compreender uma realidade da qual o ser humano é agente (p.32), compondo uma discussão focada em temas específicos em que há o incentivo a opinar sobre temas polêmicos e de interesse geral, provocando o debate. Vale salientar que os autores explicitam que os resultados são qualitativos, pois são fruto da livre expressão dos participantes, concomitantemente, suas impressões, conceitos, opiniões e concepções sobre o tema proposto (p.34), não sendo obrigatória a formação de um consenso sobre o tema, apenas um exercício de reflexão e compreensão dos diversos pontos de vista.

Portanto, como continuação da aplicação desse método no desenvolvimento dessa pesquisa, a terceira roda de conversa foi aplicada no dia 27 de Setembro de 2018, no átrio do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com o tema “**Pessoas em Situação de Rua em Natal/RN**”. Esta foi composta por dois momentos: a exibição do curta Catarro de direção de Paulo Dumaresq e o momento da roda de conversa, da discussão sobre a temática. Para mediar este momento, teve-se a Prof. Drª Verônica Lima (professora da UFRN e orientadora do presente trabalho), e os seguintes convidados: Prof. Drª Anna Karenina e Prof. Drª Teresa Nobre (professoras da UFRN com pesquisas na área), Drª Daniele Veras (representante do Ministério Público), Hudson B. de Melo (representante do Movimento de Luta nos Bairros), Paulo Dumaresq (diretor do curta “Catarro”) e Vanilson Torres (representante do Movimento Nacional da População de Rua).

Como desdobramento da roda de conversa, em 26 de Maio de 2019, aconteceu a oficina “**Pessoas em Situação de Rua na Cidade de Natal**” no XVIII Encontro Nacional da Associação de Nacional da Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ENANPUR). Tal metodologia foi implementada com objetivos de, a partir de discussões coletivas, diagnósticos participativos, validações e tomadas de decisão conjuntas, fomentar a reflexão sobre essa população para além da academia, de modo a se obter resultados que pudessem ser aplicados e resultar em diferenças reais na vida dessas pessoas.

Ademais, para o mesmo evento citado, foi desenvolvido e apresentado um artigo que pauta as resistências de uma cidade segregada. Tal texto apresenta uma reflexão a respeito da violência urbana e o abandono dos espaços públicos nas cidades contemporâneas. Teve como origem o debate ocorrido no evento intitulado “**Fórum Direito à Cidade: Caminhos para a Construção de Territórios Inclusivos**”, realizado dias 30 e 31 de julho e promovido pela Universidade Federal do Rio grande do Norte sob a coordenação dos Departamentos de Arquitetura e Gestão de Políticas Públicas.

Resultados e Discussões

A roda de conversa “Pessoas em Situação de Rua em Natal/RN” trouxe à tona questionamentos sobre a **atualidade e os enfrentamentos na luta por direitos dessa população na cidade de Natal/RN**. A partir do entendimento de que a população em situação de rua é uma consequência da desigualdade, própria da consolidação do capitalismo, na roda foram erguidas as seguintes problemáticas:

- *As atuais abordagens no Estado são com políticas assistenciais e não habitacionais;*
- *Um dos motivos para essa falta de política habitacional é que a população em situação de rua não está inserida como um grupo na poligonal de público-alvo dentro dos programas;*
- *Não é somente dar um local para moradia, precisa-se pensar nesta população de forma singular, a respeitar suas peculiaridades;*
- *Deve-se conseguir pensar em um programa habitacional inclusivo dentro do centro urbano e deve ser construído em colaboração com a sociedade para que todos se sintam responsáveis;*
- *Precisa-se ter um acompanhamento do poder público com as pessoas assistidas;*
- *Modelos estatais que produzem muito mais violência do que atendimento à direitos;*
- *Críticas preconceituosas ao modelo de albergue por parte da população do entorno seguindo o pensamento de cidade como mercadoria, respaldos na desvalorização de terrenos no entorno, o que resulta em abaixo assinados para a retirada do albergue do local;*
- *Atualmente, há uma ação tramitando na Prefeitura de Natal: coleta de informações sobre prédios e terrenos públicos que não estão sendo utilizados para projetos habitacionais.*

Ressalta-se aqui, que as sugestões apontadas na roda para obtenção da moradia (seja a república, Programa Minha Casa Minha Vida, aluguel social, albergue ou outras), não podem estar desvinculadas de políticas, programas ou ações tanto de assistência social,

quanto de saúde e principalmente de emprego e renda. Essas políticas devem estar articuladas, em busca da fundamental conquista da autonomia por essas pessoas. O principal problema é sim a falta de acesso à moradia digna, porém entende-se que, uma vez que se consiga essa moradia, uma fonte de renda é essencial para a manutenção dessa condição e para uma efetiva saída das ruas.

A partir dos levantamentos erguidos na roda de conversa, surgiu-se a necessidade de levá-los adiante na procura de esclarecimentos de alguns tópicos e na promoção de idealização de propostas com possíveis soluções. Deste modo, **a roda trouxe frutos como o relatório “Eu não tenho onde morar” com encaminhamentos preliminares em busca da elaboração de políticas habitacionais para a população em situação de rua em Natal, a oficina “Pessoas em situação de rua na cidade de Natal/RN” acontecida no XVIII Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ENANPUR), e a oficina que irá acontecer com o título “Tanta gente sem casa e tanta casa sem gente: um olhar crítico sobre o paradoxo dos vazios urbanos versus a necessidade de moradia para as pessoas em situação de rua em Natal”.**

Diante do crescimento da população em situação de rua na cidade de Natal, o Ministério Público solicitou à Secretaria Municipal de Habitação, Regularização Fundiária e Projetos Estruturantes (SEHARPE) uma resposta para a problemática da habitação desse segmento populacional. A partir daí foi criada uma comissão dentro do Conselho de Habitação de Interesse Social - CONHABINS para estudar o tema e propor encaminhamentos preliminares de soluções para essa questão que contribuísse com a elaboração de uma política pública municipal. No relatório supracitado, é apresentado os resultados dos estudos da comissão formada na reunião do CONHABINS do dia 20 de agosto de 2018.

A comissão foi composta na referida reunião pelos seguintes conselheiros: Verônica Maria Fernandes de Lima - UFRN (Coordenadora); Diógenes Cunha Lima Neto – OAB, George Barbosa Fernandes – SEMUT; Hudson Batista de Melo – MLB; Karitana Maria de Souza Santos – SEMURB e Raissa Salviano– IAB. Além dos conselheiros elencados participaram também alguns voluntários que somaram contribuições diante dos trabalhos que já realizavam com a população em situação de rua: José Vanilson Torres da Silva representante Nacional do Movimento Nacional da População de Rua (MNPR); Maria Teresa Lisboa Nobre Pereira, Professora Dra. Psicologia/UFRN, coordenadora do projeto de pesquisa “A invenção da vida itinerante na rua: entre narrativas e imagens”; Isadora Maria Ferreira de Lima, graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela UFRN; Camila Barbosa, graduanda em Psicologia pela UFRN e Letícia de Lima Leite Silva graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela UFRN.

Para melhor compreensão de como o relatório foi elaborado, segue a descrição das etapas seguidas e do cronograma de atividades realizadas. A partir da primeira reunião da comissão foi proposto um plano de trabalho que culminou com a distribuição dos conselheiros em subcomissões que pudessem tornar a elaboração do relatório um processo mais ágil. Dessa forma foram criadas as seguintes subcomissões:

1. Breve Diagnóstico das pessoas que vivem em situação de rua em Natal – questões a serem levantadas: Quantas pessoas estão nessa situação em Natal? Qual a origem dessas pessoas? Qual a idade? Qual o motivo de estarem nas ruas? Onde se encontram (mapear)? Como sobrevivem? (Responsáveis: a conselheira Raissa Salviano e o representante do MNPR Vanilson Torres).

2. Levantamento dos imóveis desocupados existentes na cidade de Natal (de preferência em áreas centrais) que poderiam abrigar essa população (Responsáveis: os conselheiros Diógenes Cunha Lima Neto, George Barbosa Fernandes, Hudson Batista de Melo).

3. Estudo de soluções e propostas para o problema de moradia para pessoas em situação de rua. (Responsáveis: as conselheiras Karitana Maria de Souza Santos e Verônica Maria Fernandes de Lima).

Em apoio à comissão que desenvolveu o relatório supracitado, a oficina realizada no dia 26 de maio de 2019, no XVIII ENANPUR, teve como organizadores Verônica Maria Fernandes de Lima, PPGAU/UFRN, Ricardo Moretti - DARQ/UFRN, Tadeu Mattos - UFRN, e Vanilson Torres, Coordenador do MNPR. Esta foi desenvolvida em prol da busca de respostas para as seguintes questões: o que é população em situação de rua? Quem são as pessoas que a compõe? Quais são suas características? Quais suas principais demandas? Quais soluções mais viáveis para atendê-las?

A discussão teve como resultados propostas de intervenção direcionadas a criação de alternativas de moradia para a população em situação de rua da cidade no imóvel desocupado na Av. Silva Jardim, 76, no bairro da Ribeira, Natal/RN.

Para mais, no evento citado, ocorreu a apresentação do artigo “Arquitetura do Medo e as Leis de Fechamentos de Rua” desenvolvido no contexto da presente pesquisa pelos professores Ricardo Moretti e Verônica Lima com colaborações das discentes Débora Youchoubel e Letícia de Lima. O artigo foi estruturado do seguinte modo: uma breve discussão conceitual sobre a arquitetura do medo e seus reflexos na cidade; um breve referencial teórico construído com base nos escritos de autores como Jane Jacobs, Carlos Nelson Ferreira dos Santos, Arno Vogel, e Jan Gehl sobre apropriação dos espaços públicos e a segurança nas cidades; e por fim uma análise das propostas de lei para o fechamento de ruas e bolsões residenciais em São Paulo e em Natal (a chamada lei do Bairro Seguro); e finalmente algumas considerações finais sobre as questões levantadas.

Por fim, por enquanto, o último desdobramento da pesquisa é a oficina a acontecer nos 16 e 17 de Outubro de 2019, coordenada pela Profª Verônica Lima, proposta no contexto do Projeto de Extensão Fórum Direito à Cidade (PJ308-2019), coordenado pela Profª Ruth Ataíde, e do qual fazem parte as professoras coordenadoras da oficina. Esse projeto de extensão se propõe a discutir a agenda da política urbana em Natal, a partir de demandas da sociedade, bem como acompanhar o processo de revisão – em curso – do Plano Diretor de Natal.

A proposta da oficina também surge como produto proposto a partir da elaboração do relatório: EU NÃO TENHO ONDE MORAR, anteriormente comentado.

Conclusão

Buscou-se neste trabalho coletar insumos informacionais sobre o panorama social e habitacional da População em Situação de Rua na Cidade de Natal/RN, a qual chega a quase 1500 pessoas, segundo dados do Movimento Nacional População de Rua, com

o objetivo de se pensar em alternativas de soluções compatíveis com esse grupo e passíveis de serem aplicadas em diversas instâncias.

Para tanto, ao longo do desenvolvimento da pesquisa, procurou-se atualizar a bibliografia através da leitura de textos, reportagens, livros e trabalhos acadêmicos, elaborar fichamentos dos principais textos lidos, como o “Arquitetura e Inclusão Social” (2018), TCC da Ohana Ferri; “Morte e Vida de Grandes Cidades” (1961), livro da autora Jane Jacobs; “Cidade Para Pessoas” (2013), livro do autor Jan Gehl; entre outros; além de preparar, organizar e relatar a roda de conversa e oficinas e colaborar na produção de relatórios e artigos para congressos, encontros e órgãos municipais.

Contudo, como resultado da pesquisa, conclui-se que há uma carência enorme de dados oficiais qualitativas e quantitativas sobre essa população para que possam ser usados na produção de políticas públicas sociais, habitacionais e assistenciais. Portanto, percebe-se que há muito o que se pesquisar e agir para que as propostas elaboradas como resultado deste trabalho consigam, de fato, recair sobre a realidade desse grupo tão marginalizado e invisível. É visto que tem sido e será **um esforço em conjunto da academia, dos órgãos federais, estaduais e municipais e da sociedade como um todo para que as vozes que ecoam embaixo das pontes e viadutos, das praças, do centro, da periferia, enfim, da cidade possam ser ouvidas e assistidas.**

Referências

CONHABINS, Conselheiros do et al. **EU NÃO TENHO ONDE MORAR: Relatório sobre a população em situação de rua na cidade do Natal: encaminhamentos preliminares em busca da elaboração de políticas habitacionais..** Natal: ., 2019. 32 p.

FERRI, Ohanna Nascimento. **Arquitetura e Inclusão Social: Abrigo Institucional Para Pessoas Em Situação de Rua em Vila Velha/ES.** 2018. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Vila Velha, Vila Velha, 2018. Disponível em: <https://issuu.com/ohannaferri/docs/tcc2_ohanna_ferri>. Acesso em: 12 set. 2018.

FERREIRA DOS SANTOS, Carlos Nelson e VOGEL, Arno. **Quando a rua vira casa: A apropriação de espaços de uso coletivo em um centro de bairro.** 3^a edição. São Paulo: Projeto, 1985.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas.** 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013. Tradução de: Anita Di Marco.

JACOBS, Jane. **Morte e Vida de Grandes Cidades.** 3. ed. São Paulo: Wmf Martins Fontes Ltda, 1961. 296 p. Tradução de Carlos S. Mendes Rosa.

MELO, M. C. H.; CRUZ, G. C. **Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no ensino médio.** Imagens da Educação, V. 4, n. 2, 2014,p. 31-39.

MENEZES, Rafael de Sá. **Programa de moradia de Portugal para moradores de rua deveria inspirar Brasil.** 2017. Disponível em:

<<http://justificando.cartacapital.com.br/2017/08/18/programa-de-moradia-de-portugal-para-moradores-de-rua-deveria-inspirar-brasil/>>. Acesso em: 15 set. 2018.

MOURA, Adriana Ferro; LIMA, Maria Glória. **A REINVENÇÃO DA RODA: RODA DE CONVERSA: UM INSTRUMENTO METODOLÓGICO POSSÍVEL.** Temas em Educação. João Pessoa, p. 98-106. jan. 2014.

OLIVIERI, Silvana. **Quando o cinema vira urbanismo: o documentário como ferramenta de abordagem da cidade.** Dissertação de mestrado. Salvador: PPG-AU/FAUFBA: 2007.

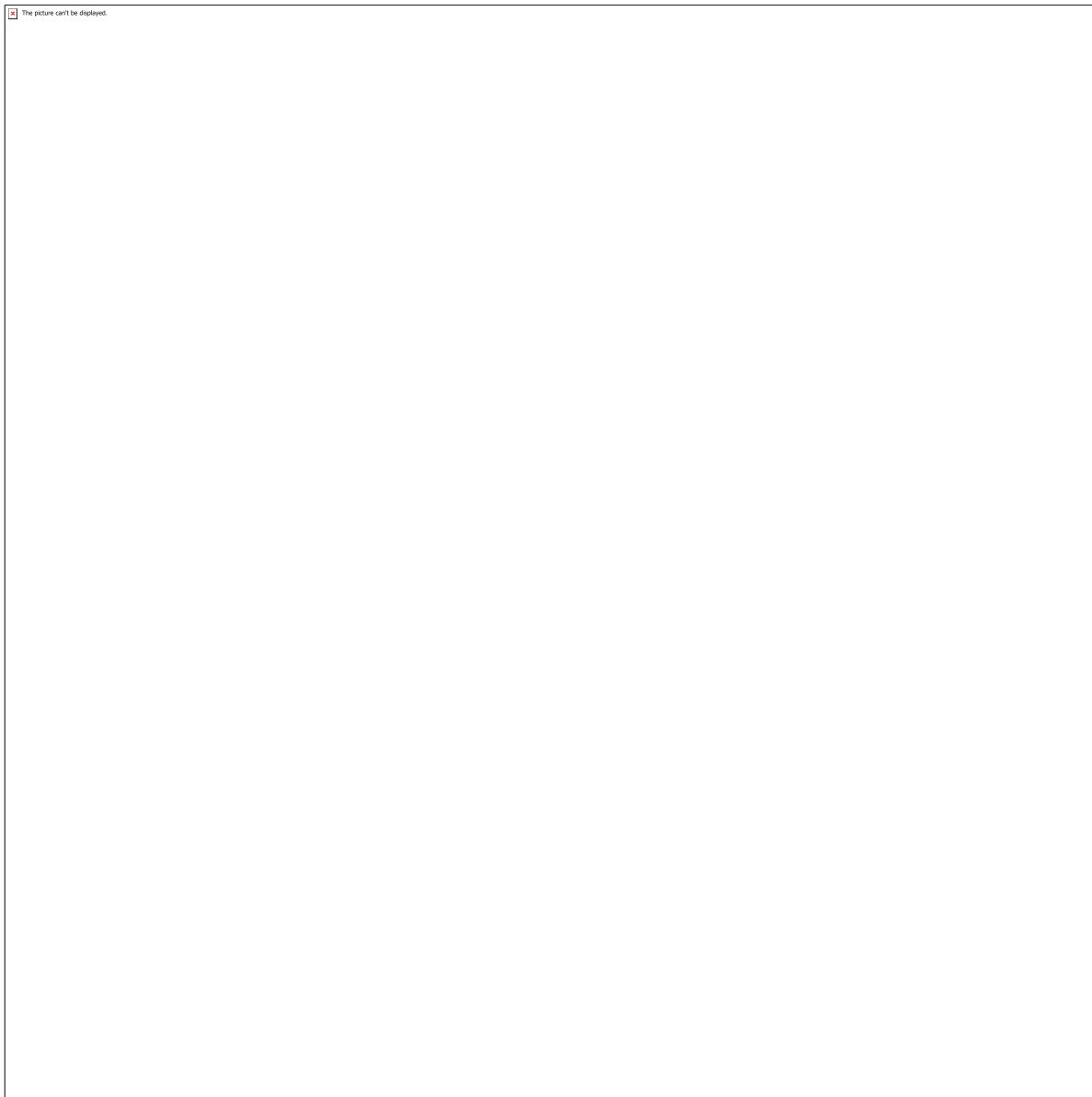
SILVA, Ana Cláudia Milani e. **A RUA E A LUTA URBANA:: O ESPAÇO PÚBLICO NA EFETIVAÇÃO DO DIREITO À CIDADE.** 2014. 87 f. Monografia (Especialização) - Curso de Direito, Setor de Ciências Jurídicas, Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2014.

SOUZA, Lucas. **Seminário em Curitiba lança proposta de locação social para a população em situação de rua.** 2018. Disponível em: <<https://terradedireitos.org.br/noticias/noticias/seminario-em-curitiba-lanca-proposta-de-locacao-social-para-a-populacao-em-situacao-de-rua/22786>>. Acesso em: 15 set. 2018.

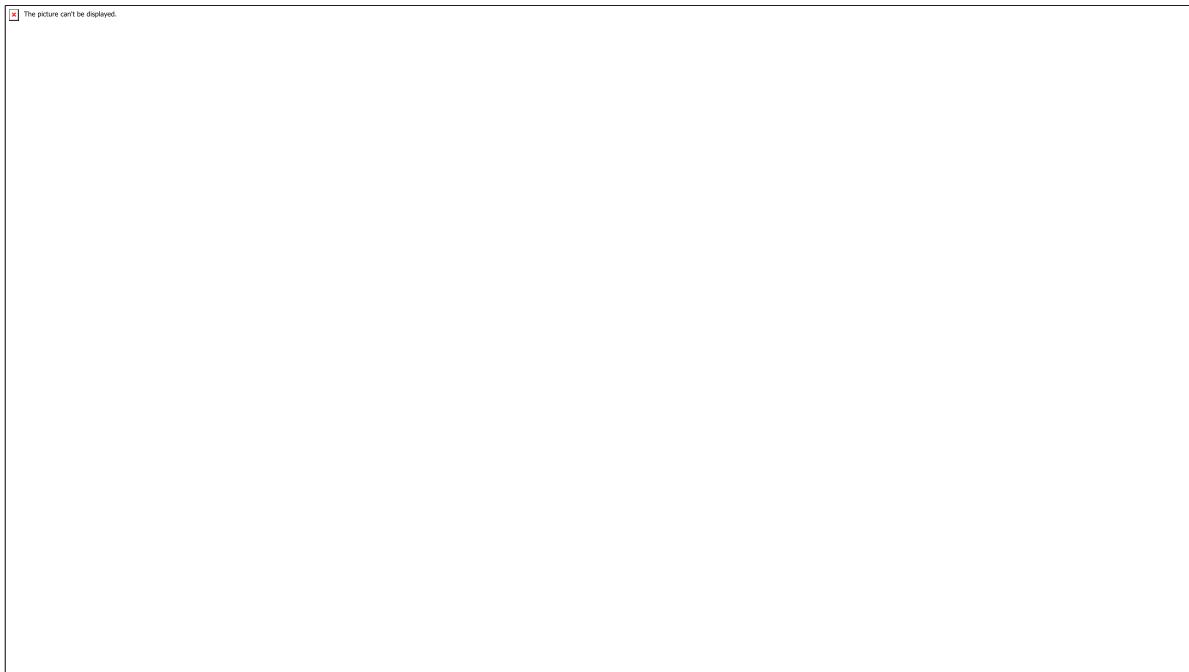
VELLEDA, Luciano. **População em situação de rua é desafio para políticas públicas.** 2016. <Https://www.redebrasilitual.com.br/cidadania/2016/09/populacao-de-rua-exige-seus-direitos-419.html>. Disponível em: <<Https://www.redebrasilitual.com.br/cidadania/2016/09/populacao-de-rua-exige-seus-direitos-419/>>. Acesso em: 14 set. 2018.

XAVIER, Bárbara Dantas Coelho. **VOZES DA CIDADE: REFLEXÕES SOBRE QUESTÕES URBANAS CONTEMPORÂNEAS:** Relatório de pesquisa científica. Natal: ., 2018.

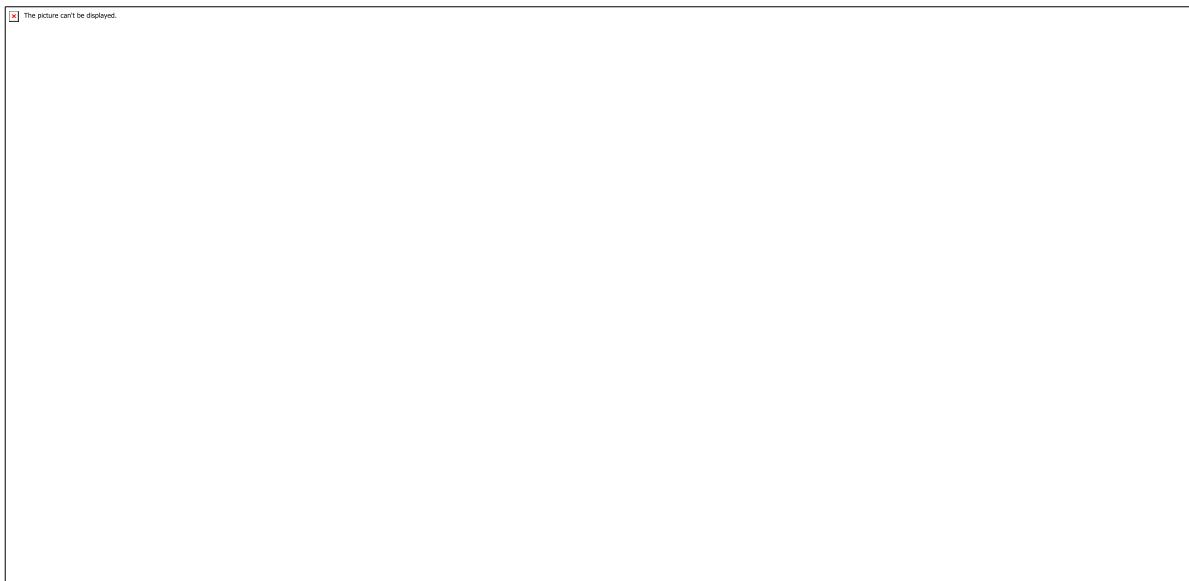
Anexos



Cartaz da Roda de Conversa



Registro da Roda de Conversa



Registro da Oficina no XVIII Enanpur

CÓDIGO: HS1146

AUTOR: LIVIA MARIA DE MESQUITA CARNEIRO

ORIENTADOR: BIANCA CARLA DANTAS DE ARAUJO

TÍTULO: ANÁLISE DESCRIPTIVA DE ESTRATÉGIAS DE CONFORTO AMBIENTAL EM SHOPPING CENTERS.

Resumo

As técnicas e os elementos de conforto ambiental têm sido vastamente utilizados pelos centros comerciais, especialmente os shopping centers, empreendimentos imobiliários que vão se moldando às novas demandas socioespaciais, ambientais e econômicas. São essas estratégias, aplicadas em vários shopping centers brasileiros, e sua relação com as variáveis climáticas, econômicas e ambientais o objeto de estudo desta pesquisa, a qual se vale de um breve histórico de aplicação dessas técnicas para compreender como chegaram ao Brasil e quais são os principais elementos utilizados, tomando como base shoppings reconhecidos pela implementação desses elementos e novas tecnologias para a redução do consumo energético. Essa análise resultou na compreensão desses empreendimentos como projetos complexos, principalmente do ponto de vista do conforto ambiental, cuja compreensão por parte dos arquitetos se torna imprescindível para que essa demanda seja contemplada desde o início de sua concepção, buscando a sustentabilidade econômica e ambiental do processo.

Palavras-chave: Arquitetura Comercial; Uso Comercial; Iluminação Natural.

TITLE: DESCRIPTIVE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL COMFORT STRATEGIES IN SHOPPING CENTERS.

Abstract

Techniques and elements of environmental comfort have been widely used by shopping malls, especially shopping malls, real estate developments that are molding themselves to new socio-spatial, environmental and economic demands. These strategies, applied in several Brazilian shopping malls, and their relationship with climate, economic and environmental variables are the object of study of this research, which uses a brief history of application of these techniques to understand how they arrived in Brazil and what they are. the main elements used, based on shopping malls recognized for the implementation of these elements and new technologies to reduce energy consumption. This analysis resulted in the understanding of these enterprises as complex projects, especially from the point of view of environmental comfort, whose understanding by architects is essential for this demand to be met from the beginning of its conception, seeking the economic and environmental sustainability of the process.

Keywords: Commercial Architecture; Commercial Use; Natural Lighting.

Introdução

Este trabalho objetiva descrever e analisar os principais métodos e recursos de conforto ambiental utilizados em shopping centers – mormente aqueles referentes à iluminação natural e ao conforto térmico –, a partir de uma breve apreciação histórica da evolução

das estratégias de conforto e da observação dessas técnicas em alguns shopping centers brasileiros, a fim de compreender como esses elementos são aplicados e, a depender dos fatores econômicos e climáticos de cada região e do conhecimento acerca desses mecanismos, se essa adaptação pode vir a contribuir para uma melhoria no conforto térmico e energético desses espaços.

Metodologia

Para tanto, foram tomados como base os estudos das autoras Heliana Vargas (2001) e Juliana Garrocho (2005), as quais tratam do espaço terciário como um todo e da luz natural no projeto de centros comerciais, respectivamente. Além disso, dados de artigos em revistas e manuais que trazem a temática do conforto térmico nos centros de comércio planejado também foram contemplados neste estudo.

Resultados e Discussões

Os centros de compras planejados tal como são conhecidos hoje, isto é, os shopping centers, tiveram seus primeiros exemplares na década de 1920, nos Estados Unidos, no contexto de industrialização da época (GARROCHO, 2005, p. 44), no qual foram crescendo como empreendimento imobiliário e desenvolvendo novas estratégias de conforto ambiental.

Como apontado por Vargas (2001) e Garrocho (2015), ainda no século XIX, na Europa, com o advento das novas tecnologias do vidro e do ferro na construção civil, as primeiras arcadas ou galerias cobertas já utilizavam técnicas e elementos de proteção, como fachadas em vidro, cúpulas e outros ambientes envidraçados, como vitrines e corredores, o que, entretanto, não estava essencialmente relacionado ao conforto do edifício propriamente dito, mas principalmente à beleza e à opulência que esse empreendimento transmitia aos usuários como um lugar agradável e “ideal” para ir às compras.

Os desdobramentos da proposta inaugurada pelos shopping centers, no que diz respeito ao conforto dos espaços projetados, criaram edificações bastante caracterizadas pela introspecção, isto é, voltadas para o seu centro (GARROCHO, 2015, p. 46), o que se rebate em estratégias de conforto extremamente dependentes de climatizadores e elementos de iluminação artificial.

Não obstante essa característica de centralização formal e funcional dos shoppings centers, a tendência desses empreendimentos, principalmente a partir do século XXI, tem sido da busca por criar ambientes cada vez mais naturais, tanto no que diz respeito à iluminação natural, com a estratégia dos zenitais, o uso de materiais e tecnologias que proporcionam conforto térmico, entre outros artifícios que, incorporados à iluminação artificial pudessem potencializar o conforto dos usuários na edificação, cuja relação com a questão do consumo energético não era o enfoque inicialmente, como destacou Garrocho (2015, p. 46).

A arquiteta Ellen Souza, em entrevista à revista Shopping Centers, em 2012, já considerava a importância da luz natural no projeto de centros comerciais e os diversos fatores que devem ser considerados ao afirmar que:

[...] é essencial aos empreendimentos estudar a integração das iluminações natural e artificial em espaços de shopping centers, com o cuidado de não favorecer os ganhos térmicos, o ofuscamento e desbotamento dos produtos das vitrines (SOUZA, 2010 apud LOPES, 2012, p. 29).

No Brasil, apesar de a maioria dos shoppings terem passado por diferentes etapas em seu planejamento, aos quais foram sucessivamente integradas novas estratégias de conforto ambiental, alguns destes empreendimentos, desde o seu planejamento inicial, no final do século XX, incorporaram algumas técnicas de conforto térmico, como o Shopping Center Recife.

Inaugurado na década de 1980, o Shopping Recife teve seu planejamento iniciado no ano anterior, quando já possuía características de proteção às áreas de mall fechado, nas quais havia isolamento térmico das fachadas e da cobertura, cuja laje recebeu manta de lã mineral e colchão de ar ventilado (EXEMPLOS..., 2005, p.17). O mall condicionado conta com clarabóias que recebem iluminação zenital e cujos vidros tem alto índice de reflexão, o que possibilita a entrada de luz e a perda de calor. Ainda, conta com outros artifícios, como a separação das paredes das lojas por um corredor que recebe ventilação natural e o sombreamento das paredes externas serem com o uso de vegetação.

Segundo Garrocho (2015, p. 45), a primeira unidade de um centro de compras planejado no Brasil foi inaugurada em 1966, em São Paulo, o Shopping Iguatemi. Dentre as muitas unidades desse empreendimento que existem hoje no país, destaca-se o Shopping Iguatemi Caxias do Sul (1996), que, além de ter sido projetado a partir de uma distribuição horizontal do mall, considerou em seu planejamento o uso de um sistema de clarabóias. O projeto se baseou no implemento de cores claras, lâmpadas e luminárias com alta eficiência e setorização do acionamento. Visto que está localizado em uma área cuja média de temperatura está abaixo de 20°C, o aquecimento do ar nos períodos frios é um fator de conforto, enquanto o resfriamento no verão é proporcionado pelo sistema de isolamento térmico das coberturas (EXEMPLOS..., 2005, p.18).

Outro empreendimento comercial que se utilizou de técnicas avançadas de controle solar foi o Shopping Center Flamboyant, localizado em Goiânia/GO, inaugurado em 1988. A praça de alimentação recebeu uma cúpula de 26 metros de diâmetro, projetada com coeficientes diferentes de sombreamento de acordo com o caminho realizado pelo sol, a fim de reduzir os raios de incidência direta sobre a praça e aproveitando a iluminação natural (EXEMPLOS..., 2005, p.14). Esse sistema consiste basicamente na utilização de três tipos de vidros laminados duplos com vários tons de azul, intercalados com película, que possuem diferentes performances de acordo com a incidência solar.

Não obstante as novas técnicas e ferramentas de conforto térmico e redução do consumo energético utilizadas por esses e muitos outros centros comerciais, são vários os exemplares de shopping centers que empregam também estratégias mais simples, do ponto de vista econômico, porém bastante eficazes. Dentre esses empreendimentos, pode-se citar o Shopping Center Uberaba, cujos arquitetos contrataram especialistas em eficiência energética desde os primeiros estudos (EXEMPLOS..., 2005, p.12). Foram realizados diagramas bioclimáticos, simulações e análises climáticas não apenas para a concepção do lanternim ao longo do espaço do mall (responsável pela iluminação e ventilação naturais), mas também para a resolução do projeto segundo a orientação leste-oeste que, com a utilização de estratégias de ventilação cruzada e diminuição da

exposição solar nas empenas das fachadas, diminuíram a necessidade de iluminação artificial e a carga térmica de lâmpadas e reatores (EXEMPLOS..., 2005, p.12-13).

Outros exemplos, ainda mais práticos do ponto de vista das técnicas de conforto, são o Shopping Vilarejo, em Petrópolis/RJ, e o Galleria Shopping, em Campinas/SP, os quais foram inaugurados na década de 1990. O primeiro, de 1993, se destaca pela sua arquitetura adaptada ao clima, que dispensa o condicionamento na maior parte do ano, pois conta com uma praça ao ar livre, grandes beirais, empenas de vidro, lanternins e aberturas laterais que facilitam a ventilação cruzada; enquanto o segundo, constituído por um conjunto de cascatas e lagos internos que, além de proporcionarem uma atmosfera agradável, correspondem ao sistema de resfriamento evaporativo, que é complementado pelo sombreamento com vegetação e toldos (EXEMPLOS..., 2005, p.16-17).

Ainda, em Natal também é possível observar algumas dessas estratégias nos shoppings Via Direta e Natal Shopping. O primeiro possui em sua cobertura os sheds, um sistema de ventilação cruzada que proporciona também um melhor aproveitamento da iluminação natural, sendo todos os corredores, internos e externos, passíveis dessa estratégia de conforto, que proporciona ventilação natural em todos os espaços comuns do shopping; possui também uma grande claraboia no corredor principal, a qual permite passagem significativa de luz natural.

O Natal Shopping possui seus corredores externos voltados para a área do estacionamento – que fica ao ar livre –, recebendo ventilação natural o dia inteiro e sendo dispensada a iluminação artificial nestes corredores durante o dia; os demais corredores recebem iluminação natural mais próximo das extremidades, onde os corredores dão para a área do estacionamento, sendo necessária iluminação artificial à medida que se distanciam destes acessos. Possui condicionamento de ar, porém a ventilação natural é aproveitada nas áreas mais extremas, principalmente nos corredores que dão para a área do estacionamento.

Conclusão

O emprego de técnicas de conforto ambiental em centros comerciais, mais especificamente nos shopping centers, tem se desenvolvido ao longo do tempo e ganhado bastante enfoque nos últimos anos, especialmente a partir do século XXI, com as novas demandas socioambientais, econômicas e energéticas.

Essas estratégias, que vão desde a concepção de espaços mais confortáveis do ponto de vista térmico, com a aplicação de elementos para o controle da iluminação natural, a exploração da ventilação cruzada e do sombreamento, até o uso das mais avançadas tecnologias, têm suas contribuições nas primeiras arcadas e galerias que, apesar de pensarem mais na estética e na promoção dos centros comerciais em si, foram os precursores dessa necessidade cada vez mais latente e crescente na atualidade.

Do avanço dessas novas tecnologias no planejamento dos shopping centers, pode-se destacar também o conforto acústico, que não foi tratado nesta pesquisa, mas que está se tornando uma estratégia bastante usual e essencial no projeto desses empreendimentos, principalmente em espaços que agregam uma grande quantidade de pessoas, como as praças de alimentação, que se não forem bem tratadas nesse

aspecto, são passíveis de bastante ruído e, consequentemente, provocam um enorme desconforto nos usuários.

Assim, percebe-se a importância desses elementos, do conhecimento acerca das estratégias disponíveis e de como devem ser empregadas e, mais do que aplicar técnicas muito avançadas, conceber o projeto desde o princípio pensando em explorar e tomar partido das variáveis de iluminação, ventilação e acústica, a fim de desenvolver propostas cada vez mais sustentáveis, do ponto de vista econômico e socioambiental.

Referências

EXEMPLOS de boas práticas de Arquitetura. Cadernos de Boas Práticas: eficiência energética em edificações brasileiras. Eletrobrás Procel. Rio de Janeiro: lab/ Rj: Eletrobrás, 2005.

GARROCHO, Juliana Saiter. Luz natural e projeto de arquitetura: Estratégias para iluminação zenital em centros de compras. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

LOPES, Marcus. Que haja Luz: projetos arquitetônicos sustentáveis estabelecem harmonia entre luz natural e conforto térmico para os shopping centers. Revista Shopping Centers, São Paulo: Abrasca, n. 167, ano 28, mar. 2012.

VARGAS, Heliana Comin. Espaço Terciário: o lugar, a arquitetura e a imagem do comércio. São Paulo: Senac São Paulo, 2001.

CÓDIGO: HS1186

AUTOR: FERNANDA RAFAELE OLIMPIO DE LIRA

ORIENTADOR: JOSE CLEWTON DO NASCIMENTO

TÍTULO: O concurso URBANLAB BID NATAL, 2017/2018: novamente o Bairro da Ribeira na pauta.

Resumo

Esta pesquisa se objetiva analisar o conjunto de propostas apresentadas ao concurso BID UrbanLab - desenvolvidas pelas equipes compostas por discentes e egressos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN –, tendo em vista as relações entre as propostas apresentadas e os princípios da Conservação Integrada, notadamente no que diz respeito à valorização do lugar, aos desafios relacionadas à gestão, e à demanda solicitada pelo concurso com relação à viabilidade econômica do projeto. Para tal, foram examinadas as diretrizes postas pelo concurso em conjunto com a Prefeitura Municipal de Natal, os feedbacks às equipes participantes na primeira fase e os passos pós premiação da equipe vencedora. Apesar de possibilitar novas ideias para o bairro da Ribeira, não é possível ainda visualizar desdobramentos reais para o bairro, com suspeitas de tornar-se mais um plano de reabilitação junto do PRAC/RIBEIRA e ReHabitar Natal.

Palavras-chave: Ribeira; URBANLAB BID Natal; Reabilitação integrada; Patrimônio.

TITLE: The URBANLAB BID NATAL contest, 2017/2018: again Ribeira neighborhood on the agenda

Abstract

This research aims to analyze the set of proposals submitted to the IDB UrbanLab contest - developed by the teams composed by students and graduates of the UFRN Architecture and Urbanism Course -, considering the relationships between the proposals submitted and the principles of Integrated Conservation, notably regarding the valuation of the place, the challenges related to management, and the demand requested by the tender regarding the economic viability of the project. To this end, we examined the guidelines set by the contest in conjunction with the City Hall of Natal, the feedbacks to the teams participating in the first phase and the steps post awarding the winning team. Despite enabling new ideals for the Ribeira neighborhood, it is not yet possible to see real developments for the neighborhood, with suspicions of becoming another rehabilitation plan with PRAC / RIBEIRA and ReHabitar Natal.

Keywords: Ribeira; URBANLAB BID Natal; integrated rehabilitation; patrimony.

Introdução

Enfrentando uma tendência de declínio desde a segunda metade do século XX, o centro histórico de Natal, principalmente o bairro da Ribeira, se mostra com boa parte de sua estrutura física em estado precário de conservação. Esse quadro levou, na década de 1990, à reflexão acerca da necessidade de elaboração de políticas preservacionistas. Em duas décadas de discussão e propostas, porém, ainda não é possível ver mudanças significativas na situação do bairro que aparenta estar cada dia mais abandonado, o que

nos leva a questionar: o que ocasiona o descompasso entre os discursos e práticas das propostas de reabilitação para o bairro da Ribeira e por que não há mudanças significativas nesse quadro?

Diante disso, desde 2017, encontra-se em desenvolvimento o plano de trabalho “PROPOSTAS PARA REABILITAR O SÍTIO HISTÓRICO DE NATAL/RN (anos 1990/2000): o que restou desta ideia?”, que objetiva analisar programas e ações de reabilitação urbana propostos para o sítio histórico da cidade, na perspectiva de se identificar se e como a ênfase dada às ideias de valorização do lugar contidas nos discursos, se materializa nas ações desenvolvidas, vislumbrando também identificar pontos em comuns e confrontações entre os atores envolvidos na construção deste processo. O referido plano de trabalho faz parte do projeto de pesquisa “REABILITAÇÃO EM ÁREAS DE VALOR PATRIMONIAL: VALORIZAÇÃO DO LUGAR? Análises de programas e ações à luz de casos brasileiros e portugueses”, coordenado pelos professores José Clewton do Nascimento e Eunádia Cavalcante e se deteve à análise de ações planejadas (executadas ou não) para o sítio histórico da cidade de Natal/RN, sendo o bairro da Ribeira o mais contemplado por contar com o maior acervo de patrimônio arquitetônico da cidade.

Como resultado foi observado que, apesar da crescente discussão acerca da importância da preservação do patrimônio histórico, cultural e arquitetônico da cidade, a PMN não tem avançado muito quanto à ações efetivas e tem a maior parte de suas propostas voltadas para a revitalização comercial e cultural do bairro, sem participação ativa da sociedade civil e sendo incompatíveis com os conceitos da conservação integrada definidos pela Carta de Lisboa (1995).

Durante o desenvolvimento da pesquisa aconteceu a primeira edição nacional do BID UrbanLab tendo como foco o bairro da Ribeira: um concurso universitário multidisciplinar destinado a buscar soluções para os problemas urbanos em parceria com estudantes, professores universitários e jovens profissionais, objetivando “desenvolver um projeto urbanístico, social e patrimonial integrado, multisectorial, inovador e sustentável” (BID, 2019).

Organizado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), por meio do seu Departamento de Desenvolvimento Urbano e Habitação (HUD), e em parceria com a CAIXA e o Ministério das Cidades, o concurso teve um total de 40 propostas de 16 estados brasileiros na primeira fase, onde 20 propostas foram selecionadas para a segunda fase, sendo 7 equipes de Natal, e tendo como vencedora a proposta de uma equipe da UFRN orientada pela professora Ruth Ataíde do Departamento de Arquitetura.

Considerando o momento propício para a ampliação das discussões acerca da Ribeira como espaço representativo do patrimônio cultural de Natal e a possibilidade de, com o resultado do concurso, novas intervenções venham a ser feitas no bairro, o presente plano tem como objetivo geral “analisar o conjunto de propostas apresentadas ao concurso BID UrbanLab - desenvolvidas pelas equipes compostas por discentes e egressos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN –, tendo em vista as relações entre as propostas apresentadas e os princípios da Conservação Integrada, notadamente no que diz respeito à valorização do lugar, aos desafios relacionadas à gestão, e à demanda solicitada pelo concurso com relação à viabilidade econômica do projeto.”

Metodologia

A primeira fase da pesquisa partiu da apropriação dos conceitos e definições de Reabilitação Integrada e da revisão bibliográfica a partir dos textos de Lapa e Zanchetti (2012), a fim de entender a evolução das ideias e das intervenções realizadas. A partir da análise de dados, foi desenvolvido um quadro teórico contendo os locais, ênfases das intervenções e direcionamentos políticos, pois considerando que a Conservação Integrada surge no urbanismo progressista do Partido Comunista da Itália, mas, com o passar do tempo, passa a adquirir amparo em outras ideologias políticas, inclusive nas políticas neoliberais estadunidenses, o quadro se mostrou importante para entender o contexto político e econômico das aplicações em diferentes países.

Para entender o histórico de intervenções urbanas em áreas patrimoniais no Brasil e dos programas de reabilitação aqui implementados, partimos dos textos bases de Bonduki (2010) e Castriota et al (2010). Para o estudo de caso de Natal/RN, foram consultados o PRAC/RIBEIRA (2008) e o ReHabitar em Natal, além da dissertação de Heitor Silva (2002) intitulada “Revitalização Urbana de Centros Históricos: uma revisão de contextos e proposta, a Ribeira como estudo de caso”, entre outros trabalhos com foco no centro histórico da cidade.

No decorrer da pesquisa, alguns atores envolvidos de forma direta ou indireta foram entrevistados, a fim de ajudar a entender o contexto de execução ou de não execução do projeto, dependendo do caso. O arquiteto Haroldo Maranhão foi entrevistado sobre o projeto Fachadas da Rua Chile e a professora do Departamento de Arquitetura da UFRN (DARQ/UFRN), Dulce Bentes, sobre o desenvolvimento do PRAC/RIBEIRA. Além dessas, o projeto de extensão Ribeira Desenhada, coordenado pelos professores Clewton Nascimento e Eunádia Cavalcante - que objetivou levar alunos e demais interessados às ruas do bairro para observar seus espaços, se utilizando do desenho de observação como forma de apreensão do espaço - facilitou rodas de conversa com professores, arquitetos, moradores e outros personagens da história institucional e cotidiana do bairro.

Para investigação do estado de funcionamento das edificações e áreas públicas em que houveram intervenções, foram realizadas visitas in loco, incluindo também as propostas que não foram realizadas, mas tiveram espaços catalogados nos planos e projetos, com a intenção de verificar se permaneciam nas condições de quando foram analisadas ou se houveram ações da iniciativa privada.

As análises dos projetos, junto da observação do estado atual das áreas em que foram propostos e em conhecimento dos processos de execução ou não execução, teve como resultado o artigo de título: “PROPOSTAS DE REABILITAÇÃO URBANA NA RIBEIRA: uma análise dos discursos e práticas”, apresentado no II Simpósio Científico do ICOMOS BRASIL em abril de 2018 em Belo Horizonte-MG, tendo como objetivo realizar uma análise crítica acerca do descompasso entre o que foi proposto enquanto discurso e a atual situação do bairro.

A edição nacional do concurso BID UrbanLab aconteceu durante o desenvolvimento da primeira fase da pesquisa, onde a pesquisadora e autora do presente relatório participou como integrante de uma das equipes. O envolvimento com ambos os projetos facilitou a execução de algumas atividades como, por exemplo, a visita ao IFRN Unidade Rocas do Campus Natal - Cidade Alta feita pela equipe do concurso, que coincidiu com o “Seminário Arquitetura, patrimônio e a cidade existente: percepções, riscos e desafios projetuais” realizado em outubro de 2017, sob organização do Professor Clewton. A visita permitiu a aproximação com o projeto de restauro e reuso da antiga rotunda e das

oficinas de recuperação de locomotivas e vagões da Rffsa - Rede Ferroviária Federal S.A. - que, antes da instalação do instituto, encontrava-se abandonada e em ruínas.

A segunda etapa da pesquisa aconteceu em três momentos. O 1º momento refere-se à análise da demanda apresentada pelo concurso - formulada em conjunto com a PMN - para o desenvolvimento do projeto para uma área dentro do polígono de tombamento no bairro da Ribeira com base no edital apresentado aos participantes, buscando vincular o discurso adotado com os princípios da Conservação Integrada e Reabilitação Urbana.

Das 20 propostas que passaram para a segunda fase, sete eram de Natal, sendo seis delas da UFRN. À cada uma das equipes aprovadas para a fase seguinte foi enviado um e-mail contendo o feedback da comissão organizadora do concurso acerca do proposto na primeira fase, onde se apontaram os pontos fortes apresentados e o que era necessário refletir para a próxima fase. Esses feedbacks foram reunidos no 2º momento e sistematizados contendo o principais temas abordados, a fim de entender as expectativas projetuais do BID.

Após o envio de propostas da segunda fase, três equipes finalistas foram convidadas a apresentarem seus projetos na sede do BID em Washington (DC), EUA, a um corpo de jurados internacional composto por 41 componentes, entre eles: representantes especialistas do BID, CAIXA e Ministério das Cidades; o Prefeito Municipal da Cidade do Natal, Carlos Eduardo; Secretários da SEMURB; e três personalidades brasileiras especialistas em matérias afins ao concurso, o Dr. Philip Yang, o Arquiteto Paulo Casé e a diretora do Instituto de Políticas e Transporte e Desenvolvimento (ITDP), Cláisse da Cunha Linke.

A cerimônia foi finalizada com o resultado da equipe vencedora do concurso, que apresentou o trabalho intitulado “Olhos da Ribeira”, vinculada à UFRN e constituída pelos estudantes Marcela Scheer, Dmetryus Targino, Nicholas Martino e Mariah Oliveira, sob orientação da professora Drª Ruth Ataíde, integrante do corpo docente do DARQ.

O 3º momento consistiu no acompanhamento dos passos seguintes à premiação. O que vai ser da proposta vencedora, como se dará a implementação das ideias propostas e qual a integração BID, PMN e equipe nos próximos anos.

Resultados e Discussões

Destinado a buscar soluções criativas e ideias inovadoras para os problemas urbanos da América Latina e do Caribe (ALC), o BID UrbanLab é um concurso universitário que tem como objetivos:

“atuar como incubadora de jovens talentos em temas urbanísticos, a partir de uma rede de trabalho com universidades; promover um espaço participativo para o questionamento dos paradigmas atuais, que orientam as práticas em projetos urbanos; bem como introduzir no mercado de trabalho jovens que se interessam em atuar nesta área” (SILVA et al, 2018).

O concurso chega ao Brasil depois da realização de três edições internacionais: a primeira em 2015, no bairro Curundú, no Panamá; a segunda em 2016, no bairro Pescaíto, na cidade de Santa Marta, Colômbia; e a terceira que aconteceu

concomitantemente à edição brasileira, em 2017, na Província de Mendoza, Argentina. Sendo a primeira edição de caráter nacional, intencionando-se incentivar a participação das universidades brasileiras - ausentes nas demais edições -, o 1º BID UrbanLab Brasil escolhe um polígono de intervenção de caráter histórico no bairro da Ribeira, berço da cidade do Natal.

A escolha da sede do concurso se deu, inicialmente, pela seleção de 302 municípios brasileiros considerados Cidades Emergentes pelo BID: municípios com população entre 100 mil e 2 milhões de habitantes, apresentando alta taxa de crescimento populacional, economia crescente e problemas urbanos semelhantes aos das grandes cidades, decorrente da rápida expansão. Os 50 primeiros colocados do ranking foram submetidos a novos estudos com a participação da CAIXA e o Ministério das Cidades, onde três cidades se destacaram devido a relevância no cenário nacional, principalmente, nos aspectos socioeconômicos e turísticos: Maceió (AL), Olinda (PE) e Natal (RN).

Assim sendo, Natal é convidada a participar da fase de manifestação de interesse, onde é solicitado à SEMURB a indicação de até três áreas de intervenção projetual que atendessem às seguintes regras:

"i) um tema urbano estratégico e de interesse regional; ii) a disponibilidade de informação técnica sobre o polígono de intervenção com área entre 15 a 20 ha; iii) uma pertinente justificativa sobre a carência da área por projetos; iv) a inserção da área no zoneamento do Plano Diretor; v) os suficientes levantamentos para embasamento para o devido desenvolvimento de projeto urbano (dados topográficos, socioeconômicos, ambientais, fundiários, demográficos, normativos e legais); vi) um polígono com potencial de gerar um projeto integrado e intersetorial, abrangendo aspectos ligados à habitação, ao saneamento, à mobilidade, ao turismo, e que possa promover a revitalização e requalificação social, ambiental e urbana da área." (SILVA et al, 2018)

A candidatura da cidade foi confirmada pela PMN através da SEMURB com a indicação de três áreas situadas nos bairros da Ribeira, Redinha e Praia do Meio/Santos Reis. A Ribeira é escolhida por sua importância histórica para a cidade, além se identificar com a problemática mundial de declínio econômico dos centros históricos, apresentando problemas socioambientais importantes, deterioração dos espaços públicos, imóveis desocupados ou em ruínas e infraestrutura subutilizada.

A poligonal a ser contemplada estabelecia uma área de aproximadamente 20 hectares dentro do bairro e se mostrava estratégica para a integração de projetos urbanos que englobasse a preservação do sítio histórico e a promoção do desenvolvimento social e econômico do bairro (SILVA et al, 2018). Para isso, a SEMURB indicou as seguintes diretrizes:

"(i) revisão do sistema viário da área, de modo a aperfeiçoar a mobilidade (pedestres, ciclistas, transporte público e veículos privados) e criação de bolsões de estacionamento; (ii) incentivo à diversificação dos diferentes usos do solo na área, priorizando: residencial, institucional, turístico, cultural e de lazer; I; (iii) recuperação e reuso de imóveis em ruínas; (iv) ampliação da cobertura vegetal; (v) proposição de usos que promovam a integração da comunidade da AEIS Maruim, recém instalada no Residencial São Pedro através do Programa Minha Casa Minha Vida, com a dinâmica da área; (vi) previsão de espaços para a promoção de atividades culturais; (vii) utilização do transporte fluvial, tanto para fins turísticos como para alternativa de transporte público; e (viii) valorização do visual cênico-paisagístico do Rio Potengi." (SILVA et al,

2018) As diretrizes propostas pela SEMURB em conjunto com o BID apresentam aproximações com os princípios de Conservação Integrada definidas na Carta de Lisboa (1995), principalmente quanto ao conceito de Reabilitação Urbana que, segundo a Carta, é: “uma estratégia de gestão urbana que procura requalificar a cidade existente através de intervenções múltiplas destinadas a valorizar as potencialidades sociais, económicas e funcionais a fim de melhorar a qualidade de vida das populações residentes; isso exige o melhoramento das condições físicas do parque construído pela sua reabilitação e instalação de equipamentos, infra-estruturas, espaços públicos, mantendo a identidade e as características da área da cidade a que dizem respeito.” (CARTA DE LISBOA, 1995)

A Reabilitação Urbana se propõe a ser um modelo de gestão que antepõe o homem, centrando as suas ações nos desdobramentos sociais, sem negar a cidade exigente, alinhando-se com as demandas colocadas pela SEMURB de recuperação e reuso dos imóveis, integração da comunidade do Maruim e a diversificação de usos do solo da área, preservando a história do bairro. A aproximação com a Conservação Integrada se dá também por suas teorias terem surgido com o intuito de preservar e vivificar o patrimônio cultural das cidades - na vertente do edificado e do tecido social (CARTA DE LISBOA, 1995).

A Conservação Integrada surge no urbanismo progressista do Partido Comunista da Itália, na década de 1960, aplicada nas periferias dos centros históricos de cidades europeias visando a recuperação das estruturas física, econômica e social do lugar, ilustrando “uma imagem política de eficiência administrativa, justiça social e participação popular” (LAPA; ZANCHETI, 2012, p. 19). Porém, nos decênios que se seguiram, de 1970 e 1980, passa a ser encarada como revitalização de áreas degradadas, abandonando o cunho social e adquirindo amparo nas políticas neoliberais norte americanas, visando agregar valor à economia e atrair investimentos privados às áreas esvaziadas (LAPA; ZANCHETI, 2012).

É nesse contexto de decadência das políticas progressistas em função do neoliberalismo, internacionalização da economia e competitividade entre cidades (HARVEY 1992 apud SILVA et al, 2018) que surgem as discussões sobre a preservação do patrimônio de Natal, especialmente da Ribeira. As quase três décadas de debates geraram diversas fases de projetos e investimentos na intenção de se desvincilar da imagem de decadência em torno do bairro (SILVA, 2018), contestando, inclusive, a carência de projetos para a área, posta com uma das regras do BID.

Em 1990 é definida a Zona Especial de Preservação Histórica - ZEPH (Lei Nº 3.942/1990) com um poligonal abrangendo os bairros da Cidade Alta, Ribeira e Rocas. Estimulado pelos debates sobre o Plano Diretor, em 1993, ocorre o Seminário Ribeira Velha de Guerra e começa a atrair a atenção para a recuperação da Ribeira e instigar projetos como o “Viva Ribeira” que deu origem à iniciativa denominada “Fachadas da Rua Chile”, com a recuperação de 45 fachadas da rua, objetivando chamar a atenção da população para a importância da preservação do patrimônio a partir da restauração do conjunto edificado e do incentivo ao uso cultural e de lazer. Para execução do projeto, durante a gestão do Prefeito Aldo Tinoco, foi criado o Escritório Técnico da Ribeira com a finalidade de gerenciar e executar as obras do bairro, sendo desativado na gestão seguinte da Prefeita Wilma de Faria.

A intervenção teve desdobramentos positivos na Rua Chile nos anos que se seguiram, levando novas gerações ao bairro e transformando o Largo no berço de diversos movimentos culturais e festivais da cidade. Apesar disso, a mudança de gestão na

prefeitura acarretou na diminuição das atividades. No decorrer dos anos, foi possível observar a apropriação da força do capital com a expansão das empresas pesqueiras, acarretando na construção de decks irregulares nas fachadas lindéiras ao Rio Potengi e descaracterização do conjunto edilício. Apesar da rua ainda ser citada quando se fala em espaços culturais e de lazer na cidades, é perceptível que isso não se dá devido a incentivos, mas à adesão de novos públicos que passaram a frequentar a rua, gerando demanda (CUNHA, 2014).

A execução do “Fachadas da Rua Chile” veio de encontro à filosofia de recuperação do bairro que deu origem a primeira Lei de Operação Urbana Ribeira - OUR (Lei Nº 4.932/1997), que compreendia em um agrupamento de ações integradas visando a revitalização do bairro, coordenada pela PMN em parceria com a sociedade civil (NATAL, 1997)

Em 2007 é publicado o Projeto ReHabitar Natal, realizado por um convênio entre PMN, CAIXA e o Programa Cidade Brasil da Embaixada da França, contendo proposições de ações “pautadas na sustentabilidade financeira, capazes de atrair novos residentes para a área, e especialmente, causar impacto social positivo nos poucos habitantes que permaneciam no local” (SILVA et al, 2018). Concomitantemente era desenvolvido também pela PMN, o Plano de Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais - PRAC/RIBEIRA, publicado em 2008, em parceria com o Ministério das Cidades e a CAIXA, com consultoria de pesquisadores da UFRN, através da FUNPEC. Duas publicações de excelente qualidade, mas de poucos resultados e que explicita a duplicidade de esforços de um planejamento não integrado.

Mesmo com os debates e o tombamento a nível federal do sítio histórico da cidade em 2010 - com ampliação de trecho das Rocas - pelo Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), a Ribeira segue em estado de declínio e abandono, com edificações cada dia mais descaracterizadas e em péssimo estado de conservação. É importante salientar, porém, que boa parte dos projetos foram executados, mas não como foram apresentados, sendo muitas vezes interrompidos antes de suas conclusões, descontinuados, realizados pontualmente ou carentes de manutenção.

A proposta vencedora incluiu estratégias urbanísticas, arquitetônicas, tecnológicas e de gestão estruturadas em três eixos: desenvolvimento, vitalidade e memória; e trouxe como diferencial a criação de uma plataforma online de apoio e monitoramento que pudesse estimular o sentimento de pertencimento das pessoas ao lugar, viabilizando a participação popular, incentivando o urbanismo tático e possibilitando iniciativas de crowdfunding como meio de financiamento de obras, através de um sistema de pontos, facilitando a aproximação entre os agentes públicos e privados, bem como a divulgação e construção coletiva do projeto (ATAÍDE et al, 2018).

No eixo referente ao desenvolvimento, foram propostas ações de infraestrutura que viabilizassem, principalmente, o adensamento proposto com desobstrução do canal de drenagem central compatível. O plano prioriza os modais ativos com a instalação de aluguéis de bicicleta e prevê faixa exclusiva para ônibus na Av. Duque de Caxias, com pequenos bolsões de estacionamento com plano de parquímetros para rentabilizar o espaço público.

O eixo vitalidade propõe a construção de um deck público e a abertura de janelas para o Rio Potengi a partir da Rua Chile, fomentando o potencial paisagístico. O plano também incorpora o urbanismo tático como estratégia de requalificação dos becos,

permitindo a acumulação de pontos no aplicativo que poderiam ser trocados por descontos nos estabelecimentos do bairro.

Por fim, no eixo memória, o plano se detém às edificações de valor patrimonial e nos imóveis que suportam maior potencial construtivo, indicando possibilidades de intervenção de acordo com o estado de conservação e preservação do imóvel e respeito a relação de cheios e vazios do entorno, principalmente quanto às áreas que estão dentro da poligonal da ZEPH e de tombamento do IPHAN. Além disso, são propostos incentivos fiscais de forma a estimular o uso misto e as atividades habitacionais.

De forma a minimizar a centralização das ações, é proposta a criação de um fundo para receber os recursos a serem investidos e a utilização de financiamento coletivo para incentivar pequenos investidores, permitindo também contrapartidas de setores privados ou outros agentes financiadores. Todas as ações previstas seriam acessíveis ao usuário por meio pela plataforma virtual sugerida, possibilitando os cidadãos a doar a um projeto em troca de recompensas ou de uma rentabilidade estimada (ATAÍDE et al, 2018).

No entanto, após a cerimônia de premiação, a equipe vencedora se reuniu com a PMN para início das adequações do plano. Até o momento, o grupo e a PMN nutriam expectativas com o financiamento do BID para implementação dos projetos. As obrigações do concurso, porém, se encerravam com a entrega do memorial, sendo sinalizado a possibilidade para investimentos de infraestrutura urbana por parte do banco de forma desvinculada ao concurso.

Em junho de 2018, foi realizada o Seminário Ribeira em Foco II: Concurso BID UrbanLab Natal/Brasil, onde o projeto foi apresentado e população civil e representantes de entidades afins aos temas puderam apresentar críticas e sugestões, explicitando as expectativas de concretização. O memorial final foi entregue em junho de 2019. Segundo o grupo, após o encerramento, os encontros com a PMN foi se tornada cada vez mais esporádicos, sendo uma das causas, o desligamentos dos responsáveis. Até o momento, não se sabe o fim que será dado ao material realizado.

Conclusão

O BID UrbanLab Natal se configurou como oportunidade para estudantes e novos profissionais discutirem ideias para a Ribeira, principalmente, pelo caráter multidisciplinar exigido pelo concurso. É possível observar que as diretrizes postas pela organização do concurso e PMN se aproximam dos conceitos de Conservação Integrada, visando a integração da comunidade já residente do Maruim, diferentes modais de mobilidade urbana, reanimação econômica do bairro e possibilidades de autogestão da sociedade civil. No decorrer do concurso, porém, analisando a proposta vencedora e os feedbacks enviados pelo BID, é notado a ênfase dada à revitalização econômica do bairro e o uso de novas tecnologias, seguindo para um caráter neoliberal da Conservação Integrada.

A necessidade para um caminho de discussão sobre a descontinuidade de propostas para o bairro permanece. Assim como aconteceram com os demais projetos para a área, há uma desarticulação entre gestões e entre estado e comunidade. O alvoroço gerado pelo concurso não parece mostrar desdobramentos reais, com suspeitas de tornar-se mais um plano de reabilitação para o bairro junto do PRAC/RIBEIRA e ReHabitar Natal.

Atualmente, a Ribeira tem sido esquecida nas pautas da PMN que tem agora o bairro da Cidade Alta como foco dos projetos de “revitalização”. Estes, tendem a repetir o processo das propostas para a Ribeira, com finalidades lúdicas, visando a transformação em um lugar de atividades turísticas, culturais e de lazer, com ações questionáveis quanto à integração com o público já usual dos espaços.

Referências

ATAIDE, R. M. DA C.; MARTINO, N. S.; SCHEER, M. L. F.; SOUZA, D. T. M. DE. Olhos da Ribeira: proposta integrada de requalificação para o bairro da Ribeira. Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente, v. 3, n. 2, p. 146-153, 29 ago. 2018.

BID. BID UrbanLab Natal Brasil. Disponível em: <<http://callforproposals.iadb.org/pt/urbanlab-brasil/inicio-urbanlab-brasil>>. Acesso em: 15 ago. 2019. BONDUKI, Nabil. Intervenções Urbanas na Recuperação de Centros Históricos. Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2010. 376 p.

DEL RIO, Vicente. Desenho Urbano e Revitalização na Área Portuária do Rio de Janeiro: A Contribuição do Estudo da Percepção Ambiental. 1991. 548 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

CARTA DE LISBOA. 1995. Disponível em: <<http://www.patrimoniocultural.pt/media/uploads/cc/cartadelisboa1995.pdf>>. Acesso em: 19 de abril de 2018.

CASTRIOTA, Leonardo Barci et al. PAC Cidades Históricas: oportunidade para a conservação integrada?. Locus: revista de história, Juiz de Fora, v. 16, n. 2, p.93-117, 2010.

LACERDA, Norma; ZANCHETI, Silvio Mendes (Org.). Plano de Gestão da Conservação Urbana: Conceitos e Métodos. Olinda: Centro de Estudos da Conservação Integrada (ceci), 2012. 304 p.

LAPA, Tomás; ZANCHETI, Sílvio Mendes. Conservação Integrada: Evolução Conceitual. In: LACERDA, Norma; ZANCHETI, Sílvio Mendes (Org.). Gestão da Conservação Urbana: Conceitos e Métodos. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada (CECI), 2012. p. 18-30.

NATAL. Prefeitura Municipal do Natal. Lei nº 4.932, de 30 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a Operação Urbana Ribeira e dá outras providências. Disponível em: . Acesso em: 15 de abril de 2018.

REHABITAR em Natal. Natal, Rn: -, 2007.

ROCHA, Luís Renato Nogueira da. Reabilitação Urbana no Bairro da Ribeira: Perspectivas de um Centro Urbano em Transformação. 2015. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão de Políticas Públicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SILVA, M. F. P. DE S.; SANTOS, K. DE S.; COBBE, A. L. Ribeira em foco: concurso BID UrbanLab Brasil/Natal - perspectivas universitárias. *Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente*, v. 3, n. 2, p. 138-145, 29 ago. 2018.

SILVA, Heitor de Andrade. Revitalização Urbana de Centros Históricos: uma revisão de contextos e propostas: a Ribeira como estudo de caso. 2002. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

TINOCO, Marcelo Bezerra de Melo; SOBRINHA, Maria Dulce Picanço Bentes; TRIGUEIRO, Edja Bezerra Faria (Org.). *Plano de Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais PRAC/RIBEIRA*. Natal, RN: Edufrn - Editora da Ufrn, 2008. 250 p.

CÓDIGO: HS1240

AUTOR: LAURA SIROKY PAOLIELLO

ORIENTADOR: GEORGE ALEXANDRE FERREIRA DANTAS

TÍTULO: A cidade em obras: a administração do engenheiro Gentil Ferreira para Natal (1935-1940)

Resumo

Este trabalho é resultado do primeiro ano de pesquisa da iniciação científica intitulada "A Cidade em obras: a administração do engenheiro Gentil Ferreira para Natal (1936-1940)". Ao perceber-se a lacuna nos estudos sobre a influência das gestões municipais da cidade de Natal, ainda que tenham tido grande relevância, nos propomos a fazer uma revisão historiográfica, a partir da pesquisa bibliográfica e em periódicos da época e a sistematização destes dados com o objetivo de fundamentar estudos futuros. Desta maneira, aplicando isso no recorte temporal, teremos como ponto de vista as obras que estavam na coordenação da administração municipal do governo do engenheiro Gentil Ferreira, prefeito da cidade de Natal entre 1935 e 1940. Destarte, concentraremos no papel desta administração, trazendo-a em uma perspectiva de história cultural urbana, buscando interligar a política da época com a estruturação de propostas, planos e as efetivas intervenções na paisagem e formas urbanas.

Palavras-chave: Gentil FerreiraNatal 1936Gestão MunicipalHistória Urbana

TITLE: Mayor Gentil Ferreira's Administration: "honest and fruitful"

Abstract

This work is the result of the first year of research of the scientific initiation entitled "The City in Construction: the administration of engineer Gentil Ferreira for Natal (1936-1940)". Noting the gap in the studies on the influence of municipal management in the city of Natal, even if they had great relevance, we propose to make a historiographical review, from the bibliographic research and periodicals of the time and the systematization of these data with the objective of supporting future studies. In this way, applying this in the time frame, we will have as a point of view the works that were in the coordination of the municipal administration of the government of engineer Gentil Ferreira, mayor of the city of Natal between 1935 and 1940. Thus, we will focus on the role of this administration, bringing a in a perspective of urban cultural history, seeking to interconnect the politics of the time with the structuring of proposals, plans and the effective interventions in the landscape and urban forms

Keywords: Genti FerreiraNatal 1936Municipal ManagementUrban History

Introdução

Esta pesquisa de iniciação científica, intitulada de "A cidade em obras: a administração do engenheiro Gentil Ferreira para Natal (1936-1940)", faz parte do projeto "Ruínas & Escombros da modernidade: arquitetura, reformas e cultura urbana" do grupo HC Urb - História da Cidade, do Território e do Urbanismo. Este primeiro momento de pesquisa foi primordialmente de levantamento e sistematização de dados acerca do tema, para dar base aos estudos futuros e possibilitar uma reflexão mais profunda sobre o que foi

acumulado. Tendo como recorte temporal os anos de 1936 a 1940 e como recorte espacial a cidade de Natal-RN, este período se encontra na intersecção de diversos fatos marcantes na história da cidade, como a ação do escritório Saturnino de Brito para implementar o Plano Geral de Obras, financiadas pelo governo estadual do interventor federal Rafael Fernandes Gurjão, tendo assim a cidade passado por incontáveis obras realizadas em prol do embelezamento e saneamento da cidade. Os estudos realizados até o presente momento por pesquisadores sempre mantiveram o enfoque nesta gestão estadual, que inegavelmente foi de suma importância para a cidade. Entretanto, percebe-se que o ciclo de gestões municipais pouco foram objetos de estudo de pesquisas anteriores, ainda que tenham tido grande relevância, principalmente a partir da administração de Omar O'Grady, entre 1924-1930, que organizou secretarias, departamentos, cronogramas de obras públicas, índices de modernização, em prol de autonomia executiva e financeira, ainda que inicialmente limitada (DANTAS, 2003). Posto isso, viu-se a necessidade de estudar a influência das gestões municipais nas metamorfoses urbanas de Natal. Assim, esta pesquisa, por meio de periódicos e bibliografias, propõe-se a compulsar, sistematizar e identificar os diferentes discursos e estratégias no papel de cada instituição da gestão urbana, trazendo o enfoque, principalmente, para aquilo que pouco foi estudado anteriormente, que são as gestões municipais. Desta maneira, aplicando isso no recorte temporal, teremos como ponto de vista as obras que estavam na coordenação da administração municipal do governo do engenheiro Gentil Ferreira, prefeito da cidade de Natal entre 1935 e 1940. Destarte, concentraremos no papel desta administração, trazendo-a em uma perspectiva de história cultural urbana, buscando interligar a política da época com a estruturação de propostas, planos e as efetivas intervenções na paisagem e formas urbanas.

Metodologia

Como já mencionado, nesta fase da pesquisa, nos atemos principalmente em procurar e sistematizar dados obtidos no período de 1936 a 1940, dando fundamento para que numa fase seguinte, seja possível cruzar as informações e, assim, compreender melhor as transformações urbanas provocadas pelo governo municipal do período de estudo. Inicialmente, começou-se a pesquisa por montar uma base de leitura. Assim, escolheu-se alguns meios de pesquisa digitais e foram colocadas palavras-chaves que se relacionassem ao tema e a época, para que pudéssemos filtrar as produções já feitas anteriormente e que nos pudesse ajudar a fazer esta revisão bibliográfica sobre o contexto político e econômico dos anos 1930, procurando com ênfase o papel do municipalismo. Contudo, devido aos poucos estudos neste tema da gestão municipal no recorte adotado, o que foi o incentivo do presente trabalho, pouco fértil foi esta busca. Partindo para a pesquisa das obras bibliográficas indicadas pelo professor orientador George Dantas, a consulta iniciou-se pelo livro História da Cidade do Natal de Luís da Câmara Cascudo, de 1947, disponível no grupo de pesquisa HCURB. Este é organizado em capítulos com temas específicos, como "Transporte Urbano" ou "Assistência", em que são colocados fatos organizados por data. Ainda, ao final do livro, foram organizados alguns fatos principais por data. Outro consultado, também disponível no grupo HCURB, foi o intitulado "Nova História de Natal" de Itamar de Souza, do ano de ?????. Já este é estruturado de uma maneira diferente, sendo todo separado por anos e os fatos mais marcantes ocorridos naquele ano e uma breve descrição de cada fato mencionado. Os dados obtidos foram colocados em um arquivo de Word organizado por ano, colocando um pequeno resumo do descrito no livro. Em paralelo a pesquisa, o grupo HCURB, com o incentivo do Prof. George Dantas, orientador deste trabalho, realizou seminários de leitura, trazendo textos para apresentação e discussão em grupo. Mesmo não sendo textos relacionados diretamente aos temas de pesquisas, estes

seminários foram muito úteis para a formação dos pesquisadores de iniciação científica, tendo em vista que os textos escolhidos as discussões sempre foram muito ricas, influenciando, mesmo que indiretamente, na nossa postura como pesquisadores. Numa segunda fase da pesquisa, começou-se um levantamento sistemático das questões urbanas através de periódicos de Natal, sendo principalmente *A República* e *A Ordem*. Entretanto, percebe-se uma defasagem nos materiais desta época, sendo escassos o que ainda resta. Assim sendo, preferiu-se utilizar materiais já obtidos anteriormente por outra pesquisadora do grupo HCURB, que estão sistematizados em fichas catalográficas separadas por anos, contendo de 15 a 20 fichas por ano. Para melhor observar os fatos, foi sistematizado em uma tabela do excel dividida em ANO – ASSUNTO – NÚMERO DO JORNAL – PÁGINA DO JORNAL – DATA DE PUBLICAÇÃO – PÁGINA NO CADERNO DE FICHAS – RESUMO DO CONTEÚDO. Desta maneira, isso nos trouxe um panorama amplo dos fatos e como estes eram percebidos e levados ao público por meio periódico, para assim podemos acompanhar e analisar os debates e ações cotidianas, objetivando superar a lacuna bibliográfica sobre o tema. Por fim, a fim de sistematizar os dados obtidos, organizou-se todos estes em uma planilha do excel, contendo os campos ANO – DATA – ACONTECIMENTO. Assim, facilitou-se o trabalho de realizar uma síntese das informações, possibilitando uma análise destas primária até o presente momento.

Resultados e Discussões

Como resultado, acreditamos que atingimos parcialmente aos objetivos propostos no plano de trabalho. Ao encontrarmos os materiais disponíveis que descrevem e analisam a história urbana de Natal, temos uma grande lacuna bibliográfica no período e área de estudo quanto à gestão municipal e suas contribuições, encontrando poucos dados relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Desta maneira, a pesquisa não atingiu 100% dos objetivos, já que houve esses empecilhos e a falta de tempo nesta etapa para realizar uma pesquisa de campo nos arquivos físicos. Mesmo assim, como já dito na apresentação da metodologia, foi possível realizar um levantamento nos fichamentos já feitos por outra pesquisadora sobre os periódicos “*A República*” e “*A Ordem*”, grandes meios de comunicação da época, e sistematizá-los em tabelas para assim facilitar a compreensão e análise. Assim, por intermédio destes, podemos identificar os diferentes discursos e estratégias narrativas envolvidas na relação entre o papel dos meios de comunicação como formadora de opinião do público a despeito da prefeitura, do governo estadual e do Escritório Saturnino de Brito na gestão urbana da cidade do Natal.

3.1 PERIÓDICO “A ORDEM” O periódico “*A Ordem*”, veiculado entre os anos 1921 a 1990, divulgava as ideias de um grupo católico tal qual se constituiu um núcleo organizador da sociedade civil, produzindo uma ideologia política própria (VELLOSO, 1978). De tal maneira, esta ideologia tem como plano de fundo o momento histórico vivido, tornando assim uma valiosa fonte de informações para análise acerca do que se ocorria. Reconhecendo a importância quanto a expressiva participação do grupo católico na política, é imprescindível que nos debrucemos sobre as fichas obtidas sobre o periódico. Entretanto, quantitativamente, há poucas fichas relevantes, resultando em apenas quarenta fichas. Iniciando pelo ano de 1936, a primeira informação encontrada se dá sobre a inauguração do primeiro coletor de esgotos da capital, na rua Juvino Barreto, percebendo assim o início das transformações urbanas provocadas pelas obras do Escritório Saturnino de Brito. Neste mesmo ano, o jornal também trouxe reclamações da população acerca do calçamento da Avenida Rio Branco, pois haviam buracos que estavam ameaçando os automobilistas, a ampliação do cemitério do Alecrim e a inauguração do novo edifício dos correios e telégrafos. Além disso, uma matéria bastante marcante foi a que trouxe como assunto a política territorial urbana da cidade

de Natal, colocando a descrição e exaltação da cidade como enfoque, enaltecendo principalmente sua vegetação e paisagem (A Ordem, n. 189, 12 mar. 1936, p.01) Passando para o ano de 1937, no mês de fevereiro, uma seca está causando uma falta no abastecimento de água para a população natalense e o periódico cede espaço para a fala de justificativa da prefeitura sobre o problema, colocando, assim, o jornal como um importante veículo de informações oficiais quanto aos pronunciamentos da gestão municipal. Neste mesmo ano, podemos observar a inauguração de diversas obras não relativas ao poder público, como o Colégio Nossa Senhora das Neves e o Colégio Santo Antônio (atual Colégio Marista). Inicia-se também pequenos melhoramentos no Porto de Natal, que, como veremos mais a frente, será ampliado, demonstrando assim que esta necessidade e processo de ampliação foi se dando aos poucos. Outro ponto percebido foi a ampliação e melhoramentos das linhas do bonde conforme o trecho citado abaixo: “A Companhia força e luz já encomendou trilhos para duplicar a linha do Alecrim, do Baldo em diante e rua João Pessoa, para bondes Tirol e Petrópolis vão até a Ribeira.” A Ordem, n. 486, 28 mar. 1937, p.01 Isso nos faz notar a necessidade crescente do transporte interbairros residenciais e comerciais/de serviços, começando a configurar a situação socioespacial da Natal atual, onde tem-se bairros como Alecrim e Ribeira grandes centros comerciais enquanto Tirol e Petrópolis ainda são predominantemente residenciais. Em 1938, notamos notícias com cunho de exaltação do prefeito e ao governo municipal. Ao analisarmos o discurso, partindo do título temos “GRANDE melhoramento na Rua 21 de março”, já impondo a ênfase da grandiosidade da ação. Em seguida, a matéria deixa claro em sua primeira frase que “[...]à mando de Gentil Ferreira[...]” (A Ordem, n. 716, 15 jan. 1938, p.01), foram feitos calçamentos e aterramento de buracos. Com isso, a ideologia do jornal que, para nós, ainda não era clara, começa a se configurar. Entretanto, o periódico continua sua postura de meio de comunicação, servindo não só para trazer ao público notícias das ações e pronunciamentos municipais, mas também para realizar o “caminho inverso”, ao veicular reivindicações populares acerca dos problemas da cidade com vistas à prefeitura. Nos fichamentos de 1939, mais uma vez encontramos pistas da enaltecer da gestão municipal, sempre deixando claro sua participação na realização e inauguração de obras, tal qual um marketing, como podemos observar na matéria que se refere a inauguração dos campos de basquete e vôlei da praça Pedro Velho em que temos “mais uma realização do prefeito Gentil Ferreira” (A Ordem, n. 993, 1 jan. 1939, p.01). Entretanto, não podemos deixar de notar que isto também ocorre com as obras do saneamento de Natal, realizadas pelo escritório Saturnino de Britto. Foram encontradas diversas matérias sobre o tema, descrevendo a obra, explicando sua necessidade e contribuição para o embelezamento da cidade. Por fim, em 1940, observamos que diversas gestões estavam mandando recursos para a cidade de Natal, ao iniciarmos com a notícia de que a construção da Maternidade Januário Cicco foi concluída e que esta foi custeada pelo governo da República, com o presidente Getúlio Vargas no poder (A Ordem, n. 1296, 18 jan. 1940, p.01). Temos assim então um acelerado processo de transformações urbanas na cidade, já que existem vários níveis de gestão (municipal, estadual e federal) investindo em uma Natal mais bela para os padrões desejados, seja através do custeamento de novos calçamentos ou praças - como muito fez a gestão municipal -, de novos prédios públicos ou de sistema de saneamento moderno que reestruturou a cidade, ajudando na configuração morfológica de como o meio urbano é atualmente.

3.2 PERIÓDICO “A REPÚBLICA”

Nos debruçamos, também, pelos materiais disponíveis sobre o periódico A República, que quantitativamente eram bem mais expressivos em relação a A Ordem. Este periódico foi fundado em 1889, por um ex-governador do estado do Rio Grande do Norte, Pedro Velho. Atualmente, o veículo é utilizado exclusivamente como informativo do Diário Oficial do estado. Entretanto, em tempos passados, tal qual nosso recorte de estudos, o jornal era uma das principais fontes de irradiação de notícias sobre o estado, e não poderíamos deixar de esmiuçá-

o material obtido se quiséssemos entender a influência do gestor municipal nas transformações urbanas. A primeira ficha do recorte é de 01 de janeiro de 1936 já inicia apresentando o que podemos esperar encontrar no restante do material: uma exaltação dos gestores. A notícia, com o título de “Exemplo a ser imitado”, descreve a cidade de Natal, dizendo o quanto ela desperta a atenção dos turistas e sobre como “Gentil Ferreira tem procurado dotar nossas ruas de um aspecto condizente com os foros de cidade progressista e civilizada que possuímos” (A República, n. 1492, 01 jan. 1936, p.13) Outra recorrência parecida com esta foi uma dada no mesmo mês, no dia 25, quando temos uma matéria que trata de medidas úteis tomadas pelo prefeito quanto às estradas de rodagem que interligavam Petrópolis a Areia Preta, cujo estado de danificação acarretava em sérias dificuldades ao transporte. Ao tomar medidas quanto a isso, o prefeito é enaltecido como um “profundo conhecedor dos problemas da cidade” (A República, n. 1511, 25 jan. 1936, p.2) Estes casos nos mostram a ideologia partidária do periódico, que já era clara tendo em vista que este pertence ao Departamento Estadual de Imprensa, colocando o veículo como um tendencioso formador de opinião do público. Todavia, é óbvio que isso não nos é empecilho para analisar a importância do governo municipal nas metamorfoses urbanas, apenas exigindo um olhar mais cuidado e crítico. Dando continuidade, percebemos que as obras sobre o saneamento da cidade tomam conta das páginas dos jornais. Estas obras sempre são referidas com elogio, como pode ser exemplificado abaixo: “[...] depoimento de Gouveia de Moura, responsável técnico que dirigiria as obras de saneamento no momento, recobrem as ações do governador Raphael Fernandes de elogio e colocam natal como progressista, “grande plano de higienização urbana”. A República, n. 1540, 01 mar. 1936, p.01. Entretanto, mesmo com a importância e reconhecimento que tem a gestão do governo estadual de Raphael Fernandes, em paralelo, a prefeitura municipal também está investindo na cidade. É o que podemos perceber quando aos melhoramentos efetuados pelo prefeito Gentil Ferreira, com os trabalhos sobre o calçamento e alinhamento das fileiras de casas na Avenida Rio Branco. Desta maneira, de acordo com o periódico, “[...] O prefeito convence assim aos natalenses que o seu governo está voltado também à solução dos problemas de urbanismo, como base de progresso e princípio de civilização” (A República, n. 1642, 10 jul. 1936, p.02) Em suma, preferiu-se não prosseguir com a listagem dos fatos a partir de cada ano, conforme feito com o jornal A Ordem, devido a extensa quantidade de informações, o que tornaria o trabalho monótono. De todo modo, na sistematização e análise dos dados, podemos perceber que a gestão municipal atuava em uma escala menor nas transformações urbanas quando as compararmos com os feitos do governo estadual ou federal. Todavia, é inegável a suma importância que teve a gestão do engenheiro Gentil Ferreira, que por muitas vezes teve sua administração descrita como “honesta e fecunda”, tendo em vista que este atuava com rigor para resolver os problemas urbanos que afligiam diretamente a população natalense, tal qual as ruas esburacadas ou a necessidade de construção de novos calçamentos. Ao mesmo tempo em que contribuiu para o avanço e expansão da cidade, como mostra os investimentos em novos prédios públicos, estradas de rodagem, a construção de praças como a importante praça Pedro Velho, a ampliação do cemitério do Alecrim e até mesmo a construção do Mercado Público de Natal.

Conclusão

Com o projeto de pesquisa em curso, as conclusões que podem ser tiradas até agora são de caráter preliminar. Mesmo com o projeto em seu primeiro ano e com a dificuldade de acesso aos materiais de consulta, acreditamos termos sido bem-sucedidos quanto a proposta inicial de sistematização e uma avaliação primária dos dados. Percebemos que o enfoque nas obras de saneamento realizadas durante os anos 30, fez com que

fosse abandonada as realizações das gestões municipais, ainda que estas tenham tido grande impacto no crescimento e melhoramento de Natal. Outra percepção foi quanto ao discurso dos meios de comunicação, que não omitiam sua imparcialidade ideológica, sempre engrandecendo os gestores e suas ações. Deixando como futuro apontamento, acreditamos ser necessária a continuação da procura e coleta de dados sobre o período, porém, mais do que isso, é necessária a valorização de todas os níveis de gestões urbanas quando se for estudar as transformações urbanas, sem que haja o detimento de uma perante a outra, como acontece com a gestão municipal. Ao estudarmos as metamorfoses urbanas com o enfoque na gestão municipal de Gentil Ferreira, percebemos uma colaboração mútua entre o governo municipal e o governo estadual, quando ambos estavam focados no embelezamento e melhoramento da capital do estado, atuando cada um em uma determinada escala. Destarte, a prefeitura, mesmo que agindo numa escala menor, foi de suma importância para que pudessem ocorrer as grandes obras de saneamento, merecendo maior destaque em sua participação.

Referências

- ANDRADE, Mário de. Cartas de Mário de Andrade a Luis da Câmara Cascudo. Belo Horizonte: Itatiaia, 2000. (Obras de Mário de Andrade, vol. 24) CALABI, Donatella. Storia dell'urbanistica europea. Torino: Paravia Scriptorium, 2000. CAMPOS, Cândido M. Os rumos da cidade: urbanismo e modernização em São Paulo. São Paulo: Ed. SENAC São Paulo, 2002. CASCUDO, Luis da Câmara. (1968) O tempo e Eu: confidências e proposições. Natal: Edufrn, 1998. _____. (1947) História da Cidade do Natal. 3 ed. Natal: IHGRN, 1999. _____. (1926) Cidade do Natal. Natal: Sebo Vermelho, 1999. CHOAY, Françoise. (1980) A Regra e o Modelo. São Paulo: Perspectiva, 1985. _____. (1965) O Urbanismo: utopias e realidades. uma antologia. 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 1998. COLLINS, George R. e COLLINS, Christiane C. (1965) Camillo Sitte y el nacimiento del urbanismo moderno. In SITTE, C. Construcción de ciudades segun principios artísticos. Barcelona: Gustavo Gili, 1980. COSTA, Madsleine L. da. Natal, quando a Modernidade vinha de Bonde. O bonde e seu papel dentro do crescimento físico de Natal. Natal: UFRN, 1998. (Monografia, Graduação em Arquitetura e Urbanismo) DANTAS, George A. F. Linhas convulsas e tortuosas retificações: transformações urbanas em Natal nos anos 1920. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – São Carlos, EESC-USP, 2003(a). DANTAS, Ana Caroline de Carvalho Lopes. Sanitarismo e planejamento urbano: a trajetória das propostas urbanísticas para Natal entre 1935 e 1969. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – UFRN, Natal, 2003. FERREIRA, Angela L. A. De la producción del espacio urbano a la creación de territorios en la ciudad: un estudio sobre la constitución de lo urbano en Natal, Brasil. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1996 (tese, doutorado em Geografia Humana) FERREIRA, Angela L. A., EDUARDO, Anna R. B., DANTAS, Ana C. C. L., DANTAS, George A. F. Uma cidade sã e bela: a trajetória do saneamento em Natal. 1850-1969. Natal: CAERN, 2003. (aguarda publicação) HALL, Peter. Cidades do amanhã. trad. P. Carvalho. São Paulo: Perspectiva, 1995. MELOSI, Martin V. The Sanitary City: urban infrastructure in America from colonial times to the present. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2000. MIRANDA, João M. F. de. Evolução urbana de Natal em 400 anos, 1599-1999. Natal: Prefeitura Municipal de Natal, Governo do RN, 1999. _____. 380 anos de história foto-gráfica de Natal, 1599-1979. Natal, UFRN: Universitária, 1981. MORRIS, A. E. J. (1979) Historia de la forma urbana: desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial. trad. R. Bernet. 6 ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. MUMFORD, Lewis. (1961) A cidade na História: suas origens, transformações e perspectivas. 4 ed. trad. N. R. Silva. São Paulo: Martins Fontes, 1998. PINHEIRO, Eloisa P. Europa e Bahia: difusão e adaptação de

modelos urbanos (Paris, Rio e Salvador). Salvador: EDUFBA, 2002. REZENDE, Vera. Planejamento urbano e ideologia: quatro planos para a cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1982. RIBEIRO, Luiz C. de Q. e PECHMAN, Robert (orgs.) Cidade, Povo e Nação: gênese do urbanismo moderno. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1996. ROLNIK, Raquel. (1997) A cidade e a Lei: Legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo. 2 ed. São Paulo: Studio Nobel, FAPESP, 1999. SANTOS, Pedro A. de L. Natal século XX: do urbanismo ao planejamento urbano. 1998. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais) – FAUUSP, São Paulo, 1998.

CÓDIGO: HS1259

AUTOR: JULIA ANDREZA DA SILVA DIAS

ORIENTADOR: GEORGE ALEXANDRE FERREIRA DANTAS

TÍTULO: Fontes para história urbana: análise gráfica de planos urbanísticos

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar e reconstruir a cartográfica urbana do bairro da Ribeira durante o período de 1888 a 1924, através da junção de fatos históricos com bases cartográficas existentes. Durante o recorte temporal estudando, o Brasil passou por alterações no regime governamental o que ocasionou em um processo de alterações nas legislações existentes e modificações urbanas, a fim de garantir uma nova apariência para a cidade. Dentre as reformas mais importantes do período, podemos destacar as reformas no Porto da cidade.

Palavras-chave: RIBEIRA; PLANOS URBANÍSTICOS; MODIFICAÇÕES URBANAS;
PORTO DE NATAL;

TITLE: Sources for Urban History: Graphical Analysis of Urban Plans

Abstract

This paper aims to analyze and reconstruct the urban cartography of the Ribeira neighborhood during the period from 1888 to 1924, by joining historical facts with existing cartographic bases. During the time frame studying, Brazil underwent changes in the government regime which led to a process of changes in existing laws and urban modifications, in order to ensure a new appearance for the city. Among the most important renovations of the period, we can highlight the renovations in the city's port.

Keywords: RIBEIRA; URBAN PLANS; URBAN MODIFICATIONS; NATAL PORT;

Introdução

A pesquisa aqui apresentada tem como título “Fontes para a história urbana: subsídios para a cartografia histórica de Natal” e faz parte do desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado de “Ruínas & Escombros da modernidade: arquitetura, reformas e cultura urbana”, que se encontra vinculado ao grupo de pesquisa HCurb – História da Cidade, do Território e do Urbanismo.

Sendo continuidade do plano de trabalho anterior desse projeto de pesquisa, continuará sua investigação no universo de estudo já analisado, com o recorte geográfico localizado em parte do centro histórico da cidade do Natal, especificamente no bairro da Ribeira, tem-se como objetivo continuar a reconstrução e a análise das transformações urbanas que aconteceram durante o período entre 1868 até meados da década de 1920.

Metodologia

A pesquisa em questão, dá continuidade a outro plano de trabalho anteriormente desenvolvido pelo grupo Hcurb – História da cidade, do Território e do Urbanismo. Bem como o plano de trabalho anterior, este se utiliza de três eixos norteadores, para o desenvolvimento da pesquisa, sendo eles: a revisão bibliográfica, o levantamento de dados em fontes primárias e secundárias; e a análise e reconstrução gráfica dos mapas históricos (por meio de ferramentas e softwares de georreferenciamento), para pudéssemos sistematizar os dados obtidos para compreendermos as transformações urbanas que ocorreram no universo de estudo pesquisado.

No primeiro momento, foi recomendada a leitura do livro “Cidade Invisíveis”, de Ítalo Calvino, com o objetivo de contribuir na formação de uma compreensão mais sensível do tema urbano, posto que, a leitura dessa obra provoca no leitor reflexões sobre o urbanismo e a cidade, a partir da forma como as cidades são apresentados no decorrer do texto. Paralelamente a essa leitura, também foi iniciado o apanhado bibliográfico por obras que contam a história da cidade de Natal, indicadas como leituras iniciais pelo professor orientador. Consultou-se duas obras no primeiro momento, sendo elas “História da Cidade do Natal” (CASCUDO, 1999) e “Nova História de Natal” (SOUZA, 2008).

Simultaneamente as leituras individuais, foram realizados seminários de leitura na base do grupo de pesquisa HC Urb, onde discutimos obras como “O Declínio do Homem Público” de Richard Sennett, que apesar de não ter ligação direta com o tema da pesquisa, serviu para a criação de senso crítico e apropriação de novos olhares sobre temas relevantes, no intuito de enriquecer o debate entre os pesquisadores e criar vínculos com outras esferas de estudo.

No segundo momento, ainda em se tratado de leituras, também utilizou-se como fonte de dados algumas dissertações que tinham estudado a cidade de Natal no recorte temporal da pesquisa, e traziam novas informações acerca das obras do porto de natal, das obras ferroviárias e das demais modificações que ocorreram na cidade e especialmente na ribeira, e demais obras que pudesse auxiliar na contextualização histórica. Dentre elas podemos citar as seguintes dissertações: “Dos caminhos de água aos caminhos de ferro: a construção da hegemonia de Natal através das vias de comunicação” (1820-1920) de Wagner do Nascimento Rodrigues, e “A cidade interligada: Legislação urbanística, sistema viário, transportes urbanos e a posse da terra em Natal” (1892-1930). E também os livros: “Natal que eu vi” de Lauro Pinto e “A terra, os homens e os sonhos: a cidade de Natal no início do século XX” com a org. de Raimundo Arrais.

Nesse momento, também foram recolhidos e estudados os mapas disponíveis da cidade, sendo eles: o mapa de 1868 presente no Atlas do Império do Brasil, e o mapa de 1878 desenvolvido pela Estrada de Ferro Central do Rio Grande do Norte.

Para o terceiro momento da pesquisa, os dados coletados foram sistematizados para que pudéssemos compreender numa perspectiva gráfica as transformações ocorridas no bairro da ribeira.

Utilizou-se como base para correção e ajustes os mapas desenvolvidos no plano de trabalho anterior, sobrepondo-os para que pudéssemos ajustar escalas e dimensões dos recortes disponíveis, após esse processo, foram elaborados novos mapas para adotar uma linguagem visual condizente com o que se pretendia apresentar na pesquisa. Utilizando esses mapas bases, foram acrescentadas as informações

relevantes do processo de modificações que ocorreram no bairro da ribeira consoante com o que foi encontrado no levantamento bibliográfico.

Resultados e Discussões

1.1 Província do Rio Grande do Norte

Natal desde a sua fundação, foi considerada Cidade-Capital. O núcleo que originou a cidade foi construído em um ponto alto da região entre o rio Potengi e o Oceano Atlântico (RODRIGUES, 2006). O povoado inicial foi-se desenvolvendo ao longo de três séculos, as principais funções desse núcleo de criação da cidade era de administrar e defender (através de forças militares) as terras conquistadas, posteriormente ao processo de conquista e ocupação dessa região, as atividades econômicas da província foram progredindo, possuindo como principal atividade a produção de cana de açúcar em seu litoral.

Já no século XIX, o porto de Natal estaria sendo utilizado para o escoamento da produção de algodão e cana de açúcar, banhado pelo rio Potengi era considerado um dos melhores portos do litoral, por ter seu ancoradouro profundo e calmo, apesar de não ter as condições morfológicas ideais para ser o melhor porto, seu aspecto geográfico, seria fator decisivo na escolha da permanência de Natal como capital dessa província. Com a atividade portuária, a instalação de armazéns e lojas próximas ao rio, transformaram a ribeira em um bairro comercial.

Durante o período de província, seus presidentes investiram seus esforços em melhorar o sistema de transporte, no que diz respeito aos caminhos percorridos por terra e por mar, a fim de garantir o escoamento da produção local. Em 1878, o bairro baixo e alto da cidade entraram em contenda, por conta de uma proposta de alteração na localização do porto da cidade. Os comerciantes da ribeira se mostraram contrários à mudança enquanto a câmara municipal apoiou a mudança com argumentos válidos, levando em consideração a recente instalação de um comercial na região advindo dos produtores do interior, como também uma morfologia que seria mais favorável para a instalação do porto. Após réplicas e tréplicas de comerciantes da ribeira com a câmara municipal, o Presidente Manuel Januário resolve a questão, seguindo com obras em ambos locais, uma vez que, seriam unidades que receberiam diversos trabalhadores advindos da seca.

As transformações do bairro continuaram a acontecer sendo impulsionadas por duas diferentes forças, sendo elas: as resoluções da câmara municipal de Natal, que por sua vez alteravam a cidade através de leis, visando o melhor aproveitamento e desenvolvimento da região; e a necessidade de se garantir o bom fluxo comercial da produção local, essa segunda força podemos relacionar diretamente com as obras/projetos do Porto de Natal e das linhas ferroviárias.

1.2 Ribeira – alterações urbanísticas através de leis

Uma das resoluções importantes editadas pela Câmara Municipal de Natal data do ano 1888 e traz novos nomes para as ruas do bairro da Ribeira. Segundo Itamar de Souza a lista trazia as seguintes denominações (ver tabela 01).

Um aspecto interessante que podemos observar é que algumas dessas denominações presentes antes de 1888 são de caráter informal, popular, e fazem referência a alguma característica física/visual de onde a rua estaria implantada, podemos perceber facilmente isso com: Rua do comércio, Alto da Colina, Hotel até a casa do Padre Constâncio.

Essas denominações mudaram quase que totalmente, quando se compara com as presentes na resolução de 1902, publicada pela Intendência Municipal de Natal, fixando limites dos quarteirões dentro de cada rua/travessa do bairro. Em parte a mudança de regime governamental no Brasil para o republicano, com a necessidade de novos símbolos, é responsável por isso. (SOUZA, 2008). Isso tem tornado difícil a análise e sobreposição dos logradouros geograficamente.

Também por deliberação do Conselho da Intendência Municipal, em 1892, a região da Ribeira que hoje abriga a Praça Augusto Severo teria ganhado a denominação de Praça da República em homenagem ao novo regime político do Brasil. Contudo, ainda sofria alagamento no período de chuvas fortes. Posteriormente, no ano de 1902 foi criada a até hoje conhecida como Praça Augusto Severo, como tentativa do governador Tavares de Lira de imortalizar seu cunhado que nesse mesmo havia sofrido um acidente de avião que o levou a falência na hora.

O governador contratou o arquiteto italiano, Herculano Ramos para desenvolver o projeto da praça. Teve que ser feito uma grande aterro para acabar com o problema de alagamento dos períodos de chuva, a praça foi calçada com pedras pretas para resistir às intempéries e, recebeu doações da elite local com mudas de árvores para a execução de um jardim, tornando-se um verdadeiro bosque com bancos, árvores frondosas e jardins, sendo inaugurada em 1905 foi a primeira praça pública a ser construída em Natal (SOUZA, 2008), sendo ponto de atração para a cidade como um todo, trazia a sensação de conforto e descanso, também foi palco por mais de duas décadas da banda do Batalhão de Segurança que tocava na praça durante os finais de semana. Diante disso, era fácil encontrar a localização da praça Augusto Severo em materiais cartográficos, tornando-se um ponto focal quando analisados os mapas existentes da região.

1.3 Mudanças no Porto de Natal e a Ribeira

Durante o século XIX o porto de Natal apareceria nos discursos dos presidentes da província norte rio grandense como um dos principais problemas, como citado anteriormente, por conta da morfologia encontrada na entrada do cais com arrecifes e areia trazida das dunas da região. A partir de 1870, o debate sobre a possibilidade de transferência da capital tomou força, uma vez que existiam outras centralidades de mais fácil acesso como: Macaíba, Utinga e São José do Mipibu, todavia, Natal ainda ganhava por sua localização geográfica, com isso foram realizadas obras na área portuárias a fim de melhorar a navegabilidade local.

No período entre 1860 e 1870, diversos cais foram construídos, como o cais da Alfândega e o cais 10 de junho, porém sem organização das suas atividades, visto que, ainda se tinha a ideia do período colonial onde o porto apenas servia para entrada e saída de mercadorias, o que para o geógrafo James Bird poderia ser denominado de “porto-primitivo”.

Já no período republicano a Intendência Municipal de Natal começa a legislar sobre a área portuária, definindo quais as atividades atribuídas para os portos da cidade. Em 1905 o cais 10 de junho, torna-se cais principal da cidade sendo utilizado exclusivamente para embarque e desembarque de passageiros, recebendo o nome do governador, Augusto Tavares de Lyra.

O cais Tavares de Lyra se converteria também em um espaço de sociabilidade, para tanto a elite local almejava uma reforma na malha urbana do entorno para que o cais pudesse se tornar uma verdadeira “sala de espera” da capital, a fim de alcançar o status de cidade moderna e civilizada como os grandes centros urbanos mundiais (Paris, Londres, Nova York...), essa necessidade também se dava pela troca do regime de governo, a cidade agora republicana, precisaria demonstrar em seu espaço urbano essa mudança. As modificações do cais, tinham o intuito tornar possível a integração à malha urbana de seu entorno a fim de conduzir a formação do imaginário urbano da população, como exemplo dessas modificações, temos a delimitação do que seria terra e mar próximo ao rio, com a implantação de uma grade, para que fosse favorecida a contemplação pelos transeuntes, fazendo com que se passasse mais tempo no seu entorno gerando um local de verdadeiro encontro e marco da cidade para quem o visitava.

Conclusão

Ao final desse segundo ciclo do projeto de pesquisa, podemos concluir que foi possível atender em partes os objetivos propostos para esse plano de trabalho, foram coletados e sistematizados dados textuais e cartográficos acerca das modificações urbanas que ocorreram durante o recorte temporal estudado, auxiliando a compreensão da evolução urbana no bairro da Ribeira.

Foi possível notar que as alterações do tecido urbano estavam fortemente relacionadas com as ações políticas governamentais e os desejos das classes dominantes, sempre aliados a necessidade de tornar a cidade do Natal mais rentável economicamente e bem vista aos olhos do mercado nacional e internacional.

Outro aspecto importante de ser mencionado, diz respeito a percepção da sociedade referente aos ideais de modernização e civilidade presentes na Europa, buscava-se com grande esforço empregar essa realidade a cidade de Natal, utilizando o espaço urbano como impulsionador desses ideais, trazendo até os habitantes necessidades e utilidades anteriormente não imaginadas, construindo espaços de sociabilidade e contemplação, tornando belo e bem visto aos olhos de quem transitava pelos locais.

As contribuições sobre o tema estudado estão perto do fim, algumas dificuldades encontradas com relação a integração dos elementos textuais e cartográfico podem ser minimizados futuramente, com um aprofundamento sobre obras específicas desse período e auxílio de bases cartográficas que não puderam ser disponibilizadas nesse momento. Tendo em vista as fontes cartográficas presentes dos levantamentos feitos para o projeto da Estrada de Ferro Central do Rio Grande do Norte.

Recomenda-se a continuação desse trabalho para um melhor aproveitamento dos materiais coletados até o momento, com o objetivo de se fazer possível uma leitura comentada através da cartográfica que pouco fora explorada no momento em que

aconteceram as transformações no bairro da Ribeira. O processo de reconstrução é difícil, por conta da imprecisão da base cartográfica existente, porém com um certo esforço é possível contribuir de forma significativa no que diz respeito ao repertório efetivo do referido tema.

Referências

- SOUSA, Itamar. Nova História de Natal. 2^a. ed. rev. e atual. Natal/RN: Departamento Estadual de Impresa, 2008. 768 p.
- CASCUDO, Luís da Câmara. História da Cidade do Natal. 3. Ed. Natal: Ed. IHG/RN. 1999.
- ARRAIS, Raimundo (org.). A terra, os homens e os sonhos: A cidade de Natal no início do Século XX. 1^a. ed. Natal/RN: Sebo Vermelho, 2017. 225 p.
- SENNETT, Richard. O declínio do homem público: Tiranias da intimidade. Tradução: Lygia Araújo Watanabe. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.
- CALVINO, Italo. As cidades invisíveis. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.
- SOUSA, Alberto; VIDAL, Wylnna. Sete plantas da capital paraibana 1858-1940. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2010.
- DANTAS, George A. F. Linhas convulsas e tortuosas retificações: transformações urbanas em Natal nos anos 1920. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - EESC-USP, São Carlos, 2003.
- ALMEIDA, Cândido M. Atlas do Império do Brazil: compreendendo as respectivas divisões, administrativas, ecclesiasticas, eleitorais e judiciarias. Rio de Janeiro: Lithografia do Instituto Philomathico, 1868. 1 atlas.
- RODRIGUES, Wagner do N. Dos caminhos de Água aos caminhos de Ferro: A construção da hemenonia de Natal através das vias de comunicação (1820-1920). Orientador: Rubenilson Brazão Teixeira. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - UFRN, Natal/RN, 2006.

CÓDIGO: HS1278

AUTOR: RENATA FREIRE COSTA

ORIENTADOR: ALDOMAR PEDRINI

TÍTULO: Integração de programas de computação de projeto arquitetônico a programas de simulação de desempenho térmico, energético e luminoso por meio do Grasshopper
Resumo

O uso de ferramentas paramétricas na construção de modelos geométricos auxilia no processo de concepção do projeto arquitetônico, dando ao projetista possibilidades de modelagem dos elementos projetuais que irão compor o produto final. A parametrização também é útil na análise e avaliação de projetos já executados. Estas ferramentas permitem a simulação de desempenho térmico, energético e luminoso.

As pesquisas em curso LabCon (UFRN) utilizou a plataforma computacional Rhinoceros, junto ao seu plug-in Grasshopper, para estudos referentes ao conforto luminoso. Dessa maneira, foram realizadas as simulações de desempenho luminoso e ofuscamento, além da sistematização de parte das simulações.

Com o estudo e pesquisa feitos, foi possível desenvolver procedimentos de estudo e análise de luz natural, contribuindo e atualizando os procedimentos das pesquisas em andamento dentro do laboratório. Desta forma, deu-se o suporte necessário para a realização destas.

Palavras-chave: Eficiência energética, conforto ambiental, conforto luminoso.

TITLE: Integration of architectural design computing programs with thermal, energy and light performance simulation programs through Grasshopper

Abstract

Parametric tools are utilized in the construction of geometric models for the conception process of the architectural project, giving the designer many ways to modeling the elements that will compose the final product. Parameterization is also useful in analyzing and evaluating projects which are already built. These tools allow the simulation of thermal, energetic and luminous performance.

The current researches at LabCon (UFRN) used the Rhinoceros, with the Grasshopper plug-in, for studies about luminous comfort. The simulations of light performance and glare were performed, as well as the systematization of part of the simulations.

With the study and research done, it was possible to develop procedures for study and analysis of natural light, contributing and updating the procedures of the current researches inside the laboratory. Therefore, the necessary support was given for their accomplishment.

Keywords: Energy efficiency, environmental comfort, luminous comfort.

Introdução

O uso de ferramentas paramétricas na construção de modelos geométricos auxilia no processo de concepção do projeto arquitetônico, dando ao projetista possibilidades de modelagem dos elementos projetuais que irão compor o produto final.

Além da concepção de projetos, as ferramentas de parametrização também são úteis na análise e avaliação de projetos já executados. Estas ferramentas, aliadas a recursos que permitem a simulação de desempenho térmico, energético e luminoso, dão a possibilidade da análise da eficiência energética de uma edificação, podendo quantificar o desempenho ou utilizar os modelos como suporte para o desenvolvimento de diretrizes, selos e etiquetas. Isto contribui para uma melhoria global da eficiência energética – em concordância com objetivo 7 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas.

Nesse sentido, a plataforma de modelagem do Rhinoceros (MCNEEL, 2014), junto com o Grasshopper (RUTTEN, 2012) e os plug-ins DIVA (SOLEMMA, 2019), HoneyBee (ROUDSARI, 2018) e LadyBug (ROUDSARI, 2019) – de análise luminosa e energética, sendo necessário para estes últimos o arquivo climático – se mostrou de grande valia no auxílio do desenvolvimento das pesquisas sobre luz natural dentro do LabCon/UFRN, a exemplo da tese de doutorado intitulada “A influência do ofuscamento no uso da luz natural”. Esta tese trata da ocorrência do ofuscamento como maior obstáculo para o uso da luz natural em ambientes de escritórios em Natal/RN.

Metodologia

As pesquisas em curso no laboratório que mais utilizaram os softwares acima mencionados foram as referentes ao conforto luminoso. Dessa maneira, foram realizadas as simulações de desempenho luminoso e ofuscamento no Diva, além da sistematização de parte das simulações.

As abordagens realizadas foram:

1. Identificação das operações mais recorrentes entre os programas computacionais propostos, por meio do estudo, observação e análise de métodos empregados em pesquisas anteriores, consulta à fóruns, possibilitando a reunião de procedimentos para as teses em andamento.
2. Identificação dos potenciais e das limitações das operações entre os programas propostos (Rhinoceros 3D e Grasshopper), além de seus respectivos plug-ins, por meio de simulações nos softwares e revisão bibliográfica de textos científicos de integração entre a plataforma e os mecanismos de simulação.
3. Domínio de operação dos softwares por meio de cursos online e manuais disponibilizados pelos desenvolvedores dos mecanismos de simulação, disponíveis no youtube.com.
4. Aplicação dos procedimentos com atendimento individual por pesquisador, servindo como apoio técnico para as operações.

Resultados e Discussões

Como o estado da arte das pesquisas em andamento no LabCon/UFRN se tratava principalmente de estudos sobre luz natural e ofuscamento, deu-se continuidade aos estudos dos plug-ins mencionados – iniciados em plano de trabalho anterior – a fim de se sistematizar os procedimentos necessários.

As principais operações realizadas foram

1) Implementação do algoritmo de análise de iluminação e ofuscamento: o algoritmo de parametrização do modelo foi implementado com novos componentes à medida que se ia estudando os plug-ins DIVA, HoneyBee e LadyBug. Foram adicionados os recursos de simulação anual de luminâncias mínimas e máximas, cálculo estático de índices de ofuscamento, máscara de sombra e registro dos dados em planilhas do Excel. Estes novos componentes serviram para a execução das operações seguintes.

2) Análise de imagens HDR para identificação de ofuscamento: em campo, foi realizada a coleta de imagens – por meio de fotografias em diferentes exposições – e dados para avaliação de campo – com equipamentos de medição de conforto luminoso – para análise em etapa posterior. Posteriormente, foi aplicado o cálculo dos índices de ofuscamento estudados na literatura (REINHART, MARDALJEVIC, ROGERS, 2006; JAKUBIEC, REINHART, 2012) e análise de contraste no campo visual do usuário.

3) Simulações de conforto luminoso: com base no modelo acima citado, foram feitas simulações anuais de ofuscamento, incluindo análise de contraste no cenário, probabilidade de ofuscamento anual, além de simulações de distribuição luminosa no cenário.

Com o estudo e pesquisa feitos para possibilitar a execução das operações citadas, foi possível contribuir e atualizar os procedimentos das pesquisas em andamento dentro do laboratório, dando assim o suporte necessário para a realização destas.

Conclusão

O aprofundamento nos estudos do plugin DIVA for Rhino permitiu que se calculasse os índices de ofuscamento; entretanto, após sucessivos testes, descobriu-se que os índices vistos na literatura – e utilizados pelo plugin – não foram adequados para a pesquisa em andamento pelo fato de não corresponder à opinião dos usuários. Ademais, não foi possível adaptar os índices à realidade local por não haver dados estatísticos suficientes.

Todavia, o estudo deste mesmo plugin contribuiu para a identificação de um procedimento de análise de ofuscamento, que está sendo utilizado pelas pesquisas correntes. A sistematização deste procedimento está sendo descrita em um artigo científico.

Embora tenham sido realizadas parte das simulações sistematizadas, encontrou-se dificuldades quanto à configuração das condições climáticas nos componentes do plugin Diva for Rhino. Contudo, é importante frisar que a plataforma Grasshopper conta com outros diversos plug-ins de simulação não só luminosa, mas térmica, energética, ventilação natural, entre outros. Há, ainda, que se estudar estas possibilidades para analisar a viabilidade da aplicação destes plug-ins dentro do LabCon/UFRN. Dessa maneira, constata-se que é necessário dar prosseguimento ao projeto de pesquisa para que se continue os estudos sobre as possibilidades de simulação, bem como a geração das saídas gráficas.

Referências

JAKUBIEC, John Alstan; REINHART, Christoph F. The ‘adaptive zone’ – A concept for assessing discomfort glare throughout daylit spaces. *LIGHTING RESEARCH AND TECHNOLOGY*: 18 p. 2012.

MCNEEL, Robert. Rhinoceros 2014.

OSD7 | ONU Brasil. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>>. Acesso em julho de 2019.

REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *Leukos*, v. 3, 2006.

ROUDSARI, Mostapha Sadeghipour. HoneyBee. 2018.

_____. LadyBug 2019.

RUTTEN, David. Grasshopper 2012.

SOLEMMA. Diva for Rhino 2019.

CÓDIGO: HS1287

AUTOR: FLÁVIA ROMÊNIA CORTEZ DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: GEORGE ALEXANDRE FERREIRA DANTAS

TÍTULO: Ruínas, patrimônio, tradição e paisagem: descrição dos processos de tombamento do IPHAN

Resumo

O tombamento dos bens brasileiros como patrimônio cultural foi instituído por meio do Decreto Lei nº 25 de 1937, que protege os bens móveis e imóveis assim como resguarda os monumentos naturais com valor paisagístico. Em meio a esse acervo que começaria a ser protegido, as ruínas também foram consideradas e inscritas nos Livros do Tombo. Desta maneira, a pesquisa objetiva a descrição dos processos de tombamento de ruínas para compreender os remanescentes e os escombros das demolições como parte dos imaginários da modernidade no Brasil. O relatório aborda dois casos de ruínas da região Nordeste: a Casa da Pólvora, localizada na Paraíba; e a Casa da Torre de Garcia d'Ávila e a Capela de Nossa Senhora da Conceição, situadas na Bahia. Utilizou-se, para isso, fontes primárias (processos de tombamento, catálogos e materiais iconográficos) e secundárias, a partir das quais procedeu-se à sistematização e à descrição dos casos, identificando as principais características do processo de chancela, com destaque para as questões de valoração do patrimônio por meio da tradição histórica e artística e do viés paisagístico. Por fim, compreendeu-se diferentes vertentes dos processos de tombamento e suas especificidades e se vislumbrou trajetórias que auxiliam no processo de continuação deste projeto de pesquisa, sendo elas a análise de documentos periódicos e iconográficos.

Palavras-chave: Patrimônio. Ruínas. Processos de tombamento. Tradição. Paisagem.

TITLE: Ruins, heritage, tradition and landscape: IPHAN listed building processes description

Abstract

The listing of Brazilian property as cultural heritage was instituted by Actn. 25 of 1937, which protects movable and immovable property as well as safeguarding natural monuments with landscape value. Amongst this collection that would begin to be protected, the ruins were also considered and inscribed in the Heritage Asset Book. In this way, the research aims to describe the listed building processes of ruins to understand these remnants and the rubble of demolitions as part of the imaginary of modernity in Brazil. The report addresses two cases of ruins in the Northeast: "Casa da Pólvora", located in Paraíba; and the "Casa da Torre de Garcia d'Ávila e a Capela de Nossa Senhora da Conceição", located in Bahia. For this purpose, primary sources were used (tipping processes, catalogs and iconographic materials) and secondary sources, from which we proceeded to systematize and describe the cases, identifying the main characteristics of the seal process, especially the heritage valuation issues through historical and artistic tradition and landscape bias. Finally, it was understood different aspects of the listed building processes and their specificities and it was glimpsed trajectories that help in the process of continuation of this research project, being the analysis of periodic and iconographic documents.

Keywords: Heritage. Ruins. Listed building processes. Tradition. Landscape.

Introdução

A pesquisa intitulada “Ruínas, patrimônio, tradição e paisagem: descrição dos processos de tombamento do IPHAN” compõe o projeto de pesquisa “Ruínas e Escombros da modernidade: arquitetura, reformas e cultura urbana”, pertencente à linha de estudo “construções historiográficas e representações sobre a arquitetura e a cidade”, vinculada ao Grupo de Pesquisa História da Cidade, do Território e do Urbanismo (HC Urb).

O tombamento dos bens brasileiros como patrimônio cultural foi instituído por meio do Decreto Lei nº 25 de 1937, estabelecendo o Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico (SPHAN), atual IPHAN, quatro Livros do Tombo para a inscrição dos monumentos com o objetivo de salvaguarda. A normativa, além disso, protege os bens de valor paisagístico, sendo elementos fundamentais na apreciação do patrimônio edificado.

Com relação às ruínas, percebe-se que, ainda que em número relativamente pequeno, estiveram no rol das preocupações de salvaguarda desde o início do SPHAN. Nota-se, sobretudo, que “a acepção da ruína está relacionada aos bens mais antigos, uma caracterização que configura o remanescente enquanto um testemunho histórico que fundamenta o ideário de origem e a constituição de uma identidade cultural local”. (RODRIGUES, 2000 apud RODRIGUES, 2017 p. 93).

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é descrever os processos de tombamento de ruínas para compreender os remanescentes e os escombros das demolições como parte dos imaginários da modernidade no Brasil. Para tanto, escolheu-se os seguintes estudos de casos, ambos da região Nordeste, com traços de abordagens distintos em relação à preservação: i) a Casa da Pólvora, situada na capital João Pessoa, estado da Paraíba; e ii) Casa da Torre de Garcia d'Ávila e a Capela de Nossa Senhora da Conceição, localizadas no município de Mata de São João, estado da Bahia.

A linha metodológica do trabalho seguiu por três diferentes matizes que forneceram o suporte à trajetória de pesquisa, sendo elas, respectivamente: o estudo de referências básicas para a formação de um alicerce teórico; o levantamento de informações de fontes primárias (processos de tombamento, catálogos e materiais iconográficos) e secundárias; e a sistematização dos dados com o intento de melhor analisar os processos de tombamento de ruínas.

O desenvolvimento do relatório estrutura-se em duas partes: o processo de tombamento da ruína da Casa da Pólvora com os documentos iconográficos, possuindo um caráter

mais historicista e artístico relacionado às chamadas tradições paraibanas; e o processo das ruínas da Casa da Torre de Garcia d'Ávila e da Capela de Nossa Senhora da Conceição, também de viés historicista com destaque para a preservação dos elementos naturais na formação da ambiência do monumento.

A pesquisa, desse modo, por meio da formação de um acervo documental, propõe-se a aprofundar o estudo sobre as ruínas, principalmente aquelas relacionadas aos eventos de demolição, sendo resquícios da modernização e do progresso urbano, e com viés paisagístico. Além disso, promove a reflexão acerca da fascinação pelos escombros, referente à nostalgia do passado no tempo presente “*en una reacción contra la alienación social y espacial que acompañó los procesos de modernización*” (FARA, 2015, p. 5), e novas leituras sobre as transformações urbanísticas de cidades.

Metodologia

A linha metodológica seguiu por três eixos de atividades com o intento de embasar e auxiliar o desenvolvimento da pesquisa, sendo eles, respectivamente: a formação de um alicerce teórico por meio do estudo de bibliografia base; a busca de informações de fontes primárias e secundárias; e a sistematização desses dados para uma melhor apreensão do caso em estudo: Processos de Tombamentos de Ruínas.

Inicialmente, para adentrar o universo do Grupo de Pesquisa HC Urb, realizaram-se leituras de referências base e seminários temáticos das seguintes obras: “As Cidades Invisíveis”, de Italo Calvino; “As Sete Portas da Cidade”, de Maria Stella Bresciani; “O Declínio do Homem Público”, de Richard Sennett; e “Nebulosas do Pensamento Urbanístico”, de Paola Berenstein Jacques e Margareth da Silva Pereira. O seminário de leitura é, além de um espaço de discussões, um meio instigante para se pensar além do debatido e possibilitar a construção de novas matizes, promovendo, dessa maneira, uma melhor formação dos pesquisadores, em especial, os bolsistas de iniciação científica.

Outras referências essenciais e mais específicas da Linha de Pesquisa “Construções Historiográficas e Representações sobre a Arquitetura e a Cidade”, campo de inserção do Projeto de Pesquisa no qual este trabalho está inserido, foram a dissertação “Escombros e Vestígios: Os Debates sobre os Arrasamentos nas Reformas Urbanas das Cidades Brasileiras (2016)”, de Rebeca Grilo, e a tese “A Form das Representações sobre a Cidade Colonial no Brasil (2009)”, de George Dantas.

O segundo eixo de atividades caracterizou-se pelo levantamento de informações de fontes primárias e secundárias. Em relação aos dados primários, foram utilizadas as seguintes fontes: a Lista dos Bens Tombados e Processos em Andamento (1938-2018),

disponível na seção Bens Tombados do Portal do IPHAN; o Catálogo de Inscrição dos Bens nos Livros do Tombo, consultada no acervo do Arquivo Noronha Santos; os Processos de Tombamento de Ruínas (acesso a 7 processos dos 14 bens tombados da região Nordeste), concedido pelo Arquivo Central do IPHAN-RJ; os documentos iconográficos desses bens patrimoniais, encontrados nos Processos de Tombamento e na Rede de Arquivos do IPHAN; e o Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, que organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional.

Para um conhecimento mais intrínseco a respeito dos bens patrimoniais em ruínas, as fontes secundárias foram as seguintes: a tese “Ruína e Patrimônio Cultural no Brasil (2017)” e o artigo “*Ruin and Architectural Heritage in Brazil: Memory and Oblivion (2018)*”, de Angela Rosch Rodrigues; a tese “A noção de ‘ambiente’ em Gustavo Giovannoni e as Leis de Tutela do Patrimônio Cultural na Itália (2013)”, de Renata Campello Cabral; o artigo “O Antropófago Oswald de Andrade e a Preservação do Patrimônio: Um ‘Devorador’ de Mitos? (2018)”, de Paola Berenstein Jacques e Renata Campello Cabral; o artigo “*La seducción de los Escombros: Imágenes de Ruinas Urbanas de Buenos Aires (1910-1936) (2015)*”, de Catalina Fara; e “*Demolición y Clausura (2005)*”, de Alberto Sato.

O terceiro eixo de atividade foi a elaboração de um banco de dados a partir da sistematização das informações coletadas de fontes primárias e secundárias. Para isso, selecionou-se, dentre a Lista dos Bens Tombados e ou em Processo de Tombamento, aqueles que possuíam a classificação, quanto à forma de proteção, de “ruína”, e com estágio de instrução de “tombado”. Houve, em seguida, a organização desses processos em planilhas de acordo com as regiões brasileiras (Nordeste, Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) (figura 1), escolhendo a região Nordeste (tabela 1) para o detalhamento dos processos em tipologias edilícias (fortificação, religiosa, civil e indústria) (tabela 2) e informações documentais (número de volumes, anexos e páginas, presença de fotografias e mapas, e qualidade gráfica) (tabela 3).

Para uma melhor compreensão dos processos de tombamento de ruínas, tendo em vista a complexidade de informações que envolve cada um deles, foi elaborada uma cronologia contendo a data, o tipo de documento e os principais aspectos. Consegue-se, assim, fazer uma análise e descrição mais fidedigna de cada processo, observando-se diferenças e semelhanças nos escritos para obter, dessa forma, desdobramentos de pesquisa. Além disso, para o trabalho em questão toda a ortografia dos documentos de época foi atualizada.

Resultados e Discussões

Considerações iniciais sobre o tombamento dos bens culturais brasileiros

O tombamento dos bens como patrimônio cultural foi instituído a partir do Decreto Lei n. 25 (1937), que organizou a salvaguarda do patrimônio artístico e histórico brasileiro. De acordo com o art. 1º, esses objetos são constituídos pelo “**conjunto dos bens móveis e imóveis** existentes no país e cuja **conservação seja de interesse público**, quer por sua **vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil**, quer por seu **excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico**”. (BRASIL, 1937, p.1, grifo nosso).

Outros bens sujeitos a tombamento e também de relevante valor patrimonial são “os **monumentos naturais**, bem como os sítios e paisagens que importe **conservar e proteger pela feição notável** com que tenham sido dotados pelo natureza ou agenciados pelo indústria humana”. (BRASIL, 1937, p.1, grifo nosso).

A legislação também explica que o SPHAN irá dispor a inscrição das obras - como meio para instituir a proteção - em quatro Livros do Tombo: Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, Livro do Tombo Histórico, Livro do Tombo das Belas Artes, e Livro do Tombo das Artes Aplicadas.

Em relação aos bens em ruínas, Rodrigues (2017) afirma que ainda é ínfima a valorização desse patrimônio e explica que o tombamento acontece, sobretudo, do ponto de vista histórico a partir de edificações com estilo de arquitetura que remete aos séculos XVI ao XVIII. Para essa autora, “a acepção da ruína está relacionada aos bens mais antigos, uma caracterização que configura o remanescente enquanto um testemunho histórico que fundamenta o ideário de origem e a constituição de uma identidade cultural local”. (RODRIGUES, 2000 apud RODRIGUES, 2017 p. 93).

Outro aspecto necessário de ser mencionado e não menos importante é o uso dos bens em ruínas. De acordo com Marino (2003 apud RODRIGUES, 2017, p. 58), a condição de ruína de uma edificação se caracteriza por “não está mais em grau de absolver a própria função original”, ou, segundo Rodrigues (2017, p. 58), “não poder abrigar uma função utilitária específica.”

Nesse sentido, considerando o estudo em questão, escolheu-se para a descrição e análise dos processos de tombamento as seguintes ruínas: a Casa da Pólvora, situada na cidade de João Pessoa, no estado da Paraíba; e a Casa da Torre de Garcia d'Ávila e Capela de Nossa Senhora da Conceição, localizadas no município de Mata de São João, no estado da Bahia. Neste último caso de ruína, devido à extensão do processo, realizou-se a descrição e análise até o anexo I, preservando, dessa forma, o objetivo proposto com o estudo desse caso: versar sobre a importância da preservação dos elementos paisagísticos para apreciação dos bens patrimoniais.

Da pólvora as ruínas: o processo de tombamento de um armazém bélico

A Casa da Pólvora (João Pessoa, PB) foi um armazém utilizado para guardar armas, pólvora e balas da capitania (figura 2), segundo a Carta Régia de 9 de janeiro de 1963. O documento do ano de 1710 descreve os materiais utilizados na construção e alguns aspectos de sua arquitetura:

“A Casa da Pólvora é toda construída com blocos de pedras colocados com argamassa de barro e cal, aliás sendo este o material em sua quase totalidade, empregado nas demais construções da época colonial. A coberta é em forma de abóbada: tijolos de alvenaria ligados com cimento. Contém uma única porta que mostra no lado Norte, e um pouco acima, duas frestas próximas uma a outra, provavelmente feitas para o arejamento da munição que era guardada para fins de defesa da capitania”. (IPHAN, 272-T-41, 1941, p. 3).

Em 31 de outubro de 1906, a edificação foi vendida em hasta pública ao engenheiro Antônio Augusto de Figueiredo Carvalho, passando a pertencer, posteriormente, ao herdeiro Nelson Augusto de Figueiredo Carvalho. O proprietário seguinte, Cidrônio Mororó, explicou que adquiriu a edificação por compra legal com o objetivo de explorar o terreno e utilizar para a moradia.

Em 1938, a partir do processo 155-T que instituiu o tombamento de monumentos militares no Brasil, a edificação foi tombada e inscrita nos Livros do Tombo Histórico e das Belas Artes. No ano de 1941, o processo de tombamento foi reaberto, sob o número 272-T-41, diferenciando-se sequencialmente dos outros processos estudados. Segundo Pontes (2010, p. 109), “este tombamento, ocorrido em 1938, aparece entre aqueles que o foram na ‘fase heróica’ do IPHAN, na qual se produziram processos de tombamento em regime de emergência e, por conta disso, sem base em estudos consistentes e mais prolongados”.

Em 1941, houve a impugnação pelo proprietário da inscrição do monumento nos Livros do Tombo, indicando o caráter compulsório do tombamento, em consonância com o decreto-lei nº 25 de 1937 (figura 3). Para a preservação do bem patrimonial, Cidrônio sugeriu a venda ou troca por outro bem de valor equivalente com o órgão. Do contrário, solicitou que o monumento pudesse continuar de sua propriedade, com direito de usufruto das terras onde está localizada a edificação. O diretor do SPHAN, Rodrigo Melo Franco de Andrade, esclareceu que, de acordo com a legislação, o tombamento objetiva garantir a preservação sem que haja perda do bem pelo proprietário.

No ano seguinte, 1942, houve a realização de escavações no terreno pelo proprietário em busca de tesouros, colocando em risco a estabilidade do monumento e podendo, dessa forma, ocasionar sua destruição. De acordo com as fotografias, disponibilizadas pelo ofício 528/42, percebe-se a grande profundidade e a largura do buraco, além da deterioração da edificação junto com a montanha de areia e rochas que se eleva ao piso (figura 4 e 5). No telegrama do mesmo ano, Ademar Vital (Procurador Regional da República no Estado da Paraíba do Norte) solicitou abertura do inquérito para apurar responsabilidades aos danos causados na Casa da Pólvora, recomendando posterior ação indenizatória, feita pela procuradoria.

Veiculou-se, no ano de 1953, nos jornais da época (a União - PB e Jornal do Comércio - PE/RJ), sobre a demolição da Casa da Pólvora pelo proprietário e a necessidade de salvaguarda pelas autoridades, afirmando que o patrimônio pertence, segundo o documento do IPHAN (272-T-41, 1941, p. 24), à “tradição histórica”, “das melhores tradições paraibanas”, e “patrimônio muito caro a nossa história a toda uma história de nossas lutas”.

Perceberam-se informações contraditórias nos jornais sobre a demolição da Casa da Pólvora. O trecho do jornal A União - PB (1953) explicou que “o sr. Iaci de Moura Mororó, co-proprietário e procurador dos terrenos aludidos [...] afirmou que apenas estava tratando de exigir da União a indenização a que têm direito como proprietário dos ditos terrenos” (IPHAN, 272-T-41, 1941, p. 26). O Jornal do Comércio - RJ (1953) apresentou outra versão do acontecimento: “o proprietário dos terrenos pretende demolir a referida casa para construir um edifício residencial aproveitando todas as peças materiais do Monumento.” (IPHAN, 272-T-41, 1941, p. 28).

Notaram-se também incoerências quanto ao proprietário do referido bem, não sabendo ao certo quem é o verdadeiro dono. Trechos de uma notícia do jornal A União - PB, em 19 de agosto de 1953, indicou que a propriedade não pertencia a Cidrônio Mororó: “popular que habita as ruínas” e “que já recebera ordens para desocupar a casa.” (IPHAN, 272-T-41, 1941, p. 24). Em outra passagem do mesmo jornal, em 20 de agosto de 1953, afirmou que o co-proprietário e procurador do terreno é Iaci de Moura Mororó. No processo nº 1148/42, consta que “o citado imóvel, teve baixa da relação [passou ao Sr. Cidrônio Mororó] do Patrimônio da União, no ano de 1941.” (IPHAN, 272-T-41, 1941, p. 30).

Em 1976, por meio do ofício nº 005, declarou-se de utilidade pública o monumento da Casa da Pólvora (figura 6) a partir da publicação dos decretos municipais. Essa definição permite a desapropriação dos imóveis e a demolição de dois casebres e a casa anexa à igreja. Destarte, percebeu-se no processo de tombamento, por meio dos jornais e na declaração de utilidade pública, diversos indícios que houve a sensibilização pela sociedade da relevância da preservação do monumento para a compreensão da identidade cultural paraibana a partir de sua significação histórica e artística. O avanço

posterior da pesquisa sobre a documentação e periódicos de época permitirão entender a extensão do debate e dessa valoração.

Ruínas no entremear da paisagem: o processo de tombamento de um castelo feudal

A Casa da Torre de Garcia d'Ávila e a Capela de Nossa Senhora da Conceição (Mata de São João, BA) é um castelo do baixo medievo português (figura 7), exemplar único no Brasil e na América. Segundo o documento de 5 de julho de 1976, a edificação foi “o centro de onde se irradiou o desbravamento do Nordeste brasileiro e sua consequente incorporação à civilização ocidental e cristã.” (IPHAN, 128-T-38, 1938, p. 3). As ruínas foram tombadas em 1938 e inscritas no Livro do Tombo das Belas Artes no processo do SPHAN de número 128-T-38.

Na Indicação nº 01/75/77, apresentada nas reuniões plenárias do Encontro Nacional de Cultura, em Salvador, no ano de 1976, sugeriu-se a salvaguarda do monumento, garantindo a preservação da ambiência em seu torno (figura 8). De acordo com decreto-lei nº 25 de 1937, são submetidos a tombamento, além do conjunto dos bens móveis e imóveis, “os monumentos naturais, bem como os sítios e paisagens que importe conservar e proteger pela feição notável com que tenham sido dotados pela natureza ou agenciados pelo indústria humana”. (BRASIL, 1937, p. 1).

No documento, consta ainda que a área no entorno das ruínas não foi precisamente demarcada e alerta que projetos mal planejados para objetivos turísticos poderiam gerar danos ao bem patrimonial. Por fim, recomendou-se que o Conselho Federal de Cultura solicitasse do poder público a criação do Parque Histórico Nacional de Garcia d'Ávila, como símbolo de memória dos brasileiros “a extraordinária ação dos sertanistas e bandeirantes.” (IPHAN, 128-T-38, 1938, p. 3).

O “Estudo de delimitação da área proposta para Parque Nacional de Garcia D'Ávila, acompanhado de sugestões para o traçado da estrada BA-099 e acesso ao monumento” (figura 9 e mapa 1), produzido pelo Conselho Estadual de Cultura em 1976, apresentado também nas reuniões plenárias do Encontro Nacional de Cultura, possuiu o objetivo de preservação da área no entorno das ruínas, oferecendo a proposta para a definição do contorno da área com segurança técnica. Houve também sugestões para o desenho da via BA-099, com o cuidado em deixar a estrada afastada da edificação e, assim, assegurar a ponte com implantação apropriada.

Além disso, existiu a proposta de um novo delineamento em parte da via antes de atingir o rio, com o intento “de evitar o comprometimento das lagoas existentes, mananciais que, sob o ponto de vista ecológico e até potencialidades paisagísticas, é de grande interesse preservar, tratando-se de verdadeiras lagoas de compensação hidrostática do lençol freático existente, a condicionaram assoreamento das praias vizinhas.” (IPHAN, 128-T-38, 1938, p. 5).

De acordo com o protocolo do Conselho Estadual de Cultura de 1977, a Câmara do Patrimônio Histórico concordou com a ideia de demarcação do terreno para a formação de um parque nacional com finalidades paisagísticas no circundar do monumento. O relator ainda informa que o IPHAN realizou reformas para a melhoria construtiva da edificação e limpeza da área onde seria o parque, para, em seguida, haver avanços de infraestrutura e de valorização do turismo.

A inserção da noção de ambiência nas legislações do patrimônio cultural deu-se a partir de contribuições, segundo Cabral (2013), do engenheiro italiano Gustavo Giovannoni no período entreguerras. Foi o “agente central à ampliação da tutela no seu país, para além daquela voltada ao “monumento” isolado” (CABRAL, 2013, p. 9).

Percebe-se, por meio do caso da Casa da Torre de Garcia d'Ávila e a Capela de Nossa Senhora da Conceição, o quanto é fundamental a preservação da paisagem para uma melhor contemplação e apreensão do patrimônio edilício. Apesar da lei nº 25 de 1937 abranger a proteção de monumentos naturais, ainda é ínfimo processos de tombamento fazerem referência à salvaguarda da paisagem. Assim, torna-se primordial a discussão desses casos em que há a preocupação com os elementos naturais, de forma a fomentar debates e, assim, surgirem iniciativas de resguardar esses bens patrimoniais.

Conclusão

O plano de trabalho encontra-se em fase de andamento, dessa forma, os resultados são de caráter preliminar com a indicação de desdobramentos de pesquisa. As descrições dos processos possibilitaram compreender diferentes vertentes relacionadas ao tombamento de ruínas, dentre elas, sobre o tombamento de monumentos militares no Brasil por meio do processo 155-T, instituído sem base em estudos bem elaborados. Por esse motivo, na análise dos documentos da Casa da Pólvora, consta a abertura de dois processos, o 155-T-38 e o 272-T-41, sendo o último feito com base em análises mais consistentes.

Pode-se também inferir deste processo que a preservação do monumento esteve relacionada à tradição, sendo defendida por diversos grupos sociais e com repercussão pelos periódicos, ora por seu caráter simbólico, composição da paisagem local, ora pela

sua historicidade, construção do século XVIII e arquitetura militar, ora como elemento cultural e artístico.

Com a descrição do processo da Casa da Torre de Garcia d'Ávila e a Capela de Nossa Senhora da Conceição, percebeu-se como a preservação da paisagem é um fator primordial e necessário para a valoração e apreciação do patrimônio edilício. Além disso, observou-se, por meio da análise dos processos, que poucos são os documentos de chancela que possuem informações sobre a conservação dos monumentos naturais, tornando-se fundamental a discussão desse aspecto no relatório.

Essas descrições vislumbraram ainda a possibilidade de pesquisar em periódicos acerca da repercussão dos processos de tombamento na sociedade, a aceitação ou não da chancela, principais motivos da salvaguarda e acontecimentos como ameaças de demolições, a exemplo da Casa da Pólvora. Pretende-se também realizar, por meio dos periódicos, pesquisa sobre os intelectuais envolvidos nesses casos e, assim, descobrir quais as interferências e contribuições realizadas por meio deles em relação aos tombamentos dos bens.

Outro desdobramento possível é a análise do material iconográfico referente aos casos de tombamento. Intenta-se, por meio de fotografias e mapas, compreender melhor questões de pesquisa, fazer novas leituras dos processos e, consequentemente, descobrir novos fatos ou mesmo colaborar para a formação de uma nova memória social, histórica e urbana. Em relação ao banco de dados, pensou-se em criar a “Cronologia das Ruínas”, com a inserção de uma linha do tempo do processo de tombamento de cada bem patrimonial, inicialmente da região Nordeste, para, assim, auxiliar futuras pesquisas na área.

Referências

ANAIS DO MUSEU PAULISTA: HISTÓRIA E CULTURA MATERIAL, 2018, São Paulo.
O antropófago Oswald de Andrade e a preservação do patrimônio: um "devorador" de mitos? São Paulo: Scielo, 2018. 39 p. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/analism/v26/1982-0267-analism-26-e32.pdf](http://www.scielo.br/pdf/analismp/v26/1982-0267-analism-26-e32.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2019.

BRASIL. Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_no_25_de_30_de_novembro_de_1937.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Processo 272-T-41.** Rio de Janeiro, 1941.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Processo 128-T-38.** Rio de Janeiro, 1938.

BRESCIANI, M. E. **As sete portas da cidade.** Espaço & Debates: Revista de Estudos Regionais e Urbanos. Núcleo de Estudos Regionais e Urbanos, 1991, p. 10-15.

CABRAL, Renata Campello. **A noção de “ambiente” em Gustavo Giovannoni e as leis de tutela do patrimônio cultural na Itália.** 2013. 198 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

CALVINO, Italo. **As cidades invisíveis.** São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

CHOAY, Françoise. **A alegoria do patrimônio.** 3. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2006.

DANTAS, George Alexandre Ferreira. **A formação das representações sobre a cidade colonial no Brasil.** 2009. 237 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 2019, Natal. **Ruínas enquanto tempo produtivo: ou das sobrevivências enquanto potências no espaço.** Natal: Enanpur, 2019. 7 p.

FARA, Catalina V.. La seducción de los escombros: Imágenes de ruinas urbanas de Buenos Aires (1910-1936). In: VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE TEORÍA E HISTORIA DE LAS ARTES, 8., 2015, Buenos Aires. **Anais....** Buenos Aires: Caia, 2015. p. 173 - 184.

IPHAN. Rede de Arquivos IPHAN. Disponível em: <portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1223>. Acesso em: 05 jun. 2019.

JACQUES, Paola Berenstein; PEREIRA, Margareth da Silva. **Nebulosas do pensamento urbanístico.** Salvador: Edufba, 2018. 335 p.

LEMOS, Carlos. **O que é patrimônio histórico.** São Paulo: Editora Brasiliense, 2006.

PONTES, Anna Maria de Lira. **Entre fragmentos: os ditos e não ditos das ruínas patrimoniais.** 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

RODRIGUES, Angela Rosch. **Ruína e patrimônio cultural no Brasil.** 2017. 301 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SENNETT, Richard. **O declínio do homem público:** As tiranias da intimidade. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SOUZA, Rebeca Grilo de. **Escombros e vestígios: os debates sobre os arrasamentos nas reformas urbanas das cidades brasileiras(Rio de Janeiro, São Paulo e Recife no início do século XX).** 2016. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

SATO, Alberto. **Demolición y clausura.** Revista ARQ, Santiago de Chile, n.59, p.58-61, 2005

Anexos

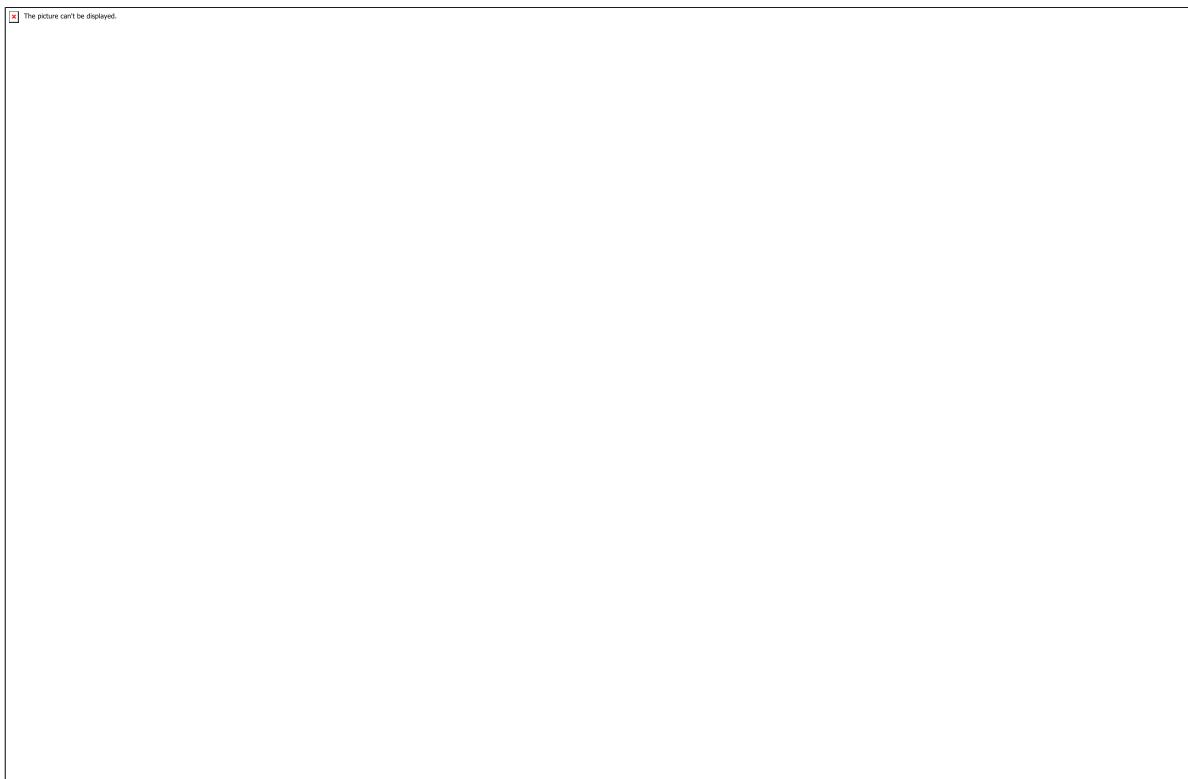


Figura 1 - Tela inicial do banco de dados dos processos de tombamento por Estado

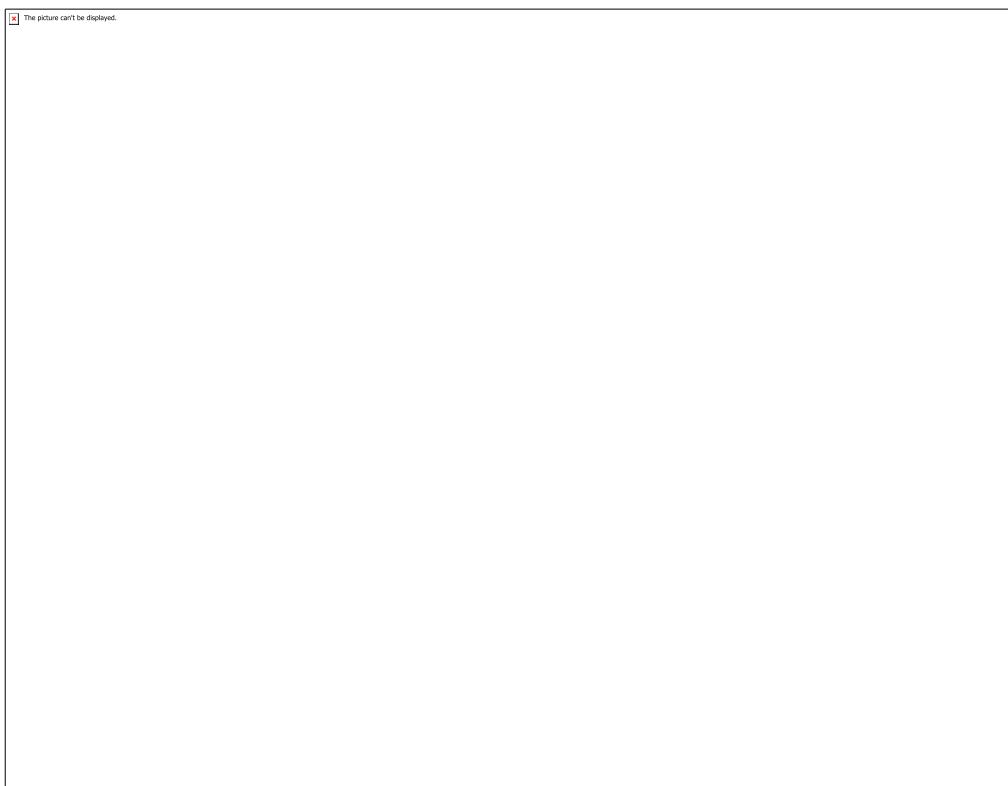


Figura 2 - Casa da Pólvora, 1942

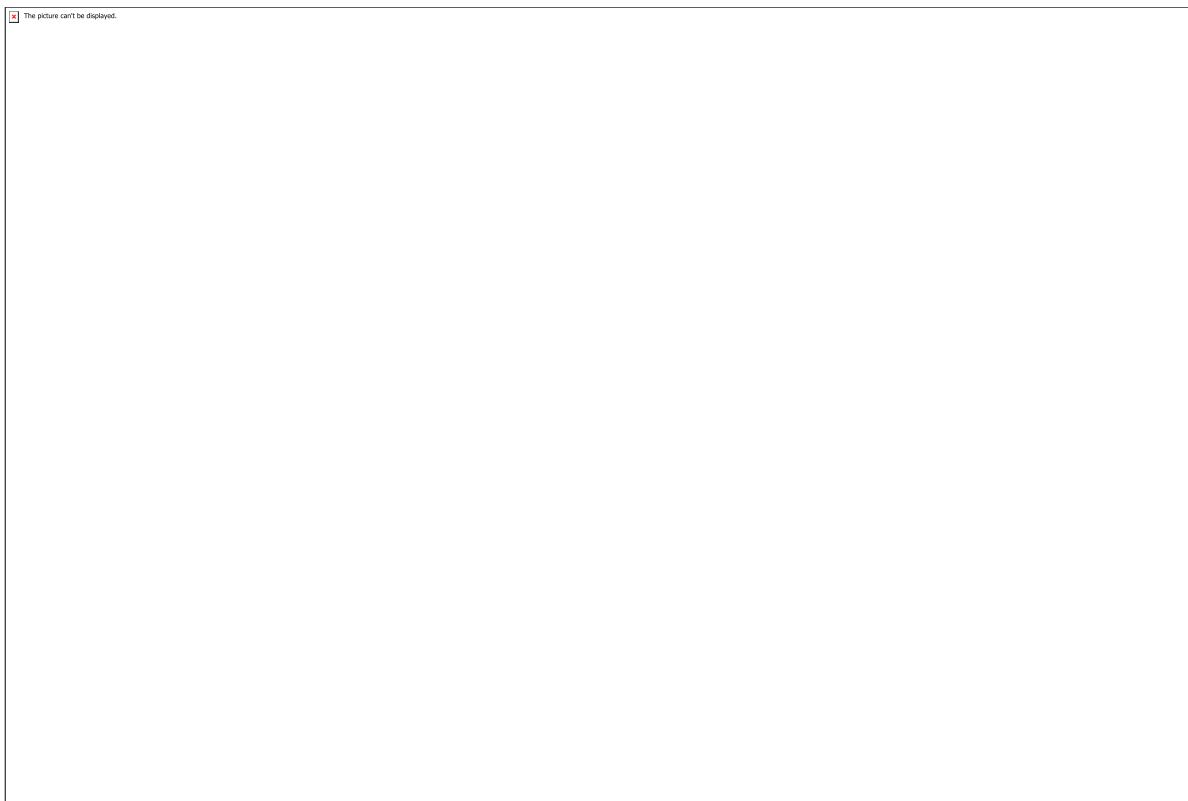


Figura 3 - Impugnação pelo proprietário do tombamento da Casa da Pólvora, 1941

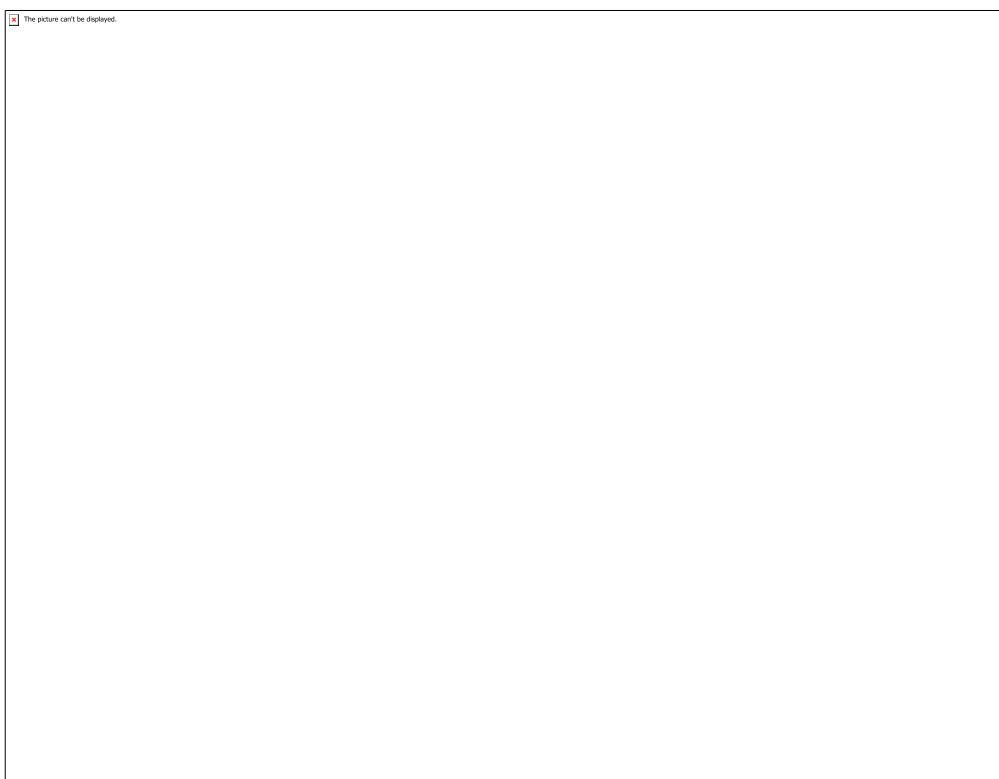


Figura 4 - Escavações realizadas no interior da Casa da Pólvora, 1942

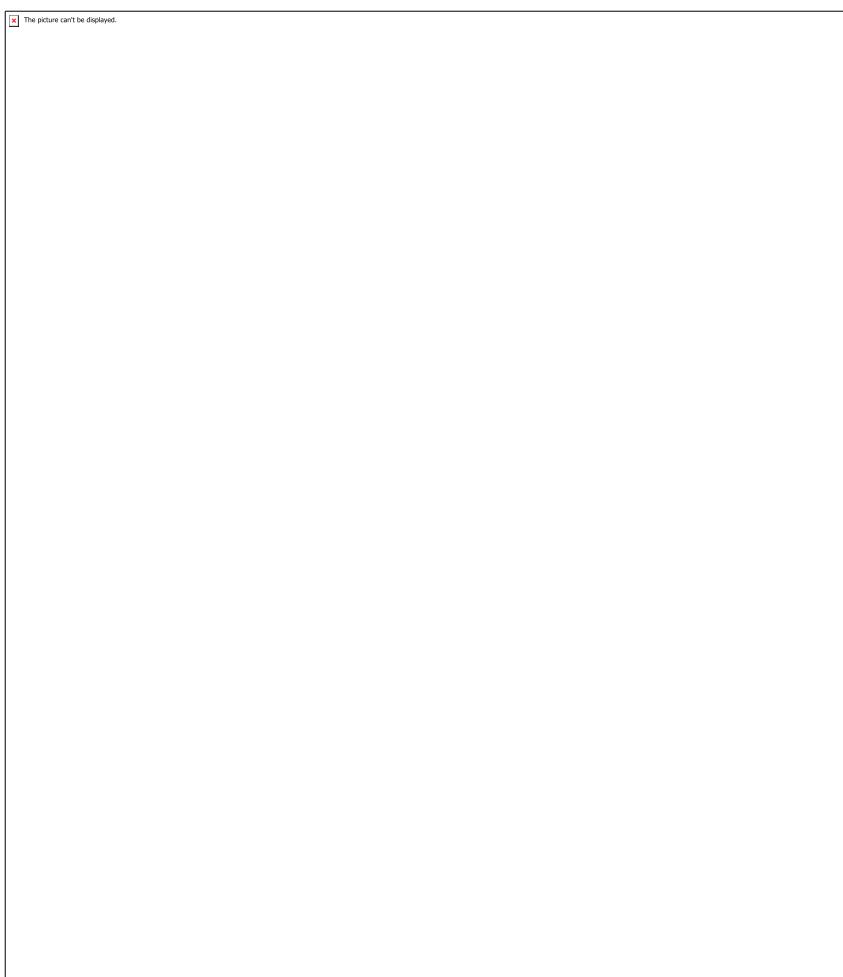


Figura 5 - Deterioração no interior da Casa da Pólvora, 1942

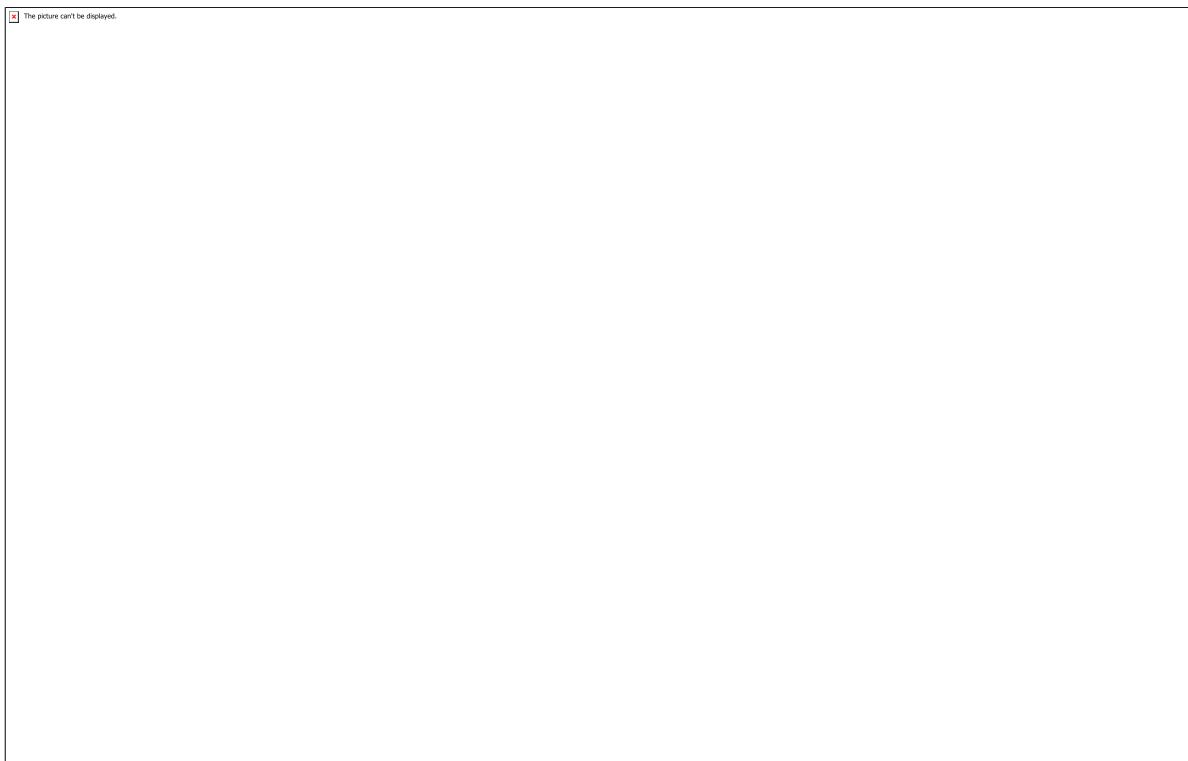


Figura 6 - Declaração de utilidade pública da Casa da Pólvora, 1976

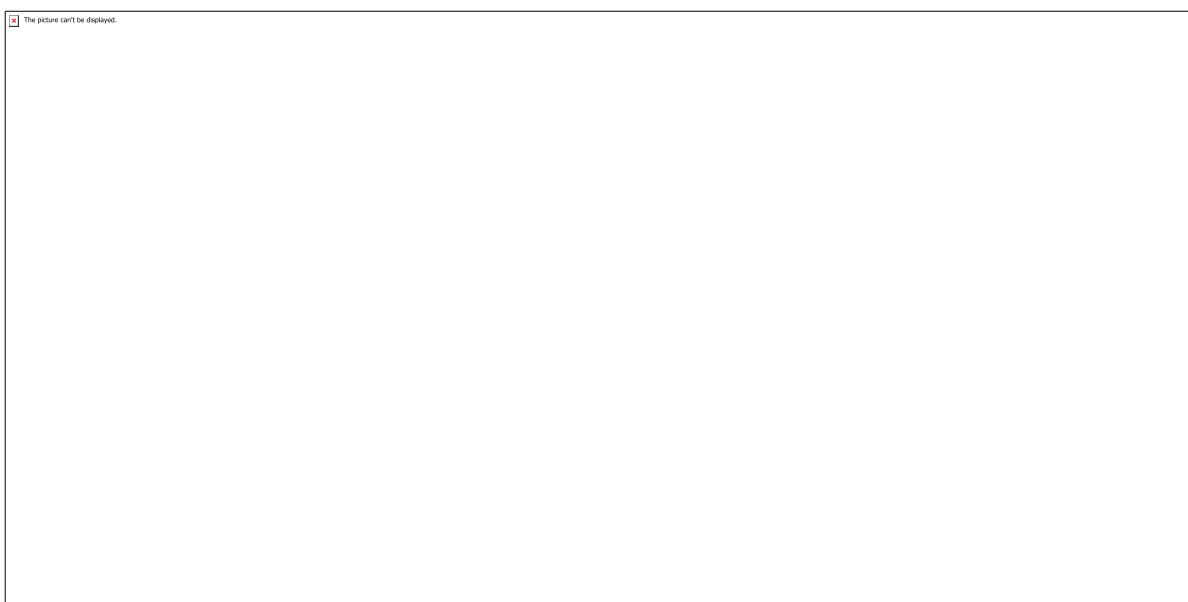


Figura 7 - Castelo de Garcia d'Ávila

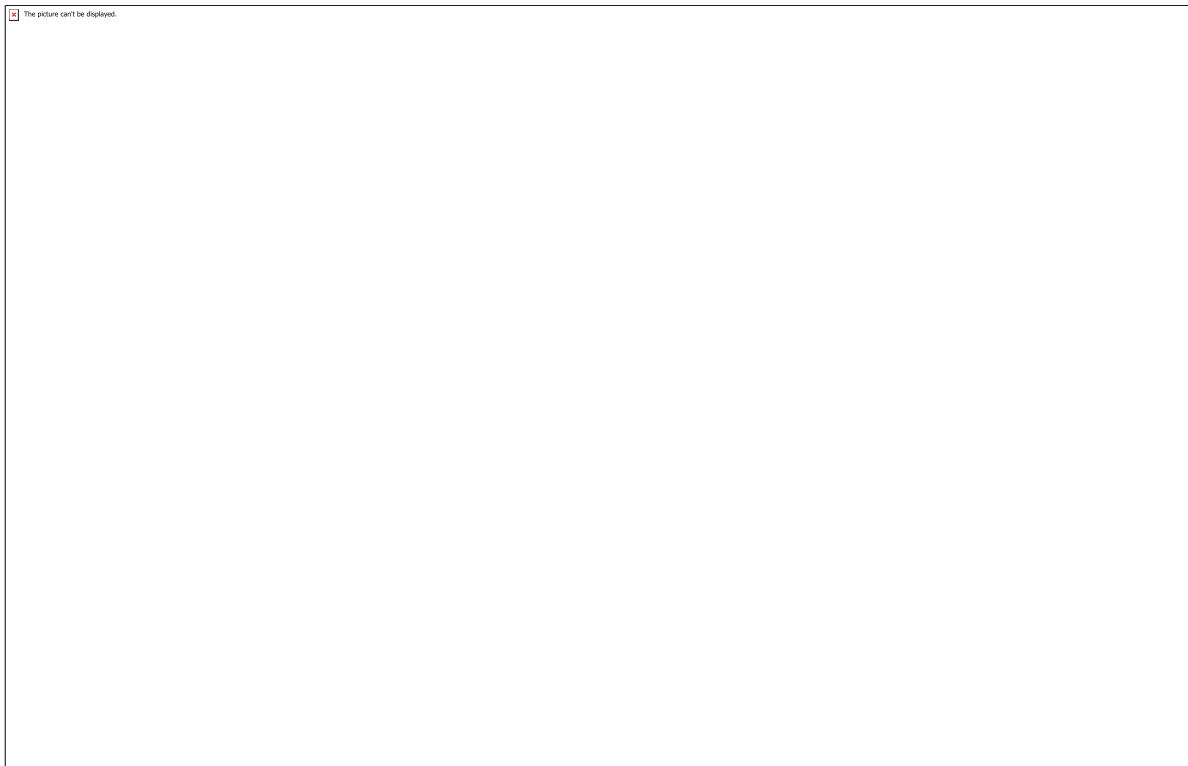


Figura 8 - Indicação nº 01/75/77 do Conselho Estadual de Cultura, 1977

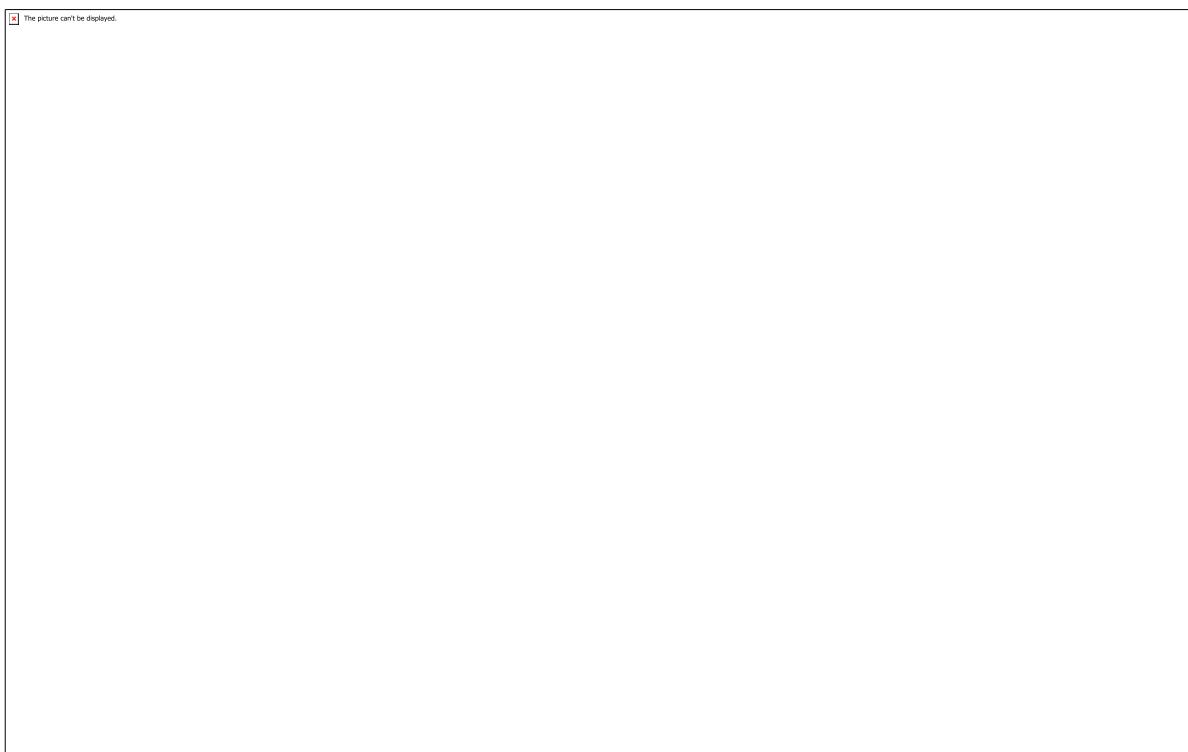


Figura 9 - Estudo de delimitação do Parque Nacional de Garcia D'Ávila, 1976

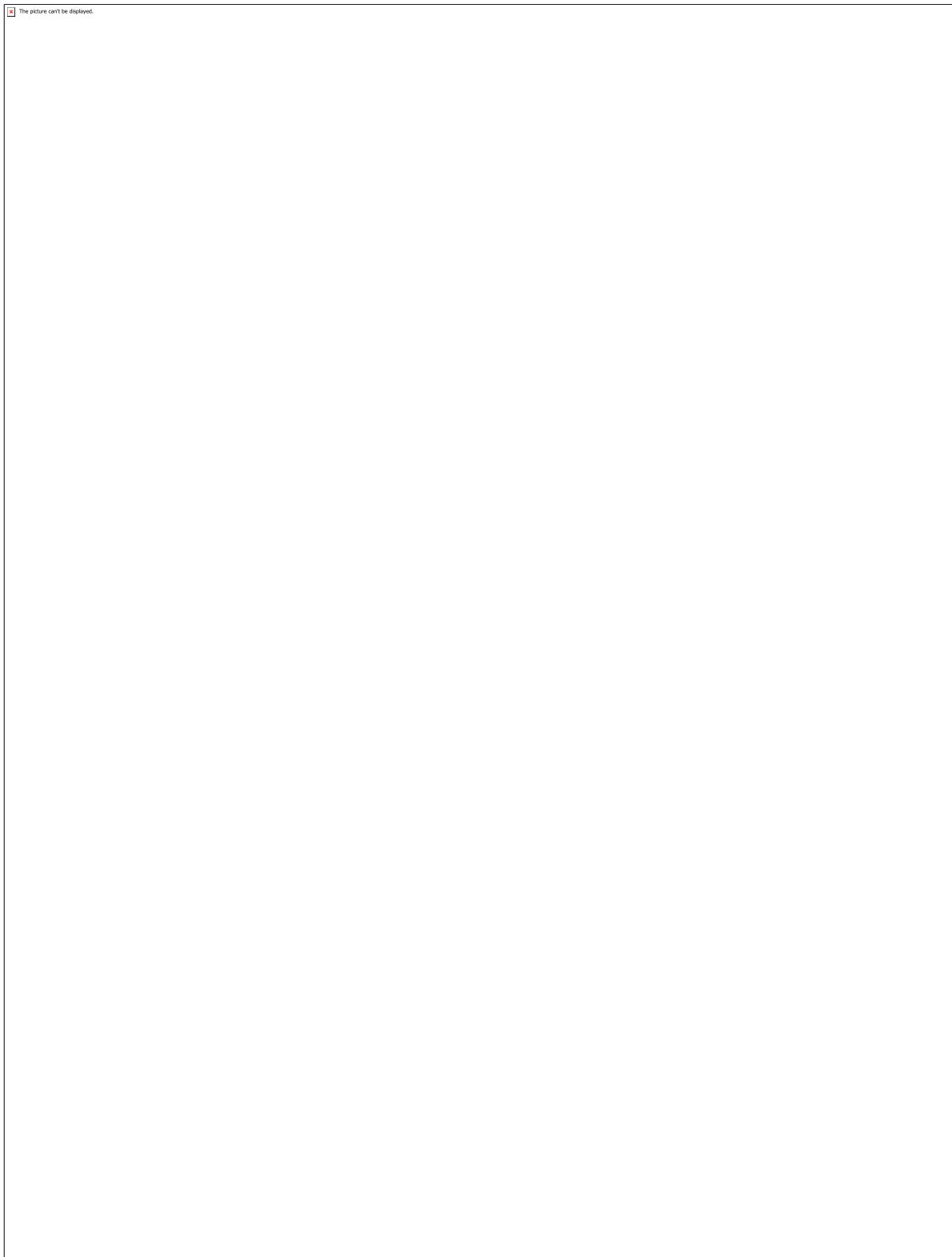


Tabela 1 - Lista dos processos de tombamento do Nordeste

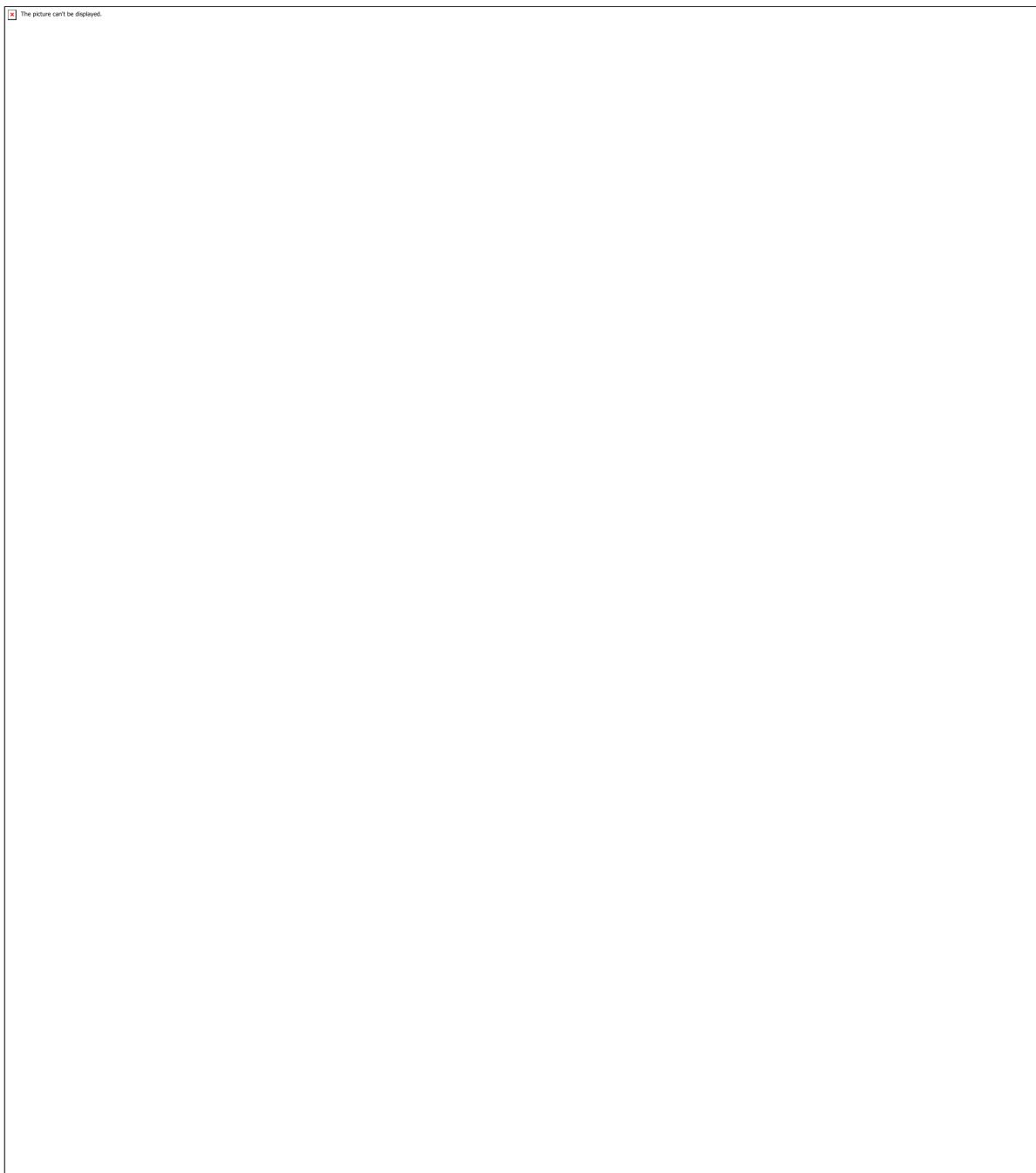


Tabela 2 - Tipologias dos monumentos em ruínas do Nordeste

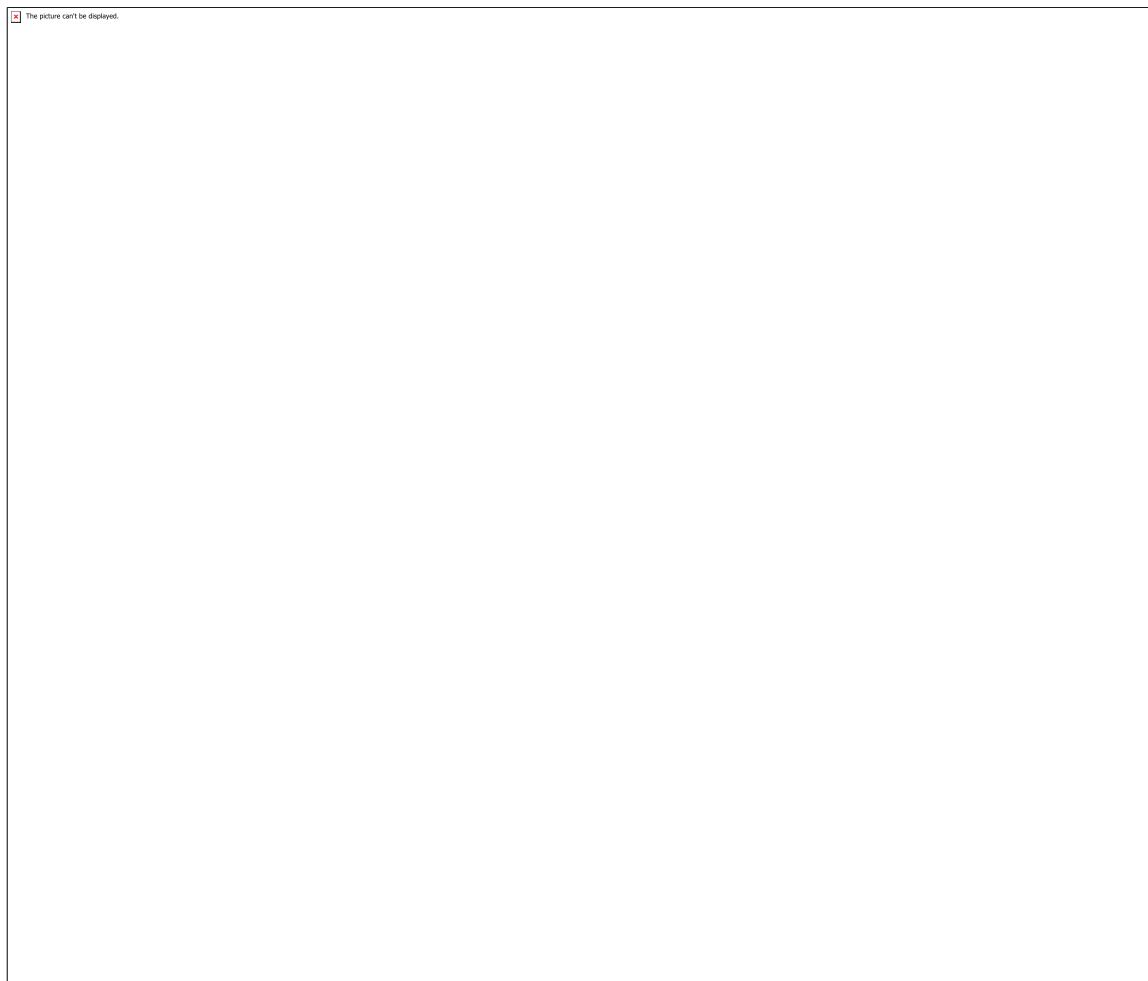
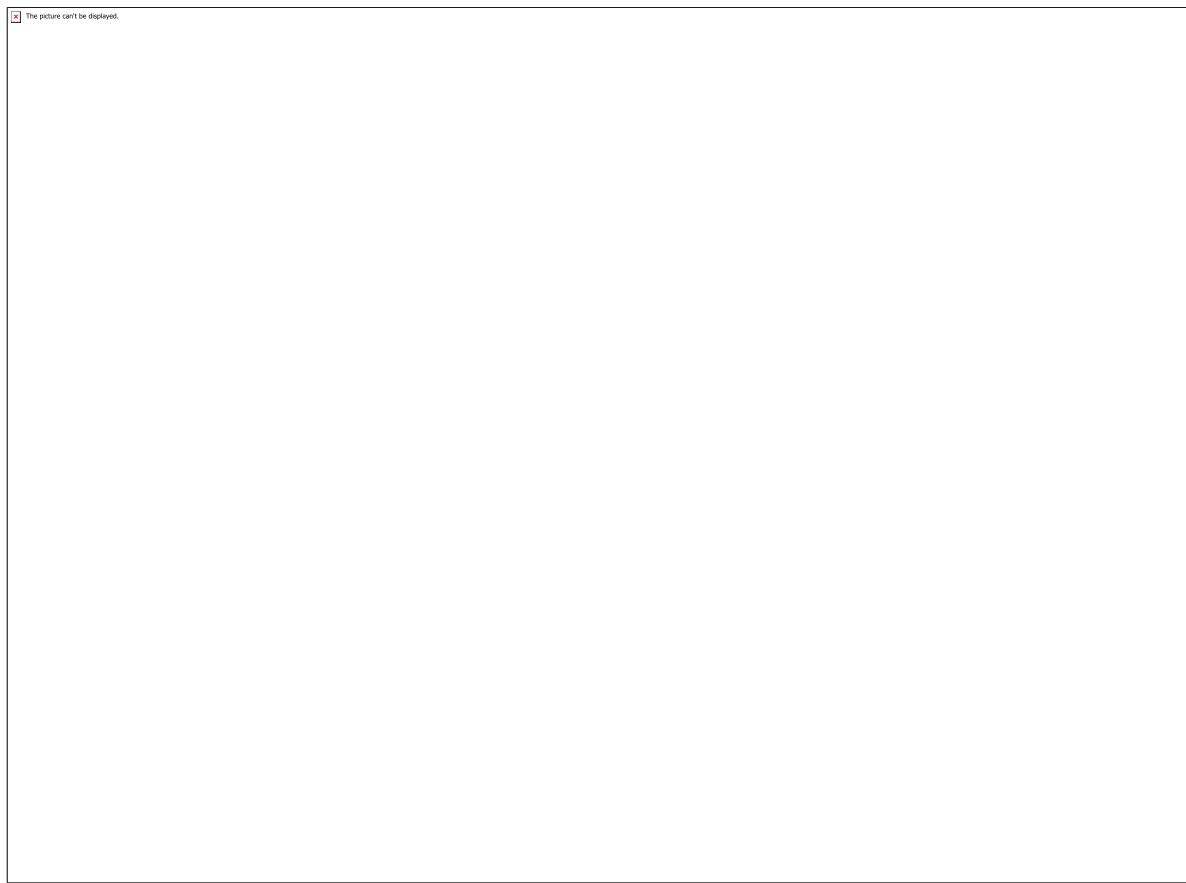


Tabela 3 - Informações dos processos de tombamento do Nordeste



Mapa 1 - Sugestões para Parque Nacional de Garcia D'Ávila, 1976

CÓDIGO: HS1289

AUTOR: CYNTHIA TATIANE CAETANO DE LIMA

ORIENTADOR: GLEICE VIRGINIA MEDEIROS DE AZAMBUJA ELALI

TÍTULO: APO em edifícios do Campus Central, UFRN

Resumo

Este projeto teve como objetivo mapear pontos positivos e negativos de edificações localizadas no campus central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte no tocante à sua acessibilidade física. Para tanto foram utilizados: revisão bibliográfica nas áreas de Avaliação Pós-Ocupação (APO) e acessibilidade, walkthrough, visitas in loco com preenchimento de checklists e passeios acompanhados com pessoas com deficiência. Os dados obtidos foram sintetizados em Mapas de Descoberta. Embora a investigação pretenda analisar os espaços internos dos principais edifícios do campus e do trajeto para chegar até eles, até o momento o pré-teste da metodologia trabalhou apenas duas edificações: a administração do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) e o setor de aulas do Centro de Tecnologia (CT). Os resultados mostraram que nestes locais (e provavelmente no campus como um todo) ainda existem inúmeros problemas de acessibilidade, alguns de resolução simples, outros de resolução complexa e demorada. Evidencia-se que a inacessibilidade do espaço não está restrita aos obstáculos físicos, sendo necessária uma compreensão global da realidade enfrentada pelas pessoas com deficiência na universidade.

Palavras-chave: Arquitetura, Acessibilidade, Avaliação Pós-Ocupação.

TITLE: Post-Occupation Evaluation on buildings of Campus Central, UFRN

Abstract

This project had as objective to map positive and negative points of edifications situated at the central campus of the Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil, regarding of its own physical accessibility. Bibliographic research on Post-Occupancy Evaluation (POE) and accessibility areas, the Walkthrough method, visits in loco along with checklists filling and accompanied tours with people with disabilities were used to analyze some spaces into the campus. Although the investigation intends to analyze the internal spaces of the main buildings of the campus and the path to get on them, until this moment the pre-test has worked only two edifications: the Center of Applied Social Sciences (CCSA) administration and the classes sector of the Technology Center (CT). The results had shown that on this places (and probably at the whole campus) still exists thousands of accessibility problems, some of simple resolution, others of complex and slow resolution. It highlights that the space inaccessibility is not restricted to the physical obstacles, being necessary a whole comprehension about the reality faced by the people with special needs at the university.

Keywords: Architecture, Accessibility, Post-Occupation Evaluation

Introdução

Há algum tempo a UFRN se organiza para tentar tornar mais acessíveis os seus campi, notadamente o campus central, cujo início da construção remonta à década de 1970 e, portanto, antes da existência de instrumentos legais que garantem a acessibilidade a

locais públicos, como a Norma Brasileira 9050 – BR 9050 (BRASIL, 1997, com revisões em 2004 e 2015). Um dos passos decisivos nessa direção foi a criação, em 2010, da Comissão de Apoio a Estudantes com Necessidades Educacionais Especiais (CAENE), hoje transformada em Secretaria. Liderada pelo prof. Dr. Ricardo Lins, a equipe da CAENE fornece apoio aos universitários com tal demanda. Suas atividades evidenciaram que várias das dificuldades hoje enfrentadas por estes estudantes estão ligadas à acessibilidade física, seja dentro dos prédios administrativos, dos blocos de aula ou, ainda, no trânsito entre os diversos setores do campus. Dando sequência a outras pesquisas da orientadora nas áreas da Avaliação Pós-Ocupação (APO) e da acessibilidade ambiental, o presente projeto foi criado com o objetivo de discutir questões de acessibilidade no Campus Central. Em seu andamento, no entanto, ele acabou tomando proporções maiores do que as inicialmente pretendidas, pois, aliando-se ao projeto dos Grupos de Trabalho em Acessibilidade (GTA's) da CAENE, grupos de discussão sobre as ações na universidade, diagnósticos, e, principalmente, escuta dos alunos, acabou comprometendo-se com o trabalho de avaliação realizado por GTA's de vários setores do campus, como os dos Centros de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA), de Tecnologia (CT) e de Biociências (CB). Para atender à demanda crescente ao tipo de investigação foi proposta a realização de atividades simplificadas de Avaliação Pós-Ocupação (APO), um método para detecção de pontos positivos e negativos relativos a um ambiente construído (ORNSTEIN, 2017), que, em síntese, correspondem, respectivamente, a acertos e erros em seu projeto e execução. Como modo de abordagem do objeto arquitetônico, a APO alia o ponto de vista técnico à percepção dos usuários e pode ser aplicada à análise de inúmeras questões ligadas ao ambiente construído, derivando daí a sua importância para vários tipos de projeto – nesse caso específico, ela está focalizando as questões de acessibilidade física. Para facilitar a compreensão dos resultados obtidos, um dos recursos da APO é apresentar os resultados encontrados em um formato sintético denominado Mapa de Descobertas (RHEIGANTZ et al, 2008), um esquema gráfico onde as informações são espacializadas na planta baixa e ou cortes do local. Tal ferramenta possibilita uma apresentação simples, direta e imagética das informações, conseguindo uma interpretação mais imediata do que os tradicionais relatórios, sobretudo pelo público leigo, agilizando o processo de contato com os interlocutores que precisam interagir a fim de subsidiar intervenções no ambiente construído. A participação neste projeto da bolsista responsável por este relatório se deu seis meses após seu início. A bolsista anterior, Sílvia Ribeiro, foi responsável pela etapa de revisão bibliográfica sobre o tema, sistematização de outras pesquisas na área realizadas no campus central da UFRN por estudantes de arquitetura (graduação e pós-graduação) e um trabalho de campo inicial, realizado na Biblioteca Central Zila Mamede. A segunda bolsista (autora deste relatório) participou de uma etapa mais prática do projeto, ligada ao pré-teste da metodologia, que será detalhada neste relatório (metodologia e principais resultados).

Metodologia

Diversas metodologias de pesquisa têm sido empregadas ao longo deste projeto. Primeiramente, para fundamentar a investigação, foram realizados dois tipos de levantamentos bibliográficos (ambos com a participação de Sílvia Ribeiro, a primeira bolsista envolvida). O primeiro levantamento bibliográfico foi relativo aos campos da Avaliação Pós-Ocupação e da Acessibilidade Ambiental, e recorreu a bases de dados digitais, como o SciELO, o Google Acadêmico e o banco de dados de teses e dissertações do IBICT, especialmente o Repositório Institucional da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Seu objetivo foi a localização de subsídios teórico-metodológicos para a investigação em andamento. O segundo levantamento

bibliográfico aconteceu no acervo físico do Laboratório de Projetos Integrados (LAPIs) do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN, visando detectar trabalhos acadêmicos de graduação e pós-graduação cuja meta fosse avaliar edificações ou áreas livres do campus. Buscava-se, além de conhecer as pesquisas e seus resultados, recolher material gráfico que pudesse ser útil à nova pesquisa, sobretudo projetos. Ainda durante a atividade da primeira bolsista, e com base no trabalho de Ataliba (2015), foi construído e aperfeiçoado um checklist que era utilizado para análise dos projetos dos edifícios (localizados na etapa anterior) a fim de detectar se eles estavam de acordo com a NBR 9050. Com base no checklist e nas informações colhidas e analisadas, foram previstas visitas in loco, a fim de fotografar o local e fazer medições que esclarecessem as informações colhidas a partir dos projetos, notadamente nos pontos considerados críticos. Foi justamente na primeira testagem desse trabalho de campo, realizada na Biblioteca Central Zila Mamede, que aconteceu a mudança de bolsistas, de modo que a segunda bolsista assumiu a atividade, tendo realizado duas visitas, medições, documentação fotográfica das situações problema e mapa de descobertas. A nova etapa prevista era o contato com os usuários a fim de realizar passeios acompanhados e verificar suas necessidades quanto à acessibilidade da edificação, porém não aconteceu conforme previsto. O processo foi interrompido porque a CAENE intensificou a formação e as atividades dos GTAs, de modo que o contato entre ela, o LAPIs e a Superintendência de Infraestrutura (SINFRA) da UFRN se intensificou. Verificou-se, então, que, inadvertidamente, haviam atividades sobrepostas entre eles: a Superintendência já tinha feito vistorias em grande número de edificações; havia GTAs que tinham feito ou estavam organizando atividades semelhantes ao passeio acompanhado, embora sem auxílio técnico. Assim, a fim de otimizar tarefas e recursos: optou-se por trabalhar em conjunto com ambos, obtendo da primeira o material técnico sobre as edificações (projetos atualizados) e dos segundos os relatos dos estudantes com deficiência ali matriculados (que começaram a ser feitos a partir de orientação prévia do grupo). Nesse contexto, alterando a programação inicial, passou a caber ao grupo de investigação, com participação da bolsista, quatro atividades: (1) acompanhar os GTAs, a fim de manter contato com a problemática em discussão e definir os principais edifícios a analisar; (2) revisar o material técnico sobre o prédio disponibilizado pela SINFRA a fim de adequá-lo aos propósitos da investigação; (3) realizar um walkthrough (ou caminhada pelo local), definido como Método de análise que combina simultaneamente uma observação com uma entrevista, (...), possibilita a identificação descritiva dos aspectos negativos e positivos dos ambientes analisados. Segundo Preiser (in Baird et al 1995), em uma walkthrough os aspectos físicos servem para articular as reações dos participantes em relação ao ambiente. (...) Complementado por fotografias, croquis gerais e gravação de áudio e de vídeo, possibilita que os observadores se familiarizem com a edificação, com sua construção, com seu estado de conservação e com seus usos (RHEINGHANTZ et al, 2009, p. 23). (4) elaborar o Mapa de Descobertas indicador dos pontos fortes e fracos das edificações, nesse caso, visando apresentar uma síntese do diagnóstico do edifício em relação às normas estabelecidas (no caso, a NBR 9050) e dos principais aspectos enfatizados pelos estudantes com deficiência com relação a sua condição de usabilidade. O material trabalhado será disponibilizado à CAENE, à SINFRA e à administração dos edifícios analisados a fim de subsidiar a intervenção no espaço.

Resultados e Discussões

1. A revisão bibliográfica A maior parte da revisão bibliográfica foi realizada na primeira parte do projeto, com a bolsista Silvia Ribeiro, constituída de dois grandes temas: Avaliação Pós-ocupação e Acessibilidade. Além disso, também foi realizado um

levantamento e sistematização de todos os trabalhos acadêmicos do curso de Arquitetura e Urbanismo disponíveis no LAPIs abordando esses temas, no fim, foram catalogados 125 trabalhos, elaborados de 1996 a 2017. Já na segunda parte do projeto, essa revisão bibliográfica foi ampliada e revisada para proporcionar um embasamento ainda melhor na execução prática. 2. A atividade empírica Como resultados da atividade empírica, até o presente momento conseguimos analisar dois setores do campus central da UFRN e produzir Mapas de Descobertas baseados na metodologia descrita: o prédio da Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM) e seu entorno, e os acessos ao CCSA. O estudo relacionado à Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM) foi iniciado pela bolsista anterior, Sílvia Ribeiro, por meio de checklist que possibilitou a análise digital dos problemas de acessibilidade da Biblioteca. A investigação foi continuada pela segunda bolsista, que realizou visitas in loco para verificar as informações disponibilizadas e atualizá-las por meio de medições. Com base nesse material foi confeccionado o Mapa de Descoberta, que revelou diversos problemas do prédio da Biblioteca no tocante às exigências da NBR 9050, tais como escadas e rampas inadequadas, além da falta de sinalização para deficientes auditivos e visuais. Já o entorno e seus anexos possuíam poucos problemas se comparados à porção mais antiga, construída na década de 1970 e reformada nos anos 1980, período anterior à criação da NBR 9050. O estudo relacionado ao CCSA assumiu outro formato. No segundo semestre de 2018, membros do GTA-CCSA haviam realizado percursos na área na companhia de estudantes e funcionários com deficiência (cadeirante, pessoas com deficiência visual em grau mais elevado e outra, em grau menor e pessoas utilizando muletas) e produzido um relatório a respeito. O trabalho contemplou os acessos ao prédio do CCSA e aos blocos de aula dos Setores I e V, percursos que são experienciados e enfrentados por aquelas pessoas todos os dias. Os “passeios” partiram dos pontos de ônibus da Reitoria e do Setor I em direção ao edifício do CCSA, aos blocos de aula do Setor V e à praça do Setor I, trajetos diariamente seguidos por eles e elas. Foram identificados e documentados inúmeros problemas de acessibilidade na área, como calçadas e obstáculos não sinalizados com piso tátil, superfícies trepidantes, árvores e galhos (no chão e na altura do rosto), rampas e escadas sem guarda-corpo, e outros. Também foram identificados pontos positivos, como estacionamento regularizados, com acesso facilitado e vagas destinadas às PCD, e rampas e escadas em conformidade com a NBR 9050. Detectando a semelhança da atividade do GTA-CCSA com o método do percurso comentado, utilizado na APO, a equipe do projeto resolveu complementar o esforço, especializando as informações coletadas por meio do Mapa de Descobertas. Para tanto, a bolsista realizou a walkthrough na mesma área e a SINTRA foi contatada a fim de fornecer o material técnico necessário. Nos dois casos mencionados, a confecção do material gráfico demandou considerável tempo, pois precisou ser desenvolvida uma linguagem específica (programação visual) a ser adotada nos relatos e mapas. Após concluídos, os dois Mapas de Descoberta foram apresentados no Fórum de Acessibilidade ocorrido no auditório da BCZM em 07/03/2019, com o intuito de mostrar à comunidade acadêmica o que estava sendo produzido e pensado em acessibilidade no campus. No evento, foram propostas algumas alternativas, como a incorporação da metodologia dos passeios acompanhados por outros GTAs no campus centrais (tais contatos foram aprofundados a partir daquela data e devem frutificar no semestre 2019.2) e o convite aos participantes para pensarem e refletirem sobre a temática. 3. Dificuldades Encontradas As principais dificuldades encontradas ao longo da etapa empírica deste projeto se relacionaram à pouca comunicação entre os diversos setores da UFRN, o que significou trabalho desnecessário e, consequentemente, perda de tempo útil para o projeto. Por exemplo, dois dias após as visitas in loco ao prédio da BCZM para medições, quando o respectivo Mapa de Descobertas já estava em andamento, descobriu-se (por meio de terceiros), que a SINTRA havia feito um levantamento recente para regularizá-lo no que tange às exigências da NBR 9050, e que o desenho tinha sido

concluído. Naquele momento, o acesso ao material teria sido fundamental, mas demorou muito a acontecer, já que, nesses casos, existe toda uma burocracia institucional a ser atendida, notadamente no que diz respeito à disponibilização de arquivos digitais das plantas dos edifícios do campus. Embora se entenda a tramitação, o fato de haver uma ordem a ser cumprida, e mesmo a importância de haver cuidado com relação a esse tipo de material/documentação, tal fato ocasionou um atraso de quase dois meses na conclusão do trabalho pretendido, tanto na biblioteca quanto no CCSA. Nos dois casos a intervenção da CAENE foi fundamental, contudo, o processo exigiu muitas idas-e-vindas, reuniões e discussões até que todos os envolvidos compreendessem o tipo de trabalho a ser feito e a importância de celeridade em suas etapas para que possa avançar conforme previsto e necessário. Isso demonstra claramente a necessidade de serem estabelecidas linhas eficientes de comunicação entre os segmentos da UFRN implicados com a causa da acessibilidade, o que parece que os GTAs estão começando a conseguir. Outra dificuldade encontrada foi haver apenas uma bolsista disponível para o projeto, quantidade que, ao longo do último semestre se mostrou insuficiente. Em alguns momentos foi necessário que bolsistas ligados a outros projetos de pesquisa participassem da atividade, como na realização das visitas in loco, que demandaram medições, fotografias, anotações, enfim, atividades que dificilmente uma pessoa conseguiria realizar sozinha. Por último, é importante lembrar que a falha elétrica acontecida no semestre 2019.1 danificou grande parte dos equipamentos eletrônicos existentes no prédio de Laboratórios de Arquitetura, incluindo quase todos os do LAPIs. Sem energia, internet ou computadores, e com a interdição do prédio para as necessárias obras de infraestrutura e conserto dos equipamentos, o projeto ficou parado por mais de duas semanas. Embora tal eventualidade não tenha impedido a conclusão da parte inicial do trabalho pretendido, ela dificultou que a investigação avançasse de modo mais rápido e passasse a abranger uma área maior.

Conclusão

Como arquiteta em formação, usuária assídua das instalações do campus e estudante com deficiência motora, a bolsista autora deste relatório tem se envolvido fortemente com as questões da acessibilidade física do ambiente construído, e tem grande satisfação em participar deste projeto, justamente por “sentir na pele” os problemas que um espaço inacessível acarreta à todas as pessoas, notadamente aquelas com dificuldades de mobilidade. A universidade tem realizado um importante esforço para aumentar a inclusão educacional e social das pessoas com deficiência; portanto, é fundamental que também se envolva com a garantia de um ambiente físico que as acolha. Um ambiente universitário inacessível não apenas dificulta o ir-e-vir, ele gera sofrimento psíquico, reduz o rendimento acadêmico, promove absenteísmo e até mesmo evasão. Sob esse ponto de vista, a APO possibilitou uma compreensão ampliada da problemática da acessibilidade, trazendo o entendimento de que existem inúmeros outros obstáculos ao estudante PNE além do espaço físico em si. Espera-se que os Mapas de Descoberta possam ajudar às pessoas-sem-deficiência a detectarem e entenderem obstáculos que as pessoas-com-deficiência observam, sentem e enfrentam no seu dia a dia. Em uma época em que participação e inclusão são palavras-chave, não é possível nem aceitável realizar um projeto que visa a acessibilidade de outra forma que não com a participação ativa das PCD. Trazendo o pensamento de vários arquitetos, é preciso construir “com” elas, e não “para” elas. Não basta construir rampas ou escadas com guarda-corpo; para tornar um espaço realmente acessível, é preciso apresentar possibilidades, seja adotando metodologias de aprendizado e avaliação alternativas ou apenas compreendendo que o estudante não consegue chegar à sala de aula devido aos “pequenos” (e sucessivos) obstáculos que enfrenta

todos os dias. De fato, a causa da acessibilidade está cada vez mais em evidência nos últimos anos, e iniciativas como o surgimento/manutenção da CAENE (e mesmo de projetos de pesquisa pontuais) são de grande importância, pois agregam e fortalecem a luta pelo direito de TODOS ao espaço e ao conhecimento. Espera-se, realmente, que este projeto seja continuado e ampliado, e que os campi universitários um dia sejam capazes de receber qualquer indivíduo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9050, de 11 de setembro de 2015. Acessibilidade A Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos. Rio de Janeiro. ATALIBA, Renata Dantas. A compatibilização entre acessibilidade física e patrimônio: Um estudo aplicado ao Palácio da Cultura, Natal-RN. 2015. 254 f. Trabalho Final de Graduação, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. CASTRO, Sílvia Helena Ribeiro de. Avaliação pós-ocupação de ambientes universitários: Estudos de edifícios da UFRN. Relatório de pesquisa. LAPIs/DARQ/UFRN, Natal, 2019. ORNSTEIN, Sheila Walbe. Avaliação Pós-Ocupação (APO) no Brasil, 30 anos: O que há de novo?. Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente, Natal, v. 2, n. 2, p.7-12, ago. 2007. RHEINGANTZ, Paulo Afonso et al. Observando a qualidade do lugar: Procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro: Proarq, 2009. 117 p.

CÓDIGO: HS1375

AUTOR: ELISA GIANVENUTI

ORIENTADOR: EUNADIA SILVA CAVALCANTE

TÍTULO: A HABITAÇÃO SOCIAL EM PROGRAMAS E AÇÕES DE REABILITAÇÃO DE SÍTIOS HISTÓRICOS: O REHABITAR RIBEIRA EM NATAL/RN

Resumo

Os centros tradicionais tem a sua dinâmica urbana diminuída devido, em grande parte, ao esvaziamento do uso habitacional nestas áreas. Com isso, a pesquisa "A HABITAÇÃO SOCIAL EM PROGRAMAS E AÇÕES DE REABILITAÇÃO DE SÍTIOS HISTÓRICOS: O REHABITAR RIBEIRA EM NATAL/RN" parte da importância da discussão de contextos urbanos e sociais atuais no âmbito acadêmico, apresentando como objetivo geral a análise de programas e ações contemporâneos em sítios históricos sob a ótica dos conceitos propostos pela Reabilitação Urbana Integrada, a qual coloca como prioridade a promoção da boa habitabilidade nestas zonas. Ademais, por integrar o acordo de cooperação entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a Câmara Municipal de Torres Vedras, utiliza-se o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras (Portugal) como estudo de caso para posterior comparação. Diante disso, a participação como bolsista de iniciação científica resultou no desencadeamento do Trabalho Final de Graduação "Permanecer Ribeira: uma proposta de Reabilitação Urbana Integrada para o bairro da Ribeira (Natal/RN) por meio dos princípios da Permacultura", o qual foi desenvolvido levando em consideração os planos de reabilitação analisados na presente pesquisa.

Palavras-chave: Reabilitação urbana; habitação social; centros históricos

TITLE: SOCIAL HOUSING IN HISTORIC SITE REHABILITATION PROGRAMS AND ACTIONS: THE "REHABITAR RIBEIRA" IN NATAL/RN

Abstract

Traditional centers have their urban dynamics diminished due, to a large extent, to the depletion of housing use in these areas. Thus, the research "Social housing in programs and actions of rehabilitation of historical sites: the Rehabitar Ribeira in Natal/RN" starts from the importance of the discussion of current urban and social contexts in the academic field, presenting as a general objective the analysis of programs and contemporary actions in historical sites from the perspective of the concepts proposed by the Integrated Urban Rehabilitation, which prioritizes the promotion of good habitability in these areas. In addition, as part of the cooperation agreement between the Federal University of Rio Grande do Norte and the City Hall of Torres Vedras, the Torres Vedras Strategic Urban Development Plan (Portugal) is used as a case study for further comparison. Therefore, the participation as a scientific initiation scholar resulted in the launching of the Final Graduate Work "Permanecer Ribeira: a proposal of Integrated Urban Rehabilitation for the Ribeira neighborhood (Natal / RN) through the principles of Permaculture", which was developed taking into consideration the rehabilitation plans analyzed in the present research.

Keywords: Urban rehabilitation; social habitation; historical centers

Introdução

A introdução de habitações de interesse social em áreas urbanas centrais é caracterizada como uma das formas de retomar a dinâmica de sítios históricos em processo de esvaziamento (CARTA DE LISBOA, 1995). Neste contexto, a presente pesquisa tem como enfoque o caso da Ribeira, um dos bairros originários da cidade de Natal/RN, juntamente com o bairro da Cidade Alta, o qual integra, portanto, a Zona Especial de Interesse Histórico. O mesmo sucumbiu à problemática do esvaziamento dos centros tradicionais - especialmente pelo uso habitacional - devido ao espraiamento da cidade e a consequente criação de novas centralidades. Diante disto, o bairro da Ribeira foi contemplado desde os anos 2000 por programas de Reabilitação Urbana Integrada, sendo estes: o Programa Rehabitar, apresentando como objetivo o "reuso de imóveis públicos e privados, tendo como foco o uso habitacional" (REHABITAR, 2008); o Plano de Reabilitação de Áreas Centrais – Ribeira (PRAC/RIBEIRA), o qual apresentou como principais objetivos "o estímulo e a consolidação da cultura de reabilitação urbana e edilícia nas áreas urbanas centrais e a ocupação dos vazios urbanos e da recuperação do acervo edilício, preferencialmente para o uso residencial, articulando esse uso a outras funções urbanas" (TINOCO et al, 2008) e o concurso de ideias BID UrbanLab, organizado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), direcionado a grupos universitários compostos por estudantes da graduação e pós-graduação, professores e jovens profissionais, foi destinado a encontrar soluções inovadoras e sustentáveis para os problemas urbanos do bairro, enfatizando o desenvolvimento urbano, social e patrimonial da Ribeira. Com isso, a pesquisa apresenta como objetivo geral a análise dos programas e ações contemporâneos de habitação social em sítios históricos, utilizando a Ribeira (Natal/RN) como estudo de caso e fazendo um comparativo ao caso da cidade de Torres Vedras (Distrito de Lisboa, Portugal). Em relação a esta, foi realizado um estudo de referência a respeito do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras (PEDU), o qual visa o desenvolvimento urbano da cidade colocando como prioridade a qualidade de vida dos habitantes e através de uma ótica sustentável (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2015). Este plano foi elaborado de maneira integrada, desdobrando-se em Planos de Ações que se relacionam entre si, compartilhando por vezes os mesmos objetivos. No estudo, analisamos a Área de Regeneração Urbana da Encosta de São Vicente, onde são aplicados o Plano de Ação de Regeneração Urbana (PARU) e o Plano de Ação Integrada para Comunidades Desfavorecidas (PAICD). Em relação ao último, este se trata de um plano de requalificação de edificações pontuais na área a fim de promover o reuso para habitação social. Ressaltamos com isso o acordo de cooperação estabelecido entre o Departamento de Arquitetura da UFRN e a Câmara Municipal de Torres Vedras, através do qual foi possível o contato e a troca de informações acerca do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano - PEDU da cidade de Torres Vedras. Diante do apresentado, a participação na pesquisa como bolsista de iniciação científica resultou em contribuições para o desenvolvimento do Trabalho Final de Graduação, cujo título é "Permanecer Ribeira: uma proposta de Reabilitação Integrada para o bairro da Ribeira (Natal/RN) por meio dos princípios da Permacultura". Neste, a proposta de intervenção foi realizada levando em consideração os programas e ações existentes para o bairro, buscando retomar as propostas previamente desenvolvidas, e o estudo de caso do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras (PEDU), de onde foram extraídos e rebatidos exemplos positivos de reabilitação integrada, especialmente em relação ao aspecto integrado e contínuo do Plano.

Metodologia

A metodologia aplicada para a realização da pesquisa consistiu, inicialmente, na coleta de dados acerca de programas e projetos já desenvolvidos para o bairro da Ribeira; de trabalhos acadêmicos, dissertações e teses que tem a Ribeira como objeto de estudo; no estudo e análise dos projetos e programas desenvolvidos e implantados na cidade de Torres Vedras, Portugal. Do ponto de vista teórico, no tocante à Reabilitação Urbana Integrada, nos respaldamos na Carta de Lisboa sobre Reabilitação Urbana Integrada (1995) e nas autoras Federica Cerroni (2010) e Erminia Maricato (2002) buscando um paralelo com a Permacultura Urbana cujos princípios foram elaborados por Hemenway (2015), adaptados ao contexto urbano a partir dos princípios originalmente propostos por Mollison e Holmgren (1978), em ambos é dada ênfase ao desenvolvimento social, colocando a qualidade de vida dos habitantes locais como um dos principais objetivos e o centro histórico é encarado como uma realidade dinâmica e não apenas como um objeto de contemplação. Quanto à boa habitabilidade, buscando promover a integração entre o habitar do espaço privado e o habitar do espaço público, nos respaldamos nos conceitos propostos por Coelho (2012) e por Lynch (1981). O estudo e análise comparativa desses dados, entre as ações implementadas na cidade de Torres Vedras em relação ao bairro da Ribeira, contribui para a compreensão sobre o insucesso das tentativas de reabilitação urbana em Natal. Nesse sentido é que a pesquisa se desdobra e ocorre a interface com o ensino, a partir do desenvolvimento do Trabalho Final de Graduação "Permanecer Ribeira: uma proposta de Reabilitação Urbana Integrada para o bairro da Ribeira (Natal/RN) por meio dos princípios da Permacultura", como uma forma de aplicar todo o conhecimento acumulado e com base na experiência da cidade de Torres Vedras, que será relatado a seguir. Relativamente à Permacultura Urbana, utilizam-se como diretrizes as elaboradas pelo The Project For The Public Spaces - PPS os quais apresentam como objetivo dar vida aos lugares em prol da melhor qualidade de vida dos usuários, ou seja, cuidando das pessoas (HEMENWAY, 2015). Diante do exposto, podemos ver a relação dos três conceitos perante o objetivo de promover o desenvolvimento social e urbano sustentável. Além disso, devido à Reabilitação ter como uma das premissas o enfoque no uso habitacional e a Permacultura ter como uma das três éticas básicas o Cuidado pelas Pessoas, a boa habitabilidade pode ser compreendida como o cuidado pelas pessoas no uso habitacional, e ser diretamente relacionada com ambas. As instruções extraídas a partir dos três temas apresentados serviram de respaldo teórico para a elaboração das diretrizes do Plano de Reabilitação. Entretanto, para garantir que este fosse condizente com a realidade, fez-se imprescindível a Etapa da Apreensão, a qual responde à necessidade, citada anteriormente, de conhecer a fundo o lugar de intervenção para que as medidas propostas estejam em acordo com o contexto local. Esta, foi dividida em três partes: compreender o contexto histórico e atual do bairro da Ribeira através de pesquisas e análises urbanas; identificar a palavra do habitante por meio de entrevistas com os transeuntes e realizar estudos de referência em contextos semelhantes. Quanto a primeira, em relação ao contexto histórico nos respaldamos, prevalentemente, nas teses de mestrado "Revitalização Urbana de Centros Históricos: Uma revisão de contextos e propostas: a Ribeira como estudo de caso" de Heitor Silva (2002) e "O Bairro da Ribeira como um palimpsesto: dinâmicas urbanas na Cidade do Natal (1920-1960)" de Anna Gabriella de Souza Cordeiro (2012). Em relação à compreensão do contexto atual, isto se deu através de visitas de campo, análise das legislações vigentes e elaboração de mapas de uso e ocupação do solo. Na segunda parte, foi aplicada a metodologia da Palavra do Habitante. Nesta, através de entrevistas semiestruturadas - onde foram utilizadas apenas questões abertas como forma de direcionar o diálogo aos temas pertinentes, mas, mantendo a espontaneidade do discurso - apreendemos a concepção dos usuários cotidianos do bairro entrevistados a respeito do espaço concebido, vivido e percebido (LEFEBVRE, 2006). A utilização dessa metodologia também se justifica na sua capacidade de oportunizar a "descoberta dos sonhos, desejos e preferências dos

habitantes: as categorias e variáveis julgadas importantes por eles na produção do habitat” (FERRAND-BECHMANN, 2007 apud ANDRADE e ANDRADE, 2016). Na terceira parte da Etapa de Apreensão, ressaltamos a diretriz “Aprender muito apenas observando” (PPS, 1999 apud HEMENWAY, 2015), a qual trata de entender realidades semelhantes para poder absorver e replicar aspectos positivos e afastar-se de soluções negativas. Portanto, a respeito dos Estudos de Referência, se escolheu analisar situações que se relacionam tanto ao universo, quanto ao tema de estudo proposto. Desta forma, foram selecionados o caso da Villa Sanhauá, uma requalificação de oito casarões em ruínas, localizados no bairro do Varadouro, na cidade de João Pessoa, PB - Brasil, e o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras, município de Lisboa - Portugal. Por fim, através do aprendizado a partir do referencial teórico e da Etapa da Apreensão, iniciamos o processo de elaboração do Plano de Reabilitação Integrada para o bairro da Ribeira (Natal/RN). Este, foi composto por um Plano de Ações, que foi aplicado em uma Proposta de Intervenção em uma área de recorte menor. Consideramos importante o relato desse trabalho na consolidação da experiência acadêmica da graduação baseada na indissociabilidade do ensino, pesquisa e extensão.

Resultados e Discussões

Quanto à boa habitabilidade, extraímos como diretrizes a partir de Coelho (2012) aspectos qualitativos residenciais que permeiam as escalações da residência, do edifício e da vizinhança a fim de promover a humanização dos espaços. Ademais, de acordo com Lynch (1981), um espaço urbano deve ter vitalidade, significado, acessibilidade, controle, eficiência e justiça para atender as necessidades dos habitantes de maneira digna. A respeito da Reabilitação Urbana Integrada, o centro histórico é encarado como uma realidade dinâmica e não apenas como um objeto de contemplação (CERRONI, 2010). Sendo assim, este método de intervenção é condizente com a promoção da boa habitabilidade, pois, os centros consolidados são mais predispostos a atender aos atributos da continuidade urbana e da diversidade tipológica e funcional (SERPA et al., 2018). Além disso, vemos a sua relação com o conceito anterior a partir da atenção dada ao desenvolvimento social, colocando a qualidade de vida dos habitantes locais como um dos objetivos principais (CARTA DE LISBOA, 1995). Logo, a Reabilitação Integrada promove o uso habitacional em áreas esvaziadas, pois este contribui para a vitalidade urbana e, em conformidade com a preservação da identidade do núcleo, possibilita a realização de intervenções mínimas atendendo apenas às necessidades dos habitantes sem descaracterizar os aspectos identitários do lugar (MARICATO, 2002).

Em relação à etapa de apreensão, a partir das pesquisas históricas pôde-se compreender como se deu a consolidação do bairro, onde foi identificado que, por abrigar o porto da cidade e, portanto, ser o local de embarque e desembarque das mercadorias, o local se afirmou enquanto área comercial da cidade (SOUZA, 2010). Além disso, por ter sido o bairro mais beneficiado pelas intervenções relativas a modernização da capital potiguar, o qual recebeu melhorias a respeito da infraestrutura urbana e implementações de espaços públicos, o mesmo também tornou-se espaço de lazer da sociedade natalense, especialmente da elite (CUNHA, 2014). Quanto ao seu momento de maior dinâmica, relacionado à chegada dos militares na cidade, observamos a vocação do bairro para a sociabilidade, através do lazer e da cultura - da boêmia. Momento em que o bairro se populariza, a elite ao mesmo tempo inicia a

afastar-se, buscando lugares distintos para habitar. Simultaneamente, a cidade se expandia em direção ao sul, tendo como eixo a Parnamirim road (atual Hermes da Fonseca), criando novas centralidades. E, assim, inicia-se o processo de esvaziamento do bairro, o qual perdura até os dias atuais. Atualmente, vemos que a Ribeira é marcada pelas consequências do esvaziamento, apresentando um conjunto edificado sem uso, degradado e/ou descaracterizado. Quanto às medidas para reverter essa situação, a fração do bairro referente à Zona Especial de Proteção Histórica foi tombada pelo IPHAN em 2010, fazendo parte da Poligonal de Tombamento da cidade. Assim, o bairro também foi instituído como Área de Operação Urbana (Lei Complementar nº079, 2007), com o objetivo de retomar a sua dinâmica, este foi delimitado nas áreas de Renovação Urbana, Adensável e de Recuperação Histórica. Quanto a área de Recuperação Histórica, pôde-se notar que esta contém a maior parte das edificações vazias do bairro, assim como percebe-se a ausência do uso residencial. Ademais, desde a década de 1990 realizam-se programas e ações no bairro com o objetivo de requalificá-lo. Porém, estas são marcadas pela descontinuidade e desintegração das propostas, o que tem dificultado alcançar o objetivo proposto (SILVA, 2002).

Para além da pesquisa histórica, utilizamos a Palavra do Habitante no sentido de apreender como os usuários percebem o bairro hoje, com a apuração dos conteúdos das conversas, pudemos agrupar em cinco temas: Aspectos do cotidiano na Ribeira; O que falta no bairro; Pontos positivos de se morar na Ribeira; Afetividades, memórias e saudades e Sonhos para a Ribeira. Então, a partir das falas dos entrevistados - os significantes - foram relacionados aos significados, de acordo com teorias referentes às áreas de estudo da arquitetura e do urbanismo. Em seguida, os significados foram contabilizados a partir de um software de estatísticas para análises de conteúdo e de discursos, o Word Cloud Art Creator, o que resultou em nuvens de palavras destacando os pontos mais mencionados, podendo assim compreender os aspectos mais relevantes apontados pelos vivenciadores da Ribeira. Portanto, a partir do apreendido com a Palavra do Habitante podemos identificar que, quanto aos Aspectos do Cotidiano da Ribeira, se destacaram o uso predominantemente diurno; a vocação histórica cultural e a sensação de insegurança à noite. Além desses, foram mencionados temas relativos à boa caminhabilidade e boa sociabilidade do bairro. Em relação a O que falta no bairro, foi evidenciada a necessidade de mais usos cotidianos e de primeira necessidade; lugares para sociabilidade e entretenimento e limpeza das ruas. Sobre os Pontos positivos de se morar na Ribeira, o aspecto mais mencionado diz respeito a esta ser uma área urbana central, e, consequentemente, apresentar uma boa mobilidade urbana e estar bem integrada com outras áreas da cidade. Além do mais, a respeito das Afetividades, memórias e saudades, identificou-se o saudosismo pela antiga vitalidade do bairro e a percepção dos habitantes a respeito da decadência do bairro. Por fim, no tocante aos Sonhos para a Ribeira, foi ressaltada a esperança pela reabilitação do bairro.

Desta forma, objetivamos intervir utilizando a Permacultura como ferramenta orientadora, cujas éticas nortearam a definição dos objetivos gerais do Plano de Reabilitação Integrada elaborado, como veremos adiante. Pois, esta apresenta um conjunto de princípios, os quais apresentam como objetivo a melhor qualidade de vida dos usuários, ou seja, cuidar das pessoas (HEMENWAY, 2015). Estes foram serem aplicados nas intervenções como forma de garantir que as éticas sejam seguidas.. Diante do exposto, podemos ver a relação dos três conceitos perante o objetivo de promover o desenvolvimento social e urbano sustentável. Além disso, devido à Reabilitação ter como uma das premissas o enfoque no uso habitacional e a Permacultura ter como uma das três éticas básicas o Cuidado pelas Pessoas, a boa habitabilidade pode ser compreendida como o cuidado pelas pessoas no uso

habitacional, e ser diretamente relacionada com ambas. A respeito dos Estudos de Referência, se escolheu analisar situações que se relacionam tanto ao universo, quanto ao tema de estudo proposto. Desta forma, foram selecionados o caso da Villa Sanhauá, uma requalificação de oito casarões em ruínas, localizados no bairro do Varadouro, na cidade de João Pessoa, PB - Brasil, e o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras, município de Lisboa - Portugal. Em relação ao segundo caso - o qual é objeto de estudo do projeto de pesquisa em questão - o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras - PEDU (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2015) visa o desenvolvimento urbano da cidade colocando como prioridade a qualidade de vida dos habitantes e através de uma ótica sustentável. Este plano foi elaborado de maneira integrada, desdobrando-se em Planos de Ações que se relacionam entre si, compartilhando por vezes os mesmos objetivos. Nisto, pudemos perceber a importância de integrar intervenções urbanas às intervenções no patrimônio arquitetônico como forma de promover uma boa habitabilidade. Além disso, os objetivos gerais; princípios de desenvolvimento; eixos de intervenção e desafios bem definidos e em acordo com o contexto social da cidade resultaram em planos de ações bem integrados entre si contribuindo para o seu êxito. Por fim, destacamos a realização de intervenções mínimas no edificado a fim de promover a qualidade habitacional dos espaços preservando a sua identidade arquitetônica. Quanto a aplicação do aprendizado na proposta de intervenção, inicialmente, a escolha deste recorte, se deu por estar inserido na Poligonal de Tombamento do bairro - como também na Área de Recuperação Histórica referente a Operação Urbana Ribeira e na Área de Interesse Social proposta pelo Programa ReHabitar - mais afastada da área portuária - onde predominam os usos de armazenagem e há um intenso fluxo de veículos de carga. Dessa forma, iniciamos definindo os principais objetivos do Plano norteados pelas éticas da Permacultura, como forma de garantir a ênfase pretendida aos aspectos sociais. O objetivo 01, em acordo com a ética do Cuidado pelas Pessoas, consiste em "Assegurar uma boa qualidade de vida para os moradores e usuários da área de intervenção". Relacionado ao Cuidado pela Terra, o objetivo 02 visa "Reativar a Ribeira enquanto Área Central Urbana, enfatizando seus aspectos histórico, cultural e paisagístico, sob a ótica de desenvolvimento sustentável". E, por fim, o objetivo 03, relativo ao Cuidado pelo Futuro, "Criar bases para o desenvolvimento econômico local, estabelecendo uma comunidade resiliente e em equilíbrio com o meio". Em seguida, partindo do que foi observado na análise do bairro, traçaram-se os pontos fracos e os pontos fortes e, buscando reparar os pontos fracos e enaltecer os pontos fortes foram definidos os desafios do Plano de Reabilitação, para servir de respaldo para a elaboração das Diretrizes de Intervenção. Estas, orientadas pelos Princípios da Permacultura, pois, estes garantiriam que o plano se mantivesse em acordo com os objetivos gerais traçados, pois foram elaborados com base nas éticas do Cuidado pelas Pessoas, Cuidado pela Terra e Cuidado pelo Futuro, e, portanto evidenciando o desenvolvimento social e urbano em equilíbrio com o meio. Com estes pontos definidos, partimos para a elaboração do Plano de Ações. A princípio, foram definidos Eixos de Intervenção, inspirando-se no Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano de Torres Vedras (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2015), sendo estes: o da Coesão Territorial, relativo à retomar a dinâmica de Centro Urbano da área através da implementação de usos cotidianos e atrativos, assim como melhorar a acessibilidade dentro do bairro, enfatizando-o como unidade de vizinhança; o da Coesão Social, refletido nas ações referentes ao desenvolvimento econômico local e à integração dos usuários enquanto comunidade, e, por fim, o eixo da Sustentabilidade, referente à busca por soluções sustentáveis e o uso eficiente de recursos. Ademais, foi adicionado o eixo da Apreensão do Espaço, relativo à colher as informações necessárias para realizar uma intervenção coerente. Desta forma, foi definido o Plano de Ações, o qual responde a diretriz de "Promover e apoiar a fixação da comunidade", pois, todas as medidas tomadas

contribuem para promover uma melhor qualidade de vida aos habitantes e, consequentemente, formar uma comunidade resiliente. Ademais, podemos observar que as ações integram-se entre si, onde uma complementa e serve de suporte para a outra. Quanto à aplicação do Plano de Ações, uma das propostas foi a requalificação da Rua Dr. Barata para uso compartilhado e das travessas México, Venezuela e Argentina para espaços de convivência exclusivas para pedestres, em acordo com o identificado na Palavra do Habitante. As propostas para os espaços públicos são tidas como imprescindíveis para introduzir o uso habitacional na área, pois contribuem para promover a qualidade de vida dos habitantes. Desta forma, corroboram para a efetivação da Ação 10 - “Reuso dos Edifícios Vazios e Subutilizados”, a qual se justifica na sustentabilidade da promoção da diversidade de usos na área, dado que - por se tratar de uma área urbana central - contribui para que se diminuam os deslocamentos diários, assim como se pauta na reutilização do edificado e da infraestrutura urbana existente, evitando o dispêndio com a implementação de novas áreas urbanas. Sendo assim, a escolha do novo uso atribuído aos vazios e subutilizados partiu da prioridade dada à introdução do uso habitacional, pois inserir habitações em um contexto de reabilitação urbana integrada contribui para a instalação de novos e diversos usos ligados às necessidades cotidianas dos moradores, além de ser um uso que tendencialmente não descaracteriza o edificado e promove a vitalidade da área nos diversos turnos (JACOBS, 2000; MARICATO, 2002). Atrelado a isso, entendemos a necessidade da inserção dos usos de primeira necessidade, pois “o entendimento de morar não se restringe a questão da habitação, da reforma de residências, mas também da presença de serviços cotidianos básicos, como padarias, supermercados, farmácias, escolas.” (MONTEIRO, 2003 apud COSTA, 2006). Outro aspecto considerado diz respeito à vocação do bairro identificada na Etapa da Apreensão. Com isso, buscamos introduzir usos comerciais e usos de lazer e entretenimento, como forma de resgatar a vocação comercial, boêmia e de ponto de encontro do bairro da Ribeira. Além disso, foram ponderados os dados obtidos a partir do Programa Rehabitar (SEMURB, 2007), o qual apontou imóveis de Interesse de Preempção e para Uso Habitacional; do Plano de Reabilitação para Áreas Centrais/Ribeira (TINOCO et al, 2008), onde se identificaram edifícios com potencial para Uso Misto; da dissertação de Gilmar Costa (2006), na qual foram propostos reusos habitacionais para diversos edifícios de valor patrimonial da área e do Nível de Restrição de Intervenção definido pelo IPHAN (2010). Por fim, destacamos que os usos existentes foram mantidos, buscando valorizá-los através da implementação dos novos usos, os quais, trazendo uma maior dinâmica para a área, consequentemente impulsionariam a economia local existente. Além disso, foram realizadas colagens conceituais como forma de ilustrar como poderia vir a ser o bairro da Ribeira caso os seus vazios fossem ocupados, enfatizando as relações sociais e as dinâmicas urbanas que viriam a surgir.

Conclusão

A proposta de Reabilitação Integrada para a Ribeira apresentou o objetivo de relacionar o habitar dos espaços privados ao habitar dos espaços públicos, como forma de promover a melhor qualidade de vida. Para isto, foram propostas intervenções urbanas na escala da vizinhança relacionado-as à introdução do uso habitacional. Além disso, quanto ao bairro, evidenciamos o seu potencial enquanto área urbana central negligenciado por descaso público, enquanto se investe na criação de novas centralidades. Referente a este aspecto político, diferentemente dos planos e programas que vêm sendo propostos para o bairro - marcados pela descontinuidade, ressaltamos a importância de um Plano de Reabilitação DA e PARA A Ribeira

- que seja contínuo, perpetuando por diversos mandatos, onde buscamos, inclusive, dar continuidade às ações propostas anteriormente. Semelhante ao que ocorre no Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano (PEDU) da cidade de Torres Vedras, onde ao longo dos últimos vinte anos são realizados programas e projetos de maneira integrada e contínua, do ponto de vista local, regional e internacional. Sendo assim, ressaltamos a importância da participação no desenvolvimento da pesquisa para a realização do Trabalho Final de Graduação abordado, onde foi possível a integração dos resultados obtidos. A comunidade acadêmica da UFRN traz contribuições a respeito do contexto do bairro da Ribeira há décadas, dando ênfase às propostas e alternativas existentes e à falta de continuidade destas. Assim, esta pesquisa também busca incentivar o desenvolvimento de um Plano de Reabilitação, seguindo o propósito de identificar - e elaborar - estratégias que visem o desenvolvimento urbano da Ribeira de maneira contínua e integrada, priorizando o desenvolvimento social da área. Por fim, observamos a importância de reabilitar centros tradicionais esvaziados por ser uma questão sustentável em termos sociais, econômicos, culturais e de recursos naturais. Portanto, retomar a sua dinâmica é de grande significância para devolver ao cidadão o seu direito à cultura, o seu Direito à Cidade. Uma cidade que seja: central, histórica, cheia de oportunidades, sustentável, diversa e democrática.

Referências

- ANDRADE, Sarah de Andrade e. A palavra do habitante e as possibilidades de apropriação do habitat em locação social: o programa de locação social da prefeitura municipal de São Paulo. 2016. 201f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- BONDUKI, Nabil. Intervenções Urbanas na Recuperação de Centros Históricos. Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2010. 376 p.
- Câmara Municipal de Torres Vedras. Plano Estratégico da Cidade de Torres Vedras. Torres Vedras: Câmara Municipal, 1996. Disponível em: <<http://www.cm-tvedras.pt/assets/upload/paginas/2013/04/18/pec-estrategia/pec-estrategia.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2019.
- CARTA DE LISBOA SOBRE A REABILITAÇÃO URBANA INTEGRADA. I Encontro Luso-Brasileiro de Reabilitação Urbana Lisboa, 21 a 27 de Outubro de 1995.
- CERRONI, Federica. Progettare il costruito: tecnologie per la riqualificazione sostenibile dei siti ad elevata qualità storica e ambientale. Roma: Gangemi, 2010.
- COELHO, Antonio Baptista; COELHO, Pedro Baptista. Habitação de Interesse Social em Portugal: 1988-2005. Lisboa: Livros Horizonte, 2009.
- CORDEIRO, Anna Gabriella de Souza. O Bairro da Ribeira como um palimpsesto: dinâmicas urbanas na Cidade do Natal (1920-1960). 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em História e Espaços) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- CUNHA, Carlos Henrique Pessoa. Nos tempos do blackout: cena musical, práticas urbanas e a ressignificação da Rua Chile, Natal-RN. 2014. 210 f. Dissertação (Mestrado em História e Espaços) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- HEMENWAY, Toby. The Permaculture City: Regenerative Design for Urban, Suburban, and Town Resilience. White River Junction, VT, Estados Unidos: Chelsea Green Publishing, 2015. 269 p.
- MARICATO, Ermínia. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes, 2002. 204 p. NATAL (Município). Lei nº 079, de 04 de janeiro de 2007. Lei de Operação Urbana Ribeira. 2. ed. Natal, RN, 2009 NATAL (Município). Lei Complementar Nº 082, de 21 de junho de 2007. Plano Diretor de Natal 1994. Natal, RN.

PLANO DE REABILITAÇÃO DE ÁREAS URBANAS CENTRAIS – PRAC/Ribeira /
Marcelo Bezerra de Melo Tinoco, Maria Dulce Picanço Bentes Sobrinha, Edja Bezerra
Faria Trigueiro (Org.). – Natal, RN: EDUFRN – Editora da UFRN, 2008.

PORTAS, Nuno. A Habitação Social: Proposta para a metodologia da sua arquitectura.
Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Porto, 2004.

ROCHA, Luís Renato Nogueira da. Reabilitação Urbana no Bairro da Ribeira:
Perspectivas de um Centro Urbano em Transformação. 2015. 101 f. TCC (Graduação)
- Curso de Gestão de Políticas Públicas, Departamento de Políticas Públicas,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO
AMBIENTE E URBANISMO. Natal: meu bairro minha cidade. 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO
AMBIENTE E URBANISMO. ReHabitar em Natal. 2008.

CÓDIGO: HS1392

AUTOR: PAULO VITOR PONTES CARDOSO

ORIENTADOR: ANGELA LUCIA DE ARAUJO FERREIRA

TÍTULO: A IDEALIZAÇÃO E A CIDADE CONCRETA: REPRESENTAÇÕES NOS MAPAS DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN (1940-1970)

Resumo

O aumento demográfico de Mossoró entre as décadas de 1940 e 1970 evidencia demandas próprias de uma cidade em crescimento: novos serviços, atividades e espaços de moradia. Tal contexto, sobretudo, implicou em ações de ordenamento para direcionar a ocupação do seu espaço físico, que tanto se utilizaram como geraram imagens gráficas de representação dos elementos constituintes da configuração existente, do pensado e do planejado para enfrentar os problemas surgidos. Mas, de que forma o traçado das vias, a delimitação das quadras, a indicação de elementos naturais e construídos presentes nos mapas elaborados nas décadas de 1940, 1950 e 1960 podem ser usados para entender os projetos e a expansão urbana de Mossoró? A cartografia é essencial para estabelecer o controle e gestão sobre o território, atendendo a diversos interesses (FERREIRA et al, 2014) e dá visibilidade a significados do espaço produzido social e historicamente (FIALHO, 2007). Assim, analisar a participação da idealização e registro do processo de produção urbana de Mossoró na leitura presente nessas representações cartográficas é o objetivo do trabalho. Para tal concretizou-se, com base na revisão bibliográfica, a sistematização dos dados e a comparação dos mapas, seus elementos e as condições históricas de sua confecção. A cartografia proporcionou a compreensão sobre o território na qual foi possível ver, em diferentes momentos, a expansão concreta da cidade, atendendo, em parte, a sistematização pensada outrora.

Palavras-chave: História da cartografia. Produção do espaço. Expansão Urbana. Brasil.

TITLE: IDEALIZATION AND THE CONCRETE CITY: REPRESENTATIONS IN THE MAPS OF MOSSORÓ - RN (1940-1970).

Abstract

Mossoró's demographic increase between the 1940s and 1970s highlights the demands of a growing city: new services, activities, and dwelling spaces. Such context, above all, implied planning actions to direct the occupation of its physical space, which both used and generated graphic images representing the constituent elements of the existing configuration, the thought and the planned to face the problems that arose. But how can the tracing of the roads, the boundaries of the courts, the indication of natural and constructed elements present in the maps prepared in the 1940s, 1950s and 1960s be used to understand the projects and the urban expansion of Mossoró? Cartography is essential to establish control and management over the territory, meeting diverse interests (FERREIRA et al, 2014) and gives visibility to meanings of socially and historically produced space (FIALHO, 2007). Thus, analyzing the participation of the idealization and recording of the urban production process of Mossoró in the present reading in these cartographic representations is the objective of this work. For this

purpose, based on the literature review, the systematization of the data and the comparison of the maps, their elements and the historical conditions of their making were realized. Cartography provided an understanding of the territory in which it was possible to see, at different times, the concrete expansion of the city, in part, given the systematization previously thought.

Keywords: History of cartography. Space production. Urban Expansion. Brazil.

Introdução

Os desafios impostos à questão urbana se manifestaram em Mossoró a partir de um crescimento notório de sua população entre as décadas de 1940 e 1970. Em cerca de 30 anos o número de residentes no município triplica, passando de predominantemente rural para uma população urbana superior a 80%, como é possível ver nas séries históricas do IBGE. A expansão demográfica fez surgir anecessidade por ampliação da cidade para comportar seus novos habitantes, o que causou impactos na morfologia do espaço urbano.

Tais mudanças requereram do poder administrativo projetos e políticas públicas que direcionassem colocar em prática tanto as funções sociais da cidade, quanto promover o ordenamento do crescimento físico. Essas ações tanto foram abalizadas como geraram um material gráfico que representam as intenções e registram a cidade existente. Isso pode ser evidenciado na série cartográfica sobre a cidade nas décadas de 1940, 1950 e 1960. As representações se mostraram importantes para revelar a forma e elementos físicos do espaço urbano em diferentes momentos. Com base nisso, surge a questão de pesquisa: como o traçado das vias, a delimitação das quadras, a indicação de elementos naturais e construídos presentes nos mapas elaborados no referido período podem ser usados para entender os projetos e a expansão urbana de Mossoró?

A cartografia é uma importante ferramenta de controle e gestão sobre o território, servindo de base para planejamento ao longo de toda a história, tendo em vista que a arte de representar o espaço surgiu antes mesmo da escrita. Destaca-se, por exemplo, o artefato cartográfico achado em 1963 na Turquia, com mais ou menos 8200 anos, que representa uma cidade com um total de 80 edificações. Pode-se citar também as representações da China antiga, que tiveram seus usos comprovados para diversas atividades, como mapas cadastrais, documentos burocráticos, planos para a conservação das águas, para fixar impostos, estratégicos da logística militar, entre outras finalidades (CARVALHO; ARAÚJO, 2011).

O fato é que ao longo da história da humanidade, os mapas desempenharam diversas funções e são importantes para conhecer determinado período, assim como o processo de sua construção e o pensamento de quem o confecionou. Considera-se responsável pela confecção dos mapas não apenas o profissional técnico que o construiu, mas os agentes diretos que farão uso desse instrumento. John Brian Harley (1991) diz que poucos aspectos da ação e concepção humana não foram representados graficamente em alguma época e a quanto mais estudamos os mapas, no âmbito das principais culturas do mundo, mais se amplia a lista das atividades a que foram consagrados. Portanto o presente trabalho tem por objetivo analisar a participação da idealização e registro do processo de produção urbana de Mossoró na leitura presente nessas

representações cartográficas. Pretende-se, assim, contribuir nas discussões empreendidas no âmbito do HC Urb e para a historiografia da cidade.

Sobre Mossoró, as cartografias utilizadas para a análise desse momento histórico são: a planta oficial da Cidade, com o plano de sistematização elaborado pelo Engenheiro J. C. Pedro Grande, de 1940; a planta elaborada pelo Escritório Saturnino de Brito, em 1953, que se trata do plano de saneamento e abastecimento de água; e a planta, também elaborada pelo Escritório para o saneamento da cidade, datada de 1967.

Acredita-se que essas plantas urbanas podem ser utilizadas para entender a idealização e a expansão urbana de Mossoró, pois no momento de sua construção, cada mapa tem pelo menos um objetivo e, seus construtores ambições para a cidade. Dessa forma, através da comparação dos momentos históricos registrados nos três mapas junto com uma consulta bibliografia, se analisará os processos históricos e sua materialização no espaço urbano, que será exposto nos itens a seguir.

Metodologia

Para o desdobramento deste trabalho foi construída uma metodologia desenvolvida e adaptada ao longo do processo de composição da pesquisa, onde foi adotado etapas a serem cumpridas perpassando desde a revisão bibliográfica até o levantamento, sistematização e processamento de dados.

A princípio, fez-se necessário a construção de referencial teórico sobre Cartografia e cartografia como fonte documental, onde foram consultadas obras de diversos autores, como John Brian Harley (1991) e Héctor Mendoza Vargas (2014). As discussões realizadas por Vargas acerca das precisões entre a História da Cartografia e a Cartografia Histórica, ajudaram na definição do foco do trabalho. De acordo com a sua significação, a distinção entre os dois baseia-se em que o primeiro trata de uma peça cartográfica que foi feita no passado, enquanto a segunda, é criada para representar o passado (VARGAS 2014).

Após a delimitação e entendimento das bases da história da cartografia mais geral, foi necessário aprofundar as especificidades do tema em estudo, fazendo-se diversas revisões na literatura que trabalha com a História da Cartografia Urbana. Neste sentido pode-se mencionar os trabalhos de Daniela Marzola Fialho “Representações da paisagem humana e natural: as imagens cartográficas como testemunhas e instrumentos da construção da cidade moderna” e “Uma leitura sensível da cidade: a cartografia urbana”, dentre outros autores, que foram fundamentais para a construção do referencial teórico no que diz respeito à cartografia urbana.

Uma vez definidos os parâmetros da cartografia, realizou-se o levantamento documental e consultas ao acervo do Grupo de Pesquisa História da Cidade, do Território e do Urbanismo - HC Urb, o que possibilitou catalogar diversas peças cartográficas referentes a Cidade de Mossoró em diferentes momentos, sendo essas: “A Redução da Planta Oficial da Cidade de Mossoró: Rio Grande do Norte” de 1940, elaborado pelo Engenheiro J. C. Pedro Grande na escala 1:7500; “Mapa de Saneamento e Abastecimento de Água” de 1953 na escala 1:50.000, de autoria do Escritório Saturnino de Brito e a “Planta da cidade: Esgotos Sanitários”, também elaborada pelo Escritório para a implantação do saneamento da cidade, porém datada de 1967.

Para a análise dessas cartografias apropriou-se de alguns conceitos como de Produção do Espaço e Fixos e Fluxos. Centrado na perspectiva de Henri Lefebvre (2006), o espaço resulta do trabalho e da divisão do trabalho. Dessa forma, o espaço é um produto da sociedade. Assim, uma sociedade com práticas urbanas, como por exemplo, determinados tipos de trabalhos, produz um espaço urbano.

Já os Fixos e Fluxos nos remetem aos conceitos de Milton Santos (1997) quando coloca: “Os fixos nos dão o processo imediato do trabalho”; sendo eles os próprios instrumentos de trabalho e as forças produtivas, incluindo o ser humano. Enquanto os Fluxos são a circulação, o movimento e dessa forma eles nos dão explicação dos fenômenos da distribuição e consumo, que aqui se incorpora para entender a produção do espaço de Mossoró, a partir da década de 1940.

Com as bases da cartografia urbana e com os conceitos acima mencionados, buscou-se as fontes de dados referentes à cidade de Mossoró. Pode-se destacar a importância do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019), que nos forneceu informações sobre a população do município no período de 1940 a 1970.

Com os dados em série histórica, foi consultado estudos referenciais sobre a cidade, nos quais destaca-se as contribuições de Karisa Lorena Carmo Barbosa Pinheiro (2007), em sua dissertação, intitulada “O Processo de Urbanização de Mossoró: dos processos históricos à estrutura urbana atual”; e de Aristotelina Pereira Barreto Rocha, condensado em seu livro “Expansão urbana de Mossoró (período de 1980 a 2004): geografia dinâmica e reestruturação do território”, entre outros textos que serviram de base para conhecer a história de Mossoró.

Ao dispor de tais subsídios, a metodologia adotada para a análise foi a comparação entre as peças cartográficas, observando as disparidades, continuidades, foco e intenções das representações a partir de diversos elementos – traçado das vias, delimitação das quadras, indicação de elementos significativos naturais e construídos – presentes nos mapas. Tal interpretação se deu a luz dos conceitos e discussões dos autores, que deram sustentação para explicar os fenômenos observados.

Resultados e Discussões

Ao considerar a cartografia como essencial para estabelecer o controle e gestão sobre o território (FERREIRA et al, 2016), os mapas tornam-se uma ferramenta que servem de base para o planejamento ao longo de toda a história. Durante a confecção de um mapa, é registrado um momento histórico daquele espaço a partir dos interesses dos seus confeccionadores. Dessa forma, quando se compara cartografias de diferentes períodos de um mesmo espaço, é possível se ver as mudanças que ocorrem neste lapso de tempo. Sobre essa questão Fialho (2007) expõe:

Os mapas das cidades são produzidos como ideário de representação, registro de memória, inventário do imaginário, narrativa histórica da geografia e da paisagem urbana. Vistos, assim, como discurso, os mapas produzem as identidades do espaço urbano e suas mudanças ao longo do tempo, ao darem visibilidade a significados constituídos historicamente.

Ao comparar os mapas referentes à Mossoró nas décadas de 1940, 1950 e 1960, pode-se observar grandes transformações no seu espaço urbano, assim como diferenças do que foi pensado, o espaço imaginário da cidade, frente ao espaço materializado nas décadas seguintes.

No ano de 1940, Mossoró possuía pouco mais de trinta mil habitantes, sendo esses em sua maioria , 56,44% localizados na zona rural. Entretanto, segundo Pinheiro (2007, p. 84), entre 1938 e 1942 o parque industrial de Mossoró passa de 18 estabelecimentos para 66, destacando que a extração de sal não foi considerada para a contagem, o que aumentaria ainda mais esses valores, tendo em vista a importância dessa atividade para a região. A ampliação desse setor pode servir de base para explicar as transformações no espaço urbano da cidade, que em 30 anos triplica sua população e passa a ser 80% urbana.

Ao analisar “A Redução da Planta Oficial da Cidade de Mossoró: Rio Grande do Norte” (1940),pode-se observar que esse crescimento era esperado, pois se vê uma cidade relativamente pequena, porém, com um Plano de Sistematização, direcionando seu crescimento com projeções que quase dobram o perímetro urbano ocupado, dividindo as novas áreas em lotes, ruas, praças, entre outros espaços públicos. Esse plano representado na cartografia é ambicioso para a cidade, contendo inclusive propostas de retirada de algumas edificações já consolidadas para abertura de vias, como é o caso da Rua Silva Jardim, em que é representado um edifício pouco após o cruzamento com a Rua Felipe Camarão, no sentido centro - periferia.

Essa nova dinâmica na cidade com aspirações ao crescimento pode ser percebida por meio de fixos, remetendo a Santos (1997, p.68):

Cada tipo de fixo surge com suas características, que são técnicas e organizacionais. E desse modo a cada tipo de fixo corresponde uma tipologia de fluxos. Um objeto geográfico, um fixo, é um objeto técnico mas também um objeto social, graças aos fluxos.

O modelo de produção industrial tem suas especificidades, em relação ao modelo vigente à época, que se baseava no Empório Comercial. O novo processo produtivo, entre suas características tem o fato de demandar certo nível de urbanização. Dessa forma, considerando as indústrias como fixos, pode-se concluir que as mesmas, por sua vez, promoveram fluxos que, no caso de Mossoró, suscitaram o movimento de capital, pessoas e mercadorias.

Na peça cartográfica referente as ações de sistematização e planejamento da expansão urbana da década de 1940, pode-se ver que um dos elementos que aparenta ser usado como diretriz da cidade, é a linha férrea Mossoró-Souza, que, confirma-se, detinha grande importância para a cidade, pois possibilitava o fluxo de mercadorias, pessoas e capital. Tal importância é um dos fatos que justificam o planejamento da expansão urbana usando esse elemento como marco, pois a cidade estava entrando no modelo agroindustrial exportador. Dessa forma, demandava-se que essas indústrias estivessem o mais próximo possível da linha férrea. Tal constatação é colocada por Oliveira (2017, p. 60), quando diz:

A linha ferroviária assume uma conotação de diretriz, para à qual a morfologia urbana rende uma obediência e muitas conversões. Como resultado é possível ainda ser observada a presença de grandes armazéns e prédios ou suas ruínas nas proximidades

nos espaços em que se situavam os trilhos de circulação ferroviária, sendo também possível notar a reconfiguração ou redefinição das funções destas construções através do reaproveitamento de imóveis de um trecho de acentuado valor econômico como é o que se situa, isto é, a área central da cidade.

Observa-se tal confirmação ao analisar o mapa de 1940, que se preocupa em representar a localização de pontos que os seus confeccionadores acharam importantes, como por exemplo a prefeitura do município, o hospital e as usinas de beneficiamento de algodão, entre outros estabelecimentos, em sua maioria com a uma característica em comum, a de estarem próximos à ferrovia. Ao todo, nessa planta são destacados 49 estabelecimentos de diferentes segmentos.

Ao usar a linha do trem e o rio Mossoró como diretriz, a planta projeta o crescimento da cidade com ruas largas, praças públicas em diversos locais. Quando se compara, no entanto, a redução da Planta Oficial de 1940 com a Planta de Saneamento e Abastecimento de Água de 1953, constata-se que, apesar do espaço urbano ter crescido nas direções planejadas, com ruas e quadras bem alinhadas, observa-se o descumprimento das indicações e projeções de parte do Plano de Sistematização elaborado na planta anterior.

Tais diferenças são sentidas no tocante às vias que foram pensadas na década de 1940, e as que se consolidaram nos anos 1950. Ao ser as primeiras menores com mais ruas se cruzando, se delineia quadras menores, além de ter em determinados pontos próximo ao rio, projeções de praças. Entretanto, ao se confrontar com o mapa de 1953, pode-se ver que as ruas ficaram mais extensas, com quarteirões de dimensões inferiores e as praças projetadas não foram construídas. Parte do planejado, contudo, foi colocado em prática, como é o caso por exemplo das ruas próximas ao Cemitério, Rua Benjamin Constant, Rua Silva Jardim; sendo que nesta última não mais é representado o edifício citado anteriormente, além de outras ruas próximas a essas vias. Ou seja, a área edificada havia sido demolida e deu lugar a ampliação do sistema viário.

Nesses 13 anos entre as peças cartográficas, o espaço urbano mossoroense teve um intenso crescimento, chegando, em alguns pontos, a superar as projeções que haviam sido feitas na década passada, como é o caso da Rua Venceslau Braz. Essa expansão física da cidade vem como resposta ao adensamento populacional, que em um intervalo de 10 anos aumentou cerca de 30%, fazendo a população urbana do município chegar a quase 50%.

Ao analisar o mapa de 1967, constata-se que a cidade continua em um grande processo de crescimento de seu espaço urbano, com a criação de diversas vias, novas quadras e se espalhando para espaços que não haviam sido representados na cartografia de 1953. Curiosamente havia sido idealizado o crescimento do espaço urbano naquela direção ainda na década de 1940, como é possível ver nas projeções da época.

Como exemplo desses lugares, tem-se a parte após o Rio Mossoró, onde hoje fica o bairro do Alto do São Manoel. Porém, observando o mapa de 1940, o Plano de Sistematização pensado na época, não foi respeitado. As ruas que se consolidaram são diferentes das pensadas na década de quarenta, sendo as consolidadas mais tortuosas e não formando retângulos – traçado ortogonal –, tendo uma lógica de organização própria.

A respeito do crescimento da cidade nessa direção, pode-se ver que na década de 1960 temos a inauguração de importantes equipamentos públicos, como é o caso da Universidade Regional do Rio Grande do Norte - URRN, que viria a se tornar atualmente a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), além da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, atual Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA.

Segundo Santos (1997) cada tipo de fixo corresponde a uma tipologia de fluxos e mesmo que a gente não possa ver este fluxo, os fixos nos darão uma abordagem mais cômoda, pois cada tipo de fixo surge com características que são técnicas e organizacionais. Tais estabelecimentos de ensino servem de estímulo para a ocupação de áreas, uma vez que essas instituições provocam migrações de pessoas moradoras das regiões próxima e pretende cursar o nível superior. Nesse período, a população da cidade cresceu em grandes proporções, chegando em 1970 com 97.245 mil habitantes, ou seja, mais que o triplo da população de 1940. Esses outros elementos, entre outros, fazem o espaço urbano de Mossoró também triplicar de tamanho em relação a década de 1940, como é possível observar comparando o material gráfico de 1940 com a de 1967.

Sobre a questão da industrialização, Rocha (2005, p. 48) diz que a partir de 1950 em Mossoró, verifica-se uma ascensão contínua no número de indústrias em funcionamento, atingindo a partir de 1960, setenta e duas fábricas instaladas e aponta como um dos responsáveis por tal crescimento o contexto nacional sobre o processo de implementação da estratégia preconizada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. E afirma que um dos motivos que despertou o interesse da Sudene em desenvolver e apoiar a implantação de indústrias na cidade de Mossoró foi sua boa situação em relação ao Setor Industrial do Nordeste.

Conclusão

Ao ter em vista os mapas como fonte de poder, o que é evidenciado ou deixado de lado em uma cartografia atende aos interesses de um determinado grupo. Em um Plano de Sistematização, partindo de entendimento que a produção do espaço é um produto da sociedade, a sua não execução pode denunciar um conflito pelo espaço. Dessa forma, a história da cartografia surge como uma forma de visualizar o espaço e, entender os eventos que o levaram até a sua atual configuração territorial.

Apesar de sua capacidade para subsidiar e de servir como fonte de dados para a análise de um espaço em um determinado momento histórico, a cartografia urbana tem sido pouco aprofundada nesse sentido. Assim, o presente trabalho vem com a visão de se estudar o espaço urbano por meio da história da cartografia, evidenciando a importância do mesmo para analisar a expansão urbana, assim como a idealização desse território. Pela sua interpretação foi possível ver, no caso de Mossoró, uma cidade que durante a década de 1940 cresce principalmente no sentido acompanhando a ferrovia e o Rio Mossoró, e, entre os anos de 1953 a 1967, vê-se a expansão seguindo uma nova lógica, se expandindo também intensamente para outras áreas. Esse foi o caso do que hoje é o bairro do Alto do São Manoel, na margem oposta ao centro da cidade.

Porém, uma das coisas que mais chama a atenção, é o fato do Plano de Sistematização não ter sido totalmente colocado em prática, suscitando inquietações sobre os

acontecimentos e condições históricas existentes entre 1940 e 1953 que geraram um espaço urbano diferente do idealizado. Desse modo, propõe-se para um futuro trabalho, o estudo acerca dos motivos que levaram a tais discrepâncias, assim como uma análise da simbologia dos mapas.

Referências

CARVALHO, Edilson Alves de; ARAÚJO, Paulo César de. Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas I: geografia. 2^a ed. Natal: EDUFRN, 2018, 248 p.

FERREIRA, Angela Lúcia; SILVA, Désio R.; SIMONINI, Yuri. Dominar o conhecimento, controlar o território: considerações sobre os mapas da inspetoria de obras contra as secas nordeste/Brasil 1910-1915. Scripta Nova (Barcelona), v. XVIII, p. 1-18, 2014.

FIALHO, Daniela Marzola. Uma Leitura Sensível da Cidade: a Cartografia Urbana. Nuevo Mundo Mundos Nuevos. Colloques, 2007. Disponível em: <<http://nuevomundo.revues.org/3698>> Acesso em: 20 ago. 2019.

HARLEY, J.-Brian. A nova história da cartografia. O Correio da UNESCO, São Paulo, FGV, v. 19, n. 8, p. 4-9. 1991.

LEFEBVRE, Henri. A produção do espaço. Tradução de Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins. Título original: La production de l'espace. 4^e éd. Paris: Éditions Anthropos, 2000. Disponível em: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/arq_interface/1a_aula/A_producao_do_espaco.pdf> Acesso em: 20 ago. 2019.

MENDOZA VARGAS, Héctor. El mapa antiguo y el mapa histórico, notas de curso: Historia de la cartografía (General). México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2014.

OLIVEIRA, Jionaldo Pereira de. Uma análise da formação e expansão do urbano de Mossoró: dinâmica e contradições. Pensar Geografia, Mossoró, v. 1, n. 1, p. 50-71, jun. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uern.br/index.php/PENSARGEO/article/view/2437/1322>> Acesso em: 20 ago. 2019.

PINHEIRO, Karisa Lorena Carmo Barbosa. O processo de urbanização de Mossoró: dos processos históricos à estrutura urbana atual. 2006. 247 f. Dissertação (Mestrado em Conforto no Ambiente Construído; Forma Urbana e Habitação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

RAISZ, Erwin. Cartografia geral. Rio de Janeiro: Editora Científica, 1969.

ROCHA, Aristotelina Pereira Barreto. Expansão urbana de Mossoró (1980 a 2004): geografia dinâmica e reestruturação do território, Natal: EDUFRN, 2005.

RUA, João. Globalização, desenvolvimento e espaço rural: algumas reflexões sobre o estado do Rio de Janeiro. Geo UERJ Revista do Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, n. 14, p. 19-30, 2^º sem. 2003.

SANTOS, Milton. Metamorfose do espaço habitado. São Paulo: Hucitec, 1997.

Anexos

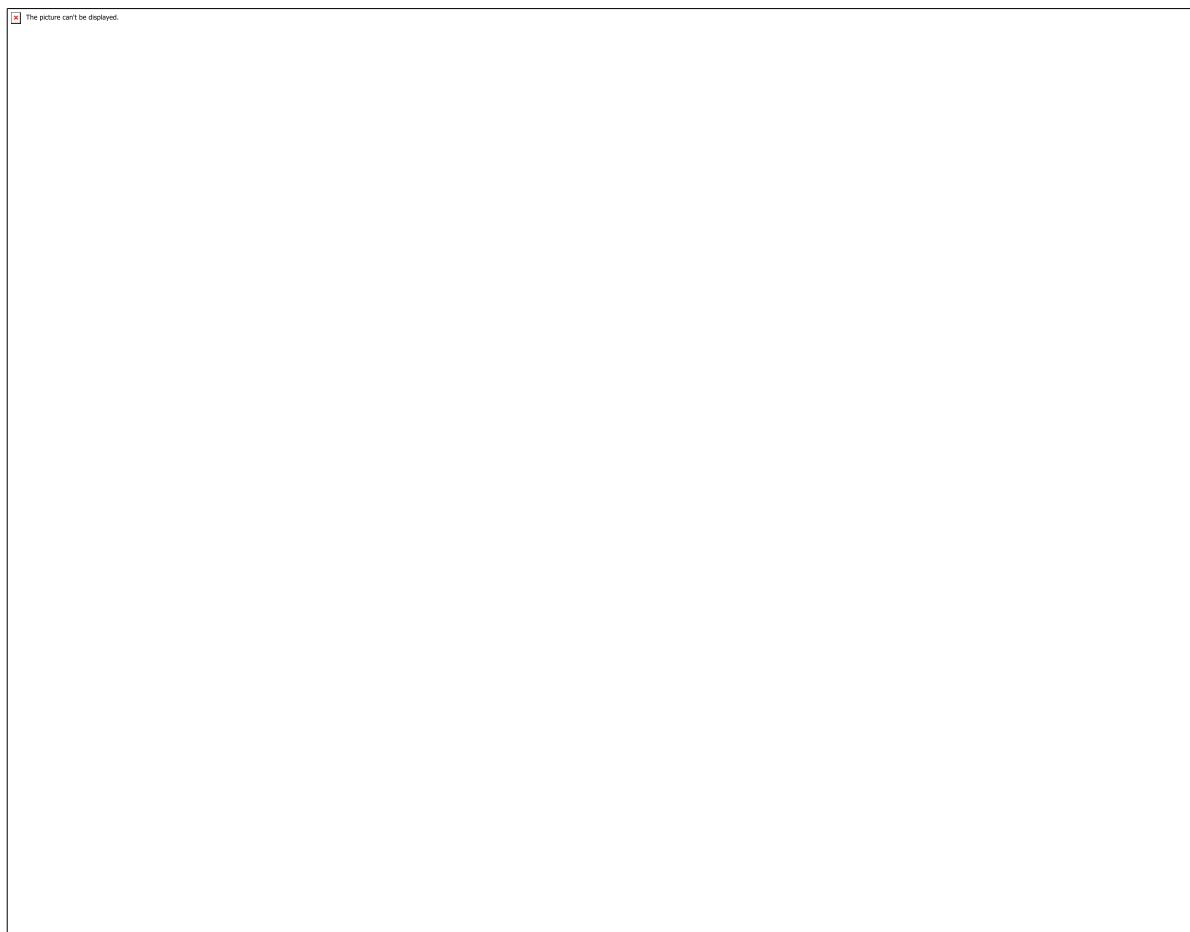


Figura 01: "A Redução da Planta Oficial da Cidade de Mossoró: Rio Grande do Norte" de 1940. Fonte: Acervo do HC Urb

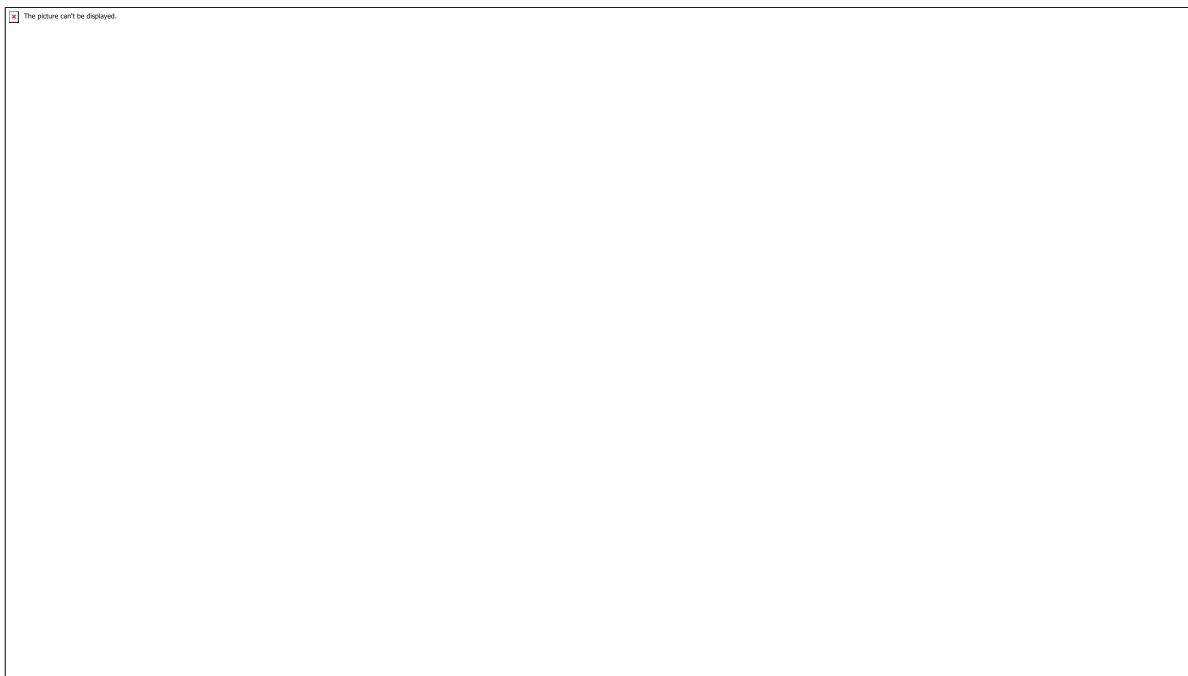


Figura 02: “Mapa de Saneamento e Abastecimento de Água” de 1953. Fonte: Acervo do HC Urb

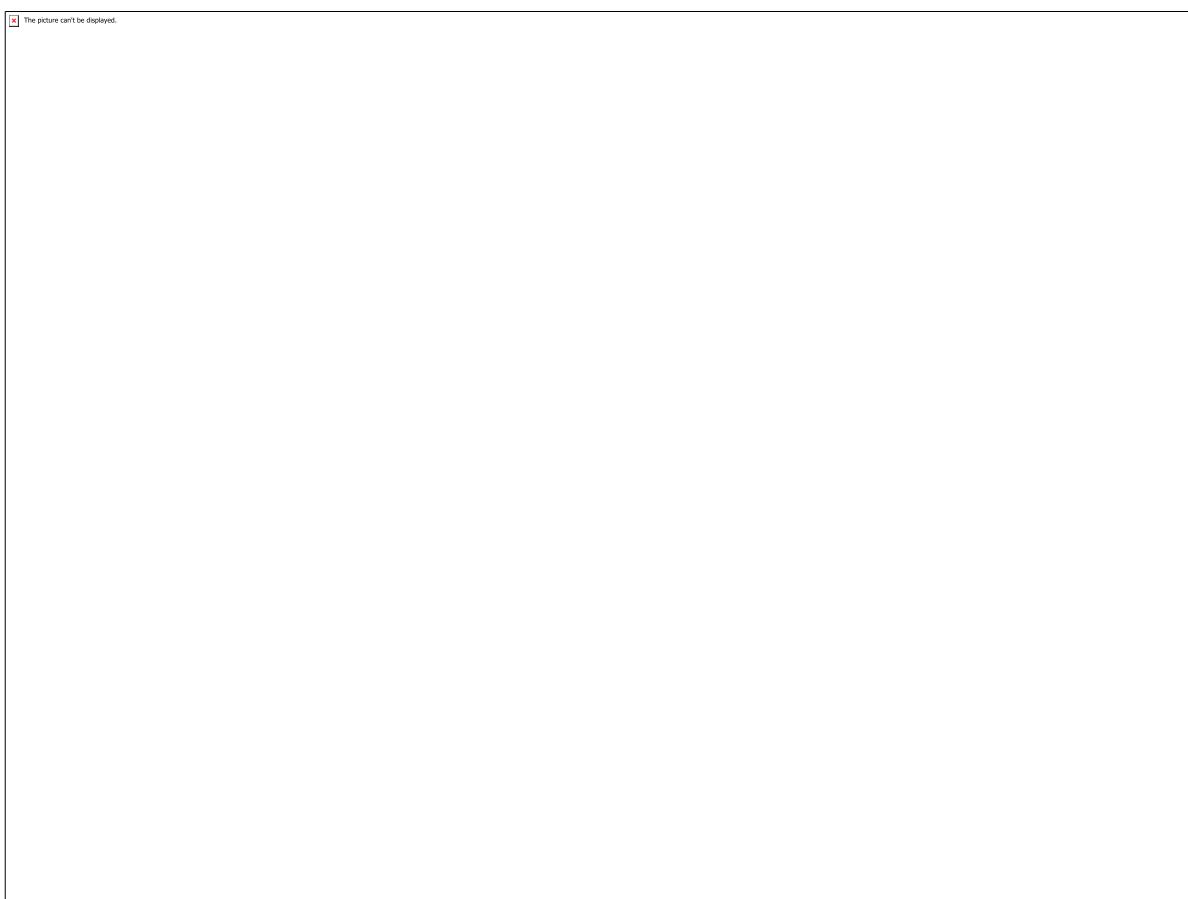


Figura 03: “Planta da cidade: Esgotos Sanitários” de 1967. Fonte: Acervo do HC Urb

CÓDIGO: HS1404

AUTOR: DAVID ALEXANDRE SICOLO

ORIENTADOR: VIRGINIA MARIA DANTAS DE ARAUJO

TÍTULO: APOIO TÉCNICO PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS URBANÍSTICOS DE ÁREAS URBANAS PARA MAPEAMENTO ACÚSTICO

Resumo

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo o levantamento de parâmetros urbanísticos que possam ser utilizados para gerar mapas de ruído na área de Cabedelo-PB. Esses mapas configuram instrumentos sintéticos, acessíveis e importantes para o planejamento urbano, uma vez que ruído afeta a qualidade de vida e a saúde dos habitantes de uma cidade. Esses parâmetros, além de incluir características do próprio tráfego veicular (quantidade de veículos transitando, velocidade dos veículos), também contemplam aspectos das edificações, como sua altura e seu uso, e das vias carroçáveis. Através do processamento desses parâmetros por algoritmos em software, mapas de ruído são gerados. É necessário também comparar o modelo gerado em software com medições sonoras realizados em campo, em pontos relevantes, para que este modelo seja calibrado.

Palavras-chave: Acústica urbana, mapeamento acústico, ruído veicular

TITLE: TECHNICAL SUPPORT FOR THE COLLECTION OF URBANISTIC PARAMETERS FROM URBAN AREAS FOR ACOUSTICAL MAPPING

Abstract

This research work aims to survey urban parameters that can be used to generate noise maps for the area of Cabedelo-PB. These maps make accessible and important synthetic instruments for urban planning, since noise affects the quality of life and the general health of the inhabitants of a city. These parameters, besides including characteristics of the vehicular traffic itself (number of vehicles traveling, vehicle speed), also include aspects of the buildings, such as their height and use, and the roadways. Through the processing of these parameters by software algorithms, noise maps are generated. It is also necessary to compare the model generated in software with sound measurements performed in the field, at the relevant points, for this model to be calibrated.

Keywords: Urban acoustics, acoustical mapping, vehicular noise

Introdução

A presente proposta trata-se de plano de trabalho de Iniciação Científica a ser desenvolvido como apoio ao Projeto de Pesquisa que consiste em analisar o impacto sonoro provocado pelo ruído de tráfego veicular em áreas urbanas, a partir do mapeamento do ruído com auxílio de modelo computacional. Apesar do planejamento urbano ser importante para a prevenção dos problemas de ruído, é difícil empregá-lo quando tratamos de territórios já consolidados ou de cidades muito compactas. Em seu estudo referente ao ruído de tráfego, mobilidade urbana e planejamento urbano, Katiane Balzan (2011) desenvolveu uma série de ações, constituindo um plano geral de combate ao ruído, o qual pode ser válido como instrumento de definição de planos de

desenvolvimento territorial em municípios. A autora lista algumas ações como planos de mobilidade, para descongestionar zonas saturadas acusticamente, de pavimentação e planejamento urbano, garantindo que a configuração espacial da cidade, no que tange à malha urbana e às edificações, desenvolva de modo a minimizar o impacto acústico.^[11] Uma das ferramentas disponíveis para auxiliar o planejamento urbano das cidades e combater a poluição sonora é o mapa sonoro (APA, 2011; LEE; CHANG; PARK, 2008; SUÁREZ; BARROS, 2014). Também denominado mapa de ruído ou carta do som, o mapa sonoro é a representação geográfica do ruído emitido nas cidades, por meio das curvas isofônicas (APA, 2011; LEE; CHANG; PARK, 2008; SUÁREZ; BARROS, 2014; GARAVELLI et al., 2010). Segundo Silva (2011), curvas isofônicas constituem a interligação dos pontos de medição e representam graficamente a topografia sonora da cidade. Atualmente, foi adquirida pelo grupo de pesquisa “Conforto Ambiental e Eficiência Energética”, a mais recente versão do software SoundPLAN®, contemplando a rotina da direção e velocidade dos ventos. Desde 2011, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) adquiriu o referido software que gera mapas acústicos de alta precisão. A utilização do programa permitiu a elaboração de algumas pesquisas na área de acústica urbana, a exemplo das dissertações de mestrado intituladas “Mapeamento acústico como ferramenta para predição de ruído urbano na área de influência do Estádio Arena das Dunas, Natal/ RN” (PINTO, 2013), “Mapeamento sonoro: Estudo do ruído urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa/PB” (BRASILEIRO, 2017), e da tese de doutorado “Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN” (FLORÊNCIO, 2018), gerando já um acervo importante para a proposta apresentada. A atualização do software com a rotina dos dados climáticos permitira uma melhor calibração dos dados gerados, incluindo a direção e velocidade dos ventos, tão importantes na propagação das ondas sonoras nas áreas urbanas na região objeto de estudo. Para que o software acústico elabore os mapas sonoros será necessário que seja informada uma série de dados referentes às áreas objeto de estudo, em especial os padrões de ocupação (uso do solo e gabarito), os de natureza geomorfológica e áreas verdes (topografia e áreas verdes), além do sistema viário e circulação (hierarquia viária, tipo de pavimentação, semáforos, viadutos e túneis), de tráfego (volume do tráfego, velocidade média dos veículos leves e pesados, percentual de veículos leves e pesados), meteorológica (temperatura e umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos) e acústica (níveis de pressão sonora equivalente). Na atual etapa da pesquisa, a área de enfoque é Cabedelo-PB. Mais especificamente, o entorno da rodovia Transamazônica, que se origina nesse município. O apoio técnico de iniciação científica no período proposto justifica-se pela quantidade de dados necessários para elaboração dos mapas sonoros quanto ao uso do solo e gabarito, topografia e áreas verdes.

Metodologia

A metodologia consiste em três etapas principais, sendo estas: 1 - Etapa de pesquisa bibliográfica: Trata-se do levantamento bibliográfico, nos níveis internacional e nacional, acerca de conceitos fundamentais de acústica urbana e gestão do ruído urbano, a exemplo das fontes sonoras no espaço urbano, propagação sonora ao ar livre, forma urbana e comportamento do som e normas e legislações vigentes quanto à poluição sonora. 2 - Etapa de pesquisa de campo: Para a elaboração dos mapas é necessário uma série de dados de campo referentes às áreas objeto de estudo. Para coletar os dados dos padrões de ocupação e os de natureza geomorfológica e áreas verdes são necessários: delimitação da área de influência: para a realização do mapeamento sonoro considerando-se a “área objeto de estudo” maior que a área que se pretende conhecer os níveis de pressão sonora; levantamento ou atualização dos dados para

elaboração dos mapas propostos. Na área considerada para esta etapa da pesquisa, foi contemplada a região a 100 metros de distância (em todas as direções) do eixo da rodovia Transamazônica, em seu trecho que percorre Cabedelo-PB. Dada a distância da área de estudo da instituição de ensino na qual se desenvolve essa pesquisa, também se utilizou de fontes informações virtuais (como o Google Street View) para aquisição dos dados necessários, especialmente em relação ao gabarito e uso das edificações. Esses dados são consolidados no software QGIS, de gerenciamento de informações georeferenciadas, que então são importadas para o software de mapeamento acústico SoundPlan. 3 - Etapa de elaboração de mapa: Trata-se da confecção de mapas que incluem polígonos dos contornos das edificações, assim como de áreas verdes de dimensões significativas, e também dos eixos dos trechos de todas as vias dentro da área de análise. Esta etapa alterou-se em relação ao plano de trabalho original pois para a área de estudo focada no período a que se refere esse relatório, Cabedelo-PB, não foram encontrados junto a órgãos públicos documentos atualizados que pudessem servir de base para elaboração dos mapas de análise. Assim, o mapa contendo os polígonos e os eixos das vias é elaborado a partir de imagens de satélite recentes. Isso resulta em uma precisão reduzida na geometria do desenho, contudo, dada a escala da área de análise, essa imprecisão é desprezível.

Resultados e Discussões

Um mapa no entorno de 100 metros a partir do eixo da rodovia da Transamazônica no seu trecho que percorre Cabedelo-PB foi criado no software QGIS. Este mapa inclui polígonos para todas as edificações, que contempla em seus atributos o uso do solo e o gabarito, assim como polígonos para as áreas verdes de dimensões significativas (largura do trecho vegetado, perpendicular à propagação do ruído, maior que 15 metros). Inclui também todos os trechos de vias carroçáveis, representados por linhas que seguem seu eixo. Estas linhas contemplam em seus atributos as dimensões de larguras de cada sentido da via e também de seu canteiro central, quando há. Outras informações necessárias para o mapeamento acústico, como topografia da área, quantidade de fluxo de veículos em cada via e medições sonoras em campo, não puderam ser desenvolvidas no tempo especificado deste relatório, e serão realizadas na continuidade do projeto.

Conclusão

Nesta etapa do projeto, quando ainda não é possível gerar um mapa acústico para a área de estudo, também não é possível derivar conclusões a respeito do impacto do tráfego de veículos na rodovia Transamazônica em seu entorno. É necessário prosseguir com o levantamento de dados, para que o modelo de análise seja gerado em software.

Referências

APA (Agencia Portuguesa do Ambiente). Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído. Ed. Amadora. Edição electrónica em pdf, 2011. Disponível em <https://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTécnicas_EstudosReferencia/DirectrizesMapasDez2011_todo_2.pdf>. Acessado em setembro de 2017. BALZAN, K. Avaliação do ruído de tráfego veicular em área central de Chapecó – SC. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria,

Santa Maria, 2011. BRASILEIRO, Tamáris da Costa. Mapeamento Sonoro: Estudo do Ruído Urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa/PB. 2017. Dissertação em andamento (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. FLORÊNCIO, D. N. P. Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN. 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. LEE, S.W.; CHANG, S.I.; PARK, Y.M. Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea. (2008). Applied Acoustics, v. 69, n. 8, p. 704-714. PINTO, Débora Nogueira. Mapeamento acústico como ferramenta para predição de ruído urbano na área de influência do Estádio Arena das Dunas, Natal/ RN. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. SILVA, Prof. Pérides. Acústica Arquitetônica & Condicionamento de AR. 6^a ed. Belo Horizonte: Empresa Termo Acústica LTDA, 2011. SUÁREZ, E.; BARROS J.L. Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile. (2014) Science of the Total Environment, v. 466-467, p. 539-546.

CÓDIGO: OU0949

AUTOR: HUGO BRIAN DE CARVALHO CORTEZ

ORIENTADOR: MARCIO VALERIO DE ARAUJO

TÍTULO: Sistema automatizado com monitoramento para reuso de água potável, pluviais e residuais para fins residenciais.

Resumo

A presente pesquisa tecnológica tem por objetivo desenvolver um produto protótipo que possa ser facilmente instalado em qualquer residências para o controle e monitoramento do consumo de água. Para tanto, o protótipo de ser acoplado ao encanamento da residência por onde passam águas passíveis de serem reaproveitadas para fins domésticos como descarga em bacias sanitárias, lavar calçadas, sistemas de irrigação de jardim, entre outros. Alguns exemplos de locais de instalação são no despejo de água da máquina de lavar roupas e no despejo de água da chuva. Em um primeiro momento da pesquisa foi desenvolvido um protótipo para reaproveitar a água oriunda da máquina de lavar roupas. Este tipo de máquina geralmente tem dois ou três ciclos de lavagem, portanto dois ou três intervalos em que a água é despejada. O primeiro despejo é de água suja e não reaproveitável para quase todos os fins. Já a partir do segundo despejo, a água já é reaproveitável contendo apenas sabão e amaciante, no geral. O desafio é separar a água do primeiro despejo do segundo em diante. O protótipo faz a separação através de um encanamento com uma válvula comandada por sinais elétricos. Ela foi colocada na tubulação que vai para um reservatório. Quando a máquina está no seu primeiro ciclo, portanto despejando água suja, a válvula está fechada, assim a água segue seu caminho normal. Quando a máquina está no segundo ou terceiro ciclo, a válvula abre e a água vai para um reservatório para reutilização.

Palavras-chave: Água, reuso, reutilizar, reaproveitamento, máquina, lavar, roupa.

TITLE: Automated monitoring system for the reuse of potable water, rainwater and wastewater for residential purposes.

Abstract

This technological research aims to develop a prototype product that can be easily installed in any home for the control and monitoring of water consumption. To this end, the prototype to be coupled to the plumbing of the residence through which pass water that can be reused for domestic purposes such as flushing toilets, washing sidewalks, garden irrigation systems, among others. Some examples of installation locations are washing machine water discharge and rainwater discharge. Initially, a prototype was developed to reuse water from the washing machine. This type of machine usually has two or three wash cycles, so two or three intervals at which water is discharged. The first dump is dirty water and is not reusable for almost all purposes. Already from the second dump, the water is already reusable containing only soap and softener, in general. The challenge is to separate the water from the first dump from the second onwards. The prototype separates through a pipeline with a valve commanded by electrical signals. It was placed in the pipe that goes into a reservoir. When the machine is in its first cycle, so pouring dirty water, the valve is closed, so the water goes its normal way. When the

machine is in the second or third cycle, the valve opens and water goes into a reservoir for reuse.

Keywords: Water, reuse, washing machine.

Introdução

A cada dia que passa se torna mais necessário o desenvolvimento sustentável. Os recursos naturais são finitos e com o crescimento populacional mundial essa relação com a sustentabilidade deve se tornar mais eficiente. Dentre os recursos naturais, há um recurso que sem sombra de dúvidas é o mais importante, a água. Nesse sentido o mundo precisa de soluções criativas para o consumo consciente e sustentável deste recurso tão importante para vida. Esta pesquisa tenta encontrar uma solução específica para melhorar singelamente este cenário. Neste projeto foi criado um protótipo para reaproveitar a água oriunda da máquina de lavar roupas. Este tipo de máquina geralmente tem dois ou três ciclos de lavagem, portanto dois ou três intervalos em que a água é despejada. O primeiro despejo é de água suja e não reaproveitável para quase todos os fins. Já a partir do segundo despejo, a água já é reaproveitável contendo apenas sabão e amaciante, no geral. O desafio é separar a água do primeiro despejo do segundo em diante. Para isto foi projetado um sistema que é composto basicamente por um elemento controlador, uma válvula solenóide, canos, um sensor detector de água, um circuito elétrico e uma fonte de alimentação de energia.

Metodologia

O primeiro passo foi montar a tubulação e acoplar a válvula solenóide. A tubulação tem forma de "T", no primeiro dos tubos, que fica a 90° dos outros dois, foram feitos dois furos por onde passam dois terminais elétricos do detector de água. A mangueira que sai da máquina de lavar é inserida neste tubo. No meio do segundo tubo está a válvula solenóide normalmente fechada, de 12 Volts e que consome uma corrente de aproximadamente 3,5 Amperes quando aberta. O terceiro tubo é conectado onde seria despejo de água normal da máquina. Para este protótipo inicial foi escolhido uma placa arduino nano com microcontrolador Atmega 328 por seu tamanho e simplicidade. Este controlador foi inserido em uma placa de circuito impresso que o conecta com os demais componentes eletrônicos do sistema. O circuito elétrico foi projetado no software de CAD(Computer Aided Design), ou desenho assistido por computador, chamado Eagle em sua versão gratuita. Neste software foi desenhado as conexões entre o controlador e o potenciômetro, display, relé, além do circuito do detector de água que é composto por um transistor e alguns resistores. Depois de terminado o desenho, a placa de circuito impresso foi obtida pelo método térmico que consiste em imprimir o desenho em um papel fotográfico, e esquentar esta impressão em contato com direto com uma placa dupla face de cobre e polímero. A tinta do desenho adere ao cobre, depois então, é feita a corrosão do cobre exposto por meio de uma solução de percloro de ferro. O resultado é que apenas o cobre protegido pela tinta permanece na placa formando as trilhas do circuito. Após este procedimento, a placa foi limpada e os componentes eletrônicos soldados a ela. Em paralelo a este processo, também estava sendo desenvolvido o código na plataforma Arduino ao qual seria carregado no controlador. O código tem basicamente uma entrada do sensor(se está passando água ou não), uma entrada do potenciômetro que é uma graduação de quanto se deseja aproveitar água do primeiro ciclo da máquina, uma saída para o relé ao qual ação a válvula, e uma saída para o display que informa a porcentagem de água do primeiro ciclo que deseja ser aproveitada e informa também em qual ciclo a máquina está. Como o arduino necessita de apenas 5V para seu funcionamento e a válvula necessita de 12V, foi

necessário incluir também no circuito um regulador de tensão que transforma a tensão de 12V para 5V.

Resultados e Discussões

O protótipo foi testado em uma máquina de lavar roupas real. Ao chegar ao local da máquina, as conexões necessárias são acoplar a mangueira de despejo da máquina ao primeiro tubo, conectar o segundo tubo ao reservatório e o terceiro a tubulação de despejo da casa. A máquina testada foi da marca Brastemp e tinha dois ciclos de lavagem com os seguintes tempos em seu funcionamento normal: 17 minutos para encher, 2 minutos e 52 segundos de despejo por gravidade, 8 minutos e 46 segundos de despejo por centrifugação. Embora a maioria das máquinas tenham diferentes tempos e diferentes funções como turbo, pesado, rápido, exágue extra e etc, o código deverá funcionar para todas com dois ciclos de lavagem, que são a grande maioria. Foram testados diferentes porcentagens de aproveitamento inclusive 0% que rejeita toda a água suja do primeiro ciclo. Todos os teste funcionaram.

Conclusão

O sistema deve ser uma boa solução para o consumo consciente nas residências pois além de estar ajudando o meio ambiente ainda trará retorno financeiro ao usuário. O sistema poderá até se tornar um produto no futuro com os devidos implementos. A continuação do projeto trará, além do controle do display para visualizar os ciclos e a porcentagem a ser aproveitada, um monitoramento mais completo como a quantidade de água que está sendo economizada e o controle a longas distâncias por meio da integração com outras plataformas como um aplicativo android.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5688: Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – Tubos e conexões de PVC, tipo DN - Requisitos. Rio de Janeiro, 1999. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques Septicos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção operação. Rio de Janeiro, 1997. CANATO, D.A. Utilização de Conceitos de Integração de Sistemas Direcionados a Domótico – Estudo de Caso para Automação Residencial. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 2007. LEITE, A.M.F. Reúso de Água na Gestão Integrada de Recursos Hídricos. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília. 2003.

CÓDIGO: OU1351

AUTOR: ADISON PEREIRA DA SILVA JUNIOR

ORIENTADOR: JOSE HERIBERTO OLIVEIRA DO NASCIMENTO

TÍTULO: NANOREVESTIMENTO SUPERHIDROFÓBICO DE NANOCOMPÓSITO PTFE/ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO FABRICADO POR DEPOSIÇÃO DE ESPUMA EM FIBRAS DE PLA

Resumo

Contemporaneamente, materiais baseados em grafeno com diferentes funcionalidades têm sido estudados e bastante utilizados em inúmeras aplicações tecnológicas em razão de sua enorme versatilidade. Nesse trabalho buscamos obter uma superfície superhidrofóbica baseada em um modelo com ângulos de contato elevados, observado na flor de lótus e outros, onde deixamos o tecido funcionalizado com superfície de caráter superhidrofóbico, para isso imobilizamos o tecido com óxido de grafeno reduzido e uma concentração de PTFE em meio ácido, com alta temperatura durante um tempo determinado. Então o trabalho tem como objetivo estudar de forma sistemática o processo de síntese de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido pelo método de Hummers modificado e imobilização no tecido de algodão por tratamento térmico controlando-se o tempo e a temperatura para a redução e o processo de deposição dos nanorevestimentos de nanopartículas de PTFE e óxido de grafeno reduzido funcionalizadas com uma nanoemulsão, obtendo um durável efeito lótus em fibras têxteis via exaustão. Técnicas de caracterização por difração de raios-X foram importantes para avaliar a estrutura morfológica e qualidade dos materiais obtidos. Os resultados obtidos mostraram a produção de grafeno com diferentes graus de oxidação, definindo-se uma melhor condição química para a produção de dispersões estáveis de grafeno e o nanorevestimento superhidrofóbico de nanocompósito PTFE/óxido de grafeno reduzido.

Palavras-chave: óxido de grafeno reduzido, nanorevestimento, superhidrofóbico.

TITLE: PTFE / REDUCED GRAPHEN OXIDE SUPERHYDROPHOBIC NANORECOMING MANUFACTURED BY FOAM DEPOSITION IN PLA FIBERS

Abstract

Currently, graphene based materials with different functionalities have been studied and widely used in many technological applications due to their enormous versatility. In this work we seek to obtain a superhydrophobic surface based on a model with high contact angles, observed in the lotus flower and others, where we leave the functionalized tissue with surface of superhydrophobic character, for this we immobilize the tissue with reduced graphene oxide and a concentration of PTFE in acid medium with high temperature for a specified time. Therefore, the objective of this work is to systematically study the synthesis process of graphene oxide and graphene oxide reduced by the modified Hummers method and immobilization in the cotton fabric by heat treatment, controlling the time and temperature for reduction and reduction. The deposition process of nanoparticles of nanoparticles of PTFE and reduced graphene oxide functionalized with a nanoemulsion, obtaining a durable lotus effect on textile fibers via exhaustion. X-

ray diffraction characterization techniques were important to evaluate the morphological structure and quality of the obtained materials. The results showed the production of graphene with different degrees of oxidation, defining a better chemical condition for the production of stable dispersions of graphene and the superhydrophobic nanocomposite PTFE / reduced graphene oxide coating.

Keywords: reduced graphene oxide, nanorevent, superhydrophobic.

Introdução

Partindo do grafite em pó, foram investigadas condições experimentais para obtenção do GO e sua forma reduzida rGO. Esse trabalho está relacionado com a preparação de óxido de grafeno (GO) e óxido de grafeno reduzido (rGO) em quantidades razoáveis e busca à preparação de nanocompósitos e com o intuito de desenvolver metodologias capazes de preparar materiais inovadores, que utilizem grafeno na sua estrutura, foi representado uma nova tecnologia que transforma produtos de baixo custo em materiais avançados com alto valor agregado. O óxido de grafeno (GO) e o óxido de grafeno reduzido (rGO) são substâncias diferentes formadas do carbono que tem atraído grande atenção por possuírem interessantes propriedades de textura e ótima estabilidade química, o que faz esses nanomateriais terem potencial na utilização de diversos materiais como em sensores químicos, transistores de alta velocidade, displays flexíveis, células solares, supercapacitores, componentes para aviões e automóveis, dentre outras. Para que o óxido de grafeno (GO) e o óxido de grafeno reduzido (rGO) possam vir a serem utilizados de forma competitiva ou, até mesmo, substituir os materiais habitualmente empregados nos laboratórios e na indústria, é necessário o aprimoramento das suas rotas de obtenção para que a viabilidade econômica seja alcançada. Também é necessário melhorar o desempenho do grafeno e para isso são desejadas camadas finas e grandes, de maneira a minimizar o contato entre as camadas, e conferir melhores propriedades elétricas, térmicas e mecânicas. Contemporaneamente o efeito lótus vem sendo bastante observado pelos estudiosos, atraindo não só a atenção das comunidades acadêmicas, mas também das indústrias. Todo o interesse vem das incríveis propriedades mecânicas e físicas desse tipo de efeito em materiais têxteis, entre outros e suas promissoras aplicações práticas. A superhidrofobia é responsável pelo efeito lótus, vindo da planta aquática que apresenta folhas com superfície superhidrofóbica, com alta repelência de água. Superfícies superhidrofóbicas são exploradas por diversos seres vivos. Exemplares de artrópodes ou da natureza em geral, como ocorre em algumas folhas de plantas, penas de pombo e asas de inseto, os quais apresentam a característica comum de serem repelentes a água. Sobre superfícies superhidrofóbicas, uma das características interessantes está em uma gota d'água manter uma forma quase perfeitamente esférica, deslizando facilmente. É o efeito lótus, tais superfícies são autolimpantes e mais resistentes à contaminação por microrganismos. As aplicações deste tipo de material são inúmeras. Superfícies de cozinha altamente impermeáveis e autolimpantes, tecidos autolimpantes e que não acumulam água, para-brisas que não acumulam água, equipamentos eletrônicos totalmente à prova d'água. Isso porque a gota não irá escorrer, mas sim rolar, levando consigo as impurezas adsorvidas na superfície. No experimento aplicamos a teoria no material de algodão onde a partir dos conceitos teóricos e experimentais será feito um modelo para obtenção de uma superfície superhidrofóbica. Com isso e tendo como base as propriedades físicas e mecânicas de uma superfície superhidrofóbica, tais como molhabilidade, tensão superficial, ângulo de contato. Foram formulados os conceitos essenciais para o entendimento da proposta.

1.2 MOTIVAÇÃO

Dessa forma podemos dizer que o grafeno é um material pouco conhecido e que tem se mostrado um material promissor para muitas aplicações tecnológicas. Nos últimos anos, inúmeras pesquisas têm sido realizadas, desde a síntese do grafeno, até suas

várias aplicações no âmbito tecnológico devido suas excelentes propriedades físico-químicas. Portanto, sem dúvida alguma, é um material que precisa ser estudado. A possibilidade de estudar e explorar um campo que até então não é muito conhecido, tem motivado a vários estudos, os quais vêm auxiliando, cada vez mais, o progresso deste material.

Metodologia

2.1 OBJETIVO GERAL Nesse projeto buscamos através de estudos em artigos e seminários, conhecimentos sobre caracterização de nanomateriais, síntese e suas aplicações. Sobretudo a síntese do óxido de grafeno através do método de Hummers modificado. Após isso começamos a obter, caracterizar e aplicar nanorevestimentos sobre as fibras têxteis de algodão para obter a superhidrofobicidade, por um inovador e eficiente método de imobilização e funcionalização com alta temperatura e pressão em um determinado tempo. Após todo o processo de caracterização e otimização, foi verificado se houve resultados aceitáveis para a obtenção de um inovador e durável efeito lótus. buscamos que esse material tenha característica superhidrofóbica com ótima resistência, condutividade e flexibilidade e assim poderá ser aplicado em diferentes substratos têxteis, por um método ambientalmente correto. Sem diminuir as propriedades tribológicas e mecânicas das fibras em estudo. Sua aplicabilidade será testada tanto na repelência de diferentes líquidos aquosos como também, na condutividade do material, sua durabilidade e resistência a lavagem e abrasão.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introdução à literatura de síntese e caracterização de grafeno e óxido de grafeno;
- Familiarização com diferentes técnicas de caracterização;
- Otimizar os parâmetros de síntese do óxido de grafeno a partir do método de hummers modificado;
- Tratar termicamente em diferentes temperaturas para a obtenção do óxido de grafeno reduzido;
- Caracterizar a morfologia e estrutura dos materiais (óxido de grafeno, óxido de grafeno reduzido) por Difração de Raios-X;
- Nanorevestimento no tecido, para ter características superhidrofóbicas, dentro do ângulo de contato e modelo estudado;
- Obter efeito lótus na fibra têxtil, demonstrando a viabilidade da utilização do método.

3 METODOLOGIA Neste projeto de pesquisa, será utilizado um planejamento para aperfeiçoar os fatores que influenciam o processo de imobilização nos nanorevestimentos e nanopartículas de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido funcionalizadas pelo método de Hummers modificado com uma impregnação por temperatura e pressão no Autoclave (ALT), levando-se em conta, as interações dos seguintes fatores: Concentração do óxido de grafeno reduzido previamente sintetizado pelo método de Hummer, tempo de síntese do material, hidrofobicidade do material, massa do substrato têxtil/ óxido de grafeno. Estes ensaios serão realizados no laboratório de Operações unitárias. Além disso, será estudada a relação entre a morfologia da superfície, a sua composição química e os parâmetros do processamento de óxido de grafeno dos nanorevestimento na superfície destas fibras. Para caracterizar as fibras quanto à sua hidrofobicidade serão efetuados testes simples de molhabilidade. Para ser determinada a estrutura atômica e molecular será realizada através da Difração de Raios-X na LAMMEN – ECT/UFRN. Que também serão utilizados para caracterizar a morfologia, verificar a formação dos nanorevestimento e a sua dimensão fractal sobre as fibras têxteis neste projeto. A resistência tanto dos fios, quanto dos tecidos serão avaliados por ensaio de resistência mecânica a ruptura. Também será avaliada a durabilidade e propriedades tribológicas dos nanorevestimentos utilizando um ensaio de abrasão e a solidez à água, de acordo com norma específica.

3.1 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS Foram realizadas as sínteses do óxido de grafeno, do óxido de grafeno reduzido, a limpeza do tecido de algodão, imobilização do grafeno na fibra têxtil e preparada uma solução com PTFE para revestimento.

3.1.1 SÍNTSE DE ÓXIDO DE

GRAFENO O óxido de grafeno será sintetizado a partir do grafite natural purificado de acordo com método de Hummers modificado. O procedimento consiste na oxidação química do grafite, por meio da adição de solução ácida. Para cada 1 g de grafite, adiciona-se 0,5 g de nitrato de sódio (NaNO_3) e 23 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Essa mistura é submetida a agitação mecânica por 1 h, com velocidade de 450 RPM, a uma temperatura inferior a 20 °C. Na sequência, é adicionado lentamente 3 g de permanganato de potássio sólido (KMnO_4) de forma a manter a temperatura em até 20 °C. O composto é novamente submetido a agitação mecânica por 12 horas, ocasionando em aumento de temperatura para 35 °C e, ao término do tempo, a pasta de grafeno oxidado obtida é diluída em 500 mL de água deionizada. A solução resultante é tratada adicionalmente com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30%. Por fim, o produto da síntese é lavado com solução de ácido clorídrico (HCl) 5% para remoção de íons metálicos e possíveis sujividades. Depois será filtrado, lavado com água deionizada e em seguida, disposto em estufa para secagem a 80 °C por 6 h.

3.1.2 SECAGEM CONTÍNUA DE TECIDOS TÊXTEIS COM TINTA RGO. Para a obtenção de rGO, utilizou-se o Autoclave (ALT) com temperatura e tempo determinados e utilizamos Polímero Acrílico (Primal ECO 934 TK) para imobilizar as moléculas no tecido e o Ditionito de Sódio como redutor ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). Primeiramente foi feita a pesagem dos reagentes e foi ajustado os parâmetros no ALT em uma solução com 0,03 g de ligante (polímero acrílico), 0,05 g de GO e 50 ml de água destilada e a solução é dispersa em 1g de Algodão. Também foi ajustado o PH para aproximadamente 10 e em seguida foi colocado no ALT à 60° C por 30 minutos. Em seguida foi feita a adição de 5 ml do Ditionito de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) em uma solução 3%, através da seringa dosadora por 20 minutos à 60° C. Após retirar ambas as amostras, levar a Rama à 120°C por 2 minutos.

3.1.3 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO E APLICAÇÃO DO PTFE. Foi preparada uma solução de Flúor Carbono – E82, onde foi usado uma concentração de 60% sobre o material, nesse caso utilizou-se 0,350 g de flúor carbono e 75 ml de água destilada, para uma amostra de 0,5 g de algodão. A solução foi dispersa em todo o tecido via revestimento por spray e logo após foi levado a rama à 135 graus por 3 minutos.

Resultados e Discussões

Com a finalidade de verificar o sucesso da síntese e imobilização do óxido de grafeno no tecido de algodão, foi efetuada a caracterização morfológica da Difração de Raios-X (DRX) que tem consegue analisar a microestrutura e composição de fases do material. O resultado de DRX tanto do óxido de grafeno que foi sintetizado, tanto quanto a imobilização no tecido de algodão foram avaliados, conforme apresentado abaixo. Também foram realizados testes de molhabilidade e repelência a líquidos.

4.1 DIFRAÇÃO DE RAIOS X – DRX A Figura 2 apresenta os difratogramas de raios X da amostra de grafeno na forma de óxido de grafeno obtido do grafite em pó. Na Figura é possível verificar o padrão de difração em aproximadamente $2\theta = 10^\circ$. Que demonstra a ocorrência da inserção de grupos oxigenados, ocasionando assim mudança durante a reação de oxidação, em que os grupos oxigenados são inseridos entre as folhas de carbono e na sua borda, dessa forma promove uma mudança na hibridação sp^2 para sp^3 . A Figura 2.1 apresenta os difratogramas de raios X da amostra de algodão que estava alvejado e na Figura é possível verificar o padrão de difração em aproximadamente $23,0^\circ$ e seus picos estão em uma intensidade relativa que vão de 50 a 600. A Figura 2.2 e 2.3 apresentam os difratogramas de raios X da amostra de tecido de algodão, funcionalizado e imobilizado no tecido com o óxido de grafeno e o óxido de grafeno reduzido respectivamente, através de temperatura em ALT tendo em vista o melhor desempenho do grafite na forma de pó na produção de GO e rGO via o método Hummers modificado, esse material foi reduzido quimicamente durante o processo de

imobilização no tecido através de temperatura e pressão em ALT. Nas duas figuras é possível verificar o padrão de difração em aproximadamente 23,0°, porém a intensidade relativa em cada material é diferente, ou seja, a intensidade é a resposta dado pelo material no difratograma e o aumento dessa intensidade na figura 2.3 em comparação com o gráfico da figura 2.2 mostra que houve um aumento na cristalinidade do material.

Conclusão

Portanto tendo como base nos resultados obtidos tem-se que é possível obter óxido de grafeno via método de Hummers modificado, utilizando o grafite na forma de pó. Também podemos imobilizar o GO no tecido e reduzir o óxido de grafeno obtido já imobilizando no tecido de algodão. Vale ressaltar que tanto o óxido de grafeno quanto o óxido de grafeno reduzido possuem grande potencial para aplicações com nanorevestimento e nanomateriais. O trabalho foi realizado de forma satisfatória, fazendo o uso de óxido de grafeno reduzido sobre o tecido de algodão com o objetivo de estudar diferentes funcionalidades: sobretudo propriedades superhidrofóbicas. A influência de parâmetros de processo como, concentração de nanopartículas de óxido de grafeno reduzido, bem como o revestimento foram caracterizados por ângulo de contato e difração de raios-x, a caracterização estrutural por DRX foi crucial para se analisar o maior grau de organização estrutural para o óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido obtidos a partir das sínteses. Com o que foi estudado, temos que o Grafeno é um material de grande importância tecnológica e simboliza um grande avanço científico. Desta forma pode ser dito que o estudo apresentado neste relatório é satisfatório de acordo com toda a teoria estudada. Seguindo as considerações da teoria, os resultados mostram boa concordância com as previsões do modelo. Assim, podemos afirmar que a teoria descrita permitiu que fosse projetado uma superfície altamente hidrofóbica.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10719: apresentação de relatórios técnico-científicos. Rio de Janeiro, 1989. 9 p. D. C. Marcano, D. V. Kosynkin, J. M. Berlin, A. Sinitskii, Z. Sun, A. Slesarev, L. B. Alemany, W. Lu, and J. M. Tour. Improved Synthesis of Graphene Oxide. *Acsnano* VOL. 4 • NO.8 • Marcano et al C.LEE, X.WEI, J. W. H. KYSAR, JAMES. Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene. *Science*. v. 31, p. 385-388, 2008. BLANTON, T.N.; MAJUMDAR, D. X-ray diffraction characterization of polymer intercalated graphite oxide. *Powder Diffraction*, v. 27, p. 104-107, 2012. M. Pumera; Electrochemistry of graphene, graphene oxide and other graphenoids: Review; *Electrochemistry Communications*, 36 (2013) 14–18 Sampaio, J. A.; Braga, P. F. A.; Dutra, A. J. B. (2008). GRAFITA - CTEM - Centro de Tcnologia Mineral. Ministério da Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro. Dezembro, p. 13 - 14. N. G. Macedo. Estudo e desenvolvimento de grafite como agente anti-chama para PVC. Ribeirão Preto, 2011 Sparks BJ, Hoff EFT, Xiong L, Goetz JT, Patton DL (2013) Superhydrophobic hybrid inorganic-organic thiolene surfaces fabricated via spray-deposition and photopolymerization. *ACS Appl Mater Inter* 5(5):1811–1817 Graphene: status and prospects. Geim, A. 2009, *Science*, pp. 1530-1534

Anexos

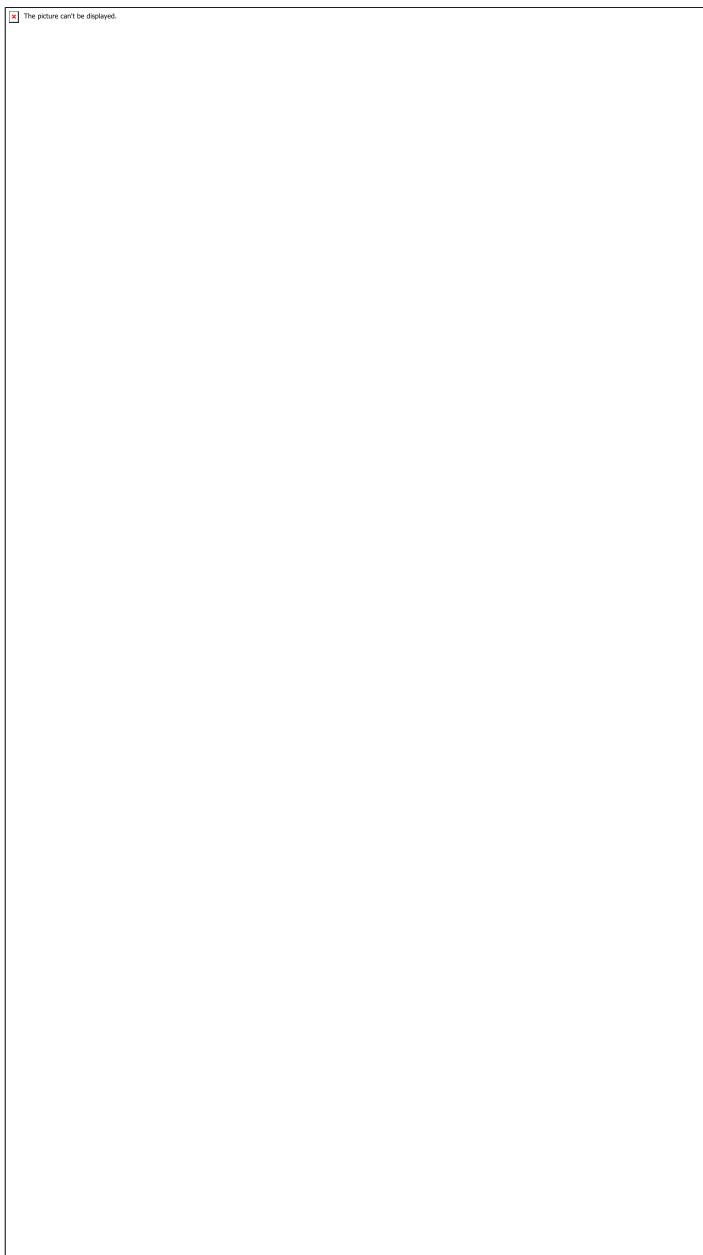


Figura 1.1 – Óxido de grafeno GO antes de ser macerado.

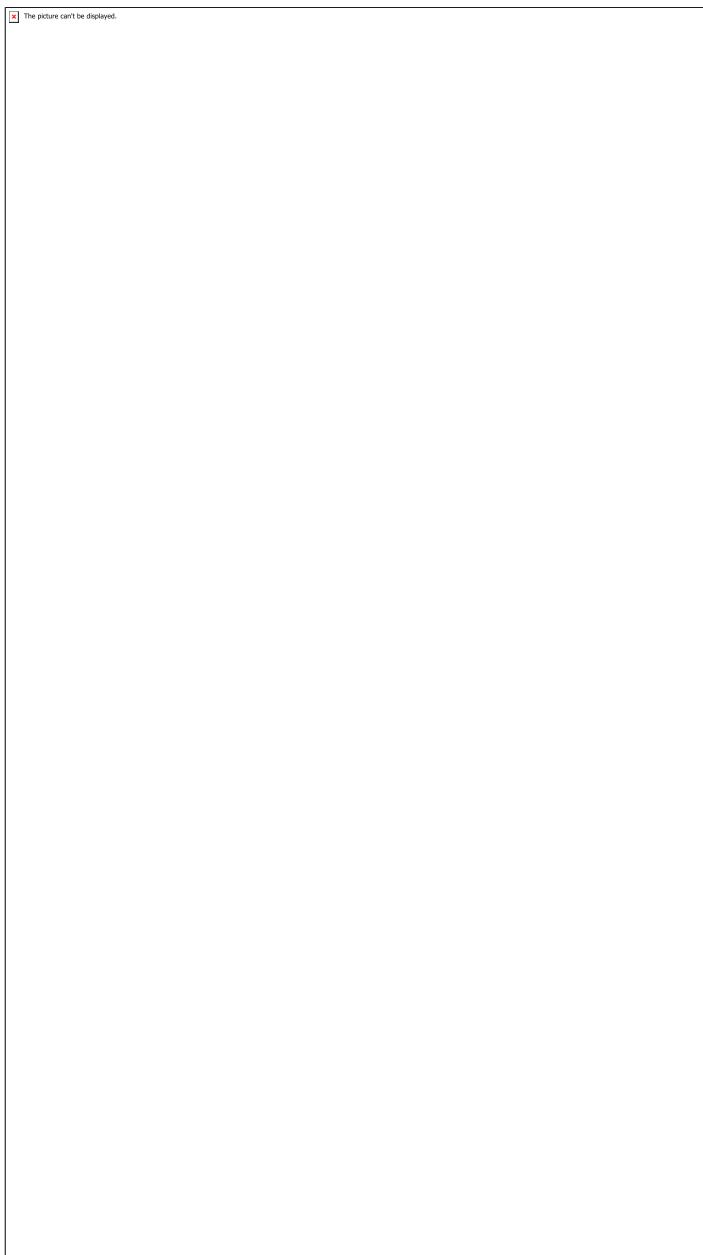


Figura 1.2 – Óxido de grafeno GO.

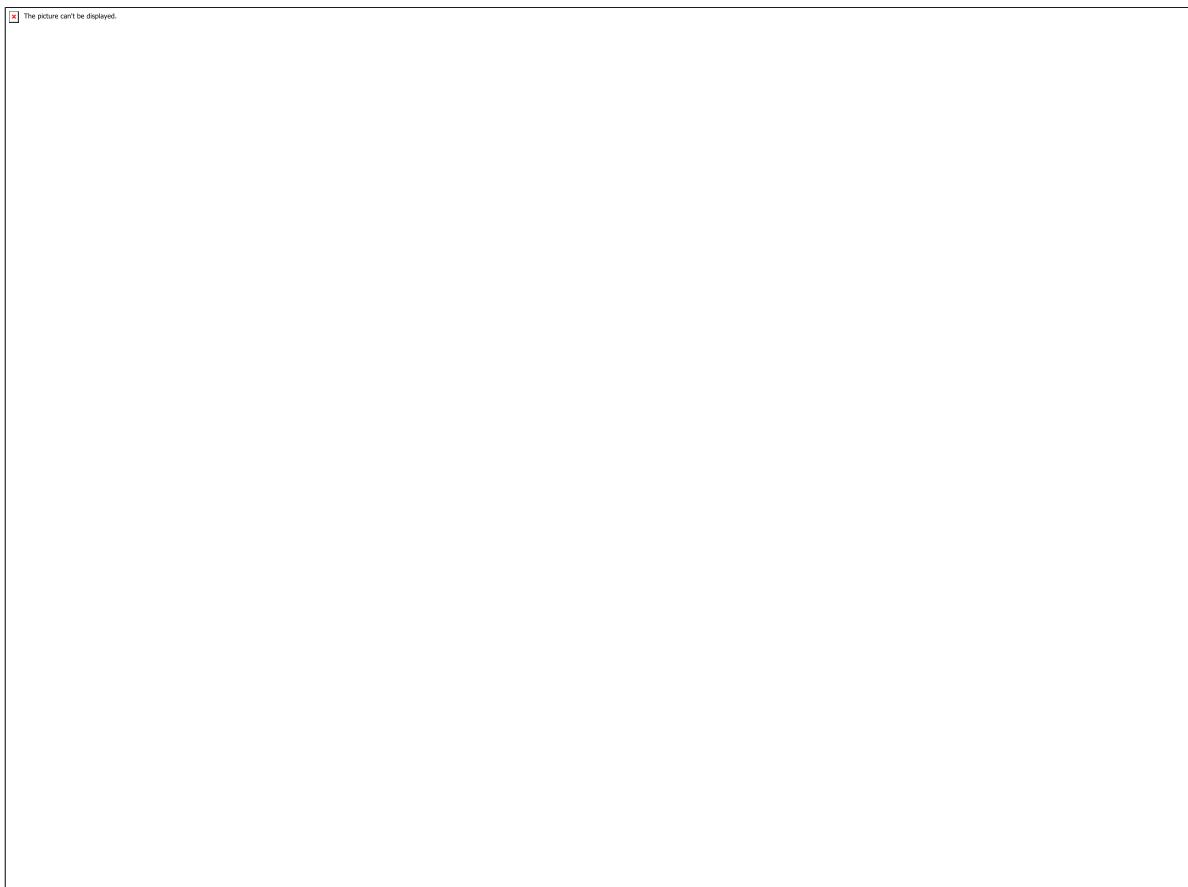


Figura 1.3 – Tecido de Algodão Superhidrofóbico

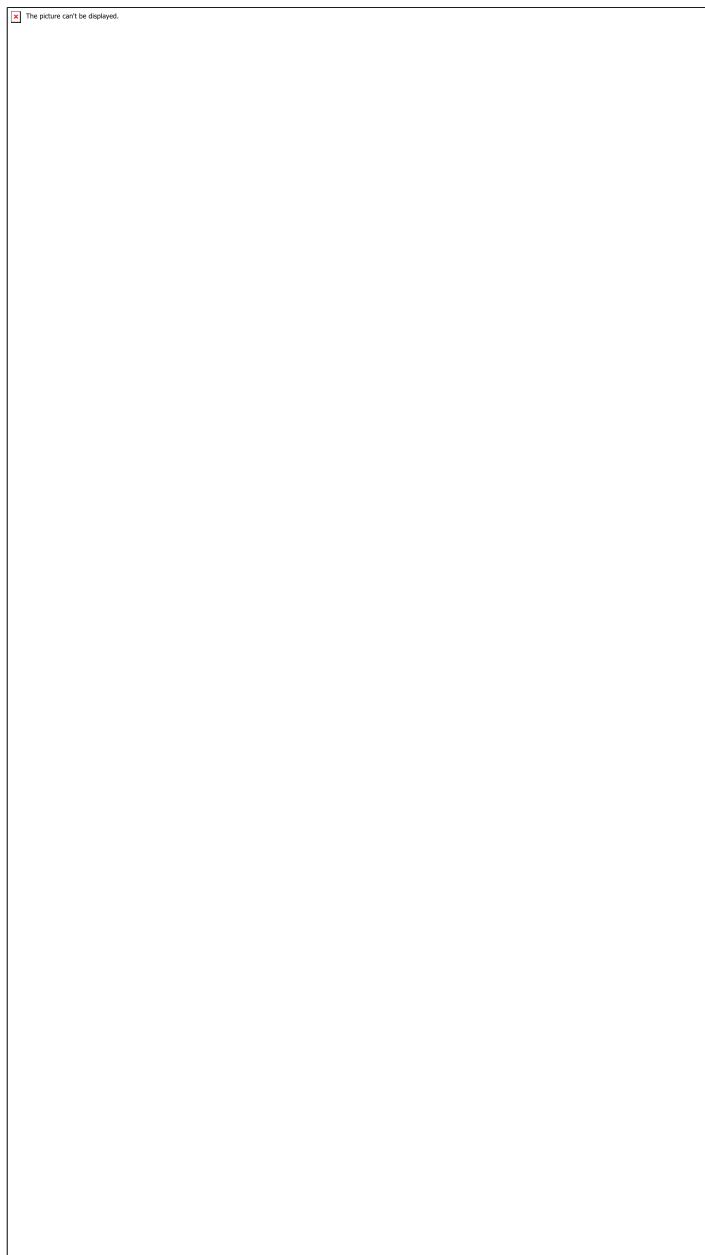


Figura 1.4 – Óxido de grafeno na forma líquida

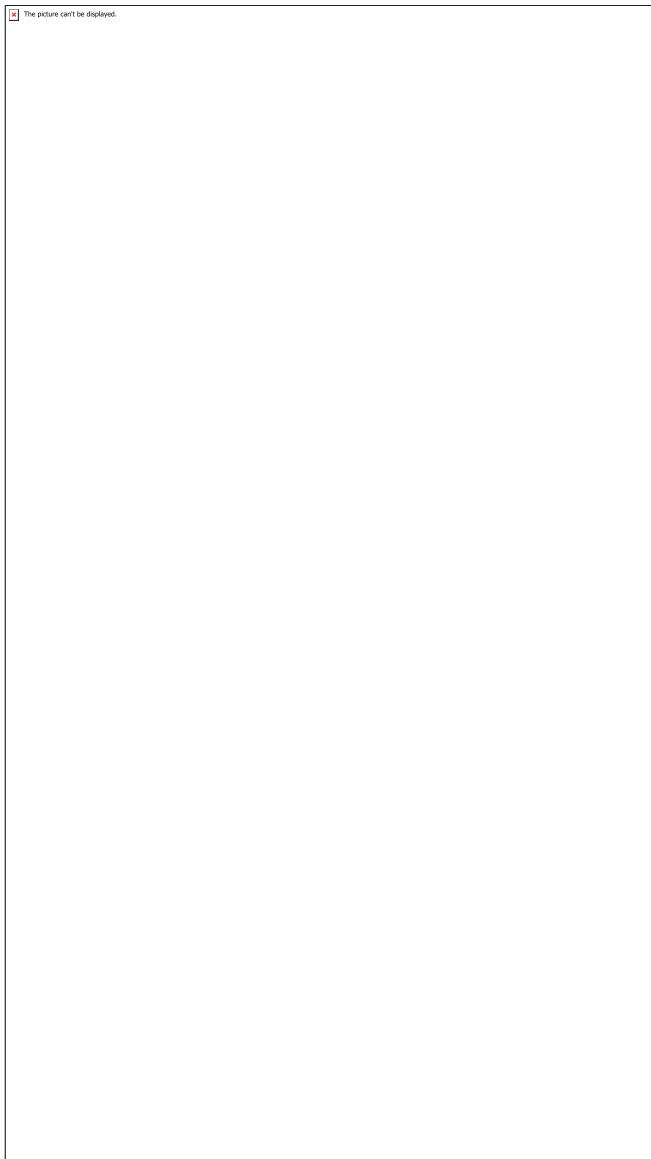


Figura 1.5 – Etapa de filtragem da solução

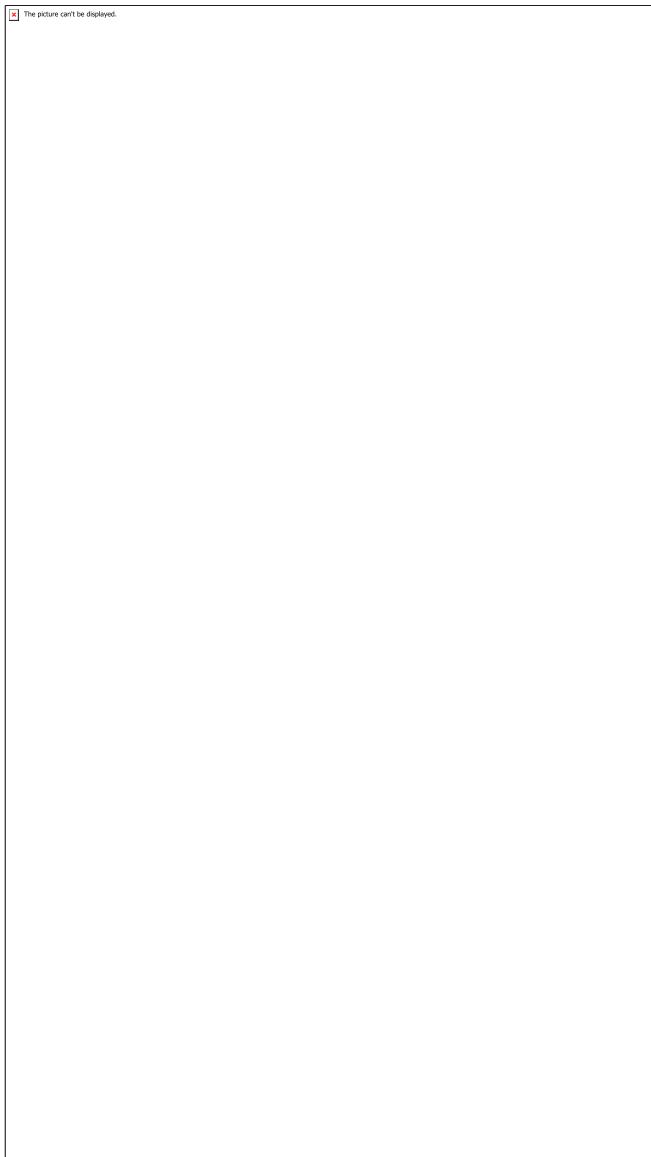


Figura 1.6 – Etapa de agitação da solução

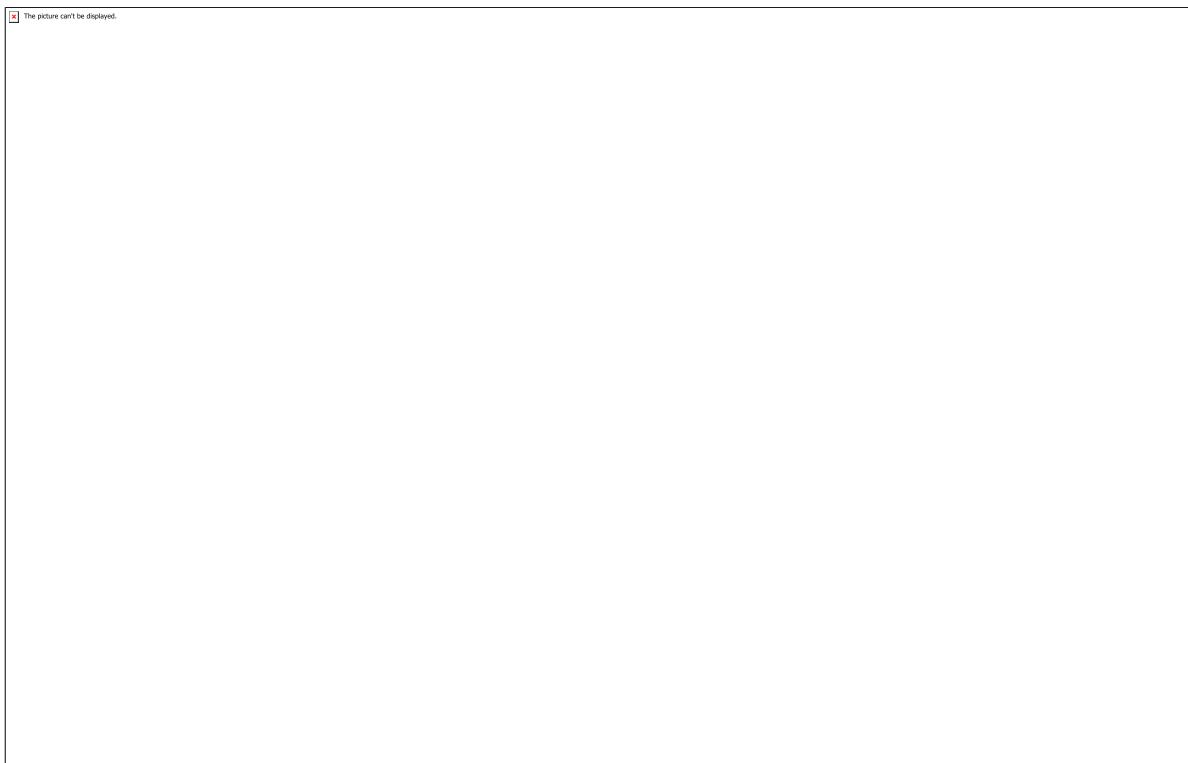


Figura 1.7 – revestimento por spray

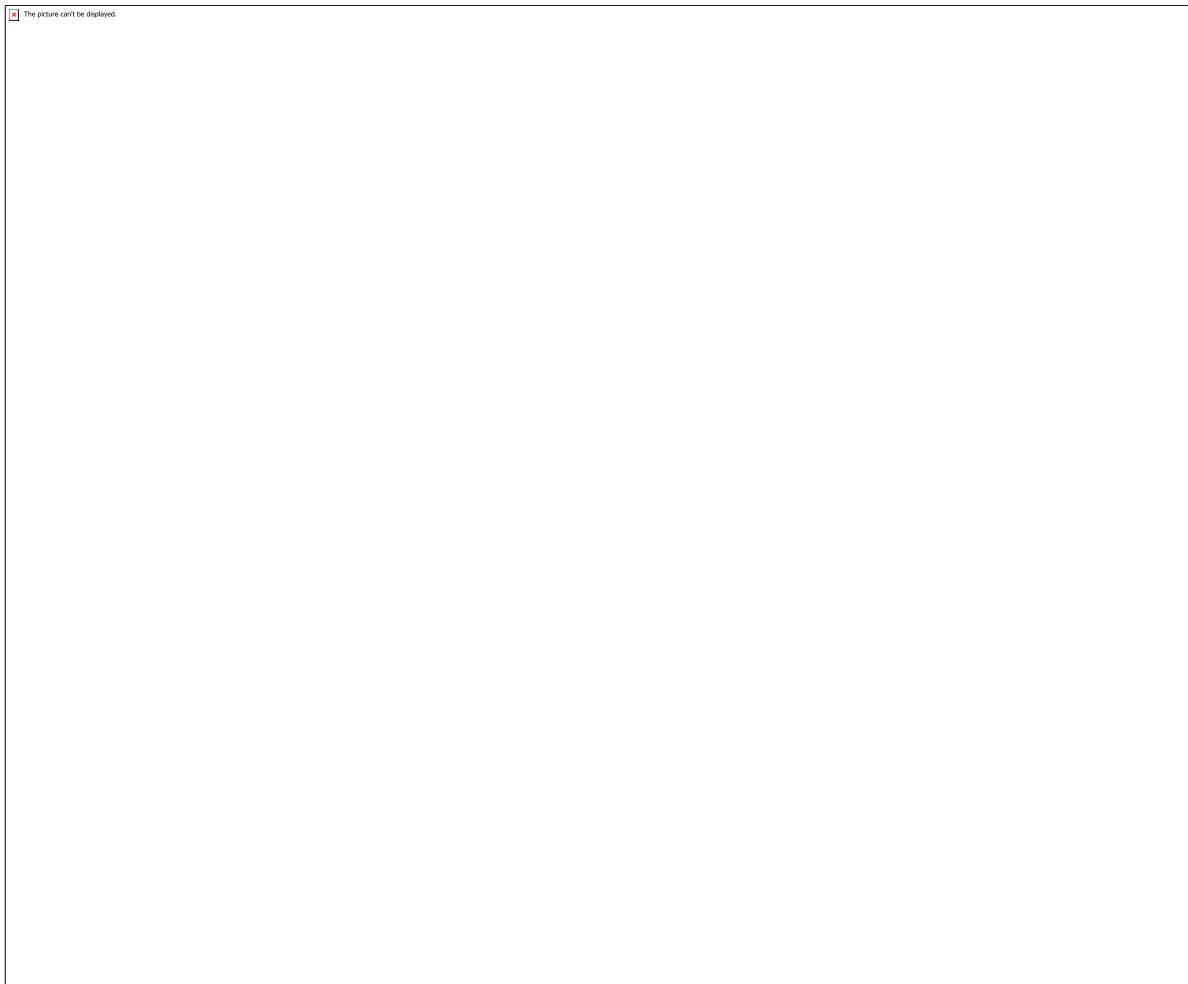


Figura 2 – Gráfico do DRX

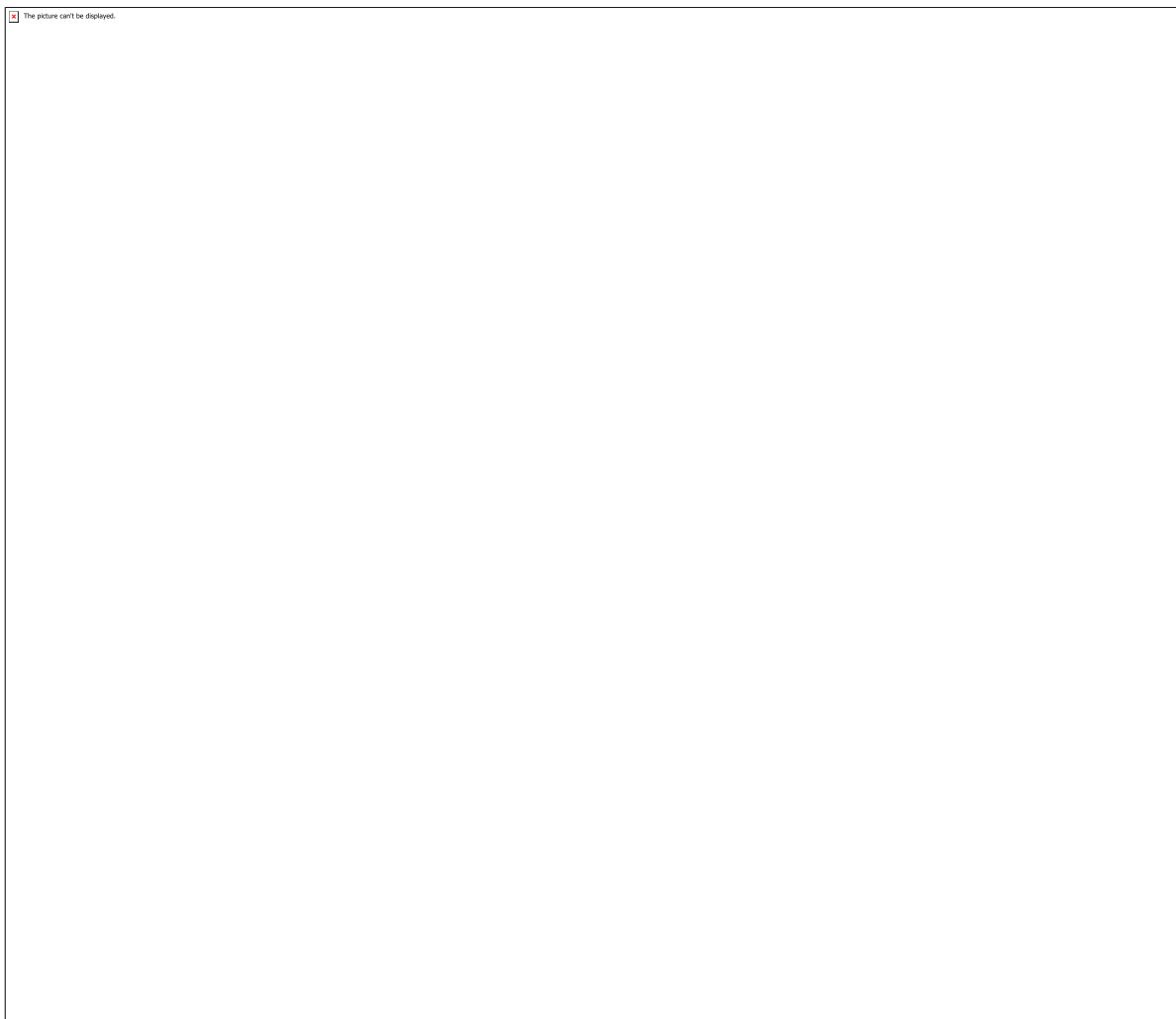


Figura 2.1 – Gráfico do DRX

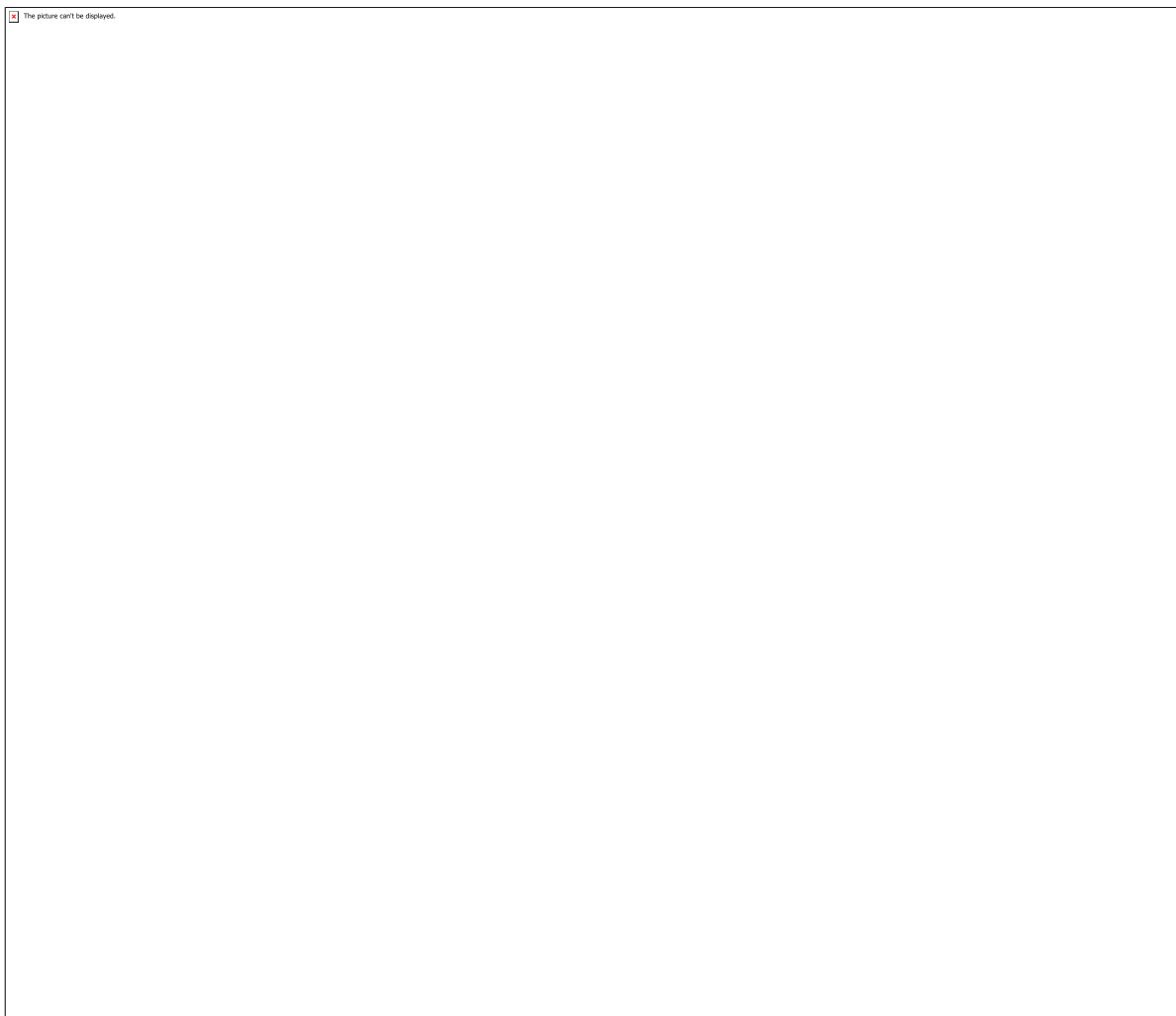


Figura 2.2 – Gráfico do DRX

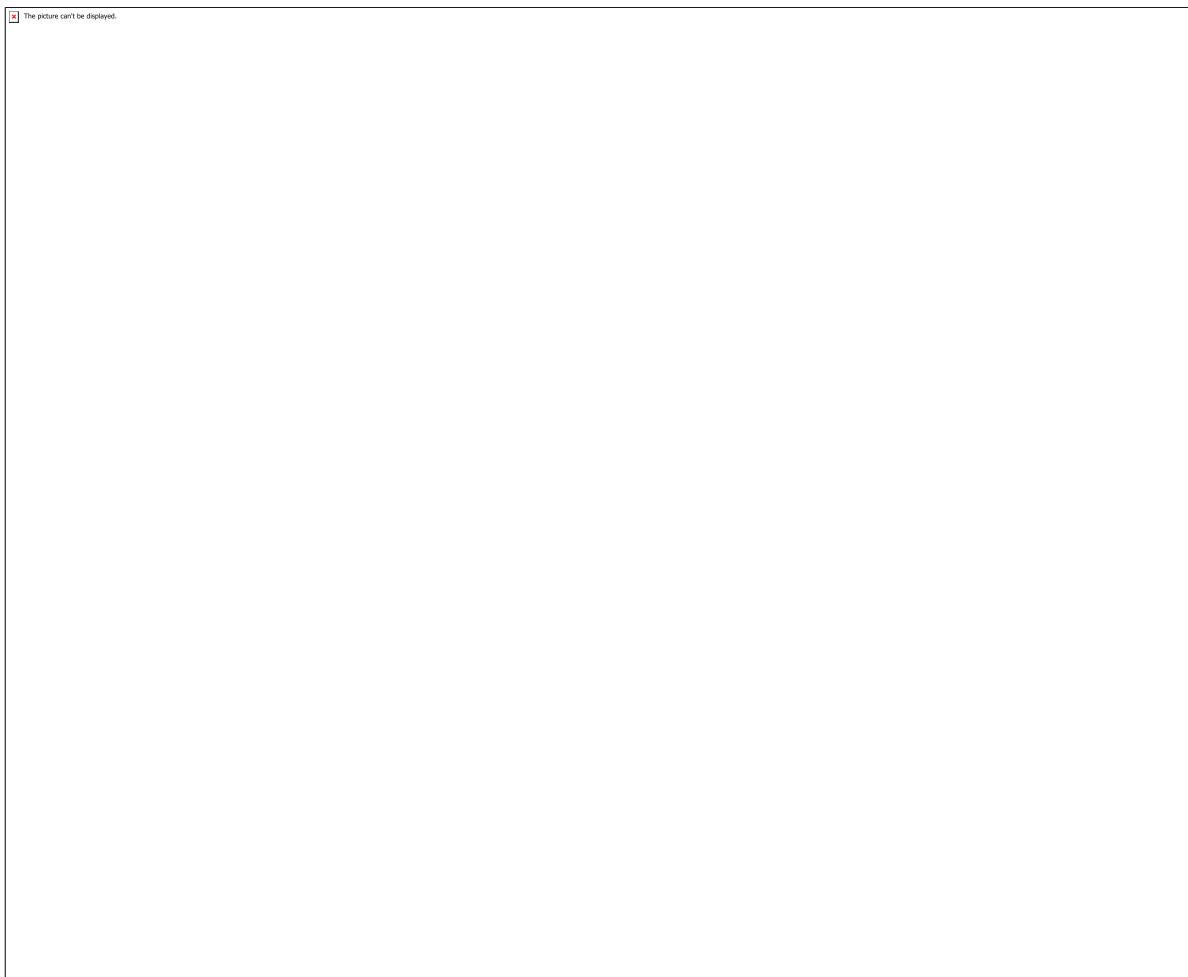


Figura 2.3 – Gráfico do DRX

CÓDIGO: SB0025

AUTOR: THIAGO PEREIRA DE MACEDO

COAUTOR: FÁBIO GONÇALVES MACÊDO DE MEDEIROS

ORIENTADOR: MARCIA REGINA DA SILVA PEDRINI

TÍTULO: Estudo da viabilidade de *Saccharomyces boulardii* desidratada por pulverização

Resumo

A *Saccharomyces boulardii* é uma levedura que possui alto valor probiótico. Porém, mantê-la viva até a chegada no intestino do consumidor é um grande desafio, visto que ela precisará suportar numerosas variações de ambiente durante o processamento e metabolismo. A secagem de probióticos é um dos métodos mais utilizados para aumentar sua sobrevivência, sendo a lyophilização o principal deles. Logo, este trabalho teve como objetivo analisar o rendimento e a viabilidade celular na produção de pó em secagens de *Saccharomyces boulardii*, utilizando a goma arábica e a goma de cajueiro como coadjuvantes e a pulverização em Spray dryer como principal precursor da secagem, visando baratear o processo e valorizar a produção da goma de cajueiro. Parâmetros como temperatura de entrada do ar, tipo de coadjuvante, vazão de alimentação do secador e concentração de coadjuvantes foram alternados entre as secagens e análises de higroscopidade e umidade foram feitos para cada uma delas. Para melhor viabilidade, o uso de goma de cajueiro em concentração de 10% se destacou. Já para o rendimento na produção de pós, a goma arábica se destaca. A sobrevivências da cultura probiótica não foi satisfatória, sendo o principal motivo as temperaturas altas. Porém permitiu resultados importantes a serem utilizados em estudos futuros.

Palavras-chave: Secagem, probióticos, Spray Drying.

TITLE: FEASIBILITY STUDY OF DEHYDRATED PROBIOTICS OBTAINED BY LYOPHILIZATION AND SPRAY DRYER

Abstract

Saccharomyces boulardii is a yeast that has a high probiotic value. However, keeping it alive until it reaches the consumer's gut is a big challenge, as it will have to withstand numerous variations in the processing and metabolism environment. Probiotic drying is one of the most used methods to increase its survival during these processes, with lyophilization being the main one. Therefore, the objective of this work was to analyze the yield and cell viability of *Saccharomyces boulardii* drying in powder production, using gum arabic and cashew gum as adjuvants and spray drying as the main precursor to drying, aiming to lower the process price and value the production of cashew gum. Parameters such as air inlet temperature, type of adjuvant, dryer feed flow and concentration of adjuvants were alternated between the drying. Besides that, hygroscopicity and humidity analyzes were performed for each drying. For better viability, the use of cashew gum in 10% concentration stood out. Already for yield in the production of powders, gum arabic stands out. The survival of probiotic culture was not high, being

the main reason for this the high temperatures, but allowed to elaborate results for future studies.

Keywords: Drying, probiotics, spray dryer

Introdução

Diversos segmentos do mercado utilizam microrganismos probióticos na formulação de seus produtos, como a indústria de alimentos e a carcinicultura. Um grande problema atrelado ao uso de probióticos está associado ao seu alto custo, visto que a maior parte é liofilizada e são importados de outros países (AKHTER et al., 2015). A *Saccharomyces boulardii* é uma levedura que possui alto valor probiótico, atuando no equilíbrio da microbiota intestinal, produzindo efeitos benéficos para o indivíduo hospedeiro (BRASIL, 2002). Dentre os benefícios, podemos citar: atividade antimicrobiana; efeito antitoxina; ação trófica sobre a mucosa intestinal e regulação da resposta imune (KELESIDIS; POTHOUAKIS, 2011). Devido aos seus benefícios à saúde, essa levedura (em estado liofilizado) é comumente consumida em forma de medicamentos para tratar, principalmente, diversos tipos de diarreias. A manutenção da viabilidade de microrganismos probióticos, como a *S. boulardii*, até que sejam adequadamente absorvidos pelo trato gastrintestinal tem se mostrado um desafio devido a grandes variações em ambientes de processamento e metabolização. Logo, a produção de formas mais estáveis contendo essas culturas tem se mostrado uma alternativa interessante. Uma das alternativas utilizadas para aumentar a estabilidade de culturas probióticas é a desidratação ou secagem. Na secagem, além de ocorrer a perda de água, a cultura também poderá adquirir um tipo de filme protetor (a partir da adição de coadjuvante), que reveste as células e evita sua degradação. (SPARKS, 1981; SHAHIDI e HAN 1993). Diversos materiais podem ser utilizados como coadjuvantes na secagem, conferindo distintas características ao produto e contribuindo para o aumento do rendimento do processo. A goma arábica é considerada um dos coadjuvantes mais utilizados, devido à sua ausência de odor e sabor e sua alta capacidade de formar emulsão (REINECCUS, 1988; KENYON, 1995; THEVENET, 1995). Apesar disso, a goma arábica possui um custo elevado e baixa disponibilidade no mercado. (McNAMEE et. al., 1998). A goma de cajueiro (*Annacardium occidentale L*) além de possuir um maior teor de proteínas, extrato etéreo, fibras e calorias que a goma arábica (Andrade et. al., 2013), também possui uma estrutura química semelhante a goma arábica (OWUSU et al. 2005) que a torna, também, uma boa alternativa de coadjuvante. No Brasil (em especial a região nordeste) há uma grande produção de caju, diante disso o custo com goma, caso houvesse uma valorização da goma de cajueiro, tenderia a ser menor e abriria espaço para exportação internacional, movimentando assim a economia (EMBRAPA, 2006) e valorizando o mercado nacional. A liofilização preserva grande parte das características e propriedades iniciais da amostra. Todavia, é um processo lento, que ocorre entre 24-48h, aumentando assim o seu custo de operação (TERRONI et al., 2013). A atomização apresenta um custo consideravelmente mais baixo e ocorre de forma rápida que a liofilização. Porém, devido ao seu processamento ocorrer em temperaturas mais elevadas, ele pode provocar perda de algumas propriedades iniciais e isso acaba resultando numa redução na viabilidade dos microrganismos (GHANDI et al., 2012). Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade da secagem via spray dryer para a obtenção de culturas de *Saccharomyces boulardii*, em forma de pós secos e avaliar a influência da temperatura de secagem, da vazão de alimentação do secador e do tipo e concentração de coadjuvantes. Tendo o intuito de inovar e baratear o processo, visto que a *Saccharomyces boulardii* é uma levedura pouco explorada na indústria de alimentos, a técnica de pulverização tem um menor custo em relação à liofilização e a goma de cajueiro, até o presente momento, não foi utilizada na secagem de leveduras.

Metodologia

2.1 Meio de cultivo A levedura foi cultivada em meio de cultura apropriado (MSB), como descrito em Muller et al (2007), contendo glicose (10 g/L), peptona de carne (2 g/L), extrato de levedura (2 g/L), fosfato de potássio monobásico (0,6 g/L), ureia (0,4 g/L) e sulfato de magnésio (0,24 g/L). O caldo MSB foi esterilizado antes da utilização em autoclave a 121°C por 20min em uma pressão de 1 kgf/cm² e toda a manipulação após a esterilização foi feita em capela de fluxo laminar vertical.

2.2 Cultura A cultura utilizada *Saccharomyces boulardii*-17 foi obtida a partir de um produto comercial (Repoflor®, Legrand), onde cada cápsula de 200 mg contém cerca de 4x10⁹ células na forma liofilizada. A levedura (200 mg) foi ativada em frasco Erlenmeyer contendo 100 mL de caldo MSB e mantida sob agitação de 250 rpm e temperatura controlada de 25 °C por 72 h em incubadora (Tecnal, Brasil, modelo TE-422). Após o período de ativação, uma alíquota de 1mL foi transferida para 100 mL de caldo MSB não fermentado onde foi incubada por mais 24h nas mesmas condições citadas anteriormente. Após a incubação, foi realizado estriamento em superfície em placas de petri contendo aproximadamente 20 mL de caldo MSB com adição de ágar (15 g/L) e incubadas em estufa a 30 °C por 48 h. Feito isso, as placas foram armazenadas sob refrigeração de 4 °C e as colônias geradas foram usadas como pré inóculo.

2.3 Pré inóculo e cultivo para a secagem Para preparação do pré-inóculo, 3 colônias isoladas foram inoculadas em caldo MSB e incubadas por 72 h, a 25 °C e 250 rpm. Após esse período, alíquotas de 1 mL foram transferidas para 100 mL de meio não-fermentado e incubadas por mais 24h nas mesmas condições. As células foram coletadas por centrifugação (3000 rpm, 5 min), lavadas e ressuspensas em 50 mL de tampão fosfato-salino (PBS). Por fim, adicionou-se o coadjuvante de acordo com cada uma das secagens. Podendo ser goma de cajueiro ou goma arábica em concentrações de 10% ou 20%. A goma arábica utilizada foi adquirida no mercado local, enquanto a goma de cajueiro foi obtida a partir da purificação da resina de cajueiros locais, seguindo metodologias de TORQUATO (2004) e GALLÃO (2005).

2.4 Secagem por pulverização A secagem por pulverização foi conduzida em secador do tipo spray dryer modelo MSD 1.0 (Labmaq do Brasil Ltda.) com bico injetor de 1,2mm de diâmetro. A alimentação do secador foi realizada através de bomba peristáltica, com vazão de 0,42 L/h ou 0,68 L/h onde a amostra foi mantida sob constante agitação. Foram utilizadas as temperaturas de secagem de 110 °C e 130 °C. Todo o pó obtido foi coletado e armazenado sob refrigeração em potes de vidro previamente esterilizados até o momento da análise. Ao todo foram realizadas 8 secagens em spray dryer, seguindo um delineamento experimental do tipo 2⁴-1.

2.5 Secagem por liofilização A secagem por liofilização foi conduzida em liofilizador modelo L101 (Liobras, Brasil), composto por câmara e tampa em acrílico, bandejas inox e sistema de vácuo. Depois de congelada em -80°C por pelo menos 24 h, a amostra foi desidratada a velocidade constante de 1mm/h e vácuo de 0,5 mmHg por 48 horas à -40°C. Para servir de comparação, duas secagens (SL1 E SL2) foram realizadas em liofilizador: utilizando 10% de goma arábica como coadjuvante e utilizando 10% de goma de cajueiro como coadjuvante.

2.6 Viabilidade celular do pó A viabilidade celular após os processos de secagem foi determinada pelo método de UFC (unidade formadora de colônia). Para tanto, 1 grama do pó obtido foi suspenso em 9 mL de PBS e a partir deste foi feita diluição seriada até 10⁻⁷. Após as diluições, transferiu-se 100 microlitros da suspensão de cada diluição para placas de Petri contendo aproximadamente 20 mL de MSB solidificado com ágar e então foram uniformemente espalhados com o auxílio de alça de drigalski. As placas foram incubadas por 48 horas a 30°C e as colônias contadas. Os resultados foram expressos em UFC/g.

2.7 Análises de umidade e rendimento A umidade do pó e da alimentação foi determinada pelo método

gravimétrico, utilizando estufa a 105°C. Já o rendimento da produção do pó foi calculado pela razão entre a massa de sólidos presentes no pó produzido e a massa de sólidos presentes na amostra alimentada ao secador, levando em conta suas respectivas umidades.

2.8 Análise de higroscopidez A higroscopidez foi determinada a partir de metodologia usada por Daza et al (2016), através da quantidade de água adsorvida pelo pó durante um intervalo de sete dias em uma atmosfera com umidade relativa em torno de 75%.

Resultados e Discussões

3.1 Viabilidade Antes das secagens serem realizadas, foi determinada a viabilidade celular da *Saccharomyces boulardii* sem receber tais processos. Esse valor, que será utilizado para calcular a morte celular de cada secagem, ficou em torno de: $1,6 \times 10^7$ UFC/mL. Após secagens em liofilizador, essa viabilidade caiu para: $7,32 \times 10^5$ UFC/g usando goma de cajueiro como coadjuvante e de $1,56 \times 10^6$ usando goma arábica como coadjuvante. Os resultados das secagens em spray dryer estão expressos abaixo, onde pode-se observar uma redução significativa da viabilidade celular em todos os pós obtidos, em comparação à viabilidade obtida sem o processo de secagem. Resultados: (Dentro dos parênteses, respectivamente: Tipo de goma, concentração da goma, vazão de alimentação do secador e temperatura de secagem.) S1- (G.A 10%, 0,42L/H, 110°C) = $6,78 \times 10^3$ S2- (G.A 10%, 0,68L/H, 130°C) = $1,12 \times 10^4$ S5- (G.C 10%, 0,68L/H, 110°C) = $5,68 \times 10^5$ S4- (G.C 10%, 0,42L/H, 130°C) = $4,04 \times 10^4$ S8- (G.A 20%, 0,68L/H, 110°C) = $3,70 \times 10^4$ S7- (G.A 20%, 0,42L/H, 130°C) = $5,94 \times 10^2$ S3- (G.C 20%, 0,42L/H, 110°C) = $3,16 \times 10^4$ S6- (G.C 20%, 0,68L/H, 130°C) = $6,40 \times 10^4$ Para Li et al. (2006), temperaturas acima de 100°C são a causa mais provável de morte celular dos probióticos durante a secagem, pois ocasionam a desidratação intracelular e inativação de proteínas essenciais para o seu metabolismo (OLIVEIRA, 2006). Uma relação interessante foi observada por Behboudi-Jobbehdar et al. (2013), onde ele notou que combinando temperaturas altas a vazão de alimentação também alta a sobrevivência dos microrganismos aumentaria enquanto em temperaturas baixas e vazões altas, a sobrevivência diminuiria. Porém, para este estudo foi percebido que em vazões de alimentação alta, a temperatura de secagem pouco fez diferença, uma vez que os melhores resultados de viabilidade foram percebidos em secagens utilizando uma maior vazão, independente das temperaturas adotadas. Além disso, Mendes (2012) também relata que na secagem por pulverização as partículas são menores do que na liofilização, e isso acarreta menos estabilidade para as leveduras. Estudos anteriores mostram que com o aumento da concentração de gomas, a viabilidade celular das culturas tende a diminuir. Elizondo e Labuza (1974) descreve que com a redução do teor de água livre (aw) da superfície das partículas, a temperatura do bulbo úmido aumenta e facilita a morte das leveduras. Partículas grandes, como quando se há uma maior concentração de sólidos (gomas), acabam sofrendo mais danos ao calor do que pequenas partículas, segundo Espina e Packard (1979). A influência da concentração de gomas também foi observada durante este trabalho. De forma geral, as secagens realizadas com concentração de gomas em 10% apresentaram melhores viabilidades do que as realizadas com concentrações de 20%. Lian (2002) conseguiu manter uma taxa de sobrevivência de 3,47% da cultura inicial de *Bifidobacterium infantis* após secagem em spray dryer utilizando 10% de goma arábica. No mesmo estudo e seguindo a mesma metodologia, porém com outra espécie de microrganismo, foi reportada uma taxa de sobrevivência de 41,16% para *Bifidobacterium longum*. Porém, o que difere essas secagens, além do tipo de microrganismo, é adotada uma temperatura de secagem baixa, de 50°C, que resulta numa maior taxa de sobrevivência. Até o presente momento não foi encontrado estudos de viabilidade de sobrevivência da secagem de

microrganismos em spray dryer utilizando goma de cajueiro como coadjuvante para servir de comparação. Mendes (2012) comparou a eficiência da goma de cajueiro e da goma arábica para encapsular corante de urucum por pulverização e percebeu que o uso da goma de cajueiro não foi vantajoso para esse processo. Em nosso estudo, o uso da goma de cajueiro se mostrou melhor do que a goma arábica para manter a viabilidade celular das culturas.

3.2 Umidade Resultado das análises de umidade dos pós obtidos:

Cond. (G.A.)	Conc. (%)	T (°C)	Umidade (L/H)	
S1	10%	0,42	110	4,93
S2	10%	0,68	130	4,98
S5	10%	0,68	110	5,46
S4	10%	0,42	130	2,29
S8	20%	0,68	110	6,77
S7	20%	0,42	130	3,6
S3	20%	0,42	110	5,06
S6	20%	0,68	130	4,8
SL1	(Goma de cajueiro)			5,87
SL2	(Goma arábica)			4

Assim como relatado por Arepally et al (2018), pode-se observar neste estudo que a temperatura de secagem é inversamente proporcional ao teor de umidade do pó. Ou seja, em temperaturas de secagens mais elevadas a umidade do pó tende a cair. Para assegurar a estabilidade do pó, este deve apresentar uma umidade máxima de 5% (CHÁVEZ ET LEDEBOER, 2007). Portanto as secagens S3,S5,S8 e SL1 não se mostraram adequadas a este parâmetro.

3.3 Higroscopidade Secagens feitas em temperaturas mais elevadas tendem a formar pós com partículas menores, que consequentemente aumentam a sua área de exposição ao meio e absorvem mais água. Além disso, essas secagens também resultam em pós com teores de umidades mais baixos, que também é um dos fatores que influenciam na maior absorção de água. Outra observação que podemos fazer é que quanto maior concentração de coadjuvantes, menor será a higroscopidade do pó. Esse comportamento também foi percebido por Daza et al., (2016) e Gallo et al., (2011). Os resultados das análises de higroscopidade podem ser conferidos na tabela 05. Um pequeno valor de higroscopidade é desejável para garantir uma maior estabilidade do pó. A higroscopidade foi maior na secagem por Liofilização (SL1 e SL2) do que utilizando spray dryer. Resultado semelhante foi encontrado por Daza et al (2016) que, analisando o extrato de cagaita seca por pulverização com 10% de goma arábica determinou um valor de Higroscopidade de 15,7% para secagem em spray dryer e 34,46% para secagem em liofilizador (sem adição de coadjuvante).

Resultado das análises de higroscopidade

Cond. (G.A.)	Conc. (%)	T (°C)	Umidade (L/H)	Higroscopidade (%)
S1	10%	0,42	110	22,87
S2	10%	0,68	130	28,70
S5	10%	0,68	110	24,70
S4	10%	0,42	130	26,38
S8	20%	0,68	110	22,57
S7	20%	0,42	130	25,42
S3	20%	0,42	110	15,63
S6	20%	0,68	130	15,68
SL1	(10% G.C.)			31,30
SL2	(10% G.A.)			35,10

3.4 Rendimento na produção de pós Conforme apresentado abaixo, o rendimento na produção de pós foi determinado pelo tipo e concentração de coadjuvante. Nota-se que os melhores desempenhos ocorreram nas secagens que utilizaram goma arábica, principalmente com teor de 10%. A partir dos dados experimentais, sabe-se que o rendimento na produção de pós utilizando a goma de cajueiro como coadjuvante foi menor devido a sua deposição na parede do secador durante os processos ser maior. Isto pode ocorrer devido a presença de carboidratos de baixo peso molecular que possuem baixa solubilidade e alta higroscopidade (Oliveira & Petrovick, 2010). Rendimento na produção de pós:

Cond. (G.A.)	Conc. (%)	T (°C)	Umidade (L/H)	Rendimento (%)
S1	10%	0,42	110	66,38
S2	10%	0,68	130	56,62
S5	10%	0,68	110	35,57
S4	10%	0,42	130	38,96
S8	20%	0,68	110	36,61
S7	20%	0,42	130	34,88
S3	20%	0,42	110	29,72
S6	20%	0,68	130	19,25

Silva (2017) utilizou 5% de goma arábica como coadjuvante para secagem de extrato da casca de berinjela em spray dryer e obteve um rendimento na produção de pó de 34,91%. Já Araujo (2017) secando polpa de pitanga também usando goma arábica (4%) como coadjuvante atingiu rendimento de 34,6%. Por fim, Lima et al (2017) alcançou um rendimento de 51,94% na sua produção de pó utilizando 10% de goma arábica para secar extrato da casca do jambo. Logo, os resultados de rendimentos obtidos pela secagem da *Saccharomyces*

boulardii utilizando goma arábica como coadjuvante se mostraram satisfatórios perante as comparações de estudos anteriores. Até o presente momento não se foi encontrado estudos que abordem o rendimento na produção de pó por pulverização usando goma de cajueiro como coadjuvante. Os resultados usando goma de cajueiro encontrados na literatura tratam apenas de sua eficiência de encapsulação.

Conclusão

O presente estudo determinou a importância das secagens de *Saccharomyces boulardii* serem realizadas em temperaturas mais baixas pois, além de manter uma maior viabilidade celular ao final do processo, também possibilita uma maior estabilidade do pó em relação a higroscopicidade. Ademais, uma maior concentração de coadjuvantes não foi desejável para viabilidade celular, porém foi apenas com maiores concentrações de coadjuvantes que foi possível obter taxas menores de higroscopicidade. Outros fatores que influenciaram significativamente na sobrevivência da levedura foi o tipo de coadjuvante, sendo a goma de cajueiro o preferido para realização das secagens e que são desejáveis valores mais altos da vazão de alimentação do secador. Para o rendimento na produção de pó foi determinado que a goma arábica é mais eficiente que a goma de cajueiro, alcançando maiores valores principalmente quando utilizada em concentrações de 10%. Esse comportamento também foi notado para a goma de cajueiro, porém em valores mais baixos. Apesar da baixa taxa de sobrevivência da *Saccharomyces boulardii* após secagens em spray dryer, o referido estudo determinou valores importantes, inclusive de influências nas secagens, para servir de referência para estudos posteriores adotando menores temperaturas nas secagens. Mas apesar disso, se comparados os valores obtidos na liofilização com os valores obtidos através das melhores secagens em spray dryer, a diferença de sobrevivência não é tão alta. O que mostra a grande possibilidade da adoção da técnica de pulverização, principalmente na utilização da goma de cajueiro.

Referências

- ANDRADE, Kelita C.s. et al. Goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*): avaliação das modificações químicas e físicas por extrusão termoplástica. Polímeros Ciência e Tecnologia, [s.l.], v. 23, n. 5, p.667-671, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.4322/polimeros.2013.004>. ARAUJO, Yuri Souza. Secagem da polpa de Pitanga (*Eugenia uniflora*) por atomização - Efeitos da adição do leite e aditivos. 2017. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/5253/1/Secagemdapolpa_Monografia.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019. Arepally, Divyasree & Kumar Goswami, Tridib. (2018). Effect of inlet air temperature and gum Arabic concentration on encapsulation of probiotics by spray drying. LWT. 99. 10.1016/j.lwt.2018.10.022. BEHBOUDI-JOBBEHDAR, S.; SOUKOULIS, C.; YONEKURA, L.; FISK, I. Optimization of Spray-Drying Process Conditions for the Production of Maximally Viable Microencapsulated *L. acidophilus* NCIMB 701748. Drying Technology: An International Journal, v. 31, n.11,p. 1274-1283, mar. 2013 BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 2, de 07 de janeiro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, 09 de janeiro de 2002. CHÁVEZ, B.E.; LEDEBOER, A.M. Drying of probiotics: optimization of formulation and process to enhance storage survival. Drying Technology, v.25, n.7-8, p.1193-1201,2007.

Disponível

em:

<<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07373930701438576#.UtUtYPRDvT8>>.

doi: 10.1080/07373930701438576. Daza, L.D., Fujita, A., Fávaro-Trindade, C.S., Rodrigues-Ract, J.N., Granato, D., Genovese, M.I., 2016. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. Food Bioprod. Process. 97, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.10.001> EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Cashew gum. ESPINA, Fernando; PACKARD, V. S.. Survival of *Lactobacillus acidophilus* in a Spray-Drying Process. Journal Of Food Protection, Saint Paul, v. 42, n. 2, p.149-153, fev. 1979. F. Espina, V.S. Packard: Survival of *Lactobacillus acidophilus* in a spray-drying process. J. Food Prot., 42 (1979), pp. 149-152 H. Elizondo, T.P. Labuza: Death kinetics of yeast in spray drying; Biotechnol. Bioeng., 16 (1974), pp. 1245-1259 KELESIDIS, Theodoros; POTHOUAKLIS, Charalabos. Efficacy and safety of the probiotic *Saccharomyces boulardii* for the prevention and therapy of gastrointestinal disorders. Therapeutic Advances In Gastroenterology, [s.l.], v. 5, n. 2, p.111-125, 11 nov. 2011. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1756283x11428502> KENYON, M.M. Modified starch, maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation. In: RISCH, S.J.; REINECCIUS, G.A. Encapsulation and controlled release of food ingredients. ACS Symposim Series, 590. Washington. DC: ACS, 1995. p.42- 50. L. Gallo, J.M. Llabot, D. Allemandi, V. Bucalá, J. Piña Influence of spray-drying operating conditions on *Rhamnus purshiana* (Cáscara sagrada) extract powder physical properties Powder Technol., 208 (1) (2011), pp. 205-214 LI, X. M.; LIN, S. X. Q.; CHEN, X. D.; CHEN, L. Z.; PEARCE, D. Inactivation kinetics of probiotic bacteria during the drying of single milk droplets. Drying Technology, v. 24, n. 6, p. 695–701, fev. 2006 LIAN, W. Survival of bifidobacteria after spray-drying. International Journal Of Food Microbiology, [s.l.], v. 74, n. 1-2, p.79-86, 25 mar. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605\(01\)00733-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00733-4). LIMA et al. RENDIMENTO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO EXTRATO DA CASCA DO JAMBO PROCESSADO EM SPRAY DRYER: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2017, São Carlos: COBEQ-IC 2017. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeqic2017/276.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2019. McNAMEE, B.F.; O'RIORDAN, E.D.; O'SULLIVAN, M. Emulsification and microencapsulation properties of gum arabic. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.46, p.4551-4555, 1998. MENDES, Luana Guabiraba. Microencapsulação do corante natural de urucum: Uma análise da eficiência da goma de cajueiro como material de parede. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/17650/1/2012_dis_lgmendes.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2019. MOREIRA, Germano Eder Gadelha. Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <<ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/GermanoEGM.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2018. MULLER, José Luis, Luvizutto PROTTI, Karina, da Silva MACHADO, Marina, Valle de LACERDA, Leo Lynce, Bellé BRESOLIN, Tania Mari, Sanchez PODLECH, Pablo, Comparação do crescimento de *Saccharomyces boulardii* em fermentador por batelada tipo air lift e shaker. Ciência e Tecnologia de Alimentos [en linea] 2007, 27 (Octubre-Diciembre) Disponível em: <http://google.redalyc.org/articulo.oa?id=395940084003> ISSN 0101-2061 OLIVEIRA, Alessandra Cristina. Viabilidade de *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium lactis*, microencapsulados por coacervação, seguida de secagem por spray drying e leite de jorro. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006. OLIVEIRA, O. W. ;

PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 20, 641-650, 2010. OWUSU, J.; OLDHAM, J.H.; ODURO, I.; ELLIS, W.O.; BARIMAH, J. Viscosity studies of cashew gum. Tropical Science, v.45, n.2, p.86-89, 2005. REINECCIU, G.A. Spray-drying of food flavors. In: RISCH, S.J.; REINECCIU, G.A. Flavor encapsulation. ACS Symposium Series, 370. Washington. DC: ACS, 1988. p.55-66. SHAHIDI, F.; HAN, X. Encapsulation of food ingredients. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.33, n.6, p.501-47, 1993. SILVA, Raissa Henrique. SECAGEM DO EXTRATO DA CASCA DE BERINJELA (*Solanum melongena L.*) POR ATOMIZAÇÃO EM SPRAY DRYER COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES. 2017. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/4251/1/Secagemdoextrato_Monografia.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019. SOHAIL, A.; TURNER, M. S.; COOMBES, A.; BOSTROM, T.; BHANDARI, B. Survivability of Probiotics Encapsulated in Alginate Gel Microbeads Using a Novel Impinging Aerosols Method. International Journal of Food Microbiology, v. 145, n. 1, p. 162-68, 2011 SPARKS, R.E. Microencapsulation. In: KIRK-OTHMER En- cyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed, vol. 15, John Wiley & Sons, New York, 1981, 470 pp. TERRONI, Henrique Cesar et al. LIOFILIZAÇÃO. Revista Científica Unilago, São José do Rio Preto, v. 1, n. 1, p.271-284, dez. 2013. Anual. Disponível em: <<http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoanterior/Sumario/2013/downloads/2013/LIOFILIZACAO.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2018. TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. Evaluation of Antimicrobial Activity of Cashew Gum. World Journal Of Microbiology & Biotechnology, v. 20, 2004,p.348-351. THEVENET, F. Acacia gums: natural encapsulation agent for food ingredients. In: RISCH, S.J.; REINECCIU, G.A. Encapsulation and controlled release of food ingredients. ACS Symposium Series, 590. Washington: ACS, 1995. p.51-90.

CÓDIGO: SB0080

AUTOR: LUCILAINE LOURENÇATO

ORIENTADOR: BEATRIZ DE CASSIA MARTINS SALOMAO

TÍTULO: PRODUÇÃO DE LEITE FERMENTADO À PARTIR DE BACTÉRIAS PROBIÓTICAS MICROENCAPSULADAS E LIOFILIZADAS

Resumo

A microencapsulação de bactérias lácteas tem se mostrado uma técnica promissora para manter a viabilidade de microrganismos probióticos tanto nos produtos aos quais são adicionados, como durante sua passagem pelo trato gastrointestinal. Considerando o processo de microencapsulação, se os microrganismos se mantiverem metabolicamente estáveis no produto e sobreviverem à passagem pelo trato digestivo, eles podem apresentar efeitos benéficos à saúde humana. O objetivo deste trabalho foi encapsular bactérias lácteas probióticas podendo contém a adição (ou não) de culturas starter. As bactérias lácteas foram encapsuladas com alginato de sódio 2% e posteriormente foram submetidas à secagem utilizando o processo de liofilização. O mesmo processo foi aplicado as bactérias livres. As análises de vida útil foram realizadas com 7, 15, 30 e 45 dias de armazenamento sob refrigeração. Foram avaliados o pH, acidez e a viabilidade das bactérias lácteas. Todas as amostras analisadas obtiveram pH 4,6 no dia de sua fabricação. Já no fim da vida útil o pH variou de 3,8 a 4,5 para bactérias lácteas livres e 4,0 a 4,3 para as bactérias lácteas encapsuladas. As bactérias lácteas livres apresentaram em média 0,52 % de acidez em ácido láctico e as bactérias lácteas encapsuladas 0,49 %. Em relação à viabilidade, todas as amostras apresentaram uma população em média de 108 UFC/mL, o que está acima do recomendado pela Instrução Normativa Brasileira.

Palavras-chave: microencapsulação. bactérias probióticas liofilizaçãaa

TITLE: Production of fermented milk from microencapsulation and freeze-dried probiotic bacteria

Abstract

Microencapsulation of lactic acid bacteria has revealed a promising technique to keep viability of probiotic organisms in the products, as well as during them passage through the gastrointestinal conditions. Considering the microencapsulation process, if microorganisms remain metabolically stable in the product and survive passage through the digestive tract, they may have beneficial effects on human health. The objective of this research was to encapsulate two lactic acid bacteria (*Bifidobacterium* and *Lactobacillus acidophilus*) and compare their shelf life into the fermented milk with the same bacteria in free form. The dairy bacteria were encapsulated with 2% sodium alginate and subsequently dried using the lyophilization process. The same process was applied to free bacteria. Shelf life analyzes were performed with 7, 15, 30 and 45 days of storage under refrigeration. The pH, acidity and viability of the dairy bacteria were evaluated. All samples analyzed had pH 4.6 on the day of manufacture. At the end of shelf life the pH ranged from 3,8 to 4,5 for free dairy bacteria and 4,0 to 4,3 for encapsulated dairy bacteria. Free dairy bacteria showed 0.52% acidity in lactic acid and 0.49% encapsulated dairy bacteria. Regarding viability, all samples presented an

average population of 108 CFU / mL, which is above the recommended by the Brazilian Normative Instruction.

Keywords: Microencapsulation. lactic acid bacteria. freeze drying.

Introdução

O mercado brasileiro passou por modificações nos últimos dez anos, apresentando algumas inovações para atrair consumidores diferenciados. Para tanto, muitas empresas vem fazendo uso de ingredientes funcionais, entre eles, os probióticos, especialmente aqueles veiculados nas bebidas fermentadas (SAAD, 2006). Estes novos produtos estão relacionados com a praticidade no consumo e com os benefícios à saúde. A legislação brasileira define os leites fermentados como "os produtos resultantes da fermentação do leite pasteurizado ou esterilizado, por fermentos lácticos próprios", o que inclui o leite fermentado ou cultivado, o leite acidófilo, kefir, iogurte, kumys e a coalhada (BRASIL, 2007). Conforme lista de Alegações de Propriedades Funcionais aprovada pela ANVISA (BRASIL, 2008), a quantidade viável de probióticos presentes na recomendação diária de consumo de um produto deve estar na faixa de 108 a 109 UFC/mL (MENEZES et al., 2013). *Bifidobacterium* é um gênero de bactéria anaeróbica. Essa bactéria atua como um probiótico benéfico para a saúde humana. Estudos com diferentes espécies de *Bifidobacterium* mostraram uma significativa redução dos níveis de colesterol total e triglicerídeos a partir da ingestão destes produtos (XIAO et al., 2003; EL-GAWAB et al., 2005). *Lactobacillus acidophilus* é o microrganismo mais utilizado e estudado como probiótico nos últimos anos (O'SULLIVAN, 2006). Algumas linhagens podem melhorar o valor nutricional dos produtos aos quais forem adicionados por serem capazes de sintetizar ácido fólico, niacina, riboflavina e vitamina K (GOMES; MALCATA, 1999). As culturas starter do iogurte conhecidas como *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* não são oficialmente consideradas como probióticas pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), pois acredita-se que não sobrevivam às condições do trato gastrintestinal em concentrações compatíveis para exercerem efeitos probióticos *in vivo*. Entretanto, existe uma grande discussão atualmente sobre o caráter probiótico dos microrganismos do iogurte, uma vez que estes melhoram a digestão de lactose e eliminam sintomas de intolerância a esse dissacárido (VINDEROLA, REINHEIMER, 2003; GUARNER et al., 2005). A microencapsulação consiste na tecnologia de recobrir partículas ou pequenas gotas de material líquido ou gasoso, formando cápsulas em miniatura, as quais podem liberar seu conteúdo em taxas controladas e/ou sob condições específicas. Os microrganismos têm sido microencapsulados ou imobilizados para proteger contra o efeito bactericida do suco gástrico e aumentar a viabilidade da cultura durante a estocagem do produto (FÁVARO-TRINDADE et al., 2008; MIRZAEI et al., 2012 – citado por MENEZES et al, 2013). Diversas técnicas podem ser utilizadas para microencapsulação, sendo o alginato o mais comum na utilização da técnica de extrusão ou emulsificação, pois apresenta habilidade de formar gel, além de ser um agente emulsificante, estabilizante, biodegradável e não tóxico o que permite sua aplicação nas indústrias de alimentos (FAVARO-TRINDADE, 2011). A técnica da extrusão envolve a preparação da solução de alginato de sódio com a adição dos microrganismos e a extrusão desta suspensão de células, através de uma seringa, na forma de gotas, em uma solução de CaCl₂ (Cloreto de Cálcio), que é utilizada para o endurecimento do alginato (KRASAEKOOP; BHANDARI; DEETH, 2003). A secagem das microcápsulas de culturas probióticas tem o objetivo de diminuir a sua umidade, garantindo assim sua estabilidade e redução de seu tamanho. A liofilização é um método muito adequado para a conservação de microrganismos (MORGAN et al., 2006). Esta forma de secagem mantém as características sensoriais, biológicas e nutricionais do produto seco

próximas às do original e ainda garante uma reidratação de alta eficiência (RATTI, 2001).

Metodologia

2.1 Preparo da cultura As bactérias ácidas lácticas (Lyofast SAB 440 A; SACCO) contendo as culturas selecionadas de *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* e *Lactobacillus acidophilus* (sendo as duas últimas probióticas) são adquiridas por meio de doação. A cultura mãe é preparada segundo proporção recomendada pelo fabricante (volume da embalagem diluído em 500 mL de leite pasteurizado desnatado reconstituído a 13% de sólidos totais). Após a diluição das culturas, estas são adicionadas em tubos de eppendorfs contendo 1,5 mL e conservadas sob congelamento até utilização.

2.2 Obtenção das microcápsulas Os tubos eppendorfs são retirados do congelador e, após descongelamento, mistura-se 1,0 mL de cultura probiótica e 1,0 mL da cultura starter do iogurte em 9 mL de solução de alginato (2%) e 2,0 mL de cultura probiótica em 9 mL de solução de alginato (2%). Agita-se bem até que a solução fique homogênea e, procede-se sua adição, gota a gota, sobre uma solução de cloreto de cálcio (0,1M), com auxílio de uma seringa plástica (SOHAIL et al., 2011). O alginato, ao entrar em contato com os íons de cálcio dá origem, instantaneamente, às microcápsulas (KING, 1995; MUKAI-CORREA et al., 2005). Ao término do processo, as cápsulas são filtradas com o auxílio do papel filtro, sendo estas posteriormente lavadas com água destilada.

2.3 Liofilização das microcápsulas e das bactérias livres As amostras elaboradas com células livres e microencapsuladas são depositadas em bandejas de aço inoxidável (próprias do liofilizador) e posteriormente são levadas ao ultracongelador para congelamento a temperatura de -80 °C, por 24 horas. Em seguida as bandejas com a amostra congelada são inseridas no liofilizador onde permanecem por 72 horas. Depois de desidratadas as amostras são retiradas das bandejas, colocadas em sacos plásticos e armazenadas sob refrigeração até o uso (SPAGNOL, C. et al. 2009; OROSCO; KUNIGK, 2012).

2.4 Aplicação de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus acidophilus* e as culturas starter do iogurte na produção do leite fermentado livre e micro encapsulado. Um volume de 250 mL de leite desnatado pasteurizado (85°C/15 min), reconstituído a 13% de sólidos totais, foi adicionado 3,5 g de bactérias lácteas previamente encapsuladas liofilizadas. Paralelamente, em 250 mL de leite desnatado pasteurizado foi adicionado 3,5 g de bactérias lácteas liofilizadas e livres. Em seguida, as amostras foram encubadas em banho-maria a 45°C, até atingir pH de 4,6. Ao longo do processo de fermentação do leite fermentado, o pH é verificado a cada 30 min através pHmetro previamente calibrado, cujo eletrodo é introduzindo diretamente nas amostras controle (RIBEIRO, 2011). A temperatura também foi aferida nesse mesmo intervalo de tempo. Quando o pH atingiu 4,6, o leite fermentado foi retirado do banho-maria e imediatamente resfriado através de um choque térmico em banho de gelo e posteriormente levado para o armazenamento em geladeira a 5°C aproximadamente.

2.5 Análises físico-químicas As amostras de leites fermentados obtidos de cada processamento foram analisadas quanto ao pH, acidez e viabilidade. A avaliação da pós-acidificação e viabilidade dos microrganismos foi realizada após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento refrigerado na temperatura aproximada de 5°C. A acidez, expressa em ácido láctico, foi determinada através do método de titulação com solução de NaOH 0,1N, usando como indicador a solução de fenolftaleína 1,0%. Para análise de acidez grau Dornic retirou-se uma alíquota de 10 mL de cada amostra de leite fermentado, adicionaram-se 3 gotas do indicador fenolftaleína e, em seguida, gotejou-se NaOH 0,1N até a amostra adquirir uma coloração levemente rósea. O cálculo da acidez titulável foi realizado pela Equação 1. % Acidez = $(V \times f \times 0,9 \times 100) / A$ (Equação 1) Onde, V é o volume (mL) gasto de NaOH (0,1M) durante a titulação, f é o

fator de correção da solução de hidróxido de sódio ($f=0,66$), A é a quantidade utilizada da amostra (10 mL) e 0,9 é o fator de conversão para ácido láctico (RODRIGUES et al., 1995). O pH foi determinado por potenciômetro previamente calibrado, introduzindo o eletrodo diretamente nas amostras homogeneizadas.

2.6 Avaliação da viabilidade de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus acidophilus* livre e microencapsulado na produção do leite fermentado

A contagem de Bactérias Láticas foi realizada para verificar a viabilidade dos microrganismos presentes nas amostras de leite fermentado, sendo essas análises realizadas em duplicata no Laboratório de Engenharia de Alimentos da UFRN (LEA). Todo material utilizado foi previamente esterilizado em autoclave (121°C/15 min), e as análises microbiológicas foram realizadas em câmara de fluxo laminar. Para a preparação da diluição inicial (10-1), 25 gramas da amostra foram diluídas em 225 mL de água peptonada 0,1% e homogeneizada em liquidificador (previamente sanitizado com hipoclorito de sódio a 250 ppm/30 min) com o objetivo de romper as cadeias de bactéria lácticas, resultando em contagens mais acuradas. As preparações das diluições decimais subsequentes foram realizadas pela adição de 1 mL da diluição anterior em 9 mL do mesmo diluente. A técnica utilizada foi o plaqueamento por profundidade (pour plate) com dupla camada, que consiste na distribuição de 1 mL, de cada diluição preparada, no centro da placa de petri, seguido da adição do meio de cultura Plate Count Ágar (PCA), homogeneização e adição de uma segunda camada após a secagem da primeira. As placas foram incubadas em estufa bacteriológica (BOD) à temperatura de 37°C por 72 horas. A contagem foi realizada em um contador de colônias, sendo os resultados expressos em UFC/mL.

Resultados e Discussões

Resultados Após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento, as amostras de leites fermentados foram avaliadas quanto ao pH e a quantidade de ácido láctico. Todas as amostras obtiveram pH 4,6 no dia de sua fabricação. As amostras de leite fermentado armazenadas durante 7 dias tiveram os seguintes resultados: No dia da fabricação, o leite fermentado com bactérias probióticas livres mais starter apresentou 0,37% de acidez em ácido láctico enquanto o leite fermentado com bactérias probióticas encapsuladas mais starter apresentou 0,36% de acidez em ácido láctico. O leite fermentado com bactérias lácteas livres probióticas apresentou 0,52% de acidez em ácido láctico enquanto o leite fermentado com bactérias lácteas encapsuladas probióticas apresentou 0,57% de acidez em ácido láctico. As amostras de leite fermentado armazenadas durante 15 dias sob refrigeração apresentaram os seguintes resultados: o leite fermentado com bactérias probióticas livres mais starter apresentou 0,44% de acidez em ácido láctico e pH 4,1 enquanto o leite fermentado com bactérias probióticas encapsuladas mais starter apresentou 0,47% de acidez em ácido láctico e pH igual a 4,5. O leite fermentado com bactérias probióticas livres apresentou 0,55% de acidez em ácido láctico com pH 4,1, enquanto o leite fermentado com bactérias lácteas encapsuladas probióticas apresentou 0,49% de acidez em ácido láctico e pH 4,26. No trigésimo dia após a fabricação, o leite fermentado com bactérias probióticas livres mais starter apresentou 0,47% de acidez em ácido láctico e pH 4,15, enquanto que o leite fermentado com bactérias probióticas encapsuladas mais starter apresentou 0,50% de acidez em ácido láctico e pH igual a 4,12. O leite fermentado com bactérias probióticas livres apresentou 0,60% de acidez em ácido láctico com pH 3,85, enquanto que o leite fermentado com bactérias probióticas encapsuladas apresentou 0,51% de acidez em ácido láctico e pH 4,0. No quadragésimo quinto dia após a fabricação, o leite fermentado com bactérias lácteas probióticas mais starter apresentou 0,50% de acidez em ácido láctico e pH 4,13 enquanto o leite fermentado com bactérias probióticas encapsuladas mais starter apresentou 0,52% de acidez em ácido láctico e pH igual a 4,18. O leite

fermentado com bactérias probióticas livres apresentou 0,62% de acidez em ácido láctico e pH 3,78, enquanto que o leite fermentado com bactérias probióticas encapsuladas apresentou 0,51% de acidez em ácido láctico e pH 4,03. Os resultados referentes à viabilidade das bactérias lácticas livres e encapsuladas presentes nas amostras de leite fermentado demonstraram uma tendência de diminuição de bactérias lácticas viáveis nas amostras de leite fermentado com bactérias lácteas livres e com bactérias lácteas encapsuladas. Para todas as amostras contendo bactérias lácteas livres e bactérias lácteas encapsuladas, a contagem de bactérias lácteas viáveis foi realizada no primeiro dia de fabricação, e com 15, 30 e 45 dias de armazenamento. O número médio de células viáveis de bactérias probióticas livres mais starter, no primeiro dia foi de $1,5 \times 10^7$ UFC/mL para as amostras contendo bactérias lácteas livres, e $1,2 \times 10^9$ UFC/mL para as amostras com bactérias lácteas encapsuladas. Já para bactérias probióticas $5,4 \times 10^9$ UFC/mL para as amostras contendo bactérias lácteas livres, e $1,5 \times 10^8$ UFC/mL para as amostras com bactérias lácteas encapsuladas. Após 15, 30 e 45 dias de armazenamento o número de células viáveis para as amostras de leite fermentado com bactérias probióticas livres mais starter foi de 1×10^7 UFC/mL, 1×10^7 UFC/mL, 1×10^8 UFC/mL, respectivamente. Para as amostras de leite fermentado com bactérias probióticas livres mais starter na forma encapsulada a contagem foi de 1×10^7 UFC/mL, 1×10^8 UFC/mL, 3×10^8 UFC/mL, respectivamente. Após 15, 30 e 45 dias de armazenamento o número de células viáveis para as amostras de leite fermentado com bactérias probióticas livres foi de $1,1 \times 10^8$ UFC/mL, 1×10^8 UFC/mL, 6×10^7 UFC/mL, respectivamente. Para as amostras de leite fermentado com bactérias probióticas lácteas na forma encapsulada a contagem foi de 1×10^9 UFC/mL, 1×10^8 UFC/mL, 3×10^8 UFC/mL, respectivamente.

Discussões

Nos resultados da análise da vida útil observaram-se variações nos valores do pH ao longo do processo de estocagem, onde notou-se uma diminuição deste parâmetro tanto para as amostras de leites fermentados fabricados com bactérias lácteas livres quanto para as microencapsuladas. Por exemplo, no caso das amostras de leite fermentado armazenadas por 45 dias, o pH da amostra com bactérias probióticas livres mais starter foi diminuído de 4,6, para 4,1; e para bactérias lácteas encapsuladas o pH caiu para 4,18. Para bactérias probióticas livres o pH foi diminuído de 4,6, para 3,8; e para bactérias lácteas encapsuladas o pH caiu para 4,03. Cabe salientar que na maioria dos casos, o pH final das amostras produzidas a partir de bactérias lácteas encapsuladas mostrou-se superior ao das amostras com bactérias lácteas livres devido a acidificação mais lenta das bactérias lácteas. Alguns trabalhos, descritos a seguir, mostram que não há concordância entre os autores, sobre o valor ideal do pH que o leite fermentado deve atingir ao final de sua vida útil. De acordo com Brandão (1995), o pH costuma estar situado entre 4,4 e 4,2, embora possa apresentar valores tão baixos como 4,0. Uma faixa com valores de pH entre 3,7 e 4,6 é encontrada normalmente nos produtos, porém, valores entre 4,4 e 4,0 são considerados mais próximos do ideal, uma vez que o produto nesta faixa de pH não se apresenta excessivamente amargo ou ácido (SOUZA, 1991). Após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento os valores de pH das amostras analisadas apresentaram alguns valores fora da faixa de pH (4,2 – 4,5), considerada adequada segundo Abreu (1997). Sendo assim, os valores determinados, encontram-se dentro da faixa de pH citada na literatura, ou seja, média entre 4,4 e 4,1 para as amostras analisadas após 7, 15, e 45 dias de armazenamento. A amostra com bactérias probióticas analisadas com 45 dias de armazenamento obteve pH de 3,78 para células livres e 4,03 para células microencapsuladas, o que coincide com os resultados obtidos em estudos realizados por Martin (2002) que armazenou leites fermentados a 40°C por 35 dias e observou um abaixamento de pH até 3,82 para aqueles preparados com bactérias lácteas livres e 3,84 para os fabricados com bactérias lácteas microencapsuladas. Em relação à acidez das amostras analisadas, obteve-se o valor mínimo verificado de 0,37% de ácido láctico e o valor máximo de 0,52 % e relação a bactérias lácteas livres probióticas + starter. Em

relação às bactérias probióticas livres obteve-se o valor mínimo verificado de 0,47% de ácido lático e o valor máximo de 0,62 %. Com essa variação, os valores de acidez verificados nas análises para os dias 1, 15, 30 e 45 encontram-se todos dentro do padrão, que é de 0,6 a 1,5%, estipulado dentro da legislação brasileira (BRASIL,2007). A legislação brasileira tem se referido à viabilidade e abundância das bactérias lácticas em leites fermentados sem estabelecer um valor máximo para a contagem. porém, o valor mínimo estabelecido é de 106 UFC/mL. Nesse estudo, em todas as amostras de leites fermentados produzidos, a população de bactérias lácteas encontradas encontra-se na faixa entre 106 UFC/mL e 109 UFC/mL, tanto no início da vida útil quanto no final dos 45 dias de armazenamento, mostrando que as bactérias lácteas encapsuladas atingiram a mesma população de células livres, o que comprova a eficiência do processo de encapsulação . Os resultados da viabilidade das bactérias lácteas no leite fermentado foram semelhantes ou superiores aos encontrados por Moreira (1999) que, trabalhando com leites fermentados, encontrou resultados de contagem total na ordem de 107 UFC/mL. Da mesma forma, no trabalho realizado por Silva (2007), que quantificou as bactérias lácteas viáveis, os valores encontrados foram semelhantes aos desta pesquisa e a análise microbiológica foi realizada através da contagem total de microrganismos viáveis, sem a quantificação individual de cada espécie.

Conclusão

Este trabalho demonstrou que as bactérias lácteas do leite fermentado quando microencapsuladas podem fermentar o leite de forma semelhante às células livres, e, apesar de levarem um tempo superior a uma hora e trinta minutos, dão origem a um produto com características muito semelhantes ao produto original. Pode-se dizer ainda que o tempo de fermentação superior comprova que as bactérias lácticas presentes dentro do alginato de sódio (2%) saem aos poucos de dentro das cápsulas. O leite fermentado produzido com células microencapsuladas possui população microbiana semelhante ao produzido com células livres o que destaca sua habilidade em se manterem ativas durante o processo de fermentação. Os leites fermentados produzidos com bactérias lácteas encapsuladas, no geral apresentaram maior pH e menor quantidade de ácido láctico quando comparados aos leites fermentados com células livres devido uma liberação mais lenta das bactéria lácticas no produto. Este estudo permitiu constatar que as bactérias lácteas probióticas e bactérias probióticas adicionadas de cultura starter, quando microencapsuladas são capazes de produzir leite fermentado, cujas características se assemelham muito a um iogurte. Além disso, este estudo levantou a hipótese de que estas bactérias lácteas podem resistir à passagem pelo trato intestinal por estarem protegidas pelas cápsulas. Tendo em vista a obtenção dos bons resultados durante o período de estudo e que a microencapsulação é uma nova ferramenta a ser empregada na área de alimentos, conclui-se que o projeto é viável e que deve ser sequenciado para que novos dados possam ser elucidados.

Referências

ABREU, L. R. de. Tecnologia e aproveitamento do leite. Lavras: FAEPE, 1997. 1
BRANDÃO, S. C. C. Tecnologia da produção industrial de Leite fermentado. Leite & Derivados, v.4, n.25, p.24-38, 1995. BRASIL - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007, que adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Publicado no Diário Oficial da União: Brasília, Distrito Federal, em 24 de outubro de 2007. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Brasília, 2008. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 06 de Agosto de 2017. EL-GAWAB, I. et al. The hypocholesterolaemic effect of Milk yogurt and soy-yoghurt containing bifidobacteria in rats fed on a cholesterol-enriched diet. International Dairy Journal, v.15, p.37-44, 2005.

ETCHEPARE, Mariana de Araújo. Produção, caracterização e viabilidade demicropartículas com Lactobacillus acidophilus obtidas por gelificação iônica. Santa Maria, 2014.

FAVARO-TRINDADE, C. S. Microencapsulação de Probiótico. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G. D.; FARIA, J. D. A. F. Probióticos e Prebióticos em Alimentos: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas. São Paulo: Livraria varela, 2011. p. 239-254.

FAVARO-TRINDADE, C.S.; GROSSO, C.R.F. Microencapsulation of *L. acidophilus* (La-05) and *B. lactis* (Bb-12) and evaluation of their survival at the pH values of the stomach and in bile. Journal of Microencapsulation, v.19, p.485-494, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/02652040210140715>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

GOMES, A. M. P.; MALCATA, F. X. *Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus acidophilus*: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. Trends in Food Science & Technology, v. 10, n. 4-5, p. 139-157, 1999.

KING, Alan H.. Encapsulation of Food Ingredients. Encapsulation And Controlled Release Of Food Ingredients, [s.l.], p.26-39, 24 mar. 1995. American Chemical Society. <http://dx.doi.org/10.1021/bk-1995-0590.ch003>. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-1995-0590.ch003>>. Acesso em: 20 maio 2018.

KRASAEKOOPT, W.; BHANDARI, B.; DEETH, H. The influence of coating materials on some properties of alginate beads and survivability of microencapsulated probiotic bacteria. International Dairy Journal, v. 14, p. 737-743, 2004.

MARTIN, Adriana Furlan. Armazenamento do Leite fermentado comercial e o efeito na proporção das bactéria láctea lácteas. Dissertação (mestrado) /Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2002.

MENEZES, C. R. et al. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. Ciência Rural, v. 43, n.7, p.1309-1316, 2013.

MOREIRA, S. R. et al. Análise microbiológica e química de Leite fermentados comercializados em Lavras – MG. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP, v. 19, n. 1, 1999.

MORGAN, C. A.; HERMAN, N.; WHITE, P.A.; VESE, G. (2006) Preservation of micro-organisms by drying; A review. Journal of Microbiological Methods, 66, 183-193.

MUKAI-CORREA, Renata et al. Caracterização de Microcápsulas Contendo Caseína e Gordura Vegetal Hidrogenada Obtidas por Gelificação Iônica. Brazilian Journal Of Food Technology. Campinas, p. 73-80. jan. 2005. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/brazilianjournal/free/p05188.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2018.

OROSCO, I. M.; KUNIGK, C. J. Influência do preparo do inóculo na sobrevivência de bactérias probióticas encapsuladas liofilizadas. Instituto Mauá de Tecnologia, 2012.

O'SULLIVAN, D. J. Primary Sources of Probiotic Cultures. Probiotics in food safety and human health. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006.

RATTI, C. (2011) Hot air and freeze – drying of high – value foods; a review, Journal of Food Engineering, v. 49, p. 311 – 319, 2001.

RIBEIRO, Maria Cecília Enes. Produção e caracterização de Leite fermentado probiótico batido adicionado de *Lactobacillus acidophilus* livre e encapsulado. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2011.

RODRIGUES, R.; Fonseca, L. M.; SOUZA, M. R. Acidez do leite. Caderno Técnico da Escola de Veterinária. UFMG, n. 13, p.63-72, 1995.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas , v. 42, n. 1, p.1-16, 2006.

SANDERS, M.E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. Int. Dairy J., Amsterdam, v.8, p.341-347, 2003.

SANDERS, M.E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. Int. Dairy J., Amsterdam, v.8, p.341-347, 1998.

VINDEROLA, C. G.; REINHEIMER, J. A. Culture media for the enumeration of *Bifidobacterium bifidum* and *Lactobacillus acidophilus* in the presence of yoghurt bacteria. International Dairy Journal, v. 9, p. 497-505, 1999.

SILVA, M.R.; FERREIRA, C.L.L.F.; COSTA, N.M.B.; MAGALHÃES, J. Elaboração e avaliação de uma bebida láctea fermentada à base de

soro de leite fortificada com ferro. Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 56, p. 7-14, 2001. SILVA, Sabrina V. da. Desenvolvimento de Leite fermentado probiótico com prebiótico. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2007. SOHAIL, A. et al. Survivability of probiotics encapsulated in alginate gel microbeads using a novel impinging aerosols method. International Journal of Food Microbiology, v.145, p.162-168, 2011. Disponível em: Acesso em: 23 junho 2016. SPAGNOL, C. et al. Aplicação da Liofilização na Obtenção de Microrganismos Viáveis para a Elaboração de Iogurtes. RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 7, n. 2, p. 243-253, 2009. SOUZA, G. Fatores de qualidade do Leite fermentado. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, v.21, n.1, p.20-27, 1991. TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. Yogurt: science and technology. Oxford: Pergamon Press, 1999. XIAO, J.z. et al. Effects of Milk Products Fermented by *Bifidobacterium longum* on Blood Lipids in Rats and Healthy Adult Male Volunteers. Journal Of Dairy Science. Zama, p. 2452-2461. jul. 2013. Disponível em: <[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73839-9/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73839-9/fulltext)>. Acesso em: 08 abr. 2018.

CÓDIGO: SB0222

AUTOR: EDUARDO VICTOR SANTOS RODRIGUES

COAUTOR: FÁBIO GONÇALVES MACÊDO DE MEDEIROS

ORIENTADOR: MARCIA REGINA DA SILVA PEDRINI

TÍTULO: Estudo do efeito do processo de osmoporação utilizando choques sucessivos na viabilidade de células de levedura

Resumo

O processo de osmoporação é um procedimento simples e direto para criação de bio-cápsulas comestíveis baseado na resposta física de células de levedura através de perturbações hídricas. Este estudo tem como objetivo entender o impacto do processo de osmoporação em múltiplos estágios sequenciais na estrutura e viabilidade das células de levedura. Com exclusividade, este é o primeiro relato na literatura sobre o assunto. A fim de avaliar como o processo de osmoporação influenciaria a viabilidade celular, o método UFC foi usado para quantificar o impacto de cada etapa do protocolo sequencial. A microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para observar a estrutura celular. Como resultado, foi demonstrado que o número de etapas sequenciais da osmoporação tem uma influência negativa sobre a viabilidade celular e que as principais alterações que contabilizam para a mortalidade da célula são relacionadas a membrana plasmática, em vez da parede celular.

Palavras-chave: osmoporação, *S. cerevisiae*, viabilidade celular

TITLE: EFFECT OF A MULTIPLE-STAGE OSMOPORATION PROCESS ON YEAST CELLS STRUCTURE AND VIABILITY

Abstract

Cell osmoporation is a simple and straightforward procedure of creating food-grade bio-capsules based on the physical response of yeast cells to hydric perturbations. This study aims to understand the impact of a novel sequential multiple-stage osmoporation process on yeast cells' viability and structure. To the best of our knowledge, this is the first report in the literature regarding the subject. In order to assess how it would influence cell viability, CFU method was used to quantify the impact of each stage of the sequential protocol. Scanning electronic microscopy was used to observe cell structure. As a result, it was demonstrated that the number of sequential osmoporation stages has a negative influence on cell viability and that the key changes that account for cell mortality are placed at the plasma membrane, rather than at the cell wall.

Keywords: osmoporation, *S. cerevisiae*, cell viability

Introdução

A capacidade de microrganismos para sobreviver a estresses ambientais é uma preocupação importante para o desenvolvimento de aplicações biotecnológicas (Dupont, Beney, Ferreira, & Gervais, 2011). Perturbações hídricas que promovem a desidratação de células envolvem a transferência de quantidades significativas de água do meio intracelular através da estrutura da membrana plasmática (Dupont, Beney, Ritt, Lherminier, & Gervais, 2010; Iaconelli et al., 2015). A cinética relacionada com os processos de desidratação/reidratação é fundamental para compreender os mecanismos de sobrevivência das células de levedura, como o impacto do processo na estrutura e funcionalidade da levedura, desde modificações mecânicas que ocorrem na membrana plasmática que são responsáveis por este tipo de mecanismos de osmorregulação da célula (Beney & Gervais, 2001; Dupont, Rapoport, Gervais, & Beney, 2014; Mille, Beney, & Gervais, 2002).

A osmoporação é uma técnica inovadora, descrita como uma maneira fácil de interiorizar as substâncias ativas na estrutura da célula de levedura (Pedrini, Dupont, Câmara Júnior, Beney, & Gervais, 2014). É baseado na transferência de massa através da membrana plasmática em consequência de perturbações osmóticas do meio ambiente (Gervais & Beney, 2001). A desidratação osmótica sub-letal das células de levedura em um meio hiperosmótico, seguido por uma fase de reidratação instantânea para um meio isosmótico permitem a internalização de compostos ativos na estrutura da levedura, através de uma membrana plasmática temporariamente porosa. A técnica tem sido usada para incorporar com sucesso a fisetina lipofílica (286 Da) e o composto hidrossolúvel FITC-dextrano (20 kDa) em células de *S. cerevisiae* (Câmara Júnior et al, 2016; Pedrini et al, 2014)

O comportamento de células de levedura *Saccharomyces cerevisiae* quando submetido a mudanças ambientais osmóticas já foi estudado anteriormente e relatado na literatura (Gervais & Beney, 2001; Gervais, Marechal, & Molin, 1992). A resposta física de leveduras para tratamentos hiperosmóticos variam de acordo com o nível osmótico de desidratação cinética do tratamento. Mecanismos de osmoregulação promovem o encolhimento da estrutura celular, aumentando a proporção da área em relação superfície/volume, causando o aparecimento de rugas e o emaranhamento da membrana plasmática durante a desidratação (Rita, Canetta, & Walker, 2006; Guilak & Ting-Beall, 2002). No entanto, o impacto de um processo de múltiplos estágios sequenciais de hidratação/desidratação não tinha sido investigado ainda.

Portanto, o presente trabalho mostra o efeito de um processo de múltiplos estágios de osmoporação sobre a estrutura e viabilidade de células de levedura. Foi desenvolvido um protocolo de estágios sequenciais de osmoporação e o impacto de cada etapa individual sobre as células de levedura foi avaliado. O objetivo deste estudo é preencher a lacuna no conhecimento sobre a resistência das células de levedura em um prolongado e repetido stress osmótico ambiental. Para alcançar este objetivo, ensaios de viabilidade através do método UFC e microscopia eletrônica de varredura foram usados para avaliar a influência do processo sobre as células.

Metodologia

Reagentes e soluções de glicerol

Foram utilizados nesse estudo, Glicerol tampão fosfato salino (PBS; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) e etanol (99,8 ° GL; Sciacicco, Sabará, MG, Brasil). Soluções de glicerol foram preparadas para pressões osmóticas de 1,4 MPa (iso-ósmotica) e 30,0 MPa (hiper-ósmoticas pela dissolução de 51 e 1063 g em 1000 g de água destilada, respectivamente, à temperatura ambiente (25 ° C).

Condições de preparação e cultivo de células de levedura

Saccharomyces cerevisiae comercial (Fleischmann, Jundiaí, SP, Brasil) foi cultivada em meio Malte Wickerham (MW) modificado (extracto de levedura de 3 g/L, peptona de carne 3 g/L, glicose 10 g/L, 1,5 g/L de fosfato de sódio, glicerol 51 g/L) solidificados com ágar (15 g/L). Três colônias isoladas foram transferidas para 100 mL de meio MW e cultivadas por 48 h, a 25 ° C e 250 rpm, em um agitador rotativo (TE-422, Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil). Subculturas (1 mL) foram transferidas para frascos de 100 mL de meio MW e incubadas a 24h adicionais nas mesmas condições. 40 mL de suspensão de células foram colhidas na concentração de 108 celulas.mL⁻¹ e centrifugadas por 5 min em 2200 × g, 25 ° C (Solab, Piracicaba, SP, Brasil). O centrifugado foi lavado duas vezes e re-suspensão em 20 mL da solução de água-glicerol 1,4 MPa.

Tratamentos ósmoticos de múltiplos estágios

Três grupos experimentais foram investigados depois de serem submetidos a um número diferente de fases da osmoporação: OC1 – um estágio de osmoporação; OC2 – dois estágios de osmoporação; OC3 – três fases de osmoporação. Sub-culturas (1,5 mL) da suspensão iso-ósmotica de células foram centrifugadas por 10 min a 4000 × g, 25 ° C. Depois disso, as células foram submetidas à desidratação com 1,5 mL de solução de água-glicerol hiper-ósmotico e incubadas durante 60 min, a 250 rpm, 25 ° C. A suspensão de células foi então centrifugada por 10 min a 4000 × g, 25 ° C e rapidamente reidratada com 1,5 mL de solução iso-ósmotica de água-glicerol e incubado nas mesmas condições. O protocolo de Osmoporação foi executado uma vez (grupo OC1), duas vezes (grupo OC2) ou três vezes (grupo OC3). Células não submetidas à osmoporação foram usadas como grupo controle (CG).

Ensaio da viabilidade

A viabilidade celular foi avaliada pelo método de UFC. Depois de cada tratamento ósmotico, suspensões celulares foram centrifugadas por 10 min a 4000 × g, 25 ° C e re-suspensão a 1,5 mL de PBS. Após diluições em série adequadas, 0,1 mL das suspensões celulares foram cultivadas em MW médio solidificado com ágar através do método de propagação de placa. As placas foram incubadas por 48h a 30 ° C. Colônias foram contadas e os resultados expressaram em UFC/mL.

Análise estatística

Os experimentos foram executados em três repetições independentes ($n = 3$). Análise estatística foi realizada utilizando o software STATISTICA v. 8.0 (TIBCO Statistica, Palo Alto, CA, EUA). One-Way ANOVA combinado com Tukey HSD teste post hoc foi aplicado para estabelecer a significância estatística ($p < 0,05$).

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As suspensões celulares para os três experimentos (OC1, OC2 e OC3) e grupo controle (CG) foram a vácuo filtrado com 0,22 µm de membranas, lavado três vezes com solução de PBS (pH 7,4) e corrigido com glutaraldeído 2% (v/v) em PBS 0,01 M em 60 min a 4 ° C. Gradientes de 30, 50, 70 e 100% (v/v) de etanol foram aplicados, por 5 min cada, a 4 ° C para a desidratação. As células foram congeladas e liofilizadas após evaporação natural, do etanol. Amostras foram fixadas e revestidas com ouro, e imagens foram adquiridas em 12 kV, utilizando um microscópio de SSX-550 (Shimadzu, Kyoto, Japão).

Resultados e Discussões

Viabilidade das células de levedura após tratamento osmótico

A Figura 1 mostra como a viabilidade das células de levedura foi afetada pelo protocolo de estágios sequenciais de osmoporação, juntamente com as diferenças estatísticas entre os resultados para cada estágio do protocolo sequencial.

É possível identificar os efeitos negativos das fases subsequentes da osmoporação sobre a viabilidade celular. Valores médios mostram que o primeiro estágio da osmoporação (OC1) resultou em $78,3 \pm 3,2\%$ de células viáveis, que falam por um decréscimo de 21,7% quando comparado ao grupo controle (CG), usado como padrão de comparação. Câmara Júnior et al. (2016) relataram um rendimento de 84% de células viáveis após a aplicação de um processo de osmoporação palco para o encapsulamento de fisetina, juntamente com nenhuma diferença estatística para a viabilidade das células que não sofreram tratamento osmótico.

García (2011), em um estudo sobre a sobrevivência de bactérias em meios com atividade de água reduzida, destacou que os protocolos de desidratação das células exercem grande influência sobre a possível viabilidade celular também para estes microrganismos. Mille et al (2002) também investigou a influência dos choques hiperosmóticos sobre a viabilidade de bactérias e mostrou que células de *Escherichia coli* também são capazes de lidar com variações moderadas (26 MPa) a pressão osmótica do meio sem redução significativa na viabilidade.

Beney, Marañón, Marechal e Gervais (2000) demonstraram que a cinética do evento osmótico, bem como sua intensidade, são de grande relevância na viabilidade celular. Os dados apresentados foram adquiridos pela aplicação de uma cinética de desidratação/reidratação rápida, conforme descrito por Dupont et al. (2010), que foi provado para produzir a mais alta taxa de sobrevivência. No entanto, não há relatos encontrados na literatura abordando a viabilidade de células de levedura após eventos osmóticos sequenciais.

É possível supor que a criação de rugas e dobras na membrana plasmática durante o processo de desidratação, seguido pelo rearranjo de sua estrutura fosfolípídica, não pode ser completamente revertida durante a reidratação, afetando o funcionalidade da células de levedura. Com efeito, la Roche, Beney, Marechal e Gervais (2001) relataram que as transformações de fase podem ocorrer na fase lipídica da membrana plasmática durante a desidratação, a partir de um estado líquido-cristalino de uma fase gel, que pode desestabilizar a membrana e perturbar a funcionalidade da célula.

Impacto sobre a estrutura de levedura

A Figura 2 mostra as microfotografias obtidas por MEV das células de levedura durante o protocolo de osmoporação. É possível observar a microestrutura suave da superfície das células de levedura quando mantidas em meio isosmótico (1,4 MPa), o aparecimento aleatório de dobras, rugas e cicatrizes ao longo da superfície da célula durante a etapa de desidratação para um meio hiperosmótico e a reabilitação do volume das células e a lisura da superfície após a fase de reidratação.

As observações foram realizadas sobre as células CG, bem como após 60 min de cada etapa do protocolo de osmoporação em múltiplos estágios. No entanto, observações MEV não foram capazes de mostrar qualquer diferença entre as fases do tratamento sequencial, destacando que as principais alterações que ocorrem nas células não são colocadas na parede celular. Estudos anteriores já indicaram que as principais alterações, que representam o impacto na viabilidade celular, estão localizadas na membrana plasmática (Dupont et al., 2010; Garcia-Manyes, Oncins, & Sanz, 2005). A parede celular é uma estrutura rígida e externa das células de levedura que respondem ao processo de desidratação, reduzindo seu volume (Dupont et al., 2014).

Conclusão

O processo de osmoporação em múltiplos estágios e seus impactos sobre a estrutura e viabilidade celular proposto foi avaliado. Foi demonstrado que nos múltiplos estágios da osmoporação o mais expressivo é a diminuição na viabilidade celular, atingindo 15% quando são executados três estágios de osmoporação. Observações por MEV não mostraram quais estruturas são responsáveis por este efeito, mas indicaram que a chave para compreender o efeito desse processo de múltiplos estágios na funcionalidade da célula é na membrana plasmática. Mais estudos são necessários para investigar quais modificações sobre a nanoestrutura das células de levedura são necessários para tais impactos na viabilidade celular.

Referências

Adya, A. K., Canetta, E., & Walker, G. M. (2006). Atomic force microscopic study of the influence of physical stresses on *Saccharomyces cerevisiae* and *Schizosaccharomyces pombe*. *FEMS Yeast Research*, 6(1), 120–128. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2005.00003.x>

Beney, L., & Gervais, P. (2001). Influence of the fluidity of the membrane on the response of microorganisms to environmental stresses. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57(1–2), 34–42. <https://doi.org/10.1007/s002530100754>

Beney, L., Martínez De Marañón, I., Marechal, P. A., & Gervais, P. (2000). Influence of thermal and osmotic stresses on the viability of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1–3), 275–279. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00203-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00203-8)

Câmara Junior, A. A., Dupont, S., Beney, L., Gervais, P., Rosenthal, A., Correia, R. T. P., & Pedrini, M. R. da S. (2016). Fisetin yeast-based bio-capsules via osmoporation:

effects of process variables on the encapsulation efficiency and internalized fisetin content. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(12), 5547–5558. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7425-8>

Dupont, S., Beney, L., Ferreira, T., & Gervais, P. (2011). Nature of sterols affects plasma membrane behavior and yeast survival during dehydration. *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes*, 1808(6), 1520–1528. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2010.11.012>

Dupont, S., Beney, L., Ritt, J. F., Lherminier, J., & Gervais, P. (2010). Lateral reorganization of plasma membrane is involved in the yeast resistance to severe dehydration. *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes*, 1798(5), 975–985. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2010.01.015>

Dupont, S., Rapoport, A., Gervais, P., & Beney, L. (2014). Survival kit of *Saccharomyces cerevisiae* for anhydrobiosis. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(21), 8821–8834. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6028-5>

Garcia-Manyes, S., Oncins, G., & Sanz, F. (2005). Effect of temperature on the nanomechanics of lipid bilayers studied by force spectroscopy. *Biophysical Journal*, 89(6), 4261–4274. <https://doi.org/10.1529/biophysj.105.065581>

García, A. H. (2011). Anhydrobiosis in bacteria: From physiology to applications. *Journal of Biosciences*, 36(5), 939–950. <https://doi.org/10.1007/s12038-011-9107-0>

Gervais, P., & Beney, L. (2001). Osmotic mass transfer in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Cellular and Molecular Biology* (Noisy-Le-Grand, France), 47(5), 831–9. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11728097>

Gervais, P., Marechal, P. A., & Molin, P. (1992). Effects of the Kinetics of Osmotic Pressure Variation on Yeast Viability. *Biotechnology and Bioengineering*, 40, 1435–1439.

Guilak, F., & Ting-Beall, H. P. (2002). Effects of osmotic pressure on the viscoelastic and physical properties of articular chondrocytes. *American Society of Mechanical Engineers, Bioengineering Division (Publication) BED*, 43(February), 720–727.

Iaconelli, C., Lemetais, G., Kechaou, N., Chain, F., Bermúdez-Humarán, L. G., Langella, P., ... Beney, L. (2015). Drying process strongly affects probiotics viability and functionalities. *Journal of Biotechnology*, 214, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2015.08.022>

Laroche, C., Beney, L., Marechal, P. A., & Gervais, P. (2001). The effect of osmotic pressure on the membrane fluidity of *Saccharomyces cerevisiae* at different physiological temperatures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(1–2), 249–254. <https://doi.org/10.1007/s002530000583>

Mille, Y., Beney, L., & Gervais, P. (2002). Viability of *Escherichia coli* after combined osmotic and thermal treatment: A plasma membrane implication. *Biochimica et Biophysica Acta-Biomembranes*, 1567, 41–48. [https://doi.org/10.1016/S0005-2736\(02\)00565-5](https://doi.org/10.1016/S0005-2736(02)00565-5)

Pedrini, M. R. da S., Dupont, S., Câmara Júnior, A. de A., Beney, L., & Gervais, P. (2014). Osmoporation: A simple way to internalize hydrophilic molecules into yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(3), 1271–1280.
<https://doi.org/10.1007/s00253-013-5386-8>

CÓDIGO: SB0274

AUTOR: AMANDA KIVIA DE BRITO CARVALHO

COAUTOR: KATIA CRISTINA BORGES

ORIENTADOR: ROBERTA TARGINO HOSKIN

TÍTULO: Processo de secagem para obtenção de acerola desidratado usando a tecnologia de sorção polifenol-proteína: estudo do produto final

Resumo

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), é um fruto tropical que apresenta vasto potencial econômico e nutricional, além de ser facilmente cultivado, possui sabor e aroma agradáveis e, se destaca por sua composição em compostos bioativos como antocianinas e vitamina C. A perecibilidade dos frutos permite a aplicação de processos tecnológicos com vistas à produção de produtos derivados com compostos bioativos, atributos funcionais e biológicos preservados. O objetivo do estudo foi realizar a secagem da acerola através da técnica de atomização em spray dryer, usando temperaturas de 110 e 130 °C e como coadjuvante de secagem, proteína do soro do leite e goma arábica, nas concentrações de 10% e 15%. Os produtos obtidos foram analisados quanto ao rendimento, umidade, atividade de água, acidez total titulável, solubilidade, higroscopidade, morfologia eletrônica de varredura e cor. Os resultados apontam influencia do tipo de coadjuvante de secagem. Todavia, tanto os pós obtidos com whey quanto goma arábica apresentam potencial de aproveitamento.

Palavras-chave: acerola, carboidrato, proteína, secagem.

TITLE: DEVELOPMENT OF DEHYDRATED PRODUCT USING POLYPHENOL-PROTEIN SORTION TECHNOLOGY: STUDY OF PROCESS, PRODUCT AND STABILITY DURING STORAGE

Abstract

The acerola (*Malpighia emarginata* DC), is a tropical fruit that has vast economic and nutritional potential, besides being easily cultivated, has a pleasant flavor and aroma and is notable for its composition in bioactive compounds such as anthocyanins and vitamin C. The perishability of fruits allows the application of technological processes with a view to the production of derived products with bioactive compounds, functional and biological attributes preserved. The objective of the study was to perform the drying of the acerola by means of the atomization in spray dryer, using temperatures of 110 and 130 °C and as coadjuvant of drying, whey protein and gum arabic, in the concentrations of 10% and 15%. The products obtained were analyzed for yield, moisture, water activity, titratable total acidity, solubility, hygroscopicity, scanning electron morphology and color. The results indicate influence of the type of coadjuvant drying. However, both powders obtained with whey and gum arabic have potential for recovery.

Keywords: acerola, carbohydrate, protein, drying.

Introdução

A acerola é uma fruta extensivamente adaptada as condições de solo e clima brasileiro, sendo considerada uma das maiores fontes natural de ácido ascórbico, por esses motivos passou a ter importâncias econômicas. O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola no mundo (CARVALHO, 2000). Contudo, para o seu potencial de aproveitamento e seu retorno mercadológico, é necessário contornar a sazonalidade e a elevada perecibilidade, condições inerentes a esse tipo de alimento. Neste contexto o secador do tipo spray dryer tem sido aplicado para grande variedade de alimentos e baseia-se no princípio da atomização do material a ser desidratado em uma câmara de forma a promover rápida evaporação da água. Essa técnica tem sido investigada para a obtenção de produtos com melhores características tecnológicas e maior retenção de constituintes com atividade biológica (BENETT et. al., 2011), já que devido ao curto tempo de contato com a fonte de calor, permite secar materiais termosensíveis, sem afetar demasiadamente a qualidade de seus constituintes (SOUZA et. al., 2013, BORGES et. al., 2016). Estudos prévios apontam que a utilização de proteína como coadjuvante de secagem permite maior eficiência, utilizando quantidades inferiores aquelas usadas com carreadores baseados em carboidratos, tais como maltodextrina (FANG et. al., 2012). Apesar do baixo custo, os carboidratos usualmente usados nesse tipo de processo têm o grande inconveniente de serem açúcares em sua natureza, o que limita a utilização do produto final como produto funcional. As proteínas do soro de leite, principal subproduto da indústria de laticínios, além de ter em sua constituição um perfil de aminoácidos bioativos, incluindo os essenciais e os de cadeias ramificadas, adequados para formulações em alimentos, propiciando um produto final com maior propriedade funcional (FLORES et. al. 2014), possuem também propriedades gelificantes e emulsificantes, o que possibilita sua utilização como material de revestimento (BAZARIA et.al. 2016). Nesse contexto, existem relatos que comprovam a eficiência da proteína do soro de leite como adjuvante de secagem, tanto em relação ao rendimento (BAZARIA et.al. 2016; BHUSARI et. al., 2014) quanto ao aumento gradual do teor de compostos fenólicos, além de elevada atividade antioxidante ao longo do processo de digestão por simulação in vitro(FLORES et.al. 2014). Assim, com intuito de tirar proveito dos aspectos funcionais da acerola, por meio da tecnologia de sorção polifenol-proteína da polpa de acerola usando a secagem por atomização, esse trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência da secagem frente às temperaturas de entrada e concentrações de coadjuvantes usadas no processo. Como também quantificar a composição físico-química através do pH, acidez total titulável, atividade de água, umidade, rendimento, solubilidade, higroscopicidade, cor e morfologia eletrônicas de varredura.

Metodologia

Material As acerolas (*Malpighia emarginata*) de variedades vermelhas e roxas foram compradas em vários lotes de frutas no local mercado (Natal, RN, Brasil). Os frutos foram higienizados e homogeneizados para constituir um único lote. Sendo processados em polpa de frutas usando uma máquina de despolping (modelo Compacta, Itametal, Brasil). Após o despolpamento as polpas foram acondicionadas em sacos de polietileno, lacrados e congelados. Obtenção das amostras Para obtenção da polpa de acerola desidratada, foi realizada a secagem em um secador do tipo spray dryer modelo MSD 1.0 (Labmaq do Brasil Ltda.), com capacidade para 1L/h. Com base em teste preliminares, foram fixados duas temperaturas de entrada de ar em 110 °C e 130 °C, fluxo de ar em 45 L/min, pressão do ar em 3,80 kgf/cm² e bico injetor com diâmetro de 1,2mm. A vazão mássica de 446 mL/hora foi realizada através de uma bomba peristáltica. A proteína do soro do leite (Whey) foi comprada no Empório Papa Capim (Natal, RN, Brasil), foi utilizada como agente carreador na concentração de 10% e 15%

p/v. A goma arábica (InstantgumBA®), foi adquirida por doação da empresa Colloïdes Naturels Brazil (São Paulo, Brasil), sendo utilizada como agente carreador na concentração de 10% e 15% p/v. Identificação das amostras Foram analisados oito grupos experimentais e a polpa in natura, com as seguintes identificações: PI (polpa de acerola in natura), AW1 (polpa de acerola desidratada com adição de 10% de whey a 110 °C), AW2 (polpa de acerola desidratada com adição de 10% de whey a 130 °C), AW3 (polpa de acerola desidratada com adição de 15% de whey a 110 °C), AW4 (polpa de acerola desidratada com adição de 15% de whey a 130 °C); AG1 (polpa de acerola desidratada com adição de 10% de goma a 110 °C), AG2 (polpa de acerola desidratada com adição de 10% de goma a 130 °C), AG3 (polpa de acerola desidratada com adição de 15% de goma a 110 °C), AG4 (polpa de acerola desidratada com adição de 15% de goma a 130 °C). Rendimento O rendimento foi calculado de acordo com a Equação 1 (BASTOS et al., 2012). Rendimento (%) = (((1 - Umidade do pó) * massa do pó produzido) / ((1 - Umidade da polpa) * massa do polpa alimentada)) * 100 (1) Caracterização físico-química As polpas desidratadas e in natura foram caracterizadas quanto ao pH, acidez total titulável (expressa em % de ácido cítrico), conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008). A umidade foi determinada a partir da balança determinadora de umidade, modelo (i-Thermo163M, 64M e i-Thermo 62L, 163LRevisione software Th 3_xx e subsequente) e a atividade de água obtida através do analisador de atividade de água, modelo (AquaLab 4 TE, Decagon Devices, EUA). A solubilidade foi determinada de acordo com Oliveira et. al. (2013), onde 0,5g da amostra foi pesado e adicionado a 50 ml de água destilada, deixando sob agitação a 1000 rpm por 5 min, em seguida centrifugado a 4500 rpm por 5 min. Uma alíquota de 12,5 ml do sobrenadante foi transferido para uma placa petri e levado a estufa por 5 horas a 105°C. Determinando o peso final da placa, a partir do percentual de solubilidade (Equação 2). Solubilidade (%) = (((peso da placa final – peso da placa inicial)*2) / (massa de pó – umidade do pó))*100 (2) A determinação de higroscopidez foi determinada de acordo com Souza et. al. (2015). Foram pesadas em placas petri 0,5g de amostras em triplicatas e colocadas em dessecadores contendo solução saturada de NaCl armazenadas por uma semana. O resultado foi calculado através da equação 3. Higroscopidez (%) = ((umidade do pó + ((c-b)/(b-a))) / (100+ umidade do pó)) *100 (3), onde: a = peso da placa vazia (g), b = peso da placa + amostra (g), c = peso da placa + amostra em equilíbrio (g). A cor instrumental foi analisada através de um colorímetro (Spectrophotometer CM- 2600 d), onde as amostras foram colocadas em placas petri na quantidade suficiente para que o equipamento realizasse a leitura. Os resultados foram registrados de acordo com as coordenadas CIELAB, proposto pela Comission Internacionale de l'Eclairage (CIE), 1971. As variáveis são: L* (luminosidade), a* e b* (coordenadas), C* (chroma) calculado através da equação 4, ΔE (diferença total de cor) encontrado através da equação 5, BI (índice de escurecimento) calculado através da equação 6. $C^* = (\sqrt{(a_2^2 + b_2^2)})$ (4) $\Delta E = (\sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2})$ (5) $BI = ((100*(x-0,31))/ (0,17))$ (6) A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada no laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) da UFRN, onde as amostras foram fixadas em um porta-espécimes metálicos com fita adesiva dupla face condutora convencional, sendo observadas por um microscópio eletrônico de varredura (modelo TM3000, Hitachi, EUA), operando com tensão de aceleração de 5 kv e 15 kv, com zoom (entre 1000 e 2000x). Análises estáticas As análises foram expressas como média ± desvio padrão, com diferença significativa ($p < 0,05$), utilizando o software Statistica® 7.0 através da análise da variância e teste Turkey ($p < 0,05$).

Resultados e Discussões

A seguir são apresentados os resultados referentes aos valores médios e desvio-padrão do rendimento, umidade, atividade de água, pH, acidez total titulável, temperatura de entrada de ar e temperatura de saída de ar das amostras polpa de acerola in natura (PI), polpa de acerola desidratada com adição de 10% de whey a 110 °C (AW1), polpa de acerola desidratada com adição de 10% de whey a 130 °C (AW2), polpa de acerola desidratada com adição de 15% de whey a 110 °C (AW3), polpa de acerola desidratada com adição de 15% de whey a 130 °C (AW4); polpa de acerola desidratada com adição de 10% de goma a 110 °C (AG1), polpa de acerola desidratada com adição de 10% de goma a 130 °C (AG2), polpa de acerola desidratada com adição de 15% de goma a 110 °C (AG3) e polpa de acerola desidratada com adição de 15% de goma a 130 °C (AG4). Rendimento (%) (AW1): 15,00 (AW2): 17,37 (AW3): 36,62 (AW4): 42,96 (AG1): 32,50 (AG2): 31,84 (AG3): 32,40 (AG4): 41,71 Umidade (%) (PI): $81,25 \pm 0,03$ a (AW1): $2,59 \pm 0,01$ b (AW2): $2,68 \pm 0,02$ b (AW3): $2,16 \pm 0,01$ c (AW4): $1,95 \pm 0,03$ d (AG1): $1,43 \pm 0,01$ e (AG2): $1,94 \pm 0,02$ d (AG3): $1,91 \pm 0,01$ d (AG4): $1,51 \pm 0,02$ e Atividade de água (aw): (PI): $0,983 \pm 0,002$ a (AW1): $0,399 \pm 0,009$ d (AW2): $0,388 \pm 0,003$ e (AW3): $0,434 \pm 0,002$ c (AW4): $0,453 \pm 0,001$ b (AG1): $0,331 \pm 0,004$ g (AG2): $0,227 \pm 0,001$ i (AG3): $0,316 \pm 0,003$ h (AG4): $0,364 \pm 0,002$ f pH: (PI): $3,05 \pm 0,07$ e (AW1): $3,60 \pm 0,01$ b (AW2): $3,58 \pm 0,01$ b (AW3): $3,81 \pm 0,01$ a (AW4): $3,81 \pm 0,00$ a (AG1): $3,24 \pm 0,01$ d (AG2): $3,25 \pm 0,01$ d (AG3): $3,34 \pm 0,01$ c (AG4): $3,35 \pm 0,00$ c Acidez Total Titulável (g de ácido cítrico/ 100g de amostra): (PI): $5,34 \pm 0,00$ i (AW1): $9,32 \pm 0,08$ b (AW2): $9,71 \pm 0,00$ a (AW3): $8,35 \pm 0,09$ e (AW4): $7,83 \pm 0,00$ g (AG1): $9,12 \pm 0,00$ d (AG2): $9,22 \pm 0,04$ bc (AG3): $7,73 \pm 0,04$ f (AG4): $8,15 \pm 0,00$ h Temperatura de Entrada do Ar (°C): (AW1): 110 °C (AW2): 130 °C (AW3): 110 °C (AW4): 130 °C (AG1): 110 °C (AG2): 130 °C (AG3): 110 °C (AG4): 130 °C Temperatura de Saída do Ar (°C): (AW1): 85 °C (AW2): 104 °C (AW3): 88 °C (AW4): 99 °C (AG1): 82 °C (AG2): 102 °C (AG3): 78 °C (AG4): 98 °C Solubilidade (%): (AW1): $26,06 \pm 2,38$ c (AW2): $32,52 \pm 0,20$ b (AW3): $32,99 \pm 2,57$ b (AW4): $21,54 \pm 0,00$ c (AG1): $39,39 \pm 0,12$ a (AG2): $41,05 \pm 0,19$ a (AG3): $42,53 \pm 1,26$ a (AG4): $43,22 \pm 0,04$ a Higroscopidade (%): (AW1): $15,95 \pm 0,28$ d (AW2): $16,87 \pm 0,24$ c (AW3): $14,25 \pm 0,18$ e (AW4): $14,07 \pm 0,21$ e (AG1): $22,90 \pm 0,22$ b (AG2): $24,23 \pm 0,07$ a (AG3): $22,98 \pm 0,24$ b (AG4): $23,52 \pm 0,43$ ab Resultados expressos como média \pm desvio padrão (N = 2); a-i: Letras diferentes sobreescritas na mesma coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). (PI) = Polpa de acerola in natura. (AW1 e AW2) = Polpa de acerola desidratada com adição de 10% de whey a 110 °C e 130 °C, respectivamente. (AW3 e AW4) = Polpa de acerola desidratada com adição de 15% de whey a 110 °C e 130 °C, respectivamente. (AG1 e AG2) = Polpa de acerola desidratada com adição de 10% de goma a 110 °C e 130 °C, respectivamente. (AG3 e AG4) = Polpa de acerola desidratada com adição de 15% de goma a 110 °C e 130 °C, respectivamente. Abaixo estão dispostos os resultados da análise de cor dos nove grupos experimentais. L*: (PI): 106,24 (AW1): 78,31 (AW2): 77,02 (AW3): 71,69 (AW4): 76,25 (AG1): 75,48 (AG2): 86,29 (AG3): 88,05 (AG4): 82,94 a*: (PI): -15,16 (AW1): 7,13 (AW2): 8,01 (AW3): 7,48 (AW4): 7,56 (AG1): -4,35 (AG2): -4,61 (AG3): 1,42 (AG4): 0,47 b*: (PI): 8,35 (AW1): 13,26 (AW2): 13,59 (AW3): 16,96 (AW4): 16,61 (AG1): 18,29 (AG2): 18,12 (AG3): 17,78 (AG4): 16,81 C: (PI): 17,30 (AW1): 15,05 (AW2): 15,77 (AW3): 18,53 (AW4): 18,25 (AG1): 18,80 (AG2): 18,69 (AG3): 17,83 (AG4): 16,81 BI: (AW1): 24,87 (AW2): 26,67 (AW3): 34,21 (AW4): 31,43 (AG1): 22,59 (AG2): 18,89 (AG3): 23,25 (AG4): 22,54 ΔE: (AW1): 36,07 (AW2): 37,65 (AW3): 42,19 (AW4): 38,52 (AG1): 34,08 (AG2): 24,59 (AG3): 26,35 (AG4): 29,30 (PI) = Polpa de acerola in natura. (AW1 e AW2) = Polpa de acerola desidratada com adição de 10% de whey a 110 °C e 130 °C, respectivamente. (AW3 e AW4) = Polpa de acerola desidratada com adição de 15% de whey a 110 °C e 130 °C, respectivamente. (AG1 e AG2) = Polpa de acerola desidratada com adição de 10% de goma a 110 °C e 130 °C, respectivamente. (AG3 e AG4) = Polpa de acerola desidratada com adição de 15% de goma a 110 °C e 130 °C, respectivamente. * L* = luminosidade; * a* = coordenadas, * b* = coordenadas, *C = chroma, *BI = índice de

escurecimento, ΔE = diferença total de cor . Discussão Caracterização físico-química da polpa in natura e atomizada Com base nos dados obtidos é possível observar que as concentrações dos coadjuvantes e as temperaturas de secagem afetaram o rendimento do processo, obtendo valores variando de 15,00 a 42,95 %. Em relação a umidade os produtos encontram dentro dos valores preconizados pela legislação para produtos desidratados, apresentando uma variação de 1,48 a 2,68 %, onde a umidade da polpa de acerola desidratada com goma arábica foi menor ($p<0,05$) do que a desidratada com soro do leite (whey). Não houve diferença estatística ($p<0,05$), entre os grupos AW1 e AW2; AW4, bem como como entre os grupos AG2 e AG3; AG1 e AG4, sugerindo que as diferenças observadas podem ser decorrentes do tipo de coadjuvante e não a concentração e/ou temperatura utilizada no processo. Ao que concerne a atividade de água é possível observar que as amostras diferiram entre si ($p<0,05$), a atomização reduziu 2 a 3 vezes o valor inicial da polpa de acerola in natura. Os valores do pH não diferiram estaticamente entre si ($p<0,05$), apresentaram variações de 3,05 para polpa de acerola in natura e 3,24 a 3,81 para os pós desidratados. Em relação aos resultados da acidez total titulável não houve diferença significativa entre as amostras ($p>0,05$), tendo uma alteração de 5, 34 da polpa de acerola in natura e 7,73 a 9,71 para os pós. De maneira geral, os pós obtidos apresentaram baixa acidez, conforme a classificação de Vasconcelos & Melo Filho (2010), em que alimentos de baixa acidez apresentam ($pH> 4,5$) e alimentos ácidos ($pH<4,5$). Em relação a solubilidade, as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$), ambas apresentaram baixa capacidade em manter- se como uma mistura homogênea em água. Por sua vez, os valores obtidos para higroscopicidade diferiram entre si ($p<0,05$), destacando os pós obtidos com goma arábica como os mais higroscópicos quando comparados aos obtidos com whey, o que estar associado ao tipo de coadjuvante utilizado. Os valores obtidos para a cor instrumental são mostrados através dos seguintes parâmetros L^* representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco); a^* representa uma escala de tonalidades de vermelho (+a) a verde (-a); b^* representa uma escala de tonalidades de amarelo (+b) a azul (-b); C representa saturação ou brilho, ou seja, quanto mais distante de 0 maior é o brilho da cor; ΔE representa a diferença total de cor entre as amostras e o produto inicial. Essa diferença total da cor é responsável para indicar se o produto inicial sofreu alterações expressivas na cor após um determinado processamento. BI representa o índice de escurecimento. Esse índice aponta a intensidade da cor marrom nas amostras analisadas e é importante avaliar produtos submetidos a processos onde reações de escurecimento enzimático ou não-enzimático possam ocorrer (Maskan, 2001). Através desses parâmetros é possível identificar os aspectos visuais importante para um produto final e avaliar se o processo de secagem por atomização acarretou algum impacto para o produto. De acordo com os dados, podemos verificar que a adição de coadjuvantes e a secagem por atomização foram elementos capazes de aumentar a luminosidade do produto final. A maior luminosidade obtida foi para pós desidratados com goma arábica (L^* variando de 75,48 a 88,05) e os pós desidratados com whey (L^* variando de 71,69 a 78,31). Em relação às coordenadas a^* as amostras apresentaram tonalidades mais para o vermelho, como esperado tendo em vista a coloração da fruta in natura, e para as coordenadas b^* os resultados obtidos apontaram uma tonalidade amarelada, devido à presença de carotenóides. Para o índice C as amostras AW3 e AW4, AG1 e AG2, apresentaram os maiores valores, com isso maior brilho da cor. Com relação ao ΔE as amostras com whey apresentaram uma maior diferença de cor com resultados variando de 36,07 a 42,19 quando comparadas as amostras com goma arábica (24,59 a 34,08). E o BI também foi maior para as amostras com whey com valores variando de 24,87 a 34,21. Conforme os resultados do ΔE e BI obtidos é possível observar que o tipo de coadjuvante e a temperatura influenciaram o processo de obtenção do produto. As imagens das micrografias eletrônicas de varredura com aumento de 2000x para as polpas desidratadas com whey mostraram partículas

menores e alongadas, enquanto as com goma arábica, apresentaram partículas maiores e arredondadas.

Conclusão

A partir do estudo realizado, os resultados obtidos apontam que o tipo de coadjuvante utilizado no processo influenciou no produto final. Nesse caso, é valido ressaltar que a escolha de qual auxiliar utilizar dependerá da aplicação final do produto, uma vez que whey é uma proteína a qual possui características diferentes, quando comparado com a goma arábica que é um carboidrato. Por outro lado, quando falamos do processo utilizado para a obtenção desses pós desidratados, ambos se mostraram eficientes e não geraram impactos que afetassem a qualidade do produto final.

Referências

- BAZARIA, B.; KUMAR. P. Effect of whey protein concentrate as drying aid and drying parameters on physicochemical and functional properties of spray dried beetroot juice concentrate. *Food Bioscience*, v. 14, p.21–27, 2016. BENNETT, L., JEGASOTHY, H., KONCZAK, I., FRANK, D., SUDHARMARAJAN, S., & CLINGELEFFER, P. Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods*, v.3, p. 115-124, 2011. BORGES, K.C.; AZEVEDO, J.C; MEDEIROS, M, F.; CORREIA, R.T.P. Physicochemical characterization and bioactive value of tropical berry pomaces after spouted bed drying. *Journal of Food Quality*, ISSN 1745-4557, 2015. BYUNG, P. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiology Review*, 74, p. 139–163, 1994. CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; SILVA, P. I. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. *Boletim CEPPA*, Curitiba, v. 22, n. 1, 2005. FLORES, F.P.; SINGH, R.K; KONG, F. Physical and storage properties of spray-dried blueberry pomace extract with whey protein isolate as wall material. *Journal of Food Engineering*, v.137, p. 1-6, 2014. FUJITA, ALICE; BORGES, KÁTIA; CORREIA, ROBERTA; FRANCO, BERNADETTE DORA GOMBOSSY DE MELO; GENOVESE, MARAINÉS. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu(*Myrciariadubia* Mc. Vaugh). *Food Research International*, 54, 495-500, 2013. GEA Niro Research Laboratory. GEA Niro analytical methods. Disponível em: <<http://www.niro.com.methods>>. Acesso em: 25 jul.2018. IAL – Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 6. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. MASKAN, M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, v.48, p. 169-175, 2001. MORAES, F. P. Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L.) por atomização em spray dryer: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.122f. MORAES, F. P; GONÇALVES, A. C.; MIGUEL, T. B. V.; BORGES, K. C. Freeze Dried Acerola (*Malpighia emarginata*) Pulp and Pomace: Physicochemical Attributes, Phytochemical Content and Stability during Storage. *Journal of Food Industry*, v.1, n.1, 2017. OLIVEIRA, M. I. S. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. *Food Technology*, Campinas, v. 16, n.4, p. 310-318, out./dez. 2013. RIBEIRO, L. C. Produção de acerola em pó: métodos de secagem e avaliação da estabilidade. Universidade Federal do Ceará, 2014. 126 f. SOUZA, V.B., THOMAZINI, M., BALIEIRO, J.C.C. e FÁVARO-TRINDADE, C.S. Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitislabrusca*). *Food and Bioproducts Processing*, 2013,

p. 39-50. TANAKA, D. L. Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighiassp*). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2007. 73f. VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. Técnico em alimentos: conservação de alimentos: conservação de alimentos. Escola Técnica Aberta do Brasil (e-Tec Brasil). UFRPE/UFRN/CODAI, 2010. FREITAS et al. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. Universidade Federal do Ceará/Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CÓDIGO: SB0306

AUTOR: PAULA FRANCA NASCIMENTO LOPES

ORIENTADOR: KATIA NICOLAU MATSUI

TÍTULO: Obtenção, caracterização e aplicação de óleo de coco em filmes à base de fécula de mandioca

Resumo

Produtos derivados do coqueiro são amplamente estudados, sendo dada uma atenção maior, nos últimos tempos, ao óleo de coco. Estudos apontam benefícios no seu uso para a saúde, higiene e estética. Os objetivos deste estudo foram empregar distintas metodologias para a obtenção do óleo de coco, caracterizá-lo frente às propriedades físico-químicas e avaliar a sua capacidade inibidora sobre bactérias gram positivas e negativas, para que posteriormente possa ser empregado na formulação de filmes biodegradáveis para acondicionar alimentos.

Palavras-chave: óleo de coco, caracterização físico-química, atividade antimicrobiana

TITLE: Obtaining and Characterizing Coconut Oil

Abstract

Coconut palm products are widely studied and more attention has recently been paid to coconut oil. Studies point to benefits in its use for health, hygiene and aesthetics. The objectives of this study were to employ different methodologies to obtain coconut oil, to characterize it in relation to its physicochemical properties and to evaluate its inhibitory capacity against gram positive and negative bacteria, so that it can later be employed in the formulation of biodegradable films for packaging food.

Keywords: coconut oil, physicochemical characterization, antimicrobial activity

Introdução

O coqueiro da espécie (*Cocos nucifera L.*) é originário do Sudeste da Ásia, sendo introduzido na América, especificamente no Brasil, pelos portugueses no século XVI (Lima et al., 2015).

No Brasil, em termos de importância econômica e social, a cultura do coco assume posição importante como atividade geradora de emprego e renda, empregando mão-de-obra durante todo o ano (Fontenele, 2005). Este importante papel do coco, quanto a capacidade de gerar emprego se dá ao aproveitamento de todo o fruto, sendo a sua água, a copra (parte branca interna do coco, também chamada de carne do coco) para consumo in natura ou comercialização segundo Fontenele, (2005).

O óleo de coco, obtido a partir da prensagem da copra até então utilizado exclusivamente na culinária, vem expandindo suas aplicações na área estética, higiene e da saúde, principalmente pela comprovação de propriedades que certificam seus benefícios ao corpo humano (Fontenele, 2005).

O óleo é composto por 90% de ácidos graxos de cadeia média, dentre eles identifica-se a maior presença de ácido láurico denominado ácido graxo saturado. Segundo estudos os ácidos de cadeia média facilitam o transporte do óleo de coco pelas veias indo diretamente para o fígado, sendo transformado em energia, facilitam a absorção de nutrientes, além de atuar como agente antioxidante e antibacteriano (Ribeiro, 2017). O óleo de coco é reconhecido como um potente anti-inflamatório, capaz de reduzir o LDL e aumentar o HDL, sem alterar os níveis de colesterol (Ribeiro, 2017).

Em busca da redução dos impactos ambientais, muitos estudos estão sendo realizados acerca da incorporação de óleos essenciais na matriz polimérica dos filmes a base de amido de mandioca, a fim de verificar as mudanças no filme a partir das características do próprio óleo, como a ação antimicrobiana, por exemplo, como citado em Mattei et al., (2013)

Dessa forma este estudo tem como objetivo avaliar a melhor técnica de extração do óleo de coco; realizar a caracterização físico-química, capacidade de inibição das bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* comumente encontradas em alimentos e assim incorporar o óleo de coco na solução filmogênica, para que futuramente seja possível avaliar as propriedades do filme e as melhorias trazidas pela incorporação do óleo.

Metodologia

A extração do óleo de coco assim como a maior parte das análises físico-químicas, exceto a determinação de iodo, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade, a análise antimicrobiana foi feita no Laboratório de Microbiologia de Alimentos, ambos situados no prédio dos Laboratórios de Engenharia de Alimentos (LEA), do Departamento de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, UFRN. A análise de determinação de iodo foi efetuada no Laboratório de Bromatologia, pertencente ao Departamento de Farmácia, Centro de Ciências e Saúde, UFRN. A extração do óleo de coco, juntamente com todas as análises foram realizadas em triplicata, para maior credibilidade dos dados obtidos.

Extração do Óleo de Coco: Utilizando como referência o trabalho de Almeida et al., (2012), a extração do óleo foi realizada de duas formas classificadas como a frio e a quente. Ambas possuem a mesma base inicial de extração, diferindo seus processos após a separação de fases. Cocos secos foram obtidos em mercado local no Cidade de Natal, RN. No processo de extração a frio, primeiramente foi retirada a água, separada em recipiente plástico previamente higienizado e na sequência a carne do coco. Em seguida, a carne foi triturada junto com 480 mL de água de coco em liquidificador doméstico, por um tempo de 4 min. O material triturado foi prensado em um tecido estéril para a separação da parte líquida que contém água de coco e óleo. Essa parte líquida foi adicionada em recipiente rígido esterilizado de plástico ou vidro, mantendo-se por 24 h a uma temperatura de 24°C. Nessa temperatura o óleo de coco apresenta-se no estado sólido, o que facilitou a separação da parcela de água. O óleo obtido foi mantido em frasco de vidro estéril e refrigerado. A extração a quente seguiu os mesmos passos até o resfriamento a 24 °C por um dia, pois em seguida o óleo solidificado foi aquecido a 100 °C, a fim de evaporar a água ainda existente, ficando apenas o óleo puro. Este óleo também foi armazenado em frasco de vidro estéril e refrigerado para a realização das análises.

Análises de caracterização

Determinação do pH: as amostras foram medidas no aparelho pHmetro (EVEN/PHS-3E).

Determinação do índice de refração: foi determinado pelo equipamento (NOVA INSTRUMENT/ABBE REFRACTOMETER), segundo a norma do cap. XVI, 327/IV, IAL (2004). Determinação do índice de acidez: é o número de mg de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M, necessários para neutralizar 1 g da amostra de óleo, seguindo a norma do cap. XVI, 325/IV, IAL (2004).

Determinação do teor de ácidos graxos livres: as análises foram realizadas segundo Machado et al. (2006).

Determinação da densidade relativa: as análises foram realizadas seguindo a norma do cap. XVI, 337/IV, IAL (2004).

Determinação da umidade: as análises foram realizadas seguindo a norma do cap. XVI, 334/IV, IAL (2004) por aquecimento direto a 105°C.

Determinação de solubilidade: definida como a propriedade de dissolução de óleos. As análises foram realizadas segundo p. 108, MORETTO & FETT (1998).

Determinação de cinzas: as análises foram realizadas seguindo a norma do cap. XVI, 336/IV, IAL (2004) em mufla a 550°C.

Determinação de índice de iodo: é a medida do seu grau de instauração. Análises foram realizadas seguindo a norma do cap. XVI, 329/IV, IAL (2004).

Determinação do ponto de fusão: é a temperatura na qual a amostra torna-se perfeitamente clara e líquida. O equipamento utilizado foi o (MOAPF-301/MICROQUIMICA) do Departamento de Engenharia Química e seguindo a norma do cap. XVI, 332/IV, IAL (2004).

Determinação do índice de saponificação: expressa o número de miligramas de KOH necessário para saponificar um grama de amostra, seguindo a norma do cap. XVI, 328/IV, IAL (2004).

Atividade antimicrobiana: realizada pelo método de difusão em ágar, para bactérias Gram positivas e negativas, seguindo as recomendações do National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS, 2012) . O princípio deste método baseia-se na difusão, através do ágar, de um antimicrobiano impregnado em um disco de papel-filtro (BAUER, 1966). A difusão do antimicrobiano leva à formação de um halo de inibição do crescimento bacteriano, cujo diâmetro é inversamente proporcional à concentração inibitória mínima (MIC). Esse método é qualitativo, ou seja, permite classificar a amostra bacteriana em suscetível (S), intermediária (I) ou resistente (R) ao antimicrobiano. O teste de disco-difusão é um método prático, de fácil execução e idealizado para bactérias de crescimento rápido.

Elaboração do Planejamento Experimental: O planejamento experimental foi elaborado para a determinação da melhor formulação do filme com adição do óleo de coco. Foi escolhido o planejamento fatorial 2^k segundo (Rodrigues et al., 2009), no qual 2 indica o número de níveis e o k a quantidade de fatores analisados no planejamento. Desta forma, os níveis foram analisados em duas diferentes condições com 4 ($k=4$) fatores distintos. Os quatro fatores analisados são: temperatura, emulsão do amido e o óleo de coco, glicerol e concentração da emulsão.

Preparo dos Filmes: O filme foi preparado segundo o método de casting. A solução do filme de amido de mandioca com adição do óleo de coco, manteve em todas as suas formulações o percentual de 5,51% de amido, mas os demais componentes como água, glicerol e a quantidade de emulsão variaram de acordo com o planejamento experimental feito anteriormente. Inicialmente foram pesados em balança analítica (Marte/BL3200H) o glicerol, amido de mandioca, água e a emulsão, sendo todos depositados em um bêquer e levados a agitação no agitador com aquecimento (Tecnal/TE-085) por 30 min. A solução deve ficar em rotação durante o aquecimento com o auxílio de uma barra magnética até o ponto de gelatinização, a partir de 61 °C. Após a gelatinização, a solução foi despejada em placa de acrílico com o auxílio de uma espátula de acrílico e levada ao aquecimento na estufa (Lucadema) por cerca de 6 horas, até a completa secagem do filme.

Resultados e Discussões

Ressalta-se que o primeiro parâmetro avaliado foi o método de extração. A obtenção a quente apresentou as melhores respostas, já que devido ao aquecimento houve evaporação praticamente total da água, no qual favoreceu o tempo de prateleira do óleo aproximadamente 248 dias, como também evitou que ocorresse a rancificação do mesmo, além de inibir o crescimento microbiano. O óleo de coco extraído pelo método a frio, obteve um tempo de prateleira curto em torno de 12 a 20 dias, apresentou crescimento microbiano, odor forte e a presença de grânulos atribuído a água presente.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas dos óleos de coco obtidos de três extrações a quente distintas.

Tabela 1 - pH, índice de refração, índice de acidez em (mg KOH/ g óleo), teor de ácidos graxos livres em (% ácido láurico), densidade relativa, umidade em (%H₂O), cinzas em (%), índice de iodo em (cg de iodo/ g óleo), ponto de fusão em (°C), e índice de saponificação em (mg KOH/ g óleo).

Parâmetros Avaliados	Óleo de Coco - 1	Óleo de Coco -
2 pH	Média dos óleos 4,61 ± 0,08	4,56 ±
0,03 Índice de Refração	4,62 ± 0,05 1,4533 ± 8,2E-05	
04 04	1,4557 ± 8,2E-0,5 1,4545 ± 0,00098	1,4544 ± 1,9E-
Índice de acidez (mg KOH/ g Óleo)	0,56 ± 0,00	0,74 ±
0,13	0,46 ± 0,13	0,59 ± 0,12
Teor de ácidos Graxos Livres (% ác. Láurico)	3,32 ± 0,48	2,99 ±
0,01 Densidade Relativa (25/25) °C	1,33 ± 0,47 0,911 ± 0,008	2,55 ± 0,87 0,917 ±
0,004 Umidade (%H ₂ O)	0,92 ± 0,003 ***	0,916 ± 0,004 0,07 ±
0,09 Cinzas (%)	0,0 ± 0,0	0,03 ± 0,03 0,0 ±
0,0 0,0	0,16 ± 0,23	0,05 ± 0,08
Índice de Iodo (cg Iodo/ g Óleo)	4,63 ± 0,6	5,14 ±
0,15	4,31 ± 0,59	4,69 ± 0,34
Ponto de Fusão (°C)	26,6 ± 0,2	27,1 ±
0,4	26,9 ± 0,3	26,87 ± 0,2
Índice de Saponificação (mg	KOH/	g
Óleo)	***	
12,08	***	316,13 ±

*** por erro experimental os dados foram desconsiderados

Artigos científicos que tratam das análises de óleo de coco são escassos na literatura, dessa forma os resultados desse estudo foram comparados com outros óleos vegetais

como o óleo de babaçu por (Machado et al., 2006) e (Costa et al., 2015) e com trabalhos sobre óleo de coco apresentados em Anais de Congressos (Neto et al., 2013).

Os valores encontrados para o pH, mostraram que o óleo de coco possui acidez em torno de $4,62 \pm 0,05$, porém menos ácido do que encontrado por Neto et al., (2013) de 3,33 visto que foi extraído a frio e devido ao aquecimento durante a extração do óleo em estudo a quantidade de hidrogênio liberado foi menor indicando assim menor acidez. Não há registros na literatura do potencial hidrogeniônico dos óleos essenciais. Quanto ao índice de refração o valor médio do óleo de coco encontrado foi $1,4545 \pm 0,0010$ quando comparado aos resultados encontrados por Machado et al., (2006) e Costa et al., (2015) para o óleo de babaçu que foram, respectivamente 1,4505 e 1,4488. Apesar de serem frutos distintos, os valores estão de acordo com os parâmetros encontrados para óleo essenciais.

O índice de acidez é apresentado no regulamento regido pela Resolução RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em que o valor máximo permitido para óleos prensados a frio e não refinados é 4,0 mg KOH/g óleo, ou seja, o óleo de coco em estudo, por ser extraído artesanalmente e não refinado, mesmo quando obtido por aquecimento apresentou valor médio de $0,59 \pm 0,12$ mg KOH/g óleo dentro do limite máximo para aceitação. Dessa forma o óleo obtido está dentro dos parâmetros aceitos para consumo humano.

Nos estudos de Machado et al., (2006) e Costa et al., (2015) o índice de acidez do óleo de babaçu foi convertido para porcentagem de ácido láurico apresentando os seguintes valores, respectivamente 0,092 % ácido láurico e valor médio de 0,031 % ácido láurico/oleico. Os resultados mostraram que esses óleos estão dentro dos padrões necessários para aprovação, valor máximo de 0,3 % de acidez medidos em % ácido láurico segundo a Resolução RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005 (ANVISA). Foi realizada a conversão do teor de ácidos graxos das amostras de óleo de coco para ser expresso em porcentagem de ácido láurico apresentando o valor médio de $2,55 \pm 0,87$ % ácido láurico. Este valor elevado pode ser indicativo de reação hidrolítica, ocorrido por armazenamento inadequado e possível exposição à luz. Contudo, não alterou a acidez do óleo e este manteve-se dentro dos parâmetros da ANVISA.

Para Machado et al., (2006) a densidade relativa encontrada para o óleo de babaçu 0,914 g/mL, indicou valores semelhantes ao encontrado pela densidade do óleo de coco com o valor médio $0,916 \pm 0,004$, assim como outros estudos com óleo de coco que mostraram uma variação entre 0,903 a 0,924 g/mL. Indicando assim que são menos densas, no caso de triglicerídeos devido ao alto grau de insaturação e baixo peso molecular segundo MORETTO & FETT (1998).

A umidade determinada por Costa et al., (2015) que analisaram o óleo de babaçu em diversas regiões, os resultados foram diversos variando de 0,3690 a 3,1971 (% p/p), enquanto a umidade encontrada para o óleo de coco nesse estudo apresentou valores extremamente baixos, dificultando inclusive na obtenção dos dados. Esse resultado indicou que a porcentagem de água encontrada no óleo foi mínima, afirmando assim a eficiência na extração a quente. O resultado desta análise é relevante, principalmente na incorporação do óleo na matriz filmogênica do amido de mandioca, pois o teor de umidade interfere diretamente na propriedade de barreira relacionada à permeabilidade ao vapor d'água.

O resultado da determinação das cinzas comparado com o trabalho realizado por Costa et al., (2015), mostrou que a quantidade de resíduos após a incineração é praticamente

nula. Mas vale lembrar que nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento (MORETTO & FETT, 1998).

Segundo MORETTO & FETT (1998), o índice de iodo é estabelecido pela relação peso em gramas da amostra com o índice de iodo esperado representado na Tabela 32, p. 115. A partir dos dados descritos na Tabela 1, se tem a quantidade em centigramas de iodo absorvido por gramas de óleo, ou seja, segundo a tabela os valores de iodo esperados para 1 g de amostra está entre 0 e 30. Contudo, o valor médio encontrado de $4,69 \pm 0,34$ cg Iodo/ g Óleo está dentro dos parâmetros determinados por MORETTO & FETT (1998).

O ponto de fusão do óleo de coco foi de 26,87 °C valor médio abaixo daquele encontrado por Machado et al., (2006) 28°C e 34°C para o óleo de babaçu. Na temperatura máxima de 27,1°C o óleo de coco se encontra totalmente líquido.

O índice de saponificação encontrado neste estudo foi maior ao compararmos a (Costa et al., 2015) que obteve resultados aproximado a 200 mg KOH/ g óleo. O dado obtido indica que são necessário 316,13 mg KOH para saponificar um grama de amostra contendo ácidos graxos. Segundo MORETTO & FETT (1998) o índice saponificação está ligado diretamente ao peso molecular dos ácidos graxos, ou seja, quanto menor o peso molecular maior será o índice de saponificação.

Na Tabela 2 apresentam-se os dados de solubilidade do óleo de coco em éter etílico, éter de petróleo, álcool etílico e água destilada, seguindo o método de MORETTO & FETT (1998).

Tabela 2 – Solubilidade do éter etílico, éter de petróleo, álcool etílico e água destilada.

Parâmetros Avaliados	Óleo de Coco - 1	Óleo de Coco - 2
Óleo de Coco – 3		
Solubilidade		
Éter Etílico	Muito Rapidamente Solúvel	Muito Rapidamente Solúvel
Álcool Etílico	Rapidamente Solúvel	Rapidamente Solúvel
insolúvel	Praticamente insolúvel	Praticamente insolúvel
Água	Praticamente insolúvel	Praticamente insolúvel
Destilada	Insolúvel	Insolúvel
Insolúvel		

A classificação mostra em qual tipo de reagente o óleo é solúvel, parcialmente solúvel e insolúvel. Ao comparar os resultados com outros estudos de óleo de coco as respostas foram coerentes: insolúvel para água e álcool etílico e solúvel para éter etílico, assim como foi encontrado neste estudo.

Na Tabela 3 estão descritos os resultados obtidos da análise antimicrobiana do óleo de coco. A análise foi realizada para os 3 diferentes óleos e os dados abaixo são as médias da triplicata de cada óleo.

Tabela 3 – Análise antimicrobiana utilizando as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, baseado na norma ISO 20645:2004, assim como no manual “Padrões

de performance para Teste de Susceptibilidade Antimicrobiana por disco-difusão, 11^a ed" (CLSI, 2012).

Análise Antimicrobiana (mm)	Óleo 3 - Halo (mm)	Óleo 1 - Halo (mm) Antibiótico - Halo (mm)	Óleo 2 - Halo Classificação
S.aureus 0,30	7,17 ± 0,30	7,43 ± 0,60 20,96 ± 0,50	7,2 ± Intermediária (I)
E.coli 0,43	7,04 ± 0,67	6,7 ± 0,78 16,07 ± 1,18	5,93 ± Resistente (R)

Assim como em Almeida et al., (2012), os valores dos halos de inibição encontrados apresentaram certa atividade antimicrobiana com o uso do óleo de coco extraído. Mas o diâmetro do halo comparado com o do antibiótico, foi muito pequeno para garantir sua ação antimicrobiana. Contudo é possível dizer que há uma ação de inibição, porém mínima diante do esperado. Dessa forma, classifica-se a bactéria Escherichia coli como resistente a ação antimicrobiana do óleo e a bactéria Staphylococcus aureus como intermediária por possuir um maior crescimento do halo de inibição aos microrganismos.

Após a realização da extração e caracterização físico-química do óleo de coco, foi realizada a elaboração dos filmes seguindo as formulações definidas no planejamento experimental. Observou-se que 4 das 8 formulações permitiram que o filme fosse elaborado sem rachaduras e garantindo sua maleabilidade, mostrando a efetividade do plano experimental quanto as diferentes formulações para elaborar a matriz filmogênica.

Conclusão

Os principais objetivo desta parte do trabalho foram determinar a melhor forma de extração e avaliar as características físico-químicas dos óleos obtidos. A extração a quente apresentou os melhores resultados já que o processo apresentou boa reproduzibilidade com pouca variação na composição das amostras e com extensão de sua vida útil. A caracterização físico-química do óleo de coco foi de extrema importância para avaliar se atendia ao padrão de qualidade da legislação e devido à escassez de dados na literatura pode servir de referência para trabalhos futuros. A partir dos resultados do planejamento experimental a(s) melhor(es) formulações serão utilizadas para o desenvolvimento dos filmes à base de amido e novas análises de caracterização serão realizadas.

Referências

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Constituição (2005). Resolução - Rdc nº 270, de 22 de setembro de 2005. "Regulamento Técnico Para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal. Brasília, DF, 23 set. 2005.

ALMEIDA, L.C.T., TENÓRIO, L.M.M.C., VERISSÍMO, R.C.S.S., LÚCIO, I.M.L., BASTOS, M.L.A. Potencial antimicrobiano do óleo de coco no tratamento de feridas. Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste (REVRENE), ISSN on line – 2175-6783, v.13 (4), p. 880-887, 2012.

BRICEÑO, Julio Cesar Colivet. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de amido modificado de mandioca e óleo de melancia (*Citrullus lanatus*). 2017. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade

de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

COSTA, Cristiane da Luz et al. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEOS FIXOS ARTESANAIS DO COCO BABAÇU (*Orbignya phalerata*) DE REGIÕES ECOLÓGICAS DO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL. Pesquisa em Foco, São Luis, v. 20, p.27-38, 2015.

Fontenele RES. Cultura do côco no Brasil: caracterização do mercado atual e das futuras perspectivas. Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Instituições, eficiência, gestão e contratos no sistema agroindustrial. Ribeirão Preto: 2005. p 1–20.

IAL, INSTITUTO ADOLFO LUTZ, Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4^a ed., 1032 p., 2004.

LIMA, E.b.c. et al. *Cocos nucifera* (L.) (Arecaceae): A phytochemical and pharmacological review. Brazilian Journal Of Medical And Biological Research, [s.l.], v. 48, n. 11, p.953-964, 18 ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1414-431x20154773>.

MACHADO, Getúlio Costa; CHAVES, José Benício Paes; ANTONIASSI, Rosemar. COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE ÓLEOS HIDROGENADOS DE COCO BABAÇU. Ceres, Rio de Janeiro, p.463-468, ago. 2006.

MATTEI, D.; GUIMARÃES, L. F.; FERREIRA, F. B. P.; SANTOS, S. R. S. R. dos; MARTIN, A. A.; GAZIM, Z. C.; DRAGUNSKI, D. C. Análises das propriedades físicas e antimicrobianas de filmes a base de amido contendo óleo essencial de *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd E *Rosmarinus officinalis* L. -LAMIACEAE. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 16, n. 2, p. 129-136, jul./dez. 2013.

MONTEIRO, Cintia et al. Potencial hidrogeniônico de soluções de antibióticos submetidas a condições ambientais: ensaio preliminar. Revista da Escola de Enfermagem da Usp, São Paulo, v. 46, p.311-319, 2012.

MORETTO. E., FETT, R. Tecnologia de óleos vegetais e gorduras vegetais – na indústria de alimentos. São Paulo: Varela, 1998.

Neto, S. N et al. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DE COCO EXTRA VIRGEM (*Cocos nucifera* L.). Anais do Congresso Norte-Nordeste. Natal: 2013. p 1–9.

RIBEIRO, Lair Geraldo Theodoro. A VERDADE CIENTÍFICA SOBRE UM SUPERALIMENTO FUNCIONAL DENOMINADO ÓLEO DE COCO. Brazilian Journal Of Surgery And Clinical Research -. São Paulo, p. 109-117. 20 abr. 2017.

Rodrigues, M.I.; Iemma, A. F. Planejamento de Experimentos & Otimização de Processos, 2^a ed., Campinas – SP, 2009.

Anexos

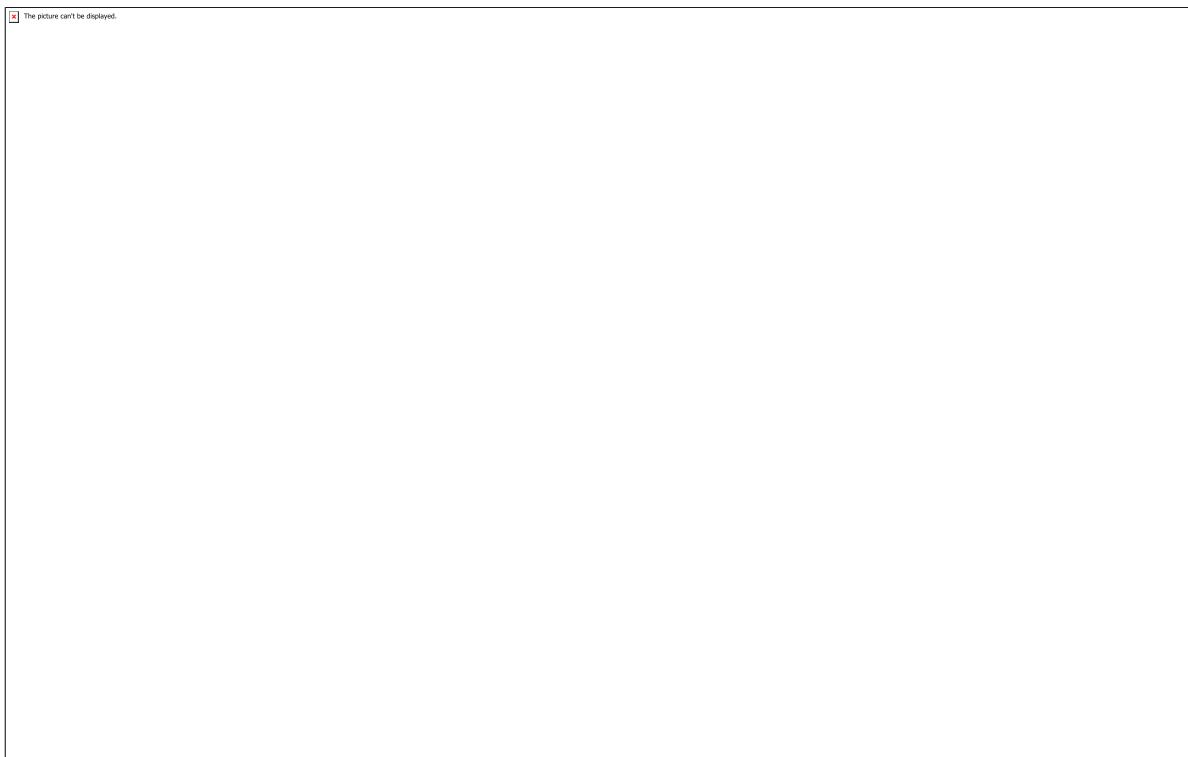


Tabela 1 - pH, índice de refração, índice de acidez, teor de ácidos graxos livres, densidade relativa, umidade, cinzas, índice de iodo, ponto de fusão e índice de saponificação

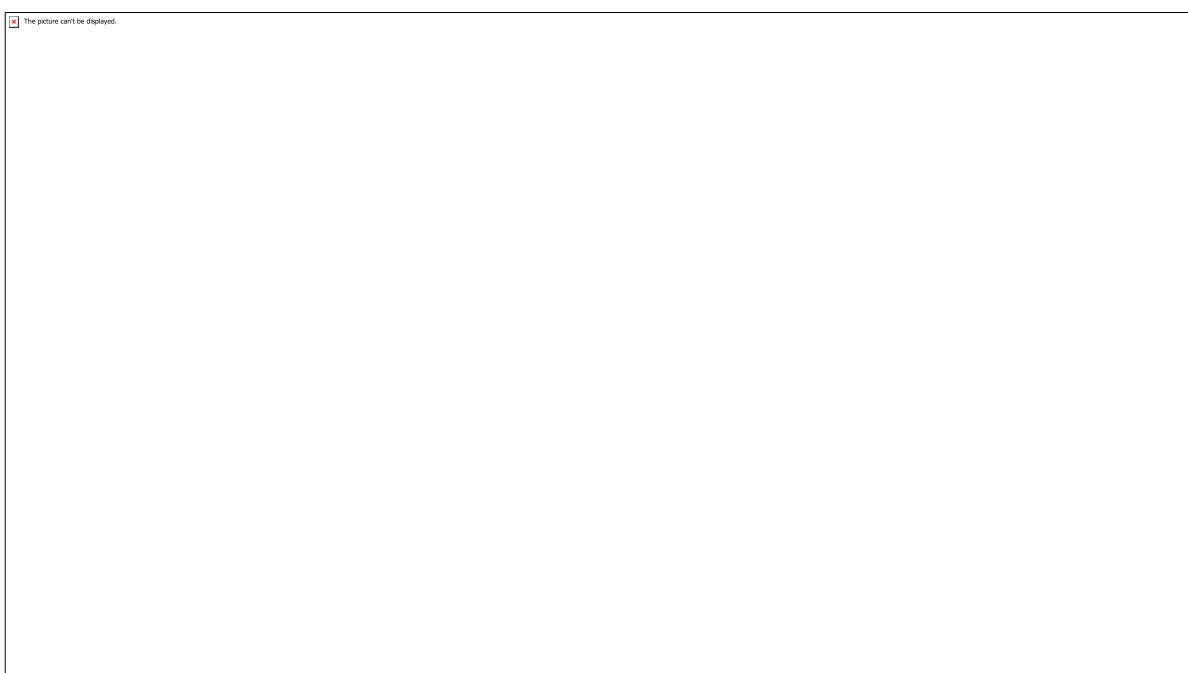


Tabela 2 – Solubilidade do éter etílico, éter de petróleo, álcool etílico e água destilada.

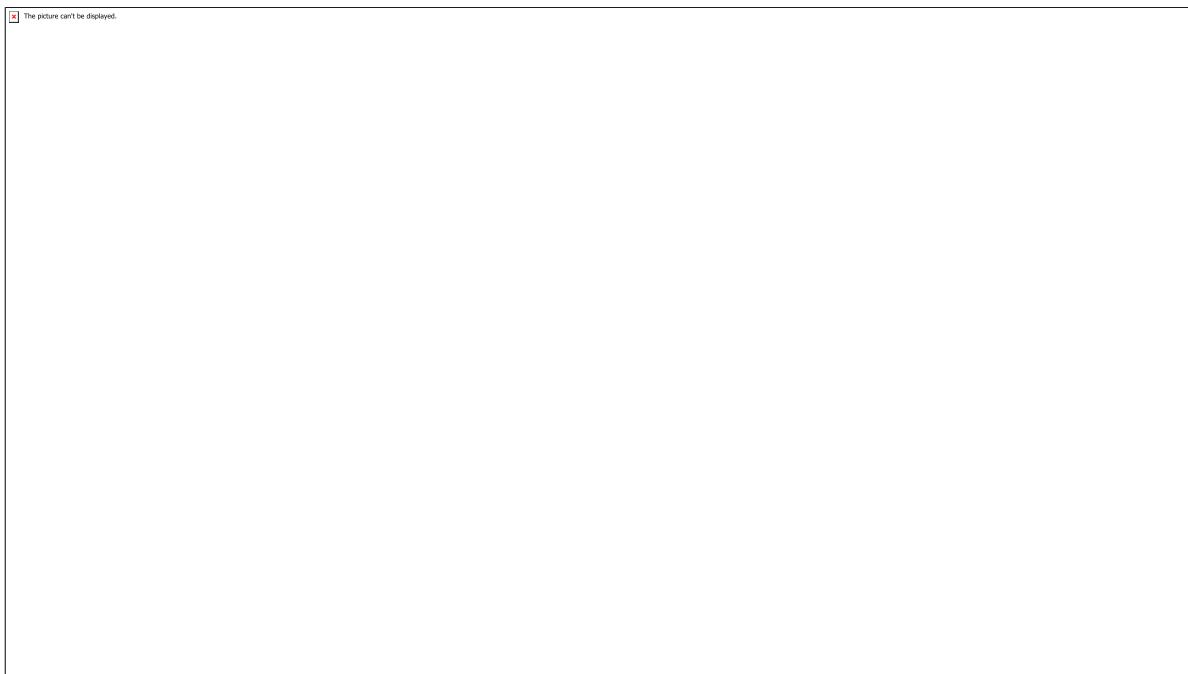


Tabela 3 – Análise antimicrobiana utilizando as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, baseado na norma ISO 20645:2004, assim como no manual “Padrões de performance para Teste de Susceptibilidade Antimicrobiana por disco-difusão.

CÓDIGO: SB0400

AUTOR: MATHEUS ANTONIO PEREIRA ALENCAR

ORIENTADOR: BEATRIZ DE CASSIA MARTINS SALOMAO

TÍTULO: Avaliação da sobrevivência de bactérias lácticas probióticas microencapsuladas em condições similares as do estômago

Resumo

A microencapsulação é uma técnica muito promissora que pode ser aplicada para microrganismos probióticos a fim de garantir tanto a sua viabilidade ao serem adicionados em produtos, como também sua passagem pelo trato gastrointestinal. O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência de bactérias probióticas (*Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* e *Lactobacillus acidophilus*) livres e microencapsuladas, em uma solução tampão de pH ácido similar ao do estômago. Foi avaliada a sobrevivência das bactérias livres e microencapsuladas com e sem tratamento ácido. As bactérias livres apresentaram redução de 108 UFC/mL para 102 UFC/mL, enquanto que as bactérias microencapsuladas foram reduzidas de 108 UFC/mL para 106 UFC/mL, após o tratamento ácido.

Palavras-chave: microencapsulação, probiótico, sobrevivência, pH similar ao estômago

TITLE: EVALUATION OF MICROENCAPSULATED PROBIOTIC LACTIC BACTERIA SURVIVAL IN SIMILAR CONDITIONS AS WITH THE STOMACH

Abstract

Microencapsulation is a very promising technique that can be applied to probiotic microorganisms in order to ensure its viability when added to products as well as throughout the gastrointestinal tract. Therefore, the objective of this study was to evaluate the survival rate of probiotic bacteria (*Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* and *Lactobacillus acidophilus*) in their free and microencapsulated form under acid pH similar to stomach. The survival of free and microencapsulated bacteria form was evaluated with and without acid treatment, free form bacteria decreased from 108 CFU/mL to 102 CFU/mL, while microencapsulated bacteria decreased from 108 CFU/mL to 106 CFU/mL.

Keywords: microencapsulation, probiotic, survival

Introdução

Probióticos são definidos como microrganismos vivos que administrados em quantidade adequada conferem benefício à saúde do consumidor (SANDERS, 2003). Devido aos seus efeitos benéficos, os probióticos têm sido incorporados nos mais diversos alimentos, incluindo iogurtes, queijos, sorvetes, leites fermentados e sobremesas congeladas. Estudos indicam que uma dieta suplementada com probióticos pode assegurar um equilíbrio da microbiota intestinal; inibição de microrganismos patogênicos; prevenção de diarreia; redução da intolerância à lactose; redução dos níveis de colesterol; alívio da constipação, aumento da absorção de minerais, melhora da resposta imunológica; e prevenção de câncer de cólon, trazendo assim a manutenção da saúde do hospedeiro (COLLINS e GIBSON, 1999; SANDERS, 2003 -

citado por LORENZ, 2009; SAAD; CRUZ e FARIA, 2011). Dentre os microrganismos mais utilizados e regularmente aceitos pela legislação brasileira estão as bactérias do gênero *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. paracasei*) e diferentes espécies de *Bifidobacterium*, como *B. animalis*, *B. bifidum* e *B. longum* (BRASIL, 2008; FAO/WHO, 2002). *Bifidobacterium* é um gênero de bactéria anaeróbica que atua como um probiótico benéfico para a saúde humana. As *Bifidobactérias* são uns dos maiores grupos de bactéria que compõe a flora intestinal; as quais residem no cólon e promovem benefícios para a saúde de seus hospedeiros. *Bifidobactérias* estão associadas a uma menor incidência de alergias (BJÖRKSTÉN et al., 2001) e também à prevenção do crescimento de algumas formas de tumor (GUARNER; MALAGELADA, 2003). O *Lactobacillus acidophilus* é o microrganismo mais utilizado e estudado como probiótico nos últimos anos (O'SULLIVAN, 2006). Algumas de suas linhagens podem melhorar o valor nutricional dos produtos aos quais forem adicionados por serem capazes de sintetizar ácido fólico, niacina, riboflavina e vitamina K (GOMES; MALCATA, 1999). *L. acidophilus* é a espécie mais comumente empregada em derivados lácteos, pois seus benefícios à saúde incluem, dentre outros, a redução dos sintomas de intolerância a lactose. Considerando que existem ainda diversos problemas com relação à viabilidade e resistência das culturas probióticas nos alimentos (ANAL; SINGH, 2007), a técnica da microencapsulação de bactérias probióticas pode ser utilizada para aumentar sua sobrevivência durante o processamento, como por exemplo, durante a fermentação. Conforme lista de Alegações de Propriedades Funcionais aprovada pela ANVISA (Brasil, 2008), a quantidade viável de probióticos presentes na recomendação diária de consumo de um produto deve estar na faixa de 108 a 109 UFC/g. Assim sendo, a microencapsulação apresenta-se como uma medida alternativa importante para garantir um maior número de bactérias sobreviventes no meio gastrointestinal, além de ser uma técnica relativamente simples, de baixo custo e que pode ser utilizada em alimentos por não ser tóxica (MENEZES et al., 2013). Diversas técnicas podem ser utilizadas para microencapsulação, sendo a extrusão a mais popular, simples e de baixo custo. Todavia o encapsulante empregado é o fator determinante para ditar a funcionalidade da microcápsula, bem como o desempenho do microrganismo. O alginato é comum na utilização da técnica de extrusão ou emulsificação, pois apresenta habilidade de formar gel e ser um agente emulsificante, estabilizante, biodegradável e não tóxico, o que permite sua aplicação nas indústrias de alimentos (FAVARO-TRINDADE, 2011). A técnica da extrusão envolve a preparação da solução de alginato de sódio com a adição dos microrganismos e a extrusão desta suspensão de células, através de uma seringa, na forma de gotas, em uma solução de CaCl₂ (Cloreto de Cálcio) utilizada para o endurecimento do alginato (KRASAEKOOPT, BHANDARI e DEETH, 2003). As partículas obtidas são chamadas de beads e podem ter de alguns micrômetros até poucos milímetros (FAVARO-TRINDADE, 2011).

Metodologia

1. Preparo da cultura mãe Utilizando um envelope de culturas selecionadas (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* e *Lactobacillus acidophilus*, as duas últimas sendo culturas probióticas), adquirido por meio de doação, a cultura mãe será preparada seguindo a recomendação do fabricante: utilizando o volume da embalagem diluído em 500 mL de leite esterilizado desnatado reconstituído a 13% de sólidos totais. Seguindo as recomendações de preparação anteriores, será preparada, também, a cultura starter do iogurte (*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*). Após o preparo as culturas foram pipetadas para tubos do tipo Eppendorf, contendo 1,0 mL cada, e mantidas sob refrigeração a -20 °C, até o momento de sua utilização.
2. Preparo da solução ácida com pH similar ao do

estômago Para a obtenção de 300 mL de solução tampão deve-se utilizar 2,235 g de cloreto de cálcio (KCl) e ácido clorídrico (HCl) na quantidade suficiente para atingir o pH 1,0. Esta prática deverá ser realizada no interior da capela. Ao final a solução será filtrada em membrana de nylon de 0,20 µm e armazenada sob esterilidade até a utilização. 3. Preparação das microcápsulas Tomou-se 1 mL da cultura starter do iogurte e 1 mL da cultura de bactérias probióticas para serem adicionadas em 9 mL de alginato de sódio P.A (2%) e homogeneizados por 2 minutos em agitador de tubos tipo vórtex. Posteriormente a emulsão foi adicionada, gota a gota, sobre uma solução de cloreto de cálcio (0,1M), com auxílio de uma seringa plástica (SOHAIL et al., 2011). Ao entrar em contato com os íons de cálcio, o alginato de sódio dá origem, instantaneamente, às microcápsulas. Ao término do processo, as cápsulas foram separadas da solução de cloreto de cálcio com o auxílio do papel filtro, sendo estas posteriormente lavadas com água destilada. 4. Avaliação “in vitro” da sobrevivência das culturas livre e microencapsuladas Para a avaliação da sobrevivência das culturas livres e microencapsuladas foram realizados quatro tratamentos distintos: (1) bactérias livres sem tratamento ácido, (2) bactérias livres com tratamento ácido por 90 minutos, (3) bactérias microencapsuladas sem tratamento ácido e (4) bactérias microencapsuladas com tratamento ácido por 90 minutos. Para os tratamentos das bactérias livres e encapsuladas sem a exposição ao ambiente ácido, foram utilizadas as subculturas das culturas starter (1 mL) e bactérias probióticas (1 mL) ou as microcápsulas recém-preparadas diretamente para a contagem da viabilidade. Para os tratamentos com exposição ao ambiente ácido, as subculturas (starter e probióticas) ou microcápsulas recém-preparadas foram expostas a 20 mL da solução tampão, durante 90 minutos, a 25 °C e 120 rpm. Após o tratamento, as culturas livres foram centrifugadas por 10 minutos, a 3600 rpm e as células foram lavadas duas vezes e ressuspendidas em água peptonada 0,1% estéril. As microcápsulas foram filtradas em papel de filtro qualitativo estéril e lavadas com água peptonada 0,1% estéril. Para a análise de viabilidade das culturas de bactérias livres, as amostras foram diluídas em água peptonada 0,1% estéril na proporção de 1:9, caracterizando a diluição 10-1. Para o caso das culturas microencapsuladas, o rompimento das cápsulas foi realizado mecanicamente, utilizando liquidificador, previamente esterilizado e, posteriormente, as células foram diluídas em água peptonada 0,1% estéril, na proporção de 1:9. A partir destas diluições foram realizadas sucessivas diluições seriadas até 10-8, em todos os tratamentos citados anteriormente. O plaqueamento foi realizado pela técnica de semeadura em profundidade com dupla camada utilizando meio PCA (Plate Count Agar). As placas foram incubadas a 37°C por 72 horas. O plaqueamento foi realizado em duplicata e a contagem de colônias foi expressa em UFC/mL

Resultados e Discussões

A avaliação da sobrevivência das culturas foi feita em triplicata para cada tipo de tratamento aplicado. Os resultados mostraram que as culturas encapsuladas teriam uma maior resistência ao tratamento ácido em comparação com as culturas livres que passaram pelo mesmo tratamento. Para as bactérias livres que não passaram por tratamento ácido o número médio de células viáveis foi de $1,35 \times 10^8$ UFC/mL, enquanto que as bactérias livres que passaram pelo tratamento ácido apresentaram uma contagem média de células viáveis de $4,0 \times 10^2$ UFC/mL. Os resultados mostram que houveram 5,5 reduções decimais em relação à quantidade inicial de células viáveis, ou seja, apenas 0,0003% das células permaneceram viáveis, após o tratamento ácido, em relação à contagem inicial. Nas culturas microencapsuladas foram notadas significativas mudanças no que diz respeito à viabilidade. As microcápsulas sem tratamento ácido apresentaram uma contagem média de células viáveis de $1,2 \times 10^8$ UFC/mL, valor

semelhante à contagem para as bactérias livres também sem tratamento ácido. Para as culturas microencapsuladas que passaram por tratamento ácido, a contagem média de células viáveis foi de $3,5 \times 10^6$, mostrando que apenas 1,53 reduções decimais ocorreram em comparação com as culturas microencapsuladas sem tratamento ácido. O resultado foi satisfatório quando comparados os resultados das culturas livres e das microencapsuladas, ambas submetidas ao tratamento ácido. Etchepare et al. (2016) avaliou as reduções logarítmicas utilizando uma solução contendo HCl 1M, pepsina e lipase, com pH 1,8 e mediu as reduções em um tempo de 5, 30 e 120 minutos. Os resultados apresentam uma grande redução, principalmente nos primeiros 5 minutos, onde houve um decréscimo de, aproximadamente, 4,91 log UFC/g. Apesar de não serem as mesmas condições de análise, a inviabilização de crescimento das células ocorreu de forma semelhante. Houve um decréscimo da contagem inicial, contudo uma parte pode ser preservada pela encapsulante. Soares et al. (2019) realizou a avaliação da sobrevivência das bactérias probióticas livres nos alimentos (queijo cremoso, suco de laranja e pão) utilizando pH 2,0 para simular a acidez do suco gástrico, por um período de duas horas. As bactérias apresentaram sensibilidade e, consequentemente, reduções decimais quando submetidas ao tratamento. Segundo Shori et al. (2017 apud Nazarro et al, 2009) é necessário que uma quantidade mínima de células viáveis passe pelo aparelho gastrointestinal para que se tenha um bom efeito terapêutico, o que gira em torno de 106 UFC/g a 107 UFC/g presentes no cólon. Sendo assim a encapsulação das células pode corroborar para que uma quantidade suficiente de bactérias vivas chegue no intestino e desempenhem suas funções benéficas ao hospedeiro.

Conclusão

O consumo de bactérias probióticas é de suma importância para garantir uma boa manutenção da microbiota intestinal. A microencapsulação destas bactérias mostrou-se uma alternativa viável para garantir uma alta taxa de sobrevivência em condições de pH similar ao do estômago. Além disso, pode ser considerada uma solução de baixo custo. Por possuir uma baixa demanda de matéria-prima e um baixo custo de produção o projeto mostra-se viável e, frente aos resultados alcançados, é possível dar continuidade ao experimento passando a avaliar a sobrevivência das bactérias, microencapsuladas e livres, em alimentos para que novos dados possam ser avaliados.

Referências

- ANAL, A.K.; SINGH, K. Recents advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Food Science & Technology*, v.18, p.240-251, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224407000350>. Acesso em: 22 abril 2015. BJÖRKSTÉN B, SEPP E, JULGE K, VOOR T, MIKELSAAR M. 2001. Allergy development and the intestinal microflora during the first year of life. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. v. 108, 4^a edição, pp 516–520. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Brasília, 2008. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 04 de Abril de 2016. ENES, M. C. Produção e caracterização de iogurte probiótico batido adicionado de *Lactobacillus acidophilus* livre e encapsulado. Tese de mestrado apresentada a USP, 2011. ETCHEPARE, Mariana de Araújo et al. Effect of resistant starch and chitosan on survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.039>>. Acesso em: 24 jul. 2019. FAO/WHO. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization Working Group Report. Canadá,

2001. Disponível em: http://www.fao.org/es/ESN/food/foodandfood_probio_en.stm. Acesso em 04 de Abril de 2016. FAVARO-TRINDADE, C. S. Microencapsulação de Probiótico. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G. D.; FARIA, J. D. A. F. Probióticos e Prebióticos em Alimentos: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas. São Paulo: Livraria varela, 2011. p. 239-254. GOMES, A. M. P.; MALCATA, F. X. *Bifidobacterium spp.* and *Lactobacillus acidophilus*: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. *Trends in Food Science & Technology*, v. 10, n. 4-5, p. 139-157, 1999. KRASAEKOOPT, W.; BHANDARI, B.; DEETH, H. The influence of coating materials on some properties of alginate beads and survivability of microencapsulated probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, v. 14, p. 737-743, 2004. LORENZ, J. G. Comparação dos métodos de emulsificação e spray drying na microencapsulação de *Lactobacillus acidophilus* (La-5) e aplicação em sorvete. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.2009. MENEZES, C. R. et al. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. *Ciência Rural*, v. 43, n.7, p.1309-1316, 2013. O'SULLIVAN, D. J. Primary Sources of Probiotic Cultures. *Probiotics in food safety and human health*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. SAAD, Susana Marta Isay; CRUZ, Adriano Gomes da; FARIA, José de Assis Fonseca. Probióticos e prebióticos em alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas. 1. ed. São Paulo : Livraria Varela: 2011. 669 p. ISBN: 9788577590162. SANDERS, M.E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. *Int. Dairy J.*, Amsterdam, v.8, p.341-347, 1998. SHORI, Amal Bakr et al. Microencapsulation Improved Probiotics Survival During Gastric Transit. *Hayati Journal Of Biosciences*, [s.l.], v. 24, n. 1, p.1-5, jan. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916300171?via%3Dihub>. Acesso em: 31 jul. 2019. SOARES, Mariana B. et al. The resistance of *Bacillus*, *Bifidobacterium*, and *Lactobacillus* strains with claimed probiotic properties in different food matrices exposed to simulated gastrointestinal tract conditions. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399691930420X?via%3Dihub>. Acesso em: 31 jul. 2019. SOHAIL, A. et al. Survivability of probiotics encapsulated in alginate gel microbeads using a novel impinging aerosols method. *International Journal of Food Microbiology*, v.145, p.162-168, 2011. Disponível em. Acesso em: 31 Jul. 2019.

CÓDIGO: SB0676

AUTOR: MARCOS ANTONIO DE MENEZES SILVA JUNIOR

ORIENTADOR: KATIA NICOLAU MATSUI

TÍTULO: Avaliação das propriedades mecânicas e de barreira dos filmes à base de amido de mandioca com e sem a incorporação de agentes naturais

Resumo

Foram realizadas as seguintes análises em filmes feitos a partir do amido da mandioca com e sem a adição de resíduo liofilizado de acerola: espessura, umidade, solubilidade e permeabilidade ao vapor de água. Comparando os resultados obtidos, observou-se que os filmes elaborados com o resíduo de acerola apresentaram diferenças significativas apenas na solubilidade ($31,59 \pm 1,14\%$ no filme com a acerola contra $54,02 \pm 8,12\%$ no filme apenas de amido) e na permeabilidade ao vapor de água ($3,01 \pm 0,48$ g mm/m² dia kPa na melhor condição). Quando comparado com a literatura, os filmes elaborados apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água. Desta forma, deve-se verificar as demais propriedades mecânicas e de indicação de pH do filme para avaliar a extensão das alterações que o resíduo confere ao mesmo.

Palavras-chave: amido, mandioca, acerola, filme, umidade, solubilidade, permeabilidade

TITLE: Evaluation of the mechanical and barrier properties of cassava starch-based films with and without the incorporation of natural agents

Abstract

The following analysis were made based on films made from cassava starch with and without acerola freeze-dried pomace: thickness, moisture content, water solubility e water vapor permeability. Comparing the obtained results, it was shown that the filmes made with the acerola pomace show significant differences only in solubility ($31,59 \pm 1,14\%$ in the film made with acerola $54,02 \pm 8,12\%$ in the starch only film) and water vapor permeability ($3,01 \pm 0,48$ g mm/m² day kPa in the best condition). When comparing with the literature, the elaborated films show a smaller water vapor permeability. Thus, we must verify the rest of the mechanical and pH indication properties of the film to evaluate the extension of the changes made by the residue.

Keywords: starch, cassava, acerola, film, moisture, solubility, permeability

Introdução

O plástico é um material altamente utilizado em embalagens para alimentos, sendo encontrado de diversas formas em uma variedade de produtos, como garrafas de refrigerante, pacotes de biscoitos e até mesmo no saco plástico utilizado para carregar as compras. É um material altamente versátil e barato, o que facilita seu uso (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Porém, existem problemas com relação ao seu descarte. É um material de degradação muito lenta, que não consegue ser decomposto por microrganismos (NAMPOOTHIRI et al., 2010), e devido às diversas associações feitas entre o plástico e outros materiais, aproximadamente 30% do plástico descartado não

poderá ser reusado ou reciclado (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Uma das alternativas aos plásticos convencionais são os filmes biodegradáveis. Esses filmes são produzidos a partir de biopolímeros obtidos de materiais de matriz renovável (CRIZEL et al., 2018; ASSIS et al., 2017). Além disso, eles são altamente biodegradáveis, virtualmente atóxicos e possuem compatibilidade com outros biopolímeros (CRIZEL et.al., 2018), permitindo a produção de blendas poliméricas, de forma a melhorar as propriedades mecânicas dos filmes produzidos (SANGRONIZ et al., 2018) Para este trabalho, foram escolhidos o amido da mandioca e a o resíduo de acerola como matérias-primas para a produção de filmes biodegradáveis. A mandioca (*Manihot esculenta*), é um alimento produzido em abundância no Brasil, sendo, em 2016, de acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO), o 3º principal produtor da raiz no mundo, ficando atrás apenas da Nigéria e Tailândia, e o principal produtor do vegetal na América Latina. Além disso, o amido da mandioca é um ingrediente facilmente encontrado e muito barato, tornando a produção de embalagens baseadas nessa matriz bastante viável. Além do amido, também é necessário o emprego de um plastificante, um componente que dará ao filme uma maior maleabilidade e elasticidade (VU e LUMDUBWONG, 2016). Neste trabalho utilizou-se o glicerol, um dos plastificantes mais utilizados (IVANIC et al., 2017; VU e LUMDUBWONG, 2016). Pela sua estrutura próxima à da glicose, este plastificante diminui a proximidade das moléculas de amido, tornando o filme mais maleável e, consequentemente, mais permeável ao vapor de água e outros gases (MALI et al., 2004). Como tanto o glicerol como o amido são altamente higroscópicos, a união destes dois componentes na produção de filmes biodegradáveis tem algumas restrições, como a alta solubilidade em água quando comparado aos materiais comumente usados (LUCHESE et al., 2017; MALI et al., 2004). Assim, vários estudos trabalham com o uso de outros materiais também biodegradáveis para melhorar as propriedades dos filmes, de forma a permitir seu uso como embalagem para alimentos. Neste trabalho, incorporou-se o resíduo de acerola (*Malpighia emarginata*), uma fruta cujo principal país produtor, exportador e consumidor é o Brasil, sendo que a maior parte da produção é localizada na região Nordeste (EMBRAPA, 2012). O alto teor de vitamina C e de compostos bioativos, como antocianinas e compostos fenólicos (FREITAS et al., 2006), torna a acerola um alimento de grande importância nutricional. Porém, devido à rápida perda de nutrientes do fruto após a colheita (MOURA et al., 2018), trabalha-se mais com a produção de sucos. Aproximadamente 46% desta fruta comercializados no mercado interno vão para o processamento (EMBRAPA, 2012). Assim, uma grande quantidade de bagaço é formada, que normalmente seria tratada como lixo. Grande parte dos compostos bioativos são pigmentos, que estão concentrados na casca da acerola (MOURA et al., 2018). Porém, esses compostos são instáveis, sendo degradados pela presença de luz e altas temperaturas (LADEROZA & DRAETTA, 1991 apud FREITAS et al., 2006). Para a aplicação nos filmes, utilizou-se o processo de liofilização, uma técnica de secagem à frio, que por não utilizar altas temperaturas, consegue não degradar os compostos bioativos.

Metodologia

As análises foram feitas no Laboratório de Controle de Qualidade e Microbiologia de Alimentos, localizado no prédio dos Laboratórios de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencente ao Departamento de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, UFRN. Todas as análises foram feitas em triplicata. 2.1 – OBTEÇÃO DO RESÍDUO LIOFILIZADO DE ACEROLA O resíduo de acerola, contendo cascas e sementes, foi cedido por uma indústria de polpa de fruta do estado do Rio Grande do Norte. O material foi congelado em um ultracongelador (ColdLab/CL200-86V) por 24h. Em seguida, foi levado ao liofilizador (Terroni/ENT 1) por 48h. Posteriormente, o resíduo foi triturado,

peneirado em uma peneira Tyler Mesh 65 e armazenado em frascos de vidro no congelador.

2.2 - PREPARO DOS FILMES O filme foi produzido à partir do método casting. Os componentes da solução filmogênica foram devidamente pesados em balança semi-analítica (Marte/BL3200H) nas seguintes proporções: água destilada (92,64%), fécula de mandioca (5,51%) e glicerol (1,85%). O resíduo liofilizado de acerola foi acrescentado junto aos outros componentes nos percentuais de 1%, 5%, 10%, 20% e 30% com relação à massa da fécula. Estes ingredientes foram então misturados em um bequer com auxílio de um bastão de vidro e levados à um agitador magnético com aquecimento (Tecnal/TE-085), na temperatura de 70°C, constantemente homogeneizados com o bastão de vidro, até que houvesse a gelatinização do amido. A solução foi então espalhada sobre uma placa de acrílico com o auxílio de uma espátula e levada à estufa (Lucadema/Luca-82/27), na temperatura de 60°C por 5h00, até a secagem do filme.

2.3 – ESPESSURA A espessura dos filmes foi determinada com o uso de um micrômetro digital (Digimess). Foram cortadas amostras de 10 cm x 10 cm e a espessura foi medida em oito pontos aleatórios.

2.4 - UMIDADE O teor de umidade dos filmes foi determinado por gravimetria, baseado método descrito por Hosseini et al. (2009). As amostras dos filmes foram cortadas em retângulos de 1 cm x 3 cm e pesadas (Marte/AY220). Em seguida, foram levadas à estufa (Lucadema/Luca-82/27) na temperatura de 110°C por 24h. Após este período na estufa, as amostras foram pesadas novamente. O teor de umidade é calculado da seguinte forma: Umidade (%)= ((mi-mf)/mi) x 100 Onde: mi = massa inicial da amostra [g]; mf = massa final da amostra, após a estufa [g].

2.5 - SOLUBILIDADE O percentual de solubilidade das amostras foi obtido também por gravimetria, pelo método descrito por Hosseini et al. (2009), adaptado. As amostras dos filmes foram cortadas em retângulos de 1 cm x 3 cm e pesadas. Em seguida, foram submetidas à agitação constante em 50 mL de água destilada à 25°C, por 6h. Os remanescentes do filme foram recuperados e secos em estufa à 110°C por 24h e posteriormente pesados. A solubilidade foi calculada da seguinte forma: Solubilidade (%)=((msi-msf)/msi) x 100 Onde: msi = massa seca inicial da amostra, obtida através da umidade determinada previamente [g]; msf = massa seca final, obtida pela pesagem após o período na estufa [g].

2.6 – PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA) A determinação da permeabilidade ao vapor de água das amostras foi feita segundo a norma ASTM 96/96 (2005). Para isso, é necessária a ativação da sílica gel, um agente dessecante, à 200°C. Foram cortados três corpos de prova, de 10 cm x 10 cm, e feitas as medições da espessura em pelo menos oito pontos com micrometro digital (Digimess). Depois disso, foram determinadas as áreas de exposição do filme nas células de permeabilidade, com o uso de um paquímetro digital (Insize/1112-200), medindo o diâmetro em pelo menos três pontos de cada célula utilizada. As células recebem, então, o dessecante e, posteriormente, o filme é fixado sobre ela, de forma que toda a absorção de umidade da sílica gel seja através do filme. Após o preparo das células, elas são acondicionadas em dessecadores de vidro contendo uma solução saturada de cloreto de sódio, mantendo uma atmosfera com umidade relativa de 75%. São feitas 8 pesagens num período de 24h, nas quatro primeiras horas e nas quatro últimas. Para calcular a permeabilidade ao vapor de água dos filmes, é necessário primeiro calcular a taxa de permeabilidade, de acordo com a equação: TPVA= w/(t x A) Onde: TPVA = taxa de permeabilidade ao vapor de água [g * h⁻¹ * m⁻²]; w = ganho de massa do filme [g]; t = tempo do ensaio [h]; A = área de exposição do filme [m²] Feito isso, é possível calcular a permeabilidade ao vapor de água do filme, através da fórmula: PVA=TPVA x e/ps x (UR1-UR2) Onde: PVA = permeabilidade ao vapor de água [g * mm * m⁻² * d⁻¹ * kPa⁻¹]; e = espessura das amostras [mm]; ps = pressão de vapor da água na temperatura do ensaio [kPa]; UR1 e UR2 = umidades relativas, em fração, fora e dentro da célula.

2.7 – ANÁLISE ESTATÍSTICA. A análise estatística foi feita utilizando o software Statistica 13.5. Os

dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, no intervalo de confiança de 95%.

Resultados e Discussões

Na tabela 1, são apresentados os dados obtidos para os filmes de amido com os diferentes percentuais de resíduo de acerola liofilizado. A identificação “A” representa a presença da acerola, seguida do percentual em relação à massa do amido. Tabela 1 – Valores obtidos das análises dos filmes de amido com resíduo de acerola liofilizado para: espessura (em mm), umidade (%), solubilidade (%) e permeabilidade ao vapor de água (em g mm/m² dia kPa). Amostras Espessura [mm] Umidade [%] Solubilidade [%] PVA [g mm/m² dia kPa] A0 0,155 ± 0,018a, b 19,62 ± 0,84a, b 54,02 ± 8,12b 4,10 ± 0,54b, c A1 0,146 ± 0,016a 19,23 ± 0,51a, b 29,19 ± 0,50a 3,69 ± 0,33a, b, c A5 0,121 ± 0,009c 22,07 ± 0,17d ***** 3,01 ± 0,48a A10 0,172 ± 0,066b 19,00 ± 0,25a, c 28,90 ± 1,42a 4,69 ± 0,15c A20 0,165 ± 0,006a, b 20,66 ± 0,71b, d ***** 3,82 ± 0,33a, b, c A30 0,163 ± 0,018a, b 17,55 ± 0,59c 31,59 ± 1,14a 3,19 ± 0,38a, b ***** por erro na execução das análises os dados inconsistentes foram desconsiderados Na Coluna, médias seguidas por letras distintas diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, no intervalo de confiança de 95% A espessura é um fator importante na fabricação de embalagens, pois afetará as propriedades de barreira entre o alimento e o meio externo. A partir dos dados apresentados na tabela, é possível perceber que a presença do resíduo liofilizado na matriz filmogênica só diminuiu significativamente ($p<0,05$) a espessura na amostra A5. Teores maiores e menores do resíduo liofilizado mantém esta característica próxima à do filme controle. Nos estudos feitos por Luchese et al. (2018), utilizando resíduo liofilizado de mirtilo, os dados obtidos de espessura variaram significativamente com a presença do resíduo, atingindo valores de $0,18\pm0,02$ mm nas condições mais próximas às desse trabalho. Qin et al. (2019), utilizando antocianinas de goji berry preta, reportaram um aumento na espessura do filme com o aumento do teor de antocianinas (de $0,094\pm0,001$ a $0,100\pm0,003$ mm). Versino e García (2014), que adicionaram à própria fibra da mandioca ao filme, também apresentaram um aumento significativo da espessura do filme com o aumento do percentual de fibra (de $0,048\pm0,003$ a $0,172\pm0,034$ mm). Este comportamento não se repetiu nos filmes elaborados. Isto pode ser devido à espessura inicial dos filmes apenas de amido apresentados nesses trabalhos, que é inferior quando comparado com aqueles com a incorporação do resíduo. Com relação à umidade, a presença da acerola só interfere significativamente ($p<0,05$) em percentuais mais altos, como na amostra A30. Quantidades inferiores do resíduo apresentam resultados próximos à amostra A0, com exceção da amostra A5, que apresenta a maior umidade. Os dados apresentados por Versino e García (2014) apresentam uma umidade ($12,13\pm0,06\%$) inferior à demonstrada pelo filme desenvolvido. Isso pode ser explicado pelo processo de secagem do filme, que dura um tempo próximo ao utilizado, porém numa área bem menor. Qin et al. (2019) também apresentaram uma umidade bastante inferior à obtida neste trabalho ($8,74\pm0,15\%$), apresentando também uma redução dessa umidade com o aumento da quantidade de antocianinas. Esse trabalho apresenta o mesmo comportamento. Segundo Qin et al. (2019), os grupamentos hidroxila presentes nas antocianinas formariam ligações de hidrogênio com os grupos hidroxila hidrofílicos do amido, diminuindo a interação destas com a umidade. Uma característica importante na fabricação de embalagens é a solubilidade, pois filmes que possuem esta característica elevada não conseguem cumprir corretamente sua função se acondicionarem alimentos de elevada umidade, como produtos cárneos frescos. Nesse trabalho, é perceptível que a presença do resíduo muda significativa ($p<0,05$) e positivamente esta característica, tornando o filme menos solúvel, quando comparado ao controle. Isto pode ser possível

devido à natureza rica em fibras do resíduo, formado principalmente por cascas e sementes, insolúveis em água. Porém, a presença em si já é suficiente, visto que esta característica não difere significativamente com os diferentes percentuais de resíduo. Para Gontard et al. (1992), devido a função dos filmes ser, na maioria das vezes, impedir a transferência de umidade entre o alimento e o meio externo, o valor da permeabilidade ao vapor de água deve ser o menor possível. Os dados obtidos mostram que a presença do resíduo altera diminuindo a permeabilidade do filme. Porém, apenas as amostras A5 e A30 apresentam reduções significativas. Os dados encontrados na literatura para essa característica mostram valores elevados, como os apresentados por Luchese et al. (2018), que são mais elevados com relação aos apresentados neste trabalho ($8,64 \pm 0,96$ g*mm/m²*dia*kPa) nas condições mais próximas às dos filmes produzidos. Versino e García (2014) também apresentam filmes mais permeáveis, com valores de PVA de aproximadamente $8,19 \pm 1,65$ g*mm/m²*dia*kPa nas condições mais semelhantes a esse estudo. Qin et al. (2019), também apresentaram valores bastante elevados com relação aos obtidos neste trabalho, mas que reduziram significativamente com o aumento da quantidade da antocianina de goji berry preta (de $13,35 \pm 1,21$ g*mm/m²*dia*kPa no controle à $8,38 \pm 0,17$ g*mm/m²*dia*kPa com o maior teor de antocianina). Este efeito também pode ser explicado pelas interações intermoleculares entre o amido e as antocianinas, diminuindo os grupos hidroxila disponíveis, diminuindo também a interação com a água (ASHRAFI et al., 2018). Desta forma, comparando este trabalho com outros que utilizam matérias-primas com características similares, os filmes aqui apresentados são menos permeáveis.

Conclusão

A união do resíduo liofilizado de acerola interferiu positivamente em algumas das características avaliadas neste trabalho, e não interferiu negativamente nas outras. Desta forma, é possível perceber que o uso de outros materiais biodegradáveis, e que em outras situações seriam considerados descarte, pode sim influenciar positivamente nas pesquisas em embalagens, melhorando as características destes produtos. Comparando os dados obtidos neste trabalho com o plano de trabalho anterior (PVG15227-2018 - Incorporação de agentes naturais na formulação dos filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca), é possível perceber que a adição do resíduo liofilizado de acerola contribuiu positivamente para o filme, principalmente com relação à solubilidade e à permeabilidade ao vapor de água. A melhoria destas características permite vislumbrar uma aplicação como embalagem real para alimentos. Entretanto, outras pesquisas devem ser feitas com relação ao material apresentado neste trabalho. Além dos ensaios mecânicos para avaliar a resistência do filme, é interessante avaliar se o filme possui alguma indicação de variação de pH, visto que os trabalhos que apresentaram materiais ricos em antocianinas apresentaram este comportamento. Isto tornaria a embalagem apresentada um filme ativo, agregando mais valor ao produto final.

Referências

ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, 2005. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Food Outlook: Biannual report on global food markets. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [S.I.], p. 152. 2017. FREITAS, C. A. S. D. et al. Estabilidade dos carotenóides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 5, p. 942-949, Outubro 2006.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.-L. Edible Wheat Gluten Films : Influence of the Main Process Variables on Film Properties using Response Surface Methodology, v. 57, n. 1, 1992. HOSSEINI, M. H.; RAZAVI, S. H.; MOUSAVID, M. H. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. Journal of Food Processing and Preservation, n. 33, p. 727-743, 2009. IVANIč, F. et al. Physical properties of starch plasticized by a mixture of plasticizers. European Polymer Journal journal, p. 843-849, 2017. LUCHESE, C. L. et al. Evaluation of blueberry residue incorporated cassava starch film as pH indicator in different simulants and foodstuffs. Food Hydrocolloids, v. 82, p. 209-218, Setembro 2018. LUCHESE, C. L.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based film. Industrial Crops & Products journal, n. 109, p. 619-626, 2017. MAIA, G. A. et al. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. Food Science and Technology, v. 27, n. 1, p. 130-134, 2007. MALI, S. et al. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch film. Carbohydrate Polymers, n. 56, p. 129-135, 2004. MOURA, C. F. H. et al. Acerola — Malpighia emarginata. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.; BRITO, E. D. Exotic Fruits Reference Guide. 1^a. ed. [S.I.]: [s.n.], 2018. p. 13-18. NAMPOOTHIRI, K. M.; NAIR, N. R.; JOHN, R. P. An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research. Bioresource Technology journal, n. 101, p. 8493-8501, 2010. QIN, Y. et al. Preparation and characterization of active and intelligent packaging films based on cassava starch and anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr. International Journal of Biological Macromolecules, v. 134, p. 80-90, 2019. SANGRONIZ, A. et al. Miscibility and degradation of polymer blends based on biodegradable poly (butylene adipate-terephthalate). Polymer Degradation and Stability, n. 151, p. 25-35, 2018. VERSINO, F.; GARCÍA, M. A. Cassava (*Manihot esculenta*) starch films reinforced with natural fibrous filler. Industrial Crops and Products, v. 58, p. 305-314, 2014. VU, H. P. N.; LUMDUBWONG, N. Starch behaviors and mechanical properties of starch blend films with different plasticizers. Carbohydrate Polymers, n. 154, p. 112-120, 2016. World Economic Forum and Ellen MacArthur Foundation, The New Plastics Economy – Catalysing action (2017, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>).

Anexos

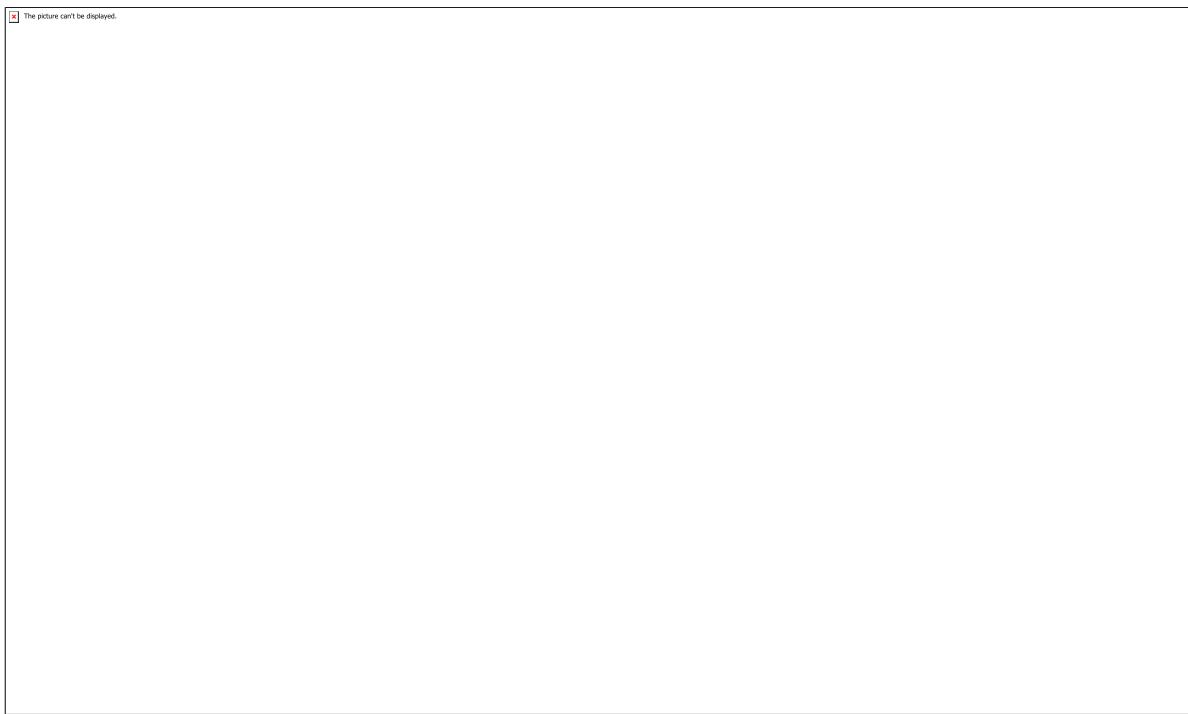


Tabela 1 – Valores obtidos das análises dos filmes de amido com resíduo de acerola liofilizado para: espessura (em mm), umidade (%), solubilidade (%) e permeabilidade ao vapor de água (em g mm/m² dia kPa).

CÓDIGO: SB0789

AUTOR: MARIA EDUARDA SILVA BRITO

COAUTOR: CAROLINA DA SILVA COSTA

ORIENTADOR: CAMILA GAMBINI PEREIRA

TÍTULO: Caracterização de Propriedades Físico-Químicas e Termodinâmicas do Mosto

Cervejeiro

Resumo

A presente pesquisa trata-se do mosto cervejeiro e suas propriedades. O objetivo principal foi caracterizar o mosto a partir da determinação de suas propriedades físico-químicas e termodinâmicas. A importância dessa pesquisa se dá pelo fato de haver uma escassez de informações sobre o mosto na literatura até o presente momento. De acordo com os dados, pode-se concluir que o mosto é constituído principalmente por água, com uma quantidade significativa de proteínas e carboidratos e pequenas quantidades de lipídios e cinzas. Quanto à densidade e viscosidade, foi evidenciado que quanto maior for a concentração de reagente (água ou etanol) em solução com o mosto, menor será o valor encontrado para ambas, assim como foi possível observar o efeito da temperatura na densidade. Constatou-se também que o mosto é um fluido newtoniano, a partir de análises reométricas. E quanto às propriedades térmicas, os resultados obtidos foram inconclusivos.

Palavras-chave: Mosto cervejeiro, cerveja, caracterização, propriedades físico-química

TITLE: CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E TERMODINÂMICAS DO MOSTO CERVEJEIRO

Abstract

The present research deals with the beer wort and its properties. The main objective was to characterize the wort from the determination of its physicochemical and thermodynamic properties. The importance of this research is due to the fact that there's a lack of information about beer's wort in the literature up to the present moment. According to the data, it can be concluded that the wort consists mainly of water, with a significant amount of proteins and carbohydrates and small amounts of lipids and ashes. For density and viscosity, it was evidenced that the higher the concentration of reagent (water or ethanol) in solution with the wort, the lower the value found for both, as well as the temperature effect on the density. It was also found that the wort's a newtonian fluid, based on rheometric analyzes. As for the thermal properties, the results were inconclusive.

Keywords: Beer wort, beer, characterization, physicochemical properties, density

Introdução

A cerveja é, além da mais consumida bebida alcoólica, uma das mais antigas. Milhares de anos antes do nascimento de Cristo, na região da Mesopotâmia, já se produzia cerveja. Nessa época, a cerveja desempenhava um papel especialmente religioso, sendo desenvolvida e reformulada por monges (MERLO, 2016). Entre os séculos XIV e

XIX, na Europa, foram desenvolvidas diversas formulações de cervejas. Para alguns povos antigos, a cerveja continha também além de significados religiosos, medicinal (MERLO, 2016). Com isso, observamos que a cerveja tem uma importância e ligação com a história da humanidade, trazendo consigo um legado social e cultural. O mercado cervejeiro é extremamente importante para o comércio no mundo inteiro, como a bebida mais consumida. Além de que consegue manter-se sempre em alta, especialmente através das grandes empresas, indústrias e corporações. O Brasil é o terceiro país no ranking mundial de produção de cerveja, ficando atrás apenas de China e Estados Unidos, o que gera milhares de empregos ao longo dos anos e colabora com boa parte do PIB (GOVERNO DO BRASIL, 2017). A produção de cerveja gera empregos de forma direta e indireta. Há também uma quantidade notável de produtores de cerveja artesanal, o que vem ganhando cada vez mais espaço, de maneira formal e informal. Além disso, cerveja é um símbolo cultural e uma forma de confraternização entre amigos e família. O mosto, nosso material de análise, é integrante do processo de fabricação da cerveja e uma das partes principais do mesmo. É conhecido como todo tipo de mistura açucarada que tem como finalidade a fermentação alcoólica. No caso da cerveja, é o produto da fase de mosturação ou brasagem, que consiste na mistura do malte triturado com a água. É o produto obtido no momento anterior a lupulação. Um dos fatores que impulsionou a realização do presente trabalho foi o fato de que, ao realizar pesquisas destinadas ao tema, há uma notável escassez literária de artigos a respeito da composição e propriedades para o processamento do mosto, além de suas características e especificidades. Vale ressaltar que, como mencionado anteriormente, o mosto é o material que irá originar a cerveja, além do mais, existem várias inovações quanto ao processo de fabricação da cerveja, a partir de reformulações feitas no mosto para alterar e inovar no sabor do produto final, como adicionar frutas tropicais, chocolate, entre outros. Sendo assim, essa pesquisa foi dedicada a fazer a caracterização e determinar suas propriedades, buscando atingir um determinado pioneirismo quanto ao assunto, que possui alta relevância, dada sua importância em termos econômicos e cultural. Para isso, foi seguido um cronograma de análises, realizando-se a determinação de proteínas totais, umidade, cinzas e carboidratos. Posteriormente, foram realizadas análises de densidade e viscosidade do mosto adicionado de etanol e de água, separadamente. E então, determinou-se a capacidade calorífica, difusividade e condutividade térmica.

Metodologia

O mosto para a realização da pesquisa, o qual foi utilizado três lotes diferentes, foram todos obtidos através de doação. No caso do primeiro lote, recebido em 2017, o doador foi o ex aluno do curso de Engenharia de Alimentos, Alberto Medeiros, que disponibilizou o mosto da cerveja produzida para o seu TCC. O segundo e o terceiro lote foram doados pelo aluno do curso de Engenharia de Alimentos da UFRN e mestre cervejeiro, Luiz Junior, que produz cerveja de forma artesanal, sendo o primeiro lote recebido em fevereiro de 2019 e o terceiro em junho de 2019. Em todos os casos o mosto foi filtrado e mantido em refrigeração. Para a realização de análises pontuais, o mesmo foi aquecido até a temperatura desejada. De modo geral, utilizaram-se cadiños, estufa (Lucadema, Luca-80/64, Brasil), dessecador e balança analítica (Marte, AY2020, Brasil) tanto para a umidade quanto para cinzas, acrescentado a mufla ao último. Para proteínas, utilizou-se chapa de aquecimento, tubos grandes, becker, erlenmeyer, bureta e destilador de nitrogênio (Solab, SL – 74, Brasil), os reagentes utilizados foram Sulfato de Sódio (Synth, 152131, P.A), Sulfato de Cobre (Synth, 151179, P.A), NaOH (Synth, P.A), Ácido Bórico 3% e Ácido Clorídrico 0,1N previamente preparados, e um indicador. Para a determinação de lipídios, utilizou-se o extrator soxhlet (Marconi, MA 044/5/50,

Brasil) e seus matérias, estufa (Lucadema, Luca-80/64, Brasil), dessecador, balança analítica (Marte, AY2020, Brasil) e como reagente o Hexano (Synth, 192876, P.A). Já para a análise de densidade, capacidade calorífica, difusividade e condutividade térmica a diferentes temperaturas, utilizaram-se bêqueres, picnômetros, conta gotas, termômetro digital, banho maria, KD2 (Decagon, Pro, EUA) e mais uma vez, balança analítica (Marte, AY2020, Brasil). Além de água destilada e etanol puro como reagentes. Para a viscosidade, utilizou-se do reômetro (MCR 302, Anton Paar, Áustria), utilizando a geometria coe modelo DG26.7.

Resultados e Discussões

4.1 DETERMINAÇÃO DE UMIDADE A Tabela 1 mostra os valores, em porcentagem, encontrados para a umidade em três porções da amostra e o resultado final a partir da média entre as três. Ao analisar os valores encontrados e a média final, é constatado que o mosto é constituído em sua maior parte por água, ocupando aproximadamente 90% de sua composição. Nota-se também que para cada item da triplicata, os valores obtidos foram bem próximos do outro, de modo que não há uma disparidade significativa entre as mesmas.

4.1 DETERMINAÇÃO DE UMIDADE Na Tabela 2, está representada a quantidade de cinzas encontrada no mosto, análise também realizada em triplicata. As cinzas em um alimento representam a matéria inorgânica no mesmo, remanescente mesmo após ser submetida a altas temperaturas. Seria a quantidade de minerais encontrada, no caso da presente pesquisa, no mosto. Pode-se observar a partir dos valores encontrados e da média, que há uma baixa porcentagem desses componentes na composição do mosto, o que leva a conclusão de que o mesmo é composto majoritariamente por matéria orgânica.

4.3 DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS Na Tabela 3, está demonstrado o teor de proteínas encontrado para as amostras de mosto e por fim a média determinada de proteínas na composição do mesmo. Analisando os dados, pode-se notar que as três amostras apresentaram valores próximos, sem distanciar-se da outra. De modo geral, se observa que as proteínas têm uma presença significativa na composição do mosto, considerando que aproximadamente 90% é apenas água.

4.4 DETERMINAÇÃO DE LIPÍDIOS Abaixo, na Tabela 4, é demonstrado o valor encontrado para a quantidade de lipídios encontrada no mosto a partir da extração por soxhlet. Chama a atenção o fato de haver apenas duas amostras para a determinação de lipídios e não uma triplicata, como em todas as outras análises. Como citado anteriormente, deve-se a fatores que interferiram ao longo da análise, especialmente o mal funcionamento do equipamento utilizado. De modo geral, a partir do valor obtido como média entre as duas amostras analisadas, há a presença de lipídios na composição do mosto mas não se trata de uma quantidade expressiva.

4.5 VALORES FINAIS DA CARACTERIZAÇÃO Pela caracterização realizada, foi possível determinar as propriedades encontradas no mosto e a porcentagem na qual cada uma delas está presente. Na Tabela 5 está disposta a caracterização final do mosto. A porcentagem de carboidratos foi obtida por diferença em relação aos outros compostos encontrados.

4.6 DETERMINAÇÃO DAS DENSIDADES As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam as densidades encontradas para a mistura mosto (1) + etanol (2) a 25°C, 35°C e 55°C. A densidade do etanol puro (0,782 mL), apresentado na Tabela 6, foi obtida experimentalmente, também por picnometria. O valor obtido foi bem próximo ao valor encontrado na literatura (0,789 g/mL) a 25°C (NovaCana, 2018), apresentando variação apenas a partir da terceira casa decimal. Avaliando todas as composições, pode-se observar que o desvio se manteve constante em algumas ocasiões. De forma geral, os valores seguem uma tendência de decrescimento de acordo com a diminuição na concentração de mosto e aumento na concentração de etanol. As Tabelas 9, 10 e 11 mostram as densidades encontradas para a mistura mosto (1) + água (2) a 25°C, 35°C

e 55°C. O valor encontrado experimentalmente para a densidade da água (0,995 g/mL) aproxima-se do valor apresentado na literatura (0,9970 g/mL) a 25°C (Handbook of Chemistry and Physics, 1983), mesma temperatura na qual as análises foram feitas. Assim como o observado para o etanol, a densidade da água, obtida experimentalmente, variou em relação ao apresentado na literatura a partir da terceira casa decimal, o que pode-se concluir que o valor obtido foi próximo ao esperado. Na Figura 1, é apresentado o comportamento da densidade da mistura mosto (1) + etanol (2) e a mistura mosto (1) + água (2). Observa-se que o perfil de densidade da mistura mosto (1) + etanol (2), se aproxima do perfil de uma reta, o que explana a constância dos valores obtidos. Quanto à densidade da mistura mosto (1) + água (2), pode-se observar a variação não tão acentuada dos valores, mas com tendência a decair, e comportamento tendendo a uma reta. Comparando-se as retas apresentadas na Figura 1, é possível notar uma diferença quanto as retas formadas pelas misturas, o que se dá pelo fato da densidade da água (0,9970 g/mL) ser maior que a do etanol (0,789 g/mL), fazendo com que, em solução com o mosto, que contém densidade maior que ambos, a diferença não seja tão brusca quanto com o etanol. Pelos perfis formados a partir da densidade das misturas, se observa que, de acordo com que há o aumento da concentração de solvente (água ou mosto) na mistura, há a diminuição da densidade, o que se dá pelo fato de que tanto a água quanto o etanol conterem menores densidades do que o mosto (1,0415 g/mL a 25°C). A Figura 2 mostra o comportamento da mistura mosto (1) + água (2) nesse intervalo de temperaturas de 25°C, 35°C e 55°C. Para as três temperaturas em questão, os valores obtidos mostraram coerência e seguiram um padrão de crescimento com o aumento da temperatura, sendo que a 55°C houve um distanciamento um pouco maior, o que é plausível e esperado, já que nesse caso houve um salto de 20°C e não apenas 10°C. A Figura 3 faz a mesma comparação, mas nesse caso é para a mistura mosto (1) e etanol (2). De modo geral, em ambos os casos o comportamento apresentado foi o esperado para cada mistura, isto é, a diminuição da densidade com o aumento da temperatura, dadas as peculiaridades de cada um dos reagentes envolvidos.

4.6 ANÁLISES REOMÉTRICAS

A Figura 4 apresenta as curvas de viscosidade das misturas mosto + solvente formadas pelos valores da tensão em função da taxa de cisalhamento para a mistura mosto (1) + etanol (2). Já na Figura 5 são apresentadas as curvas de viscosidade formadas pelos valores da tensão em função da taxa de cisalhamento da mistura mosto (1) + água (2). Com base no que foi apresentado nas Figuras 4 e 5, nota-se que as amostras se comportam como um fluido newtoniano, ou seja, temos que a sua viscosidade é constante para diferentes taxas de cisalhamento e não varia com o tempo, diferentemente do comportamento de um fluido não-newtoniano, onde a tensão é diretamente proporcional à taxa de deformação sofrida pelo fluido, fato constatado ao observar que os diagramas formam retas e que estas partem da origem (0,0). A inclinação da curva no diagrama diz respeito à diminuição da viscosidade, sendo assim, pode-se observar que a viscosidade diminui de acordo com o aumento na concentração de etanol (2) e de água (2) à mistura com o mosto (1). A Tabela 12 mostra os valores obtidos para a viscosidade da mistura mosto (1) + etanol (2) e observa-se que os dados mostram determinada inconstância. Embora não tenha apresentado um comportamento constante, havendo variações não esperadas, o resultado para cada ponto da fração mássica de 0,0 a 1,0 analisado individualmente, se comporta como fluido newtoniano, fazendo com que essa variação não altere a conclusão final esperada para a análise. Na Figura 6, podemos observar que a variação de algumas amostras resultou em uma conformação aquém do esperado. Para os pontos da fração mássica do mosto com adição de água, foi apresentado uma constância de valores e um padrão de crescimento, proporcional ao decrescimento da proporção de mosto em cada amostra. Observa-se inconstância dos pontos no Figura 6, devido a pequena variação encontrada nos resultados obtidos, dada muito provavelmente pela formação de precipitado que há de acordo com que a concentração

de etanol aumenta na mistura. Em determinado momento, os valores crescem e posteriormente voltam a decrescer. Já na Figura 6, observou-se que os pontos formam algo muito próximo de uma reta, pois seguem uma tendência decrescente de valores. No entanto, observando os diagramas gerados pelo reômetro para cada ponto da fração, em ambos os casos, obteve-se o comportamento de um fluido newtoniano, como observado nas figuras 4 e 5.

4.7 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS

As Tabelas 9, 10, 11 e 12 apresentam os valores de cada uma das propriedades das amostras da mistura mosto + solvente (água ou etanol), nos pontos de fração mássica de 0,0 a 1,0, no intervalo de variação de temperaturas de aproximadamente 35°C e 55°C. Os Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 representam os valores encontrados para cada propriedade e sua temperatura específica nas misturas mosto e água e mosto e etanol. Nas Tabelas 9 e 10 estão descritos os valores encontrados pra cada uma das propriedades termodinâmicas, dado que a densidade já foi determinada pelas análises anteriores e a capacidade calorífica é determinada a partir os outros dois valores, que são determinados pelo KD2. As Tabelas 11 e 12 mostram as mesmas propriedades, mudando apenas o intervalo de temperatura, de aproximadamente 55°C. Os comentários direcionados às Tabelas 9 e 10 são também válidos para as Tabelas 11 e 12. Ao analisar os dados, se observa que os valores não seguem uma tendência, como nos casos da densidade e da viscosidade, por exemplo. Esse fator pode ser causado por alguns interferentes ao longo da análise, como o fato de não haver uma mesma temperatura para todos os pontos, que ocorre devido a como ocorre a análise, pois o equipamento KD2 passa determinado tempo capturando as propriedades da amostra e enquanto isso sua temperatura varia em um intervalo entre 15°C e 20°C, mesmo embora a amostra esteja em uma determinada temperatura constante, mantida em banho maria, o que torna inviável prever a temperatura final exata para análise. As Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 representam os valores encontrados para a condutividade e resistividade térmica e capacidade calorífica das misturas mosto (1) + água (2) e mosto (1) + etanol (2) nas temperaturas de 35°C e 55°C, respectivamente. Ao observar os diagramas, pode-se notar que não representam retas e os pontos se mostram um tanto quanto dispersos um do outro. Como citado anteriormente, isso deve-se ao fato da variação de temperatura, a qual acaba se tornando imprevisível ao longo da análise devido a forma como opera o procedimento realizado pelo KD2, não se mantendo em uma mesma temperatura e sim variando ao longo do tempo, mesmo que a amostra permaneça constante. Dado que se trata de propriedades termodinâmicas, é esperado que caso a temperatura não se mantenha exatamente a mesma ao longo da análise para todas as amostras, haja divergência entre as mesmas.

Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo a realização da caracterização do mosto cervejeiro a partir das determinações de propriedades físico-químicas e termodinâmicas. Os resultados encontrados para as análises mostram que o mosto é composto majoritariamente por água, contendo em média 89,6% da mesma em sua composição, seguido por proteínas, que constituem 5,4% do mosto e carboidratos com 4,62%. Os lipídios estão presentes em 0,27% e o teor de cinzas encontrado foi de 0,11%. Já quanto aos valores obtidos para as densidades e viscosidades das misturas mosto + solvente (água ou etanol), foi evidenciado que quanto maior seja a concentração do solvente, menor será o valor encontrado para ambas as propriedades. Isso ocorre pelo fato de que tanto para a densidade (1,041 g/mL) quanto para a viscosidade (1,422 cP) o mosto puro contém um valor maior do que a água (0,995 g/mL; 0,891 cP) e etanol (0,782 g/mL; 1,414 cP), foi possível também observar, com as diferentes temperaturas nas quais a análise foi realizada, que a densidade diminui com o aumento da

temperatura. A partir das análises reométricas foi possível constatar que o mosto é um fluido newtoniano, dado que tanto a amostra pura quanto as misturas mosto + solvente apresentaram esse perfil, foi possível constatar também que, como citado anteriormente, o mosto contém maior viscosidade (1,422 cP) que a água (0,891 cP) e o etanol (1,414 cP), pois quanto maior a concentração do solvente (água ou etanol), menor foi o valor encontrado. Em relação as propriedades térmicas, devido a diversos fatores externos que ocasionaram interferências ao longo da análise, os dados obtidos foram inconstantes e fora do esperado, impossibilitando que haja uma conclusão contundente quanto aos seus resultados.

Referências

- Instituto Adolfo Lutz. “Métodos físico-químicos para análise de alimentos”, edição IV, 2008. • MERLO, Doug. História da Cerveja: Fatos que irão te surpreender. Disponível em: <<https://www.ocaneco.com.br/historia-da-cerveja/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018. • Brasil é o terceiro no ranking mundial de produção de cerveja. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/08/brasil-e-o-terceiro-no-ranking-de-producao-mundial-de-cerveja>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018. • Propriedades físico-químicas do etanol. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/propriedades-fisico-quimicas>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2018. • Handbook of Chemistry and Physics, CRC press, Ed 64

CÓDIGO: SB0848

AUTOR: JOSIANE DA SILVA SANTOS

ORIENTADOR: ROBERTA TARGINO HOSKIN

TÍTULO: Polpa e resíduo de acerola lyofilizados com e sem adição de coadjuvante parte 2: estudo das características morfológicas e fisico-químicas e desenvolvimento de produto alimentício.

Resumo

A tecnologia de desidratação de alimentos vem sendo empregada visando à expansão da comercialização de novos produtos pela indústria, aliado a isso a facilidade de transporte, bem como a preservação de seus constituintes. O estudo teve como objetivo geral realizar a caracterização da polpa e resíduo da acerola (*Malpighia emarginata DC*), por meio da desidratação dos mesmos através do processo de lyofiliação com e sem adição de adjuvantes de secagem, como a proteína do soro 10% e 15% e a goma arábica nas concentrações de 10%, 15% e 3%. Os produtos obtidos foram caracterizados do ponto de vista físico-químico, bioativo e funcional visando à avaliação de sua incorporação na formulação do produto petit suisse. Desse modo, para alcance dos resultados, foi necessária a realização de objetivos específicos tais como: às análises de rendimento de secagem, umidade, atividade de água, pH, acidez total, solubilidade, retenção de água e óleo, higroscopidade, microscopia eletrônica de varredura, difração de raios-x, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, atividade antioxidante DPPH, carotenoides totais e ácido ascórbico. Os resultados obtidos demonstram que tanto as polpas quanto os resíduos de acerola lyofilizados constituem potencial para aplicações como ingredientes funcionais.

Palavras-chave: frutas, acerola, compostos bioativos, secagem.

TITLE: Pulp and residue of lyophilized Acerola (*Malpighia emarginata DC*) with and without adjuvant addition: process study and physicochemical, bioactive and functional characterization.

Abstract

Food dehydration technology has been employed in order to expand the commercialization of new products by the industry, allied to its ease of transportation, as well as the preservation of its constituents. The general objective of the study was to characterize the pulp and residue of acerola (*Malpighia emarginata DC*) by dehydrating them through the lyophilization process with and without the addition of drying aids, such as whey protein 10% and 15%. % and gum arabic at concentrations of 10%, 15% and 3%. The obtained products were characterized from the physicochemical, bioactive and functional point of view aiming at the evaluation of their incorporation in the formulation of the petit suisse product. Thus, to achieve the results, it was necessary to accomplish specific objectives such as: analysis of drying yield, humidity, water activity, pH, total acidity, solubility, water and oil retention, hygroscopicity, scanning electron microscopy , x-ray diffraction, total phenolic compounds, total anthocyanins, DPPH antioxidant activity, total carotenoids and ascorbic acid. The results show that both pulp and lyophilized acerola residues are potential for applications as functional ingredients.

Keywords: fruits, acerola, bioactive compounds, drying.

Introdução

A fruticultura é um dos setores que mais se destaca no agronegócio brasileiro. De acordo com dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) (2018 apud VIDAL, 2019), “em 2016 o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de frutas com 42,3 milhões de toneladas, atrás apenas da China e da Índia”. Destaca-se também a região Nordeste, mediante vantagem competitiva em relação às demais por suas condições climáticas como: alta luminosidade, temperatura elevada e baixa umidade relativa do ar média (VIDAL, 2018). No entanto, muitos obstáculos permeiam a área da fruticultura, em especial, a elevada perda pós-colheita. “Do volume total de frutas produzido, acredita-se que o país desperdiça cerca de 30%.” (SCOGNAMIGLIO; HAMAMURA, 2019, p. 6-7). Existem vários problemas na cadeia produtiva como: processamento, embalagens e armazenamentos inadequados, entre outros; e associados a características do próprio fruto “a alta perecibilidade dos frutos resulta em perdas pós-colheita, gerando resíduos que variam de 15 a 50%, requerendo assim, o desenvolvimento de processos e inovação tecnológica para minimizar estes desperdícios [...]” (BUENO et al., 2002; BARRET et al., 2002, apud BATISTA SOBRINHO, 2014). Dessa forma, prejudicam a comercialização e consequentemente contribui para o desperdício, impacto ambiental e fome no mundo. Nesse contexto, dentre as frutas produzidas no Nordeste, destaca-se a acerola (*Malpighia emarginata* DC). A acerola possui várias características importantes (acidez considerável, teor de umidade, sólidos solúveis, entre outras), além de ser popularmente conhecida por ser uma potencial fonte de vitamina C (ácido ascórbico), e a junção desta com outros compostos bioativos presentes na fruta (polpa e resíduos) como, antocianinas, carotenoïdes e compostos fenólicos, expressam uma atividade antioxidante significativa em relação às demais (EMBRAPA et al., 2012; CORREIA et al., 2012; BASTOS; ROGERO; ARÉAS, 2009; FREITAS, 2017). Com isso, um dos métodos utilizados para garantir a redução de perdas e desperdícios desses compostos pós-colheita é o processo de secagem. Nesse prisma de abordagem, uma das secagens mais utilizadas nas indústrias alimentícias é a liofilização. É um processo composto por três etapas: congelamento inicial, secagem primária e secagem secundária, que consistem no processo de passagem do solvente de determinado produto no estado sólido diretamente para o estado gasoso, passagem física conhecida como sublimação (MARQUES, 2008; GARCIA, 2009). No entanto, alguns problemas são enfrentados durante a secagem dos produtos, um deles está associado a elevadas concentrações de açúcares nas polpas e sucos de frutas, que ocasiona mudanças nas propriedades físico-químicas dos pós obtidos, como por exemplo o aumento da higroscopичidade (adesão das partículas nas paredes do secador). Essas alterações são indicadas por uma baixa temperatura de transição vítreia (T_g), as quais podem ser contornadas pelo uso de coadjuvantes de secagem (carboidratos, gomas, lipídeos e proteínas), e sua escolha leva em consideração a qualidade do produto, preço e o desempenho durante e após o processo (BRENNAN; HERRERA; JOWITT, 1971, DOWNTON; FLORES-LUNA; KING, 1982; SHAHIDI; HAN, 1993; ROOS, 1995; BHANDARI; DATTA; HOWES, 1997). Assim, este trabalho objetiva caracterizar a polpa e o resíduo da acerola in natura e liofilizado com e sem adição de coadjuvantes do ponto de vista físico-químico e bioativo. Buscando compreender seus aspectos funcionais, agregando valor e gerando menos desperdícios. Além de tratar das análises de atividades antioxidante, antimicrobiana e antienzimática do produto. Esclarecendo também o mecanismo da cinética de degradação do ácido ascórbico e das antocianinas ao longo da estocagem. Contudo, como etapa final, a presente proposta inclui a abordagem sensorial de um

produto elaborado (queijo tipo petit suisse) a partir da adição de acerola liofilizada como ingrediente funcional.

Metodologia

Matéria prima: As acerolas foram obtidas na Central de Abastecimento do Rio grande do Norte (CEASA-RN). As frutas foram embaladas em sacos de polietileno, armazenadas em isopor e transportadas para a UFRN, onde foram higienizadas e congeladas até o momento do transporte para o Laboratório de Processamento de Frutas (Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias), onde foram despolpadas. **Secagem:** A liofilização foi conduzida em liofilizador. As amostras foram liofilizadas sob as condições: temperatura de -55 °C, sob pressão a vácuo de 13 Pa, por 48 horas. **Umidade:** Realizou-se a análise em balança analítica de umidade. Utilizou-se a temperatura de 70°C e 0,5g de pó para cada amostra. **Atividade de água (Aw):** Foi determinada através da leitura direta no Analisador de (Aw). O equipamento utiliza cubetas plásticas apropriadas para leitura. **Difração de raios-x:** Para medir o diâmetro das partículas foi utilizado o difrator granulométrico a laser no módulo via seca. A análise de DRX dos pós realizou-se em difratômetro de raios-X. **Microscopia eletrônica de varredura – MEV:** Realizou-se a morfologia das partículas utilizando-se o microscópio eletrônico de varredura, operando-se com tensão de aceleração de 5 kV e 15 kV. **Higroscopicidade:** 0,5g de pó de cada amostra foram pesados em placas petri mantidas em dessecador por uma semana, contendo uma solução de (NaCl) com 40% de concentração. **Compostos bioativos da polpa e pós de acerola:** O teor de antocianinas, carotenoides, ácido ascórbico, atividade antioxidante e compostos fenólicos totais foram determinados e avaliados tanto na polpa quanto nos pós da acerola liofilizados (realizadas em triplicata) conforme os métodos a seguir. **Preparo dos extratos aquosos:** (por meio de etapas não sequenciais). Para a polpa e os pós pesou-se 1g da amostra, ambos foram diluídos em 100 mL de água destilada, sob agitação no agitador magnético múltiplo, por 1h. Após a agitação as amostras foram filtradas a vácuo com o auxílio de papel filtro qualitativo. Em seguida o extrato foi transferido para tubo tipo Falcon e submetidos ao processo de centrifugação a 3600 rpm por 20min. Posteriormente transferiu-se o sobrenadante para novos tubos devidamente identificados e armazenados sob refrigeração até o uso. **Compostos fenólicos totais:** Inicialmente, uma diluição do extrato aquoso foi realizada, em que 1 mL de extrato foi adicionado a 9mL de água destilada, isso facilitou a leitura da absorbância devido à alta concentração de compostos fenólicos na amostra liofilizada. Dessa forma, 0,25 mL da amostra foram transferidos para os tubos de ensaio e em sequência foram adicionados: 2 mL de água destilada, 0,25 mL de reagente Folin-Ciocalteau 1 N, seguido de agitação em vórtex. Após 3min adicionou-se 0,25 mL de solução saturada de (carbonato de sódio). Os tubos de ensaio foram mantidos em banho Maria por 30min. Posteriormente, as absorbâncias foram lidas em espectofotômetro no comprimento de onda de 750nm contra branco (solução de água destilada). Os resultados foram expressos em (mg GAE eq./100g de amostra). **Carotenoides:** Pesagem de 0,5g dos pós em tubos do tipo Falcon. Em cada tubo foram adicionados 18 mL de acetona em agitador de tubos, e posteriormente filtrou-se com papel filtro qualitativo. As amostras foram lidas em espectofotômetro nos seguintes comprimentos de onda, 470 nm, 645 nm e 662 nm contra branco consistindo em uma solução de acetona. **Teor de ácido ascórbico:** Amostras de 0,5g dos pós de acerola foram colocadas em um bêcker e em seguida adicionados 50 mL da solução (HPO₃ 1%). A mistura foi homogeneizada em agitador magnético múltiplo por 3min e filtrada a vácuo em papel filtro qualitativo. O filtrado foi colocado em uma bureta de 25 ml e 10 ml de água destilada e 2 ml de DCFI foram inseridos em um Erlenmeyer, dando início a titulação. Os resultados expressos em mg/100g. **Atividade antioxidante pelo**

método do radical 2,2 difenil-1-picrihidrazil (DPPH): Preparou-se uma solução metanólica de DPPH a 40mg/mL. Adicionou-se a cada cavidade da microplaca 40 µL dos extratos obtidos das amostras e 200 µL da solução de DPPH (em octuplicata). A amostra controle foi formada por 200 µL da solução de DPPH e 40 µL de metanol. Os resultados expressos ($\mu\text{mol TE/g amostra}$). Antocianinas totais: Duas soluções tampão foram preparadas, uma com pH 1,0 e outra com pH 4,5. Adicionou-se 0,4 mL da amostra em Eppendorf, seguido de 1,6 mL de cada tampão, no controle foi utilizado 0,4 mL de água destilada no lugar da amostra. Após 30min de reação em câmara escura, foi feita a leitura em espectofotômetro no comprimento de onda 510 e 700 (nm). Solubilidade: 1g do pó foi transferido para o bêquer, onde foram adicionados 100 mL de água destilada, deixando-se o sistema em agitação a 2000 rpm por 5min. Transferiu-se a solução para tubo Falcon e centrifugou-se a 3000 rpm por 5min. Transferiu-se uma alíquota de 25 mL do sobrenadante para a placa de petri já pesada e pesou-se novamente com o sobrenadante, e secou-se a vácuo por 5h a 105°C. Acidez total titulável: 1g de amostras foram diluídas em 100 mL de água destilada, uma bureta contendo 25mL de solução de NaOH foi utilizada para a titulação e o phmetro para marcar a faixa de pH do ponto de viragem, onde os valores deveriam permanecer entre 8,2 a 8,4. Os resultados expressos em % de C₆H₈O₇. pH: O pH da polpa determinado por leitura direta em potenciômetro, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0. Para o pó, foram pesadas 1g da amostra e diluídas em água destilada, seguido da leitura. Retenção de água e óleo: 10 mL de água foram adicionados a tubos contendo 0,3g de amostra e depois armazenados a 25°C (RU 62%) por 18h. Depois centrifugados por 20min a 25°C e 3000 rpm e o sobrenadante descartado. O precipitado foi pesado e os resultados foram expressos em g de água por 1g de amostra liofilizada. Procedimento semelhante foi usado para a retenção de óleo, com amostras de 0,16g de amostra e 5g de óleo de girassol.

Resultados e Discussões

RESULTADOS Apresentou-se os resultados das análises: Rendimento da liofilização das polpas e resíduos da acerola utilizando a goma arábica e proteína do soro do leite (whey protein), como coadjuvantes de secagens. De umidade, atividade de água e higroscopidade dos pós da acerola obtidos por liofilização com adição de goma arábica e whey protein. Solubilidade dos pós liofilizados com e sem adição de goma arábica e whey protein. Valores de pH e acidez total titulável das amostras liofilizadas com e sem adição de goma arábica e whey protein. Capacidade de retenção de água e óleo de cada amostra, com e sem adição de goma arábica e whey protein. Difração de raios-x Microscopia eletrônica de varredura – MEV Teor de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante – DPPH, antocianinas totais, carotenoides totais e ácido ascórbico. **DISCUSSÃO** A partir dos dados obtidos é possível observar que o aumento da concentração do adjuvante de secagem influenciou no teor de umidade. As amostras apresentaram valores variando de 2,7 a 6,2 %, destacando as amostras PALW15 e PALG15 com os menores teores. Não houve diferença estatística ($p<0,05$), entre as amostras (PALW10 e PALG10). Os valores médios da atividade de água (aw) das amostras liofilizadas variaram entre 0,191 a 0,472, estando dentro da faixa preconizada para produtos desidratados estáveis ($aw < 0,6$) do ponto de vista microbiológico (FENNEMA, 1996). As amostras PALW10 e RAL não diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$), enquanto as amostras PALW15 e PALG15 obtiveram os menores valores em relação às demais amostras. O pH das amostras apresenta um considerável aumento com adição do coadjuvante quando comparados com a polpa liofilizada sem adjuvante de secagem. Os maiores valores foram obtidos nas amostras com 10% e 15% tanto de whey quanto de goma arábica, tendência semelhante observado por SOARES et al.

(2001) ao estudarem a desidratação da polpa de acerola pelo processo “FOAM-MAT”. Ao que concerne a higroscopicidade, as amostras liofilizadas com o whey mostraram-se menos higroscópicas, o que pode estar associado às propriedades do adjuvante, o qual proporciona baixa higroscopicidade e é capaz de reduzir a capacidade de adsorção de água do ambiente. Ao que diz respeito à solubilidade, as amostras liofilizadas com a proteína isolada de soro mostraram-se solúveis em água, no entanto apresentaram valores inferiores quando comparada as amostras liofilizadas com goma arábica ($p<0,05$), o que pode ser explicado pela alta solubilidade da goma arábica em água, sendo os melhores resultados obtidos nas amostras com as concentrações de 10% e 15% de goma arábica. O resíduo da acerola apresentou-se menos solúvel quando comparado às demais amostras. Quanto aos valores de retenção de água e óleo todas as amostras diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$), destacando-se as amostras (PALW15), (PALG15) e (RALG3), com as maiores taxas de retenção de água e a amostra (RAL) com a maior taxa de retenção de óleo por g de amostra. A capacidade de o produto desidratado reter óleo e água facilita a sua aplicação industrial em matrizes que contenham esses componentes. Em relação à difração de raios-x, os difratogramas das amostras (PALG3, PALG10 e PALG15) apresentaram semelhanças entre si ($p>0,05$), sugerindo que a concentração da goma não influenciou nos picos de difração. É possível observar em todas as amostras picos difusos e altos, indicando predominância de material amorfo, provocando uma instabilidade nas moléculas da amostra. Resultado semelhante foi observado nas amostras liofilizadas com whey. Quanto à microscopia eletrônica de varredura – MEV, de acordo com os resultados, pode-se observar uma formação mais eficiente de grânulos nas amostras com adição de 10% e 15% de goma arábica (PALG10, PALG15%). Já no resíduo, houve um rearranjo e melhor agrupamento dos grânulos com a adição de 3% da goma. Porém, nas amostras com concentrações de 10% e 15% de proteína isolada de soro (PALW10 e PALW15) ocorreu uma dispersão dos grânulos, o que pode estar associada a propriedade da proteína. Compostos fenólicos totais, Atividade antioxidante – DPPH e Antocianinas Os resultados apontam diferenças significativas no conteúdo fenólico total, atividade antioxidante e teor de antocianinas ($p<0,05$), influenciados pela adição do adjuvante de secagem. As amostras (PALW10, PALW15) apresentaram níveis mais elevados em relação às amostras liofilizadas com goma arábica e sem adjuvantes de secagem. Resultado semelhante foi observado na atividade antioxidante, às amostras com proteína isolada de soro e goma arábica com concentrações de 10% e 15%, demonstram maior atividade antioxidante. Quanto ao teor de antocianinas, as amostras liofilizadas com goma arábica, nas concentrações de 3%, 10% e 15% apresentaram maior retenção quando comparadas ao resíduo e as amostras liofilizadas com a proteína isolada de soro. Resultado oposto foi observado no teor de carotenoides. As amostras liofilizadas sem adição de adjuvantes de secagens (RAL e PAL) apresentaram valores mais elevados quando comparadas as demais ($p<0,05$). Com base nos resultados a maior a concentração de adjuvante de secagem, implicou em menor teor de carotenoides presentes nas amostras. No entanto, apesar do decréscimo causado pela adição do adjuvante de secagem, o teor de carotenoides nas amostras ainda é significante. De maneira geral, todas as amostras apresentaram teores relevantes de ácido ascórbico. Não havendo diferença significativa ($p>0,05$) entre polpa liofilizada sem goma e com 3% de goma.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se entender a influência de diversos fatores que afetam a estabilidade dos nutrientes e propriedades da acerola, como por exemplo, a adição de coadjuvantes de secagem que auxilia na qualidade da obtenção do produto

desidratado, proporcionando rendimento no processo por evitar a aderência do produto nas placas do equipamento. Além, de contribuir para maior retenção dos compostos bioativos durante o processo de secagem, como os compostos fenólicos, antocianinas e vitamina C, aumentando também a vida útil do alimento. Nesse sentido, conclui-se que tanto a polpa quanto o resíduo de acerola liofilizados constituem potenciais tecnológico e funcional para desenvolvimento de novos produtos. Dessa forma, é possível perceber a importância da pesquisa científica no desenvolvimento de técnicas para contornar e prevenir os problemas de perdas e desperdícios gerados do processamento dos alimentos, como os resíduos da fruta, que apresentam alta incidência de descarte prejudicando a comercialização e consequentemente contribuindo para o desperdício, impacto ambiental e aumento da fome no mundo. Assim, o aproveitamento desses resíduos em processos adequados, diante da presença de potencial bioativo e funcional, poderiam aumentar o valor comercial da matéria-prima e a rentabilidade do processamento da acerola.

Referências

- A CULTURA DA ACEROLA/ [editores técnicos, Marcelo Calgaro, Marcos Brandão Braga]. – 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. ; 11 cm x 15 cm. – (Coleção Plantar; 69) ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, M. A.; HORNEDO-ORTEGA, R.; CEREZO, A. B.; TRONCOSO, A. M.; GARCÍA-PARRILLA, M. C. Effects of the strawberry (*Fragaria ananassa*) purée elaboration process on non-anthocyanin phenolic composition and antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 164, p. 104–112, 2014. A. C. D. B. et al. CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE ACEROLA (*Malpighia glabra* L.), EXTRAÍDO DO DECANTER NO PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO DO SUCO. CONNEPI 2010, IF SERTÃO-PE Campus. BATISTA SOBRINHO, I. S. PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE RESÍDUOS DE ABACAXI, ACEROLA E CAJÁ ORIUNDOS DA INDÚSTRIA PRODUTORA DE POLPAS: UESB, 2014. 166p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais). CANO-CHAUCA. M.; STRINGHETA. P.C.; RAMOS. A.M.; CAL-VIDA. J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization, *Food Science e Emerging Technologies*, v.6, p. 420-428, 2005. DUARTE-ALMEIDA, .M;SANTOS, RJ.;GENOVESE, M.L;LAJOLO, F.M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β-caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v26,n.2, p. 446-452, 2006. FENNEMA, O.R. Water and ice. In: FENNEMA, O.R. (Org.). *Food Chemistry*, Nova Iorque: Marcel Dekker, 1996. p. 17-94. FREITAS, Tatyane Lopes de. Subprodutos de acerola como fontes de compostos fenólicos em leites fermentados probióticos. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. GIUSTI, M. Mónica; WROLSTAD, Ronald E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, 2001. IAL- Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 6. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.1020p. LICHTENTHALER, H.; BUSCHMANN, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Curr. Protoc. Food Anal. Chem. F* 4.3.1–F 4.3.8. doi: 10.1002/0471142913.faf0403s01. López-Marcos, M. C., Bailina, C., Viuda-Martos, M., Pérez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2015). Effects of various fibre-rich extracts on cholesterol binding capacity during in vitro digestion of pork patties. *Food & function*, 6(11), 3473-3478. NÓBREGA, E.M; OLIVEIRA, E.L.; GENOVESE, M L.; CORREIO, R.T.P.The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. *Journal*

of Food Processing and Preservation ISSN 1745-4549.2014 Petrolina, dez. 2010. Disponível em: <<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/907/626>>. Acesso em: 01 ago. 2018. POMBO, Joseane Cristina Pinheiro. OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM DA POLPA DE CUPUAÇU EM SPRAY DRYER. 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉRZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 8 non-traditional tropical fruits from Brazil. Food Chemistry, v. 121, p. 996-1002, 2010. SCOGNAMIGLIO, Heloísa; HAMAMURA, Harumi. Fruticultura Subtropical e Temperada. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/salaEstudo/materiais/p296820d7717/material2.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2019. SOARES, Eliana Costa et al. DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA. Ciênc. Tecnol. Aliment, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001. SOUZA, A. A.; SILVA, G. G.; MORAIS, P. L. D.; SANTOS, E. C.; AROUCHA, E. M. M.; MENEZES, J. B. Comunicação científica: vida útil pós-colheita de frutos de bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.) armazenados sob refrigeração. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 1190-1195, Dezembro 2009. TERRONI, Henrique Cesar et al. LIOFILIZAÇÃO. Disponível em: <http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoanterior/Sumario/2013/downloads/2013/LIOFI_LIZAÇÃO.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2019. TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. Inc. Soc., Brasília, DF, v. 6 n. 2, p.70-76, jan./jun. 2013. VIDAL, Maria de Fátima. FRUTICULTURA NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3686680/35_Fruticultura_2018.1.pdf/b5660ef3-4ea7-7f44-090f-09b5a3c49097>. Acesso em: 01 ago. 2019.

CÓDIGO: SB0918**AUTOR:** LUIZ DA SILVA FERREIRA JUNIOR**COAUTOR:** FÁBIO GONÇALVES MACÊDO DE MEDEIROS**ORIENTADOR:** MARCIA REGINA DA SILVA PEDRINI

TÍTULO: Elaboração de cerveja artesanal de acerola a partir do resíduo da indústria de polpa de frutas

Resumo

Este trabalho tem a finalidade de descrever o processo de produção de cerveja artesanal com a adição do resíduo de acerola proveniente da indústria de polpa de frutas. Esses resíduos, que normalmente são usados para ração animal ou descartados, ainda contêm uma quantidade expressiva de açúcares e algumas características funcionais que, quando adicionados na cerveja, podem acrescentar ao produto final novos aromas, sabores e alguns compostos bioativos. Com o objetivo de verificar o momento mais adequado para fazer a infusão dos resíduos, tipo de fermento utilizado e sua quantidade, foi realizado um planejamento fatorial com os seguintes parâmetros: tempo da fervura, quantidade de resíduo (0,250 kg e 0,5kg) e tipo de fermento (um fermento mais neutro e outro mais esterificado tipo Weiss). Além disso, foram realizados experimentos para controle sem adição de resíduo. Após a carbonatação nas garrafas ficou evidenciado uma boa formação de espuma que se manteve persistente por um bom tempo, cor amarela com nuances para o alaranjado, bastante forte e aromática o que foi potencializado pelo alto extrato primitivo e uso de fermentos "ALE" de alta fermentação e sabor sutil de acerola. A cerveja obtida teve o teor alcoólico de 6,9% ABV (Alcohol by volume), sendo este valor alcançado devido à grande atenuação, iniciando com 15,5°Brix (gravidade original, OG) e chegando até uma gravidade final (FG) de 0,8 °Brix (pouco açúcar residual), fazendo a cerveja ficar leve e refrescante.

Palavras-chave: Cerveja, resíduos de acerola, cerveja de frutas**TITLE:** Brew Preparation of acerola from the residue of the fruit pulp industry**Abstract**

The purpose of this work is to describe the craft beer production process with the addition of acerola residue from the fruit pulp industry. These residues, which are normally used for animal feed or discarded, still contain a significant amount of sugars and some functional characteristics that, when added to beer, can add to the final product new flavors and some bioactive compounds. In order to verify the most appropriate time to infuse the waste, type of yeast used and its quantity, a factorial design was carried out with the following parameters: boiling time, amount of waste (0.250 kg and 0.5 kg) and type of yeast (one more neutral and another more esterified Weiss type). In addition, experiments were performed for control without addition of residue. After carbonation in the bottles it was evidenced a good foaming that remained persistent for a long time, yellow color with nuances to orange, very strong and aromatic which was enhanced by the high primitive extract and use of high-grade "ALE" yeast fermentation and subtle taste of Acerola. The beer obtained had an alcohol content of 6.9% ABV (Alcohol by volume), which was reached due to the great attenuation, starting with 15.5 ° Brix

(original gravity, OG) and reaching a final gravity (FG) of 0.8 °Brix (little residual sugar content), making the beer light and refreshing.

Keywords: Beer, Acerola Waste, Fruit Beer

Introdução

A cerveja é uma bebida saudável e que faz parte da dieta do homem desde os tempos ancestrais. Ela contém um grande número de componentes, entre os quais antioxidantes e vitaminas provenientes de cereais maltados, que fazem bem a saúde (Venturini Filho, 2010)

Segundo dados divulgados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de cerveja apresentou um aumento de 37,7% no número de cervejarias registradas no Brasil em 2017 – 2016. Além disso, 8,9 mil produtos foram registrados por estes negócios em 2017. Os estados da Região Sul têm o maior número de cervejarias. No Nordeste, Pernambuco é o maior polo produtor, mas as chamadas cervejarias “ciganas” (sem registro), vem crescendo em todo país (Marcusso & Muller, 2017). Essa tendência de crescimento exponencial do número de cervejarias no Brasil teve início em meados de 2010 e que até o momento não reduziu seu ritmo de avanço, mostrando o potencial deste setor para a economia brasileiras.

O uso racional da matéria prima utilizada para a produção de produtos industriais deve ser encarado como um assunto importante para economia brasileira. No entanto, existe um grande desperdício de insumos, como por exemplo, resíduos agroindustriais, normalmente utilizados para ração animal, enquanto poderiam ser empregados em produtos com maior valor agregado. Vários trabalhos na nossa base de pesquisa verificaram que resíduos de polpa de frutas contêm uma quantidade significativa de açúcares, além de algumas características funcionais. Correia et al. (2012) e Nobrega et al. (2015) verificaram que resíduos desidratados de acerola, jambolão e pitanga possuem um conteúdo de compostos bioativos significativo, comprovando a sua potencialidade como ingredientes nutracêuticos.

Os ingredientes comuns de uma cerveja são adjuntos, aditivos, ervas aromáticas e, até mesmo, frutas. O açúcar é o ingrediente responsável pela fermentação da bebida, o qual é transformado em álcool, podendo ser obtido de diversas formas e, inclusive, ser substituído por frutas. As receitas que levam fruta em sua produção são chamadas de cerveja Fruit Beer (BJCP, 2015).

Para mudar o cenário de desperdício, propomos utilizar resíduo de indústria de polpa de frutas na elaboração de cerveja artesanal. Desta forma, este projeto visa minimizar o impacto ambiental da industrialização de frutas tropicais, com a produção de uma cerveja com gosto agradável (Fruit Beer) e com propriedades funcionais, obtidas a partir do resíduo de polpa de acerola.

Metodologia

Para a produção da cerveja foram utilizados maltes e fermentos adquiridos em empresa local “Somos Cervejeiros” com sede em Natal-RN e resíduos de frutas produzidos na indústria de polpa de frutas Delícia da Fruta, localizada na BR 304 KM 300 do Município de Macaíba, RN. Os resíduos obtidos foram divididos em porções de 1kg e congelados

antes do uso. A receita utilizada foi elaborada usando o programa BeerSmith Mobile Version 3.0.10 com a seguinte composição para a produção de uma batelada de 45 litros:

6	Kg	de	Malte	Pilsen	;
6	Kg	de	Malte	de	trigo;
50	g	de	Lúpulo	Hallertal	(60 min);
50	g	de	Lúpulo	Tradition	(60 min);
15	g	de	Lúpulo	Cascade	(0 min);
15	g	de	Lúpulo	mittelfrüh	(0 min);
Fermentos			Lúpulo	citra	Fermentis;
Fermento				WB-06	Fermentis;
Resíduo				US-05,	acerola.
				de	

EQUIPAMENTOS:

Foi utilizado um conjunto de 3 panelas de alumínio com volumes de 120, 105 e 98 litros dispostas em um dispositivo metálico em forma de degraus para a montagem de fogareiros a gás com 32 [1] caulinhas cada, 4 panelas pequenas de 10 litros, balança, peneira plástica, refratômetro marca Vodex, densímetro, termômetro alimentício, bomba de recirculação, freezer com controlador de temperatura TIC 17 Full Gauge, bombonas plásticas de 5 litros cada como fermentadores, garrafas de cerveja comercial 600ml, fundo falso furado para a clarificação da cerveja, eboliômetro.

ELABORAÇÃO

A elaboração da cerveja foi realizada de acordo com o procedimento a seguir para batelada básica de 45 litros:

Os maltes Pilsen e o de trigo foram moídos em moinho de discos caseiro com a finalidade de expor o amido dos grãos, tentando manter a integridade da casca, o qual será importante no processo de clarificação. Água filtrada em filtro de carvão ativado (sem cloro) foi adicionada a uma panela de 105 litros com fundo falso e elevada a temperatura de 70°C, adicionado o malte moído e monitorada a estabilização da temperatura em 67°C e mantida por 60min para a sacarificação. Durante todo este processo o mosto foi recirculado várias vezes a partir do fundo da panela para a superfície com o cuidado de não romper a cama de filtração que é formada sobre o fundo falso pelas cascas do malte. Nesse processo, as partículas em suspensão ficam retidas nas cascas do malte, permitindo a passagem do mosto clarificado. Esse mosto é testado ao final para verificar se todo o amido foi convertido em açúcares (caso apresente coloração arroxeadas na presença de iodo, deverá permanecer mais tempo para a completa conversão do amido). Em seguida, o fogo é reacendido e elevado a temperatura de 78°C por 15 min. para inativação enzimática. Após inativação enzimática, o mosto foi transferido por gravidade para a panela de 120 litros (panela de fervura) situada no degrau mais baixo e, ao mesmo tempo, foi feito a lavagem do bagaço do malte com água a 70°C proveniente da panela de 98 litros situada no degrau mais alto do dispositivo metálico dos fogareiros. Ao alcançar o volume de aproximadamente 55 litros, foi medido o teor de sólidos solúveis buscando alcançar 14° Brix, aproximadamente, antes da fervura.

Após o início da fervura inicia-se a contagem do tempo de trás para a frente (60 min) e é retirada a espuma (proteínas desnaturadas) com o uso de uma peneira para evitar o transbordamento. Assim que a fervura se estabiliza, sem mais formação de espuma é adicionado os lúpulos de amargor (Hallertall Tradition e Cascade). Ao término da fervura, em todas as panelas, foram adicionados os lúpulos de aroma Hallertau mittelfröh e Citra.

O mosto foi dividido em 9 partes a fim de se obter as formulações desejadas e finalizar o processo de fervura. Os experimentos foram realizados segundo a um planejamento

DA

CERVEJA

fatorial 2 na terceira completa, onde os fatores avaliados tiveram as seguintes variações:

0,250Kg	acerola,	40min	de	fervura	e	fermento	WB-06
0,250Kg	acerola,	40min	de	fervura	e	fermento	US-05
0,5Kg	acerola,	40min	de	fervura	e	fermento	WB-06
0,5Kg	acerola,	40min	de	fervura	e	fermento	US-05
0,250Kg	acerola,	10min	de	fervura	e	fermento	WB-06
0,250Kg	acerola,	10min	de	fervura	e	fermento	US-05
0,5Kg	acerola,	10min	de	fervura	e	fermento	WB-06
0,5Kg	acerola,	10min	de	fervura	e	fermento	US-05
ZERO	Acerola		e		fermento		US-05

Todas as panelas no momento da fervura foram deixadas sem tampa para que ocorra a evaporação do dimetilsulfureto (DMS), que provoca um inconfundível sabor na cerveja de legumes cozidos, como milho em conserva ou repolho. Um fruit bag (saco perfurado contendo resíduo de frutas de acerola) foi usado para fazer a infusão do resíduo do mosto cervejeiro.

Ao final da fervura, foi verificado e corrigida a densidade inicial (OG) para 15,5 °Brix e realizado o whirlpool (redemoinho) para concentrar o trub (bagaço de lúpulo, proteínas desnaturadas e partículas em suspensão) no centro e no fundo. O resfriamento foi feito usando um chiller de imersão, onde passa água fria em seu interior para refrigerar este mosto até a temperatura de 27°C.

Os respectivos mostos foram colocados em fermentadores do tipo "bombonas" de plástico de 5 litros cada uma, e agitados por 5 min para aeração, inoculados os fermentos previamente hidratados e deixados para fermentar durante 7 dias a 20°C (Venturini Filho, 2010) em uma incubadora com temperatura controlada. A densidade foi medida todos os dias para acompanhar a atenuação.

. Próximo a atenuação limite (aproximadamente 6 dias) foi aumentada a temperatura para 22°C para que o Diacetil (perfil sensorial de amanteigado) seja consumido pelas próprias leveduras.

A maturação foi realizada durante o período de 20 dias sob refrigeração de 4°C (Venturini Filho, 2010). O engarrafamento realizado, fazendo a trasfega da cerveja para um fermentador limpo, deixando o fermento decantado separado no fermentador anterior e adicionando 7 gramas de açúcar por litro de cerveja que foram colocados em garrafas sanitizadas para realização da carbonatação com a garrafa tampada.

Resultados e Discussões

A cerveja apresentou-se bem equilibrada, no qual o sabor ácido da acerola aparece sutilemente sem se sobressair ao sabor da cerveja, mantendo as características de uma Fruit Beer (BJCP, 2015). A cor ficou levemente tendendo ao alaranjado devido às substâncias contidas na casca. É notado também um leve aroma da fruta que se mistura aos aromas do lúpulo e demais aromas característicos da cerveja.

A partir das medições da densidade do mosto durante a fermentação chegou-se aos seguintes valores médios das cervejas analisadas:

Início: 15,5° Brix (Gravidade original) - OG

1° dia 14,2° Brix

2° dia 9,5° Brix

3° dia 5,8° Brix

4° dia 3,3° Brix

5° dia 1,7° Brix

6° dia 1,1° Brix

7° dia 0,8° Brix

8° dia 0,8° Brix (Gravidade final) - FG

Nos dias subsequentes não houve atenuação da densidade e assim deu-se por encerrada a fermentação.

Após a carbonatação nas garrafas ficou evidenciado uma boa formação de espuma que se manteve persistente por um bom tempo, cor amarela com nuances para o alaranjado, bastante forte e aromática o que foi potencializado pelo alto extrato primitivo e uso de fermentos “ALE” de alta fermentação (Venturini Filho, 2010) e sabor sutil de acerola.

O teor alcoólico médio de 6,9% ABV (Alcohol by volume) foi medido, usando o ebulíometro e foi alcançado devido à grande atenuação que chegou até uma gravidade final (FG) de 0,8° Brix (pouco açúcar residual), fazendo a cerveja ficar leve e refrescante.

Apesar do teor elevado de álcool, não há sensação expressiva de seu sabor na boca.

Entre as amostras analisadas, a que possuía um perfil sensorial mais pronunciado, cor e aroma equilibrado foi aquela com adição de 0,5Kg de resíduo de acerola, 10min de fervura e fermento WB-06, sendo que todas as amostras com 0,5 Kg de resíduo adicionados a 10 min do final da fervura obtiveram resultados muito satisfatórios, enquanto as amostras com 0,250 Kg de resíduos adicionados a 40 minutos do final da fervura possuíam esse perfil mais sutil.

Conclusão

O uso dos resíduos de acerola na produção de cervejas especiais mostrou-se viável do ponto de vista sensorial, pois sua inclusão, adicionou aromas e sabores característicos da fruta. Além disso, o processo demonstrou ser também viável economicamente, pois agregou valor à cerveja sem aumentar o custo de produção. Desta forma, além de minimizar o impacto ambiental da industrialização de frutas tropicais, foi possível realizar a produção de uma cerveja leve, refrescante e com gosto agradável (Fruti Beer) e, ainda, com propriedades funcionais obtidas a partir do resíduo de polpa de acerola.

Como a indústria de sucos produz uma grande quantidade de resíduos, então a pesquisa da produção de cervejas Fruit Beer com adição de resíduos de frutas regionais como: mangaba, pitanga, sapoti, pinha, graviola, cajá, caju, pitomba, bacuri, buriti,

jenipapo, tamarindo e jabuticaba entre outras, podem trazer resultados interessantes a indústria cervejeira e mais uma solução na utilização desses resíduos.

Com essa grande quantidade de possibilidades, novos estudos, utilizando resíduos de frutas, podem trazer uma gama muito grande de novos produtos e uma destinação mais adequada a esses resíduos.

Referências

BEER STYLE GUIDELINES - BJCP 2015. Disponível em: <https://bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf> Acesso em 13/08/2019. p. 62.

CORREIA, R., BORGES, K., MEDEIROS, M.; GENOVESE, M. 2012. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of dried tropical fruit powders. *Food Res. Technol.* Int. 18, 539–547.

MARCUSSO, Eduardo Fernandes; MÜLLER, Carlos Vitor. A cerveja no brasil: O ministério da agriculta informando e esclarecendo. Ministério da Agricultura, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf>

NÓBREGA, Erly M.; OLIVEIRA, Edson L.; GENOVESE, Maria I.; CORREIA, Roberta T.P. The Impact of Hot Air Drying on The Physical-Chemical Characteristics, Bioactive Compounds And Antioxidant Activity of Acerola (*Malpighia Emarginata*) Residue. *Journal of Food Processing and Preservation* 39 (2015) 131–141

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastone; Bebidas Alcóolicas: Ciência e Tecnologia, Vol 1, São Paulo, Blucher: (2010) 20, 23,51.

CÓDIGO: SB1022

AUTOR: GISLANNE STEPHANNE ESTEVAM DA SILVA

ORIENTADOR: DANY GERALDO KRAMER CAVALCANTI E SILVA

TÍTULO: ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE IST/HIV ENTRE ESCOLARES

Resumo

No Brasil, o número de infecções sexualmente transmissíveis vem tomando grandes proporções, sendo os jovens os principais acometidos. O crescimento destes casos é observado em diversas esferas sociais, sendo mais crítico em regiões onde o acesso aos recursos governamentais como saúde, educação e assistência social é precário. Desta forma, o estudo objetivou analisar a incidência de Infecções Sexualmente Transmissíveis registradas na secretaria de saúde municipal de Santa Cruz-RN e verificar a percepção de estudantes do ensino médio acerca dessa temática. Trata-se de um estudo exploratório através da análise de dados da secretaria municipal de saúde e entrevistas de estudantes do ensino médio da cidade de Santa Cruz-RN, através da aplicação de questionários previamente estruturado no modelo escala de likert. Participaram da pesquisa 196 adolescentes, dos quais 116 eram do sexo feminino (59,2%) e 80 do sexo masculino (40,8%). Foram produzidos resumos, relatos de experiência e artigos para publicação e submissão em congressos. Para tanto, conclui-se que com o estudo foi possível compreender os fatores associados aos riscos de exposição às ISTs, sendo necessária a inserção de atividades de educação em saúde no âmbito escolar como forma de ampliar o conhecimento e reduzir a vulnerabilidade a infecções sexualmente transmissíveis.

Palavras-chave: Infecções Sexualmente Transmissíveis, adolescência, estudantes

TITLE: STI / HIV PERCEPTION ANALYSIS AMONG SCHOOLS IN SANTA CRUZ-RN

Abstract

In Brazil, the number of sexually transmitted infections has been taking great proportions, with young people being the main ones affected. The growth of these cases is observed in several social spheres, being more critical in regions where access to government resources such as health, education and social assistance is precarious. Thus, the study aimed to analyze the incidence of Sexually Transmitted Infections registered at the municipal health department of Santa Cruz-RN and to verify the perception of high school students about this theme. This is an exploratory study through data analysis of the municipal health department and interviews of high school students from the city of Santa Cruz-RN, through the application of previously structured questionnaires in the likert scale model. A total of 196 adolescents participated in the research, of which 116 were female (59.2%) and 80 male (40.8%). Abstracts, experience reports and articles for publication and congress presentation were produced. To this end, it is concluded that with the study it was possible to understand the factors associated with the risks of exposure to STIs, it is necessary to insert health education activities in the school environment, as a means of increasing knowledge and reducing vulnerability to sexually transmitted infections.

Keywords: Sexually Transmitted Infections, adolescence, students.

Introdução

As infecções sexualmente transmissíveis (IST) são causadas por mais de 30 agentes etiológicos, sendo a principal forma de transmissão por contato sexual e eventualmente por via sanguínea, transmissão vertical, parto e amamentação. Atualmente as IST podem ser consideradas o principal fator facilitador da transmissão do vírus da imunodeficiência adquirida (HIV) (FERREIRA et al., 2018). Apresentam um desafio significativo para a saúde, especialmente em jovens entre 15 e 24 anos de idade. Essa condição tem importantes consequências para a saúde sexual, reprodutiva e materno-infantil, incluindo sintomas genitais, complicações na gravidez, infertilidade, transmissão aumentada do HIV e efeitos psicossociais. (DUNNE; MCINTOSH; MALLORY, 2014; TORRONE et al., 2018). A adolescência é uma fase de grandes mudanças, além de ser o momento da descoberta da sexualidade, onde a grande parte dos jovens começa a ter suas primeiras relações sexuais e em muitos casos devido ao despreparo acaba se tornando vulnerável a adquirir as ISTs (COSTA; SILVA, 2018). Nesse período, a vivência da sexualidade torna-se mais evidente e muitas vezes manifesta-se através de práticas性ualdes desprotegidas, podendo se tornar um problema devido à falta de informação, de comunicação entre familiares, dos mitos e tabus, ou mesmo pelo fato de ter medo de assumi-la (ALMEIDA et al., 2017). As campanhas de educação sexual e atividades em escolas não têm sido suficiente para reduzir a exposição dos adolescentes as ISTs, sendo apontado por diversos fatores para influenciar nesta problemática, dentre as quais: a liberação dos costumes, a erotização da mídia e a iniciação sexual cada vez mais precoce (CABRAL, et al, 2015). Diante do exposto, o estudo teve como objetivo avaliar a percepção de estudantes do ensino médio de escolas públicas acerca das Infecções Sexualmente Transmissíveis.

Metodologia

Trata-se de um estudo exploratório através da análise retrospectiva da incidência de IST/HIV registradas na secretaria municipal de saúde nos últimos quatro anos no setor de epidemiologia através de notificações armazenadas na secretaria municipal de saúde e entrevistas de estudantes do ensino médio da cidade de Santa Cruz-RN, através da aplicação de questionários previamente estruturado no modelo escala de likert. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte/ Faculdade de Ciências da Saúde do Trairí. Todos os participantes responsáveis pelos menores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), bem como os menores, após a concordância de seus responsáveis. O estudo foi desenvolvido em três escolas estaduais do município de Santa Cruz-RN, totalizando 13 turmas. Os alunos participaram da pesquisa de forma voluntária, após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no qual foi assegurado o sigilo das informações. O critério de inclusão foi concordar em participar da pesquisa e estar no ensino médio. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário composto por 14 questões, aplicadas a população de estudo pelos próprios pesquisadores. Para o estudo, foram abordadas as seguintes categorias para análise: informações sócio demográficas, relação afetiva, frequência de relações sexuais, frequência e motivo de utilizar ou não utilizar preservativos, nível de conhecimento sobre IST's, como tira dúvidas sobre sexualidade, frequência de formações na escola sobre IST, via de transmissão, nível de conhecimento, formas de evitar, possibilidade de cura e exposição a doenças. Após a coleta, os dados foram tabulados na planilha eletrônica Microsoft Office Excel e, por conseguinte processados pelo programa Spss.

Resultados e Discussões

Foram avaliados 196 adolescentes, dos quais 116 eram do sexo feminino (59,2%) e 80 do sexo masculino (40,8%), ambos com déficits de conhecimento acerca das Infecções Sexualmente Transmissíveis, sendo um fator contribuinte para adquirir alguma infecção. Consequentemente, foram produzidos resumos, relatos de experiência e artigos para submissão em congressos e publicações. As doenças sexualmente transmissíveis representam uma grande preocupação na área da saúde pública, pelas consequências dessas enfermidades. Além disso, a prevalência na população adolescente pode refletir duas situações a serem averiguadas: desconhecimento dos meios de prevenção e formas de contágio ou simplesmente adoção de comportamentos de risco, mesmo diante das informações (GARBIN; LIMA; DOSSI, 2010). A baixa escolaridade do adolescente associa-se ao aumento do número de parceiros sexuais, indicando que o processo de escolarização contribui para o estabelecimento para o comportamento sexual do adolescente (COSTA; SILVA, 2018). A escola também enfrenta problemas para tratar sobre sexualidade, mas é evidente a necessidade de discutir o tema em sala de aula, já que o fornecimento de assistência, saúde e educação é escasso na sociedade (SANTOS et al., 2018).

Conclusão

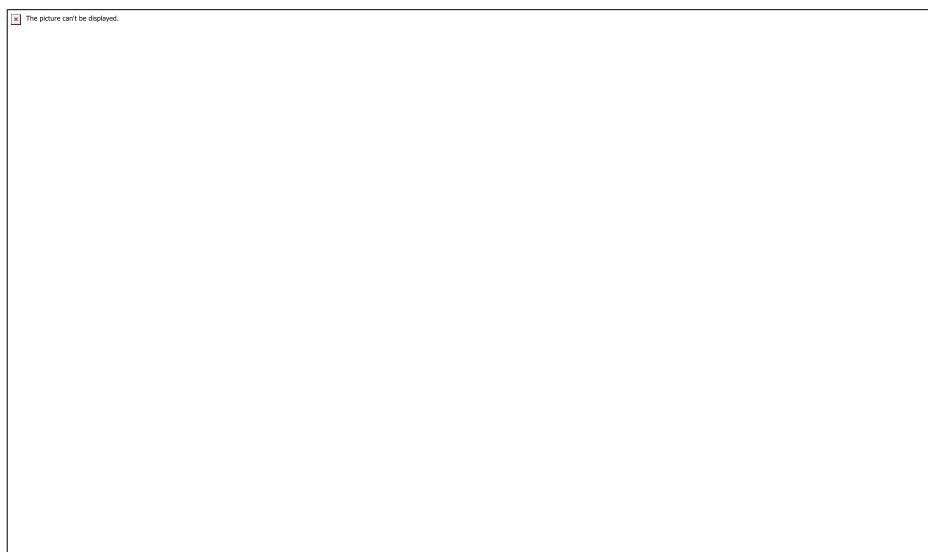
Os resultados deste estudo demonstraram que a maioria dos estudantes possui escasso conhecimento acerca das Infecções Sexualmente Transmissíveis, tornando-os vulneráveis e propensos a contrair infecções. Desta forma, é necessária a realização de ações educativas em saúde como forma de promoção e prevenção, ampliar os conhecimentos sobre a temática e assim contribuir com a redução de danos e desenvolver uma melhor concepção acerca do tema. Novos estudos deverão ser realizados na cidade de Tangará-RN e Sítio Novo-RN.

Referências

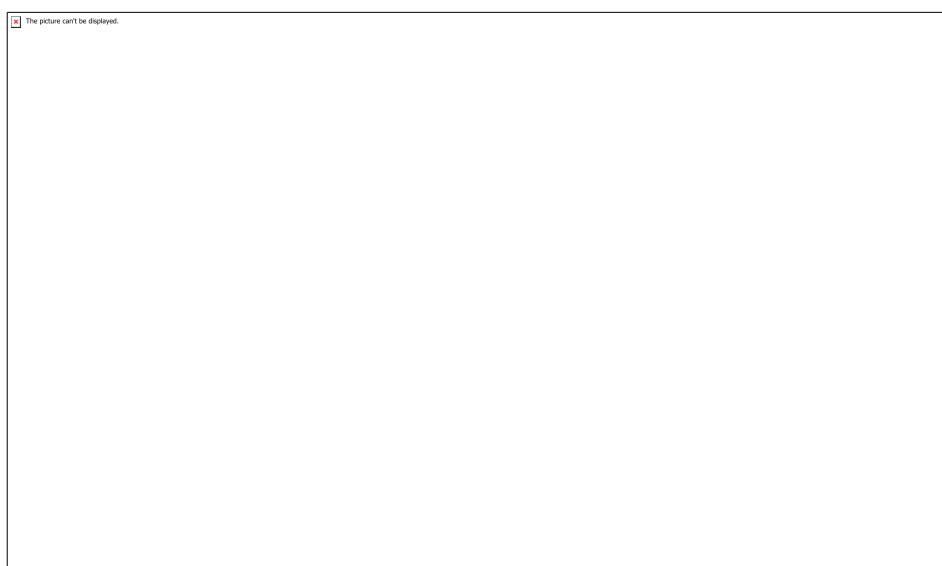
- ALMEIDA, Rebeca Aranha Arrais Santos et al. Knowledge of adolescents regarding sexually transmitted infections and pregnancy. Revista Brasileira de Enfermagem, [s.l.], v. 70, n. 5, p.1033-1039, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). COSTA, Ruth Silva Lima da; SILVA, Wingley Bortolini da. RISK PERCEPTION OF SCHOOL ADOLESCENTS IN RELATION TO SEXUALLY TRANSMITTED INFECTIONS IN TWO HIGH SCHOOLS OF ACRE. Dêciência em Foco, Acre, v. 2, n. 2, p.59-72, 2018. DUNNE, Anne; MCINTOSH, Jennifer; MALLORY, Debra. Adolescents, Sexually Transmitted Infections, and Education Using Social Media: A Review of the Literature. The Journal For Nurse Practitioners, [s.l.], v. 10, n. 6, p.401-408, jun. 2014. Elsevier BV. FERREIRA, Ilziane Tomaz et al. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CONSULTA DE ENFERMAGEM EM INFECÇÕES SEXUALMENTE TRANSMISSÍVEIS. Enfermagem em Foco, [s.l.], v. 9, n. 3, p.42-47, 26 nov. 2018. Conselho Federal de Enfermagem - Cofen. GARBIN, Cléa As; LIMA, Daniela P; DOSSI, Ana Paula. Percepção de Adolescentes em Relação a Doenças Sexualmente Transmissíveis e Métodos Contraceptivos. Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis. São Paulo, p. 60-63. 2010. NGUYEN, Vinh-kim; GREENWALD, Zoë R.. Incidence of sexually transmitted infections before and after preexposure prophylaxis for HIV. Lippincott Williams & Wilkins, London, v. 4, n. 32, p.523-530, 24 out. 2017. PIAZZETTA, Regina Celi Passagnolo Sérgio; CARVALHO, Newton Sérgio de; ANDRADE, Rosires Pereira de. Prevalence of Chlamydia Trachomatis and Neisseria Gonorrhoea infections in sexual actives young women at a Southern Brazilian city. Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, Curitiba, v. 11, n. 33, p.328-333, 31 out. 2011. SANTOS, Mayara Karolline Lima Ferreira dos et al.

Estratégias de educação sexual a partir da percepção de estudantes de uma escola pública. Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, [s.l.], v. 63, n. 2, p.90-95, 7 ago. 2018. Fundacao Arnaldo Vieira de Carvalho. Torrone EA, Morrison CS, Chen PL, Kwok C, Francis SC, et al. (2018). Prevalence of sexually transmitted infections and bacterial vaginosis among women in sub-Saharan Africa: An individual participant data meta-analysis of 18 HIV prevention studies. PLOS Medicine 15(6): e1002608.

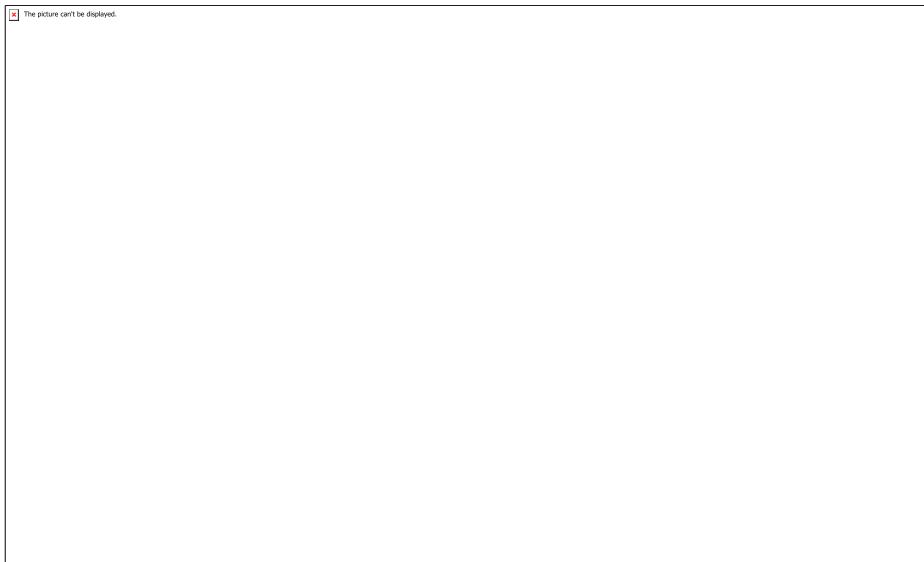
Anexos



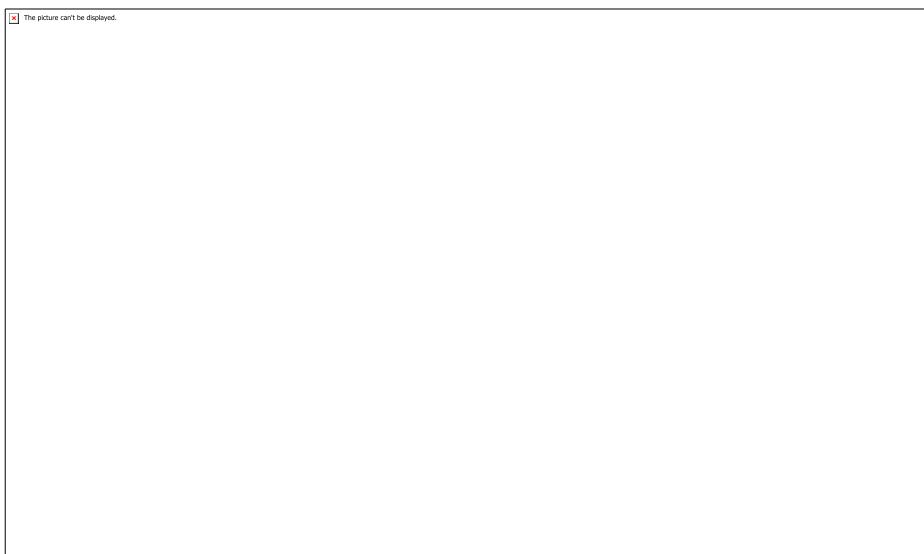
Sexo



Como costuma tirar dúvidas sobre sexualidade



Frequência que teve formação escolar



Frequência que utiliza preservativos