

III ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Gama, 5 a 8 de outubro de 2011

Coordenador do III Encontro de Ciência e Tecnologia
Jhon N. V. Goulart

Diretor da Faculdade UnB Gama
Alessandro Borges de Sousa Oliveira

Comitê Organizador

Prof. Dr. Carla Anflor
Prof. Dr. Maria Alzira A. Nunes
Prof. MSc. Lucival Malcher
Prof. Suzana Moreira Ávila
Prof. Dr. Luiz Carlos Ribeiro Jr.
Prof. Dr. E. Gustavo Cueva
Prof. Dr. Maria Del Pilar Falla
Prof. Dr. Grace Ghesti
Prof. MSc. Cristiane Ramos
Prof. MSc. Geoflávia de Alvarenga
Prof. Dr. José Felício da Silva
Prof. MSc. Edna Dias Canedo
Prof. MSc. Edson Mitsu Hung
Prof. Dr. Edson Alves
Prof. Dr. Vanessa Castro
Admin. Michelle Marinho

Revisores

Prof. Salete de Oliveira, UFF
Prof. Zenon del Prado, UFG
Prof. Ricardo Filho, UFG
Prof. Israel Nuñez, UFTM
Prof. Rogério Marczak, UFRGS
Prof. Sandi Souza, UFRN
Prof. Gleison Santos, UFRJ
Prof. Natália Schtos, UFRJ
Prof. Miguel Vaz Jr., UDESC
Prof. Edson Murakami, IFSP
Prof. Vander Alves, UNB
Prof. João Bosco Silva, UFPB
Prof. Raimundo Freire, UFCG
Prof. Renato Pavanelli, UNICAMP
Prof. Federico C. Buroni, US, Sevilha, Espanha
Prof. José César de Sá, FEUP - Porto, Portugal
Prof. Francisco Pires, FEUP - Porto, Portugal

Staff

João Vitor Sahadi, Raniere S. Neves, Natália Seyko I. Aoyama, Pedro S. Magalhães, Israel Macedo, Lucas L. Souza, Guilherme O. Andrade, Guilherme Pacheco, André N. Trajano, Matheus B.A.M. Oberg, Guilherme dos Santos Gonçalves

Realização



Patrocínio



Palestrantes convidados

Henrique Galante, MSc.
Fiat S/A

Fernando Guimarães Teixeira, Eng. Mec.
Micromed Biotecnologia Ltda Brasília/DF

Peter Berndt de Souza Mello, PMP, PMI-SP, SpS
TMSA – Tecnologia em Movimentação S/A Porto Alegre/RS

Profº. Dr. Félix Gamarra
Faculdade UnB Gama

Eng. Vinicius Caram, MSc.
VIVO S/A

MSc. Cláudio Silva da Cruz
TCU Brasília/DF

Eng. Alessandra Nakazato
LMS® Engineering Innovation/SP

AMBEV

Um especial agradecimento aos servidores técnicos da FGA:

*Maria Luiza de Souza Rodrigues
Ivanita Pacheco Carvalho
Ana Paula Cordeiro
José Luiz N. Fontes
Ana Carolina B. de Lima e Silva
Thais Lady M. Cardoso
Thabata Utsumi da Silveira
Cássia Cristina de Souto Pereira
Nilson Eduardo Ferreira
Adevanei de Sant'Anna Barreto
Wanderson Rodrigues da Silva
Francisco Wellington B. Barros*

Ficha Catalográfica

Anais do III Encontro de Ciência e Tecnologia da faculdade UnB Gama
Editora Faculdade De Tecnologia Da Universidade de Brasília
295 p.

ISBN 978-85-60313-39-6

Editorial

Em Outubro de 2009 o Encontro de Ciência e Tecnologia do Gama (ECT) foi realizado pela primeira vez na Faculdade UnB-Gama (FGA). Esta primeira edição do evento contou com alunos do 3º semestre e pouco mais de 30 professores e 137 inscritos.

A programação do ECT Gama 2009 incluiu três palestras com temas em Ciência e Tecnologia, três sessões de trabalhos acadêmicos e três sessões para trabalhos de pesquisa. Na ocasião foram submetidos 38 trabalhos científicos.

Em Novembro de 2010, já com um quadro docente de aproximadamente 50 professores, juntamente com alunos de até 5º semestre dos cursos, foi realizado o II Encontro de Ciência e Tecnologia, II ECT.

Foram recebidas 70 submissões nas áreas das Engenharias Automotiva, Energia, Eletrônica, Software e Ambiental, das quais 56 foram aceitas. Foi possível perceber uma significativa melhora nos trabalhos, muitos já possuíam conclusões definitivas a cerca do tema pesquisado. Este fato evidenciou o ganho de maturidade científica do corpo discente, bem como o comprometimento com a pesquisa. Na ocasião o evento contou com a participação de 200 inscritos.

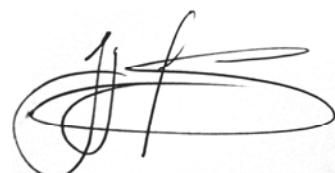
A terceira edição do Encontro de Ciência e Tecnologia acontece de 05 a 08 de Outubro de 2011. São mais de 300 participantes, 100 trabalhos submetidos ao evento e revisores de instituições de ensino superior internacionais.

O III Encontro de Ciência e Tecnologia contou com a participação de Universidades de outras regiões do país e de empresas como FIAT, Micromed, TMSA, AMBEV, VIVO e LMS - Engineering and Innovation. A presença do setor empresarial no evento objetiva o encontro de novas formas de integração entre Universidade e Empresa.

A exitosa série de Encontros de Ciência e Tecnologia mostra a forte vocação científica do Campus UnB-Gama, que apesar de ser um campus jovem, já dá substanciais mostras de sua importância no cenário científico nacional.

Por fim, um especial agradecimento à Comissão Organizadora, servidores técnicos, alunos e revisores que trabalharam de forma árdua para que este evento se concretizasse.

Gama, Outubro de 2011



Jhon N. V. Goulart

SUMÁRIO

Acústica e vibrações mecânicas

- Change in Distance Between Axles Of Vehicles.....6
- Modelagem e Simulação Multicorpos de um Sistema de Comando de Válvulas (Valvetrain) Automotivo.....10
- Estudo Aerodinâmico de Escoamento Sobre Veículos Rodoviários empregando Simulação Numérica.....14
- Elementos Finitos - Vibrações em Cordas.....18

Aprendizado de Engenharia e Meio Ambiente

- Modelagem CAD e Simulação Cinemática de Subsistemas Automotivos para Aplicação Didática.....23
- Análise da Influência da Formação do Aluno na Disciplina de Introdução à Ciência da Computação.....27
- Análise Experimental da Relação Otimizada entre Custo e Consumo em Motores Bicompostíveis.....32
- O Ensino de Engenharia a partir do Projeto BioGama – Aplicação de conceitos e resultados em diferentes disciplinas35
- Determinando o volume para envase de garrafas empregando o método de Lagrange.....39
- *m-learning* em Engenharia: do Ambiente Virtual de Aprendizagem aos conteúdos para celular.....43
- Responsabilidade compartilhada e logística reversa na gestão de resíduos de celulares.....47
- Estudo para implantação de um parque eólico no distrito federal.....51
- Diagnóstico dos Resíduos de Construção e Demolição da Região Administrativa do Gama Setor Sul- DF.....55
- Diagnóstico Expedito do Sistema de Coleta e Disposição Final dos Resíduos Sólidos do Novo Gama – GO.....59
- Gestão dos Resíduos de Construção no Gama –DF.....63
- Empecilhos ao adequado descarte de Medicamentos.....67
- Desenvolvimento de uma Aplicação para Web com Base na Aprendizagem Significativa e Métodos de Apresentação Adaptativa71
- Simulador Interativo sobre a Dinâmica de Objetos com Massa Variável.....76
- Hipermídias Adaptativas em *ActionScript*.....80

Energia

- Destilação do Óleo Diesel e Quantificação dos Seus Componentes por Cromatografia Gasosa.....85
- Utilização da Cromatografia Gasosa na Análise e Controle de Qualidade de Combustíveis.....89
- Eficiência de Motores de Ciclo Otto Movidos a Etanol Dopado com Hidrogênio em Função da Dopagem.....93
- Determinação de acidez de óleos por potenciometria.....97
- Determinação do Teor de Biodiesel em Misturas Binárias (Biodiesel/Diesel) por espectrofotometria de UV/Visível.....101
- Persianas refletoras automáticas para aproveitamento da luz solar.....105
- Dimensionamento e Escolha de Banco de Baterias para Tração de Veículo Elétrico.....109
- Parque Tecnológico Demonstrativo de Energias Alternativas no Campus da FGA/UnB.....113
- Estudo Técnico da Turbina Hidrelétrica da Chapada Imperial – DF.....117
- Produção de carvão vegetal a partir de madeira proveniente de áreas reflorestadas – Um estudo de caso.....121
- A New Test Facility for Electric Propulsion Applications.....125
- Elaboração de maquetes como prática de ensino na disciplina de Engenharia de Petróleo e Gás129

Engenharia de Software

- Proposição do Neurosoft como Ferramenta de Intervenção Terapêutica Ocupacional para a Reabilitação Cognitiva.....134
- JChai3D: Uma biblioteca *open-source* multiplataforma de Realidade Virtual.....138
- Usabilidade de Computadores para Portadores de Necessidades Especiais.....142
- Inclusão digital de idosos e pessoas com deficiência física na Casa Brasil Adapte e FGA.....145
- DietMachine _ O nutricionista virtual.....149
- Modelo de Simulação Biomecânica Aplicada ao Estudo do Caminhar Bípede.....153
- *ThreeDs* - Proposta de Ferramenta de Dicionário de Dados para Modelagem e Projeto de Bancos de Dados.....157

• Análise comparativa de processos de desenvolvimento e gerenciamento de requisitos de software embarcado, críticos e seguros no contexto da indústria automobilística.....	161
• Software de Gestão de Riscos.....	165
• Janelamento e Recorte Interativos em <i>ActionScript</i>	169
• Análise de custo computacional em simuladores interativos em Flash.....	173
• Biblioteca para Geração e Transformação de Objetos Gráficos.....	177

Fenômenos de Transporte

• Análise numérica dos coeficientes de sustentação e arrasto de um perfil NACA 0018.....	182
• Validação do acoplamento das metodologias da fronteira imersa com a pseudo-espectral de Fourier.....	186
• Development of a CFD Methodology for the Analysis of Aerodynamic Profiles.....	190
• A Coupled Methodology for Solving Fluid-Structure Interaction Problems.....	194
• A New Test Facility for Electric Propulsion Applications.....	199

Materiais

• Avaliação por termogravimetria da poliuretana obtida a partir do óleo de maracujá.....	204
• Determinação da Cinética de Recristalização da Liga Cu-14Al-4Ni com Efeito Memória de Forma.....	208

Química

• Análise do Índice de Acidez do Óleo de Fritura recolhido pelo Projeto BioGama.....	213
• Análise de Contaminantes em Amostras de Combustíveis Coletados em Veículos da UnB.....	216
• Estudo da Pirólise do Catalisador Tris-dodecilsulfato de Cério(III) para a Produção de Biodiesel	220
• Avaliação da Qualidade do Biodiesel Produzido Utilizando o Tris-Dodecilsulfato de Cério(III) como Catalisador.....	224
• Estudo da Reação de Transesterificação por Análises Térmicas: Determinação da Conversão e Qualidade do Biodiesel.....	228
• Otimização Do Processo re Separação da Glicerina na Produção de Biodiesel Usando Rota Etílica.....	232
• Avaliação da estabilidade térmica e cinética de óleos vegetais para preparação de materiais poliméricos.....	236
• Determinação dos Parâmetros Físico-Químicos para Análise de Qualidade do Diesel no Transporte da FGA.....	240
• Determinação do Teor de Biodiesel em Misturas Binárias (Biodiesel/Diesel) por espectrofotometria de UV/Visível.....	244

Sistemas Elétricos e Eletrônicos

• Plataforma Experimental para Estudos de Controle em Tempo Real em Sistemas Aeronáuticos.....	249
• Atlas Anatômico 3D Aplicado à Mama – Modelagem.....	253
• Confiabilidade Metrológica de Ventiladores Pulmonares para Cuidados Críticos.....	257
• Processamento de sinais de temperatura em cirurgias de acesso ao nervo facial através do microcontrolador ez430 wireless.....	261
• Identificação de Modos Dominantes a partir de Sinais Medidos em PMU's Instalados em Baixa Tensão.....	265
• Estudo e desenvolvimento de uma biomembrana de látex como lente de contato oclusora para tratamento de ambliopia.....	269

Sólidos e Estruturas

• Desenvolvimento de um Algoritmo Genético para problemas de topologia.....	274
• Modelagem multicorpos e análise de suspensões para veículos <i>off-roads</i> do tipo Mini-Baja utilizando o <i>software</i> Adams/Car®	278
• Influência do Ponto de Calibração na Predição da Fratura Dúctil, Baseado no Modelo de Dano de Lemaître.....	282
• Determinação do Início da Fratura Dúcteis, Baseado no Modelo de Gurson acoplado com Mecanismos de Corte.....	286
• Influência do Terceiro Invariante no Comportamento Mecânico de Materiais Dúcteis.....	290

Acústica e Vibrações Mecânicas

Change In Distance Between Axles Of Vehicles

Ademyr Gonçalves de Oliveira

Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Av. Universitária, nº 1488, Quadra 86, Bloco A – 3º Piso
CEP: 74605-010 – Setor Leste Universitário – Goiânia – GO – Brazil
ademyr_go@eeec.ufg.br

Abstract. This work showed the implications of the change in the original distance between the front axle and rear axle, will necessarily involve changes in the vehicle's steering system to compensate for the differences in radii of curvature that appear when the vehicle executes a turn. As the original steering system is maintained vehicles modified lose maneuverability which may contribute to increases in accidents..

Resumo. Este trabalho mostra as implicações da mudança na distância original entre o eixo dianteiro e eixo traseiro, que indicam as mudanças necessárias no sistema de direção do veículo para compensar as diferenças de raios de curvatura que aparecem quando o veículo executa uma curva. Como o sistema de direção original é mantido, os veículos modificados perdem dirigibilidade, o que pode contribuir para o aumentos de acidentes.

1. Introduction

Structural modification of vehicles for changing the distance between the axles is relatively frequent in the following cases as shown in Fig. 1: **Case 1:** Passenger vehicles are transformed in limousines. **Case 2:** Specialty vehicles are designed from parts of other vehicles, such as the buggy which are usually constructed from "fusca" Volkswagen. **Case 3:** Cargo vehicles undergo lengthening the chassis to allow the installation of additional axes in order to accommodate wide loads or to give the vehicle greater load capacity.



Figure 1: Limousine / Special Car Buggy / Truck with 3 axles

Whatever the case, which is common in the interventions mentioned is that the original steering system of all vehicles are kept unchanged.

2. The Steering System

The steering system is installed between the chassis and front suspension and is composed primarily of steering box, steering rods and joints. This system is responsible for the angle of the front wheels allowing the vehicle to follow a curved path, as shown in Fig. 2.

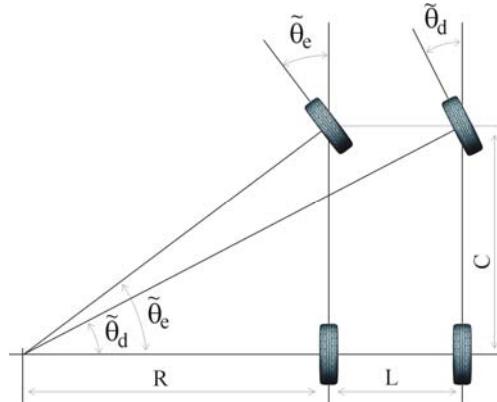


Figure 1: Angle of direction $\bar{\theta}_e$ and $\bar{\theta}_d$

In the geometric aspect, a vehicle that can describe a curved path requires that the front wheel left and right have different angles, respectively, and those that meet the following relationships:

$$\bar{\theta}_e = \sin^{-1}(C/R) \quad (1)$$

and

$$\bar{\theta}_d = \sin^{-1}(C/R + L) \quad (2)$$

where C is the wheelbase, R is the radius of the trajectory and L is the width of the vehicle.

The steering system can be modeled as symmetric two coupled four-bar mechanisms for the articulation of the steering box [Hartenberger, 1980] as shown in Fig. 3. In this case, for the vehicle in a straight trajectory, the pivot point is the midpoint of the width of the vehicle.

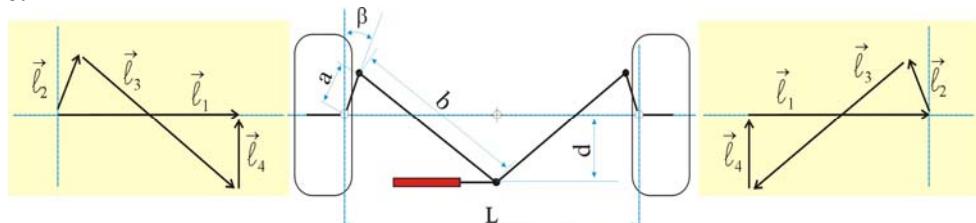


Figure 2: Model of steering system symmetrical: four-bar mechanism

The synthesis of algebraic four-bar mechanism (Norton, 2010) considers four vectors $\vec{l}_1, \vec{l}_2, \vec{l}_3$ and \vec{l}_4 , with their respective angles $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ and θ_4 . The angle α is design variable and adjusts the timing of compensation between the two four-bar mechanisms. For a steering system equipped with steering box-type rack has the following configuration: \vec{l}_1 with module variable and $\theta_1 = 0$; \vec{l}_2 with module variable and θ_2 variable; \vec{l}_3 with constant modulus and θ_3 variable; \vec{l}_4 with constant modulus and $\theta_4 = \pi/2$. For the synthesis of algebraic mechanism should be reminded of the Euler vector notation which is given by

$$\vec{l} = l\cos(\alpha) + l\sin(\alpha) \quad (3)$$

and the following trigonometric relations:

$$\cos(\alpha) = \frac{1 - \tan^2(\alpha/2)}{1 + \tan^2(\alpha/2)} \text{ and } \sin(\alpha) = \frac{2\tan^2(\alpha/2)}{1 + \tan^2(\alpha/2)} \quad (4)$$

3. Mechanism of Left Steering Car

The four-bar mechanism on the left side of the steering system can be modeled as

$$\vec{l}_2 + \vec{l}_3 + \vec{l}_4 - \vec{l}_1 = 0 \quad (5)$$

Applying Eq. (1) in Eq. (5) and considering $\theta_4 = 90^\circ$ and $\theta_1 = 0^\circ$, obtains Eq. (6).

$$l_1 = l_2 \cos(\theta_2) + \sqrt{l_2^2 \cos^2(\theta_2) + l_3^2 - l_2^2 - l_4^2 - 2l_2 l_4 \sin(\theta_2)} \quad (6)$$

The width of l_3 is obtained for the initial conditions β , $l_1 = \frac{L}{2}$ and $\theta_2 = 0^\circ$ such that

$$l_3 = \sqrt{\left(\frac{L}{2} - l_2 \sin(\beta)\right)^2 + (-l_2 \cos(\beta) - l_4)^2} \quad (7)$$

4. Mechanism of The Right Side of Steering System

The four-bar mechanism on the right side of the steering system can be modeled as

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 - \vec{l}_3 - \vec{l}_4 = 0 \quad (8)$$

Applying Eq. (1), Eq. (2) and Eq. (3) in Eq. (6) we obtain

$$\theta_2 = 2\tan^{-1}(X) \quad (9)$$

where $X = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$, $A = -l_1 - Q$, $Q = \frac{l_2^2 - l_3^2 - l_4^2}{-2l_2}$, $B = 2l_4$ and $C = l_1 - Q$.

The bars l_2 , l_3 e l_4 have equal lengths for the two mechanisms. If l_{1e} is the length of the bar l_1 of the left mechanism, then the bar l_1 of the right side of the mechanisms is such that

$$l_{1d} = L - l_{1e} \quad (10)$$

Observing Fig.4, the steering angle of the right front wheel is given by $\theta_d = \theta_2$, where θ_2 is given by Eq. (7).

5. Results

Based on reverse engineering of the vehicle Volkswagen Brasilia obtained the following values: $L = 1.55\text{m}$, $C = 2.4\text{m}$, $l_4 = 0.15\text{m}$ e $\beta = 5^\circ$.

The Eq. (1) and Eq. (2) can be combined such that

$$\bar{\theta}_d = \sin^{-1}\left(\frac{C}{C/\sin(\tilde{\theta}_e) - L}\right) \quad (11)$$

With the aid of Eq. (4), Eq. (7) and Eq. (9) we obtain Fig. 4. This figure shows for $0^\circ \leq \bar{\theta}_e \leq 30^\circ$, a comparison between $\bar{\theta}_d$ and θ_d to $\bar{\theta}_e = \theta_e$.

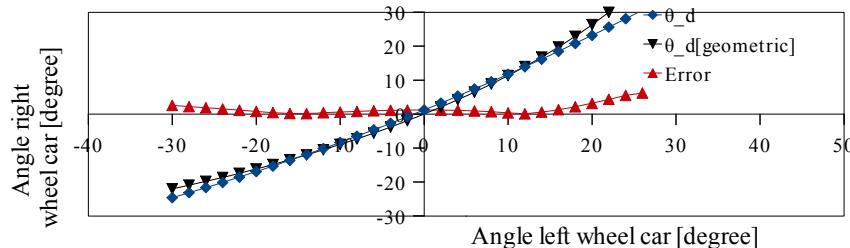


Figure 3: Comparison between $\bar{\theta}_d$ and θ_d

Whereas the vehicle in question ($L = 1.55m$ and $C = 2.4m$) running a curve to the left such that $\theta_e = -14^0$, and the Eq. (7) results $\theta_d = -12.02^0$. By varying the length of the distance between axles such that $1.5m \leq C \leq 4.5m$ and with the aid of Eq. (7) gives the Fig.5.

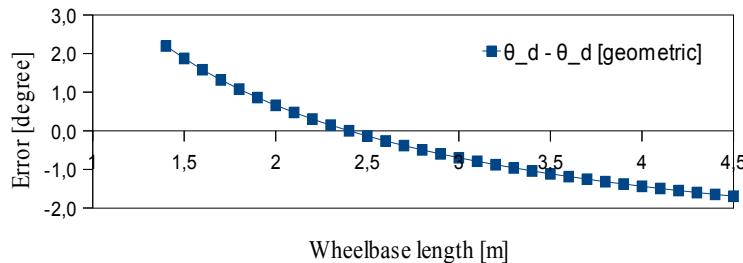


Figure 4:Convergence error.

6. Conclusions

The Fig. 2 and Fig. 4 shows that for a vehicle run a curve, the front wheels left and right assume different angles. These angles are geometrically defined in terms of vehicle dimensions and the radius of the curve described by him.

The Fig. 4 shows that there is error values of geometric angles of the wheel and angle values imposed by the steering system. The Fig. 4 also shows that these errors are larger for larger values of angles, so for smaller radius curves. This explains the characteristic noise of friction between the tread and the tire when the vehicle performs maneuvers in tight parking. The Fig. 4 also shows that for angles between $\pm 20^0$ matching range of major operation, this error is reduced to values close to $\pm 1^0$.

The Fig. 5 shows that kept the original design of the steering system, changes in the wheelbase significantly affects the convergence error. Reducing the extent wheelbase introduces serious errors when compared with the increase of it. This explains how unstable is the direction of most buggies when they are traveling on asphalt floor.

7. Bibliography

- Hartenberg, R. S. ; Denavit, J., (1980). "Kinematic Synthesis of Linkages", McGraw-Hill, New York.
- Norton, R. L. (2010), "Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos". ed. Bookman. 800 p.
- Shigley, J.E.; Mischke, C.R.; Budynas, R.G., (2005). "Projeto de engenharia mecânica". 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 960 p.

Modelagem e Simulação Multicorpos de um Sistema de Comando de Válvulas (Valvetrain) Automotivo

Guilherme C. Peron¹, Rita de C. Silva², Maria Alzira A. Nunes², Alessandro Oliveira²

¹ Graduando em Engenharia, ² Docente Eng. Automotiva - Universidade de Brasília – Faculdade de Engenharia - Campus Gama (UnB/FGA) - Caixa Postal 8114 – CEP: 72405-610 – Gama – DF – Brasil

caetanoperon@gmail.com, maanunes@unb.br, ritasilva@unb.br

Abstract. This article aims to present the construction and simulation engine valvetrain using software simulation of multibody dynamics, the ADAMS, with its modules ADAMS/View and ADAMS/Postprocessor. Besides the construction of the mechanism, will be held to analyze the data obtained through the graphical simulation module, the ADAMS/Postprocessor.

Resumo. Este artigo tem como objetivo apresentar a modelagem e simulação de um mecanismo de comando de válvulas automotivo usando um software de simulação dinâmica de multicorpos - ADAMS®, a partir de seus módulos ADAMS/View e ADAMS/Postprocessor. Além da construção do mecanismo, será realizada a análise dos dados obtidos.

1. Introdução

O motor a diesel ou à gasolina é um tipo de “máquina térmica” de combustão interna, cuja função é converter a energia térmica potencial contida no combustível em trabalho mecânico.

De acordo com a arquitetura do motor, ele tem um conjunto de válvulas que permite a admissão e a exaustão, composto por cames, eixos de comando operados através do seguidor de came, varetas e balancins. Este mecanismo é conhecido como valvetrain e é responsável pelo funcionamento da combustão interna do motor (Heisler, 2008).

O presente trabalho visa apresentar o mecanismo conhecido como *overhead poppet valves (OHV – overhead valves)*, onde o eixo de comando é montado no bloco do cilindro. O modelo será construído usando o *Adams/View (MSC Software)*, uma ferramenta de modelagem e simulação, que permite construir e simular qualquer sistema mecânico. De fato, o modelo permite a análise do deslocamento, da velocidade e da aceleração da válvula, bem como da força na mola, em relação ao tempo, além do torque na came.

2. Mecanismo de Comando de Válvulas (Valvetrain)

O valvetrain consiste em um eixo de cames formado por seguidores da came, molas, válvulas e ligações mecânicas (varetas e balancins) (Bosch, 2007 e Stone, 1999). A rotação do eixo de cames faz com que estas interajam com as válvulas do motor, forçando-as a abrirem. A mola retorna a válvula para sua posição original quando a came não aplica força suficiente para mantê-la aberta (Brader, 2001).

Basicamente, há quatro formatos de válvula, mas neste trabalho, será simulado um projeto OHV (*push-rod assembly*) (Bosch, 2007). A Figura 1 apresenta esse mecanismo. O balancim está apoiado de um lado na vareta e do outro lado, na

mola/válvula. Este tem a função de transmitir o movimento da vareta, permitindo a abertura da válvula. No centro, o balancim tem um furo para ser fixado no motor.

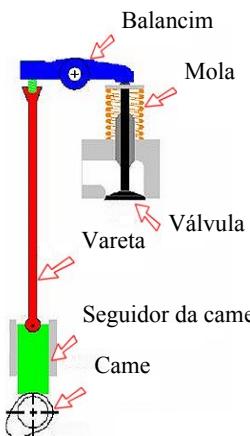


Figura 1 – Vareta (*Push-rod*).

A mola mantém a válvula fechada, pressionando a entrada de ar, sempre que o balancim não está pressionando o conjunto.

3. Metodologia de Construção

A partir dos dados de medição de um modelo real, este mecanismo foi desenhado no software *Adams/View*. Na Fig. 2 é apresentado o modelo desenvolvido e na tabela ao lado, são mostrados os nomes das partes e as ferramentas do software utilizadas para construí-lo.

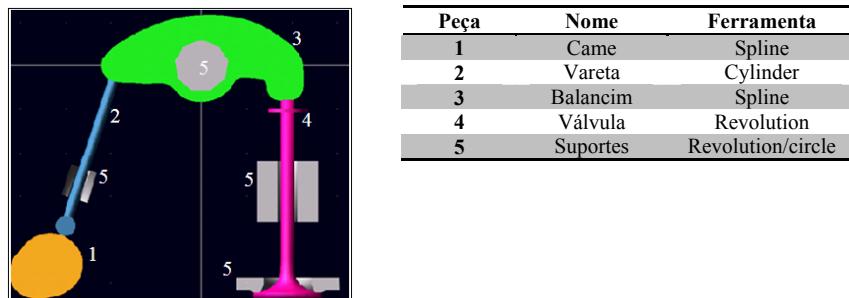


Figura 2 – Modelo multicorpo desenvolvido no software *Adams/View*.

Como visto na tabela da Fig. 2, é necessária a utilização de ferramentas específicas para construir o modelo, como *spline*, *cylinder* e *revolution*, que não são ferramentas triviais.

A peça (came ou balancim) é criada selecionando os pontos que a compõem, sendo o software capaz de interpolar os e criar a superfície completa.

O modelo da came usado nesse artigo tem o comprimento do nariz até o centro do círculo de 0,08 m. O raio da base do círculo é de 0,035 m e a distância entre a borda do círculo e o nariz (*lobe lift*) é de 0,03 m.

A ferramenta *cylinder* foi utilizada para construir a vareta (*rod*), conforme mostrado na Fig. 2. Para utilizar essa ferramenta, é necessário conhecer o raio e o comprimento do cilindro. Neste modelo, o comprimento é de 0,19 m e o raio é de 0,01 m. Já a ferramenta *revolution* foi utilizada para projetar a válvula e as peças de suporte. Para utilizá-la, é necessário primeiro construir uma “geratriz” e então rotacioná-la em torno de um eixo.

Após projetar as partes geométricas do modelo, é necessário definir as juntas do mecanismo, que vão permitir ou limitar os movimentos do sistema. Nesse modelo, foram inseridas sete juntas: duas juntas de revolução, uma de translação e quatro juntas primitivas. As juntas de revolução são usadas para definir rotação (eixo central da came e do balancim). Na junta de revolução inserida na came, foi imposta uma velocidade angular constante no valor de 6,28 rad/s. As juntas primitivas foram inseridas no *Rod* e a de translação inserida na válvula.

A válvula foi inserida a mola/amortecedor. É necessário adicionar uma pré-carga neste sistema conjunto, eliminando os ruídos nos resultados simulados. A pré-carga imposta foi de 100 lbf (445 N). O modelo completo é mostrado na Fig. 3.

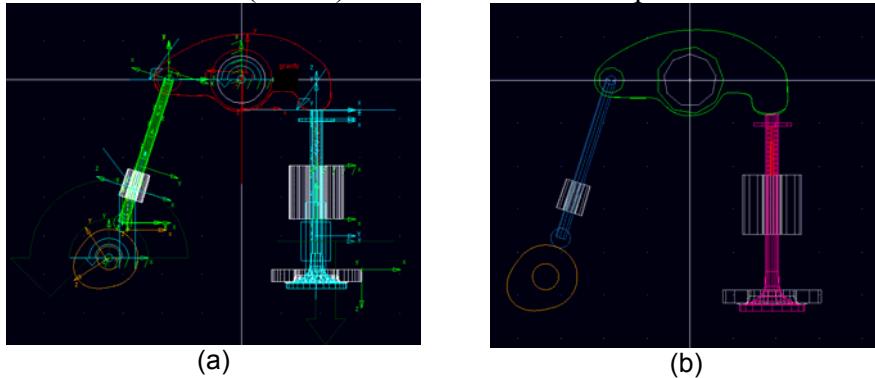


Figura 3 – a) Modelo completo com todos os itens visíveis; b) Modelo completo somente com as peças visíveis.

Depois de o mecanismo ter sido completamente desenvolvido, a próxima etapa é a simulação dinâmica. Neste passo, é possível obter resultados importantes no estudo desse tipo de mecanismo.

A simulação foi realizada a partir da ferramenta “*interactive simulation controls*”. Os parâmetros de simulação utilizados foram: *End Time* = 5,0 s e *Steps* = 500.

4. Resultados

A Figura 4 ilustra o torque medido no eixo de rotação da came e o deslocamento do centro de massa da válvula. Com esses resultados pode-se avaliar o comportamento da came de acordo com um deslocamento definido.

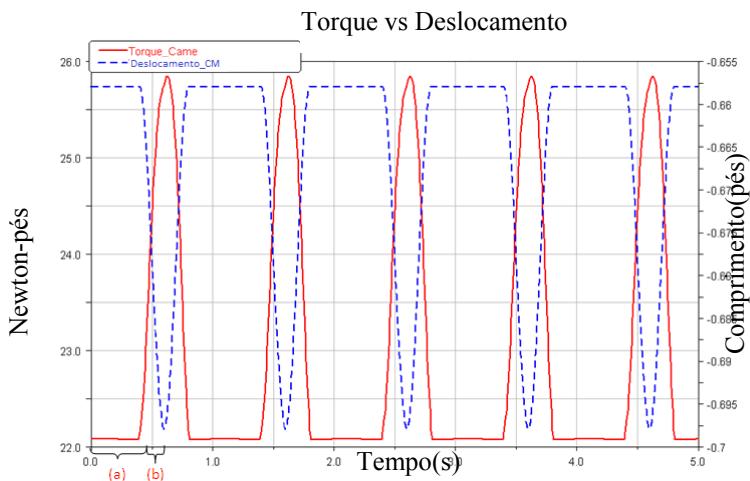


Figura 4 – Torque e Deslocamento medidos na came.

Na Fig. 4, entre 0s e 0,39s(a), a curva do torque cobre a área da base circular da came. Durante este tempo, uma quantidade considerável de torque é necessária para

ultrapassar a força de contato entre a came e a vareta, sendo o valor constante, próximo do valor da força de contato. Ao mesmo tempo, o deslocamento da válvula é nulo, pois nenhum movimento é transmitido da came para o restante do sistema.

Entre 0,4s e 0,63s (b), a came gira e passa a cobrir a zona de flanco até o seu nariz, onde a came tem o maior raio. Na curva do torque, o gráfico sobe rapidamente, uma vez que o torque depende diretamente do raio. O torque, neste momento, move a válvula, abrindo-a até seu ponto máximo, permitindo a admissão de combustível. Quando o torque cai rapidamente, isso significa que a came voltou para a base circular e a válvula fechou. Esse movimento se repete regularmente durante todo o funcionamento do motor.

5. Conclusão

Este trabalho apresenta o modelo de *valvetrain* considerando a sua dinâmica e cinemática, baseado em aspectos de funcionamento do motor Otto. Este modelo foi construído utilizando o *software* de multicorpos *Adams*, especificamente os módulos *Adams/View* e *Adams/Postprocessor*.

Os resultados das simulações se mostraram fiéis à teoria, conforme apresentados na literatura clássica. A ferramenta complementar, o *Adams/Postprocessor* é efetiva para a apresentação dos resultados, incluindo vídeos.

6. Referências

- Bosch (2007) Automotive Handbook. Bentley Publishers, 7th Edition.
- Brader, J. S. (2001) Development of a Piezoelectric Controlled Hydraulic Actuator for a Camless Engine, Master Thesis, Department of Mechanical Engineering, College of Engineering and Information Technology - University of South Carolina, EUA.
- Heisler, H. (2008) Advanced Engine Technology, SAE - Society of Automotive Engineers, Inc.
- Stone, R. (1999) Introduction to Internal Combustion Engines, SAE - Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pa, 3th Ed.

Estudo Aerodinâmico de Escoamento Sobre Veículos Rodoviários empregando Simulação Numérica.

Ernani A. da S. Junior¹, Sandi I.S. de Souza.²

¹Universidade Federal do Rio Grande Norte.(UFRN) – Curso de Engenharia Mecânica - Caixa Postal 59072-970 – Natal – RN – Brasil.

²Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. (UFRN)Caixa Postal 59150-000 – Natal – RN – Brasil.

ernanijunior_sci@hotmail.com, sandisouza@uol.com.com.br

Abstract. In this work the numerical simulation was used to evaluate the aerodynamic behavior of two buses. The obtained results using numerical simulation were compared to results arranged in the literature, which were obtained experimentally through wind tunnel tests. The values of the drag coefficient for both situations were presented, as well as pressure and velocity fields. Through the obtained results in this work, was noticed that the numerical simulation can predict the behavior of flows over the road vehicles.

Resumo. Neste trabalho a simulação numérica foi utilizada para avaliar o comportamento aerodinâmico de dois ônibus. Compararam-se os resultados obtidos via simulação numérica com resultados dispostos na literatura, que foram obtidos experimentalmente através de ensaios em túnel de vento. Apresentam-se os valores do coeficiente de arraste para ambas as situações, assim como os campos de pressão e velocidade. Percebeu-se através dos resultados obtidos neste trabalho que a simulação numérica é capaz de prever o comportamento dos escoamentos sobre os veículos rodoviários.

1. Aerodinâmica Veicular.

Em escoamentos sobre corpos rombudos são encontrados fortes gradientes de pressão ocorrendo regiões onde a camada limite se afasta do contorno sólido, promovendo um escoamento de alta complexidade, com recirculações e alto grau de turbulência. No cotidiano encontram-se inúmeros exemplos de corpos rombudos sendo possível citar como exemplo clássico os veículos rodoviários. Na indústria automobilística existe uma preocupação constante com a eficiência dos veículos rodoviários, induzindo a busca de inovações visando melhorias nos projetos. O estudo aerodinâmico é uma das etapas do projeto onde o empenho recai sobre o comportamento das forças originadas pelo deslocamento do ar sobre a superfície do veículo e seus acessórios externos. A geometria veicular interfere na magnitude destas forças, recebendo uma grande atenção, pois se busca minimizar as forças originadas pelos efeitos da viscosidade e da distribuição de pressão sobre a carroceria. Estes efeitos assumem papéis predominantes na resistência ao deslocamento de veículos em velocidades elevadas, tais como as velocidades normais de cruzeiro adotadas.

2. Modelagem Computacional.

O modelo utilizando neste trabalho baseia-se nos dados do trabalho do Fletcher et al (1998) onde as dimensões características foram retiradas do mesmo. A distância

adimensional y^+ depende do modelo de turbulência adotado. Neste trabalho foi empregado o $k\omega$ -sst e que recomenda um valor para o y^+ próximo a unidade.

Na região próxima à parede, onde o cisalhamento viscoso predomina, o perfil de velocidade média segue a relação viscosa linear, de acordo com a lei da parede:

$$y^+ = \frac{y\tau_w}{v} \quad (2)$$

onde y é a distância física da parede, v é a viscosidade cinemática local do fluido e u_* é a velocidade de atrito na parede. Análises dimensionais mostram que em uma parede a velocidade característica, chamada de **velocidade de atrito**, u_* , pode ser definida como sendo:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \quad (3)$$

Segundo Shames (1993), um valor aproximado para τ_w pode ser obtido pela equação da tensão de cisalhamento para placa plana no escoamento turbulento, e tem a forma:

$$\tau_w = 0,0296 \rho V_a^2 Re^{-\frac{1}{4}} \quad (4)$$

onde ρ é a massa específica do fluido e Re é o número de Reynolds, que neste trabalho adotou-se $1,3571 \times 10^6$ (dimensão característica $L=610$ mm), V_a é a velocidade não perturbada, 34.4 m/s. A espessura da camada limite segundo Fox et al(2006), para o escoamento turbulento é dada por:

$$\delta = \frac{0.382x}{Re^{0.25}} \quad (5)$$

A expressão anterior permitiu determinar a distância y igual a 1×10^{-3} mm da parede onde será colocado o primeiro elemento de volume.

3.1.Geração da Malha.

Para realizar a simulação no ônibus nº1, empregaram-se malhas computacionais com 534318 nós e 1977180 elementos, distribuídos em 1455680 tetraedros e 521500 prismas. Para o ônibus nº2 empregaram-se malhas computacionais com 838258 nós e 3905310 elementos, distribuídos em 3470430 tetraedros e 434880 prismas. O critério de convergência adotado para ambos foi o de $1,0 \times 10^{-5}$ para a Root Mean Square (RMS), de todas as velocidades e para a pressão. Utilizou-se 20 elementos de inflação com um fator de expansão na ordem de 1,2 garantindo um grande número volumes no interior da camada limite.

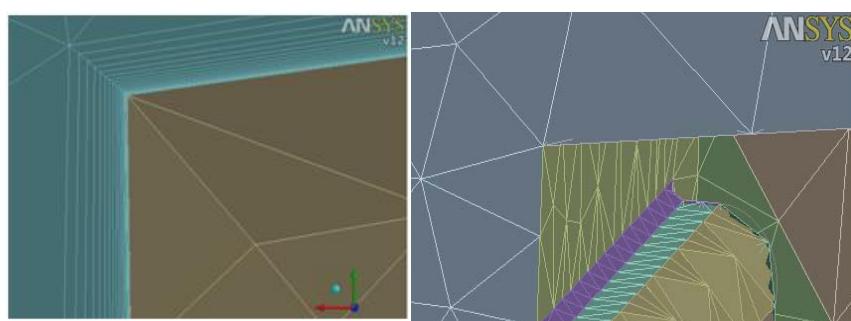


Figura 5.Detalhe da inflação da malha

4.Critérios de Turbulência.

O modelo de turbulência utilizado na simulação foi shear stress transport (SST). Tal modelo, segundo a NASA, é o mais apropriado para problemas de estudos aerodinâmicos de veículos rodoviários (Bardina, 2009). Segundo ANSYS (2009), esta técnica funciona resolvendo um modelo baseado em frequência e turbulência ($k-\omega$) na parede, e $k-\varepsilon$ no volume do fluido. O modelo SST captura com maior precisão zonas de separação do fluido com a parede que um modelo $k-\varepsilon$ não conseguiria.

5.Modelo Físico e Condições de Contorno.

O domínio computacional possui as seguintes dimensões: Comprimento $C=2100$ mm, largura $L=750$ mm e altura $H=1500$ mm, de acordo com Fletcher et al (1998), onde pode-se observar a densidade da malha computacional adotada.

O ar atmosférico á 25° C foi adotado como fluido de trabalho e os efeitos da compressibilidade foram desprezados. As condições de contorno adotadas foram: Velocidade de entrada uniforme U_∞ , igual a 34.4 m/s e saída com pressão parcial uniforme $p=0$ Pa. Na parede central adotou-se a condição de simetria, na parede lateral afastada do corpo e na parede superior foram mantidas condições de deslizamento, enquanto que na parede inferior a condição de não deslizamento foi utilizada.

6.Resultados e Discussões.

O estudo das forças aerodinâmicas é realizado com o auxilio do coeficiente adimensional de arraste C_d , determinado da seguinte forma:

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho V^2 A} \quad (6)$$

onde V é a velocidade não perturbada, A é a área projetada do corpo, e F_d é a componente da Força no sentido do escoamento, composto pelos efeitos da pressão e das tensões de origem viscosa. Para o ônibus nº1 encontrou-se uma força de arrasto no valor de F_d igual a 2,28779 N, baseado nas áreas de projeção $A_1 = A_2 = 0.02006428$ m². Neste encontrou-se um coeficiente de arrasto, $C_d=0,3238$, ou seja, um valor abaixo do esperado que é $C_d=0,387$ encontrado experimentalmente pelo Fletcher et al(1998),porém com total ciência que o valor encontrado no artigo,após um melhor refinamento da malha,pode ser melhor aproximado. Para o ônibus nº2 a força de arrasto F_d encontrada foi da ordem de 2,22095 N. O coeficiente de arrasto C_d ,obtido utilizando--se a eq. 6,foi igual a 0.3144 para o mesmo. Comparando com o artigo do Fletcher et al (1998), que encontrou o valor para o C_d na ordem de 0,287 para o ônibus nº2 ou seja, uma diferença de aproximadamente 9,54% entre a simulação e os valores experimentais, diferença essa devida á insuficiênciam de memória do computador utilizado para a simulação, percebeu-se que é necessária um melhor refinamento na malha.

O campo de pressão atuando no domínio pode ser visualizado na Fig. (2). Percebe-se o elevado gradiente de pressão que existe sobre o corpo, onde os valores máximos acontecem na parte frontal, na região onde a velocidade é baixa.

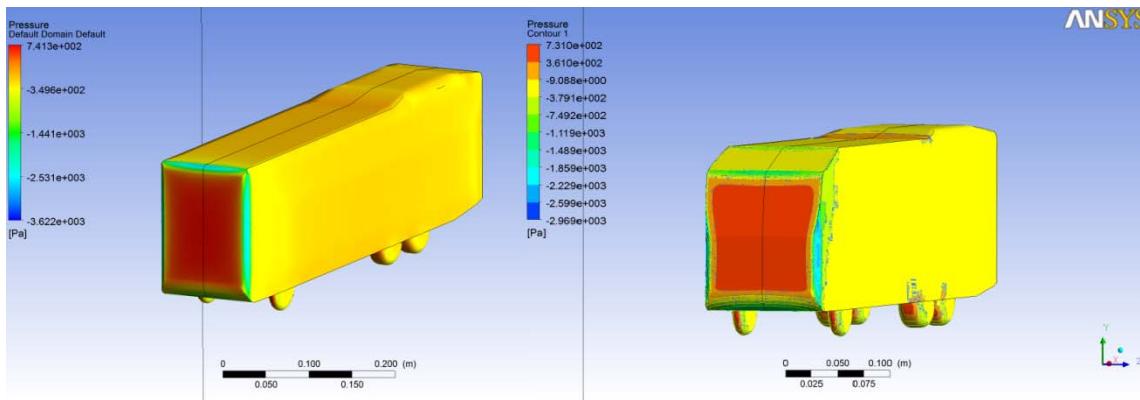


Figura 2.Campo de Pressão atuando nos ônibus.

7.Conclusão

A partir da visualização dos fenômenos físicos, com o emprego de softwares de simulação, torna-se muito mais viável diante da facilidade com que os problemas físicos possam ser aplicados, diminuindo os custos com operação, espaço físico e tempo, em comparação com o método utilizado pelo Fletcher et al (1998), podendo-se obter resultados satisfatórios, ou seja, próximo dos problemas reais, desde que os parâmetros de simulação, dentre eles os de geração de malha, sejam corretamente manipulados.

Referências

- Bardina,J.E.,Huang, P.G. and Coakley,T.J., “Turbulence Modeling,Validation,Testing and Development,” NASA Technical Memorandum 110446, 1997. (See also Bardina, J.E., Huang, P.G. and Coakley, T., “Turbulence Modeling Validation,” AIAA Paper 97-2121.)
- Fletcher, C.A.J; Stewart, G.D.H., 1986,“Bus Drag Reduction by the Trapped Vortex Concept for a Single Bus and Two Buses in Tandem”.Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. Vol.24, pp. 143-168.
- Fox,R.W.,McDonald,A.T.,1998, “Introdução a Mecânica dos Fluidos”,Ed. LTC, 229 p.
- Hucho, W.H., 1987, “Aerodynamics of Road Vehicles”,Butterworth, 576 p.
- Shames,I. H. Mecânica dos Fluidos: princípios básicos.v1.Editora Edgard Blücher Ltda. 1993.
- Souza,S.I.S.,Silva,C.V.,Balestra,G.C.,2010, “Análise numérica do escoamento sobre um veículo idealizado, corpo de Ahmed”, VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica,Campina Grande,Brasil.

Elementos Finitos - Vibrações em Cordas

Thiago Marques Siqueira¹, Marcus Vinicius Girão de Moraes²

¹Estudante de engenharia eletrônica - Universidade de Brasília (UnB/FGA-Gama)

²Professor orientador - Universidade de Brasília (UnB/FGA-Gama)

thiagoms.15@gmail.com, mvmorais@unb.br

Abstract. *The dynamic analysis in aerial cables for power transmission lines is relevant to understand and to prevent structural mechanical failures. These conductors are subjected to many different loading that may cause rupture by fatigue, such as wind loads most diverse efforts that can cause the disruption of conductor fatigue wind, for example. This paper is the first stage of this research and presents some first results about cable vibration on vibration in cables. Through a finite element implemented code in finite elements, it was found we determine the mode shapes and natural frequencies of cables vibration of the cable.*

Resumo. *O estudo da dinâmica em cabos aéreos em linhas de transmissão de energia é importante para compreender e prevenir falhas mecânicas estruturais. Esses condutores estão sujeitos aos mais diversos esforços que podem ocasionar o rompimento do condutor por fadiga, tais como por exemplo os esforços de origem eólica. Este relatório consiste da primeira etapa desta pesquisa e já apresenta alguns os primeiros resultados sobre vibrações em cabos. Por meio de um código implementado em elementos finitos, foram determinados determinamos os modos de vibração e as frequências naturais de vibração dos cabos.*

1. Introdução

Linha de transmissão por cabos aéreos é um sistema usado para transmitir energia elétrica. As linhas de transmissão são condutores através dos quais a energia elétrica é transportada com uma alta potência, geralmente usando corrente alternada. Os ventos de sentido constante ocasionam vibrações nesses cabos. As vibrações nos cabos é um dos principais problemas mecânicos das linhas aéreas de transmissão de energia elétrica[1]. Este relatório apresenta os primeiros resultados sobre vibrações em cabos. Por meio de um código implementado em elementos finitos, determinamos os modos de vibração e as freqüências naturais de vibração do cabo.

2. Vibrações livre de cabos tensionados

A discretização de um cabo tensionado[2] é descrito por uma corda horizontal presa num dos extremos e tensionados num outro, conforme Figura 1.

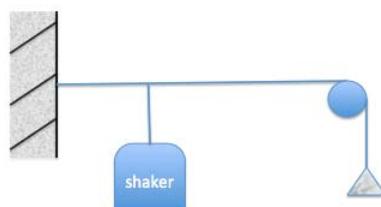


Figura 1. Experiência para descrever os modos de vibrações

Temos a corda (estrutural) e um *shaker* (força excitadora). Quando a freqüência da força excitadora coincide com alguma frequência natural da corda, a estrutura entra em ressonância e a amplitude da vibração é amplificada.

Pela segunda lei de Newton, obtemos a equação de movimento da estrutura[4]. Considerando as tangentes como derivadas parciais e reorganizando os termos, encontramos a equação da onda:

$$\frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{\rho}{T} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} \quad (1)$$

onde, $v^2 = T/\rho$ é a velocidade de propagação da onda.

Uma onda estacionária, uma incidente e outra refletida, pode ser considerada como a interferência de dois movimentos ondulatórios harmônicos de mesma amplitude e comprimento de onda na corda[3].

A solução é obtida aplicando as condições de contorno do problema na equação diferencial (2). Esta representa a amplitude das oscilações, $y(x)$, medidas em qualquer pontos da corda.

$$y_n = A \sin \left(\frac{n\pi}{L} \cdot x \right) \quad (2)$$

onde n é o modo de vibração.

Para encontrar as frequências utilizamos a relação de velocidade de uma onda (velocidade é a razão entre o comprimento de onda e a frequência).

A frequência então será:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (3)$$

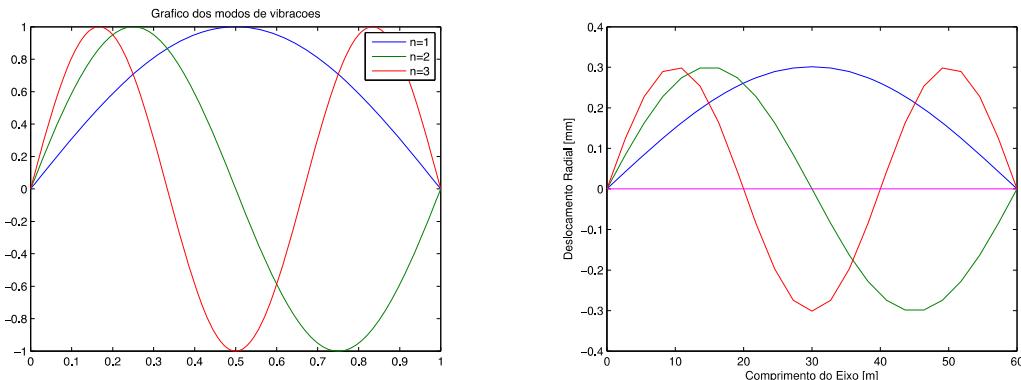


Figura 2. Primeiros três modos de vibração obtidos pela solução analítica (a esquerda) e pelo modelo em MEF (a direita).

3. Discretização pelo Método dos Elementos Finitos

Muitos fenômenos físicos na engenharia pode ser descrita em termos de equações diferenciais parciais. Em geral, resolver estas equações por métodos clássicos de forma analítica é quase impossível. O método dos elementos finitos (MEF) é uma aproximação numérica pelo qual essas equações diferenciais parciais podem ser resolvidas por uma aproximação.

O MEF é bastante difundido na prática de engenharia para analisar diversos tipos de problemas. A idéia principal do MEF consiste em dividir o domínio do problema em elementos de geometria simples. Neste caso os elementos são elementos lineares de corda.

O programa implementado em MatLab é dividido em **pré-processamento, resolução e pós-processamento**. Na fase de pré-processamento introduzimos os parâmetros do problema, as coordenadas de cada nó, e as conectividades dos nós para cada elemento. Na fase de resolução, as matrizes globais são montadas a partir de montagem das matrizes de cada elemento. O próximo passo é estabelecer as condições de contorno do problema impondo deslocamento nulo nos nó inicial:

$$\Psi_1 = 0$$

e nó final, $\Psi_n = 0$. E supondo então uma solução conforme Eq. (2), substituirmos a solução aproximada na equação da onda, Eq. (1), resulta num problema de valores próprios solucionado pelo operador MatLab *eig*. Na fase de pós-processamento, as frequências (autovalores) e as formas modais (autovetores) são organizados e plotados para análise posterior.

4. Resultados Numéricos e Comparação com Solução Analítica

Os modos de vibração são dadas pela Eq. (2) que foi mostrada na seção vibrações livres de cabos tensionados. Simulamos uma corda $L = 60m$, que está a uma tensão $T = 600N$, a massa da corda é $m = 60kg$. Com esses dados podemos comparar os resultados:

Tabela 1. Resultados para os modo de vibração da corda - Analítico x MEF

Modos	3 elementos	22 elementos	250 elementos	Analítico
1	1.00	1.25	1.28	1.28
2	1.73	2.49	2.56	2.56
3	-	3.73	3.84	3.84

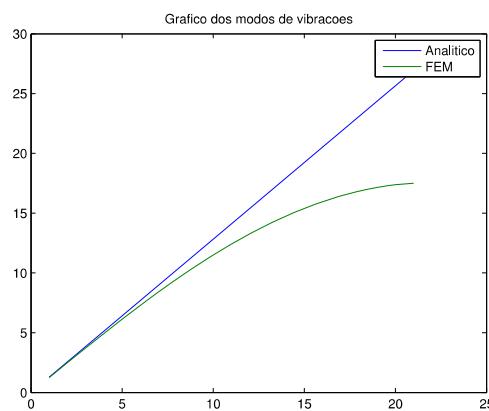


Figura 3. Evolução da frequência f_n em função do modos de vibrão n . Comparação entre a solução analítica Eq.(3) e os resultados numéricos para modelo MEF com 22 elementos.

5. Conclusão

Esse relatório apresentou um estudo dos modos de vibrações de uma corda por meio de elementos finitos, utilizando recursos computacionais. A solução numérica da equação de onda por MEF mostrou bons resultados comparados com a solução analítica.

Referências

- [1] Guia para medições de vibrações em linhas aéreas de transmissão. Belo Horizonte, 2003. Disponível em: http://www.linhadetransmissao.com.br/artigos/guia_para_med_vibracoes_em_lts.pdf Acesso 16 de junho de 2011.
- [2] Núcleo de física, Cordas Vibrantes. Disponível em:<http://nfist.pt/sf/sf3/musica/cordas.htm> Acesso em 16 de junho de 2011.
- [3] G. de Santana, Everton. Modos de vibração de uma corda presa por ambos os extremos, Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/ondas/estacionarias/estacionarias.html> Acesso em 16 de junho de 2011.
- [4] G. de Santana, Everton. Ondas transversais em uma corda, Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/ondas/transversal/transversal.html> Acesso em 16 de junho de 2011.

Aprendizado de Engenharia e Meio Ambiente

Modelagem CAD e Simulação Cinemática de Subsistemas Automotivos para Aplicação Didática

Rafael R. Silva¹, João P. T. Lottermann¹, Thiago T. T. Ito¹, João P. M. Bento¹,
Maria Alzira A. Nunes², Rita C. Silva²

¹Graduando em Engenharia Automotiva- Universidade de Brasília – Faculdade de Engenharia - Campus Gama (UnB/FGA) - Caixa Postal 8114 – CEP: 72405-610 – Gama – DF – Brasil

²Docentes Engenharia Automotiva- Universidade de Brasília – Faculdade de Engenharia Campus Gama (UnB/FGA) - Caixa Postal 8114 – CEP: 72405-610 – Gama – DF – Brasil

rafardasilva@hotmail.com, joaopedrounb@gmail.com,
ito.thiago@gmail.com, joaopaulo.moreira.bento@gmail.com,
maanunes@unb.br, ritasilva@unb.br

Abstract. The cars are composed of several subsystems. The operation of such a complexity is significant, since it must be functional, safe and interact with other parts efficiently. There are several materials that illustrate the operation of mechanisms, but not very effective. A clear understanding of the performance of all subsystems is essential in the formation of the engineer. Given that reality came the need to develop a method that through modeling and simulation of the mechanisms in a CAD software provides a simplified absorption, helping professionals in better understanding regarding the operation, characteristics and peculiarities of the subsystem.

Resumo. Os automóveis são compostos por vários subsistemas. O funcionamento destes é de uma complexidade significativa, visto que, deve ser funcional, seguro e interagir com as outras partes de forma eficiente. Existem diversos materiais que ilustram o funcionamento dos mecanismos, porém pouco eficaz. Compreender de forma clara a atuação de todos os subsistemas é essencial na formação do engenheiro. Diante dessa realidade surgiu a necessidade da construção de um método, que através da modelagem e simulação dos mecanismos em um software CAD, proporcione uma absorção mais simplificada, auxiliando o profissional no melhor entendimento com relação ao funcionamento, características e peculiaridades do subsistema.

1. Introdução

A compreensão do funcionamento dos vários subsistemas que compõem os automóveis pode tornar o seu entendimento mais complexo quando abordados de forma incorreta. Profissionais em engenharia se deparam com a falta de métodos e materiais que auxiliam na melhor compreensão do funcionamento dos mecanismos estáticos e dinâmicos do veículo. Existe uma série de imagens e documentos teóricos que visam explicar de maneira clara, porém são pouco eficientes com relação à absorção do conteúdo por parte do aluno. Recursos de vídeo estão disponíveis na mídia virtual, entretanto a modelagem e simulação trazem pouco do que deveria ser mostrado do automóvel como um todo [Colenci 200; Cury 2000].

O Grupo de Modelagem e Simulação de Sistemas Automotivos (GMSSA) foi criado com o objetivo de desenvolver um método que apresente o mecanismo automotivo de forma extremamente ilustrativa onde o usuário possa ver os diversos níveis de funcionamento de um subsistema.

O grupo conta com um automóvel da marca Fiat/modelo Fiorino e partir dos componentes deste veículo podemos modelar de forma fiel e precisa os subsistemas de um automóvel e para isso são realizadas diversas etapas desde o desmonte do veículo, simulação virtual do sistema até sua fundamentação teórica.

O GMSSA visa preparar, conscientizar e adequar os integrantes sobre a importância do trabalho em grupo para o engenheiro tendo em vista sua atuação profissional.

Este artigo visa mostrar a metodologia de trabalho do grupo bem como os resultados esperados, a parceria com o museu do automóvel, além da proposta de criação de um ambiente virtual.

2. Etapas de desenvolvimento

Para a realização do trabalho, o grupo segue algumas etapas que facilitam o modelamento das peças. São necessárias quatro etapas e elas serão descritas a seguir:

2.1 – Desmonte e Limpeza dos Subsistemas

Com o auxílio de um mecânico especializado da UnB e ferramental disponibilizado pela Faculdade do Gama, o primeiro passo consiste em definir e desmontar um determinado subsistema do veículo (Figura 1), adquirindo, portanto, conhecimentos práticos, visto que, estamos em contato constante com a realidade além de contar com um profissional extremamente capacitado que nos fornece todo suporte para perfeito entendimento do funcionamento dos mecanismos envolvidos.



(a)



(b)

Figura 1. (a) – Desmonte do subsistema suspensão, (b) – Peças limpas e desmontadas.

2.2 – Modelagem

De posse das peças desmontadas e limpas passamos ao processo de obtenção das dimensões das mesmas, usando equipamentos de precisão tais como paquímetros, micrômetros e goniômetros (Figura 3) para que os componentes do sistema possam ser modelados com fidelidade.

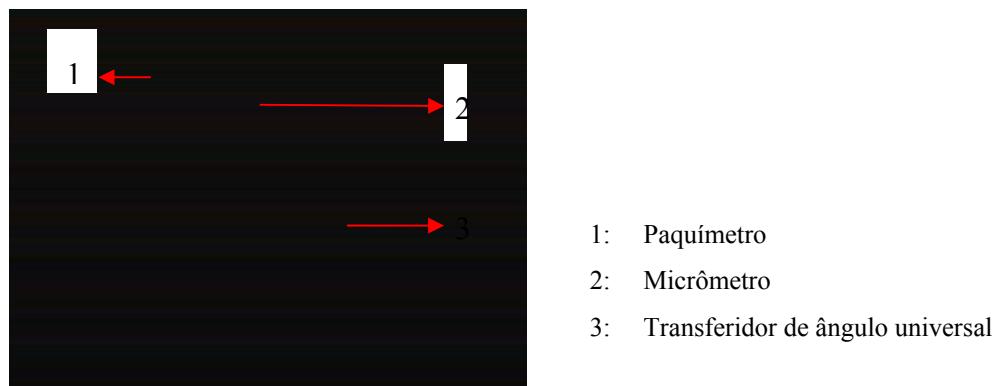


Figura 2. Instrumentos de precisão.

Para modelagem do subsistema utilizamos o software *Dassault System Catia V5R19* que permite a modelagem das peças de modo interativo, resultando em um produto virtual semelhante ao real com uma excelente interface gráfica, visto que, o software utilizado conta uma gama de ferramentas que permitem modelar praticamente qualquer forma com as quais são apresentadas.

2.3 – Simulação

Com as peças do subsistema finalmente modeladas (Figura 4) pode-se utilizar uma ferramenta específica do Catia denominada *Kinematics*. Essa ferramenta tem a capacidade de gerar movimento na estrutura, para isso é necessário realizar o *assembly* do sistema (Figura 5) que nada mais é do que unir as partes que o compõe restringindo devidamente seus graus de liberdade, somente assim é possível simular o movimento corretamente.

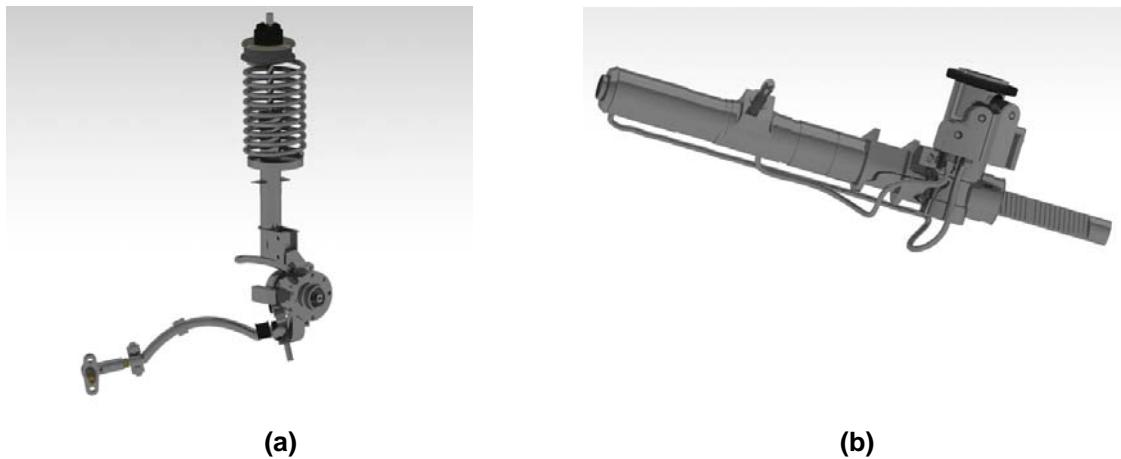


Figura 3. (a) – Suspensão esquerda da Fiat Fiorino já modelada em software Catia, (b) – Braço de direção da Fiat Fiorino.

2.4 – Fundamentação Teórica

Para concluir o estudo do subsistema, foi realizada toda uma fundamentação teórica (documento escrito) que consiste em explicar de forma clara e objetiva a função de cada componente. Para isso utilizamos de diversas bibliografias da área, entre elas BROULHIET, GEORGES (1993) Independent Wheel suspension. SAE Transactions, Vol 28, além de conhecimentos técnicos.

3. Resultados Esperados

O produto do trabalho é o modelamento mais real possível de subsistemas automotivos observando todas suas medidas, características e aplicações a fim de

utilizá-los em diversas finalidades, porém com o objetivo de ilustrar seu funcionamento de forma clara e simples ao público alvo.

3.1 – Parceria com o Museu do Automóvel

Criar um local mais ilustrativo e condizente com a atualidade, onde a informação é passada de forma cada vez mais interativa é o principal objetivo da parceria do Grupo GMSSA com o Museu do Automóvel de Brasília.

Para isso será feito o modelamento dos subsistemas de veículos antigos a fim de mostrá-los ao público de forma virtual e interativa.

3.2 – Proposição de um ambiente virtual

O ambiente virtual é um local onde se encontra todo o material referente ao projeto, tais como a modelagem das peças, o assembly e documentos teóricos explicativos dos subsistemas veiculares, onde será disponibilizado na rede através de um site público.

4. CONCLUSÃO

O Grupo de Modelagem e Simulação de Sistemas Automotivos (GMSSA) foi criado com o intuito da criação de um método que auxilie alunos de engenharia no aprendizado de conteúdos bastante complexos. Gerar um material extremamente ilustrativo onde a visualização do subsistema abordado se torna algo agradável e muito proveitoso.

O método proposto pode ser um bom caminho para o enfrentamento de situações de aprendizagem em Engenharia envolvendo sistemas complexos. A utilização de recursos tridimensionais e interativos pode servir de apoio a uma aprendizagem mais ativa e significativa.

5. REFERÊNCIAS

Colenci, T.A. (2000) **O ensino de engenharia como uma atividade de serviços: A exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica.** São Carlos. 141p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Cury, N.H. (2000) **Estilos de aprendizagem de alunos de engenharia.** Porto Alegre. 9p. Artigo – Faculdade de Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Análise da Influência da Formação do Aluno na Disciplina de Introdução à Ciência da Computação

Arthur de M. Del Esposte, Celso G. R. Queiroz, André B. de Sales

Campus Faculdade UnB-Gama – Universidade de Brasília (UNB)

Área Especial 02 Lote 14 - Setor Central Gama – DF

arthurmde@yahoo.com.br, cg_lp@hotmail.com, andrebdes@unb.br

Abstract. *The course Introduction to Computer Science presents high repetition rates and drop-FGA UNB campus. With the objective of reduce these rates through alternative solutions, was applied a questionnaire to 237 students of the discipline in order to identify the profile of these students as well as the main problems related to their learning. The results show that about half of the students have a large deficit of basic mathematical knowledge. This factor may be the cause of these major indices.*

Resumo. *A disciplina Introdução à Ciência da Computação apresenta altos índices de reprovação e evasão no campus UnB-FGA. Com objetivo de diminuir estes índices através de soluções alternativas, aplicou-se um questionário para 237 alunos da disciplina buscando identificar o perfil destes alunos assim como os principais problemas referentes ao seu aprendizado. Os resultados mostram que cerca de metade dos alunos têm um grande déficit de conhecimentos básicos matemáticos. Este fator pode ser a causa dos grandes índices referidos.*

1. Introdução

As disciplinas introdutórias à programação estão presentes nas grades curriculares de cursos superiores ligados principalmente à informática e à engenharia. Na Universidade de Brasília, o campus Faculdade do Gama – FGA – é um campus de engenharias onde estão presentes os cursos de Engenharia Automotiva, Engenharia de Energia, Engenharia Software e Engenharia Eletrônica. Para os primeiros semestres, estes cursos compartilham de um tronco de disciplinas comum da qual a disciplina de Introdução à Ciência da Computação – ICC – faz parte.

A disciplina ICC trabalha a lógica de programação através da linguagem C. Esta disciplina, no semestre 01/2011 foi ministrada em oito turmas diferentes, onde existe uma turma de 28 alunos, cinco turmas com 40 alunos, e duas turmas de 60 alunos. Contudo, a proposta do campus é oferecer turmas de até 80 alunos.

Os alunos da disciplina ICC têm apresentado grandes dificuldades na assimilação dos conteúdos abordados na disciplina. O histórico do campus FGA comprova que as estas dificuldades tem como consequências imediatas o aumento dos índices de reprovação e evasão, que nos campus foram de 42% e 15% respectivamente no semestre 02/2010. As dificuldades relacionadas às disciplinas introdutórias à programação são assuntos principais de outras publicações (Valentin, 2009; Santos *et al.*, 2005; Borges, 2002). Estes apresentam também propostas alternativas para o melhoramento do desempenho.

Segundo Valentin (2009), as dificuldades dos alunos estão relacionadas com o entendimento dos algoritmos, que por sua vez, são abstratos e dificilmente

compreendidos. De acordo com Santos e colaboradores (2005) e Price e colaboradores (2002), as dificuldades dos alunos interferem no interesse dos mesmos na disciplina de programação, provocados pelos métodos tradicionais de ensino, já que estes não compreendem a importância dos conteúdos para sua formação. Contudo, o baixo rendimento dos alunos em disciplinas de programação e principalmente em ICC pode estar relacionado a outros fatores.

Tendo em vista o cenário existente no campus FGA, e com objetivos alicerçados aos objetivos do DEG e do Programa de Bolsas REUNI de Graduação, tais como diminuir o índice de reprovação e evasão através da adoção de novas metodologias educacionais e desenvolvimento de materiais didáticos, foi realizada uma pesquisa por dois bolsistas e o professor orientador para definição do perfil dos alunos da disciplina de ICC e seus estudos. Esta foi de grande importância para entender as dificuldades existentes entre os alunos e assim, como trabalho futuro, apresentar propostas para o melhoramento dos índices.

Os resultados obtidos através da pesquisa realizada apresentam fatores alarmantes. Os problemas na aprendizagem de programação estão além das metodologias utilizadas ou dos materiais didáticos. Estes problemas estão diretamente ligados à má formação educacional básica provinda do ensino médio brasileiro, sem diferenciação, entretanto, entre colégios públicos ou particulares.

O artigo tem como objetivo analisar os dados relacionados à formação prévia do aluno, assim como o seu interesse no próprio desenvolvimento na disciplina, obtidos a partir do questionário aplicado a fim de concluir sobre as possíveis causas para os índices de reprovação e evasão da disciplina de ICC, e assim, promover soluções baseados na análise dos dados obtidos.

Este texto é composto por três seções. A primeira apresenta a metodologia de criação e aplicação do questionário proposto. A segunda oferece a análise dos resultados discutindo possíveis correlações existentes entre estes dados. Por fim, a terceira parte apresenta as conclusões dos dados coletados e propõem-se sugestões do desenvolvimento da disciplina em detrimento das necessidades dos alunos e dos objetivos do REUNI.

2. Metodologia

Diante dos altos índices de reprovação e evasão da disciplina de ICC, aplicou-se um questionário que buscava definir o perfil dos estudantes da disciplina do semestre 01/2011. Este questionário foi aplicado durante oitava semana da aula do semestre para sete das oito turmas e somente para alunos presentes. Assim, o questionário foi aplicado cerca de 70% dos alunos da disciplina (237 dos 335).

Buscou-se definir através do questionário, informações dos alunos da disciplina de ICC no campus UnB Faculdade do Gama – FGA quanto seu perfil, interesse no desenvolvimento dentro da disciplina e por último, quatro perguntas sobre matemática básica

Foi questionado aos alunos sobre seu interesse pela disciplina, podendo eles pontuar seus interesses em valores de 0 a 10. Também, buscou-se obter outras informações como a formação no ensino médio do aluno, e se o aluno tinha interesse em aprofundar seus conhecimentos. Finalmente, foi respondido pelos alunos se estes realizavam estudo para a disciplina fora do horário de aula, tendo a liberdade de escolher entras as alternativas: sim, não, e às vezes.

De forma geral, perguntou-se aos alunos quanto à sua participação na monitoria e se os alunos buscavam ajuda quando necessário aos monitores e professores, explorando assim, suas justificativas.

Ao final do questionário, realizaram-se perguntas fechadas referentes à matemática básica, pois disciplinas de programação solucionam principalmente problemas matemáticos, envolvendo a lógica matemática, sendo necessários ao menos estes conhecimentos aos alunos. Além do mais, foi observado na aplicação de prova em uma das turmas, que alguns alunos não conseguiam interpretar e desenvolver problemas simples que utilizavam estes conceitos. As perguntas foram:

1. Quantos lados são necessários para descobrir a área de um retângulo?
2. Quantos lados são necessários para descobrir o perímetro de um quadrado?
3. O preço de determinado produto era de R\$200,00 , foram dados 8% de desconto, o valor final do produto é:
4. Qual a parte inteira da divisão de $5/9$ (sem arredondamento):

3. Análise

Nessa seção, são apresentados os principais resultados obtidos:

O interesse dos alunos pela disciplina foi analisado em valores de 0 a 10, sendo que a média para os alunos foi de 7,05. Quanto à formação do aluno, foi observado que 69% dos alunos que cursam a disciplina se formaram no ensino médio regular em escolas particulares.

Por fim, foi questionado aos alunos sobre a realização de estudos para a disciplina fora do horário de aula, sendo que 44% responderam afirmativamente, 10% responderam que não estudavam para a disciplina, e 46% indicaram que realizam estudos para a disciplina às vezes. Na segunda parte do questionário, foram analisados questionamentos baseados nas respostas obtidas na primeira parte do questionário.

Além dos materiais de estudos disponibilizados pelo Moodle, e de cursos complementares, os alunos tinham outra opção de estudo com a monitoria, em horários alternativos. Sobre a monitoria, somente 6% dos alunos afirmaram utilizar deste serviço prestado pelos professores e monitores, sendo que, 46% dos alunos que não utilizam afirmaram que o motivo desta escolha seja o horário das monitorias. Outros 12% afirmaram que não freqüentam a monitoria porque não acham necessário, assim como os alunos que preferem outros meios de estudo, que indicaram o mesmo índice. Os alunos que preferem estudar sozinhos a ir à monitoria são 10%, e outros 18% justificam que não sabiam das monitorias. Os outros 2% são de alunos que não responderam ou não tinham interesse na monitoria.

Foram apontados pelo questionário os motivos que levam os alunos a não realizar estudos efetivos e freqüentes. Assim, observou-se que o motivo para isso é o fato deles priorizarem outras matérias (33%), 25% afirmou que não estuda pelo fato de que não tem tempo, 16% se dividem entre não achar importante e não gostar da matéria. Poucos alunos não possuem computador, apenas 1%, e 25% dos alunos justificaram a falta de estudo pelo fato de que não consegue estudar sozinho.

Ao serem questionados sobre a escolha de solicitar a ajuda do professor ou dos monitores, 37% afirmou que pedia ajuda, 39% pedia ajuda somente às vezes, e 24% não pediam ajuda. Dos alunos que não solicitavam esta ajuda, 40% afirmam ter vergonha de tentar tirar suas dúvidas, 33% preferem estudar sozinhos, 20% afirmam que não

precisam de ajuda, e 7% escolheu a opção referente a não saber explicar sua dúvida, e por isso não consultava o professor nem os monitores.

Os resultados mais alarmantes são referentes às questões básicas de matemática, onde 49% dos alunos erraram pelo menos uma das questões apresentadas. Esse total representa 116 alunos dos questionados. De forma representativa, 34% erraram somente uma questão, 11% erraram duas questões, cerca de 3% erraram três questões e três alunos erraram todas as questões.

É importante salientar que dentre os alunos que erraram, 30% dos alunos cursaram o ensino médio em colégios públicos e 70% em particulares. Verifica-se que a proporção de alunos quanto a sua formação e quanto à formação daqueles que responderam alguma questão errada se mantém.

4. Considerações Finais

Em virtude dos resultados obtidos, pode ser observado que mesmo com um alto índice de reprovação e evasão, muito alunos possuem interesse pela disciplina. Ainda sobre a definição do perfil do aluno de ICC na FGA, foi visto que menos da metade dos alunos são oriundos de ensino público, porém, constatou-se que o desempenho dos alunos na graduação não está relacionado com o tipo de formação do ensino médio.

O baixo índice de rendimento dos alunos pode estar relacionado, como observado pela justificativa da falta do acompanhamento da monitoria, e apesar da estrutura e horários incompatíveis, com a falta de interesse e procura dos alunos. Outro ponto a se destacar são os alunos que se sentem intimidados a realizar qualquer tipo de questionamento aos monitores e ao professor. E um fator observado através dos relatos dos alunos ao fim da pesquisa, foi que estes não entendiam a importância da disciplina para sua formação acadêmica, cobrando assim uma maior interdisciplinaridade dos conteúdos abordados ao longo do semestre, pelo fato de que, mesmo existindo uma pequena quantidade de alunos que não estudam fora de sala, a grande maioria deles realiza boa parte dos exercícios propostos em sala de aula.

O déficit de aprendizagem dos alunos pode estar relacionado ao fato de que o aluno não dá a devida atenção à disciplina por priorizar outras, deixando o estudo desta para momentos antes das avaliações, ou também pelo fato de que uma série de alunos que não consegue estudar, pelo fato de não entender sozinho o conteúdo.

Tendo em vista que, a disciplina de ICC necessita de conhecimentos básicos em lógica matemática, como aferido, o questionário apresenta índices preocupantes sobre o conhecimento dos alunos em questões básicas de matemática. Como foi visto que metade dos alunos que realizam a disciplina de ICC errou pelo menos uma questão de matemática básica, é possível observar que os alunos apresentam certa dificuldade em matemática. Portanto, estes alunos que erraram pelo menos uma questão são fortes candidatos a reprovação ou evasão na disciplina de ICC.

Como possível solução para suprir os déficits de conhecimento de certos alunos, propõe-se que possam ser feitas aulas complementares para estes alunos, além de um melhor acompanhamento junto a estes alunos que possuem certas dificuldades para estudar, e desenvolvimento de diferentes tipos de materiais de estudos, a fim de poder disponibilizar ao aluno, diversos meios alternativos para realizar seu estudos.

5. Referências

Pereira Junior, J.C.R., Rapkiewicz, C., Delgado, C., Xexéo, J.A.M. (2005) “Ensino de Algoritmos e Programação: Uma Experiência no Nível Médio”, comunicação particular, março, Rio de Janeiro.

Rocha, P.S.; Ferreira, B.; Monteiro, D.; Nunes, D.S.C.; Goés, H.C.N. (2010) “Ensino e Aprendizagem de Programação: Análise da Aplicação de Proposta Metodológica Baseada no Sistema Personalizado de Ensino”, CINTED-UFRGS, Brasil.

Santos, A. E.; Fermé, E; Fernandes, E. (2005) “Utilização de robots no ensino de programação: O Projeto Droide”, Universidade da Madeira, Portugal.

Borges, M. A. F. (2000) “Avaliação de uma Metodologia Alternativa para a Aprendizagem de Programação.”, Em: VIII Workshop de Educação em Computação – WEI 2000, Brasil

Valentim, H. (2009) “UM ESTUDO SOBRE O ENSINO-APRENDIZAGEM DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO”, Em: VII Enpec, Brasil.

Análise Experimental da Relação Otimizada entre Custo e Consumo em Motores Bicombustíveis

**André N. Trajano, Carlos F. Q. Araujo, Guilherme Pacheco,
Henrique C. M. Gouveia, Lucival Malcher**

Faculdade UnB Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB)
Área Especial 2, Lote 14, Setor Central, Cep: 72405-610, Gama - DF

andrenepomuceno@aluno.unb.br, carlosfilipe@aluno.unb.br,
g100103481@aluno.unb.br, bigao18@yahoo.com.br, malcher@unb.br

Resumo. Neste trabalho, apresenta-se uma proposta de buscar experimentalmente a melhor relação álcool/gasolina para motores bicombustíveis, de forma a se optimizar a relação custo versus consumo, baseando-se em uma condução típica. Testes experimentais em três tipos de motores “flex” são conduzidos de forma a se variar a quantidade de álcool e gasolina abastecidos, partindo de um total de 30 litros. Começa em um abastecimento típico com 100% de gasolina até outro com 100% álcool, sempre de 10% em %. Parâmetros como custo total de abastecimento e total de quilômetros rodados são analisados. Ao final dos testes, são calculadas as relações quilômetros rodados para cada real abastecido e para cada litro da mistura. A combinação ótima, objetivo do projeto, é atingida com a construção de curvas experimentais.

1. Introdução

Motores a combustão interna são máquinas térmicas que trabalham em ciclos contínuos e transformam energia química em mecânica. Existem diversos tipos de motores a combustão interna, como motores ciclo Otto, Diesel e Wankel. A potência desses motores é classificada popularmente através da quantidade de litros de mistura ar-combustível que é injetada nos cilindros a cada ciclo, por exemplo, motores 1.6 injetam 1,6 L de mistura ar-combustível distribuídos igualmente entre os pistões do motor, geralmente quanto menor for a quantidade de combustível injetada, menor será o consumo do motor, mas em contra partida o motor irá gerar menos potência.

Após uma das crises do petróleo o governo brasileiro começou a incentivar o desenvolvimento do motor a álcool com o programa Pró-Álcool. Tendo em vista que o combustível era desenvolvido no Brasil, não seria um problema manter os veículos brasileiros rodando com esse combustível, uma vez que este poderia ser produzido em quantidades suficientes para suprirem as necessidades. No começo esse tipo de veículo foi muito bem difundido, mas algum tempo depois “caiu em desuso”, mas com o aumento alarmante do preço da gasolina, foi bastante viável produzir carros movidos à álcool novamente. Com isso, as montadoras preferiram projetar motores bicombustíveis, que são capazes de produzir energia tanto a partir da gasolina quanto do álcool. Essa flexibilidade fez com que os motores flex se tornassem populares. Porém, com o aumento do custo do álcool ficou relativamente difícil saber qual combustível é mais apropriado para optimizar o consumo.

A gasolina possui um melhor rendimento, entretanto custa mais. Já o álcool é mais barato, porém o rendimento é mais baixo se comparado à gasolina. Talvez seja melhor utilizar uma combinação dos dois combustíveis para optimizar a relação custo por quilômetro rodado, desta forma pode-se então abastecer de forma a minimizar o custo do quilômetro rodado.

2. Metodologia de Teste e Condução

Para se ter uma maior precisão e homogeneidade nos dados coletados, foram adotados padrões específicos para condução do veículo durante a coleta de dados, bem como critérios durante o abastecimento da mistura, como: manter o motor sob aceleração controlada, evitar conduzir com motor em altas rotações, passar a marcha com o motor sob rotação próximo ao ponto onde a curva de torque e da potência se interceptam (geralmente 3500 RPM), abastecer sempre em postos da mesma "marca", abastecer uma quantidade igual em todas as medidas e sempre em um mesmo ponto. Calibrar pneus periodicamente e manter todas as revisões em dia. Foi necessária a criação de uma tabela para anotar os dados coletados, assim como os resultados.

Tabela 1. Comparação entre Casos

Mistura	Gasolina	Álcool	Valor Gasolina	Valor Álcool	Valor Total	Km rodados
---------	----------	--------	----------------	--------------	-------------	------------

Nesta tabela, são colocados todos os dado referentes a cada uma das medidas, que posteriormente servirão de base para construir os gráficos referentes aos resultados para que possam ser analisados com maior precisão. São testadas combinações entre os dois combustíveis que variam entre 100% gasolina à 100% álcool, variando a combinação de 10% em 10%.

Nesse projeto, estão sendo utilizados três carros, sendo os mesmos com as seguintes características (ver tabela 2). Foram adotados veículos de marcas diferentes para tentar abranger todos os diversos resultados e esboçar um resultado confiável.

Tabela 2. Especificação técnica dos motores utilizados

Veículo	Motor (cilindrada)	Potência (cv)	Torque (kgfm)	Peso (kg)
Palio/Siena Fire Flex	1.0 L	65(G)/66(A)	9,1(G)/9,2(A)	910
Gol Trend G4	1.0 L	68(G)/71(A)	9,4(G)/9,7(A)	895
Meriva Premium	1.8 L	112(G)/114(A)	17,7(G/A)	1253

3. Resultados Experimentais Obtidos

A tabela criada para auxiliar nas medições servirá como base para construção de um gráfico que permitirá uma análise da relação km rodado por real abastecido e outro que fornecerá a relação km rodado por litros da mistura.

A análise mostrará também, como já foi previsto, que teremos melhores resultados se buscarmos a relação km/real ao invés de km/L, devido à provável existência de uma mistura gasolina/álcool que otimize a quilometragem rodada dado uma quantidade de real investida.

Essa análise será o resultado do projeto. Para isso, todos os dados devem ser coletados seguindo a metodologia adotada. A partir da reunião de todos os dados, será feito o resultado experimental.

4. Conclusão

Com esta análise experimental esperamos obter a relação custo e consumo de combustível de acordo com a devida mistura que melhor satisfaz economicamente a

população. A partir dos resultados obtidos iremos traçar um gráfico, quilômetros rodados em função da mistura, no qual esperamos encontrar um ponto máximo desta função onde a ótima mistura gera maior número de quilômetros rodados possíveis para cada real gasto. Desta forma seremos capazes de identificar uma mistura ideal de álcool/gasolina que sairá mais em conta para o consumidor, tanto em função dos gastos como em função da distância percorrida pelo automóvel utilizando tal mistura.

5. Referência

BOSCH, Robert. (1980), Manual de tecnologia automotiva. São Paulo: E. Blucher.

O Ensino de Engenharia a partir do Projeto BioGama – Aplicação de conceitos e resultados em diferentes disciplinas

Lucas M. Gaio¹, Jéssica S. Silva¹, Isabela C. Curado¹, Breno P. M. Ribeiro¹, Almir Oliveira¹, Paulo V.M. Coelho¹, Renan F. Oliveira¹, Juliana P. Rodrigues¹, Josiane S. A. Souza¹, Grace F. Ghesti¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Gama – DF – Brasil

lucasquimica@gmail.com, jessica.souza.unb@gmail.com,
bel.curado@hotmail.com, brenoprince@hotmail.com, almir-oliveira-
1988@hotmail.com, pvmcoelhoo@gmail.com, oliveira.renanfelipe@gmail.com,
jpetrocchi@unb.br, josiane@unb.br, grace@unb.br

Abstract:

The major difficulty in teaching of engineering disciplines is the books available. The courses of UnB-Campus Gama, the proposal to use the ideals of the BioGama project as subject. With that, the student closer to the reality of the city and some problems that the population is suffering. So, the BioGama project seeks to promote an interdisciplinary, leading students to relate concepts they learn in subjects with the steps involved from the selective collect of waste oil to transformation of the products with higher added value. Thus, we seek to not only the search for alternatives to cleaner energy and community awareness, but also the training of professionals best prepared, trained and environmentally conscious to the labor market.

Resumo:

Uma das maiores dificuldades no ensino das disciplinas de engenharia é transpassar a barreira dos livros. Nos cursos ministrados no campus Gama da UnB a proposta de usar os ideais do projeto BioGama em sala de aula, aproxima mais o aluno da realidade da cidade e de alguns problemas que a população vem sofrendo. Com base nisso, tal projeto busca promover uma interdisciplinaridade, levando os alunos a relacionarem conceitos que aprendem nas disciplinas com as etapas envolvidas desde a coleta seletiva de óleo residual até a transformação deste em produtos com maior valor agregado. Com isto, procura-se não só alternativas para a busca por uma energia mais limpa e conscientização da comunidade, mas também a formação de profissionais mais preparados, capacitados e ambientalmente conscientes para o mercado de trabalho.

1. Introdução

1.1 A Criação do Campus UnB-Gama

A Universidade de Brasília (UnB) após 49 anos de fundação iniciou o processo de interiorização para estender o ensino público universitário para as demais cidades que compõem o Distrito Federal. O campus principal da UnB atende o plano piloto inteiro e, por isso, surgiu uma demanda para a criação de novos campi nas cidades satélites.

O vestibular da UnB, Universidade de Brasília, é famoso no Brasil por ser uma prova diferenciada. Sua principal característica é a interdisciplinaridade abordada em suas questões. Assim como seu vestibular, o Projeto BioGama da Universidade de Brasília, Faculdade Gama, visa integrar diversas disciplinas estudadas no curso de Engenharia do campus Gama pelos alunos participantes do projeto. Entre essas disciplinas se enquadram: Engenharia e Ambiente, Química Geral, Química Geral Experimental, Desenho Industrial Assistido por Computador, Humanidades e

Cidadania, Fontes Renováveis e Tecnologias de Conversão, Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia Econômica.

1.2 Projeto BioGama

O projeto BioGama foi criado com o objetivo de despertar uma reflexão coletiva sobre a necessidade da preservação ambiental na comunidade do Gama-DF, bem como promover um despertar da consciência ambiental quanto à reciclagem do óleo usado. O projeto é dividido em três etapas: a primeira visa à criação e manutenção das redes de coleta do óleo residual nas comunidades acadêmica e civil do Gama/DF; a segunda, busca a sensibilização e mobilização dos professores e alunos por meio de metodologia de planejamento de ações transversais nas disciplinas do curso de engenharia para despertar a consciência ambiental e técnicas de produção de biodiesel a partir de óleo usado na universidade; a terceira visa à transformação desse material coletado em materiais com maior valor agregado (biodiesel, sabão e outros) feitas pelos graduandos do curso de engenharia nas disciplinas disponíveis no fluxo acadêmico (1).

Atualmente, o projeto está vinculado ao Decanato de Extensão da UnB como um Projeto de Ação Contínua e conta com a participação ativa de mais de dez alunos da FGA, entre bolsistas e voluntários. Vários pontos de coleta já foram distribuídos na cidade do Gama-DF e a população mostra uma participação cada vez mais ativa no sentido de colaborar com a coleta de óleo. Com base nessas premissas, este trabalho tem o objetivo de mostrar a viabilidade de como o projeto pode ser contextualizado dentro de diferentes disciplinas, especificamente, Engenharia Econômica e Engenharia de Segurança, uma vez que outras disciplinas já fazem uso do projeto para que os conceitos envolvidos em torno da coleta, tratamento e transformação do óleo possam ser adaptados e assimilados pelos alunos dos cursos de engenharia da FGA.

2. Disciplinas Envolvidas

São várias as disciplinas que já fazem uso da matéria prima coletada (óleo residual), como: práticas de laboratório de química geral para engenharia (tronco comum, 1º semestre), combustíveis e biocombustíveis (Engenharia de energia, 3º semestre) e testes de motores. Disciplinas que têm como foco a produção de combustíveis renováveis e o estudo de mecanismos químicos entram em contato direto com o óleo coletado no intuito de fazer uma classificação e produção do biodiesel a partir de reações específicas, como por exemplo, a reação de transesterificação:

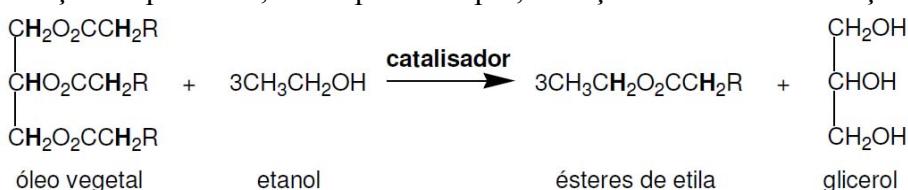


Figura 1: Reação de transesterificação entre um mol de óleo vegetal e três mol de etanol (relação estequiométrica), formando três mol de ésteres etílicos (biodiesel) e um mol de glicerol (2).

Disciplinas como a de Desenho Industrial tentam aperfeiçoar a planta piloto da universidade usada para a produção do bicompostível a partir da matéria prima coletada. Já matérias como Engenharia e Ambiente, Humanidades e Cidadania e Fontes de Energia, fazem uso do projeto dando ênfase à população atingida, as formas de atuação dos participantes, na elaboração de pesquisas que dão base ao projeto e na produção de materiais escritos e visuais para as campanhas de coleta e educação ambiental.

Abaixo, seguem algumas descrições do que foi abordado em duas disciplinas dos cursos de engenharia utilizando como tema o projeto BioGama:

2.1 Engenharia Econômica

Um tópico da disciplina que contribui com o projeto é a análise de eficiência-custo. Esta visa características secundárias para possível escolha entre um produto e outro: capacidade, confiança, consumo, crescimento potencial, dependência, consideração técnica, desempenho, disponibilidade, durabilidade, economia, existência de garantia, facilidade de reparação, flexibilidade, fornecedor de informações, habilidade, empotência, manutenção, mérito, mobilidade, modelo-padrão, penetrabilidade no mercado, precisão, prestígio, probabilidade de fornecer êxito, produtividade, segurança, versatilidade, tecnicidade, utilidade, valor residual na revenda, vida útil e vulnerabilidade. Pode-se incluir esses itens na escolha de bombonas para a coleta de óleo usado, por exemplo, ou até mesmo a distância e quantidade de óleo de pontos de coleta.

Pode-se também fazer uma avaliação de quando seria necessário realizar a troca da planta piloto, por exemplo, através da matéria “Substituição e Reposição de Equipamento” que analisa a vida útil do equipamento desempenhando um papel muito importante dentro do projeto. Definimos vida útil de um equipamento como o período de tempo em que ele continua desempenhando satisfatoriamente as suas funções. Esta depende do projeto do equipamento, da operação adequada, da manutenção, do obsoletismo, etc. Deve-se distinguir dois tipos de equipamento: a) de eficiência decrescente e vida útil previsível; b) de eficiência constante e vida útil imprevisível.

2.1 Engenharia de Segurança

A disciplina de engenharia de segurança engloba todos os tipos de procedimentos de prevenção de acidentes e é de grande importância para o projeto BioGama. Tanto para a planta de biodiesel, quanto para o laboratório, quanto para o transporte das bombonas, pois para operá-la, realizar experimentos, análises, dentre outros de forma correta, todos os tópicos devem ser relevados e estudados de forma a evitar qualquer tipo de imprevistos que possam resultar em acidentes.

Além da análise do uso de equipamentos de proteção, a engenharia de segurança estuda a probabilidade, intensidade e a natureza dos acidentes e/ou problemas em determinado local e visualiza-os graficamente através de um esquema do estabelecimento indicando tais riscos. Este esquema se chama mapa de risco e oferece o estudo completo o qual é de grande importância para alertar de que em certa localização existem os certos riscos.

O projeto ao trabalhar na planta, lida com situações onde estão presentes riscos ergonômicos (posturas incorretas, posições incomodas, repetitividade), físicos (ruídos, vibrações, umidade), químicos (poeiras, aerodispersóides) além da possibilidade de existir agentes de acidentes em caso de má manutenção do equipamento, por isso a importância de se utilizar todos os EPI's trabalhando em conjunto com o mapa de risco que deve ser elaborado pela CIPA. Como forma de avaliação da disciplina, a planta piloto de biodiesel foi analisada e o mapa de risco foi realizado, assim como identificado os EPI's e EPC's fundamentais para a realização de qualquer atividade na planta e nas atividades de análise das matérias primas no laboratório de química. Diante do exposto, foram alertados e divulgados os riscos, a fim de evitar acidentes para os membros do projeto que realizam os procedimentos, garantindo assim o trabalho seguro e sem acidentes.

3. Conclusão

O ensino, focado na interdisciplinaridade, traz grandes benefícios para a comunidade acadêmica. Trabalhando esse intuito o projeto BioGama vem promovendo grandes avanços no ensino de engenharia nos cursos ministrados na FGA/UnB. Ou seja, a partir da temática do projeto, os professores conseguem abordar assuntos referentes à produção de biocombustíveis, funcionamento de motores, desenhos de plantas industriais, reações químicas, reciclagem e o papel do engenheiro na sociedade.

Os próximos passos a serem seguidos pela equipe do BIOGAMA é a montagem de novos pontos de coletas como, por exemplo, em shoppings e eventos da cidade, execução de cursos e palestras destinados tanto a sociedade acadêmica quanto a sociedade civil referentes a importância do descarte correto do óleo de fritura e as possibilidades de reuso desse rejeito e a criação de novas parcerias com empresas que possam contribuir com os ideais firmados pelo projeto BioGama.

Como incentivo maior para a continuação dos trabalhos a equipe do projeto BioGama tem a consciência de que a partir de um resíduo gerado pelo cozimento de alimentos, um biocombustível pode ser gerado e a comunidade em geral pode ser beneficiada.

4. Agradecimentos

Os autores são gratos ao MCT/CNPq, FINEP, FINATEC, CNPq, FAP-DF, UnB-IQ, DEX-UnB pelo suporte financeiro.

5. Referências

1. GAIÓ, L. M. ET AL. (2010) Conscientização e Execução de Projeto Ambiental - Coleta Seletiva de Óleo Residual a partir de Matéria Prima Recolhida pela Comunidade do Gama. ECT- Encontro de ciência e tecnologia.
2. FISCHER, G.; SCHRATTENHOLZER, L. (2001) Global Bioenergy Potentials Through 2050. In *Biomass & Bioenergy*, Pergamon, v.20, n.3, p. 151-159.

Determinando o volume para envase de garrafas empregando o método de Lagrange

Arthur de M. Del Esposte¹, Fábio P. Endo¹, Carla T.M. Anflor¹

¹Campus Faculdade UnB-Gama – Universidade de Brasília (UNB)

Área Especial 02 Lote 14 - Setor Central Gama – DF

arthurmde@yahoo.com.br, fabioendo2005@hotmail.com, anflor@unb.br

Abstract. *The main goal of this work relies in determining a procedure to evaluate the volume of a specific recipient. Some mathematics and engineering issues, such as, numerical integration, Computer Aided Design and Programming in language C were used to develop the calculus methodology. The results provided numerically were validated by experimental experiments carry out in laboratory.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma metodologia para determinação do volume de um recipiente. Foram utilizados alguns procedimentos como integração numérica, desenho industrial, programação em linguagem C para desenvolver a metodologia de cálculo. Os resultados obtidos numericamente foram validados com resultados experimentais.*

1. Introdução

O processo de evolução humana, desde a adaptação do ser no meio em que vive até seu atual estágio tecnológico é consequência imediata dos avanços das técnicas e ferramentas da sua engenharia. Segundo Cremasco (2009), o engenheiro é o profissional que procura aplicar conhecimentos empíricos, técnicos e científicos à criação e à modificação de mecanismos, estruturas, produtos e processos que se utilizam para converter recursos naturais e não-naturais em formas adequadas às necessidades do ser humano e do meio que o cerca. Cada vez mais se necessita de engenheiros no cenário econômico de um Estado, tendo em vista que estes são componentes essenciais na formação deste cenário. A literatura (Filho, 2009) indica que a força da engenharia num país está estreitamente ligada à sua capacidade de inovação tecnológica e à sua competitividade industrial. Desta forma, foi proposta uma atividade na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral III, onde os conteúdos abordados na disciplina pudessem ser utilizados em um contexto prático. A atividade consistiu em medição do volume de um líquido existente em uma garrafa através da integração numérica.

2. Apresentação do problema

Para definir a forma do perfil da garrafa pode-se obter uma equação $f(x)$ que aproxima uma curva dos pontos definidos pela garrafa. Este processo depende da medição de uma quantidade de pontos segura que podem ser expressos em um eixo de coordenadas cartesianas xy . Neste artigo é apresentado um experimento baseado nos conceitos anteriores cujo principal objetivo era obter o volume de um líquido em uma garrafa previamente escolhida, através de ferramentas computacionais como o Maple e Excel. Para este experimento foi escolhido uma garrafa com o critério de que esta fosse simétrica em relação a um determinado eixo para que pudesse ser tratada como um sólido de revolução. A Fig. 1(a) apresenta a forma original da garrafa enquanto que a

Fig.1 (b) apresenta a escolha dos eixos cartesianos. Neste caso a altura é representada pela coordenada x . O perfil da garrafa foi determinado a partir de medições de 40 pontos discretos de seu diâmetro distribuídos ao longo do eixo x . Após a obtenção destes pontos, foi escolhido o método de Lagrange de interpolação polinomial para aproximar os 40 pontos obtidos para definir a função de forma da garrafa ($f(x)$).

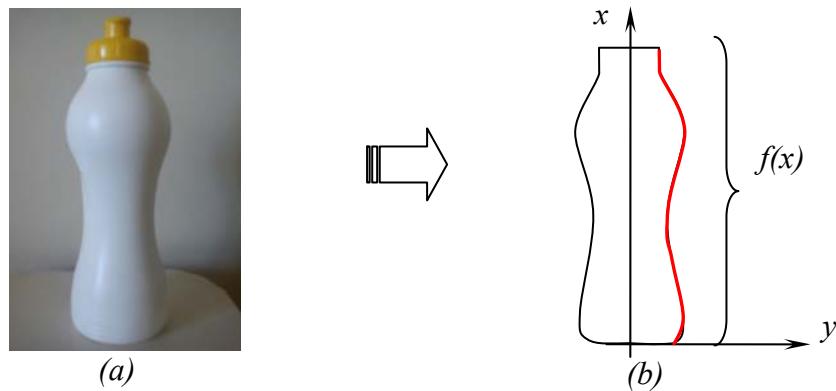


Figura 1. Detalhes da garrafa: a) forma original e b) perfil da garrafa $f(x)$.

O método de Lagrange é utilizado para definir um polinômio que devolva um valor aproximado $p(x)$ de um ponto escolhido x dentro de um intervalo $[a,b]$ de pontos onde tanto o x e $f(x)$ de n pontos são conhecidos, inclusive os de a e b . O polinômio de Lagrange pode ser escrito da seguinte forma:

Onde L é definido como:

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x) f(x_i)_i \quad (1)$$

$$L_k(x) = \frac{\prod_{j=0}^{n-1} (x - x_j)}{\prod_{\substack{j=0 \\ j \neq k}}^{n-1} (x_k - x_j)} \quad (2)$$

O método foi escolhido, pois a aproximação por interpolação tem um erro associado reduzido para um intervalo de pontos definido (Ruggiero e Lopes, 2010), que para o caso da garrafa trata-se do intervalo entre o fundo e o topo da garrafa. Assim, o método se torna mais confiável para este tipo de aproximação do que o método de aproximação por dispersão dos pontos utilizada pelo MS Excel. Desta forma, dividiu-se a garrafa em finitos cilindros de raio $f(x)$ com alturas h iguais, sendo que h é pequeno o bastante, ou tendendo à zero, para que haja uma grande precisão dos resultados. Sendo assim, calculou-se o volume de cada cilindro utilizando a equação 3:

$$V = \pi \cdot f(x)^2 \cdot h \quad (3)$$

A partir da Eq. 3 tem-se um valor aproximado de $f(x)$ para qualquer x (altura) definido entre o fundo e o topo da garrafa. Dividir um volume desconhecido em uma quantidade finita de volumes conhecidos que, quando juntos ou empilhados, se comportam semelhantemente ao volume desconhecido parte da definição de integral. Portanto, têm-se uma aproximação do volume anteriormente desconhecido através da soma de todos os volumes conhecidos que preencheram o volume inicial.

3. Metodologia

O primeiro passo consiste em determinar a geometria da garrafa, como altura e perfil. A garrafa escolhida apresenta 19 cm de altura em relação ao eixo x (veja Figura 1), tendo como limite inferior e superior a base e o seu topo, respectivamente. O perfil da garrafa foi transferido para papel milimetrado com tamanho real para que pudesse ser identificados alguns pontos necessários para determinar as coordenadas (x,y) de cada ponto. Cada ponto medido ao longo da altura define o raio variável da garrafa. Foram obtidos 40 pontos para definição do perfil da garrafa. Os pontos foram obtidos fixando a garrafa de modo que ela não pudesse se mexer e com uma caneta desenhou-se o contorno da garrafa acompanhando a sua curvatura. Conhecendo o raio de uma das extremidades foi traçados o eixo central x e a um passo de meio centímetro (0.5 cm) a distância da extremidade da garrafa ao eixo x foi determinada. Os pontos medidos também foram utilizados para representar a garrafa como um sólido de revolução no software de desenho Catia v5. Para tanto, foi desenhado os pontos máximos e mínimos locais da garrafa (onde a curva mudava de ordem, crescente ou decrescente), também chamados de pontos críticos. Esta representação pode ser observada conforme Figura 2. Para medição do volume e apresentação dos resultados, foi construído um programa em linguagem C que realizava as seguintes tarefas principais.

- i) Leitura da altura x ou nível do líquido na garrafa;
- ii) Cálculo da altura dos n cilindros através da equação $h = \frac{x}{n}$ (4)
- iii) Calcula-se através de Lagrange o $f(x_k)$ para $x_k = x_{k-1} + h$ onde x_k vai de 0 até a altura x escolhida.
- iv) Calcula-se o volume de cada cilindro através a Equação 3.
- v) Soma-se todos os volumes dos n cilindros.

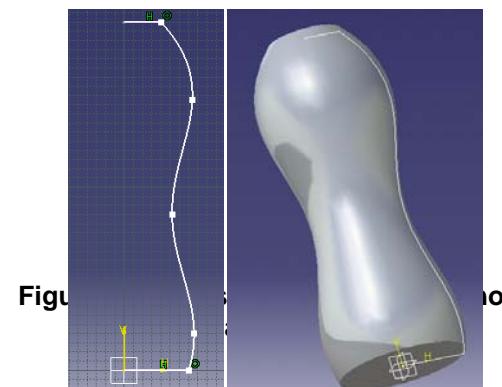


Figura 2

No meio industrial utiliza-se de uma régua integral para determinação de volumes de recipientes que servem de armazenamento de combustíveis por exemplo. Analogamente neste trabalho a régua integral será representada por um canudo de refrigerante. O canudo quando submerso dentro da garrafa e pressionado em seu orifício superior, prende o líquido existente em seu interior até que esta pressão seja aliviada. Neste canudo foram feitas 40 divisões, as quais representam a altura do líquido dentro da garrafa. Para efeito de validação do código numérico serão realizados dois procedimentos em laboratório: Primeiro teste considerando o volume total e o segundo teste considerando várias alturas para comparar a variação de volume.

4. Apresentação dos resultados

O código numérico já descrito foi implementado e utilizado para a confecção da régua integral, neste caso, representada pelo canudo de refrigerante. Inicialmente dois testes principais foram realizados para medir o grau de confiança dos resultados. O volume total da garrafa foi medido utilizando-se de copos de Becker, onde foi obtido cerca de 630 ml. O volume total da garrafa obtido experimentalmente apresenta resultado

semelhante ao calculado pelo código em C escrito neste trabalho. Este resultado por ser visto na Figura 3. É importante salientar que para o cálculo do volume da garrafa o programa solicita como variável de entrada apenas o valor da altura. Neste caso o programa calcula o volume para qualquer altura do líquido dentro do limite superior (topo) e inferior (base) da garrafa.

```
Digite um ponto entre <0 - 190>mm: 190
O volume ate a altura 19.0000 cm = 624.325116 ml
```

Figura 3. Resultado para o primeiro teste.

Para o segundo teste, a garrafa foi abastecida com 240ml de água utilizando-se de um copo de Becker, o que resultou em uma altura de 50mm. Ao alimentar o código com a altura lida no canudo, este calculou um volume de 208,43ml. O resultado obtido está apresentado na Figura 4.

```
Digite um ponto entre <0 - 190>mm: 50
O volume ate a altura 5.0000 cm = 208.434529 ml
```

Figura 4. Resultado para o segundo teste.

O resultado obtido teve uma diferença de aproximadamente 32 ml quando comparado com o valor do volume obtido experimentalmente. O número de cilindros calculados foi de 10000000. O aumento do número de cilindros não alterou significativamente o resultado do volume obtido numericamente.

5. Considerações Finais

Este trabalho teve por objetivo fundamentar os ensinamentos obtidos na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral III na determinação de volumes de sólidos. Os resultados de volume obtidos numericamente em alguns casos de alturas intermediárias foram divergentes dos obtidos experimentalmente. Tais divergências são explicadas por diversos fatores como, por exemplo, variação na espessura da garrafa, dificuldade de leitura exata da altura do líquido, alguns erros propagados como transcrição e leitura dos pontos (x,y) no papel milimetrado. Apesar das divergências entre resultado numérico experimental, foi possível entender o procedimento construtivo de uma régua integral e sua utilização no meio industrial para determinação do volume como, por exemplo, de tanques em plantas de refino de combustíveis e postos de gasolina.

6. Referências

- Cremasco, M. A. (2009). A responsabilidade social na formação de engenheiros. In: Instituto Ethos de Empresa e Responsabilidade Social. (Org.). Responsabilidade social das empresas. 1 ed. São Paulo: Editora Peirópolis, 17-42.
- Ruggiero, M.A.G; Lopes, V.L.R. (2010), Cálculo Numérico – Aspectos teóricos e computacionais – 2^a Edição.
- Filho, R.L.L.S. (2009), Proposta para incentivo à formação de engenheiros no brasil. Lobo e Associados Consultoria.
- Thomas, G.B.; Giordano, W.H., (2008), Cálculo – Volume 2. 11^a Edição.

m-learning em Engenharia: do Ambiente Virtual de Aprendizagem aos conteúdos para celular

**Tiago F. R. Lucena¹, Nathália Nóbrega¹, Aline L. Campelo¹, Vitor Makoto¹,
Guilherme Muniz¹, Eduardo N. Ribeiro¹, Rita de Cássia Silva¹, Sérgio A. A. De
Freitas¹**

¹ Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, CECEL Lote 01 Gama - DF, Brasil

tiagofranklin@gmail.com, nathalianob@gmail.com,
chevalier.beaumont@gmail.com, makotomatayoshi@gmail.com,
gui_yukito@hotmail.com, eduardo_slayer@hotmail.com, ritasilva@unb.br,
sergiofreitas@unb.br

Abstract. The article focuses on the creations of the Group for Research and Development of Interactive Environments - i-GPDAM of Gama College (FGA) - UnB. Taking the Virtual Learning Environment- AVA - as a starting point to show the engineering's content from AVA to mobile phone's screen. We present here the recent proposals to use smartphones as aids in the teaching and learning process for the discipline of Mechanics of Solid by inserting by Augmented Reality techniques some physical structures synthetically created and displayed on the screen of the mobile device.

Resumo. O artigo foca nas criações do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de Ambientes Interativos – i-GPDAM da Faculdade Gama (FGA)-UnB. Toma-se o AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem como ponto de partida para apresentar os conteúdos das disciplinas criados para telefone celular. Apresenta-se as propostas recentes de usar smartphones como auxiliares no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Mecânica dos Sólidos pela inserção em Realidade Aumentada de estruturas físicas sinteticamente modeladas e que são visualizadas na tela do dispositivo móvel.

O presente artigo foca no desenvolvimento de ferramentas interativas auxiliares para o processo de ensino e aprendizagem das disciplinas dos cursos de graduação da Faculdade do Gama – Universidade de Brasília. A FGA nasce como um espaço interdisciplinar que congrega quatro cursos de graduação: software, eletrônica, automotiva e energia. Nesse ambiente, destaca-se o diálogo entre disciplinas que fornece ao estudante uma visão global do campo da engenharia, antes que ele opte por uma área de interesse e/ou campo de concentração.

O Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de Ambientes Interativos – i-GPDAM foi formado por alunos da graduação de Energia, Software e Automotiva e da pós-graduação em Artes e Tecnologia do campus central e possui como líderes professores da Automotiva e Software. O grupo é aberto a diversos tipos de criação e nesse momento desenvolve um AVA, Ambiente Virtual de Aprendizagem, focado nas disciplinas do curso e toma os conteúdos presentes em Mecânica dos Sólidos (MecSol) como projeto piloto. Essa proposta já foi apresentada na ocasião o II ECT em 2010 (Silva, Rita; De Freitas, Sérgio *et al*, 2010).

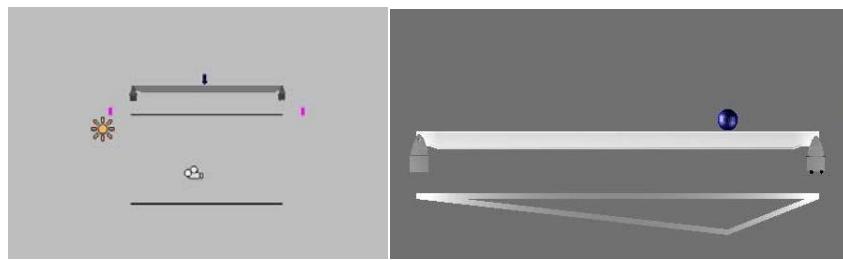


Figura (a) - Modelagem de estrutura presente no AVA, realizada com o uso do software Unity 3.0.

Foca-se, portanto, nos desdobramentos dessa criação, apontando para novas ferramentas e propostas que nascem da expansão do AVA para outras plataformas e suportes, que incluem dispositivos móveis.

Em artigos anteriores foram apresentadas as principais funcionalidades do AVA, reforçando, nessas ocasiões, as propostas de objetos de aprendizagem dentro da disciplina Mecânica dos Sólidos. Depois da conclusão de uma versão *beta*, abriu-se espaço para testes e validação do sistema, ao ser usada, efetivamente, por um grupo de testes e controle, composto por estudantes da disciplina. Procura-se criar um AVA geral que possa atender outras disciplinas e suas especificidades no *campus* da FGA. Os testes visam a análise da usabilidade com base numa planilha de análise heurística onde problemas são corrigidos antes da aplicação em larga escala do *software*.

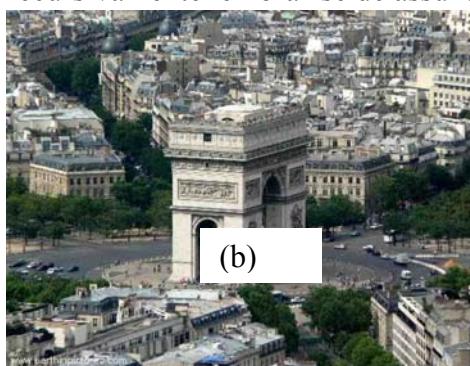
Nessa proposta amplia-se o AVA para disciplinas do tronco comum prevendo repositório e as interligações (pré-requisitos) entre as disciplinas. Mapeia-se o conhecimento com palavras-chave que funcionam como *tags* dos conteúdos. O diálogo entre essas *tags* permitem ao sistema identificar possíveis erros cometidos pelos usuários, indicando por vezes quais temas e tópicos que esses podem ter errado. Atualiza-se no projeto, o uso de agentes para não só identificar um perfil do estudante em suas dificuldades, mas também para propor caminhos que podem ser seguidos pelo usuário. A indicação de revisão de conteúdos extrapola aquelas dentro de uma disciplina e passa a acontecer entre as disciplinas do *campus*. Sabe-se que, por exemplo, os conteúdos abordados em MecSol envolvem diretamente outras duas disciplinas antecedentes do fluxo acadêmico. Assim sendo, mapear e propor esse diálogo entre elas é um elemento importante para que o professor veja efetivamente onde estão instauradas as deficiências do estudante.

m-learning: conteúdos das engenharias para serem vistos em aparelhos celulares

Atualizando as propostas do grupo de pesquisa, chega-se ao campo da *m-learning* como uma possibilidade a ser explorada a favor dos conteúdos da engenharia. *M-learning* é a ampliação da *e-learning* (aprendizagem eletrônica) que passa a incluir dispositivos móveis como mídias/ferramentas auxiliares no processo de ensino e aprendizagem. (GHAZVINI *et. al*, 2011).

Nesse sentido adéqua-se a proposta de uma educação que extrapola os limites físicos do *campus* da FGA para atingir o estudante em qualquer lugar que esteja. A disjunção espaço-temporal dos conteúdos transpostos para mídias *online* permitem ao estudante acessar e aprender em seu ambiente domiciliar, de forma autônoma e /ou compartilhada com outros indivíduos. Com o AVA valoriza-se o acesso ao aprendizado por meio de PCs/notebooks. Já com o uso do celular em *m-learning* propõem-se um aprendizado *pós-desktop* em seus deslocamentos pelo espaço urbano. Acessa-se o conteúdo de MecSol na rua.

Nessa proposta usa-se de Realidade Aumentada- RA que se refere às técnicas de inserção de imagens sintéticas sobre imagens “reais”. Como antecedentes, encontra-se a técnica do *Chroma Key* no cinema e vídeo, porém em RA usa-se de câmeras em processos de visão computacional que lêem marcadores e inserem sobre eles imagens sintéticas. Na RA objetos sintéticos são embarcados na imagem do ambiente real (BIMBER; RASKAR, 2005). Como interface mediadora desse processo de visualização de imagens sintéticas, temos modelos de celulares do tipo *smartphone*, que permitem mobilidade e portabilidade no acesso a essas imagens. Toma-se, por exemplo, o espaço central do átrio de acesso às salas de aula no *campus* da FGA onde estão geolocalizados (por meio de coordenadas dadas pelo GPS) uma estrutura modelada em escala natural do Arco do Triunfo de Paris- França. Num primeiro momento há a modelagem em tamanho natural da estrutura do Arco do Triunfo em *low poly* (baixo numero de polígonos). Essa questão refere-se à possibilidade de visualizar melhor a estrutura por meio da tela pequena dos *smartphones* e de sua capacidade de processamento que não requer muitos detalhes para *redenrizar* e visualizar a imagem. O exemplo ilustrado, para além de sua importância histórico-cultural como monumento arquitetônico da capital francesa, visa dar ao estudante um exemplo de estrutura em arco que não é de seu ambiente visual familiar. Pela câmera do celular, estudantes poderão ver e adentrar na estrutura, aproximando de detalhes e percebendo nuances estruturais que contribuirão para que sua formação seja lúdica e completa. No caso, a estrutura criada para fins educacionais vale-se das coordenadas do GPS na sua localização; as coordenadas, nesse sentido, servem como marcadores pelos quais, por meio de processos computacionais, é inserida a imagem sintética. Na realização desse trabalho usaremos do *Browser* de Realidade Aumentada Layar, disponível para *download* em modelos Android ou I-phones. O recurso de usar *smartphones* na difusão de conteúdos educativos para as disciplinas da FGA procura atender a uma crescente demanda de criar meios e mecanismos que permitam ao estudante usarem de seus dispositivos pessoais no processo de aquisição de conhecimento. Aparelhos celulares são tecnologias com penetração maior do que computadores (LING; DONNER, 2009). O número de usuários de *smartphones* cresce exponencialmente em todos os lugares e, em especial, em países como o Brasil (KATZ; AAKUS, 2002). Faz algum tempo que celulares e *palm tops* foram abolidos do ambiente escolar por comprometerem o estado de atenção do estudante. Certo de que o uso do celular na sala de aula compete com a transferência de conteúdo do professor, incentiva-se o uso no lado externo desse ambiente de estudo. Dessa forma, há contribuição para se perceber que, ao sair da sala de aula, o estudante pode recursivamente lembrar-se de assuntos e conteúdos dados em seu interior.



(b)



(c)

Figura (b): Arco do Triunfo: Paris- França- Construção que está sendo modelada em 3D para inserção em RA no campus da FGA- UnB. Disponível em <http://br.photaki.com/picture-arco-do-triunfo-paris_133330.htm> . Figura (c) : Browser Layar de RA para celulares do tipo smartphone. Disponível em <http://www.telepresenceoptions.com/2010/01/augmented_reality_the_next_gen/

Referências Bibliográficas

- Bimber, Oliver e Raskar, Ramesh. (2005) “*Spatial Augmented Reality: merging Real and Virtual Worlds*”. Wellesley, Massachusetts: A K Peters.
- Silva, Rita; De Freitas, Sérgio; Lucena, Tiago; Nóbrega, Nathália; Campelo, Aline; Makoto, Vitor; Bomtempo, Tullio (2010). “Proposição de um Ambiente Virtual de Aprendizagem aplicado a Mecânica dos Sólidos”. Apresentado no II ECT- Encontro de Ciência e Tecnologia da Faculdade do Gama – Universidade de Brasília – Novembro de 2010.
- Ghazvini, F.; Earnshaw, R.; Moeini, A.; Robinson, D. and Excell, P. (2011) “*From E-Learning to M-Learning - the use of Mixed Reality Games as a new Educational Paradigm*”, <http://online-journals.org/i-jim/article/view/1463>, July.

Responsabilidade compartilhada e logística reversa na gestão de resíduos de celulares

Antônio Carvalho de Oliveira Júnior, Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé, Ediane Teixeira Neves, Jefferson Souza, Jéssica Vivian, Moreira da Silva, Karine Ximenes Cordeiro, Rebeca Cristina Souza e Renata Cardoso Roncoleta

Faculdade do Gama da Universidade de Brasília (FGA/UnB)

antonio_jk_7@hotmail.com, vitferrari@unb.br, ediane_seven@hotmail.com,
jefferson-eng@hotmail.com, jessicaveiga@hotmail.com,
ximenes.karine@hotmail.com, s.rebeca.s@gmail.com,
renata_espetacular@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste projeto foi contribuir com a divulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), identificando a destinação de resíduos de celulares no Gama-DF pela comunidade bem como a capacidade de fabricantes, operadoras e empresas de assistência técnica de atender à responsabilidade compartilhada na logística reversa requerida por esta Política. Ainda, contribui para a formação de um núcleo de estudos de reaproveitamento, recuperação e reciclagem de resíduos na Faculdade UnB Gama. Os resultados demonstraram que a PNRS ainda não é conhecida pela comunidade nem pelos funcionários das empresas consultadas; a responsabilidade compartilhada e logística reversa para a destinação de celulares demanda de mecanismos acessíveis de educação ambiental de todos os agentes.

Abstract

The objective of this project was to contribute to the dissemination of the National Policy of Solid Waste, identifying the mobile phone waste disposal in Gama-DF by the community, and the ability of manufacturers, operators and service organization regarding shared responsibility in the reverse logistics required by this policy. Still, it contributes to the formation of a study group of reuse, recovery and recycling of waste in the Faculdade UnB Gama. The results showed that the Policy is not yet known by the community or the employees of the studied companies; shared responsibility and reverse logistics for the disposal of mobile phone require accessible mechanisms of environmental education to all agents.

INTRODUÇÃO

O crescente avanço da tecnologia de celulares levou o ser humano ao desejo de constante inovação, buscando trocar o velho aparelho por um de última geração. No Brasil foram fabricados cerca de 390,7 milhões de 2003 a 2009, segundo dados

Pesquisa Industrial Anual realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, e são vendidos 55,3 milhões de aparelhos no Brasil em 2010. De acordo com informações fornecidas pela NOKIA (2008) o celular possui 10% de cerâmicas, 45% de plástico, 20% de cobre, 5% de não metais e 20% de outros metais, como Alumínio e Ouro. Sendo que esses valores se alteram dependendo do modelo do aparelho e desse total cerca de 80% pode ser reciclado e voltar à indústria. De acordo com a empresa, somente 3% do total de aparelhos do mundo eram reciclados.

Um dos componentes do celular que causa mais dano ao meio ambiente é a bateria, pois quando esgotado seu potencial energético, torna-se resíduo perigoso, e como tal deveria ser encaminhada para a reciclagem ou para um aterro licenciado (CONAMA, 1999). Os problemas causados à saúde variam de câncer a problemas pulmonares, irritação na pele, necrose da medula óssea, elevação da pressão arterial entre outros. (REIDLER e GÜNTHER).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305, 2010) prevê obrigações aos fornecedores que devem estabelecer logística reversa para produtos com algum grau de toxicidade, incluindo os eletroeletrônicos. Na prática, a lei estabelece a coleta e a restituição dos descartes às empresas para reaproveitamento, reciclagem ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Este trabalho integra um projeto de ação contínua realizado pela disciplina de Engenharia e Meio Ambiente, e visa contribuir para a criação de um núcleo de estudos de tecnologia de reaproveitamento, recuperação e reciclagem de resíduos na Faculdade UnB Gama (FGA). Este núcleo faz parte do escopo da linha de pesquisa estratégica em resíduos sólidos do Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade (LACIS/FAU/CDS/FGA).

OBJETIVO

O objetivo deste projeto foi contribuir com a divulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, assim como avaliar o conhecimento da população sobre a mesma, identificando a destinação de resíduos de celulares no Gama-DF pela comunidade, e a capacidade de fabricantes, operadoras e empresas de assistência técnica que atuam na comunidade, quanto à responsabilidade compartilhada na logística reversa requerida por esta Política.

MÉTODOS

As pesquisas de campo para coleta de dados foram feitas em julho de 2011 na cidade do Gama-DF, por meio de entrevistas aplicadas a empresas de varejo e à população. A área de pesquisa delimitada foi constituída pelos setores central, leste e sul da área urbana. As entrevistas realizadas às empresas envolviam perguntas quanto à média de número de aparelhos e marcas vendidos por mês, se as empresas recebiam aparelhos ou baterias não mais utilizados e qual a destinação e o conhecimento da legislação. Treze empresas foram entrevistadas. Nestas empresas foram identificadas revendas das operadoras CLARO, TIM, OI e VIVO.

Com a comunidade foram realizadas 211 entrevistas, indagando sobre sua conduta com os celulares que não utilizavam mais, a média de tempo que trocavam de celulares e seu conhecimento sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Cinco empresas fabricantes de celulares (LG, Samsung, Nokia, Sony Ericsson e Motorola) e as operadoras (Claro, TIM, Oi e Vivo), também foram entrevistadas por

telefone (Serviço de Atendimento ao Consumidor) e por e-mail. Treze empresas de varejo também foram entrevistadas quanto às mesmas questões.

RESULTADOS E ANÁLISE

A maior parte das empresas de varejo entrevistadas vende celulares de todas as operadoras. De acordo com os entrevistados, 54% vendem em média mais de 500 celulares por mês. Apenas 15% dos entrevistados não responderam, os motivos alegados foram que não poderiam fornecer esses dados a terceiros. Outra pergunta feita durante essa mesma entrevista foi qual marca era a mais vendida no estabelecimento. Em primeiro lugar com 38% esteve a Nokia, seguida pela Samsung com 30%.

Das 13 empresas entrevistadas foi constatada a presença de pontos de coleta de celulares, baterias e pilhas em quatro delas, porém apenas duas dessas empresas recebem celulares inutilizados. Foi informado que dos aparelhos recolhidos pelas empresas, apenas 19% são devolvidos aos fabricantes para fins de reciclagem, os outros 81% são jogados em lixo comum. Apenas em uma empresa o funcionário sabia fornecer informações sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Das 211 pessoas entrevistadas 41%, respondeu que troca de celular entre um e três anos, 33% troca de celulares anualmente e o restante 26% demora mais de três anos para descartar seu aparelho. Parte das pessoas pesquisadas, 46,6% respondeu que os motivos para a troca são por defeito e 44,8% por aparelhos mais modernos, menos de 1% têm outros motivos, como venda ou repasse para terceiros.

Quase 50% dos entrevistados responderam que guardam seu aparelho velho, 18% vendem, 15% jogam no lixo comum, apenas 5% devolvem em empresas e 16% dos restantes dão outros destinos. Esses 15% que redirecionam seus celulares para o lixo comum felizmente não representam maioria em quantidade percentual, por outro lado somente 5% representam o diferencial tendo a atitude correta. Este procedimento de redirecionar os aparelhos não mais utilizados, para as empresas onde foram comprados não só é correto, mas também o procedimento determinado pela Lei 12.305/2010 que atribui responsabilidade compartilhada também pelos consumidores.

A falta de informação sobre requerimentos da PNRS ou sequer conhecimento de sua existência, deixa claro a carência de informação disponível e de fácil entendimento. De acordo com a pesquisa feita ao público, 82% não conhecem a PNRS contra 18% que afirmaram conhecê-la. Quando foram indagados sobre a destinação de celulares ou baterias a reciclagem, os números computados foram semelhantes aos obtidos na pesquisa sobre o conhecimento da Lei: 81% das pessoas nunca haviam destinado celulares ou baterias à reciclagem e 19% o haviam feito.

As lojas de varejo também não contribuem com a responsabilidade compartilhada pela logística reversa no universo amostrado. Quando foram indagadas a respeito de pontos de recolhimento de aparelhos ou baterias a maioria não os possuía em suas lojas, ou seja, sem locais apropriados para esse tipo de descarte, aumenta a dificuldade da população agir da forma correta.

O Serviço de Atendimento ao Consumidor foi utilizado para solicitar informações sobre a disponibilidade de recepção de celulares inutilizados das fabricantes: LG, Samsung, Nokia, Sony Ericsson e Motorola. A LG foi a única a informar que “não tem um posicionamento a respeito desse material”. Quando questionadas a respeito da localização de assistências técnicas para entrega de

aparelhos, todas que afirmaram que recebiam aparelhos, disseram que poderia ser entregue nestes estabelecimentos no Plano Piloto. Quando indagados sobre entrega de aparelhos nas operadoras, nenhuma confirmou essa possibilidade.

Por meio de correio eletrônico, as informações fornecidas pela LG contrariaram as informações obtidas via SAC, foi informado que há a recepção de celulares, porém não informaram a localização dos pontos de coleta. Somente no último contato foi obtida a informação de recepção pela assistência técnica que, igualmente as outras fabricantes, localiza-se no Plano Piloto. A Nokia, a Sony Ericsson e a Samsung foram coerentes com o que foi informado pelo SAC. Quando questionados a respeito de recepção de aparelhos pelas operadoras todas mencionadas anteriormente confirmaram a possibilidade. A Motorola foi a única das empresas fabricantes que não respondeu o email.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No universo amostrado pode-se perceber que as empresas e os cidadãos não estão preparados para cumprir a responsabilidade compartilhada pela logística reversa requerida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. Pode-se concluir então que a lei ainda é pouco conhecida, levando à inferência que é preciso um trabalho de educação ambiental continuado para que a Política possa ser efetivamente implantada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 147, n.147, p.3, 03 ago. 2010. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 26 abr. 2011.

CONAMA. **Resolução Nº 257, de 30 de junho de 1999.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=257>>. Acessado em: 01 de ago. 2011

NOKIA. **Nokia care recycling service training.** p. 01-21 de 2008. Disponível em: <<http://nokiacare.carsiste.com/Nokia%20Care%20Recycling%20Service.pdf>>. Acessado em: 29 de jul. 2011.

REIDLER, Nivea Maria Vega Longo; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. **Impactos ambientais e sanitários causados por descarte inadequado de pilhas e baterias usadas.** Disponível em: <http://www.ecolmeia.org.br/pilhasebaterias/impacto_ambiental.pdf>. Acessado em: 29 de jul. 2011.

Estudo para implantação de um parque eólico no distrito federal

Janaíne Mônica de Oliveira, Vitor Magalini Zago de Sousa, Josiane do S. A. de Souza

¹ Faculdade UnB Gama, Caixa Postal – 8114 – 71405-610 –Gama-DF - Brazil
monica.janaine@gmail.com, vitormagalinizago@gmail.com, josiane@unb.br

Resumo: A energia eólica é utilizada desde os primórdios da humanidade sob a forma de moinhos, velas para barcos. O Brasil está em crescimento demográfico e econômico com aumento da demanda energética buscando outras alternativas em fontes renováveis, além da energia hidráulica. Existe a necessidade de ampliar e modificar a matriz energética, visto que a energia elétrica de fontes hidráulicas com grandes redes de distribuição. Esse artigo é estudo primário de viabilidade de implantação de um parque eólico no DF. A análise de dados espaciais foi em SPRING. Os parâmetros usados foram referentes ao uso e a ocupação do solo, como unidades de conservação e domicílios; direção e velocidade média dos ventos. Notou-se que o DF é pouco atrativo para a geração de energia elétrica de grande porte, mas é possível com aerogeradores de pequeno porte. Há a possibilidade de utilização de aerogeradores em pequenas localidades para suprir pequenas demandas de energia.

Abstract: Wind power is used since the dawn of humanity in the form of windmills, sails for boats. Brazil is in demographic and economic growth with increasing demand of energy looking for other alternatives in renewable energies, and hydraulic energy. There is a need to extend and modify the energy matrix, since the hydraulic power source with large distribution networks. This article is primary study of the feasibility of deploying a wind farm in Mexico City. The spatial data analysis was SPRING. The parameters used were related to the use and occupation of land as protected areas and households, average speed and direction of winds. It was noted that the DF is not very attractive for the generation of electricity from large, but is possible with small wind turbines. There is the possibility of using wind turbines in small towns to meet the energy demands of small.

Introdução

Para a implantação de parques eólicos é necessário um estudo de viabilidade técnica e econômica, incluindo a verificação do potencial gerador da região. Em geral se considera que a velocidade mínima para que a produção de energia elétrica por meio dos aerogeradores seja comercialmente rentável, para grandes mercados, seja entre 2,5 a 3,5 m/s, velocidade esta que pode ser alterada por diferenças em propriedades de superfícies como geometria e altitude do terreno, vegetação e distribuição de superfícies de terra e água [ANEEL, 2010].

As vantagens dos empreendimentos eólicos são: a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão; o baixo impacto ambiental; o menor tempo de implantação; a redução no carregamento das redes; a redução de perdas; melhoria do nível de tensão da rede no período de carga pesada [ANEEL, 2010].

Em um SIG é possível fazer análises de altitude, relevo, vegetação, hidrografia entre outras informações. Com estas informações é possível gerar um plano de informações com demarcações de terreno para possível implantação de parques eólicos. Sistema de Informações Geográficas não pode medir o potencial eólico de certa região, porém pode utilizar ferramentas de edição de imagens para mostrar e identificar potenciais regiões de produção de energia elétrica e destinações de uso das áreas que não têm impedimento legal para uso dessa atividade. Ele pode auxiliar na indicação de áreas potenciais propensas a implantação deste tipo de energia.

Este trabalho tem por objetivo indicar, no Distrito Federal, uma área potencial para a implantação de aproveitamento eólico, levando em consideração as categorias e destinações legais dadas as uso e ocupação do solo relevo, a hidrografia da região, a vegetação da região e a velocidade dos ventos na região. Com esse trabalho espera-se apresentar uma alternativa, por meio da proposta de implementação de pequenos empreendimentos eólicos na região, à geração de energia elétrica no DF, onde o

consumo é alto e próximo a 3600 GWh por ano (dados da CEB - 2004). Praticamente toda esta demanda de energia elétrica é proveniente de fontes hidráulicas, essa alternativa visa diversificar a matriz energética do DF, minimizando alguns impactos ambientais causados pela matriz hidráulica, porém também se atentando para possíveis impactos causados pela proposta.

1. Metodologia

O SIG utilizado para a análise da região potencialmente atrativa para a implantação do parque eólico no DF foi o Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), versão 5.1.6, com o banco de dados Atlas 2008, mapas das unidades de conservação da natureza em ASCII-SPRING, disponíveis no sítio eletrônico do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Os planos de informação utilizados foram: na categoria de imagens, a imagem DF_Brasília no plano Imagens_CBERS_Capitais, na categoria cadastral a CAD_UF_2005 para demarcar os limites do DF e ainda nesta categoria, a criada com os mapas das unidades de conservação da natureza, CAD_UCF.

Os dados e informações foram obtidos no INPE e Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, como velocidades e direções dos ventos sazonais, constante de Weibull para cada região. Por fim, elaborou-se uma proposta de implantação de parque eólico para o DF.

2. Referencial teórico

Um Sistema de Informação Geográfica é um sistema de informação baseado em computador que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados [Câmara Neto, 1995]. A tecnologia de SIG pode trazer enormes benefícios devido a sua capacidade de manipular a informação espacial de forma precisa, rápida e sofisticada [Goodchild, 1993]. O SIG utilizado para a proposta deste trabalho foi o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas). Ele permite a manipulação de dados sobre velocidade direções do vento, localização geográfica de uma determinada região, demarcar áreas de conservação da natureza e outros. A análise destas informações é essencial para uma proposta de um parque eólico em determinada região.

A energia eólica é a energia cinética contida nas massas dos ventos. Seu aproveitamento ocorre por meio da transformação da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de aerogeradores. Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s [Grubb; Meyer, 1993]. Estudos indicam que o potencial eólico brasileiro é da ordem de 60.000 MW. A figura 1 apresenta a velocidade média do vento e a energia eólica média a uma altura de 50 m acima da superfície. Percebe-se que o potencial eólico do Distrito Federal atende aos pré-requisitos mínimos para a implantação de pequenos empreendimentos eólicos.

3. Análise e discussão dos resultados

O primeiro passo para a determinação de áreas potenciais produtoras de energia elétrica via aerogeradores foi a demarcação territorial do Distrito Federal, demarcação essa feita com a ferramenta SPRING. A Figura 1 a seguir mostra essa demarcação territorial.

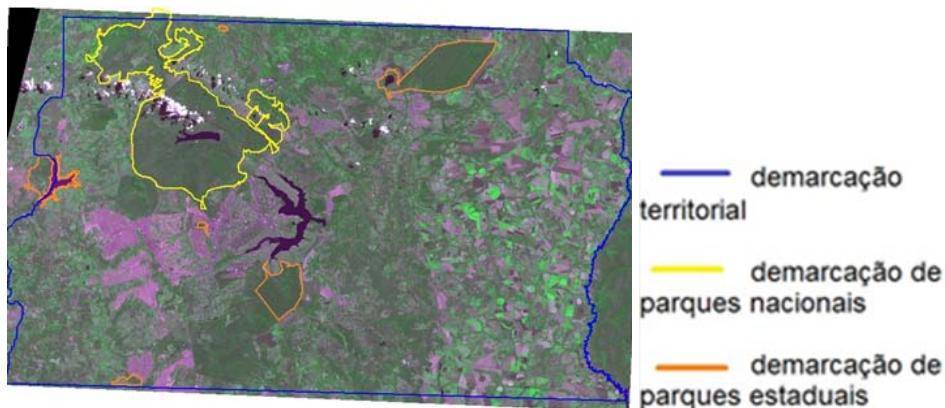


Figura 1 - Delimitação territorial do DF e de suas unidades de conservação integral.

Após demarcar o território do DF, foram demarcadas as unidades de conservação da natureza presentes no território, onde a destinação de uso e ocupação já está estabelecida por legislação, por isso algumas dessas áreas foram descartadas. A Figura 1 mostra essa demarcação. As áreas em amarelo são relativas às unidades integrais de conservação federal, neste caso o Parque Nacional de Brasília. As áreas delineadas pela cor laranja são unidades integrais de conservação estadual, estando presentes o Parque Ecológico do Guará, o Parque Ecológico do Gama, a Estação Ecológica Águas Emendadas e o Jardim Botânico de Brasília. Essas áreas devem ser marcadas e desprezadas como áreas de potencial eólico, pois são áreas de conservação integral, não podendo ser utilizadas ou modificadas pelo homem.

A partir da análise das direções predominantes anuais dos ventos no Brasil, pode-se afirmar que os ventos incidentes são paralelos ao DF, ou seja, eles incidem do leste para o oeste. Com isso, já é possível inferir que os aerogeradores de pequeno porte podem ser colocados de forma a ficarem contra a incidência dos ventos, para um melhor aproveitamento da velocidade do mesmo. Com a posição dos aerogeradores definidos, parte-se para a análise de áreas com potencial eólico e sem empecilho de uso e ocupação para essa atividade.

Para a escolha da área de potencial eólico utilizou-se como base os dados do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (APEB), mostrado na Figura 2 para conseguir informações sobre intensidades dos ventos.

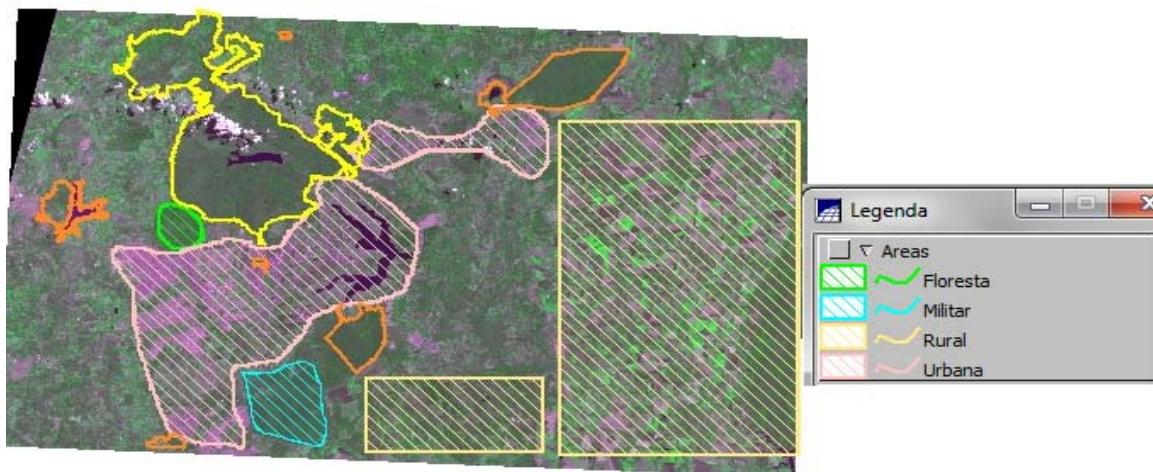


Figura 2 - Demarcação de ocupação das terras no Distrito Federal via SPRING.

Salienta-se que quanto menor a velocidade do vento menor é a geração de energia. Nesse contexto, o DF tem ventos com média de 5 m/s, tem uma potência instalável relativamente pequena quando comparado com sua área total, de cerca de 5800 km² [MME, 2011]. Segundo os dados disponíveis o DF a possibilidade de haver ventos superiores a 6 m/s é pequena. Para se ter uma potência útil atrativa para a produção de energia elétrica deve-se ter uma área maior que as áreas convencionais que se apropriam das maiores velocidades dos ventos. Então, nesse contexto, o DF necessitaria de uma área ampla para a instalação de pequenos aerogeradores.

A Figura 2 retrata as áreas presentes no DF, dividindo-se em áreas urbanas, propriedades militares, florestas (Floresta Nacional) e área rural. Percebe-se que não existem áreas suficientemente grandes para comportar um parque eólico de grandes dimensões, no entanto é possível algum aproveitamento em escala menor.

Conclusão

A partir da análise territorial do DF pode-se afirmar que não é possível a instalação de parques eólicos de grande porte que atendam a demanda energética do DF. Os ventos têm em geral uma velocidade baixa, abaixo da velocidade mínima. Em algumas épocas do ano atingem uma velocidade satisfatória, mas não é ainda viável economicamente.

Uma proposta alternativa é a instalação de aerogeradores de pequeno porte consorciadas a outras fontes de energia. É possível o atendimento às demandas locais domiciliares e rurais com alta demanda de energia firme por longo tempo, sem requerer grande quantidade por hora. Nesse caso, a geração de energia elétrica por meio aerogeradores torna-se atrativa, pois é uma energia limpa, barata e renovável. A distribuição de energia de aerogeradores de pequeno porte é mais simples. É possível captar energia por meio "cata-ventos" rudimentares em áreas rurais afastadas ou mesmo nos quintais das casas.

Referências bibliográficas

- Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, (2001), Ministério de Minas e Energia.
- ANEEL, (2010), "Nota Técnica nº 0043/2010".
http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20T%C3%A9cnica_0043_GD_SRD.pdf, Setembro.
- Câmara Neto, G. (1995) Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos (Preliminar da Tese de Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Goodchild, M.; Parks, B.; Steyart, L. (1993) Environmental Modelling with GIS, Oxford, Oxford University Press.
- Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Brasília, (2005), ANEEL.
- Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J (1996) SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling, Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, Maio-Junho.
- GRUBB, M., MEYER, N. (1993) Wind energy: resources, systems, strategies. Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity. Washington, Island Press.

Diagnóstico dos Resíduos de Construção e Demolição da Região Administrativa do Gama Setor Sul- DF

Icoana L. L. M. Martins, Maria Vitória D. F. Tomé, Débora F. Chaves, Cristóvão L. Frinhani, Fernando Paiva Scardua

Faculdade do Gama da Universidade de Brasília (FGA/UnB)

icoanalais@gmail.com, vitferrari@unb.br,
debora.online@yahoo.com.br cristovaofrinhani@gmail.com,
fscardua@unb.br

Abstract

The objective or this study was to begin diagnosing the generation and disposal of construction waste in the South Sector Gama-DF. For the data gathering were conducted field observations and interviews with teamsters, company collecting debris and Serviço de Limpeza Urbana Gama-DF. The range does not have a specific area designed for disposal of construction waste, encouraging the irregular provision. The park area is serving as a waste site, attracting other types of waste and pest and disease vectors. The company collecting the waste deposited in a particular area also contributes to the negative environmental impact. Not intended reuse or recycling of such waste is conducted in the area.

Resumo

O objetivo deste estudo foi iniciar o diagnóstico de geração e deposição de resíduos de construção no Setor Sul do Gama-DF. Para obter os dados foram realizadas observações de campo e realizadas entrevistas com carroceiros, empresa coletora de entulhos e Serviço de Limpeza Urbana. O Gama não possui uma área específica destinada à disposição de resíduos de construção, favorecendo a disposição irregular. A área do Parque está servindo de depósito de resíduos, atraindo outros tipos de resíduos e vetores de pragas e doenças. A empresa coletora deposita os resíduos em área particular contribuindo igualmente para o impacto ambiental negativo. Não é feita reutilização ou reciclagem desses resíduos no Gama.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas das cidades brasileiras é a produção de entulho, devido às reformas e construções ocorridas em seu espaço urbano. Em 2010, o PIB do setor teve crescimento de 11,6%, valor acima do incremento de 7,5% do PIB nacional. O setor foi responsável em 2010 por 7,44% da população empregada no Brasil (CBIC, 2010).

Em contrapartida, a indústria da construção é responsável por cerca de 40% de resíduos em todo o mundo (ATHENA, 2000). O Distrito Federal segue o mesmo modelo, de acordo com o Sindicato de Indústrias Coletoras e o Serviço de Limpeza Urbana (comunicação pessoal), os entulhos representam cerca de 60% dos resíduos gerados.

Os resíduos sólidos de construção e demolição oriundos de “construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis” podem ser subdivididos em: Classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações; Classe C - resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação; Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção (BRASIL, 2010).

Os resíduos de construção causam impactos negativos, principalmente devido ao volume significativo gerado. Embora em princípio não representem grandes riscos ambientais, por ter características químicas e minerais semelhantes aos agregados naturais e solos, quando descartados podem conter outros tipos de resíduos perigosos como óleos de maquinários, tintas, solventes e servirem de nicho ecológico para vetores de pragas e doenças, além de contribuir para atrair outros tipos de resíduos.

Na Região Administrativa do Gama, por exemplo, observa-se, no perímetro urbano, áreas onde se localizam um grande número desses resíduos sem nenhum tratamento, causando impacto ambiental negativo e significando desperdício, uma vez que podem servir de matéria-prima para produção de componentes e agregados reciclados, considerando que a indústria da construção consome cerca de um terço dos recursos naturais, 12% da água potável e 40% da energia elétrica do planeta (UNEP, 2007).

A Faculdade UnB Gama (FGA) integra o Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade (LACIS), que tem também como parceiros institucionais a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (LACIS/FAU/CDS/FGA-UnB).

O LACIS é um grupo de pesquisa registrado no CNPq e possui como um dos eixos estratégicos de pesquisa a gestão de resíduos sólidos. No escopo deste eixo de pesquisa está sendo desenvolvido um projeto de ação contínua, na disciplina de Engenharia e Meio Ambiente, comum a todos os cursos de Engenharia na FGA, com participação de alunos e da comunidade do Gama.

Este estudo foi realizado por alunos da turma do segundo semestre de 2010, para avaliar a geração de resíduos de construção como potencial de matéria-prima para desenvolvimento de pesquisa na produção de elementos e componentes reciclados e contribuir com a gestão de resíduos sólidos no Gama.

OBJETIVO

Este projeto contribuiu para a etapa inicial de diagnóstico e sensibilização de moradores, carroceiros e empresas coletoras de entulho e teve como objetivo fazer um levantamento de dados no Setor Sul do Gama-DF, onde se localiza um Parque Ecológico, a pesquisa foi para identificar a destinação dos resíduos de construção e demolição da região, bem como a percepção dos moradores sobre a destinação destes resíduos.

MÉTODOS

Oitenta e quatro questionários foram aplicados em entrevista com a população que reside nas quadras 09,11 e 12 do Setor Sul (próximas ao Parque Ecológico do

Gama) (figura 1), com a finalidade identificar a destinação que os moradores dão aos resíduos quando constroem ou reformam suas casas, além identificar se contratam empresas coletoras ou carroceiros para destinar os resíduos. Foi realizada também entrevista com a principal empresa coletora de entulhos, localizada na região do Setor de Indústria, além de realização de entrevistas com 17 carroceiros que trabalham na região e com o Serviço de Limpeza Urbana local (SLU). Foram feitas observações *in loco* e estimativa de cálculo de volume, realizando medições com trena.



Figura 01- Mapa da Região Administrativa do Gama, com os pontos de deposição de RSCD no Setor Sul do Gama.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos por meio das entrevistas e observações “*in loco*” permitiram aferir que a população das quadras 09 e 11 do Setor Sul do Gama e uma empresa coletora dispõem os RSCD em uma área de aproximadamente 340x600m², sem nenhuma medida de segurança e controle, sendo que os resíduos estão sendo depositados em erosões existentes no local.

Enquanto a população que mora próxima à quadra 12 do Setor Sul e carroceiros depositam seus resíduos de construção e demolição as margens do Parque Ecológico do Gama, em visita ao parque encontrou-se RSCD em sua entrada, com uma aproximação estima-se um volume de 1300 m³ de entulho depositado.

Com base nas entrevistas realizadas com o órgão responsável pela coleta e destinação final de resíduos do DF, o SLU, foi constatado que a região administrativa do GAMA não dispõe de uma área específica para a disposição final deste material.

De acordo com a população entrevistada 81,25 % respondeu que a freqüência de despejo no Parque Ecológico quanto a Chácara é superior a três vezes por semana. Os outros 18,75% não souberam responder. A forma de retirada dos entulhos varia e está distribuída entre a contratação de carroceiros, empresas coletoras, reutilização e uma parte das pessoas não quis responder (Figura 2).

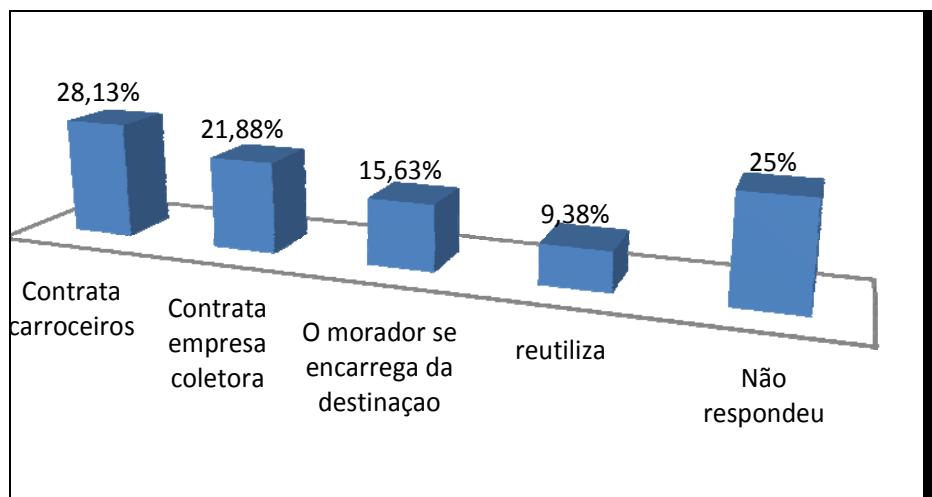


Figura 2 – Destinação dos resíduos de construção ou reforma nas residências da região amostrada (Setor Sul).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de esclarecimento da população com relação a destinação final dos resíduos sólidos da construção civil conciliado com a ausência de locais apropriados para sua disposição final faz com que grande parte desse resíduo seja disposta de maneira incorreta, acarretando poluição visual e contribuindo para a proliferação de ambientes propícios para o desenvolvimento de vetores de doenças que acabam por prejudicar a própria população local.

Nesse sentido, campanhas de sensibilização junto aos moradores devem ser intensificadas, de forma a esclarecer à importância de se ter em mente a responsabilidade que ela possui com o descarte do material produzido, juntamente com a realização de estudos para definir locais apropriados para disposição final desse material, ou melhor, a sua reutilização e reciclagem.

REFERÊNCIAS

- ATHENA. Sustainable Materials Institute. **Building as Products: Issues and Challenges for LCA.** International Conference on Life Cycle Assessment: Tools for Sustainability - Arlington, Virginia. Canada, 2000
- BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 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. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, 03 ago. 2010. Seção 1, p.3. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/7190459/dou-secao-1-03-08-2010-pg-3>>. Acesso em: dez 2010.
- CIBIC. CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (Brasil). **Construção Civil: análises e perspectivas:** Banco de Dados da CBIC. Brasília: Cbic, 2010. 30 p.
- INOJOSA, Fernanda Cunha Pirillo. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição:** a Resolução CONAMA 307/2002 no Distrito Federal. Brasília: Universidade de Brasília, 2010 . 225 p.:il. Dissertação de Mestrado.
- KARPINSK, Luisete Andreis *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil:** uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/orgaos/edipucrs/>>. Acesso em: dez 2010.

DIAGNOSTICO EXPEDITO DO SISTEMA DE COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE NOVO GAMA – GO

**Eder de Sousa Melo, Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé, Icoana Laís L. M.
Martins, Lucas R. C. Lopes, Lúcio C. P. Luiz , Luiz K. C. Lopes , Macartur de S.
C. Carvalho, Nayra Y. M. Ferreira**

Faculdade do Gama da Universidade de Brasília (FGA/UnB)

lanskynet@hotmail.com, vitferrari@unb.br, icoanalais@gmail.com,
galerado_d_lucas@hotmail.com, lucio_naitor@hotmail.com,
kayquecurado@hotmail.com, macartur_sc@hotmail.com, nanaizy@hotmail.com

RESUMO

Este estudo avalia o sistema de coleta e disposição final dos Resíduos Sólidos de Novo Gama, GO, analisando resíduos de construções, hospitalares e domiciliares. Foram utilizados: revisão bibliográfica, análise das rotas para disposição final dos resíduos, pesquisas de campo e entrevistas. Os resultados demonstram que o município não possui gestão integrada dos resíduos e não está preparado para atender os requerimentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Este projeto está incluído no eixo de pesquisa em resíduos sólidos do Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade da Universidade de Brasília e será utilizado como subsídio para elaboração de um plano municipal de gestão de resíduos para o Novo Gama-GO.

ABSTRACT

This study aims to assess the System of Collection and Disposal of Solid Waste in Novo Gama, Goias, analyzing the construction waste, health services and household waste. To this end, we used as methods literature review, traffic routes analysis for disposal of waste to the landfill, field research and interviews. The results show that the municipality does not have integrated waste management and is not prepared to meet the requirements of the National Solid Waste Policy. This project is included in the strategic area of research in the Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade at the Universidade de Brasília and will be used as a subsidy for development of the municipal waste management plan for the Novo Gama.

INTRODUÇÃO

Um grande desafio que tem sido imposto à sociedade atual, além de repensar a produção e o consumo excessivo de bens, é o estabelecimento de uma gestão integrada de resíduos sólidos e manutenção de um ambiente equilibrado e saudável. O sétimo objetivo do milênio proposto pela Organização das Nações Unidas em 2002 “Qualidade de vida e meio ambiente” afirma que a produção excessiva de lixo é um dos problemas mais graves enfrentados pela humanidade (ONU, 2002).

Não há dados disponíveis sobre resíduos de construção no Novo Gama, DF. Em estudo realizado em 2009 foram detectados cerca de 200 pontos de deposição clandestinos de resíduos de construção e estimada uma remoção diária de 2623 toneladas pelo Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (INOJOSA, 2010). De acordo com a autora, as áreas escolhidas são várzeas, córregos, rios, taludes, terrenos desocupados, margens de ruas e rodovias, levando a contaminação do solo e da água pela presença de solventes, tintas, lâmpadas de mercúrio ou mistas. Associada a áreas de várzeas, a deposição também contribui para o agravamento de enchentes e alagamento das áreas urbanas.

Um estudo realizado por GARCIA e ZANETTI RAMOS (2004) trata o gerenciamento de serviços de saúde como uma questão de biossegurança e demonstra que tanto os resíduos de serviços de saúde quanto os domiciliares representam risco para quem os manipula e entra em contato direto com eles (catadores, funcionários da limpeza do estabelecimento de saúde, funcionários dos serviços de recolhimento e disposição final dos resíduos) e para a comunidade, que é indiretamente exposta por meio dos aerossóis e vetores. O município do Novo Gama informou na pesquisa realizada pelo Sistema Nacional de Saneamento Ambiental em 2008 que não fazia gerenciamento desses resíduos, que eram depositados em vala especial no Aterro Sanitário Controlado do Novo Gama (SNSA, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) (BRASIL, 2010) estabelece, em seu artigo 18 a elaboração de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Urbanos como condição para acessar recursos da União, estabelecendo um prazo de quatro anos, após a publicação da lei, para que os depósitos tipo ‘lixão’ sejam completamente eliminados.

O Município do Novo Gama publicou em 2007 seu Plano Diretor e o Código de Meio Ambiente (NOVO GAMA, 2010) preconizando a gestão integrada de resíduos sólidos.

OBJETIVO

O objetivo dessa pesquisa é elaborar um diagnóstico expedito do sistema de coleta e disposição final dos resíduos sólidos de Novo Gama, Goiás, analisando o cenário atual quanto à coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos no município, visando contribuir para elaboração do Plano Municipal de Gestão de Resíduos, no eixo de pesquisa resíduos sólidos do LACIS/FAU/CDS/FGA-UnB.

MÉTODOS

Os métodos de pesquisa incluíram pesquisa bibliográfica, principalmente sobre os marcos legais brasileiros e municipais, entrevistas com gestores municipais da Secretaria de Meio Ambiente e do Serviço de Limpeza Urbana, com o objetivo de identificar o cumprimento das normas municipais e nacionais e mapear a coleta e a destinação dos resíduos domiciliares e de construção. Profissionais do Posto de Saúde foram também entrevistados com a finalidade de identificar a sistemática de coleta e destinação de resíduos de serviço de saúde. Foram feitas observações sobre coleta de resíduos na área urbana e realizada visita ao aterro do Novo Gama-Go para verificar a gestão dos resíduos no local e as condições de trabalho dos catadores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora o município do Novo Gama tenha publicado em 2006 um Código de Meio Ambiente e em 2007 um Plano Diretor que incluem com determinações sobre plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, os gestores entrevistados demonstraram despreparo e desconhecimento quanto a esta gestão.

A coleta dos resíduos domiciliares é feita por caminhões caçamba (figura 1) que não são apropriados para tal finalidade. O Município informou à pesquisa realizada pelo SNSA em 2008 (SNSA 2010) que não fazia coleta e gestão de resíduos de construção e demolição. A pesquisa de campo confirmou esta informação.

Em entrevista com gestores municipais foi informado que os resíduos de saúde estão sendo realizados atualmente por empresa terceirizada (Quebec) que não se disponibilizou a ser entrevistada ou fornecer informações. De acordo com entrevista com trabalhadores no aterro foi informado que não há deposição de resíduos de saúde na área do aterro, bem como observações ‘in loco’, não foram encontradas evidências de que os resíduos de serviço de saúde estejam sendo depositados naquele local.

O destino final dos resíduos é um lixão a céu aberto, denominado Aterro Controlado do Novo Gama, onde os resíduos são dispostos em valas, em contato diretamente com o solo sem nenhuma forma de tratamento ou coleta seletiva, encontrou-se no local catador sem nenhuma proteção. Identificou-se um galpão neste aterro, com equipamentos como moinho, esteira, galpão, que estão em estado de abandono (figuras 2 e 3).



Figura 1 - Coleta



Figura 2 – Aterro controlado



Figura 3 – Galpão de triagem

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção desse diagnóstico, sobretudo de um município tão próximo da capital do país, mas que possui problemas graves na gestão de resíduos, leva à reflexão sobre como esse problema, que é uma consequência do modo de vida urbano, é tão ignorado e na falta de compromisso com que a questão é tratada, por toda a sociedade, bem como a alguns questionamentos: qual é a raiz do problema e qual será a solução? Os resíduos que se acumulam de maneira crescente estão sendo, literalmente, jogado para baixo dos tapetes, denominados de ‘aterros’, que na verdade são lixões escondidos de todos os olhares, mas teimam em existir. A gestão de resíduos, e, antes, a geração, precisa ser de responsabilidade compartilhada por toda a sociedade. O Novo Gama, assim como os demais municípios brasileiros têm um prazo até 2014 para implantar um plano municipal de gestão integrada de resíduos, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Serão capazes?

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em 26/04/2011.

GARCIA, L.P. ZANETTI RAMOS, B.G. **Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança.** Rio de Janeiro: Cadernos de Saúde Pública. Vol. 20, n.3. p.744-752. 2004.

INOJOSA, Fernanda Cunha Pirillo. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição: a Resolução CONAMA 307/2002 no Distrito Federal.** Brasília: Universidade de Brasília, 2010 . 225 p.:il. Dissertação de Mestrado.

NOVO GAMA. Plano Diretor do Novo Gama. **Lei Complementar Nº 629, de 07 de dezembro de 2006.** Novo Gama: 2006. Disponível em <http://www.novogamainfoco.com.br/novogama/leis/>. Acesso: 26/04/2010

NOVO GAMA. Código do Meio Ambiente do Novo Gama. Lei Complementar Nº 632, de 07 de dezembro de 2006. Novo Gama: 2006. Disponível em <http://www.novogamainfoco.com.br/novogama/leis/>. Acesso: 26/04/2010.

ONU. **Objetivos do Milênio.** 2002. Disponível em <http://www.objetivosdomilenio.org.br/meioambiente/>. Consultado em 10 de janeiro de 2011.

ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Os resíduos Sólidos de Construção e Demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização.** Brasília: Universidade de Brasília, 2006 . 1555 p.:il. Dissertação de Mestrado.

Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2008.** Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010.

Gestão dos Resíduos de Construção no Gama -DF

**João P. P. S. Santana, Maria Vitória D. F. Tomé, Marcelo Henrique S. Paes,
Matheus S. Faria, Pedro Thiago P. Revoredo, Diego Wesley S. Aragão**

Universidade de Brasília – Faculdade do Gama (UnB-FGA)

jppss@aluno.unb.br, vitferrari@unb.br,
marcelo.hpaes@hotmail.com.br, mathye123@hotmail.com,
petipere@hotmail.com, dw.dexter@hotmail.com

Abstract. This article talk about the management of civil construction waste in the Gama, Distrito Federal, Brazil. To analyze the management, the group demarcated the main points of residue and, selected some private companies that are in the industrial zone of this city. That companies were submitted to a questionnaire, whose had a central subject the destination of the waste. With the data of the questionnaires, the group could make some conclusions about the waste of that zone. The conclusions showed that just one company throw their waste correctly, and the others companies does a partial management of it which result in a incorrect destination.

Resumo. Este artigo trata da gestão dos resíduos de construções civis na região administrativa II, o Gama, do Distrito Federal. Para analisar tal gestão, o grupo demarcou os principais pontos de resíduo e selecionou empresas privadas que se localizam no setor industrial desta região. Tais empresas responderam a questionários, que traziam como tema central à destinação dos resíduos. Com os dados referentes a estes questionários o grupo pode realizar uma análise da destinação de resíduos neste setor dessa região, tal análise revelou que apenas uma empresa realizava processos para a destinação correta de resíduos, enquanto as outras não tinham um gerenciamento total de resíduos, isso acarreta a má destinação destes.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção, uma das principais do Brasil, é responsável por uma grande fatia do PIB. Em plena expansão essa indústria obteve um crescimento de 11,6% em 2010, segundo dados do DIEESE (2011). Por estar em plena expansão e ser um dos grandes geradores de empregos o setor da construção civil é um dos principais geradores de resíduos sólidos, é responsável por mais de 50% do volume de resíduos em lixões e aterros sanitários.

Mesmo existindo legislação referente à destinação correta dos resíduos sólidos deste setor, a resolução CONAMA 307, a maior parte das empresas não cumpre o que está no regulamentado, de acordo com pesquisa realizada por INOJOSA (2010).

A destinação incorreta desses resíduos gera uma série de problemas sócio-ambientais como a poluição do solo, de nascentes e de leitos d'água além de criar locais propícios para vetores de doenças e pragas urbanas.

Tudo isso não é diferente na região administrativa II do Distrito Federal, o Gama. De acordo com a Administração Regional, tal região é considerada uma pequena “cidade dormitório”, em que a maior parte dos habitantes trabalha fora dela. Visando esta característica as construtoras estão investindo em grandes construções na região. Este rápido crescimento está sendo reprimido pelo governo local, com o embargo de

obras irregulares. O problema persiste porque algumas construtoras desobedecem ao governo e continuam as construções mesmo na irregularidade.

Se algumas construtoras no Gama sequer possuem o alvará de construção, é importante perguntar se haverá algum cuidado com a destinação correta dos seus resíduos.

Este artigo é resultado do projeto de ação contínua que está sendo realizado pela disciplina de Engenharia e Ambiente, iniciado no segundo semestre de 2010, no escopo do eixo de pesquisa estratégica sobre resíduos sólidos do Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade (LACIS/FAU/CDS/FGA).

Este estudo foi realizado por alunos da turma do primeiro semestre de 2011, continuando a avaliação sobre a geração de resíduos de construção como potencial de matéria-prima para desenvolvimento de pesquisa na produção de elementos e componentes reciclados e contribuição com a gestão de resíduos sólidos no Gama.

2. OBJETIVO

O estudo teve como objetivo principal contribuir com a gestão de resíduos de construção no Gama, identificando as construções de grande porte, verificando se existe e como funciona o sistema de gerenciamento de resíduos, além de identificar áreas de deposição irregular de resíduos de construção na área industrial e realizar entrevistas com a Administração Regional. Além disso, foi proposto o início de um programa de integração de agentes, com a realização de um seminário com a participação da Coordenadora do LACIS, e responsável pelo eixo de pesquisa “Cadeia Produtiva da Indústria da Construção”, o responsável pelo Departamento de Obras e as construtoras.

3. MÉTODOS

O primeiro passo metodológico foi a realização de visita à Administração Regional para a identificação das construções de grande porte que estavam sendo realizadas no Gama. Cumprido este passo, o grupo selecionou a área em que havia mais construções de grande porte (mais de mil metros de área ocupada e, ou mais de três pavimentos).

Em seguida foi elaborado um roteiro de perguntas para as empresas, e canteiros de obras. Este questionário tinha como principais perguntas: o cumprimento da Resolução CONAMA 307/2002 e Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), a existência de um plano de gerenciamento, segregação, coleta seletiva e destinação dos resíduos de construção.

As obras identificadas foram visitadas e os responsáveis pela gestão de resíduos e, ou pelo canteiro de obras foram entrevistados. Quando permitido pelo entrevistado, foi visitado o canteiro de obras e realizado registro fotográfico.

O próximo passo foi uma avaliação expedita da área urbana do Gama para a identificação de depósitos clandestinos de resíduos. Para esta identificação o grupo percorreu a cidade, marcando em um mapa os pontos georreferenciados onde eram encontrados mais de 1m³ de resíduos (estimativa visual) e realizando registro fotográfico.

Em seguida o Serviço de Limpeza Urbana (SLU) foi entrevistado, visando obter informações sobre a forma de remoção desses resíduos e a estimativa de freqüência de remoção e quantidade removida.

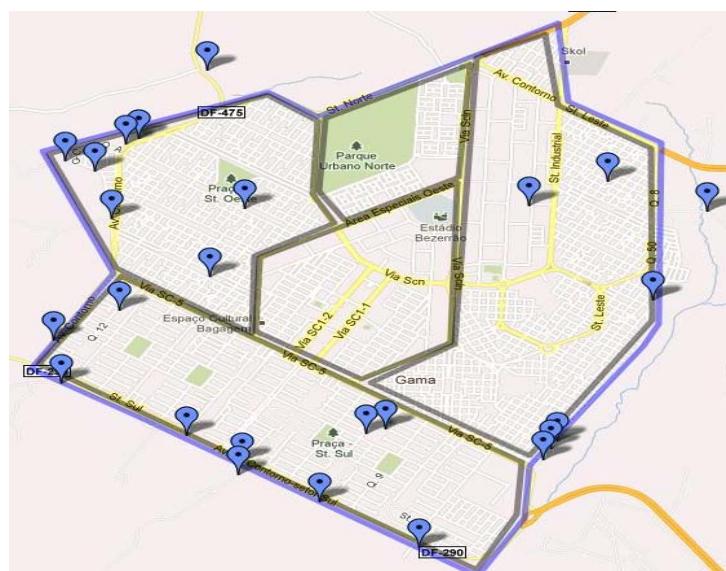
4. RESULTADOS

Com a visita do grupo à administração do Gama houve a informação que existem nove construções de grande porte legalmente sendo construídas, considerado construções de grande porte aquelas com mais de mil metros quadrados ou acima de três pavimentos. A maior parte delas fora do setor industrial, pois boa parte do setor está embargado para construções, por questões administrativas, segundo declarações do Departamento de Obras.

O grupo visitou oito construções de sete empresas diferentes. Porém, o universo amostral dessa pesquisa é composto por seis empresas, pois uma das empresas não se disponibilizou a realizar a entrevista.

Nesta pesquisa foi constatado que três obras fazem o gerenciamento de resíduos. Das oito empresas também foi questionado sobre a destinação dos resíduos, sendo informado que três empresas separam e doam madeira, duas separam e vendem o metal, quando questionadas sobre o lixo orgânico, apenas duas empresas responderam que fazem o gerenciamento. Outra questão abordada foi o tratamento da água da betoneira, o que foi encontrado apenas em uma empresa.

Com o levantamento expedito de disposição de entulho foram identificados 25 pontos de resíduos clandestinos georreferenciados (Figura 1).



5. CONCLUSÃO

Foi possível inferir que a região administrativa II, Gama, não tem uma área de transbordo, o que pode explicar a grande distribuição de pontos clandestinos onde foram encontrados os resíduos de construção, o que também pode refletir o número de grandes empresas que não cumprem com a resolução 307 do CONAMA, e por sua vez com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por exatamente não ter onde destinar estes resíduos.

6. REFERÊNCIAS

- DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SÓCIOECONÔMICOS (Brasil). **Estudo Setorial da Construção 2011.** 56. ed. Brasília: DIEESE, 2011. 31 p. (Estudos e Pesquisas). Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/esp/estPesq56ConstrucaoCivil.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2011.
- SINDUSCON-MG e parcerias. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Para a Construção Civil.** Grupo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Belo Horizonte: Sinduscon-MG. 2005.
- INOJOSA, Fernanda Cunha Pirillo. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição:** a Resolução CONAMA 307/2002 no Distrito Federal. Brasília: Universidade de Brasília, 2010 . 225 p.:il. Dissertação de Mestrado.

Empecilhos ao adequado descarte de Medicamentos

**Elber Ferreira Marques, Maria Vitória D. F. Tomé, Icoana Laís Leitão
Mascarenhas Martins**

Faculdade do Gama da Universidade de Brasília (FGA/UnB)

elber.fm@gmail.com, vittferrari@unb.br, icoanalais@gmail.com

Abstract

This paper approaches the disposal of medicines in Gama - DF. A literature review was conducted, and interviews were made with drug stores staff, the local population and the students at FGA. According to the results obtained in these steps, it was inferred from the samples that most people dispose of medicines in a incorrect way and that the agents involved in the manufacturing, retailing and law enforcement are not instructing the public about the correct disposal of medicines, an non-compliance to the National Policy for Solid Residues, and District Law 4.352/2009, contributing to negative impacts both to the environment and to public health.

Resumo

Este artigo aborda o descarte de medicamentos no Gama – DF. Foram realizadas pesquisas bibliográficas acerca do tema, diligências às farmácias e realizada entrevista com a população local e alunos da FGA. De acordo com os resultados obtidos na revisão bibliográfica e entrevistas, pode-se inferir, para o universo amostral, que as pessoas não descartam os medicamentos de maneira correta e que os agentes envolvidos no processo de industrialização, comercialização e fiscalização não orientam ao consumidor sobre da destinação correta dos resíduos dos medicamentos, descumprindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei Distrital 4.352/2009 e contribuindo para os riscos de impactos negativos, tanto ambientais quanto à saúde pública.

INTRODUÇÃO

A utilização recorrente de medicamentos para o tratamento de toda sorte de enfermidades traz à tona a discussão acerca do correto descarte e manejo de seus resíduos, sejam oriundos de produtos vencidos, sejam de medicamentos não utilizados nos diversos tratamentos a que o indivíduo seja submetido.

Não há informação disponível à população que oriente acerca do correto descarte de medicamentos, tampouco busca de esclarecimentos para sanar as dúvidas advindas do descarte. Esse deve ser um dos motivos pelo qual a maioria das pessoas descarta os medicamentos em qualquer lugar, como por exemplo, no lixo, vaso sanitário, na pia dentre outros.

Muito embora a Lei Distrital nº 4.352, de 30 de junho de 2009, responsabilize os estabelecimentos de saúde (hospitais, clínicas, centros de saúde, consultórios, etc) pelo

ônus, inclusive financeiro, do descarte dos resíduos de saúde o poder público transferiu parte do problema à iniciativa privada e abdicou da fiscalização e dever de educar ao usuário de medicamentos, pondo em risco a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Ainda, a ausência de políticas educativas e de responsabilidade social nas empresas que exploram o comércio de medicamentos é algo que põe em risco saúde pública (Bila e Dezotti, 2003).

A sociedade deveria entender que os medicamentos não são feitos para virarem lixo, mas esse pensamento infelizmente já começa errado nas indústrias e na venda de medicamentos, assim vários remédios sobram após o consumo, que não possuem destino correto, e acabam em aterros sanitários, lixões a céu aberto, esgoto e até nas ruas (Ueda, Tavernaro, Marostega e Pavan, 2009).

Ao analisar mais detalhadamente o assunto, é possível perceber que nenhuma forma de descartar medicamentos é totalmente correta, uma vez que lançados diretamente ou passando pelo trato digestivo os princípios ativos contidos em medicamentos terminam no ambiente e de uma forma ou de outra irá voltar para os centros urbanos, pois as estações de tratamento de esgoto e de tratamentos da água para abastecimento não conseguem retirar os metais pesados e princípios ativos de determinados medicamentos da água, como estrógenos (Gonçalves, 2003).

Este artigo é resultado do projeto de ação contínua que está sendo realizado pela disciplina de Engenharia e Ambiente, iniciado no segundo semestre de 2010, no escopo do eixo de pesquisa estratégica ‘gestão de resíduos sólidos’ do Laboratório do Ambiente Construído Inclusão e Sustentabilidade (LACIS/FAU/CDS/FGA - UnB).

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi identificar a atual situação do descarte de medicamentos pelo comércio local, pela população em geral e pelos estudantes da FGA, buscando verificar se há compreensão, por parte dos atores envolvidos sobre a necessidade descartar corretamente os medicamentos sem danos ao meio ambiente e à saúde.

MÉTODOS

O primeiro passo metodológico foi delimitar o universo amostral da pesquisa (setores leste, oeste e norte), identificando as farmácias e drogarias e elaborar o roteiro da entrevista. Em seguida procederam-se as entrevistas. O critério de amostragem para entrevistas com a população seguiu o princípio da aleatoriedade, entrevistando pessoas que transitavam no comércio dos setores leste, oeste e norte do Gama, durante o período de realização do trabalho de campo. Nos estabelecimentos comerciais foram, para realizadas entrevistas para identificar a política e procedimentos das organizações no descarte de medicamentos não vendidos e, ou vencidos, bem como orientações à população.

Foram procurados 17 (dezessete) estabelecimentos comerciais (drogarias e farmácias), destes 11 (onze) responderam às perguntas, 3 (três) não se dispuseram à responder e 3 (três) alegaram que não contavam com responsável no local para atendimento.

A população dos setores leste, oeste e norte do Gama foi entrevistados no período do mês de julho de 2011. As perguntas abordaram conhecimento sobre descarte correto de medicamentos, impactos ambientais negativos e a disponibilidade de entregar medicamentos em postos identificados para esse fim. Foram entrevistadas 489 (quatrocentas e oitenta e nove) pessoas. Foram também entrevistados também 70 (setenta) estudantes de engenharia da Universidade de Brasília – Faculdade UnB Gama buscando-se assim a real percepção dos estudantes do campus quando questionados sobre o descarte de medicamentos.

RESULTADOS

O resultado das entrevistas permite inferir o desconhecimento da população com o descarte correto dos medicamentos inutilizados. Quando questionados sobre o que fazem com medicamentos que não são utilizados ou que estão fora da data de validade, 69,74% dos entrevistados afirmam que jogam os resíduos de medicamentos no lixo comum, 21,52% descartam no vaso sanitário, 6,63% na pia, e apenas 2,01% procuram drogarias, farmácias ou postos de saúde para devolver o frasco do medicamento.

Sobre a instalação de postos de coleta de medicamentos, as entrevistas demonstram que 75,87% dos entrevistados aprovariam a instalação de postos de coleta de resíduos de saúde desde que fosse acessível, e se disponibilizariam a descartar os medicamentos nesses postos, enquanto 24,13% pessoas afirmaram que não se disponibilizariam.

A pesquisa realizada com os estudantes da Universidade de Brasília em relação ao destino dos medicamentos não utilizados ou fora da data de validade demonstra que 38,89% deixam os medicamentos inutilizados guardados, 51,39% descartam no lixo, 5,56% no vaso sanitário, 1,38% na pia e apenas 2,78% procuram os postos de saúde.

Quando os pesquisadores perguntaram se haviam procurado algum meio de orientação para o descarte dos medicamentos obteve-se 94,44% respostas negativas para a questão, apenas 5,56% estudantes disseram procurar orientação para descartar os resíduos em uma área adequada.

Sobre a possibilidade de instalação de postos de coleta de medicamentos, 82,85% estudantes se disponibilizariam a descartar os medicamentos nesses postos, e 17,15% afirmaram que não se disponibilizariam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deparados com uma população sem informações acerca do correto descarte de medicamentos inutilizados, bem como dos efeitos nocivos no meio ambiente em consequência do descarte inadequado, temos que a educação da população torna-se urgente e imperiosa para que cessem ou diminuam os efeitos de tal prática.

Durante a aplicação dos questionários observou-se que os entrevistados ficavam envergonhados em falar que jogavam os resíduos no vaso sanitário, porém, alguns entrevistados afirmaram que jogavam os resíduos sem utilidade no vaso sanitário e afirmavam ‘não fazer nenhum impacto causado’, revelando a falta de acesso à informação sobre impactos negativos do descarte inadequado e a forma correta de fazê-lo.

É preocupante a questão levantada na pesquisa bibliográfica e na avaliação de campo, que agentes envolvidos no processo de industrialização, comercialização e fiscalização não orientam ao consumidor final acerca da destinação dos resíduos dos medicamentos, descumprindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei Distrital 4.352/2009 e contribuindo para os riscos de impactos negativos, tanto ambientais quanto à saúde pública.

REFERÊNCIAS

- Bila, Daniele Maia; Dezotti, Márcia, **Fármacos no meio ambiente**. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro – RJ, 2003.
- Gonçalves, Fernando Koshiba, **O descarte de medicamentos vencidos e os aspectos toxicológicos da incineração**. *Saúde em Revista* 63, páginas 59, 60 e 61, Curso de Farmácia – Faculdade de Ciências da Saúde (UNIMEP/SP), Curso de Farmácia – Faculdade de Ciências da Saúde (UNIMEP/SP). Campinas, 2003.
- Ueda, Joe; Tavernaro, Roger; Marostega, Victor; Pavan, Wesley, **Impacto ambiental do descarte de fármacos e estudos da conscientização da população a respeito do problema**. Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação/UNICAMP, Revista Ciências do Ambiente On-Line Volume 5, Número 1; 2009.

Desenvolvimento de uma Aplicação para Web com Base na Aprendizagem Significativa e Métodos de Apresentação Adaptativa

Jefferson A. da Rocha¹, Ricardo R. Fragelli¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF – Brasil

jefferson.rocha@aluno.unb.br , fragelli@unb.br

Abstract. Increasingly, science has been seeking new technologies in education to achieve the popularization of knowledge and, accordingly, the Adaptive Hypermedia (AH) has proven a good way. AH is a set of methods and techniques that promote the adaptation of the educational environment to the needs and preferences of the learner. One of the most popular methods of AH is the further explanation that hides part of the information content or concept that is not considered relevant to the student's level of knowledge. Thus, the overall goal of this project is to build a Flash application for web-based method for further explanation. The application developed was adequate for use in online education and serve as support for producing a library of methods of AH.

Resumo. Cada vez mais a ciência vem buscando novas tecnologias na educação para alcançar a popularização do conhecimento e, nesse sentido, a Hipermídia Adaptativa (HA) tem se mostrado um bom caminho. A HA é um conjunto de métodos e técnicas que promovem a adaptação do ambiente educacional às necessidades e preferências do aprendiz. Um dos métodos mais conhecidos de HA é a Explicação Adicional que oculta parte da informação sobre algum conteúdo ou conceito que não é considerada relevante para o nível de conhecimento do estudante. Sendo assim, o objetivo geral deste projeto é o de construir uma aplicação em Flash para web baseada no método de Explicação Adicional. A aplicação desenvolvida se mostrou adequada para o uso em educação online e servirá como suporte à produção de uma biblioteca de métodos de HA.

1. Introdução

A popularização do acesso aos meios de comunicação, especialmente a internet, estão proporcionando um maior tráfego de informação e uma maior transferência de conhecimento, proporcionando maiores oportunidades de estudo. Para um estudo efetivo e uma correta compreensão do conteúdo proposto, o material utilizado para essa aprendizagem deve possuir um significado lógico e cada conteúdo deverá ter subsunções que sejam relacionáveis na estrutura cognitiva [Moreira 2006].

Logo, é no desenvolvimento de plataformas que auxiliem nessa aprendizagem que se pode aplicar o conceito de hipermídia adaptativa utilizando a metodologia da Explicação Adicional. É o usuário que define o que deve ser detalhado para uma maior compreensão e o que pode ser explicado de maneira sucinta sem prejuízo para uma aprendizagem significativa. Essa adaptação de hiperdocumentos e hipermídia em geral aos objetivos, necessidades, preferências e desejos do usuário pode ser chamada de

hipermídia adaptativa e é vital para um processo mais contundente do ensino [Brusilovsky 1996].

Por exemplo, detalhes de conhecimento menor podem ser escondidos de usuários com nível avançado no conteúdo abordado em questão e utilizando o método é possível propor explicações adicionais com um nível de detalhamento maior e uma melhor compreensão para usuários com dificuldades. Da mesma forma, essa explicação poderá ser acionada pelo usuário a qualquer momento durante a navegação no ambiente de aprendizado. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma aplicação utilizando o Flash e a linguagem de programação *ActionScript* 2.0 aplicando os conceitos da explicação adicional, a qual está inclusa no Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA) compondo a linha de pesquisa em Hipermídia Adaptativa.

2. Hipermídia Adaptativa (HA)

A aprendizagem significativa está focada em um estudo na psicologia educacional, a qual conduz o estudante a um entendimento sempre duradouro de um conceito ou grupo de conceitos cada vez mais sólido [Ausubel 1978]. Segundo Ausubel é mais fácil para o ser humano associar um novo argumento ou informação ao seu conhecimento já previamente estabelecido e, nesse sentido, o papel do educador está em descobrir o que o aprendiz já possui "enraizado" ou pelo menos conhece. Percebe-se que o aprendiz não é passivo no processo educacional, o fato de ele não transmitir o conhecimento já consolidado não implica em inatividade por parte do mesmo. Muito pelo contrário, a sua estrutura de raciocínio está a todo o momento sendo organizada para que tal informação possa ser conciliada e modificada posteriormente, completando o processo da Aprendizagem Significativa.

Os sistemas que empregam a hipermídia adaptativa devem possuir e manter um modelo do usuário sendo capaz de se adaptar de maneira dinâmica e a apresentação do conteúdo seja por texto ou por multimídia exigirá uma navegação e orientação direta. Cada passo do usuário no sistema deve ser registrado e estudado de forma automática para que seja classificado e contribua na abordagem de conteúdos futuros tomando como base o modelo de cada indivíduo. Isso pode ser feito, por exemplo, através do registro de acessos a uma determinada página com um conteúdo qualquer que possivelmente indicará uma maior dificuldade do usuário nessa parte. Outra forma de colher dados para a construção do modelo do usuário no Sistema de Hipermídia Adaptativa (SHA) é propor questionários com perguntas pré-definidas sobre o domínio do usuário a determinado conteúdo. Além disso, os questionários podem ser aplicados após a abordagem do conteúdo, os quais podem retratar mais fielmente o resultado a cerca do material exposto, pois serão respondidos após o momento de estudos do usuário.

2.1. Explicação Adicional (EA)

Uma fase de grande importância na construção de um sistema de hipermídia adaptativa utilizando a metodologia de EA é o cadastro do usuário, pois nessa fase podem ser registrados a nacionalidade, a idade, o grau de instrução e o sexo. Todas essas características interferem no tipo de EA que será oferecida pelo sistema em determinado momento que o mesmo julgar necessário. Além dos citados, os critérios para a utilização da EA também podem ser avaliados através da velocidade de aprendizado [Henze 2000].

De acordo com que o conhecimento do usuário evolui é necessária uma nova adaptação, tornando o sistema dependente de atualizações sobre a situação de cada usuário, pois o sistema evita explicações desnecessárias para usuários mais avançados,

tornando o curso ou a aula menos cansativa, ou seja, funcionando de forma inteligente e individual com o usuário, o SHA irá fazer com que o interesse do mesmo em continuar seja satisfatório para uma boa qualidade do ensino. Vale ressaltar ainda que as atualizações necessárias para gerar um dinamismo no sistema devem ser feitas com a mínima interferência do usuário para que seja oferecido um maior conforto e comodidade ao longo do curso.

Da mesma forma, o conforto do usuário pode ser mantido no sistema ao se observar a preferência dele relacionado a cores e tamanhos das fontes juntamente com a identificação de desabilidades físicas ou psicológicas, as quais devem ser tratadas de maneira especial, com uma maior atenção contribuindo para uma boa EA ao produto final do sistema. É importante lembrar que para possibilitar uma melhor seqüência dos conteúdos o usuário deve ser orientado a navegar pelos links, os quais já foram adaptados ao seu modelo de aprendizagem definindo, dessa maneira, o conceito de navegação adaptativa que juntamente com apresentação adaptativa são intensamente trabalhadas em sistemas de HA.

3. Aplicação em flash utilizando Explicação Adicional

Para a confecção de um aplicativo educacional com base na explicação adicional foi utilizado o Macromedia Flash Professional 8 com programação em *ActionScript* 2.0. A ideia é que o código e o *layout* possam ser facilmente estendidos para a construção de uma biblioteca de computação gráfica com a mesma ferramenta de programação para o GPSIA para ser utilizada na produção de aplicativos mais complexos utilizando EA.

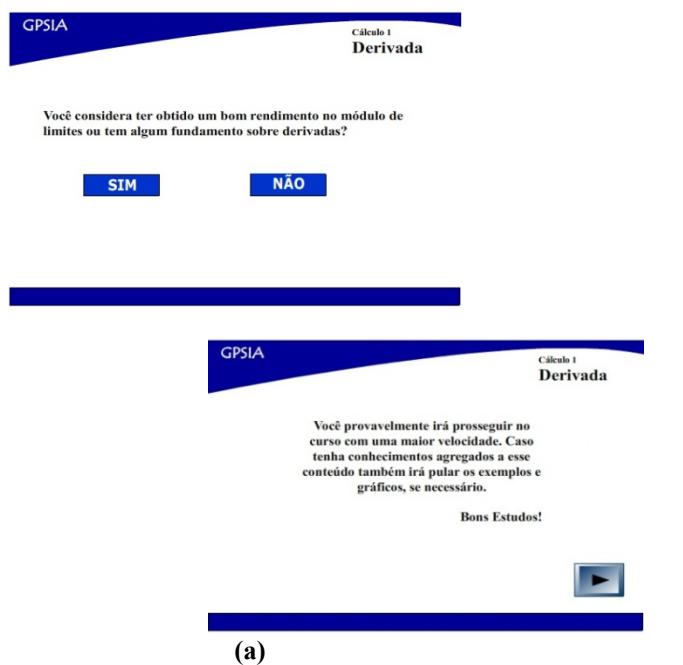


Figura 1

: Primeira tela do aplicativo (a) e a mensagem
aconselhando usuários que já possuem algum conhecimento sobre o assunto (b).

(a)
(b)

Figura 2: Tela com botão azul para acionar a EA (a) e continuação do conteúdo com botão vermelho acionando um gráfico como EA.

(a)
(b)

Figura 3. EA após acionar o botão azul (a) e EA após acionar o botão vermelho (b).

Na figura 1a encontra-se uma pergunta inicial, a qual é permitida apenas duas respostas, caso a resposta seja “SIM”, o usuário é direcionado a uma mensagem (figura1-b), a qual avisará que ele poderá prosseguir no curso sem recorrer aos exemplos e sem prejuízos na compreensão. Do contrário, ele deverá seguir todos os passos indicados e clicar nos botões auxiliares avançando e retrocedendo livremente no conteúdo, pois todos os botões proporcionam uma navegação rápida e direta.

4. Conclusões

Os resultados foram satisfatórios de modo que os botões de explicação adicional sugerem uma explicação mais exemplificada auxiliando o estudante na compreensão das regras e dos teoremas existentes. Para pesquisas futuras e trabalhos posteriores podem ser acrescentados mais recursos gráficos para a construção das explicações adicionais. Pode-se concluir também que a explicação adicional dentro da hipermídia adaptativa é um grande suporte para a melhoria do ensino, sendo fator motivacional para os estudantes.

O modelo pode ser adotado para diversos conteúdos e disciplinas, não estando restrito somente ao ensino superior. Contudo, a configuração e o nível de detalhamento empregados na construção do *layout* variam de acordo com os interesses de cada projeto. Na Engenharia, sugere-se uma intensificação em objetos hipermidiáticos de simulação e animações interativas internos aos elementos da EA.

Referências Bibliográficas

- Brusilovsky, P., Peylo, C. (2003) “Adaptive and intelligent Web-based educational systems”. In P. Brusilovsky e C. Peylo (eds.), International Journal of Artificial Intelligence in Education, v.13, n.2-4, p.159-172.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1978) “Education psychology”. 2. Ed. Nova York: Holt, Rinehart and Winston.
- Moreira, M.A.. (2006) “A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula”, Editora Universidade de Brasília, Brasília.
- Henze, N. (2000) “Adaptive Hyperbooks: Adaptation for Project Learning Based Resources.” Universidade de Hannover. Disponível em: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e002/313646791.pdf>. Acesso em: 30/07/2011.

Simulador Interativo sobre a Dinâmica de Objetos com Massa Variável

Ítalo A. do Nascimento Sousa¹, Ricardo R. Fragelli¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF – Brasil

italoengenharia@aluno.unb.br , fragelli@unb.br

Abstract. *The difficulty of analyzing physical phenomena only with the theory caused motivation to show such effects from interactive simulators. Aiming to represent objects of varying mass, was proposed an algorithm based on a mathematical model capable of crossing such a representation less distant from reality and closer to practicality. In the project we used a code involving the variables of motion, as the mass change over time and gain speed in relation to the mass variation. The solution was represented by the simulator, showing the results, which are the ease and convenience of understanding the phenomenon.*

Resumo. *A dificuldade de analisar fenômenos físicos apenas com a teoria causou a motivação de mostrar tais efeitos a partir de simuladores interativos. Tendo como objetivo representar objetos de massa variável, foi proposto um algoritmo baseado em uma formulação matemática capaz de transpor tal representação menos longínqua da realidade. No projeto foi utilizado um código envolvendo as diversas variáveis do movimento como a variação da massa em relação ao tempo e o ganho de velocidade em relação à variação de massa. A solução encontrada foi representada por meio de um simulador, mostrando os resultados obtidos, sendo estes a facilidade e praticidade da compreensão do fenômeno.*

1. Introdução

Muitas vezes na análise de fenômenos físicos é necessário utilizar-se algum meio experimental para melhor retratá-los, assim como suas aplicações. Entretanto, é mais viável o uso de simuladores para determinados fenômenos.

Com a simulação em Flash, observar e descrever objetos com massa variável traz uma análise mais prática e facilitada do movimento. A simulação de um objeto com massa variável, que neste projeto é um foguete, mostra o seu ganho de velocidade em relação à massa que varia em função do tempo. Além disso, quanto maior for a variação de massa, maior será a variação da velocidade do foguete [Nussenzveig 2001].

O objetivo deste trabalho é desenvolver um simulador da dinâmica de um foguete de massa variável servindo de base para a construção de uma biblioteca para a dinâmica de corpos com massa variável dentro do Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA).

2. Formulação Matemática da Dinâmica de Corpos com Massa Variável

Será apresentada nesta seção a formulação matemática para a dinâmica de objetos com massa variável e, como exemplo, a mesma será utilizada para a construção de um simulador sobre o movimento de um foguete espacial.

Em muitos casos, sistemas físicos podem ser considerados como tendo massa constante, entretanto, em alguns casos, tal consideração não é válida como, por exemplo, no estudo da dinâmica de foguetes espaciais. O foguete é um exemplo de corpo que não necessita de forças externas para que ocorra sua aceleração de modo que sua característica de propulsão é puramente baseada em forças internas que, por sua vez, são provocadas por uma variação de sua massa total [Halliday *et al.* 2006, Nussenzveig 2001].

Supondo que em um instante t um corpo esteja se movimentando no espaço, longe da ação de qualquer campo gravitacional e sem a ação de forças internas ou externas, estaria então em movimento retilíneo uniforme em relação a um referencial inercial. Se, em um instante $t+\Delta t$ houver uma variação da massa Δm do corpo espacial, que é expelida a uma velocidade V_e , tal variação estará associada a uma variação de velocidade ΔV do corpo espacial que pode ser estudada por meio da conservação de quantidade de movimento:

$$(m + \Delta m) * V(t) = m * (V(t) + \Delta V) + \Delta m * (V(t) - V_e)$$

Onde m é a massa do corpo espacial após a expulsão da partícula de massa Δm . Desse modo, é possível concluir que a variação de velocidade é dada por:

$$\Delta V = (\Delta m/m) * V_e$$

Considerando o estudo para uma variação de tempo infinitesimal com variação de massa igualmente infinitesimal, é possível fazer a integração do movimento para variação de massa contínua, em que:

$$\begin{aligned} \int dV &= \int (V_e / m(t)) dm \\ V &= V_e * \ln(m(t)) + C \end{aligned}$$

A constante de integração pode ser obtida fazendo o estudo no tempo nulo com massa inicial m_0 ,

$$V(t) = V_e * \ln(m(t)) + V_0 - V_e * \ln(m_0)$$

A mesma equação pode ser reduzida para:

$$V(t) = V_e * \ln(m(t)/m_0) + V_0 \quad (1)$$

3. Simulador Interativo de Lançamento de um Foguete Espacial

O simulador computacional foi desenvolvido em Adobe Flash CS3 com programação em *ActionScript* e os testes realizados foram baseados no modelo do foguete Apollo-4 na missão Saturno-V [Apollo-4 2011].

O código do programa inicia com a declaração das variáveis, as quais são a velocidade inicial nula, com massa inicial de 3 mil toneladas, a velocidade de escape do combustível no motor atribuída foi de 5000 m/s.

No simulador desenvolvido também foi utilizado no código um escalonamento entre o tamanho original do foguete que, nesse caso, foi utilizada a altura igual a 111m, e o tamanho da imagem do foguete em pixels na tela do computador

Para os cálculos relativos à dinâmica do foguete, foi inicialmente realizado o cálculo da quantidade de combustível e da massa do foguete, que foram escolhidos respectivamente 96% e 4 % da massa total inicial, respectivamente. Em seguida, o simulador realiza o cálculo da taxa de variação da massa, que é a quantidade de massa ejetada por segundo. Concomitantemente ao cálculo acerca da dinâmica do foguete e de sua visualização na tela do computador, o simulador realiza a confecção de um gráfico da posição em função do tempo para facilitar a análise do movimento.

Para o movimento do foguete, foi desenvolvida uma função *move* que é acionada a uma taxa de execução especificada de 100 vezes a cada segundo por meio da função da biblioteca do Flash *SetInterval(NomeFunção, Intervalo, parâms)*. A função *move* é responsável por decrementar a massa inicial do foguete em função do tempo, fazendo em seguida a aplicação da equação (1) relacionando a velocidade do foguete à velocidade de escape do combustível, em uma razão logarítmica entre a massa inicial e a massa variante, que varia a cada intervalo de tempo Δt , e a velocidade inicial do foguete.

A posição real do foguete é calculada considerando que a velocidade calculada no estágio anterior provoca uma variação na posição igual a $V^* \Delta t_s / 1000$, onde Δt_s é a taxa de execução da função *move* dada em milisegundos. Em seguida, o cálculo da representação da posição do foguete na tela do computador é feita por meio do fator de escala.

Para que o movimento do foguete pudesse ser visualizado mesmo para tempos grandes, foi elaborado um fator que altera o escalonamento do foguete de acordo com que este se afasta da plataforma de lançamento e é acionada sempre que o foguete atinge uma determinada altura na tela. Desse modo, há o efeito do foguete e da plataforma se distanciarem, como se tivesse uma câmera com a diminuição de *zoom*. Para exibir a velocidade e a massa variando na tela foram utilizadas as variáveis do código dentro da caixa de texto dinâmico da apresentação. A interação do usuário com o simulador é feita por meio da alteração das variáveis de entrada do sistema, sejam elas: velocidade inicial do foguete, massa total do foguete, massa do combustível, velocidade de saída do combustível e vazão do combustível.

A figura 1 mostra algumas telas da execução do simulador em que é possível verificar a movimentação do foguete, a confecção do gráfico da posição em função do tempo e o aspecto da escala que ao decorrer do programa vai diminuindo, como se houvesse uma câmera de filmagem reduzindo o seu *zoom* e trazendo uma impressão de afastamento da visão do foguete e da plataforma.

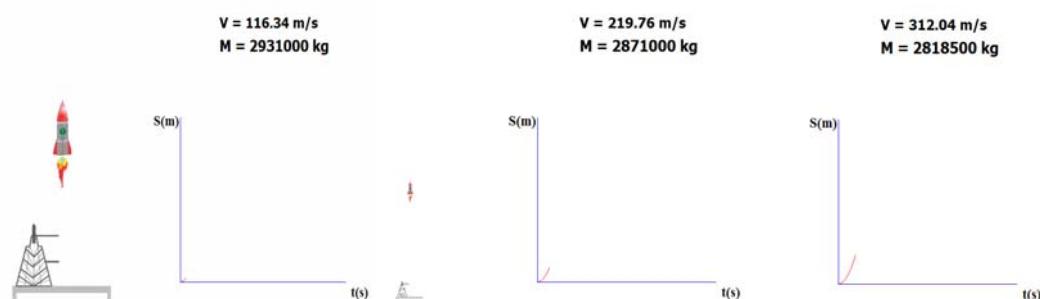


Figura 1. Movimento do foguete de acordo com a massa variável.

4. Conclusões

Foram obtidos resultados satisfatórios desde os valores de velocidade obtidos pelo foguete espacial e o gráfico exponencial da posição do foguete gerando validade ao código, pois na equação da velocidade foi utilizado o logaritmo natural.

A forma de modelagem escolhida, em que um sistema diferencial com taxa de variação de tempo infinitesimal foi aproximado pela taxa de execução Δt_s do simulador, gerou os resultados esperados. Desse modo, seria viável aplicá-la a outros trabalhos desenvolvendo algoritmos capazes de criar simuladores de fenômenos diversos, a exemplo dos sistemas com elementos finitos e demais métodos numéricos, já bem conhecidos dos pesquisadores na Engenharia.

O objetivo analisar a dinâmica de objetos com massa variável teve sucesso na medida que uma redução na massa do objeto provoca um aumento na velocidade de acordo com o tempo e a velocidade de propulsão. Para uma observação melhor e facilitada da característica do deslocamento, o gráfico também teve um papel importante.

Para trabalhos futuros, almeja-se aplicar o algoritmo a uma biblioteca de funções sobre a dinâmica de corpos a ser utilizada pelo GPSIA. Outro passo importante para complementar o trabalho atual é a aplicação da força gravitacional como força externa para aproximar mais ainda a simulação de um fenômeno real.

Referências Bibliográficas

- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2006) “Fundamentos de Física - Mecânica”, vol. 1, 7^a ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Nussenzveig, H. M. (2001) “Física Básica 1 – Mecânica 1”, Rio de Janeiro, p.159-164.
- Apollo-4 (2011) “John F. Kennedy Space Center - Apollo 4 (AS-501)”, <http://www-pao.ksc.nasa.gov/history/apollo/apollo-4/apollo-4.htm>, Junho.

Hipermídias Adaptativas em *ActionScript*

Áulus Carvalho Diniz¹, Ricardo R.Fragelli¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF – Brasil
aulus999@gmail.com, fragelli@unb.br

Abstract. *The adaptive systems are the trend for the next generation of technology use in education. In this context, Adaptive Hypermedia Systems (AHS) are used to promote the adaptation of content considering the different student profiles. The objective of this work was to build a web application based on the concepts of meaningful learning and methods of explanation and required further explanation. The application developed was adequate as a tool for online education and serve as support for the production of a library of Adaptive Hypermedia methods.*

Resumo. *A utilização de ambientes adaptativos caracteriza as próximas gerações do uso de tecnologia na educação. Nesse contexto, são utilizadas os Sistemas de Hipermídias Adaptativas (SHA) que promovem a adaptação do conteúdo considerando os diferentes perfis de estudantes. O objetivo deste trabalho foi construir uma aplicação para web com base nos conceitos de aprendizagem significativa e os métodos de explicação requerida e explicação adicional. A aplicação desenvolvida se mostrou adequada como ferramenta para educação online e servirá como suporte para a produção de uma biblioteca de métodos de Hipermídia Adaptativa.*

1. Introdução

As Hipermídias Adaptativas (HA) são métodos de apresentação e navegação de documentos, de forma que o usuário seja assistido pelo sistema de modo eficiente, selecionando elementos mais interessantes ao usuário [Brusilovsky 1996; Brusilovsky 1997].

O Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA) do professor Ricardo R. Fragelli, criado no ano de 2011 Faculdade UnB Gama da Universidade de Brasília, trabalha com o desenvolvimento de sistemas inteligentes e adaptativos para simulações interativas, em que as HA serão utilizadas para apresentação de informações.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma aplicação para web fundamentada nos conceitos de aprendizagem significativa e os métodos de explicação requerida e explicação comparativa. A aplicação desenvolvida será incorporada a uma biblioteca de HA a ser utilizada pelo GPSIA na construção de simuladores.

2. Aprendizagem Significativa e Hipermídias Adaptativas

2.1. Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem significativa é um conceito criado pelo psicólogo David P. Ausubel que afirma que o fator isolado mais importante para a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Ausubel coloca duas condições indispensáveis para fluir do processo de aprendizagem: O primeiro é a disposição do aluno para aprender e o segundo, o material didático desenvolvido, que deve ser, significativo para o aluno [Ausubel 1968].

Os conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do estudante são chamados de subsunções, do inglês *subsumer*. Segundo Ausubel (1968), as estruturas cognitivas seriam como dados hierárquicos de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo e a ocorrência da aprendizagem significativa implica no crescimento e modificação do conceito subsunçor.

Joseph Novak foi um grande colaborador para o refinamento e divulgação da teoria. Novak desenvolveu o conceito de mapa conceitual, que tem por finalidade orientar a investigação e a instrução e serve como instrumento facilitador para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Mapa Conceitual é uma ferramenta gráfica que organiza e representa o conhecimento, uma característica dos mapas conceituais é a sua estrutura hierárquica, onde um tema principal destrincha outros subjacentes, isto é chamado de diferenciação progressiva [Moreira 1998]. Ausubel pensou na educação de maneira que o aluno conseguisse fazer com que a informação fosse ancorada em sua mente por meio de conceitos relevantes e pré-existentes já presentes na sua estrutura e, desse modo, a assimilação aconteceria de forma gradual e natural.

2.2. Sistemas de Hipermídia Adaptativa

Segundo Brusilovsky (1996, 1997), Hipermídia Adaptativa (HA) é a área da ciência da computação que estuda e desenvolve sistemas, arquiteturas, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de hiperdocumentos e hipermídias às expectativas, necessidades, preferências e desejos dos usuários.

O Sistema de Hipermídia Adaptativa (SHA) tenta antecipar as necessidades e preferências de cada usuário através de um perfil que pode ser pré-definido, e com a utilização, aperfeiçoado pelo próprio sistema, são especialmente importantes quando se trata de disponibilizar informações para diferentes tipos de usuários que diferem em grau de conhecimento. Um SHA é constituído por nodos ou hiperdocumentos conectados por links. Cada nó contém informação para outro nó, também pode ter um mapa de links, onde apresentará todos os links contidos no sistema. Esses dois tipos de apresentações podem ser classificados como apresentação adaptativa e navegação adaptativa [Brusilovsky 1996; Palazzo 2002].

A apresentação adaptativa consiste em adaptar o conteúdo de um hiperdocumento para um usuário específico aos seus objetivos e conhecimentos. Um

exemplo seria a supressão de algumas partes de um arquivo para um usuário com um bom conhecimento sobre um determinado assunto, enquanto que para um usuário com pouco conhecimento seriam apresentadas explicações adicionais sobre partes do arquivo [Brusilovsky 1997].

Além de fazer o usuário entender melhor o conteúdo oferecido, levando em conta as diferentes capacidades cognitivas e objetivos, o sistema deduz quais os *links* de maior relevância, impedindo que o usuário navegue para áreas que lhe são de menor interesse.

Dentro da apresentação adaptativa existem vários métodos de tipos de explicações, dentre elas a explicação requerida em que o documento é organizado de forma que os conceitos apresentados sigam uma ordem onde a informação antecedente é pré-requisito para a próxima informação, formando uma sequência lógica necessária para o entendimento das informações, que são supridas pelo sistema.

O conceito de explicação requerida vem fortalecer o da aprendizagem significativa, tendo em vista que é mais fácil aprender uma coisa nova, baseado no que já se sabe e em seguida entender outros conceitos como a diferenciação do todo, do que a aprendizagem do todo por partes [Moreira 2006].

A explicação comparativa se baseia na similaridade entre conceitos, onde são realçadas as possíveis semelhanças e diferenças. Esse tipo de explicação se faz necessária quando não é possível ancorar um novo conceito a um indivíduo por meio do desenvolvimento de um conceito subsunçor. Este segundo é um método eficiente no aprendizado de linguagens e sistemas [Palazzo 2002].

3. Aplicação com uso de Métodos da Apresentação Adaptativa

Para testar possíveis caminhos na confecção de aplicações para web com os métodos de explicação requerida e explicação comparativa, foi utilizado o Macromedia Flash MX Professional com programação em *ActionScript* 2.0. A ideia é que o código possam ser incorporado a uma biblioteca de HA a ser utilizada pelo GPSIA.

A aplicação é baseada em *frames* e para cada execução de um *frame*, uma função é acionada e verifica a existência de conceitos-chave com base em um vetor de conceitos previamente determinado. Em outros dois vetores são especificadas as relações de hierarquia entre conceitos e explicações comparativas com outros conceitos.

Os conceitos identificados em pelo menos dois vetores, isto é, que possuem algum conceito prévio necessário para o seu entendimento ou então alguma explicação comparativa, são destacados na tela e transformados em objetos acessíveis ao usuário.

Quando o usuário clica no objeto, uma caixa com opções de conceitos prévios e explicação comparativa aparece ao lado, conforme mostrado na figura 1.

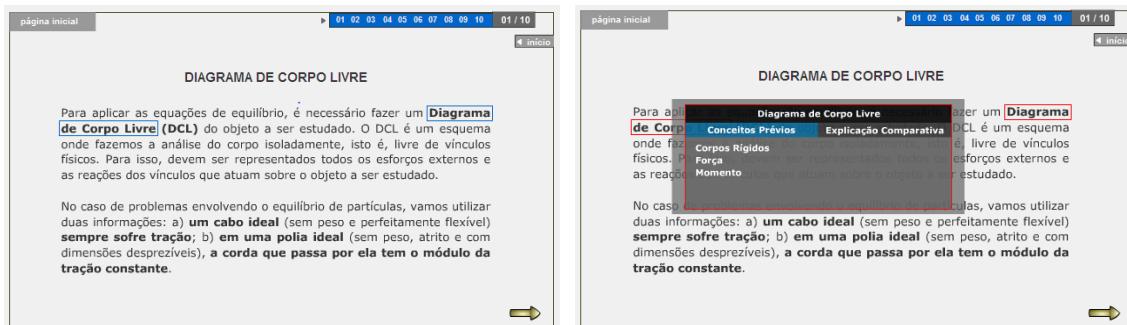


Figura 1 Funcionamento da aplicação desenvolvida.

4. Conclusões

Com base na aplicação desenvolvida e nos testes realizados, verificou-se que a aplicação teve um bom comportamento, respondendo rapidamente à interação com o usuário e fazendo a correlação correta dos conceitos identificados.

Pode-se considerar que a teoria da aprendizagem significativa foi uma boa escolha para o entendimento dos métodos de apresentação adaptativa utilizados e que uma evolução do algoritmo inicial seria a utilização de mapas conceituais para a análise dos conceitos prévios necessários.

O próximo passo do trabalho é estender a aplicação desenvolvida para o uso em uma biblioteca de HA a ser utilizada pelo GPSIA.

Referências Bibliográficas

- Ausubel, D.P. (1968) "Educational Psychology: A Cognitive View". New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Brusilovsky, P. (1997) "Efficient techniques for Adaptive Hypermedia". In: NICHOLAS, C.; MAYFIELD, J. (Eds.). Intelligent Hypertext: Advanced techniques for the World Wide Web. Belin: Springer-Verla. p. 12-30. Lecture Notes in Computer Science, v.1326.
- Brusilovsky, P. (1996) "Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia". User Modeling and User Adapted Interaction. v.6, n.2-3, pp.87-129. *Special issue on adaptive hypertext and hypermedia*, Kluwer.
- Fragelli, R.R. (2010) "Uma Abordagem de Redes Quantizadas e Objetivos Multiformes para Modelagem de Domínio em Sistemas de Tutoria Inteligentes". 2010. xviii, 163 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas) – Universidade de Brasília, Brasília.
- Moreira, M.A. (1998) "Mapas conceituais e Aprendizagem significativa". Porto Alegre: Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Moreira, M.A. (2006) "A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em Sala de Aula". Brasília: Universidade de Brasília.
- Palazzo, L.A.M. (2000) "Modelos proativos para Hipermídia Adaptativa". Tese (Doutorado) – PGCC da UFRGS, Porto Alegre.

Energia

Destilação do Óleo Diesel e Quantificação dos Seus Componentes por Cromatografia Gasosa

Diego G.Duarte¹, Eduardo C. Aráujo¹, Maria Del Pilar Hidalgo Falla²

¹Graduandos em Engenharia de Energia – Faculdade UnB Gama (Universidade de Brasília)

²Docente Faculdade UnB Gama (Universidade de Brasília)

duarte_gd@hotmail.com, ecafga@gmail.com, drapilar@gmail.com

Abstract. The composition of hydrocarbons from diesel fuel is important for monitoring its quality. This study used Gas Chromatography to the quantification of hydrocarbons present in diesel fuel, in its distillate 50% of its initial volume and the distillation residue. The results showed greater amount of C12 in the distillate diesel fuel while the distillation residue presents higher percentage of C14 and C16.

Resumo. A determinação da composição de hidrocarbonetos do óleo diesel é importante para o monitoramento de sua qualidade. O presente trabalho utilizou a Cromatografia Gasosa na quantificação dos hidrocarbonetos presentes no óleo diesel, no seu destilado de 50% do seu volume inicial e no resíduo da destilação. Os resultados indicaram maior quantidade de C12 no destilado de diesel, enquanto que no resíduo da destilação houve uma maior porcentagem de C14 e C16.

1. Introdução

Atualmente há uma grande preocupação com a qualidade dos combustíveis comerciais quanto à sua composição química. Tais componentes influenciam diretamente algumas propriedades do combustível como, por exemplo, densidade, viscosidade e volatilidade. O óleo diesel, principal combustível utilizado nos meios de produção, transporte e geração energética, deve ser monitorado para avaliar a sua composição de hidrocarbonetos a fim de garantir melhor eficiência. Uma máquina que opera, segundo o ciclo diesel, requer um combustível com determinadas propriedades dentre as quais as mais importantes são: desempenho do óleo diesel quanto à partida do motor, temperatura de operação, limite de frações pesadas, autonomia, densidade e o número de cetano, que têm seus valores mínimos estipulados pela ANP, sendo que quanto maior é o valor do cetano menor é o atraso da ignição [Ramos, Von Meien, Yamamoto, 2003].

Os métodos analíticos empregados na área de monitoramento dos combustíveis estão alicerçados em normas técnicas bem estabelecidas e consagradas pelo seu uso, as quais requerem um equipamento e um procedimento normalizado para cada análise. Melhorias nos métodos analíticos vêm ao encontro do aumento da demanda por análises, visto que a legislação tem se tornado cada vez mais severa [Moraes, Zini e Gomes, 2011].

Dentre as principais técnicas analíticas utilizadas destaca-se a cromatografia gasosa, baseada na partição do analito entre uma fase móvel gasosa e uma estacionária líquida imobilizada na superfície de um sólido inerte. O emprego de tal técnica se

justifica pelo fato desta gerar resultados confiáveis e de boa resolução [Ramos, Von Meien, Yamamoto, 2003; Collins, Braga e Bonato, 1995].

Neste trabalho optou-se por utilizar a técnica de cromatografia gasosa capilar com detector FID (*Flame Ionization Detector*) para a quantificação dos componentes do óleo diesel utilizado nos veículos que realizam os trajetos intercampi para a Universidade de Brasília. A composição e as propriedades físico-químicas consideradas foram as mesmas descritas na Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) para o óleo diesel segundo a Petrobrás.

2. Parte Experimental

2.1. Destilação

Para a realização da destilação do óleo diesel utilizou-se o método da destilação simples. 100 mL do óleo diesel foram transferidos para o balão de destilação no qual foi acoplado um termômetro na parte superior e um condensador de tubo reto na saída lateral (Figura 1). O balão foi aquecido com uma manta aquecedora e o destilado foi recolhido em uma proveta graduada. Prosseguiu-se a destilação até obter 50% da quantidade inicial do óleo diesel. Coletou-se uma amostra do destilado para análise no CG.



Figura 1. Destilador

2.2. Análise Cromatográfica

A 0,15mL do diesel destilado foram adicionados 1,35mL de heptano. A solução resultante foi homogeneizada e 1 μ L foi injetado no cromatógrafo da marca Thermo Scientific, modelo Trace GC Ultra. A separação dos componentes foi obtida utilizando uma coluna capilar OV-1 Bonded (30m x 0,25mm) à temperatura inicial de 40°C e final de 200°C, com um aumento contínuo de 1°C/min, utilizando o gás hélio como gás de arraste. A detecção dos componentes foi realizada através do FID (*Flame Ionization Detector*) à 300°C.

Após a aquisição dos dados, estes foram processados usando o software ProQuest, que permite a procura automática de picos através de uma comparação com dados de um banco de dados previamente elaborado com tempos de retenção definidos para cada composto.

3. Resultados e Discussões

O cromatograma mostra os tempos de retenção do óleo diesel indicando os hidrocarbonetos C12, C14 e C16 e suas respectivas intensidades em Volts. É possível verificar que os mesmos possuem semelhanças em relação às intensidades de resposta ao detector (Figura 2).

A fração do destilado do óleo diesel 50% corresponde em sua maior parte ao hidrocarboneto C12 (Figura 3), em quanto o óleo diesel forneceu 67% de C12, além disso as frações de C14 e C16 se apresentam em menor porcentagem na ordem de 0,1%.

É possível mediante a destilação e a cromatografia comparar a temperatura de ebulição da fração do destilado e temperatura de ebulição da mesma fração no cromatograma (Tabela 1).

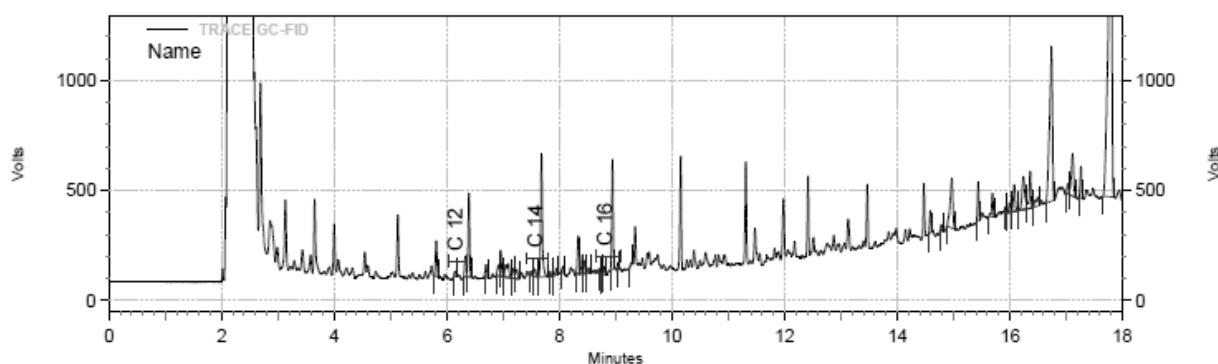


Figura 2. Cromatograma do Óleo Diesel

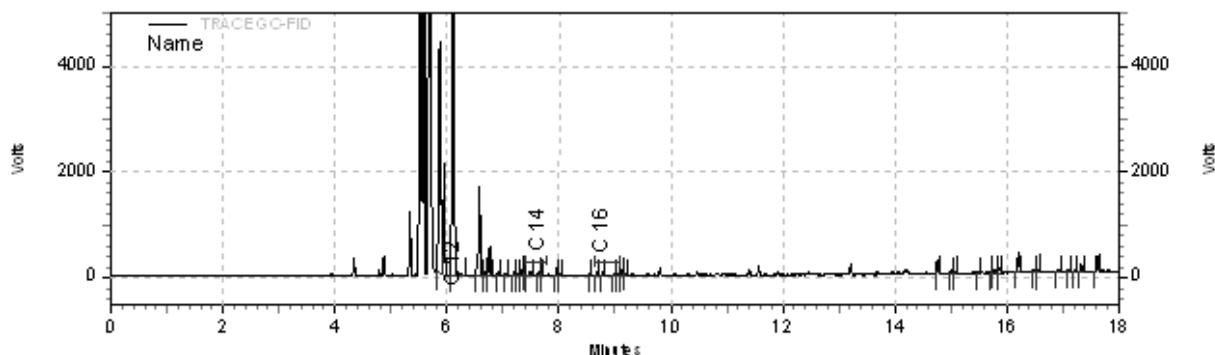


Figura 3. Cromatograma da Fração do Destilado 50% do Óleo Diesel

Tabela 1. Temperatura x Fração de Destilado x Composição

Temperatura (°C)	Fração (%)	Composição
127	ebulição	
200	10	< C12
235	20	< C12
246	30	C12
258	40	C12
289	50	C12-C16

4. Conclusão

Conclui-se que as técnicas de destilação e cromatografia gasosa são de grande importância na verificação da qualidade do combustível diesel e na identificação de suas respectivas frações. Verificou-se que a fração destilada de 50% do diesel é bastante representativa no óleo diesel, uma vez que corresponde, principalmente, às cadeias de C12- C16 mais leves.

Este trabalho terá continuidade simulando a destilação de uma amostra de petróleo utilizando a destilação fracionada para a separação dos diferentes hidrocarbonetos: parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos (PONA). Desta forma o trabalho poderá contribuir para a formação dos alunos da disciplina Engenharia de Petróleo e Gás, através de um processo de refinação de petróleo.

Agradecimentos

Agradecemos a Jéssica Santoro, Jéssica Cavalcante e Adriana Oliveira, alunas da FGA, pela concessão de figuras e dados utilizados no trabalho.

Referências Bibliográficas

- Collins, C.H.; Braga, G.L. e Bonato, P.S. (1995) “Introdução a Métodos Cromatográficos”, Editora Unicamp, 6^a Edição, Campinas, SP, pag. 31.
- Moraes, M.S.A.; Zini, C.A. e Gomes, C.B. (2011) “Uso da Cromatografia Gasosa Bidimensional Abrangente (GCXGC) na Caracterização de Misturas Biodiesel/Diesel: Aplicação ao Biodiesel de Sebo Bovino”. Química Nova, em fase de publicação.
- Ramos, E.G.; Von Meien, O.F. e Yamamoto, C.I. (2003) “Estudo de Correlações para Previsão de Propriedades Físico-Químicas de Amostra de Óleo Diesel”. 2º Congresso de P&D em Petróleo e Gás.

Utilização da Cromatografia Gasosa na Análise e Controle de Qualidade de Combustíveis

Natasha F. W. Lima¹, Pilar Hidalgo F.¹

¹Engenharia de Energia, Universidade de Brasília, Faculdade Gama (UnB/FGA)

(natashawiechers@gmail.com, drapilar@gmail.com)

Abstract. This study aims to demonstrate the use of gas chromatography in adulterated fuels. The main goal of research is to start a series of chromatography experiments to create a library of references adulterated fuels in order to facilitate further analysis and as secondary objective, we intend to demonstrate the application of gas chromatography in the analysis of fuels. To conduct the experiment was used gasoline adulterated with anhydrous ethyl alcohol and toluene.

Resumo. O presente trabalho busca demonstrar a utilização da cromatografia gasosa na análise de combustíveis adulterados. O objetivo principal da pesquisa é dar inicio a uma série de experimentos com cromatografia para a criação de uma biblioteca com referências de combustíveis adulterados com o intuito de facilitar análises futuras e como objetivo secundário, pretende-se demostrar a aplicação da cromatografia gasosa na análise de combustíveis. Para a realização do experimento foi usada gasolina adulterada com álcool etílico anidro e tolueno.

Introdução

A adulteração de combustíveis e a qualidade dos mesmos é assunto de interesse geral. O órgão brasileiro responsável por regulamentar, fiscalizar e especificar este tópico é a Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A prática da adulteração é frequentemente utilizada com o intuito de reduzir-se o preço de custo por meio do distribuidor e aumentar o lucro dos mesmos. As consequências por parte dos comerciantes podem até ser positivas, no entanto o consumidor é lesado ao adquirir um combustível fora dos padrões. A saúde do automóvel é diretamente afetada pela prática, além de que, combustíveis adulterados são capazes de gerar poluentes em maior quantidade.

A adulteração se dá geralmente por adição de álcool etílico anidro ou solventes diversos. O primeiro, já presente na gasolina em quantidade especificada, é capaz de aumentar o volume do combustível sem modificá-lo visivelmente. O álcool anidro apresenta preço de mercado bastante baixo quando comparado à gasolina e a compra é extremamente simples. Por determinação da ANP, o álcool anidro deve possuir corante alaranjado, no entanto essa medida favorece apenas que não haja adulteração do álcool combustível. No automóvel, a gasolina com excesso de etanol anidro causa desregulagem no motor, aumento do consumo de combustível, corrosão, alteração na octanagem da gasolina e emissão de poluentes. O etanol é adicionado à gasolina conforme as especificações como aditivo antidental.

Os solventes utilizados na adulteração são aqueles provenientes da indústria petroquímica e tem baixos valores de mercado e compra facilitada. Por serem solúveis na gasolina, não são detectados de imediato, ou seja, apenas visualmente. Alifáticos ou aromáticos, os solventes mais comuns são aguarrás mineral, solvente para borracha,

refinado petroquímico, alquilbenzenos, hexano e xilenos mistos. No veículo, a gasolina com excesso de solvente provoca a deterioração de tubos e mangueiras de borracha, influência o controle de ignição, aquecimento e aceleração do motor, além de aumentar o consumo. Como medida para evitar a utilização de solventes adicionados em excesso à gasolina, a ANP tem o Programa de Marcação Compulsória de Produtos, aonde todos os derivados líquidos de petróleo recebem a adição de um composto químico conhecido apenas pela agência e que somente é identificado por cromatografia, quando se tem um padrão de comparação.

No presente trabalho foram utilizados álcool etílico anidro e tolueno, ambos em 15% em volume na adulteração da gasolina tipo C comum.

A Portaria ANP nº 309, de 27.12.2001 – DOU 28.12.2001, que determina as especificações para a comercialização de gasolina automotiva, indica que a quantidade de álcool anidro presente na gasolina deve ser de $25\% \pm 1\%$. Na relação de solventes, em específico o tolueno, é encontrado na gasolina o composto BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos), sendo que a portaria em questão especifica que a gasolina deve conter o máximo de 1% em volume de benzeno e o método que o detecta utiliza a cromatografia, conforme especificado pela norma ASTM D3606, além das D5443 e D6277.

Vários são os programas governamentais utilizados para a prevenção de adulteração de combustíveis e tendo como referência o último relatório da ANP de controle de qualidade da região do Distrito Federal no período de abril, maio e junho de 2011, em comparativo com datas anteriores, os resultados são bastante otimistas, conforme a tabela a baixo.

Tabela 2 - Controle de qualidade (Fonte: ANP)

Período	2007		2008		2009		2010		Trimestre (abr, mai, jun 2011)	
Produtos	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC
Gasolina	782	2	526	3	599	11	574	5	123	0
Óleo Diesel	417	10	371	1	332	1	309	0	119	0
Etanol	690	0	343	3	312	0	296	3	64	0

Onde, NT representa o número total de amostras coletadas e NC representa o número de amostras não-conformes de acordo com as especificações.

Para análise e controle de qualidade de combustíveis, várias técnicas analíticas devem ser adotadas, pois elas se completam. Uma destas e de grande utilização neste caso é a cromatografia gasosa, por apresentar boa qualidade na análise, eficiência e rapidez. A técnica, quando utilizada isoladamente, não é capaz de determinar os contaminantes, no entanto é capaz de detectar a presença destes na amostra. Para tanto, compara-se o cromatograma obtido a um padrão, que certamente corresponde a um combustível não adulterado. Verificando a presença de substâncias indesejadas, faz-se necessário o uso de outras técnicas para determinação da composição química, massa, entre outros.

Parte Experimental

Para a realização das análises, foram utilizadas três amostras, sendo eles: gasolina tipo C comum, gasolina tipo C comum adulterada com 15% (v/v) de álcool etílico anidro e gasolina tipo C comum adulterada com 15% (v/v) de tolueno. A tabela abaixo ilustra a preparação e injeção das amostras.

Tabela 3 - Condição de utilização das amostras

	Composição	Diluição	Volume Injetado
Amostra 1	Gasolina tipo C comum 100% (v/v)	1: 9 (gasolina: n-heptano)	1µL
Amostra 2	Gasolina tipo C comum 85% (v/v) e álcool etílico anidro 15% (v/v)	1: 9 (gasolina: n-heptano)	1µL
Amostra 3	Gasolina tipo C comum 85% (v/v) e tolueno 15% (v/v)	1: 9 (gasolina: n-heptano)	1µL

Para a análise, foi utilizado o cromatógrafo da ThermoScientific - Trace CG Ultra. As características do cromatógrafo também estão listadas em forma de tabela.

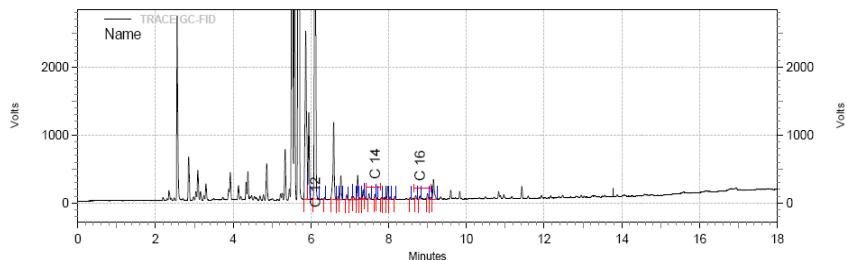
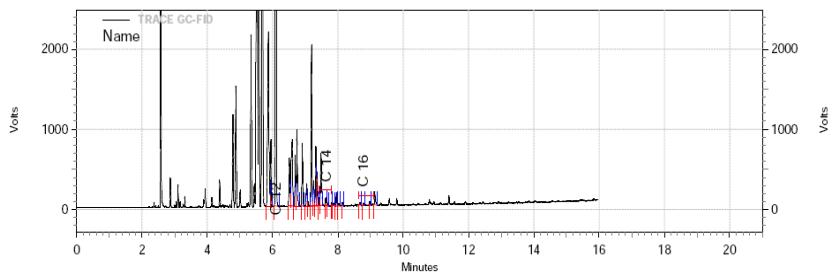
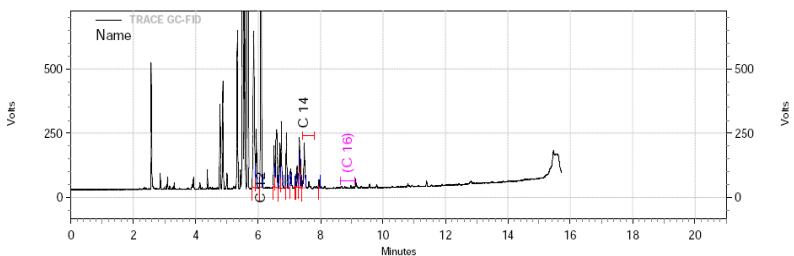
Tabela 4 - Configuração do cromatógrafo

Coluna	OV - 1
Fase estacionária	100% dimetilpolisiloxano
Comprimento	30 m
Diâmetro interno	0,25 mm
Espessura do filme	0,25 µm
Programa de temperatura do forno	40°C durante 1 min./ 10°C min ⁻¹ até 230°C
Detector	FID
Temperatura do detector	250°C
Injetor	Split
Temperatura do injetor	200°C
Volume injetado	1µL

Resultados e Discussões

Conforme observado na introdução deste artigo, a técnica de cromatografia utilizada em singular não é suficiente para caracterizar os contaminantes presentes na gasolina. Com a técnica, é possível identificar, quando comparado a um padrão, se há algo errado ou não. No caso das análises realizadas, como já são conhecidos os contaminantes utilizados, é possível identificar os picos cromatográficos dos mesmos e seus tempos de retenção por meio das respectivas temperaturas de ebulação.

Os resultados serão demonstrados a seguir com o cromatograma padrão e os outros dois, das amostras 2 e 3, neste ordem.

Cromatograma 1 – Amostra 1**Cromatograma 2 – Amostra 2****Cromatograma 3 – Amostra 3**

A comparação dos três cromatogramas apresentados possibilita a identificação da presença de contaminantes. Quando comparadas as amostras 1 e 2, há diferenças no tempo de 5 min. e de 6,3 min. a 8 min. aproximadamente. A comparação entre as amostras 1 e 3 apresentam as mesmas diferenças, no entanto 2 e 3 também são diferentes. Com outras técnicas de análise seria extremamente simples caracterizar as diferenças de picos encontradas.

Conclusão

A técnica é bastante prática e eficiente quando se conhece o que será analisado. Para combustíveis adulterados, é sempre necessária uma amostra padrão para comparação. Este trabalho dá inicio a uma série de pesquisas que serão feitas com o objetivo de criar uma biblioteca com cromatogramas padrões e de possíveis contaminantes utilizados nos combustíveis comerciais: diesel e gasolina. Com a biblioteca, o diagnóstico de verificação de qualidade será mais rápido e simples.

Referências Bibliográficas

Aquino Neto, F. R., Nunes, D.S.S. (2003) “Cromatografia – Princípios Básicos e Técnicas Afins.”. Editora Interciência, Rio de Janeiro.

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (20/07/2011). – www.anp.gov.br

Eficiência de Motores de Ciclo Otto Movidos a Etanol Dopado com Hidrogênio em Função da Dopagem

Roberto A. Varella¹

¹Graduando em Engenharia Automotiva – Faculdade do Gama – Universidade de Brasília – Brasília – DF – Brasil

ravarella@gmail.com

Abstract. This project aims to develop a system of hydrogen doping of the main fuel in Otto Cycle engines, through an electrolytic cell that draws its power from an electric source, and the control of the injection of the produced hydrogen and oxygen. Was took into account the issue of cold start, the increase of the autonomy by reducing the specific consumption of the engine, increasing efficiency and reducing the emissions of polluting gases. It is believed that because hydrogen serves as a catalyst for combustion there will be a more complete burning, generating a higher engine efficiency.

Resumo. Neste projeto, pretende-se desenvolver um sistema de dopagem de hidrogênio do combustível principal em motores de ciclo Otto, através de uma célula eletrolítica que extraí sua energia de uma fonte elétrica, e da injeção controlada do Hidrogênio e do Oxigênio produzidos na alimentação. Levou-se em conta a questão da partida a frio, o incremento da autonomia através da redução do consumo específico do motor, aumento da eficiência e redução da emissão de gases poluentes. Acreditando que, como o hidrogênio serve como catalisador da combustão ocorrerá uma queima mais completa, gerando uma maior eficiência do motor.

1. Introdução

O uso de combustíveis renováveis em larga escala tem sido uma das alternativas mais rápidas na transição entre uma sociedade dependente de combustíveis fósseis para uma com baixos índices de emissão de gases do efeito estufa. O emprego de combustíveis alternativos em motores de combustão interna é uma importante rota tecnológica nesta mudança de paradigma, uma vez que estes equipamentos estão profundamente inseridos na cultura moderna.

Importantes artigos escritos por pesquisadores como Yousufuddin e Al-Baghdadi, estudam a adição de hidrogênio ao combustível principal, seja ele, etanol, gás natural ou diesel. Apesar dos ganhos expressivos observados em termos de eficiência e redução no consumo específico [Yousufuddin, Masood, 2008], notamos que a substituição por hidrogênio alcança frações altas do combustível principal, caracterizando, portanto o hidrogênio como segunda fonte de energia. Esta abordagem sofre então dos mesmos problemas de transporte e distribuição do gás já citados.

Propomos aqui uma abordagem diferente, com a adição de pequena fração de hidrogênio que é produzido sob demanda, evitando assim os problemas de produção, distribuição e estocagem deste gás. Este hidrogênio é produzido através de uma célula eletrolítica que realiza a eletrólise da água, e é alimentada por um gerador acoplado ao motor. Como o hidrogênio entra em combustão com muito mais oxigênio que a razão

estequiométrica [Yamun, Gupta, Bansal, Srivastava, 2000], mesmo em baixas concentrações apresenta benefícios na queima do combustível principal, pois a velocidade de queima do hidrogênio é muito maior que a dos outros combustíveis, o que homogeniza a combustão. Temos resultados preliminares que indicam que reduções de 10% ou mais no consumo específico são possíveis.

Neste trabalho pretendemos desenvolver a seguinte linha de pesquisa que é baseada na caracterização experimental [Verhelst, S. & Sierens, R., 2001]: Propomos a construção dos protótipos necessários ao desenvolvimento do projeto. Visamos com isto à demonstração experimental da viabilidade da proposta, bem como a validação e calibração dos modelos teóricos. Para isto, desenvolvemos as seguintes etapas, as quais consistem na instrumentação de um motor do ciclo Otto, mapeamento tradicional do mesmo em um dinamômetro, mapeamento com a injeção de hidrogênio com uma central de injeção original e mapeamento com a injeção de hidrogênio em uma central de injeção montada para se ter o controle da quantidade de hidrogênio injetada.

A caracterização de sistema também é importante para se obter resultados como variação no consumo específico e eficiência termodinâmica. Estes dados serão utilizados para calibração dos modelos teóricos, que poderão auxiliar na otimização do sistema. Também servirão para modificação dos mapas originais, permitindo a obtenção de melhor desempenho em variadas situações de carga e rotação do motor.

3. Metodologia

Devido à grande amplitude de trabalhos a serem realizados e à característica multidisciplinar dessa pesquisa, podemos dividir a metodologia utilizada em fases, nas quais já foram realizadas ou ainda estão sendo realizadas, em ordem:

- a) **1^a fase (já realizada) - Treinamento teórico:** foi realizado o estudo e compreensão dos fundamentos teóricos que regem a pesquisa.
- b) **2^a fase (já realizada) - Instrumentação do motor de ciclo Otto:** Realizou-se a instrumentação de um motor Chevrolet 1.6l MPFI 8v. Com isso, foi realizada toda a parte de troca de componentes mecânicos e eletrônicos, a fim de deixar-lo pronto para a dopagem com hidrogênio. Também foi montada a central de injeção, a qual pertence ao projeto Megasquirt, que consiste em um projeto de hardware aberto, possibilitando, assim adaptá-la às condições de uso do motor.
- c) **3^a fase (em andamento) - Caracterização do sistema:** Estão sendo realizadas medidas de consumo específico e de eficiência do motor, tanto originais, quanto com hidrogênio. Para o hidrogênio pretende-se variar o fluxo de Hidrogênio em função da carga e rotação. Com isto, esperamos obter dados que permitam minimizar o consumo específico, maximizando a eficiência termodinâmica em diversas situações de uso, e construindo um mapa do fluxo de dopagem em função dos parâmetros de interesse que possa ser programado na central de injeção eletrônica.

4. Resultados

Como resultados, foram obtidos preliminarmente dados relativos à plena carga do motor, ou seja, com a borboleta aberta 100%. Com isso foi alcançado um aumento no rendimento do motor de 10,6% e uma economia de consumo de 26%, o que impressionou muito, pois o teste foi feito sem o controle da injeção de hidrogênio no motor. Esse consumo também pode ser observado pelo gráfico de pico de pressão no cilindro.

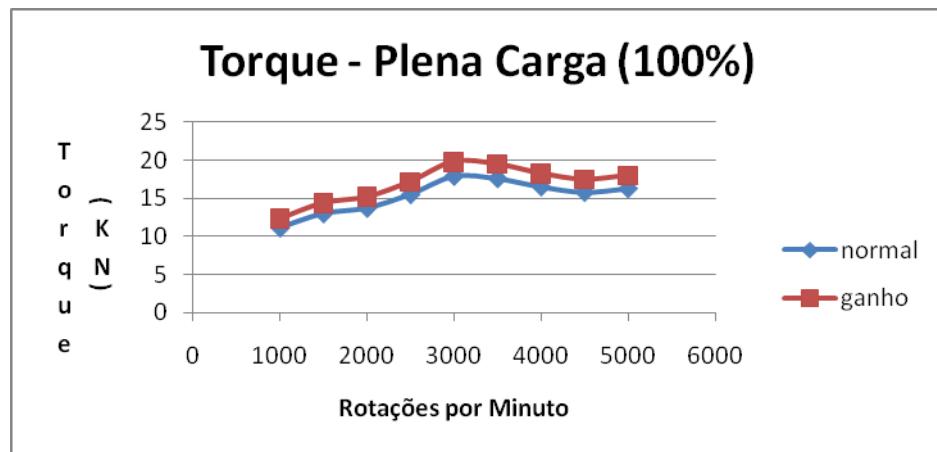


Figura 1. Gráfico de torque com e sem hidrogênio

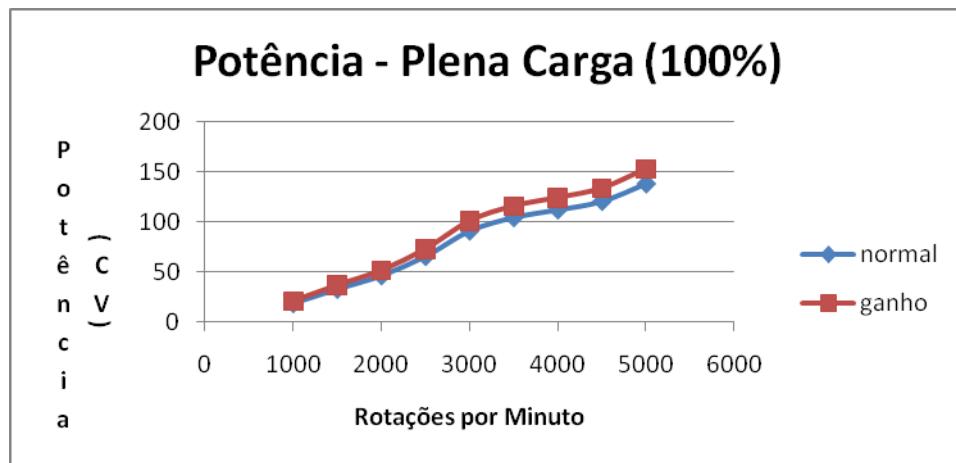


Figura 2. Gráfico de potência com e sem hidrogênio

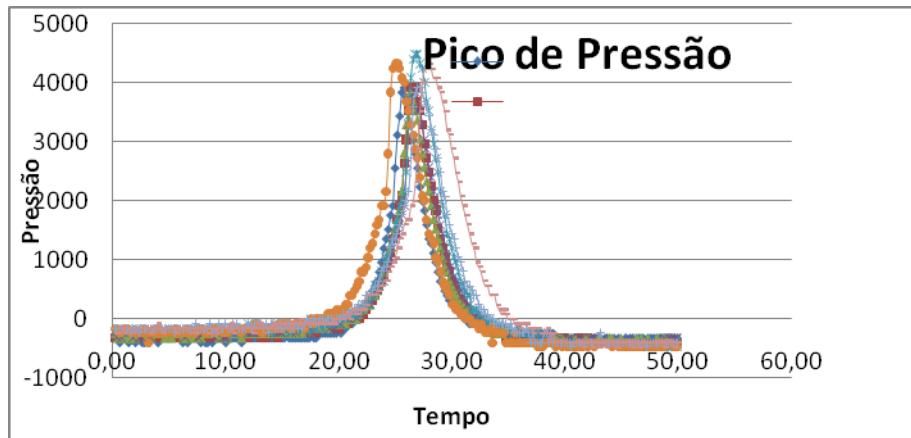


Figura 3. Gráfico de pressão com e sem hidrogênio em várias rotações

Com os testes ainda em andamento, o próximo passo é adquirir os dados para as outras aberturas de borboleta (75%, 50% e 25%), ou seja, em cargas parciais e também com uma central injeção montada especificadamente para os parâmetros do hidrogênio, podendo-se controlar a sua injeção.

5. Conclusão

Acreditamos que é grande o potencial gerador de patentes para este projeto, principalmente no que concerne à célula eletrolítica e aos sistemas de controle

acoplados. Este sistema pode vir a ser equivalente aos sistemas de GLP do ponto de vista da relação custo-benefício e acessibilidade de peças de reposição. Também esperamos produzir um protótipo operacional que exemplifique os principais benefícios da tecnologia em termos de redução na emissão de poluentes, redução no consumo específico, eliminação dos problemas de partida a frio e aumento da autonomia. Com isto, será possível difundir a tecnologia em outros centros e empresas interessadas.

Assim, concluímos que essa pesquisa pode possibilitar a continuidade do pioneirismo brasileiro no desenvolvimento de tecnologias que utilizam energias alternativas e renováveis.

Referências

- Yousufuddin, S., Mehdi, S. N. & Masood, M. (2008), “Performance and Combustion Characteristics of a Hydrogen Ethanol-Fuelled Engine”, Energy&Fuels 22, 3355-3362
- Al-Baghdadi, M. A. S. (2000), “Performance study of a four-stroke spark ignition engine working with both of hydrogen and ethyl alcohol as supplementary fuel”, Intl. J. of Hydrogen Energy 25, 1005-1009.
- Zhu, G. G., Haskara, I. & Winkelman, J. (2007), “Closed-Loop Ignition Timing Control for SI Engines Using Ionization Current Feedback”, IEEE Trans. on Control Systems Technology 15, 416-427).
- Alla, G. H. A. (2002) , “Computer simulation of a four stroke spark ignition engine”, Energy Conversion&Management 43, 1043-1061.
- Yamun, J. A. A. , Gupta H. N., Bansal, B. B. & Srivastava, O. N. (2000), “Effect of combustion duration on the performance and emission characteristics of a spark ignition engine using hydrogen as a fuel”, Intl. J. of Hydrogen Energy 25, 581-589.
- Badr, O., Karim, G. A. & Liu, B. (1999) , “An examination of the flame spread limits in a dual fuel engine”, Appl. Thermal Engeneering 19, 1071-1080.
- Verhelst, S. & Sierens, R. (2001) , “Aspects concernig the optimization of a hydrogen fueled engine”, Intl. J. of Hydrogen Energy 26, 981-985.

Determinação de acidez de óleos por potenciometria

Érica Santos Silva, Jéssica Marsal Mendes, Juliany Martins da Silva, Sandra Maria da Luz

Faculdade do Gama - Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 8114 - CEP: 72405-610 – Gama, DF – Brasil
sandaluz@unb.br

Abstract. The potentiometry or potentiometric titration is a technique large used to determinate fat free acids in oil used to biodiesel obtainment. The objective of this paper is to show the potentiometry characteristics, properties, conditions and specificity of this technique. Besides that, data from pH-meter measurements and there values analyzed by Origin Software will be discussed. The fat free acids content found in soil bean oil is agreement with ABNT specifications.

Resumo. A potenciometria ou titulação potenciométrica é uma técnica amplamente utilizada para a determinação de ácidos livres em óleos utilizados para a obtenção de biodiesel. Este artigo tem por objetivo mostrar as características, propriedades, condições e especificidades da potenciometria. Além disso, serão mostrados os dados obtidos a partir das medições de pH e gráficos obtidos pelo software Origin. O índice de acidez do óleo de soja analisado se encontra dentro das especificações da ABNT.

1. Introdução

Os óleos são compostos orgânicos formados por cadeias de ácidos carboxílicos de cadeias longas, sendo saturados (gordura animal) ou insaturados (gordura vegetal). Os óleos provenientes de vegetais como a soja, canola, babaçu e mamona, podem ser utilizados para a fabricação de biodiesel por meio da reação do óleo com álcool de cadeia curta por meio da transesterificação, produzindo glicerina como co-produto. Nesta reação há a formação de ácidos graxos livres (AGL), que indica o grau de deterioração de um composto, que pode ser medido definindo o índice de acidez¹ (IA) do composto [Souza et al. 2011], pois este está intimamente relacionada com a qualidade da matéria-prima. O valor máximo de índice de acidez estabelecido pela Norma ASTM D6751 é de 0,5 mg KOH/g de amostra [Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – Legislação e Norma (2011)].

Para esse controle a Associação Nacional de Petróleo e Biocombustíveis adota, entre vários outros, o método da ABNT NBR 14448 – método potenciométrico. O método potenciométrico consiste na análise de medidas de potencial de células eletroquímicas, na ausência de corrente, ou seja, em condições estáticas sendo que a titulação potenciométrica é o registro da curva de titulação, por meio da variação do potencial (ou pH) e não por seu valor absoluto.

O objetivo deste experimento foi a determinação do índice de acidez de óleo por meio do método de titulação potenciométrica. Essa medição foi feita utilizando um potenciômetro, de fácil manuseio e que permite a coleta dos pH do composto a ser analisado. Gráficos de pH da solução em função do volume de base (NaOH) foram traçados com o Software Origin, onde pôde-se verificar a indicação do ponto de viragem ou ponto final da reação, além de ter um tempo de resposta curto. Esses dados permitiram a determinação do índice de acidez, dado fundamental assegurar a qualidade de óleos para a fabricação de bicombustíveis.

2. Metodologia

¹ Índice de Acidez: corresponde a quantidade (em mg) de base (KOH ou NaOH) necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1g de gordura.

Para a realização do experimento foi montado um sistema conforme mostrado na Figura 1. O medidor de pH usado é da marca Metrohm Pensalab com especificações de medidor de pH de bancada modelo 827 com Primatrode com eletrodo LLUnitrode combinado com um sensor pt1000 de cloreto de prata/prata [Metrohm Pensalab 2011].

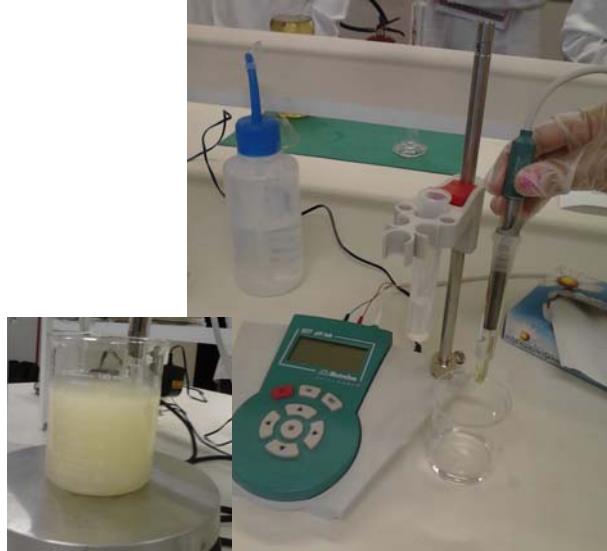


Figura 1. Potenciômetro utilizado para titulação do óleo. No detalhe, a mistura a ser titulada.

Antes do início da titulação, a mistura a ser titulada foi preparada. Em um bêquer de 150 mL foram adicionados 56 g de óleo vegetal e 50 mL de etanol 95% (mostrado no detalhe da Figura 1). O bêquer foi colocado sobre um agitador magnético em máxima rotação e a mistura foi agitada por 3 min e o valor de pH foi anotado. Posteriormente foi montado um sistema de titulação com o pHmetro mostrado na Figura 1. O agente titulante, solução de NaOH 0,05 M, foi então adicionado à bureta de 25 mL. Titulou-se gradativamente a amostra em intervalos de 0,2 mL. Quando se alcançou o volume de 2 mL o ponto de viragem estava próximo e por isso passou a se fazer adições de 0,1 mL até que se alcançou 5 mL e voltou-se a adicionar 0,2 mL até alcançar 7 mL de volume acrescentado na amostra titulada. Com os respectivos valores em pH em função do volume de NaOH adicionado foi feito um gráfico com os valores de pH, nas ordenadas, e volume do titulante, nas abscissas. Com o objetivo de localizar o ponto máximo e a vizinhança do ponto de viragem foram feitos gráficos da primeira e segunda derivadas ($\Delta\text{pH}/\Delta v$ e $\Delta\text{pH}^2/\Delta v^2$) usando como ferramenta o *software* ORIGIN.

3. Resultados e Discussão

Para obtenção da curva de titulação, isto é, volume de NaOH consumido em função do pH, foram coletados valores como descrito na metodologia e a curva sigmoidal da Figura 2 foi obtida a partir desses pontos. A partir do gráfico da Figura 2, pôde-se medir o ponto de viragem, encontrando o ponto de inflexão, porém este método é pouco preciso. Utilizando a primeira derivada pode-se encontrar este ponto com mais precisão [Skoog et al. 2001].

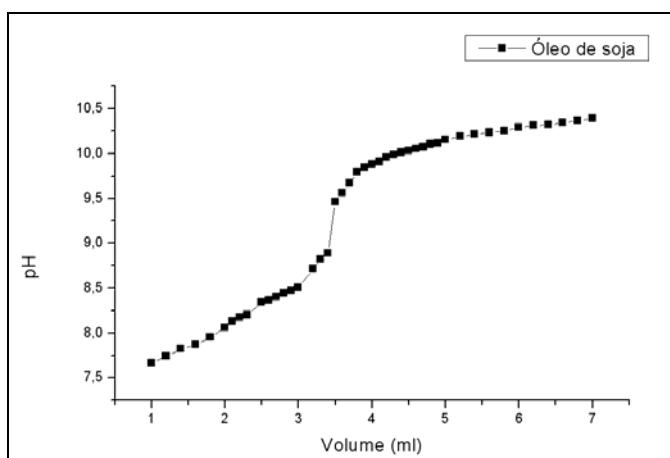


Figura 2 – Gráfico de volume versus pH obtido através do software Origin.

A partir do *software* Origin obtém-se facilmente os valores e gráficos da primeira e segunda derivada, conforme é mostrado na Figura 3. Com o método da segunda derivada, o volume utilizado até o ponto de viragem é facilmente encontrado. Este é o ponto onde a curva formada corta o eixo das abcissas, entre os picos do gráfico [Skoog et al. 2001].

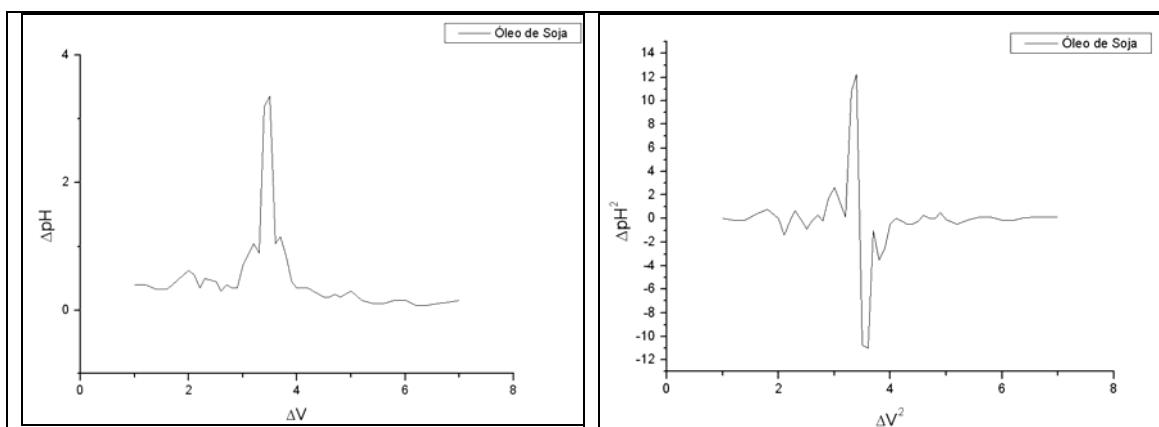


Figura 3. Primeira e segunda derivadas obtidas a partir da curva sigmoidé.

De acordo com o método da primeira derivada, o pico está aproximadamente entre os valores 3,4 e 3,5 mL de NaOH consumido. O mesmo dado é encontrado com o método da segunda derivada, isto é, entre os dois picos, a curva do gráfico cruza o eixo das abscissas entre 3,4 e 3,5 mL. O pH no ponto de viragem foi 9,46.

Esta análise foi realizada em duplicata e o mesmo procedimento para construção dos gráficos foi adotado também para a segunda amostra. Analisando os dados obtidos na segunda medição, e utilizando o método da primeira derivada, é observado que o pico está no volume aproximado de 3,8 mL. No método da segunda derivada, observa-se que a curva, entre os dois picos, corta o eixo das abcissas entre o volume 3,7 e 3,8 mL. Com estes resultados, verificou-se que o pH no ponto de viragem foi 9,46.

O índice de acidez do óleo é a quantidade (em mg) de base (KOH) necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em 1 g de gordura [Souza et al. 2011]. A equação 1 mostra a relação que determina o índice de acidez em mg KOH/g óleo, onde V_{NaOH} é obtido a partir do volume utilizado para chegar ao ponto de viragem, M_{NaOH} é a concentração de NaOH usado como agente titulante, M_{KOH} é a massa molar em g/mol do KOH e $m_{\text{óleo}}$ é a massa de óleo titulada.

$$\frac{V_{NaOH} \times M_{NaOH} \times MM_{KOH}}{m_{óleo}} \quad \text{Equação 1}$$

O experimento foi feito em duplicata consumindo 3,5 e 3,8 mL de agente titulante, respectivamente. Portanto o teor de ácidos livres no óleo de soja foi de 0,18 $\pm 0,2$ mg KOH/g óleo.

Conclusão

A determinação do índice de acidez de um óleo ou gordura é de fundamental importância para avaliação do estado de deterioração desta, pois quando este índice é elevado, indica que há quebras na cadeia e liberação de ácidos graxos, tornando-o ácido. O índice de acidez encontrado para o óleo analisado está adequado para a fabricação de biodiesel.

Referências

- “Metrohm Pensalab” (2011), <http://www.metrohm.com.br>, Abril.
- “Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – Legislação e Norma” (2011), <http://www.biodiesel.gov.br/legislacao.html>, Abril.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., Nieman, T. A. (2001) “Princípios de Análise Instrumental”. McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid.
- Souza, L.D., Barros Neto, E.L., Nunes, A.O., Santos, A.G.D., Barbosa, J. B. – “Caracterização segundo normas padronizadas de óleos, diesel e biodiesel produzidos ou consumidos no RN” (2011), <http://www.biodiesel.gov.br/docs/.../Caracterizacao/CaracterizacaoSegundo11.pdf>, Abril.

Determinação do Teor de Biodiesel em Misturas Binárias (Biodiesel/Diesel) por espectrofotometria de UV/Visível

Vitor M. Zago de Sousa, Janaíne M. de Oliveira, Leonardo L. G. de Queiroz,
Sandra M. da Luz

Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Área Especial 1, Lote 14 Setor Central Gama-DF Cep: 72405-610
vitormagalinizago@gmail.com, monica.janaine@gmail.com, sandraluz@unb.br

Abstract. *The Ultraviolet (UV)/ Visible spectrometry is a useful technique employed in large amount applications with low cost. Through this technique is possible to find unknown content in binary mixtures by the Beer – Lambert law application. The mixture diesel /biodiesel is a binary mixture that can appear in different content (B5, B10 or B50, depended on biodiesel content). In this work, UV/visible using the standard addition method determined the biodiesel content in commercial diesel. The biodiesel content in diesel was 11.28% v/v, value above the recommended.*

Resumo. *A espectrometria de Ultravioleta (UV)/Visível é uma técnica bastante empregada devido ao grande número de aplicações e seu custo relativamente baixo. Através desta técnica é possível encontrar concentrações desconhecidas em compostos binários através das relações expressas pela Lei de Beer-Lambert. A mistura diesel/biodiesel é uma mistura binária que pode aparecer em concentrações diferentes (B5, B10, B50). Neste trabalho determinou-se a concentração desconhecida de biodiesel em diesel através da espectrofotometria de UV/visível com adição-padrão. O teor de biodiesel encontrado no diesel comercial foi de 11,28% v/v, teor acima do recomendado.*

1. Introdução

Devido ao modelo de transporte brasileiro estar baseado no transporte rodoviário, o país é um grande consumidor de óleo diesel. A grande demanda deste produto tem impulsionado nos últimos anos a procura por um combustível alternativo para ser utilizado em motores ciclo diesel, inserindo neste mercado o biodiesel como mistura eficaz no diesel de petróleo.

O biodiesel é um combustível oxigenado produzido a partir da transesterificação de triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais [Rocha e Teixeira 2004] apresenta propriedades comparáveis com as do diesel convencional, deste modo o biodiesel pode ser utilizado em motores de ciclo diesel sem causar danos à estrutura e as peças do motor. Há também algumas vantagens ambientais no uso do biodiesel ou da mistura diesel/biodiesel, o biodiesel é uma fonte de energia renovável e comparado ao diesel convencional, o biodiesel ou as misturas de diesel-biodiesel, apresenta menores emissões de monóxido e dióxido de carbono e de enxofre, apesar de um ligeiro aumento nas emissões de óxidos de nitrogênio [Correa et al. 2006].

A legislação brasileira define em 5% em volume a quantidade mínima de biodiesel presente no diesel convencional. Este trabalho tem por objetivo determinar a quantidade de biodiesel presente em um determinado diesel comercializado em Brasília.

Uma das formas de determinar a concentração de um composto binário desconhecido é a espectrofotometria em UV/Visível.

Chama-se espectrofotometria ou espectroscopia a qualquer procedimento que utiliza a luz (radiação eletromagnética) para medir a concentração química de qualquer espécie. Segundo Rocha et al.(2004), a espectrofotometria na região do ultravioleta e visível do espectro eletromagnético é uma das técnicas analíticas mais empregadas, em função de robustez, custo relativamente baixo e grande número de aplicações desenvolvidas. Em geral, quando se utiliza radiação na faixa do UV/Visível mede-se a absorção da radiação pelas moléculas dos compostos químicos. Quando esse elétron retorna ao seu estado fundamental, libera exatamente a mesma energia que foi absorvida [Gordon, 1995]. A espectrofotometria é fundamentada na lei de Beer-Lambert [Basset et al., 1992], que é a base matemática para medidas de absorção de radiação por amostras no estado sólido, líquido ou gasoso, nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético. Para medidas de absorção de radiação em determinado comprimento de onda, tem-se na equação 1:

$$A = -\log_{10}(I/I_0) = \epsilon \cdot c \cdot L \quad (1)$$

Onde A é a absorbância medida, I_0 é a intensidade da luz incidente a um dado comprimento de onda, I é a intensidade transmitida pela amostra, b é o caminho óptico pela amostra (distância que a luz percorreu por ela), ϵ é uma constante conhecida como absorvividade molar (a qual varia de substância para substância), e c é a concentração da substância em (mol/L).

Este experimento visa determinar se há ou não adulteração no diesel comercializado em Brasília por meio da técnica de espectrofotometria na região do UV-Visível.

2. Metodologia

Ao diesel comercial foi adicionado biodiesel para atingir as concentração de 5% v/v (B5), 15% v/v (B15) e 25% v/v (B25) para um volume de 25 mL. Para a obtenção do B5, com o auxílio de uma pipeta volumétrica de 2 mL adicionou-se 1,25 mL de biodiesel em um balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com o diesel comercial. Para o B15, adicionaram-se com uma pipeta de 5 mL, 3,75mL de biodiesel em um balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com o diesel comercial. Para o B25, com uma bureta, adicionaram-se 6,25 mL de biodiesel em um balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com diesel comercial. As soluções preparadas foram então diluídas em diclorometano até concentração de 1000 ppm.

As amostras diluídas B5, B15, B25, DIESEL PURO e B100 e do branco (dicloretemano puro), foram analisadas em um espectrômetro de UV/Visível Beckman DU 650 SPECTRO PHOTOMETER de feixe simples. O intervalo do espectro analisado foi de 200 a 700 nm. As amostras analisadas em cubeta de quartzo com passo óptico de 1 cm. O experimento foi realizado no laboratório de catálise, do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

3. Resultados e Discussão

A partir de um comprimento de onda fixo pôde-se determinar a concentração de um composto de acordo com a Lei de Beer-Lambert. Para esta análise escolheu-se três

comprimentos de onda referentes aos picos de absorbância para o biodiesel puro (B100), esses comprimentos foram 242, 269 e 280 nm. As absorbâncias medidas para cada um dos compostos nestes comprimentos de onda são listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Absorbâncias em função do comprimento de onda das diferentes amostras e resultados obtidos a partir da linearização.

Amostra	Concentração de biodiesel em diesel % v/v	242 (nm)	269 (nm)	280 (nm)
B5	5	1,47712	1,76235	1,79316
B15	15	1,47712	1,65321	1,63346
B25	25	1,47712	1,49351	1,51696
B100	0	0,25238	0,20778	0,19963
Diesel comercial	Valor desconhecido	1,22724	1,56606	1,70601
	Equação	$y = -0,013x +$	$y = -0,013 x +$	
		1,838	1,855	
	R^2	0,988	0,991	
	ϵ	0,013	0,013	

Para cada comprimento de onda escolhido pôde-se construir um gráfico de absorbância *versus* concentração. Entretanto, no comprimento de onda de 242 nm o gráfico não pode ser construído devido a não variação das absorbâncias com o aumento da concentração. Como mostrado na Tabela 1 para esse comprimento de onda, as absorbâncias nas diferentes concentrações permanecem constante em 1,47712. Desta maneira, a absorvidade (ϵ) seria igual a zero, o que é inconsistente de acordo com a Lei de Beer-Lambert.

Para a determinação de uma concentração desconhecida de biodiesel, pode-se utilizar o método de adição de padrão. Segundo Bassett et al. (1992), com a técnica de adição de padrão, quando tem-se uma amostra de concentração desconhecida, adiciona-se quantidades conhecidas da solução do analito a diversas alíquotas da solução da amostra. Dilui-se as soluções resultantes até o mesmo volume final. Em seguida deve-se medir a absorbância da solução-teste e, depois, de cada uma das soluções preparadas, da solução mais diluída até a mais concentrada. Deve-se lançar em gráfico os valores de absorbância medidos contra os valores de concentração adicionados. O gráfico deve ser uma linha reta que pode ser extrapolada até o eixo das concentrações. A equação 2 mostra a relação entre concentração e absorbância, onde y é a absorbância, A assume o valor de $\epsilon \cdot b$, sendo b o passo óptico e ϵ a absorvidade molar; B é o coeficiente linear da reta, que neste caso não apresenta significado físico-químico; e x é a concentração de biodiesel na amostra.

$$y = Ax + B, \quad (2)$$

O ponto em que a reta corta o eixo das concentrações corresponde à concentração da solução teste. Normalmente, em altas concentrações a relação linear não é válida. Assim, a concentração da substância a ser adicionada não deve ser muito elevada.

No experimento realizado, a solução que se quer encontrar a concentração desconhecida é o biodiesel no diesel comercial. Para isso utilizou-se padrões de biodiesel com concentrações de 5, 15, 25 e 100 % v/v. A partir da linearização da curvas, obtiveram-se para cada comprimento de onda as equações e coeficientes de correlação linear que estão relacionadas também na Tabela 1.

A partir destas equações pôde-se encontrar a concentração desconhecida de biodiesel em diesel extrapolando a reta até o eixo das concentrações. Deste modo, o valor encontrado para a concentração de biodiesel no diesel comercial foi de 112,82 ppm. Esta é a concentração de biodiesel presente na amostra, que é a diluição da mistura diesel/biodiesel em diclorometano na proporção de 1:1000.

A concentração de biodiesel na solução antes de ser diluída é igual a 112,82 ppm, isso no volume de 0,05 mL de mistura diesel/biodiesel. Relacionando este valor para um volume de 25 mL tem-se um volume de biodiesel desconhecido de 2,8205 mL na mistura. Logo, a concentração de biodiesel desconhecido é de 11,28 % v/v para o comprimento de onda de 269 nm.

Conclusões

O diesel comercial analisado em Brasília está dentro das especificações, uma vez que a legislação não impõe limite máximo para a utilização do biodiesel em diesel. O percentual elevado de biodiesel no diesel comercial não acarreta danos aos motores em que a mistura é utilizada, e ainda reduz as emissões de gases de efeito estufa, material particulado e gases de enxofre gerados pela combustão do diesel. Porém, a adição de biodiesel além do percentual mínimo tende a aumentar o valor comercial do diesel, visto que o biodiesel é um combustível de maior custo de produção que o diesel. Logo, não é economicamente vantajoso o alto teor de biodiesel em diesel. A técnica de UV/Visível aplicada é uma técnica confiável se aliada a outras, principalmente aliada à análise térmica (TG e DSC).

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Laboratório de Catálise do IQ, pelo auxílio na realização do experimento.

Referências Bibliográficas

- Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H. & Mendhan, J. (1992), Vogel - Análise inorgânica quantitativa, Guanabara, Rio de Janeiro.
- Correa, R. A., Tavares, M. G. de Oliveira, Antoniosi Filho, N. R. (2006) “Determinação do teor de biodiesel em diesel”,
<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Caracterizacao/DeterminacaoTeor2.2.pdf> Acessado em 28 de junho de 2011.
- Gordon, D.B. (1995) “Spectroscopic Techniques”, In: Principles and Techniques in Practical Biochemistry, Edited by K. Wilson and J. Walker, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rocha, F., Teixeira, L. (2004) “Estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-Vis”, Química Nova (27) 5, pp. 807-812.

Persianas refletoras automáticas para aproveitamento da luz solar

André Luiz X. Ferraz¹, Lucas Hélion S. Souza¹, Mauricio B. Wolney¹, Elen P. Santos¹, Vanessa B. Martins¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília – Gama – DF – Brasil

andrelxferraz@gmail.com, lucashelion@hotmail.com, m-wolt@hotmail.com,
s.elenpriscila@yahoo.com.br, vanessa_naruto@hotmail.com

Abstract. Aiming at a better use of sunlight in the academic environment, it is proposed here to model a system of automatic reflector blinds, that's adjusts itself promoting maximum use of natural light, while controls artificial lighting, in order to maintain the level of luminance established by ABNT. This system also allows the adjustment of lighting to the use of projection equipment. This modeling was designed for classrooms on the campus Unb-Gama.

Resumo. Visando um melhor aproveitamento da luz solar no contexto acadêmico, propõe-se aqui a modelagem de um sistema de persianas refletoras automáticas, que se ajusta promovendo o uso máximo da luz natural, e ao mesmo tempo controla a iluminação artificial, sempre mantendo o nível de iluminância estabelecido pela ABNT. O sistema permite ainda a adaptação da iluminação ao uso de equipamento de projeção. Tal modelagem tem enfoque nas salas de aula do campus da Faculdade UnB Gama.

1. Introdução

Atualmente a NBR 15215 fornece diretrizes padrões para a análise de luminosidade em ambientes fechados. Essas diretrizes determinam parâmetros de iluminação aceitáveis com base nos níveis de iluminância. Segundo MAMEDE (1997) iluminância é uma medida fotométrica de intensidade de luz que descreve a quantidade de luz que passa ou é emitida em determinada área. Sua unidade de medida é o Lux. Existem medidores específicos para a análise dessa grandeza, são os chamados luxímetros.

A NBR 5413 fornece valores médios ideais de iluminância para cada tipo de ambiente, dentre os quais “escola”(veja Tabela 1, extraída da NBR 5413) foi utilizado como base na modelagem do sistema de persianas.

No campus da Faculdade UnB Gama, detectou-se uma interferência de raios solares durante nas salas de aula. Tal interferência tem impacto negativo na qualidade da aula, podendo atrapalhar a leitura do quadro, assim como prejudica a visualização de projeções de imagem, além de ser um inconveniente para estudantes e professores. A forma mais comum de resolver esse problema é impedindo a entrada de luz. Solução essa, de pouco cunho sustentável. A abundância de luz natural no Brasil pode e deve ser aproveitada das mais variadas formas, afim de poupar os recursos menos sustentáveis do ambiente natural.

Tabela 1. Valores médios ideias de iluminância para o ambiente escola

5.3.13 Escolas		
- salas de aulas	200 - 300 - 500	
- quadros negros	300 - 500 - 750	
- salas de trabalhos manuais	200 - 300 - 500	
- laboratórios		
. geral	150 - 200 - 300	
. local	300 - 500 - 750	
- anfiteatros e auditórios:		
. plateia	150 - 200 - 300	
. tribuna	300 - 500 - 750	

Fonte: NBR 5413

Os valores da tabela estão dispostos da seguinte forma: primeiro valor – nível de iluminância (em lux) mínimo; segundo valor – nível ideal; terceiro valor – nível máximo aceitável.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Modelar o sistema de persianas automáticas capaz de: redirecionar a luz provinda do exterior ao teto, e assim difundi-la; regular o sistema elétrico do ambiente para que o conjunto de luz natural e artificial, atenda às normas de luminosidade estabelecidos; adaptar a iluminação da sala para uso de equipamento de projeção.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar relevância do sistema; esquematizar o sistema; especificar os requisitos funcionais da central eletrônica de controle; estimar custos de implantação do sistema.

3. Metodologia

Visando avaliar a relevância do sistema, foram realizadas 53 entrevistas com estudantes da Faculdade UnB Gama, no período de 30/05 à 06/06, onde os entrevistados foram questionados acerca da qualidade da iluminação nas salas de aula. Houve, ainda, uma pesquisa para identificar projetos similares já publicados. Além disso, foram verificadas normas técnicas relacionadas a níveis de luminosidade ideais e aceitáveis.

Utilizando o software de modelagem gráfica SolidWorks, foi possível a esquematização do sistema, além de simular possíveis situações de uso. A modelagem gráfica foi embasada em medições feitas, fisicamente, na salas de aula do campus.

Com base na esquematização do sistema, verificando as possibilidades e limitações, especificou-se os requisitos do sistema central de controle das persianas. Por fim, utilizando valores médios de mercado, foi possível estimar os custos totais de implementação do sistema em uma sala do campus da Faculdade UnB Gama.

4. Resultados

4.1. Interpretação dos dados das entrevistas

Dentro do universo amostral de entrevistados (53 no total), obteve-se que 61% acredita que uma iluminação inadequada prejudica a qualidade de uma aula. Aproximadamente 39% dos entrevistados afirmaram que é o excesso de iluminação que mais interfere no bom andamento da aula, enquanto que 51% afirma que a falta de iluminação é o que mais prejudica a aula. Esses dados podem ser verificados na Figura 1.

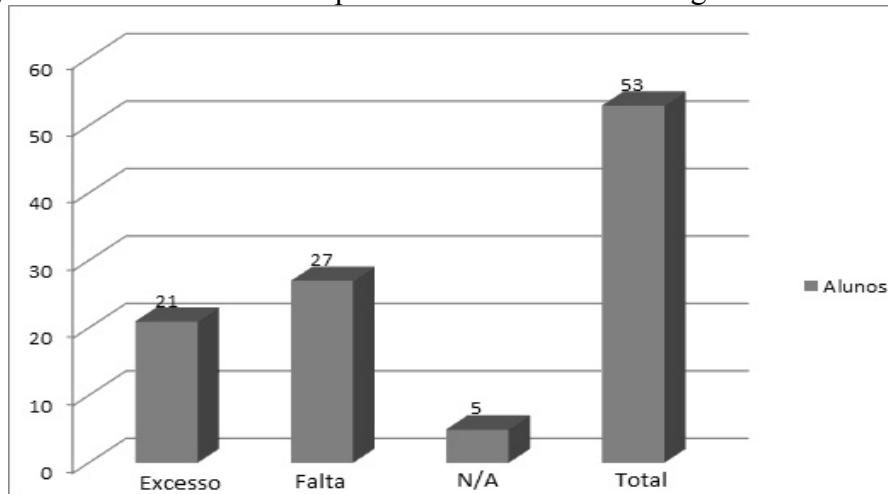


Figura 4. Resultado das entrevistas aos estudantes.

4.2. Esquematização do sistema

O sistema modelado é composto por 4 elementos fundamentais: Uma cortina persiana horizontal acoplada a um motor de passo, uma central eletrônica de controle, Luxímetros dielétricos e um Dimmer. A esquematização do sistema em SolidWorks, pode ser verificada na Figura 2.

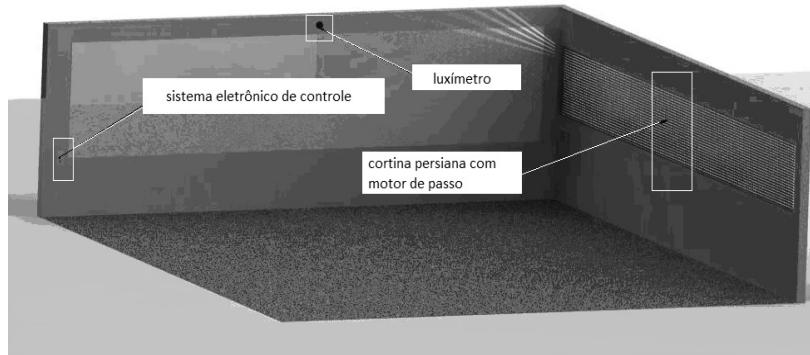


Figura 5. Esquematização do sistema em computação gráfica

4.3. Central eletrônica de controle

A central de controle será responsável por determinar a abertura ou fechamento das persianas, além de controlar a intensidade do brilho do sistema de iluminação artificial. Partindo de suas funcionalidades básicas, foi possível redigir o documento de requisitos da central de controle.

4.4. Estimativa de custos de implantação

O uso do sistema proposto pode ser mais acessível se for adaptar alguns itens já encontrados no mercado. Isso diminui o custos (veja Tabela 2) de implantação.

Tabela 2. Estimativas de custo da implantação do sistema em uma sala do campus

Implantação na sala com janela 17m x 2,35m			
Material	Quant.	Preço Unit.	Total
Persianas de alumínio (m ²)	42	R\$ 120,00	R\$ 5.040,00
Luxímetro	1	R\$ 98,00	R\$ 98,00
Eletricista mão-de-obra (horas)	8	R\$ 30,00	R\$ 240,00
Central eletrônica de controle	1	R\$ 597,00	R\$ 597,00
Cabeamento (m)	18	R\$ 0,80	R\$ 14,40
Custo Total			R\$ 5.989,40

5. Conclusões

O sistema apresentado mostrou-se teoricamente válido, visto sua proposta simples. Justificando-se socialmente, o sistema pode trazer impactos positivos a sociedade beneficiada, como a melhora que o sistema traz aos níveis de luminosidade no ambiente acadêmico. Espera-se que além do modelo, esse trabalho possa ser utilizado como inspiração para o desenvolvimento de novas técnicas de aproveitamento de luz solar.

6. Estado da arte

Em pesquisa ao banco nacional de depósitos de patentes, encontrou-se um pedido de patente que descreve um sistema que controla a abertura e fechamento de persianas. Diferente do apresentado nesse trabalho, o sistema criado pelo brasileiro André Pedrelli não possui integração com o sistema elétrico e não prevê a sua aplicação à salas com utilização de equipamento de projeção. É válido informar que o pedido de patente do sistema citado foi arquivado em 21/09/2010, pois não foi requerido o exame de patente no prazo estabelecido em lei (Lei de propriedade industrial, Artigo 33, Parágrafo único).

Referências

- MAMEDE, J.(1997) “Instalações Elétricas Industriais. LTC”, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS.(1992) “Verificação experimental das condições de iluminação de edificações”. NBR 15215-4. Rio de Janeiro.
- KRAUSE, C. B. et al.(2002) “Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica”. IBAM/ELETROBRAS/PROCEL, Rio de Janeiro.
- VERDUSSEN, R.(1978) “Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho”. LTC. Rio de Janeiro.

Dimensionamento e Escolha de Banco de Baterias para Tração de Veículo Elétrico

Marcos V.M. Orrico(marcos.orrico@gmail.com), **Fabrício R. Monteiro**, **Ivan Villela**, **Diogo C. Nazzetta**(dnzztt@gmail.com), **Aline V. F. Antonio**, **Aline Barbosa**, **Raissa Alves**, **Arthur Alves**, **Filipe de Paula**, **Gabriel Costa**, **Layse G. Carvalho**

Professores: **Dianne Magalhães Viana** (diannemv@unb.br), **Carolina Kalume**, **Daniela Garrossini**, **Geovany Araújo Borges**, **Flamínio Levy Neto**, **Leda Barreiro**, **Marco Antônio Egito Coelho**, **Maria de Fátima Souza e Silva**, **Mário Olavo Magno de Carvalho**, **Rafael Amaral Shayani** (shayani@ene.unb.br)

Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de Brasília (UnB)– Brasília – DF
– Brasil

Abstract. This article presents the basic characteristics of batteries, and compares the most common commercial types used in electric vehicle applications. It also presents a method to size the vehicle batteries, with an example that used data acquired with a GPS during a car's route and a data handling software.

Resumo. Este artigo apresenta as características básicas de baterias tracionadas, e compara os tipos comerciais mais comuns utilizados em aplicações de veículos elétricos. Também apresenta a forma que se dá um dimensionamento de baterias, com um exemplo que utilizou de dados adquiridos por GPS durante o trajeto de um carro e de um programa para tratamento desses dados.

1. Informações Gerais

No contexto de crise do uso de combustíveis fósseis e do crescente apoio a tecnologias verdes, os veículos elétricos se reparam como alternativa viável e sustentável. Entre os tipos possíveis, o VEB (Veículo Elétrico a Bateria) se individualiza pela independência total de motores a combustão. Nesse artigo, apresenta-se e caracteriza-se baterias comumente utilizadas em VEBs.

2. Aplicação em VEB's (Veículos Elétricos a Bateria)

Uma bateria para um veículo elétrico aciona o motor elétrico ou, mais precisamente, aciona um controlador que envia energia para o motor elétrico. Desta maneira, é necessária uma potência considerável e um tempo de duração suficiente para o condutor chegar ao seu destino com um mínimo de carga.

A tabela a seguir resume as características dos diferentes tipos de baterias tracionárias utilizáveis:

Bateria	Chumbo-	Níquel -	Níquel -	Níquel -Ferro	Zebra	LiCoO ₂	LiFePO ₄	LiMnO ₄
Energia por peso [Wh/kg]	30-40	40-60	30-80	100	150	120	100	120
Ciclos	500-800	2000	1500	200	1000	1500	2000	1500
Temp. de Op. [°C]	-20 50	-40 60	-20 60	-20 60	>270	-20 60	-20 60	-20 60
Custo [\$/kWh]	150	400-800	250	150-200	300	300	400	300
DOD	20%	20%	50%	20%	100%	80%	80%	80%
Observações	Tóxico	Efeito de Memória	Auto-descarga	Corrosão	Perda devido à temperatura operacional alta	Risco Explosão		

Tabela 1: Comparativo baterias tracionárias

3. Dimensionamento do Banco de Baterias

É necessário desenvolver uma rotina de cálculos capaz de mensurar a energia gasta pelo veículo durante o trajeto que ele deve percorrer. Deve-se multiplicar por um número n esse trajeto com o objetivo de se obter a autonomia que o veículo deve percorrer (por exemplo, se o trajeto possui 20km e a autonomia é de 100 km, deve-se repetir 5 vezes o trajeto com uma única carga de bateria). É necessário aqui relembrar algumas fórmulas importantes da física, necessárias para o cálculo da energia:

$$E = \int_{t1}^{t2} P dt \quad \begin{array}{l} E \rightarrow \text{energia} \\ P \rightarrow \text{potência} \\ t \rightarrow \text{tempo} \end{array} \quad (1)$$

Cálculo Potência:

$$(2) \quad P = F_{\text{tração}} \cdot v$$

$$F_{\text{tração}} = F_R + F_{Ar} + F_{Ac}$$

$$F_R \rightarrow \text{Força de Rolamento}$$

$$F_{Ar} \rightarrow \text{Força de Arrasto}$$

$$F_{Ac} \rightarrow \text{Força de Aceleração}$$

Por fim, a velocidade do veículo durante o trajeto deve ser registrada para que seja possível definir a potência requisitada e dessa potência a energia que será gasta no trajeto. Como a velocidade deve ser medida ponto a ponto, utiliza-se um programa que calcula via GPS a distância percorrida em um período muito curto de tempo (menor que 1 segundo) e através de programação é possível traçar um gráfico como o abaixo de velocidade por tempo:

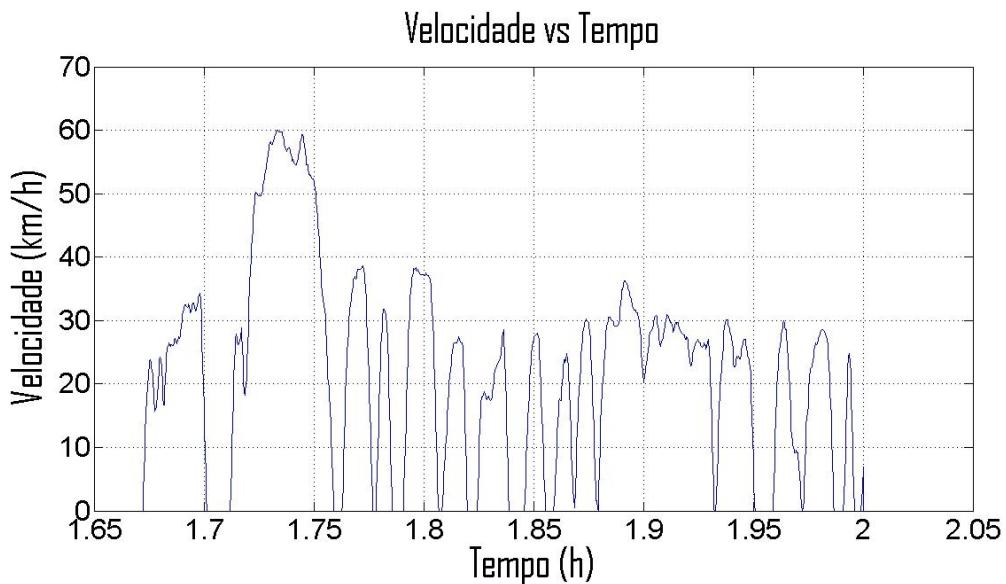


Figura 1: Gráfico Velocidade x Tempo

Após esses cálculos é possível mensurar a energia gasta dentro das especificações do projeto, e então escolher o melhor tipo de bateria para a aplicação requerida. Abaixo encontra-se a curva de potência requerida para o período do trajeto feito. Calcula-se a potência utilizando a equação (2) e os dados obtidos na realização do trajeto e coleta de dados.

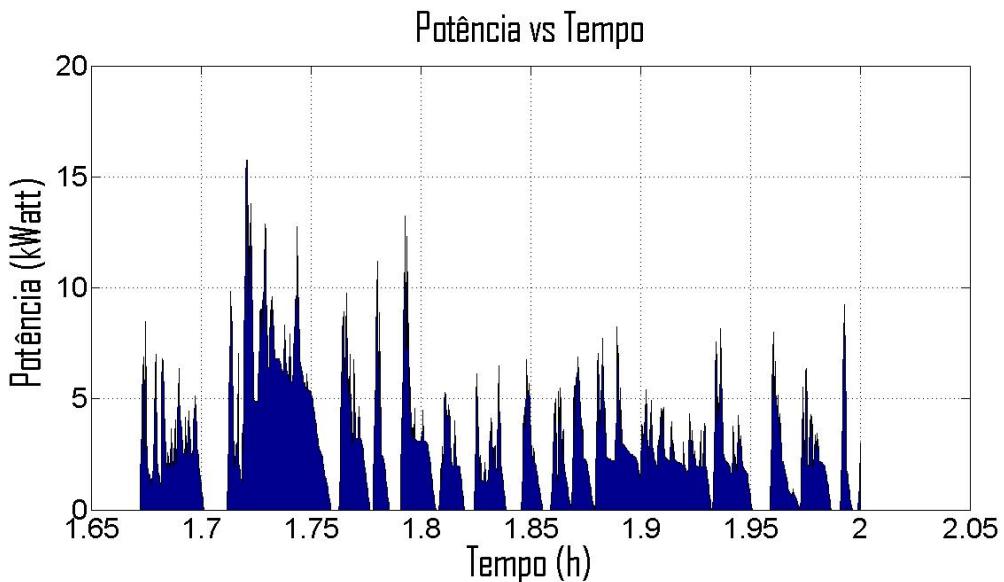


Figura 2: Gráfico Potência x Tempo

O valor total da energia calculado para o trajeto foi de 6.8858 kWh.

Para esse cálculo foi utilizado o trajeto com maior gasto energético possível (obtido através de um mapa de trajetos da UnB-Campus Darcy Ribeiro), tendo em vista que o motorista não necessariamente vai percorrer sempre uma mesma rota com gasto energético otimizado.

4. Conclusões

Para dimensionamento do banco de baterias são necessárias a demanda energética e a bateria escolhida. Após comparativo das diferentes baterias disponíveis, as baterias HIPOWER se apresentou como melhor alternativa principalmente pelo preço mais acessível e com maior variedade . Após cálculo apresentado foi estimado o gasto energético do veículo e então o dimensionamento se tornou possível. Apesar da determinação de diferentes trajetos de coleta, utilizou-se para os cálculos aquele que demandaria maior gasto energético, para que não houvesse restrições quanto às rotas ou sub-dimensionamento em relação à autonomia do veículo. O conjunto de baterias consiste em 63 unidades do modelo HP-PW-50AH, totalizando 200V de tensão de entrada no motor e 10MWh de energia (7kWh +20% de margem de erro e +20% para não descarregar completamente a bateria, obtendo assim um ciclo de vida mais longo).

5. Referências

Universidade de Brasilia “PROJETO INTEGRADOR 2: PROJETO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO PARA COLETA SELETIVA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNB” (2011) – Relatório final da disciplina Projeto Integrador.

DHAMEJA, Sabdeep. “*Electric Vehicle Battery Systems*” 1 Edition. [Newnes](#), 2002 (p18-42).

Doctors, Ronald . A Systems Approach to Battery Powered. IEEE <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=00398497&tag=1>> 2002,1
<http://www.mpoweruk.com/>

Parque Tecnológico Demonstrativo de Energias Alternativas no Campus da FGA/UnB

Gabrielle Baracho², Rudi van Els⁴, Vanessa Maria de Castro⁴, Bruno Suehara², Jéssica Gonçalves², William Pereira², Juliany Martins², Kallyane Brasil², Ramaiane Medeiros³, André Cavalcante³, Átila Puppim², Bárbara Rios², Gustavo de Oliveira², Hialo Carvalho³, Júlio César², Leonardo Queiroz², Renan Filgueiras³, Sylvia Faria¹, Tiago dos Santos³, Yuri Nunes²

¹Graduando em Engenharia Eletrônica, ²Graduando em Engenharia de Energia,
³Graduando em Engenharia de Software, ⁴ Professores Orientadores do Projeto

Universidade de Brasília- Faculdade do Gama (UnB-FGA)

Gama – DF – Brasil

Abstract. *In this article are presented some possible techniques to demonstrate the power generation and its transformation using several alternative sources. The technology park statement is intended to support environmental education in schools presented with forms of conversion/transformation of energy by using simple equipment and low cost.*

Resumo. *Neste artigo apresentam-se algumas técnicas possíveis para demonstrar a geração de energia e sua transformação utilizando diversas fontes alternativas com a criação de um Parque Tecnológico de Geração de Energia no Campus da Faculdade UnB Gama. O Parque Tecnológico demonstrativo terá o intuito de oferecer suporte ao processo de ensino aprendizagem aos alunos dos cursos de engenharia, assim como, para as escolas de ensino básico, com formas de conversão/transformação de energia, como parte das atividades de extensão da FGA.*

1. Introdução

Neste artigo propõem-se a criação de um Parque Tecnológico de Geração de Energia na FGA. A proposta é construir equipamentos que demonstrem a geração e a transformação de energia para efetivar processos de ensino e aprendizagem de diversas áreas do conhecimento (física, química, biologia e ambiental) fornecido nas escolas do ensino básico (fundamental e médio) e como instrumento de prática e laboratório dos alunos dos cursos de engenharia, principalmente de energia da FGA/UnB e será uma das atividades permanentes de extensão da FGA. Nas escolas do ensino básico, o Parque Tecnológico poderá auxiliar na construção do conhecimento das diversas formas de geração de energia, e servirá de aporte aos conteúdos de educação ambiental de forma sustentável, sendo um processo de aprendizagem permanente baseado no respeito a todas as formas de vida [Tratado 2009]. Por intermédio dos processos de educação ambiental é possível afirmar valores e ações que contribuem para a transformação humana e social e para a preservação ecológica. Ela estimula a formação de sociedades socialmente justas e ecologicamente equilibradas, que conservam entre si relação à interdependência e a diversidade. Isto requer responsabilidade individual e coletiva em nível local, nacional e planetário. A seguir apresentam-se algumas das energias que farão parte do Parque Tecnológico.

2. Energia Eólica

A energia eólica pode ser considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota, é limpa e amplamente distribuída globalmente e, se utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, auxilia na redução do efeito estufa. Em países como o Brasil, que possuem uma grande malha hidrográfica, a energia eólica pode se tornar importante no futuro por se tratar de uma energia limpa. Além da questão ambiental, as turbinas eólicas possuem a vantagem de poderem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares isolados, não sendo necessário a implementação de linhas de transmissão para alimentar certas regiões - que possuam aerogeradores.

2.1 Cata-vento de madeira com dínamo

O exemplo de utilização da energia eólica é um cata-vento feito de madeira com diâmetro total de 50 cm. Ele é acoplado a um dínamo de bicicleta. Por intermédio do vento é possível acender uma lâmpada de aproximadamente 1V. Para fins de adaptação na Faculdade UnB Gama, a altura do cata-vento deve ser entre 3 a 8 metros visando à segurança e o bom funcionamento.

O mecanismo de funcionamento encontra-se baseado na utilização de um dínamo. Este é constituído por um imã fixo em um eixo móvel, ao redor deste eixo existe uma bobina (fio condutor enrolado, constituindo um conjunto de espiras). Não existe contato físico entre o imã e a bobina. No caso do dínamo do cata-vento, o movimento de rotação proporcionado pelo vento, é transferido para o eixo do dínamo que irá acender a lâmpada. O dínamo é um gerador de eletricidade, um aparelho que transforma energia mecânica do vento em [energia elétrica](#). O material utilizado na construção desse cata-vento são basicamente a madeira para a estrutura, mandril $\frac{1}{2}$ ", eixo de aço, dínamo de bicicleta e lâmpada de 1V. O custo total fica em torno de R\$ 1.548,00.

3. Energia Solar

O aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do sol. É a partir da energia do Sol que se dá a evaporação, origem do ciclo das águas, que possibilita o represamento e a consequente geração de eletricidade. [Ferreira 2007]

3.1 Aquecedor solar caseiro com garrafas PET

O custo do aquecedor solar com materiais recicláveis é muito baixo. Com algumas garrafas pet, caixas de leite vazias, tinta preta e canos de PVC são possíveis montar o aquecedor, podendo ser utilizado no aquecimento d'água.

O princípio de funcionamento do aquecedor solar se dá pela circulação do termo sifão, pois é o que melhor se adapta a sistemas simples como este. Desde que, o coletor solar sempre esteja abaixo do nível inferior da caixa ou reservatório, essa distância nunca deve ultrapassar três metros e no mínimo 30 centímetros. Esse desnível é necessário para garantir a circulação da água no coletor, pela diferença de densidade entre a água fria e a água quente.

À medida que a água se aquece, ela sobe pelas colunas do aquecedor/coletor, seguindo a tubulação e regressando a parte superior da caixa do reservatório. A água fria por ser mais pesada flui para a parte inferior do coletor mantendo o aquecedor sempre cheio de água e fechando o ciclo de aquecimento. Efeito idêntico aos aquecedores convencionais do mercado com sistema termo sifão. Diferenciando-se apenas nos materiais aplicados na fabricação.

Cada vez que a água deixa o reservatório e percorre o aquecedor, ela é aquecida em média 10°C, o que permite que em uma exposição de 6 horas a água atinja no verão a temperatura de 52°C e no inverno, 38°C. Esse tempo de exposição começa a ser computado a partir das 10h00 da manhã até as 16h00 da tarde. Para aquecer a água do banho de uma pessoa, necessita-se de um aquecedor solar de 1m², ou seja, em uma casa com quatro pessoas será necessário um aquecedor solar com um painel de 4m². Assim, basta multiplicar a quantidade de material pelo número de pessoas que iram utilizar o aquecedor.

Os componentes do aquecedor são recicláveis e funcionam de tal forma que haja rendimento térmico. Com intuito de baixar os custos, utilizam-se nas colunas de absorção térmica, tubos e conexões em PVC, menos eficientes que os tubos de cobre ou alumínio aplicados nos coletores convencionais. As garrafas PET pós-consumo e as embalagens longa vida pós-consumo, substituem a caixa metálica, o painel de absorção térmica e o vidro utilizado nos coletores convencionais. O calor absorvido pelas embalagens de leite pintadas em preto fosco é retido no interior das garrafas e transferido para a água por intermédio das colunas de PVC, também pintadas de preto. A caixa metálica com vidro ou as garrafas PET tem como função proteger o interior do coletor das interferências externas, principalmente dos ventos e das oscilações da temperatura dando origem a um ambiente próprio. O custo total desse aquecedor, em média, é de R\$ 560,00 reais.

3.2 Coletor Solar

A cobertura do coletor solar é de vidro, e logo, é transparente à radiação visível. Esta radiação irá entrar no coletor, aquecendo o seu interior, principalmente a placa coletora. Desta forma, a radiação solar que entrou no coletor será absorvida pela placa, emitindo em seguida radiação menos energéticas. Em princípio, acha-se este processo de absorção/emissão pouco rentável, mas na verdade não é. O fato é que o vidro, de que é feita a cobertura, é opaco à radiação infravermelha. Logo, a energia emitida pela placa coletora não sairá facilmente do aparelho, isso contribui para o aquecimento mais rápido do sistema, e logo, da água que nele circula. O consumo de energia elétrica é reduzido em 40% com o uso do aquecedor solar doméstico, porque o chuveiro elétrico pode ser desligado.

Utilizando objetos de fácil acesso encontrados em lojas de materiais para construção, é possível montar um pequeno aquecedor solar, com um custo aproximado de R\$ 194,00.

4. Bicicleta geradora de energia

É um sistema simples, barato e fácil de fazer que transforma energia mecânica em elétrica. Foi desenvolvido em Minas Gerais e ganhou Prêmio Criatividade Rural, da Emater. O projeto consiste em uma bicicleta, uma correia, um alternador de carro e uma bateria comum de 45A e 12V. Ao pedalar trinta minutos é possível acender as luzes de casa e uma pequena televisão. O custo do material utilizado é, em média, R\$ 727,00.

5. Análise das técnicas

As diversas técnicas apresentadas podem ser instaladas em vários locais e de forma separada no Campus da FGA. O cata-vento e o coletor solar são dispositivos que servem para fins didáticos, mostrando que o vento e o sol podem gerar energia, respectivamente. Já o aquecedor solar é um projeto que tem como objetivo economizar energia elétrica, beneficiar o meio ambiente com uma reciclagem direta sem qualquer processo industrial nos descartáveis e conscientizar a todos de que todas as embalagens pós-consumo podem ter aplicação útil no lado social. Pela simplicidade do projeto, o mesmo vem sendo implantado por ONGs, universidades, instituições e habitações de baixa renda.

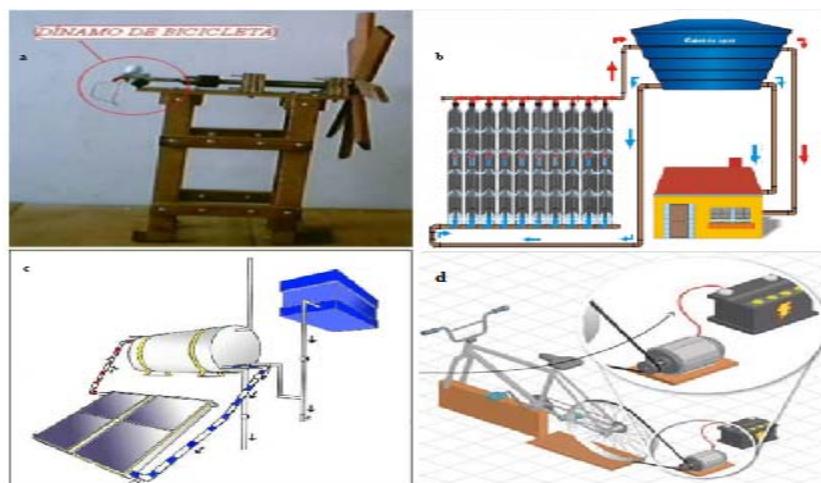


Figura 1. a) Cata-vento de madeira com dinâmo; b) Princípio de funcionamento do aquecedor solar com garrafas PET; c) Funcionamento de um coletor solar; d) Esquematização de uma bicicleta geradora de energia

6. Comentários conclusivos

A instalação de um Parque Tecnológico na Faculdade UnB-Gama atrairia os estudantes para ter um momento de aprendizado sobre as diversas formas de conversão de energia elétrica. Ademais servirá de laboratório para os estudantes das engenharias que poderiam ser os instrutores dos alunos do ensino básico.

7. Referências bibliográficas

Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global. (2009). Disponível em: <http://pga.pgr.mpf.gov.br/boletins/arquivos-de-boletins-2009/tratado-de-educacao-ambiental-para-sociedades-sustentaveis-e-responsabilidade-global/?searchterm=FAO>.

Ferreira, R. (2007) “Energia eólica”. Universidade de Campinas. Disponível em <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/eolica/eolica.htm>.

Estudo Técnico da Turbina Hidrelétrica da Chapada Imperial – DF

William Pereira², Rudi van Els⁴, Vanessa de Maria Castro⁴, Gabrielle Baracho², Bruno Suehara², Sylvia Faria¹, André Cavalcante³, Átila Puppim², Bárbara Rios², Gustavo de Oliveira², Hialo Carvalho³, Jéssica Gonçalves², Juliany Martins², Júlio César², Kallyane Brasil², Leonardo Queiroz², Ramaiane Medeiros³, Renan Filgueiras³, Tiago dos Santos³, Yuri Nunes²

¹Graduando em Engenharia Eletrônica, ²Graduando em Engenharia de Energia,
³Graduando em Engenharia de Software, ⁴ Professores Orientadores do Projeto

Universidade de Brasília- Faculdade UnB Gama (UnB-FGA)

Gama – DF – Brasil

Abstract. In this article is presented a technical study of the hydroelectric turbine Chapada Imperial, which aims to examine the capacity of energy generated in a sustainable manner. The energy in this property is used in commercial and domestic activities, but there is a significant loss in efficiency due to problems of electrical and mechanical installations made. After identifying the factors that allow the loss of useful energy, in order to propose solutions to increase turbine efficiency and meet current and future demand, with the construction of chalets on site.

Resumo. Neste artigo apresenta-se um estudo técnico da turbina hidrelétrica da Chapada Imperial, que tem o objetivo de analisar a capacidade gerada de energia de forma sustentável. A energia nessa propriedade é utilizada em atividades comerciais e domésticas, porém há uma perda significativa da eficiência devido a problemas elétricos e mecânicos das instalações feitas. Após a identificação dos fatores que permitem a perda de energia útil, propomos soluções a fim de que se aumente a eficiência da turbina e se atenda a demanda atual e futura, com a construção de chalés no local.

1. Introdução

A Chapada Imperial é uma reserva ecológica particular que tem uma atividade de turismo desde 1986. Nesta região, a opção pela exploração do ecoturismo tornou-se um caminho promissor para a preservação da natureza local por encontrar-se dentro do perímetro do Distrito Federal. Contudo, para o seu funcionamento efetivo, a energia elétrica tornou-se necessária. A geração de energia elétrica é feita por meio de uma turbina instalada numa das cachoeiras, com maior queda d'água, cuja fonte é do rio “Dois Irmãos”. A atual turbina foi instalada por uma empresa, há cerca de três anos e o funcionamento é contínuo. A instalação da turbina se deu de forma rudimentar, o que gerou alguns problemas técnicos que perduram até hoje. Neste artigo iremos analisar os problemas que causam perdas na geração de energia na turbina hidrelétrica e propor soluções para o aumento da eficiência.

2. Identificação dos Fatores da Perda da Eficiência

Com o estudo de campo realizado na Chapada Imperial, entre março a julho de 2011, percebeu-se que a deteriorização das condições de operação da turbina é o

principal fator para a queda na eficiência da usina geradora de energia elétrica. O estudo levou em consideração os aspectos ambientais e as demandas futuras. Atualmente, a potência produzida pelo gerador é de 1,8 kVA. Verifica-se que a eficiência da MCH tem se mostrado aquém de sua capacidade máxima, que é de 4 kVA. Isso se deve ao fato de problemas nas estruturas e na rede elétrica da instalação.

O reservatório atual foi construído de forma bem precária. Um buraco foi aberto no solo para a armazenagem da água, sem preocupações sobre o estado da água que será coletada pela tubulação até chegar à turbina. Isso gerou dois problemas: (i) o reservatório não é concretado, o que acarreta o aparecimento de plantas no fundo; e (ii) não existem mecanismos eficientes para controlar a entrada de detritos na tubulação, como a câmara de carga e o desarenador (figura 1).

Atualmente, existe apenas uma gaiola que impede a entrada de objetos relativamente grandes na tubulação. Este problema compromete o desempenho da geração de energia, pois tais partículas não só aumentam o atrito com a tubulação, diminuindo a vazão da água, como também podem danificar o funcionamento da turbina. Nessa estrutura não há uma comporta para regular a entrada da água na tubulação, dificultando a manutenção da MCH.

Já com relação à tubulação os principais problemas são: vazamentos em diferentes pontos do conduto forçado e uma leve inclinação para cima do mesmo após sua saída do reservatório. Os problemas representam uma perda significativa da capacidade de carga da usina. Além disso, observou-se que havia vibrações demasiadas na turbina.

As tensões elétricas na casa de máquinas foram medidas com o auxílio do equipamento Analisador de Qualidade de Energia. Verificou-se que as tensões estavam abaixo da normalidade (350 V ao invés de 380 V).



Figura 1. a) (Reservatório com sujeiras e a gaiola de proteção; b) Tubulação com inclinações; c)Turbina Pelton atual; d) Instalações elétricas precárias

2.1 Eficiência da Turbina Pelton

A turbina da Chapada Imperial é Pelton. O rendimento de uma turbina Pelton é dado pela razão entre a potência mecânica do eixo e a potência hidráulica. De acordo com Souza (1983) as potências representam:

- Potência mecânica do eixo (potência aplicada pelo jato d'água na roda, fazendo a roda girar);
- Potência hidráulica (potência devido à força da água).

A potência mecânica do eixo é dada por:

$$P_{med} = P_{elétrica} \times fp \quad (1) \quad P_{med} = 1,56 \text{ KW} = 1560 \text{ W}$$

e a potência hidráulica é dada por:

$$P_{hid} = w \times M_{elétrico} \quad (2) \quad P_{hid} = 5370 \text{ W}$$

em que $P_{elétrica}$ é a potência consumida medida no local (1,83 KVA), fp é o fator de potência medido (0,85), w é a velocidade angular da roda (44,5 rad/s) e $M_{elétrico}$ é o torque aplicado pelo eixo sobre a roda da turbina.

Desta forma, o rendimento da turbina Pelton da Chapada Imperial é dado por:

$$\eta = \frac{P_{med}}{P_{hid}} \quad (7) \quad \eta = 30\%$$

A eficiência da turbina Pelton instalada na Chapada Imperial (30%) mostra-se muito aquém em relação à eficiência média das turbinas Pelton, que é de aproximadamente 80%.

2.2 Potencial da Turbina Pelton

De acordo com o fabricante da turbina utilizada na Chapada Imperial (Alterima – Indústria de geradores e micro usinas), o potencial da turbina se dá em função de três principais fatores: altura de queda, vazão que entra na turbina e diâmetro da tubulação. Com os dados referentes ao estudo de caso, verifica-se pela tabela fornecida pela empresa o potencial energético a ser gerado.

Dados referentes ao estudo de caso da Chapada Imperial responsáveis pelo potencial da turbina: altura de queda: 20 metros, diâmetro da tubulação: 200 milímetros ou 8 polegadas e vazão que entra na turbina: 69 L/s.

Comparando os dados encontrados no estudo de caso da Chapada Imperial com a tabela fornecida pela Alterima, verifica-se que um gerador de 3 kVA atende a capacidade da usina, o que nos revela que o potencial da turbina é de no máximo 3 kVA. Atualmente, o potencial gerado pela turbina é de 1,5 kVA.

3. Viabilidade da MCH

	Turbina	Rede CEB
VPL	R\$ -3.347,21	R\$ -38.365,21
TIR	-125,0034	-345,0122

Analizando o VPL e o TIR pode-se concluir que a turbina é a solução mais viável para o local, pois quanto menor o valor do TIR ou VPL (caso negativo) melhor a escolha. E pelo VPL percebe-se que a perda de investimento é 10 vezes maior no caso da rede elétrica fornecida pela CEB.

4. Discussão dos Resultados

Para solucionar os problemas referentes ao reservatório deve ser concretado, além da inclusão de todo o aparato necessário para a captação d'água com qualidade, permitindo assim, que a água chegue à turbina com maior velocidade e sem impurezas que possam danificá-la. A câmara de carga, posicionada entre o canal de adução e a tomada d'água propriamente dita, promoverá a transição entre o escoamento à superfície livre, no canal de adução, e o escoamento sob pressão, no conduto forçado. A comporta a ser utilizada na MCH fora escolhida em razão da disposição dos componentes do reservatório. O dispositivo que melhor se adequa às necessidades da MCH é a comporta de tomada d'água manual, com acesso à tubulação que alimenta a

turbina a fim de regular a entrada de água e realização de manutenção. Em relação aos problemas referentes à tubulação, devido às condições atuais, a solução adotada é a troca de toda a tubulação. A nova tubulação apresentará conectores mais modernos e será instalada com uma inclinação decrescente. A diminuição das vibrações da turbina se dará por intermédio da instalação de um piso em concreto armado com base anti-vibratória. Na casa de máquinas a turbina ficará rodeada por uma grade de proteção, a fim de dificultar seu acesso por pessoas que não sejam especializadas para fazer manutenção. (figura 2)

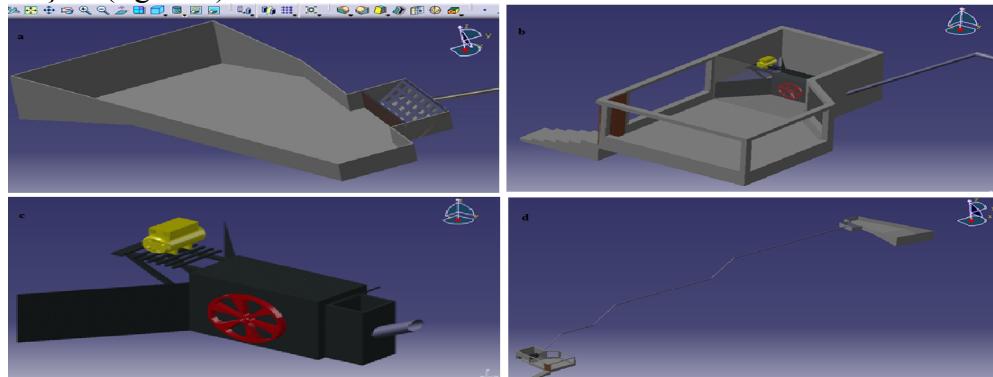


Figura 2. Esquematização das instalações futuras. a) Reservatório, câmara de carga e desarenador; b) Casa de máquinas; c) Turbina Pelton e gerador; d) Desenho técnico da estrutura da MCH

5. Comentários conclusivos

Com as modificações sugeridas pode-se atender a demanda futura fazendo a instalação de mais uma turbina Pelton nessas condições e gerar a energia necessária para o empreendimento da Chapada Imperial. Finalizando, o estudo conclui-se que antes de instalar um empreendimento da magnitude da micro-usina é necessário realizar um estudo sistemático de qual melhor tecnologia para ser adotada em função da especificidade do ambiente natural e aproveitar da melhor forma os aspectos da natureza.

6. Referências Bibliográficas

SOUZA, T.M., (1983) “Microusisas Hidroelétricas: Dados Técnicos, Cálculo da Potência e Custo da Instalação”, Revista da Engenharia; Faculdade de Engenharia da UFJF; p.16-17.

Produção de carvão vegetal a partir de madeira proveniente de áreas reflorestadas – Um estudo de caso

Nayara N. Moura¹, Angélica M. F. Botelho¹, Maico S. Pereira¹, Gislaine B. Rocha¹, Grace F. Ghesti¹, Juliana P. Rodrigues¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Gama – DF – Brasil

naay.neiva@gmail.com, angel_botelho@hotmail.com,
maico_df@hotmail.com, gislaine_rochal@yahoo.com.br, jpetrocchi@unb.br,
grace@unb.br

Abstract

This article refers to a feasibility study regarding the production of the charcoal from reforested areas. The main specie of this process is the eucalyptus, considering their lignocellulosic properties that aim to a better efficiency and it has a plating cost relatively low. Was analyzed a small supplier of Mannesmann Forest, which allowed to prove that the production of the charcoal from the eucalyptus forests is profitable and eco-friendly.

Resumo

Este trabalho refere-se a um estudo de viabilidade no que diz respeito a produção de carvão vegetal a partir da madeira proveniente de áreas reflorestadas. A espécie que mais se destaca neste processo é o Eucalipto, tendo em vista as suas propriedades lignocelulósicas que viabilizam um melhor rendimento além de possuir um custo de plantio relativamente baixo. Analisou-se um fornecedor de pequeno porte da empresa Mannesmann Florestal, onde foi possível comprovar que tal obtenção de carvão vegetal a partir de florestas de eucalipto é rentável e ecologicamente correta.

1. Introdução

Durante muitos anos as florestas nativas foram as principais fontes de energia provenientes da biomassa florestal. Posteriormente, as florestas de eucalipto passaram a ter participação fundamental e de destaque na oferta interna de energia da biomassa. O Brasil possui uma extensa área com plantações, especialmente de eucaliptos, cerca de 3 milhões de hectares, considerada uma das maiores no mundo. Grande parte dessa área está localizada em Minas Gerais, estado que possui alta experiência e tecnologia na produção de biomassa florestal, visando à utilização como fonte de energia.^[1]

O carvão vegetal é uma fonte secundária de energia produzida a partir da pirólise/carbonização da madeira, em temperaturas acima de 270°C, na ausência ou na presença de quantidades controladas de oxigênio atmosférico. Durante a pirólise, a biomassa é submetida à decomposição térmica, ocorrendo uma modificação exaustiva de seus componentes, com consequente liberação de gases, vapores d'água, líquidos orgânicos e formação dos resíduos líquidos (alcatrão) e sólido (carvão).^[2]

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de carvão vegetal, utilizado como insumo energético. O setor industrial é responsável por quase 85% do consumo

sendo o ferro-gusa, aço e o ferro-liga os principais consumidores do carvão de lenha, que funciona como redutor e fonte energética ao mesmo tempo no processo produtivo.^[3]

O distanciamento cada vez maior dos pontos de produção de carvão vegetal proveniente de florestas nativas, os quais muitas vezes estão localizados a 1000 km dos centros de consumo, tem levado os consumidores a empenharem-se no estabelecimento de programas de reflorestamento com espécies de rápido crescimento para o atendimento da demanda de madeira. No aspecto mais amplo do contexto nacional, os reflorestamentos já conseguem suprir 71% do volume de carvão vegetal consumido em nosso país. No entanto, algumas importantes empresas do setor siderúrgico possuem índices que chegam a 100% de auto-suficiência.^[4]

A madeira de eucalipto, devido às suas características siviculturais e fisicoquímicas, como alta densidade, alto poder calorífero, alto teor de lignina (em torno de 30%) e alto rendimento no processo industrial, tem sido amplamente utilizada para a produção de lenha e carvão vegetal, substituindo significativamente a utilização de madeira oriunda de florestas nativas, sendo as espécies mais utilizadas: *E. camaldulensis*, *E. urophyllae* e *E. cloeziana*, por apresentarem maior densidade, associada à alta produtividade.^[1]

O carvão vegetal proveniente do eucalipto é mais comumente utilizado por empresas siderúrgicas e por outras empresas de base florestal. Essas empresas produzem o carvão vegetal para seu próprio consumo, ou ainda, fomentam para pequenos produtores, desde o plantio à produção de carvão vegetal.

Segundo Finco e Rezende (2007), para produzir carvão vegetal de florestas plantadas leva-se em média sete anos para que o mesmo possa ser produzido. Isso faz com que o custo do carvão vegetal de eucalipto aumente devido aos tratos silviculturais e, consequentemente, seu valor no mercado também aumenta.^[5]

Para a produção do carvão vegetal de eucalipto com a qualidade exigida pelas empresas e pelo mercado consumidor, são adotados critérios rígidos de qualidade. De acordo com Minette et al. (2007), a madeira selecionada tem diâmetro médio de 16 cm, cerca de 5 a 7 anos de idade e espaçamentos que variam de 1,5 x 2m a 3 x 2m.^[6]

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade de produção de carvão vegetal por reflorestamento de um fornecedor de pequeno porte na área de Unaí-MG, área que abrange o entorno da UnB-FGA.

2. Resultados e discussão

2.1 Estudo de Viabilidade de Produção

A rentabilidade da produção de eucalipto precisa ser uma garantia, de fato, para que os produtores tenham segurança em investir nesse segmento. Para tanto tem-se como base que em 1 hectare (10.000 m²) é possível plantar 2.500 mudas de eucalipto com espaçamento de 2 x 2 metros entre as linhas e entre as plantas. O custo médio de implantação e manutenção de 1 hectare é de R\$ 3.500,00 já incluindo a muda, combate a formiga, adubação - considerando uma área de pastagem limpa.^[2,7]

Com base nos dados médios de produtividade, após 07 anos, um hectare de área plantada pode produzir de 350 m³ (mínimo) à 450 m³ (máximo) de madeira, variando conforme material genético, manejo/tratos culturais, tipo de solo-fertilidade, insolação e temperatura.^[3,7]

Diante do fato de que a indústria paga em média R\$35,00 por m³ de madeira, a produção de 1 hectare de eucalipto possui receita variando entre R\$12.250,00 e R\$15.750,00 (referente à produção mínima e máxima respectivamente). Dessa forma obtém-se uma rentabilidade mínima de 1,5% ao mês garantindo lucratividade para o investidor.^[7]

2.2 Mannesmann Florestal (MAFLA)

A Mannesmann Florestal (MAFLA) foi criada em 1969 com o principal objetivo de alcançar a auto-suficiência na produção de carvão vegetal para ser usado em suas fábricas de aço. O centro de pesquisa MAFLA foi responsável pela introdução de novas espécies geneticamente desenvolvidas, melhores técnicas de manejo, tecnologias de conversão, etc.^[3]

O manejo florestal mais adequado, por exemplo, resultou em espécies de eucalipto mais desenvolvidas, com maior produtividade e custos operacionais mais baixos, no controle de doenças e pragas, na maior conscientização das pessoas sobre as consequências para o meio ambiente etc. A MAFLA colhe cerca de 17 mil hectares por ano de eucalipto, produz mais de 1,2 milhão de toneladas de carvão vegetal com eucalipto colhido e possui 125 mil hectares de florestas plantadas para comercialização na região do cerrado, no norte e nordeste de Minas Gerais.^[3]

2.2.1. Estudo de caso de um fornecedor de pequeno porte (MAFLA)

Durante uma visita à um pequeno fornecedor de carvão vegetal da empresa Mannesmann, Minas Gerais, foram obtidos dados referentes à produção mensal desta, assim como a forma com que os lucros são distribuídos entre os trabalhadores envolvidos no processo.

Mensalmente, são produzidas três carretas de carvão, que correspondem a aproximadamente 300 m³. O custo do m³ de carvão varia entre R\$ 100,00 à R\$ 120,00. Primeiramente é preciso levar em consideração a área a ser plantada, condizente à produção de carvão vegetal desejada. Um hectare de eucalipto produz em média 160 m³ de carvão, tendo um custo médio de plantio de aproximadamente R\$ 3.500,00.^[7] Com base nos valores definidos anteriormente, para esta pequena produção, são necessários 1,9 hectares de eucalipto para extração no período de um mês. Portanto, o produtor gasta em média R\$ 6.650,00 apenas com o plantio do eucalipto, produzindo um total de 300 m³ de carvão vegetal. Como o valor médio pago pelo m³ de carvão é de R\$110,00 é possível constatar que tal produção de carvão vegetal (300 m³) rende um montante de R\$ 33.000,00.

Sendo assim, descontando-se os gastos com o plantio da matéria prima (R\$6.650,00) do montante obtido, restam R\$26.350,00. Para o transporte do carvão vegetal, é cobrado 40% do valor resultante (R\$26.350,00) portanto, o responsável pelo frete ganha R\$10.540,00. Finalmente, o valor a ser distribuído entre o dono da produção e demais operários que dela participam é de R\$15.810,00(tabela 1)– retirando o que foi gasto com o frete.

Tabela 1 – Estimativa de distribuição de renda

	Percentagem recebida (%)	Valor (R\$) ^a
Extração da lenha	6	948,60
Transporte (“boca” do forno)	4	632,40
Carvoeiro	5	790,50
Dono	85 (51 ^b)	13.438,50

^a É válido ressaltar que esses valores são referentes a um grupo de trabalhadores de cada setor, dividindo assim o total entre 3 ou 4 indivíduos

^b Percentagem referente ao montante inicialde R\$26.350,00

Foi possível constatar as péssimas condições de saúde, trabalho e moradia dos trabalhadores de uma carvoeira. Tal situação pode ser comprovada com a renda recebida por estes (Tabela 1), que não condiz com o esforço empregado durante a rotina

de trabalho além dos malefícios causados pela inalação dos gases liberados durante o processo de carbonização.

3 Conclusão

A conservação da biodiversidade e o consumo de madeira como fonte energética aparentam ser dois extremos incompatíveis, o que não é verdadeiro, pois é possível obter o consumo de madeira para energia de forma planejada, de modo a poder valorizar a floresta como uma unidade vital à atividade dos diversos setores consumidores. Portanto, a utilização de madeira proveniente de florestas de eucalipto para a produção de carvão vegetal é economicamente viável e correta sob o ponto de vista ambiental, uma vez que a madeira é oriunda de reflorestamento. Contudo, as péssimas condições de trabalho a que os carvoeiros são submetidos é um ponto que tem que ser revisto e fiscalizado para que o processo produtivo se torne socialmente justo.

4 Referências

- [¹] JOAQUIM, M. S. *Carvão vegetal: uma alternativa para os produtos rurais do sudoeste goiano*. Janeiro de 2009. 86f. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2009.
- [²] BRITO, J. O. 2007 “The use of Wood as energy.” In *Estudos Avançados*. vol. 21, no. 59. São Paulo.
- [³] ROSILO-CALE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. 2005. *Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira*. São Paulo: Editora Unicamp., p. 314-337.
- [⁴] DUBOC, E. ET al. *Panorama Atual da Produção de Carvão Vegetal no Brasil e no Cerrado*. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF.
- [⁵] FINCO, M. V. A. ; REZENDE, D. “O mecanismo de Desenvolvimento Limplo (MDL) como gerador de benefícios econômicos.” In *Revista Carbono Social*, vol.1, p. 16-21, 2007.
- [⁶] MINETTE, L. J. 2007 “Avaliação da Carga de Trabalho Físico e Análise Biomecânica de Trabalhadores da Carbonização em Fornos do Tipo “Rabo-Quente” In *Revista Árvore*, vol.31, no.5. Viçosa-MG.,p. 853-858.
- [⁷] Terra Forte. Disponível em: <<http://www.terraforteflorestal.com.br/pverde.html>>. Acesso em 16 de maio. 2011.

A New Test Facility for Electric Propulsion Applications

Paolo Gessini¹, José Leonardo Ferreira², Ivan Soares Ferreira²

¹Faculdade UnB Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 8114 – 72405-610 Gama – DF – Brazil

²Instituto de Física – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 04455 – 70919-970 Brasília – DF – Brazil

paologessini@unb.br, {leo, ivan}@fis.unb.br

Abstract. This paper describes the design of a large vacuum chamber to be installed in the newly expanded Plasma Laboratory at the Physics Institute of the University of Brasilia (UnB). This chamber will be used for electric propulsion research and, in particular, to continue the development of a family of Hall thrusters, which has been ongoing at UnB since 2002.

1. Introduction

In the last decades, Electric Propulsion as a technology has gone from widespread acceptance in the international space community to commonplace commercial application and resounding success in many high-profile missions. Nowadays, a country intending to play a significant role in the space arena needs to have qualified electric thrusters available for use in both near-Earth and deep-space missions.

Hall thrusters are a mature technology and have been developed and employed for several decades, especially in countries of the ex-USSR, demonstrating high efficiency and reliability. A novel type of Hall thruster, utilizing permanent magnets instead of electromagnets, denominated PHALL, has been investigated and developed at the Plasma Laboratory of the UnB Physics Institute since 2002.

A key step in any thruster development and qualification process is the accurate characterization of its thrust production capabilities under a wide range of operating conditions. To this purpose, adequate facilities have to be designed and built. Electric propulsion is, at present, restricted to low values of thrust, due to the limited power availability onboard a spacecraft, and therefore to in-space applications, as launching requires a thrust-to-weight ratio greater than unity. Two are the main consequences of this situation. First, testing has to take place in vacuum chambers, large enough and at low enough pressures to approximate space conditions as much as possible. Then, thrust measurement faces the twofold issue of having high resolution while, at the same time, being relatively unperturbed by various influences that could seriously affect the results.

In this paper the detailed design of a large vacuum chamber is described. The chamber will be installed in the newly expanded Plasma Laboratory. Access to the Laboratory constrains the chamber total diameter to below 1.9 m. Considering the necessity to have ports to provide access to the chamber interior, the vacuum facility will be built around a cylinder of 1.7 m diameter and over 5 m length.

This project is part of a comprehensive effort to unite already existing lines of research (at the Physics Institute, Mechanical and Electrical Engineering Departments), together with new lines of research at the UnB-Gama Faculty, into an Aerospace Engineering program, with new facilities dedicated to the development of propulsion devices, both electric and chemical.

2. Ongoing Research at UnB and the Need for a New Test Facility

The Plasma Laboratory of the Physics Institute, in collaboration with the Faculty of Technology of UnB, has been developing a permanent-magnet Hall thruster since 2002 [Ferreira and Ferreira 2003, Ferreira *et al.* 2010]. This project aims at the construction and characterization of a Hall thruster for use in satellite attitude control and long-term space missions. Such thruster employs permanent magnets to provide the Hall current, with a significant decrease of the electric power demand, thus becoming an especially good option for longer and deeper space missions, where solar panels and electric energy storage batteries are severely limiting factors. Two prototype models of permanent-magnet Hall thrusters, PHALL I and II, were already developed and tested with different permanent magnet systems. The thrust range of PHALL I and II is between 40 mN and 85 mN, the specific impulse is 1600-2000 s, with a power consumption below 500 W for PHALL I and projected around 150 W for PHALL II.

Until now, these thrusters have been tested in a 0.5-m diameter, 2-m long vacuum chamber pumped down by three diffusion pumps in series with a rotary pump, with a total pumping speed of less than 3000 l/s for argon. To continue developing thrusters in the 100-mN range, with reliable thrust and plume measurements, a larger chamber with a higher pumping speed vacuum system is needed [Randolph *et al.* 1993].

3. Sizing the Chamber and the Vacuum System

In order to effectively simulate the space environment a test facility should, ideally, be of infinite size. This is of course not possible, in practice. Therefore, a vacuum chamber is generally built as large as possible, in order to minimize plume interaction with the walls and, in particular, the effects caused by particles ricocheting after impinging on the chamber walls. In our case, the chamber diameter is constrained by access to the Plasma Laboratory, while the length is practically unconstrained. Electric thruster plumes are rarely very well collimated, presenting, apart from the case of some gridded ion thruster models, divergences larger than 15-20°. Hence, it is generally not useful to have extremely “long and thin” vacuum chambers, with very high length-to-diameter aspect ratios, as the plume would impinge on the side walls before striking the end of the chamber. As we did not have, in our case, constraints on the chamber length, but only on the diameter, we settled, at the end of the design process, for an internal diameter of 1.7 m and a length over 5 m, with an aspect ratio of approximately 3:1.

As far as the vacuum system is concerned, this has to be powerful enough that the pressure inside the chamber will not rise above certain values during thruster operation, in order to avoid substantial interaction between the plume and the residual, background gas particles, which would be absent in space. The relation between mass flow rate \dot{m} (gas inflow from a thruster, plus the outgassing from the chamber walls and other objects inside the vacuum chamber) and pumping speed S (volume flow rate that the pumps can deal with) is as follows:

$$\dot{m} = S\rho \quad , \quad (1)$$

where ρ is the gas density. Using the Perfect Gas Equation

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad , \quad (2)$$

where p is the Pressure, R the Specific Gas Constant and T the Absolute Temperature, we can rewrite our relation as:

$$\dot{m} = \frac{Sp}{RT} , \quad (3)$$

and remembering that the Specific Gas Constant R is

$$R = \frac{k_B}{Wu} , \quad (4)$$

where k_B is the Boltzmann Constant, W the Atomic Weight and u the Atomic Mass Unit, we can write

$$\dot{m} = \frac{SpWu}{k_B T} . \quad (5)$$

If we now assume to be operating at a constant temperature $T \sim 300$ K, substituting this value and the values for k_B and u , we obtain:

$$\dot{m} = 4 \times 10^{-7} SpW , \quad (6)$$

or, in a more useful form:

$$S = 2.5 \times 10^6 \frac{\dot{m}}{pW} . \quad (7)$$

If we now express, as is customary, \dot{m} in mg/s, p in mbar and S in l/s, instead of using MKS units, we have to write:

$$S = \frac{25}{W} \frac{\dot{m}}{p} . \quad (8)$$

When we are operating an electric thruster of the size of those tested at UnB, we can generally neglect the outgassing compared to the inflow from the thruster: \dot{m} will thus simply be the thruster mass flow rate.

Now, W is 131.3 for xenon and 39.95 for argon. If we want to operate a thruster with mass flow rates up to 5 mg/s (giving 100 mN of thrust with a specific impulse of 2000 s) while maintaining facility background pressures below 1.7×10^{-5} mbar, sufficient to obtain reliable performance and plume data, for measurements within 1.2 m of the thruster [Randolph *et al.* 1993], we will need at least:

$$S = \frac{25}{W} \frac{\dot{m}}{p} = 0.19 \frac{\dot{m}}{p} = 56000 \frac{l}{s} \quad \text{for Xe}$$

and

$$S = \frac{25}{W} \frac{\dot{m}}{p} = 0.63 \frac{\dot{m}}{p} = 185000 \frac{l}{s} \quad \text{for Ar}$$

Such pumping speeds can be readily obtained by employing CVI TM1200 cryogenic high-vacuum pumps. This particular model of vacuum pump has been long used by many US research and development groups in electric propulsion, showing excellent performance and reliability. Xenon pumping speeds between 16000 l/s and 27500 l/s have been reported for the TM1200 [McLean and Lesky 1997, Garner *et al.* 1996], while the pumping speed for argon is considerably higher, around 45000 l/s [Tzemos and Savelly 2011]. By using four TM1200, the total pumping speed will be, according to the various estimates, between 64000 l/s and 110000 l/s with xenon and about 180000 l/s with argon. A roughing system, consisting of a dry pump and of a Roots blower, will provide the level of pre-vacuum necessary to operate the cryopumps.

6. Conclusions

After several iterations between the authors at UnB and PHPK, a US company based in Columbus, Ohio, a final design of the vacuum facility has been reached and awaits the

liberation of funds to be implemented at the UnB Physics Institute Plasma Laboratory or at a location on the UnB-Gama Campus. PHPK is the exclusive supplier of the full line of CVI cryogenic high vacuum pumps, and has built vacuum chambers for nearly all the main US research and development groups working in electric propulsion [Tzemos and Savely 2011]. The final design includes four CVI TM1200 cryopumps.

This high-vacuum facility will allow further testing and development of various electric thrusters, starting with a family of Hall thrusters that has been under development at UnB for nearly a decade.

References

- Ferreira, I.S. and Ferreira, J.L. (2003) “Primeiros resultados do desenvolvimento de um propulsor à plasma por efeito Hall”, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, Vol. 22, No. 2, pp. 58-62.
- Ferreira, J.L., *et al.* (2010) “A Permanent Magnet Hall Thruster for Orbit Control of Lunar Polar Satellites”, Proceedings of the 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, on PSD1-Precise Orbit Determination: Orbit and Attitude Control.
- Garner, C.E., *et al.* (1996) “Methods for Cryopumping Xenon”, AIAA-96-3206, Proceedings of the 32nd AIAA/ ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, Lake Buena Vista, FL.
- McLean, C.H. and Lesky, O. (1997) “Development of a Helium Cryopumped Facility to Evaluate Hall Effect Thrusters”, IEPC-97-135, Proceedings of the 25th International Electric Propulsion Conference, Cleveland, OH, pp. 862-869.
- Randolph, T., *et al.* (1993) “Facility Effects on Stationary Plasma Thruster Testing”, IEPC-93-93, Proceedings of the 23rd International Electric Propulsion Conference, Seattle, WA, pp. 844-854.
- Tzemos, C. and Savely, T. (2011) Private Communication, PHPK, Columbus, OH.

Elaboração de maquetes como prática de ensino na disciplina de Engenharia de Petróleo e Gás

Eduardo do Nascimento Ribeiro¹, Jéssica Santoro Gonçalves¹, Lucas Douglas Nóbrega Coelho¹, Mirella da Silva Rodrigues¹, Ramsés Nascimento Rangel¹, William Macedo Pereira¹.

Dra María del Pilar Hidalgo Falla²

¹Universidade de Brasília, Campus Gama.
Área Especial, Quadra 1 – Setor Central. CEP: 72.405-610 – Gama – DF – Brasil

² Professora da Disciplina de Engenharia de Petróleo e Gás
Departamento de Engenharia de Energia – UnB

eduardo.fgaunb@gmail.com, jessicasantoro@terra.com.br,
lucas_douglasnc@hotmail.com, mirella.ds@gmail.com,
ramsesnasc@gmail.com, william.macedo@ymail.com.

Resumo.

Neste trabalho é descrita uma atividade teórico-experimental, destinada aos alunos da disciplina Engenharia de Petróleo e Gás, cujo objetivo principal consiste em aplicar conceitos da disciplina para a construção de uma maquete. O uso da maquete no ensino é um recurso que auxilia na compreensão dos conceitos, permitindo a visualização em terceira dimensão dos objetos em estudo. O conteúdo teórico é composto de conceitos básicos sobre a geologia do petróleo. São discutidos os aspectos da execução da atividade e são mostradas algumas imagens fotográficas do resultado obtido.

Abstract.

This work describes a theoretical and experimental activity, aimed at students of the discipline Engineering Oil and Gas, whose the main objective is to apply concepts of the discipline to build a model. The use of the model in teaching is a feature that helps to understand the concepts, allowing the visualization of three-dimensional objects of study. The theoretical content consists of the petroleum geology. We discuss aspects of the implementation of activity and are shown a few images of the results.

1. Introdução

A maquete é um recurso didático que permite a visualização tridimensional ou bidimensional de relevos, ou estruturas rochosas, apresentando de forma clara a noção de espaço [Lombardo 1996]. A construção de maquetes na disciplina Engenharia de Petróleo e Gás contou com vários temas. Dentre eles, o que será tratado neste artigo é o que se refere aos Aspectos Geológicos.

Segundo Thomas [2001], o petróleo tem origem a partir da matéria orgânica depositada junto com os sedimentos. O tipo de hidrocarboneto gerado, óleo ou gás, é determinado pela constituição da matéria orgânica original e pela intensidade do processo térmico atuante sobre ela. Junto ao petróleo, também pode ocorrer à formação de água e gás, que são igualmente mostrados na maquete.

Após o processo de geração, para ocorrer o acúmulo de petróleo é necessário que ocorra a migração para uma rocha reservatório, onde ficará armazenado. A rocha reservatório, para qual migra o petróleo, de uma maneira geral, tem como características a porosidade e permeabilidade. Para manter o petróleo armazenado na rocha reservatório é necessária outra rocha, chamada de rocha selante. A rocha selante apresenta duas principais características que são a baixa permeabilidade e a plasticidade [Thomas 2001].

Além da rocha selante, as armadilhas ou trapas também são necessárias para que ocorra aprisionamento do petróleo. O desenvolvimento dessas condições, para que ocorra o aprisionamento do petróleo, pode ser ditado pela geração dos esforços físicos que vão determinar a formação de elementos arquitetônicos que se transformam em abrigos para a contenção de fluidos. Existem três tipos diferentes de armadilhas que são as estruturais, estratigráficas, mistas ou combinadas. As armadilhas são onde encontram o maior volume de petróleo [Thomas 2001]. Em cada uma das faces da maquete, são mostrados diferentes tipos de armadilhas.

2. Metodologia

Para a construção da maquete primeiramente foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre aspectos geológicos. Através do estudo das informações, dados e imagens, foi realizada uma seleção de quatro formas de armazenamento do petróleo para ser demonstrado na maquete, sendo duas na terra e duas no mar.

Para a montagem da maquete foi usado um aquário de vidro com 70 x 50 centímetros de área por 50 centímetros de altura. Nas quatro faces laterais do aquário foram representadas as formas de armazenamento escolhidas. Para essa representação utilizaram-se os seguintes materiais: terra de diferentes cores a fim de representar os diferentes tipos de rochas, pedras e rochas de diferentes aspectos, isopor para a divisão das quatro representações e para o isolamento superior e etiquetas para identificar cada camada de rocha representada.

Na face superior do aquário utilizou-se o isopor para isolar as quatro representações de armazenamento de petróleo e representar as superfícies on-shore (em terra) e off-shore (no mar) em que se encontram as instalações petrolíferas.

3. Resultados e discussões

Utilizando o aquário obteve-se uma maquete com quatro faces, onde cada face representa uma configuração geológica distinta. Buscou-se no processo de confecção das maquetes representar as armadilhas geológicas, assim como as configurações geológicas para as jazidas de petróleo.

A face da figura 1 foi confeccionada utilizando areia e terra de diversas cores. Representaram-se as armadilhas anticlinais que englobam grandes volumes de petróleo e onde estão situadas a maioria dos grandes campos petrolíferos. As camadas vistas na figura acima foram obtidas com a modelagem a mão livre.



Figura1. Armadilhas Anticlinais

Já a figura 2 representa uma armadilha estratigráfica. As armadilhas estratigráficas não têm relação direta com os esforços atuantes nas bacias sedimentares, e são determinadas por interações de caráter paleogeográficos, paleorrelevos e sedimentológicos. Os efeitos visuais das falhas geológicas foram obtidos utilizando-se areia colorida e uma régua milimetrada inclinada.



Figura 2. Armadilha Estratigráfica

A figura 3 representa uma armadilha mista ou combinada. As armadilhas mistas ou combinadas compreendem as situações em que as acumulações de hidrocarbonetos têm controle tanto de elementos estruturais quanto estratigráficos. A face da maquete que representa as armadilhas mistas foi obtida utilizando-se de rochas como mármore, granito e peças de poliestireno isopor colorido com tinta guache. A única desvantagem do uso de rochas na maquete é o elevado peso das rochas sobre a estrutura vítreia do aquário



Figura 3. Armadilha Mista

A última face do aquário representa uma ilustração geológica de jazidas em alto mar. Nessa face utilizaram-se pedras como mármore, granito, brita e peças coloridas de poliestireno isopor. Foram utilizadas esferas hidrofílicas e gel de cor azul para representar a água do mar.



Figura 4. Jazida em Alto mar

4. Conclusão

Com a construção da maquete, foi possível aplicar os conceitos da disciplina e comprovar a importância deste recurso didático. As dificuldades de percepção dos aspectos geológicos relacionados à formação do petróleo, encontradas durante a aprendizagem do conteúdo, foram, em boa parte, sanadas por este recurso, que complementou as aulas ministradas na disciplina de Engenharia de Petróleo e Gás. Além disso, auxiliou na formação acadêmica dos alunos.

A construção da maquete propiciou aos alunos da disciplina um entendimento mais palpável deste tema tão explorado na atualidade. Futuramente, se apresentada à comunidade, poderá apresentar-se como um recurso para informações e aprendizagem sobre o tema.

Em formações petrolíferas uma visualização do local de estudo é importante para se obter uma pré – avaliação do que está sendo estudado ou projetado e com isso auxilia no processo de extração, armazenamento e controle de qualidade do petróleo.

5. Referencial bibliográfico

- Lombardo, M. A. e Castro, J. F. M. (1997) O uso de maquete como recurso didático. In: Anais do II Colóquio de Cartografia para Crianças, Belo Horizonte, 1996. Revista Geografia e Ensino, UFMG/IGC/Departamento de Geografia, 6(1): 81-83.
Thomas, José E. (2001) Fundamentos da Engenharia do Petróleo, Editora Interciênciia.

Engenharia de Software

Proposição do Neurosoft como Ferramenta de Intervenção Terapêutica Ocupacional para a Reabilitação Cognitiva

Guilherme C. Peron¹, Lídia Isabel B. dos Santos², João Paulo L. da Silva¹, Marcos F. Calixto², Lourdes M. Brasil^{2,3}, Rita de Cassia Silva¹, Kátia Vanessa Pinto de Meneses², Fábio Bombonato⁴

{caetanoperon}@gmail.com, {lih_isabel_}@hotmail.com,
{joaopaulolimads}@hotmail.com, {marcos_calixto91}@hotmail.com
{lmbrasil}@gmail.com, {ritasilva.fga.unb}@gmail.com,
{katiavpmeneses}@gmail.com, {fabiobombonato}@gmail.com

¹Engenharia Eletrônica – Universidade de Brasília – Faculdade Gama
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Gama – DF – Brasil

²Terapia Ocupacional – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 72405-610 – Brasília, DF - Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Universidade de Brasília
Faculdade Gama
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Gama – DF – Brasil

⁴ Desenvolvimento de Jogos, IESB, Brasília, Brasil
Caixa Postal 70.850-090 – L2 norte – DF – Brasil

Abstract. *The system "Promoting Cognitive Performance" - ProDC and software, called Neurosoft were created with the aim to train cognitive functions using computer games with graduated levels of difficulty. Objective of this paper is to present the Neurosoft as potential tool to aid the professional who works with stimulating individuals with cognitive deficits. The Neurosoft consists of games, which are: Hangman, What is the object, what is the color, Old, Crossword, Alpha and Numbers. With these games intended to facilitate the cognitive rehabilitation more pleasant for the patient and more efficient for the professional.*

Resumo. *O sistema “Promoção do Desempenho Cognitivo” – ProDC e o software, denominado Neurosoft, foram criados com o intuito de treinar funções cognitivas por meio de jogos computacionais com níveis graduais de dificuldade. Objetiva-se neste trabalho, apresentar o Neurosoft como instrumento potencial de auxílio ao profissional que trabalha com estimulação de indivíduos com déficits cognitivos. O Neurosoft é composto por jogos, sendo eles: Jogo da Forca, Qual é o Objeto, Qual é a Cor, Velho, Palavras Cruzadas, Alfa e Números. Com esses jogos pretende-se viabilizar a reabilitação cognitiva de forma mais prazerosa para o paciente e mais eficiente para o profissional.*

1. Introdução

O déficit cognitivo está diretamente relacionado à incapacidade funcional, fatores intimamente ligados ao processo do envelhecimento humano. O déficit cognitivo é considerado um importante fator preditor de prejuízos funcionais em populações idosas [Castro e Guerra 2008]. As queixas frequentes referentes às dificuldades relacionadas ao raciocínio e memória, comprometem sua autonomia e autoestima, prejudicando sua participação social de forma ativa e saudável. O público alvo deste estudo são idosos com 60 anos ou mais, de ambos os sexos, classificados com déficit cognitivo leve.

Estudos têm demonstrado que exercícios para estimulação do raciocínio, da memória e de outras funções cognitivas têm contribuído para melhorias nessas funções, refletindo de forma positiva na autonomia, independência e qualidade de vida do idoso. [Sousa 2005; Floel *et al* 2008].

Nesta perspectiva, foi desenvolvido um sistema denominado “Promoção do Desempenho Cognitivo” – ProDC, com seu módulo principal, o Neurosoft, com intuito de treinar funções cognitivas por meio de jogos, com níveis graduais de dificuldade e acompanhar a evolução do sujeito durante o treinamento.

O objetivo do trabalho é apresentar os jogos construídos como parte integrante do Neurosoft que compõe o sistema ProDC. Este sistema é uma ferramenta em potencial a ser utilizada na reabilitação cognitiva, de forma que acrescente melhorias na intervenção dos Terapeutas Ocupacionais com pacientes com déficit cognitivo.

Para atender ao objetivo de propor a utilização do Neurosoft como ferramenta de intervenção terapêutica ocupacional para a reabilitação cognitiva, este estudo dará ênfase na análise dos jogos construídos pela equipe para compor o Neurosoft.

2. Materiais e métodos

O *ProDC* é um sistema composto pelas seguintes etapas: a de cadastro, onde os dados dos idosos serão preenchidos e armazenados; pelo banco de dados, onde os dados de cadastro e dos dados de análise provenientes dos jogos serão armazenados; pela etapa de aquisição de conhecimentos e pelo *Neurosoft*. As etapas do ProDC são definidas nos diagramas de bloco mostrado na Figura 1. Os resultados serão apresentados na forma de gráficos.

A interface entre o usuário e o computador do cadastro, bem como do Neurosoft serão realizados em Java, linguagem escolhida por fornecer interfaces agradáveis e intuitivas para o terapeuta e para o usuário. O *Neurosoft* terá uma quantidade significativa de informações obtidas através dos usuários, que serão repassadas para o módulo de armazenamento do *ProDC*. Para armazenar essas informações, será adotado um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). Este banco de dados será produzido seguindo a arquitetura do *MySQL QueryBrowser* [Ferrari 2007].

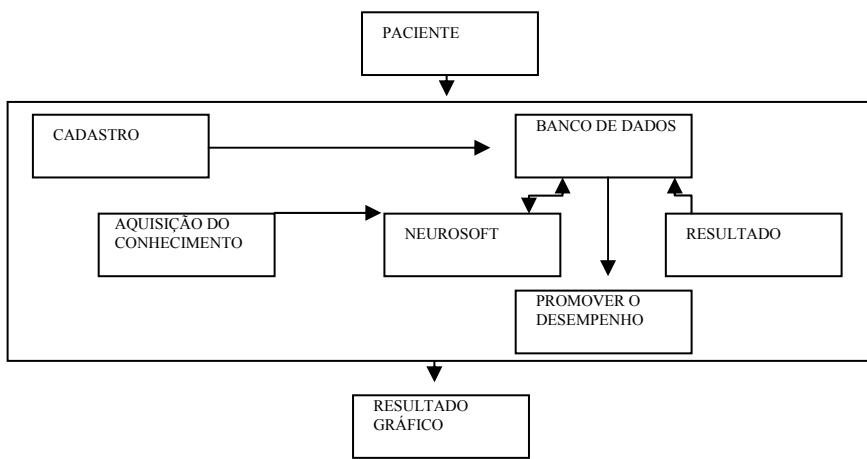


Figura 1 – Diagrama de blocos do ProDC

Estão sendo utilizadas como base as teorias de jogos educacionais, que são conhecidos na literatura como *Serious Games* (Hubbard 2008). Estes são utilizados em várias áreas, como exploração científica, engenharia e serviços de saúde, para educar, informar e treinar. Sendo esta última função a escolhida e desenvolvida neste projeto.

Para fundamentar a escolha de jogos computacionais este estudo se baseou em pesquisas já existentes que mostram a eficácia de jogos computacionais no processo de aquisição de conhecimento [Carmo, 2008]. Carmo diz que esse ambiente é propício ao cultivo da autonomia e construção do conhecimento forma participativa e colaborativa.

Na análise dos jogos, foram consideradas as várias áreas de análise da atividade: contexto físico, aspecto biomecânico, aspecto subjetivo e análise cognitiva [Cavalcanti, 2007]. Neste estudo, a análise cognitiva dos jogos foi mais explorada.

Portanto, cada componente que compõe a análise da atividade foi estudado: possibilidades de adaptação da atividade; estudo das etapas da atividade; tempo de execução; atenção/concentração; raciocínio; memória; possibilidades de sucesso/frustração; linguagem e aproximação com a realidade [Cavalcanti, 2007].

Para a criação dos jogos são necessários cuidados na seleção das cores aplicadas. Portanto, também foi realizado um estudo a cerca do cuidado com as cores a serem usadas, pois a pessoa idosa guarda certas particularidades que precisam ser consideradas. O envelhecimento da retina leva ao déficit da acuidade visual, o que dificulta a visão de cores claras, e a sensibilidade às cores brilhosas [Azevedo, 1998]. Com esse conhecimento, foi selecionada cores forte, porém opacas e combinação de cores fortes e fracas com variações de tonalidade a fim de facilitar a visão.

Os jogos foram produzidos utilizando o *Game Maker*, uma *engine* para produção de jogos muito simples, mas que possui o número suficiente de ferramentas necessárias para a elaboração do conteúdo que será aplicado aos usuários. Através dessa *engine* é possível transferir os resultados dos jogos direto para o banco de dados que mais tarde poderá ser acessado facilmente no módulo principal em Java.

3. Resultados e discussões

Encontram-se finalizados 7 jogos, sendo eles: Alfa, Qual é o Objeto, Qual é a Cor, Velho, Palavras Cruzadas, Jogo da Forca e Números. Esses jogos foram escolhidos devido as suas características intrínsecas que estimulam as habilidades cognitivas dos usuários, como a memória, o raciocínio lógico e a capacidade de elaboração de estratégias, as quais se potencializadas podem contribuir para o ganho e/ou manutenção da capacidade cognitiva do sujeito. Para exemplificar, aquele último exige que o

jogador observe as dicas e digite letras que formem uma determinada palavra. Automaticamente, ocorre uma comparação entre a letra digitada e a palavra correta armazenada no banco de dados. Quando o jogador acerta, a letra é apresentada na tela; caso contrário uma parte do corpo de um boneco é desenhada na forca, indicando o erro. Para tanto, usa-se um objeto com uma *sprite* em formato de forca que se altera a cada jogada errada. Os acertos levam a modificação das *sprites* e a palavra fica visível paulatinamente na tela.

4. Conclusão

Busca-se através do Neurosoft, além de proporcionar o treino das funções cognitivas, oferecer uma alternativa de intervenção prazerosa para os pacientes, de modo que eles possam melhorar seu desempenho nas atividades do seu dia a dia. Todavia, estudos com indivíduos com alterações cognitivas utilizando o Neurosoft são necessários para verificar os benefícios de sua utilização em programas de reabilitação.

5. Agradecimentos

O primeiro autor agradece à UnB/Cnpq pela bolsa de Iniciação Científica – ProIC.

5. Referências bibliográficas

- Castro, K.C e Guerra, R.O. (2008) “Impact of cognitive performance on the functional capacity of an elderly population in Natal, Brazil”. *Arg. Neuropsiquiatr.* Dec;66(4):809-13.
- Souza, JN e Chaves, EC. (2005) “O efeito do exercício de estimulação da memória em idosos saudáveis”. *Rev. Esc. Enfermagem USP.* 39 (1): 13-9.
- Floel, A, Witte AV, Lohmann H, Wersching H, Ringelstein EB, Berger K e Knecht S. (2008) “Lifestyle and memory in elderly”. *Neuroepidemiology*; 31(1): 39-47.
- Hubbard, E. J. et al. (2008) “Clock drawing performance in cognitively normal elderly” *Archives of Clinical Neuropsychology*, v. 23, p. 295-327.
- Carmo, J.G.B. (2008). O uso dos jogos computacionais educativos para o desenvolvimento de habilidades objetivas no campo da instrumentalização na informática e de forma subjetiva no desenvolvimento do raciocínio e da criatividade, http://www.educacaoliteratura.com.br/index%20168.htm#_ftn1, Agosto.
- Cavalcante, A.,2007. Terapia Ocupacional: Fundamentação & Prática. Rio de Janeiro: Guanabara.
- Azevedo, J. R. D., 1998. Ficar jovem leva tempo: um guia para viver melhor. São Paulo; Saraiva.
- Ferrari, F. A. (2007) ,”Crie banco de dados MYSQL”, Digerati Books, São Paulo.

JChai3D: Uma biblioteca *open-source* multiplataforma de Realidade Virtual

João Pedro da S. Cerqueira¹, Marcos S. Ramos², Jairo S. S. Melo³, Lourdes M. Brasil^{1,4}

^{1,2}Engenharia, Faculdade Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB)
Cep: 72405-610 – Gama – Distrito Federal – Brasil

³Departamento de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade de Brasília (UnB)

⁴Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Faculdade Gama (FGA), Universidade de Brasília (UnB), Cep: 72405-610 – Gama – Distrito Federal – Brasil

¹joaopscerqueira@gmail.com, ²marcos.9306@gmail.com, ³jairossmunb@gmail.com,
⁴lmbrasil@gmail.com

Abstract. This paper presents the construction of a framework developed in Java platform. O main goal is the development of virtual reality environments OpenGL-based. This framework can be integrated with haptic devices with the aim of making simulations of medicine area more realistic.

Resumo. Este artigo apresenta a construção de um framework desenvolvido em plataforma Java. O objetivo principal é o desenvolvimento de ambientes de realidade virtual baseados em OpenGL. Este framework pode integrar interfaces tátteis a fim de tornar simulações da área de medicina mais realistas.

1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) é uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente 3D gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais [Pinho e Kirner 1997].

Essa interface permite desde a simulação em tempo real interativa de fenômenos físicos até simulação de um mundo virtual que imita o mundo real. Para tanto, é consenso geral ser necessário alto desempenho computacional, algoritmos especializados e interfaces de entrada e saída para interação humano-computador.

Os sistemas de simulação de procedimentos cirúrgicos, para a área de Saúde, que são baseados em RV, permitem o estudo e observação de forma realista de casos específicos, novas técnicas e metodologias. Esses sistemas podem oferecer desde uma visualização 3D de modelos reconstruídos a partir de imagens reais, navegação e até uma interação baseada no toque dos objetos, órgãos ou outras estruturas, virtuais. A interação tático pode ser feita utilizando-se uma tecnologia relativamente nova chamada interface háptica [Strauss 1999]. Uma interface háptica é um *hardware* pelo qual o sistema fornece ao usuário uma realimentação física, como num *joystick* com tecnologia de *feedback* de força. Dispositivos tátteis desse tipo, aliados a sistemas de simulação em RV, permitem um alto grau de imersão e possuem aplicações em ensino, treinamento, simulação, planejamento e entretenimento. Dois dos principais fabricantes de *haptic devices* amplamente conhecidos são:

Sensable – Com os dispositivos: *PHANTOM Omni Device*, *PHANTOM Desktop Device*, *PHANTOM Premium Device* e *PHANTOM Premium 6DOF Device* [Sensable 2011].

Force Dimension – Com vários dispositivos nas seguintes versões: *sigma.x haptic devices*, *omega.x haptic devices*, *delta.x haptic devices*, *medical haptic devices* [Force Dimension 2011].

2. JChai3D

A proposta de desenvolvimento de uma nova biblioteca de interação háptica e simulação tridimensional em uma linguagem multiplataforma como o Java é oriundo de necessidades da comunidade diante da crescente demanda de desenvolvimento de simuladores e tutores de ensino da área de saúde.

Esta nova biblioteca, denominada JChai3D, é uma baseada no CHAI 3D [CHAI3D 2011] – um conjunto de bibliotecas *open-source*, escritas em linguagem C++ e em desenvolvimento por um grupo de pesquisadores da Universidade de Stanford.

O JChai3D está disponível no repositório de *software* da rede mundial de computadores *Source Forge*, em sua última versão, (1.0.3) [JCHAI3D 2011]. Sua arquitetura é baseada em 3 (três) níveis lógicos de processamento, como mostrado abaixo:

1. Camada de Acesso ao Hardware Hápítico e Gráfico: Essa camada foi desenvolvida utilizando a arquitetura *Java Native Access* (JNA), pois a mesma possibilita que o *driver* de comunicação fornecido pelo fabricante da interface háptica possa ser acessado por meio de um código *Java*. Os *drivers* de comunicação hápticos do JChai3D devem obedecer um conjunto de métodos comuns, com o objetivo de padronizar a integração de novos equipamentos, tais como: *open*, *close*, *initialize*, *command*, *getNumDevices*, *isSystemAvailable*, *isSystemReady*. A camada de acesso ao *hardware* de processamento gráfico é realizada pela padronização *OpenGL* encapsulada em códigos *Java* e padronizada pela especificação JSR 231: *Java Binding for the OpenGL® API*;
2. Camada de Processamento Matemático, Hápítico e Geração de Modelos 3D: As camadas de processamento matemático implementam rotinas de transformação de matrizes, deformação de objetos, construção e atualização de malhas de polígonos, posicionamento e localização de objetos 3D, posicionamento de câmeras, luminosidade e texturas;
3. Camada de interface: Utiliza a tecnologia *JavaFX* a fim de padronizar a construção de aplicativos gráficos para diferentes arquiteturas e equipamentos, tais como: *web*, *desktop*, TV Digital e *smart devices*.

Nesse sentido, a partir da elaboração dessa biblioteca será possível desenvolver simuladores de visualização, interação e navegação tridimensional que sejam multiplataforma e disponíveis para diversos tipos de equipamentos.

3. Resultados Parciais

Com a formalização do plano de projeto, nos últimos meses, a equipe de RV do Laboratório de Informática em Saúde (LIS) da UnB/FGA, vem trabalhando na elaboração dessa *framework* que será o ponto de partida para o desenvolvimento de projetos maiores na área de Engenharia Biomédica – como o Atlas Anatômico 3D Aplicado à Mama [MACC-LNCC 2011], por exemplo.

Buscando-se a dinamização do desenvolvimento de maneira remota e colaborativa foi criado um espaço no *Source Forge* onde é possível sincronizar o desenvolvimento via SVN - um *software* de versionamento e controle de *softwares*, pelo qual é possível que cada integrante trabalhe, remota e colaborativamente, no mesmo código fonte, bastante utilizado em projetos *open-source* - e fazer o *download* das versões atuais do JChai3D. O endereço é <http://sourceforge.net/projects/jchai3d/>. Além disso, em paralelo aos processos de desenvolvimento e testes, toda a documentação do projeto está sendo gerada e disponibilizada *online* na página do grupo de RV, disponível em <http://jchai3d.sourceforge.net/pt/index.html>.

A partir das premissas de desenvolvimento do JChai3D e do que foi apresentado na seção anterior deste relatório, durante a fase de testes buscou-se a construção de pequenos códigos de teste que atendessem os seguintes requisitos:

- Desenvolvimento simplificado por uma IDE. No caso a escolhida foi o NetBeans versão 7.0, por conta do suporte adequado aos requisitos de projeto;
- Testes em diferentes sistemas operacionais: Os escolhidos foram *Windows* e *Linux*, porém também serão realizados em MAC OS;
- Simulação em ambientes distribuído: escolhido o padrão EJB 3.0 uma vez que fornece um rápido e simplificado desenvolvimento de aplicações Java, baseado em componentes distribuídas, transacionais, seguras e portáveis;
- Testes com diferentes interfaces hapticas. Testado com o *Omega.7* da *Force Dimension* e o *Phantom Omni* da *Sensable*.

A Figura 2 mostra o primeiro protótipo do JChai3D rodando em *Windows 7* e também a *screenshot* de uma das aulas (aula 9 – *CreateHapticDevice*) que foi documentada e está disponível no repositório de *software* [JCHAI3D 2011].

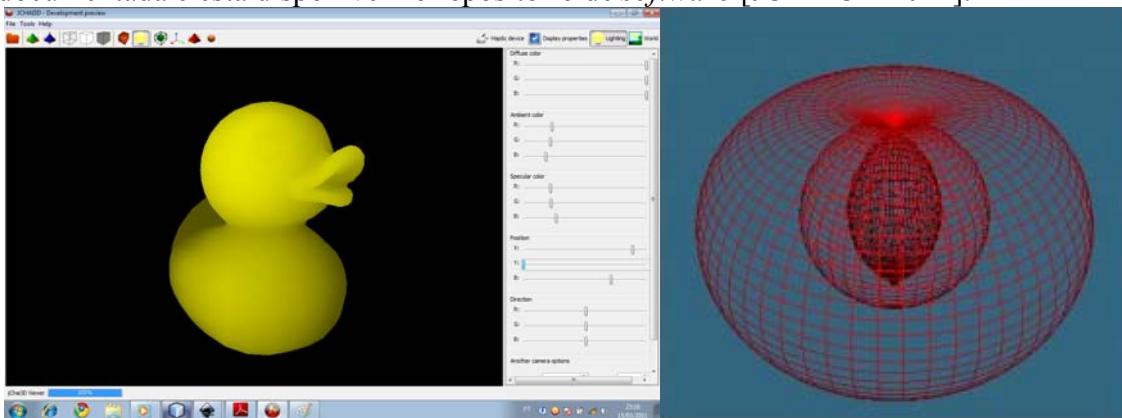


Figura 2: Primeiro protótipo do JChai3D rodando em Windows 7 à esquerda e aula 09 – CreateHapticDevice à direita.

Na versão 1.0.3, já é possível carregar arquivos de extensão .OBJ (como as *meshes* que ilustram o protótipo). As principais implementações disponíveis são: Propriedades de fonte de luz, *Background*, Posicionamento de câmera, Direção da câmera, Sentido da câmera, *Specular color*, Rotação e Translação. Existe ainda a possibilidade de carregar um modelo e trabalhar as vantagens de visualização e navegação 3D utilizando os recursos de câmera (classe), *viewport*, luz, textura e construção de *mesh*.

Atualmente, após a migração da plataforma CHAI 3D para o Java, o JChai3D encontra-se em fase de depuração de erros e falhas, além de testes com interfaces hapticas e implementação de novos algoritmos.

Em conjunto a isso, o grupo estuda métodos de deformação física e geométrica para implementação no simulador.

4. Conclusão

Foi apresentado aqui uma introdução sobre RV, as funcionalidades do JChai3D, bem como o básico de seu funcionamento. Esse conjunto de bibliotecas que está sendo desenvolvida apresenta-se ainda incompleto, passando por uma fase de correção, testes e implementação de novos algoritmos. Ainda há várias questões a serem resolvidas para que essa plataforma esteja pronta para desenvolvimento de simuladores, mas já é disponível uma versão 1.0.3 onde é possível fazer uso das funcionalidades apresentadas nesse artigo.

5. Agradecimentos

Este trabalho está sendo financiado através do Edital Nº. 15/2008 - MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/FAPEMIG/FAPERJ/FAPESP, Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia, e pelo apoio do INCT/MACC. O primeiro e o segundo autor agradecem o aporte financeiro dado pelo CNPq (bolsas de modalidade IC e ITI) e o último autor agradece a Bolsa de Pesquisador PQ 2F.

Referências

- Kirner, C; Pinho, M. S. (1997) “Introdução à Realidade Virtual”, In: X Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, São Paulo, Brasil.
- Strauss, E. (1999) “Feeling the Future”, In: Scientific American Presents – Your New Senses, Scientific American Digital.
- Sensable (2011) Disponível em: <http://www.sensable.com/>. Acesso em 22 /07/2011.
- Force Dimension (2011) Disponível em: <http://www forcedimension com>. Acesso em 22/07/2011.
- CHAI 3D (2011) Disponível em: <http://www.chai3d.org/>. Acesso em 22/07/2011.
- JCHAI3D (2011) Disponível em: <http://sourceforge net/projects/jchai3d/>. Acesso em 26/07/2011.
- MACC-LNCC (2011) Disponível em <http://macc lncc br/index html>. Acesso em 30/08/2011.

Usabilidade de Computadores para Portadores de Necessidades Especiais

Luiz P. de S. Sobrinho¹ e Edna Dias Canedo

¹Engenharia de Software – Universidade de Brasília (Unb - FGA) – Gama – DF – Brasil

lpdcess@gmail.com; edna.canedo@gmail.com

Abstract. This paper presents the difficulties in the use of computers by people with special needs defining what are the limitations and proposed solutions for dealing with the most comprehensive in order to propose an interface that links these auxiliary systems to apply it on the computers of the project Casa Brasil in ADAPTE-DF, Ceilândia which aims to digital inclusion of these citizens.

Resumo. Este artigo apresenta as dificuldades na utilização de computadores por pessoas com necessidades especiais, definindo quais são suas limitações e as soluções propostas para os casos mais abrangentes, de modo a propor uma interface que une esses sistemas auxiliares para aplicá-la nos computadores do projeto Casa Brasil na ADAPTE-DF, sediada em Ceilândia, que tem por objetivo a inclusão digital desses cidadãos.

1. Introdução

Segundo citação no livro Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador de Heloisa Rocha e Maria Baranauskas da Universidade Estadual de Campinas interface é: "... uma superfície de contato que reflete as propriedades físicas das partes que interagem, as funções a serem executadas e o balanço entre poder e controle (Laurel, 1993)."'

Sendo assim, na interação humano-computador a interface deve refletir as capacidades de ambas as partes, tanto da máquina quanto de seu usuário, não importando, à luz da definição, quais são essas propriedades ou quão limitadas sejam. É característica da interface, garantir a comunicação entre as partes.

Todavia, o computador é um bem de consumo produzido em massa e projetado para utilização da maioria das pessoas usando como parâmetro o homem-médio, ou mesmo um grupo econômico. O desafio então é desenvolver uma interface que permita a utilização desse aparelho por pessoas fora do padrão mercadológico.

Devem-se observar as propriedades da máquina que por ser lógica tem um grande apelo visual, para apresentação de informações, e motor, através do mouse e teclado, para a comunicação com a máquina. Além de utilizar como recurso secundário o som.

Sendo assim, qualquer pessoa que não possua visão, controle ou movimento das mãos e/ou não ouça, está fora do padrão de usuários atendidos pelo mercado. Verifica-se a existência de excelentes interfaces para essas pessoas, porém, são caras, inacessíveis e geralmente importadas.

Por outro lado, temos a iniciativa de vários grupos, mesmo nacionais, para a criação de interfaces alternativas, que apesar de não serem as melhores são excelentes começos.

As interfaces desenvolvidas de maneira gratuita, geralmente visam o maior grau de deficiência, deixando a revelia aqueles indivíduos que possuem sérias dificuldades, não tão grandes a ponto de impedir o uso do aparelho, mas grande o suficiente para desestimular seu uso. E inclusão digital é fornecer os meios adequados para um bom

uso do aparelho de modo a dar ferramentas para que então o usuário sozinho faça novas descobertas. O nascimento para o mundo digital exige prazer na busca pelo conhecimento, e isso só é possível com interfaces adequadas.

Para os casos de dificuldades que não impossibilitam o uso do computador, apenas dificultam, existem programas de assistência nos sistemas operacionais, a citar o Windows , que possui um leitor para quem não enxerga, uma lente de aumento para quem tem dificuldade, e o teclado virtual que pode ser utilizado em conjunto com outros softwares para garantir a usabilidade do computador.

O problema é que na maioria das vezes as pessoas desconhecem essas interfaces e preferem desistir, mesmo de tentar, por tanto desenvolver uma interface apropriada para esse tipo de usuário especial se faz mister, pois garantiria ao usuário uma superfície de contato mais adequada as suas propriedades e características.

1.1. Interfaces alternativas e gratuitas

O Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) vem nos últimos anos se dedicando à criação de um sistema de computação destinado a atender aos deficientes visuais.

Visão

DOSVOX é um sistema operacional desenvolvido para deficientes visuais pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Distribuído gratuitamente pelo site <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download.htm#completo> o software basicamente lê as interfaces gráficas e recebe comandos via voz para o controle do sistema operacional.

Existem ainda teclados com Braille que podem ser produzidos pela adaptação de teclados comuns.

Motora

O site do ministério das comunicações disponibiliza links para o download desses softwares.

HeadMouse

É um software que necessita de uma webcam e permite que o usuário controle o cursor do mouse com movimentos da cabeça e ative-o com gestos como abrir a boca ou piscar os olhos. Gratuito encontra-se várias versões dele na internet, inclusive uma em português.

Teclado Virtual

O próprio Windows possui além de versões gratuitas para outros sistemas operacionais como o Linux.

É apenas a imagem de um teclado que o usuário pode selecionar as letras com o cursor do mouse movimentado pelo HeadMouse.

Audição

Como tem caráter apenas secundário a não ser quando o usuário for cego, não se faz necessária a utilização de um software específico de assistência, tem-se apenas que tomar o cuidado de não transmitir informações apenas com indicações sonoras.

2. Proposta

Tendo em vista que não faltam interfaces sendo produzidas, e a aplicação da interface no Projeto Casa Brasil que não distingui o tipo ou grau da deficiência, cabe preparar o computador a fornecer essas ferramentas de forma intuitiva e sem assistência de outras pessoas garantindo ao usuário a autonomia desejada.

Logo propõe-se uma interface preliminar que atenda a todos os tipos de deficiência para que ao iniciar o uso do computador o usuário possa indicar quais são as suas dificuldades e então os sistemas existentes apresentados aqui sejam ativados.

Para isso a interface deve seguir as heurísticas de usabilidade definidas pelo grupo WebAim de modo a garantir que qualquer usuário independente de sua limitação possa iniciar o uso da máquina e segui-lo apenas com aquilo que lhe for necessário.

3. Conclusão

No que concerne ao desenvolvimento de interfaces que provejam a assistência aos portadores de necessidades especiais, a maioria das iniciativas são acadêmicas e, portanto não alcançam a maioria do público alvo. Aplicar essas interfaces no Projeto Casa Brasil na ADAPTE – DF traz maior expressividade a cada um dos sistemas permitindo aos associados e participantes do projeto conhecer soluções para os seus problemas, caracterizando inclusive a parceria natural entre usuários e desenvolvedores, comum em softwares livres, contribuindo assim para o melhoramento e evolução das interfaces propostas.

Uma das maiores problemáticas não é a falta de interfaces que provejam assistência e sim a falta de conhecimento desses softwares e a facilidade de instalação e uso dos mesmos. A qualidade também não pode ser comparada aos softwares pagos tendo em vista que sua evolução está diretamente ligada ao retorno dos usuários, sem usuários novos não há muita evolução, quanto mais pessoas usarem, melhor tende a se tornar a interface.

Tendo então a consciência de que iniciativas não faltam propõem-se desenvolver uma interface que integre as soluções aqui apresentadas de modo a permitir que o usuário independente da sua dificuldade possa ter acesso as interfaces e meios adequados escolhendo-as a partir de suas necessidades especiais e não das soluções. A idéia é que ao entrar no sistema o usuário indique quais são as suas dificuldades e a partir daí o computador chama todos os softwares e interfaces necessárias a sua utilização. É claro que não se espera que todos os quadros de deficiência imagináveis sejam atendidos, o que se espera é que as soluções existentes sejam aplicadas de uma maneira a serem utilizadas.

Referência Bibliográfica

- Brasil Mídia (2011), “Deficiência Visual e Padrões de Acessibilidade na Web”,
<http://brasilmedia.com/Deficiencia-Visual-Acessibilidade.html>, junho.
- Brasil Mídia (2011), “Deficientes Auditivos - Acessibilidade na Web”,
<http://www.brasilmedia.com/auditivos.html>, junho.
- Brasil Mídia (2011), “Deficiência Motora - Acessibilidade na Web”,
<http://www.brasilmedia.com/dificiencia-motora.html>, junho.
- Brasil Mídia (2011), “Introdução aos Padrões de Acessibilidade na Internet”
<http://www.brasilmedia.com/Acessibilidade-na-Web.html>, junho.
- Ministério das Comunicações (2011), “HeadMouse e Teclado Virtual”
<http://www.mc.gov.br/headmouse-e-teclado-virtual>, junho.
- Rocha, H. V. & Baranauskas, M. C. C. *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*. Campinas: Unicamp.
- Universidade Federal do Rio de Janeiro (2011), “Projeto DOSVOX - Núcleo de Computação Eletrônica”, <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>, junho.

Inclusão digital de idosos e pessoas com deficiência física na Casa Brasil Adapte e FGA

Rodrigo L. Rincon, Edna Dias Canedo

Universidade de Brasília – Faculdade de Engenharia Campus Gama (UnB/FGA);

Área especial 02lote 14 setor central -72.405-610 Gama - DF

rodrigolr_15@hotmail.com, Edna.canedo@gmail.com

Abstract. This research aims to bring up requirements to produce software that helps both people with disabilities and individuals at the stage of old age to use a computer. This work will be conducted in partnership with Casa Brazil, a project of the Association of Support for Persons with disabilities (ADAPT), funded by the Federal Government, aimed at digital inclusion of minorities. This group of people has difficulties to interact with the technology that has been emerging over the years, so this research seeks to aid insertion of these people in the digital world to overcome the barriers that limit them.

Resumo. Esta pesquisa tem por objetivo levantar requisitos para a produção de um software que auxilie tanto pessoas portadoras de necessidades especiais como indivíduos na fase da terceira idade a utilizarem um computador. Esse trabalho será realizado em parceria com a Casa Brasil, um projeto da Associação de Apoio aos Portadores de Necessidades Especiais (ADAPTE), financiado pelo Governo Federal, que visa à inclusão digital das minorias. Esse grupo de pessoas apresenta dificuldades para interagir com as tecnologias que vem surgindo ao longo dos anos, por isso esta pesquisa busca auxiliar a inserção dessas pessoas no mundo digital a fim de superar as barreiras que os limitam.

1. Introdução

A ADAPTE (Associação de Apoio aos Portadores de Necessidades Especiais) é uma organização sem fins lucrativos que busca a inclusão dos portadores de necessidades especiais na sociedade, desenvolvendo programas de capacitação para integrá-los a sociedade. Um destes programas é o projeto Casa Brasil, um projeto financiado pelo governo federal, que tem como objetivo reduzir a desigualdade social em regiões de baixo desenvolvimento humano, incentivando o crescimento tecnológico local através de cursos especializados. O programa também está presente no Distrito Federal, com uma sede em Ceilândia, feita juntamente com a Universidade de Brasília. A Casa Brasil Ceilândia oferece cursos na área de tecnologia para toda a comunidade e também curso de pré-vestibular comunitário, dado pelos próprios alunos da UnB, pertencentes ao projeto Conexões de Saberes.

2. Inclusão digital de pessoas com deficiência física

O homem é um ser social, pois ele ainda não aprendeu a viver isolado. Ele precisa da interação com os seus semelhantes para a sua sobrevivência. Mas nem todas as pessoas são iguais. Existe um certo grupo que apresenta algumas limitações, ou falta de habilidade na realização de uma atividade comparada ao desempenho da média de um

total de pessoas; a este grupo, dá-se o nome de portadores de necessidades especiais (PNE'S).

Segundo Ferreira e Guimarães (2003, p.26): “*Sobre o indivíduo considerado deficiente incidirá o estigma da incapacidade, do impedimento, da invalidez*”. Mas essa visão equivocada leva ao desconhecimento das potencialidades e capacidades do indivíduo com necessidades especiais. Com a evolução das tecnologias, as pessoas com necessidades especiais passam a ter uma nova forma de interagir com os demais: o computador.

A inclusão digital dos deficientes é importante porque as relações com outras pessoas é essencial na vida de qualquer pessoa e esta relação se materializa através da linguagem e da comunicação. Com a inclusão digital sua área de comunicação e número de pessoas com quem se relaciona é amplificado.

Atualmente, diversos programas gratuitos ajudam portadores de necessidades especiais a usar o computador. Como exemplo tem-se os softwares Headmouse e Teclado Virtual, em que as pessoas com deficiência motora podem usar o computador sem as mãos, apenas com movimentos do rosto. Para receber os movimentos do rosto basta ter uma webcam que o software trabalhará de mover o cursor de acordo com a movimentação da cabeça vista pela câmera. A função de arrastar objetos e a função "click" é ativada por gestos, como piscar de olhos. Esses softwares podem ser baixados gratuitamente nos sites da Empresa de Correios e Telégrafos (ECT) e do Ministério das Comunicações.

Um software semelhante foi produzido por um professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que permite que usuário com movimentação em apenas alguma região do corpo utilize do computador. O Emulador de Teclado e Mouse (ETM) funciona através de sensores, que são colocados na região que o usuário possua alguma movimentação. Sabendo que existem deficientes com movimentos apenas em uma região qualquer do corpo, o sensor pode ser encaixado na maioria das partes do corpo e, conforme ele se movimenta, o mouse se locomove junto na tela.

Existe também o NVDA (Non Visual Desktop Access), um leitor de telas que, através de uma voz artificial, permite que deficientes visuais saibam o que está aparecendo em seu monitor e interagir com ele. Um software parecido é o DOSVOX, que também se comunica com deficientes visuais através de sintetizadores de voz. Há também o Jaws, que permite o uso do computador apenas através do teclado e da comunicação com a voz sintética. Outro software existente é o WEBANYWHERE, que é específico para navegação na internet. Estes programas não permitem a independência total do teclado e mouse, sendo ainda necessários para o uso dos programas apresentados.

3. Inclusão digital de pessoas da terceira idade

Conforme a idade vai passando, algumas capacidades físicas do ser humano vão decaendo. A capacidade de percepção, reflexos, visão, audição e capacidades motoras ficam comprometidas com o passar dos anos. Por isso, uma pessoa de idade mais avançada não tem o mesmo desempenho ao usar um computador que um jovem. Pensando nisso, a interface feita para uma pessoa de terceira idade deve ser diferente de uma interface comum para que mesmo com estes problemas ele possa usá-la de forma adequada e que não o cause incômodos. Os tons das cores devem ser mais leves, os sons (se tiver) não podem estar nos extremos de frequência captada pelo ouvido humano, os botões devem ser mais espaçados, os textos maiores, o contraste de cores deve ser maior

e ao mesmo tempo não pode ser incômodo a vista, os ícones devem ser maiores e o cursor do mouse deve ser destacado, para localização mais fácil.

Diferente do deficiente físico, que muitas vezes precisa de um hardware ou software específico para se comunicar com o computador (como sensores ou sintetizadores de voz), o idoso pode usar o computador sem a necessidade de algo a mais, embora em alguns casos um software que adapte as informações do monitor para se encaixar nas características acima ou um teclado com teclas mais distantes uma da outra, ou um mouse com sensibilidade alterada, ou até um monitor com iluminação controlada sejam de boa serventia.

No Reino Unido foi feito um computador projetado para ser usado por usuários de terceira idade. O computador, chamado SimplicITy, atende as características acima, além de possuir um sistema operacional próprio, feito para facilitar o uso de usuários novos. Muitos idosos nunca usaram um computador, por isso desconhecem muitas de suas funcionalidades, o SimplicITy facilita o uso destas funcionalidades, tornando tudo mais fácil e rápido para o usuário iniciante. A área de trabalho é simplificada, com botões grandes que levam as funções mais comuns, como e-mail, internet e editores de texto.

No caso de um computador especial ou apenas um software que facilite o uso, os comandos devem se tornar intuitivos e a dificuldade para encontrar as funcionalidades deve ser reduzida ao máximo.

4. Proposta

Conhecendo os softwares que já estão presentes no mercado, é possível propor um novo que sirva para os integrantes da Casa Brasil. Analisando a pesquisa de cada software e após levantamento das funcionalidades, encontramos funções comuns à maioria deles, como leitura do monitor e captação de movimentos do usuário. Nos softwares para pessoas de terceira idade as funcionalidades comuns já estão ligadas com aparência e luminosidade do programa. Para um novo software da Casa Brasil é proposto então um sistema que possa ser usado por ambos os necessitados (deficientes e idosos). Para tanto, o sistema deve possuir as funcionalidades comuns de todos os softwares e ativá-los somente com a ordem do usuário. O sistema possuiria uma lista de funções como: controlador de luminosidade, zoom para facilitar leitura e visualização, sintetizador de voz e captador de movimentos, que o usuário clicaria nele para habilitá-lo. Para desabilitá-lo o usuário teria que apenas clicar nele novamente.

O sistema seria, de forma mais simples, uma lista de funcionalidades que controlariam o monitor e permitiria usar o corpo como teclado e mouse, trocando os dispositivos de entrada de dados por uma webcam. O programa precisaria fornecer a opção de gerar um teclado virtual que pudesse ser minimizado para não incomodar quando não fosse necessário usá-lo. Para tanto, seria necessário para o funcionamento do mesmo uma caixa de som (para o sintetizador de voz) e uma webcam (para captação de movimentos).

5. Conclusão

Do estudo e pesquisa feitos, observa-se que há uma área de grande importância que pode ser melhor trabalhada. O desenvolvimento desta área não permitirá só a integração de deficientes físicos e idosos ao mundo digital e as novas tecnologias, mas também que essas pessoas possam se integrar com o mundo todo, terem acesso a informações que não teriam sem o uso do computador. Essas pessoas poderão se tornar mais conscientes e se tornarem ativas no mundo digital, vendo o que acontece, criticando e escrevendo para que todos no mundo possam ler o que eles pensam. Portanto, este trabalho não é

apenas para permitir um melhor uso do computador como instrumento melhor, é para permitir que eles possam ser cidadãos completos e conscientes.

6. Referências

- FERREIRA, Maria Elisa Caputo; GUIMARÃES, Marly. (2003), Educação Inclusiva. Rio de Janeiro: DP&A.
- Auil, Fernando, Softwares livres para portadores de necessidades especiais, disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/25720072/Softwares-Livres-Para-Portadores-De-Necessidades-Especiais>>
- Antunes, Romário, Lükman, Ana Paula, Wilbert, Julieta Watanabe, Acessibilidade de AVA's para o usuário PNEE: uma visão introdutória, disponível em: <http://www.revista.acbsc.org.br/index.php/racb/article/viewFile/738/pdf_57>
- Carvalho, José Oscar Fontanini, Referenciais para projetistas e usuários de interfaces de computadores destinadas aos deficientes visuais, disponível em: <<http://www.oscar.pro.br/pdfs/DissertacaoOscar.pdf>>
- Mauro, (2009), Computador para idosos tem interface simplificada, disponível em: <http://www.adrenaline.com.br/tecnologia/noticias/3342/computador-para-idosos-tem-interface-simplificada.html>
- Portal R7, (2010), Programas gratuitos ajudam portadores de necessidades especiais a usar o computador, disponível em: <http://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/noticias/programas-gratuitos-ajudam-portadores-de-necessidades-especiais-a-usar-o-computador-20100311.html>
- Portal Ministério das Comunicações, Headmouse e Teclado virtual, disponível em: <http://www.mc.gov.br/headmouse-e-teclado-virtual>
- Carolina Simões, (2010), Professor da UTFPR desenvolve software para portadores de necessidades especiais, disponível em: <http://www.vestibulandocuritiba.com.br/NoticiaCompleta.aspx?ver=223>
- Eliseu Amaro, (2007), O que é o Casa Brasil, disponível em: <http://cbceilandia.blogspot.com/2007/08/o-que-o-casa-brasil.html>

DietMachine _ O nutricionista virtual

Rodrigo L. Rincon, Ilton G. Silveira Jr, Leon Ferreira Paiva, Fagner Rodrigues da Silva, Anna C. Santos, João P. A. Ferreira, Lucas N. Santos.

Professora orientadora: Vanessa Maria de Castro.

Universidade de Brasília – Faculdade de Engenharia Campus Gama (UnB/FGA);

Área especial 02lote 14 setor central -72.405-610 Gama - DF

Ilton_junior_91@hotmail.com, rodrigolr_15@hotmail.com,
leonn.ferreira@hotmail.com, fanig_01@hotmail.com,
annalinanyc@gmail.com, john.paul@live.com, lucasnsantos@hotmail.com

Abstract. The DietMachine is a Project developed by students of Universidade de Brasília campus Gama (UnB – FGA) that is expected, through a mobile's software, to help in people's health, providing help in daily alimentation of the user. The system generates a specific diet, according to the diseases and the needs of users and states the kinds of food that can be eaten or not. Known that the base of a healthy life is provided by a good alimentation, the software enables the user to achieve a better life coming from the base.

Resumo. O DietMachine é um projeto de alunos da Universidade de Brasília do campus Gama (UnB - FGA) que visa, através de um software para celular, auxiliar na saúde das pessoas, fornecendo ajuda na alimentação diária do usuário. O sistema gera dietas específicas de acordo com as doenças e necessidades do usuário e declara os tipos de comida que pode e não pode comer. Sabendo que a base de uma vida saudável vem da alimentação, o programa possibilita o usuário alcançar uma vida melhor a partir da base.

1. Introdução

Uma alimentação balanceada pode melhorar a condição de vida. Como consequência direta, temos que uma boa alimentação pode ajudar no tratamento de doenças e, em algumas situações, alcançar a cura de uma dada enfermidade. A má alimentação gera um efeito contrário destrutivo porque pode levar uma pessoa a piora do seu estado de saúde física e desencadear outras doenças. Nos dias de hoje, dada a falta de tempo para melhor dedicação a saúde, consequência natural da rápida dinâmica corporativa atual, pessoas acabam preferindo ter uma má alimentação através dos fast food.

2. A necessidade de se preocupar com a dieta

Muitas comidas podem melhorar a condição de vida, tratando de algumas doenças ou até mesmo curando de algumas delas, porém a má alimentação pode agravar doenças que a pessoa já tinha ou fazer com que surjam novas doenças. Com a falta de tempo para se dedicar a seguir de maneira fiel a dieta, as pessoas acabam abusando dos fast

foods. A nutrição é parte fundamental na saúde das pessoas, sendo o pilar que sustenta o corpo humano. A boa alimentação garante vigor e resistência à doenças, enquanto uma alimentação desbalanceada pode levar a dezenas de problemas de saúde, por isso deve ser levada mais a sério.

Um valioso exemplo de boa saúde e disposição física em decorrência da boa alimentação era dado pelos japoneses dos tempos antigos. Pelo fato de terem sua alimentação baseada em frutos do mar e arroz, e por terem como característica a extrema disciplina do corpo através de exercícios, antes eram considerados como a nação mais saudável do mundo. Atualmente, apesar de alguns ainda conservarem a disciplina corporal, o governo japonês começa a se preocupar com a velocidade do surgimento de pessoas obesas no território nipônico. Coisas relacionadas a isso podem ser encontradas no livro [³] sobre obesidade de Björntorp P.

Uma das necessidades que motivaram a criação do software é a de diminuir o descaso da população com uma alimentação balanceada. Atualmente, tem-se idéias incorretas, do ponto de vista nutricional, do que é ser saudável. Comer exclusivamente frutas, fazer dieta de apenas um tipo de comida e pensar somente em emagrecer, são alguns dos conceitos errôneos contidos na sociedade que podem até desencadear doenças graves, como bulimia e anorexia.

Existe muitos softwares para celular e computador com objetivos semelhantes ao Diet Machine. As principais diferenças são que os outros programas não levam em consideração o trabalho de um profissional de saúde e os elementos químicos dos alimentos, levando em consideração somente a quantidade de calorias contidas nos alimentos.

3. Vantagens de um software para automatização de dietas

Com a funcionalidade do software de automatizar dietas para o usuário através de alertas, avisar aos usuários sobre a manutenção da dieta dentro de um certo intervalo de tempo, e fazer uma “ponte” com o especialista de saúde responsável, é possível ajudar a tornar a vida das pessoas mais saudável.

4. Proposta

Para que se entenda um pouco do programa evidencia-se primeiro a apresentação dos requisitos funcionais:

Observação: O hífen ‘-’ significa o requisito e ‘’ significa a explicação.**

- O sistema deve pedir o auxílio de um especialista da área de saúde:

Toda vez que o usuário for acessar a área de configurar conta o software irá emitir uma mensagem informando que um especialista da área deve ser consultado para tal fim. A parte de configurar conta deve ser atualizada com frequência, pois com esta desatualizada diminui o poder efetivo de melhorias que o software pode trazer para o usuário.

- O sistema deve mostrar a opção de opção de dieta:

O software irá apresentar uma opção que irá gerar dietas e na parte de configurar conta o médico pode especificar quantidade de determinadas substâncias para que o programa seja mais específico para cada paciente, atendendo-o em sua individualidade.

- O sistema deve mostrar a opção de cálculo do IMC:

O IMC é considerado por muitos nutricionistas a maneira mais rápida, fácil e segura de se dar um laudo sobre a qualidade da condição física de um paciente.

- O sistema deve mostrar a opção de verificação de parceiros:

O software apresentará uma abordagem de cunho empresarial, a fim de ser uma parte dedicada a propagandas/fonte de busca, para os usuários. Tais como buscar algum suplemento, academia, medicamentos.

- O sistema deve solicitar os horários das refeições da dieta:

Para pacientes crônicos, se faz essencial uma dieta rígida da quantidade de refeições por dia e do intervalo de tempo entre elas.



Figura 1. Apresentação do software no celular.

Esta figura demonstra o software, programado em linguagem Java, o aplicativo do Diet Machine, estruturado com um banco de dados com informações a respeito dos alimentos e do plano nutricional indicado pelo nutricionista. Posteriormente depois do software pronto e testado, será feita uma série de entrevistas e consultas a respeito da difusão e aceitação do mesmo, bem como dos hábitos alimentares das pessoas e da eficiência do software na ajuda do controle alimentar.

5. Funcionamento do software

Com o término do cadastro do usuário, lembrando de cadastrar também seus nutrientes (quantidade e quais) a ser consumido, com isso o programa pode gerar uma dieta com grande precisão para o usuário (bem exclusiva), lembrando que antes disso o programa já indicará que o usuário deve buscar um profissional para tal, ele receberá alertas da dieta gerada para que ele possa se alimentar de maneira saudável em uma hora cabível (isto por serem crônicos de alguma doença relacionada à nutrição), o usuário deve então informar ao sistema se ele consumiu ou não a refeição especificada do horário. Caso o usuário tenha consumido algum alimento diferente do que o software deu como opção mais saudável, o alimento consumido deve ser declarado para que o software produza novos cálculos do que seria mais saudável.

O software enviará mensagens de alerta para quando o usuário extrapolar o consumo de alguma substância da qual ele não pode fazer uso em grande escala (em alguns casos nem mesmo em pequena escala).

Além de cálculos para gerar as dietas mais saudáveis para cada tipo de usuário, o software também será capaz de informar ao usuário sobre novidades de suplementos, academias e medicamentos. Neste caso seriam os parceiros comerciais.

6. Conclusão

A condição de vida das pessoas pode estar caindo por questões alimentares devido à forma de vida moderna que não as permite tempo nem mesmo para pensar em suas refeições, o que as leva a consumir muitos fast food e isso valendo até mesmo para pacientes crônicos. Com um software para auxiliar em tal fim as pessoas poderiam se sentir mais seguras quanto à alimentação e com isso chegariam a uma condição de vida melhor com a diminuição de mal-estar.

7. Referências

franco Guilherme. (2008) “Tabela de composição química dos alimentos”, 9^a Edição, Editora Atheneu.

Anção MS, Cuppari L, Draibe S, Sigulem D. (2001) “Informática em Terapia Nutricional”, In: Perguntas e Respostas em Nutrição Clínica. 1^a Edição. São Paulo, Roca Ltda.

Björntorp P. Ann Clin Res (1985) “Obesity and the risk of cardiovascular disease”.

Furgeri, Sérgio. (2010) “Java 7 Ensino didático”, 1^a edição, Editora Erica.

Arnold, Ken & Gosling, James & Homes, David. “A linguagem de programação Java”. 4^a Edição, Editora Bookman.

Tamassia, Roberto & Goodrich, Michael T. (2007) “Estruturas de Dados e Algoritmo x

Modelo de Simulação Biomecânica Aplicada ao Estudo do Caminhar Bípede

José A. A. Andrade¹, Rita C. Silva¹, Eraldo Araujo², Lourdes M. Brasil^{1,2}, Suélia S. R. F. Rosa^{1,2}, Ana de David³

¹Engenharia, Faculdade Gama - Universidade de Brasília (UnB)
Distrito Federal, Brasil

²Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama – UnB
Distrito Federal, Brasil

³Faculdade de Educação Física – Campus Darcy Ribeiro - UnB
Distrito Federal, Brasil

andrade.jaa.unb@gmail.com, ritasilva@unb.br, lmbrasil@gmail.com

Abstract. *The development of devices applied to rehabilitation of lower limbs amputees has received great contributions through of increasingly sophisticated technologies. Computations Models may give contributions to project of these devices. The application of biomechanics theories about walking and robotics tools allows the analysis of behavior during bipedal walking. These tools were applied to development of biped simulation environment for acquire the joint moments.*

Resumo. *O desenvolvimento de dispositivos aplicados a reabilitação de indivíduos desarticulados em membros inferiores tem tido grandes contribuições através de tecnologias cada vez mais sofisticadas. Os modelos computacionais podem dar grandes contribuições ao projeto destes dispositivos. A aplicação dos estudos de biomecânica do caminhar e de ferramentas da robótica permite a análise do comportamento bípede durante o caminhar. Neste trabalho, essas ferramentas foram aplicadas ao desenvolvimento de um ambiente de simulação bípede para obter os momentos em suas juntas.*

1. Introdução

O estudo na área da reabilitação tem o objetivo de desenvolver sistemas mecânicos ou eletrônicos capazes de auxiliar na retomada de uma capacidade motora perdida ou ausente [Facello 2008]. A reabilitação de indivíduos que sofreram desarticulação em membros inferiores tem sofrido grandes avanços devido ao desenvolvimento de órteses e próteses robóticas de alta tecnologia [Cassemiro 2002]. A implementação de modelos computacionais de simulação através de estudos da biomecânica podem auxiliar no estudo e desenvolvimento destes dispositivos [Winter 1990].

Este trabalho apresenta alguns aspectos desenvolvidos em um programa de simulação biomecânica aplicada ao estudo do caminhar bípede. Algumas ferramentas empregadas na robótica foram utilizadas como o algoritmo de Denavit-Hartenberg e um método diferencial baseado em Jacobianos [Cassemiro 2002], os quais serão melhor abordados nas seções posteriores. Deseja-se usar os dados obtidos em simulação para traçar um modelo de comportamento para uma prótese ativa para amputados transtibiais.

2. Materiais e Métodos

2.1. Modelagem Cinemática do Bípede

A cinemática trata do estudo do movimento e de suas propriedades, tais como posição, velocidade e aceleração. Neste trabalho, o método de modelagem cinemática escolhido para se aplicar a biomecânica de um bípede foi o algoritmo de Denavit-Hartenberg [Cassemiro 2002] por operar através de sistemas de referências para representar quaisquer pontos do bípede e relacioná-los a um referencial global por meio de matrizes de transformação homogêneas.

O algoritmo de Denavit-Hatemberg (D-H) no levantamento de quatro parâmetros para cada junta e componente do bípede. Estes parâmetros são: θ que descreve a rotação da articulação em torno de seu eixo, α que representa torção de uma junta para outra, l que é o comprimento do membro e d é a distância perpendicular a l . Após encontrar estes parâmetros em cada componente do bípede, usa-se a Equação 1 para obter a matriz de transformação que descreve uma junta com relação a outra.

$$T_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i)\cos(\alpha_i) & \sin(\theta_i)\sin(\alpha_i) & l_i \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i)\cos(\alpha_i) & -\cos(\theta_i)\sin(\alpha_i) & l_i \sin(\theta_i) \\ 0 & \sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Para o controle de posição das juntas, aplicou-se um método numérico para obter os valores dos ângulos da perna para determinada trajetória percorrida pelo pé durante o caminhar. O método utilizado, explicitado na Equação 2, consiste em obter diferencialmente os incrementos angulares de cada junta em função dos incrementos na posição do pé durante o caminhar através do jacobiano dessa posição [Cassemiro 2002].

$$\bar{\theta}_{n+1} = \bar{\theta}_n + (J^T J)^{-1} J^T \cdot d\bar{p} \quad (2)$$

Onde $\bar{\theta}$ é um vetor que contém os ângulos das articulações do bípede, o $n = \{0, 1, 2, \dots\}$ é um índice para o vetor, J é o jacobiano da posição do pé e $d\bar{p}$ é o incremento na posição do pé.

2.2. Modelagem Computacional

Uma etapa importante para construir o modelo de simulação bípede foi o planejamento de trajetórias para servir de *gaits* durante o caminhar. *Gait* é o termo usado para denominar o ciclo de movimento das pernas. Dessa forma, ele define as características de como um corpo se desloca [Ferreira 2003]. Neste trabalho, procurou-se determinar uma trajetória para o pé que pudesse se comportar de maneira semelhante à do *gait* humano. Para isso, tomaram-se as seguintes hipóteses:

- A distância entre o pé e o solo não pode ser menor que zero;
- Durante a fase de vôo do pé, na metade da distância percorrida, a distância entre o solo e o pé é máxima;
- Durante a fase de apoio do pé, a distância entre o pé e o solo é zero;

Planejou-se uma trajetória semi-elíptica para ser o *gait* do modelo, pois ela obedece as hipóteses acima. Utilizou-se uma parametrização para obter a trajetória mostrada na Figura 1. Aplicando-se o método numérico descrito anteriormente através da Equação 2, pode-se obter os ângulos para as articulações do bípede.

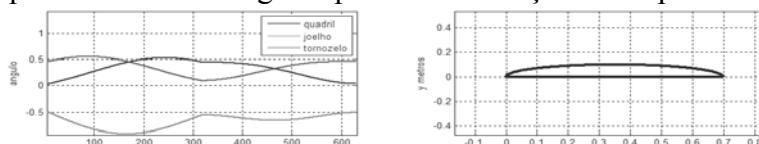


Figura 1. À esquerda, os ângulos para as juntas da perna obtidos a partir do *gait* mostrado à direita.

A construção do bípede em ambiente virtual foi feita através do *software* de álgebra computacional *Matlab®* motivada por sua linguagem de fácil programação. Usando a modelagem cinemática, diversos pontos que descrevem os vértices de polígonos componentes do bípede foram projetados no referencial local de cada membro. Usando a linguagem de programação própria do ambiente, foi implementado um algoritmo ilustrado simplificadamente na Figura 2.

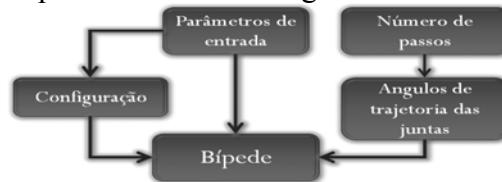


Figura 2. Algoritmo usado para realizar a construção do ambiente de simulação.

No algoritmo, os parâmetros de entrada se referem às dimensões do bípede, como massa e comprimento, que são inseridas pelo usuário do programa. O bloco de Configuração faz a atribuição de alguns parâmetros para os membros do bípede. O número de passos é a quantidade de ciclos de marcha que o bípede fará durante a execução do programa. O bloco de Ângulos de trajetória das juntas é responsável por determinar o comportamento do *gait*. O bloco do Bípede é responsável pela exibição e parâmetros de saída do programa.

3. Resultados

O programa gerado utilizando linguagem *Matlab®* usa recursos de interface gráfica que foi possível graças aos pacotes próprios do ambiente de programação. A interface se dá por meio de caixas de diálogo que fazem o papel de receber os parâmetros que o usuário insere para configurar a simulação. O programa já possui parâmetros padrões pré-escritos nas caixas de diálogo, mas prontos para serem alterados conforme os dados de entrada do usuário. Na Figuras 3 são apresentadas as imagens obtidas da execução do programa.

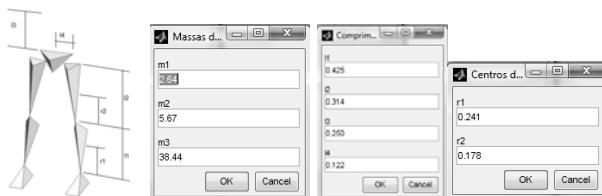


Figura 3. Recebimento de parâmetros em caixas de diálogo durante a execução do programa.

4. Discussão

Através de linguagem estruturada, foi possível realizar passagens de parâmetros entre as funções do programa. Além disso, o modo de construção do programa permite que um programador possa construir sua própria função de análise da biomecânica do bípede a partir dos parâmetros de saída fornecidos pelo programa. Esses parâmetros indicam a posição de cada membro e de suas massas ao longo da execução do programa.

Como exemplo, a função que foi adaptada no programa utilizando alguns dos parâmetros de saída do programa para calcular os momentos presentes nas juntas a partir do caminhar executado na simulação. Como resultado dessa análise é exibido um gráfico mostrando a evolução dos momentos nas articulações, conforme o lado direito da Figura 4.

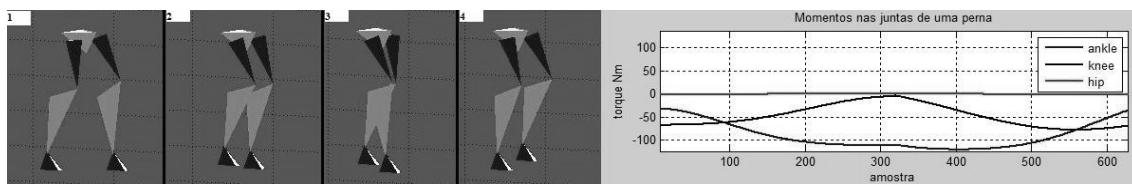


Figura 4. Visualização do bípede à esquerda em uma seqüência do gait e análise de momentos nas juntas à direita.

5. Conclusões

A partir da rotina construída em ambiente virtual, é possível simular padrões de marcha e obter alguns parâmetros que caracterizam o modelo de marcha. No caso deste trabalho, o modelo foi aplicado ao cálculo de forças generalizadas nas juntas da perna. Entretanto, utilizando os parâmetros de saída do ambiente, também é possível construir outras funções de análise de forças e do movimento.

O programa de simulação bípede foi desenvolvido para o estudo da biomecânica do caminhar humano. Além disso, espera-se que os dados obtidos através de simulações realizadas nesse ambiente possam ser aplicados ao desenvolvimento de dispositivos de reabilitação, tais como órteses e próteses para indivíduos com deficiência nos membros inferiores.

Referências

- Facello, E. A. et al. (2008) "Aplicações de Mecânica Computacional na Simulação de Problemas Biomecânicos", In: 2nd Workshop on Computer Approaches to Material Modelling and Optimisation, UDESC, Brazil.
- Cassemiro, E. Rodrigues (2002). Metodologia para Desenvolvimento de Dispositivos Biomecânicos Para Aplicação em Próteses Antropomórficas, Dissertação de Mestrado, FEM/UNICAMP, Campinas, 89 p.
- Winter, D. A. (1990), Biomechanics and Motor Control of Human Movement, New York: Wiley.
- Ferreira, J. P., Crisóstomo, M. and Coimbra, A. P. (2003) "Decreasing the dynamic stability calculation time of a Biped Robot", Jornadas Luso-Espanholas, vol. I, p. 3103-3108.

ThreeDs - Proposta de Ferramenta de Dicionário de Dados para Modelagem e Projeto de Bancos de Dados

Eduardo Pinto Barbosa, Maylon Felix de Brito, Kamilla Holanda Crozara, Denise Vasques Cerqueira, Geoflávia Guilarducci de Alvarenga

Faculdade UnB Gama (FGA) - Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 8114 - CEP: 72405-610 – Gama, DF – Brasil

{eduardo, maylon_nke, kami_holanda, denise.vcerqueira}@hotmail.com,
geoflavia@unb.br

Abstract. After found needs in the use of the Data Dictionary to complement the database conceptual and logical design, it presents the proposed authoring tool for a Data Dictionary, which is in development stage in an iterative and evolutionary process. The use of the tool purpose is being evaluated and to support the didactic teaching of Database Systems in Software Engineering graduate course from the University of Brasilia.

Resumo. Diante das necessidades encontradas na utilização de Dicionário de Dados para complementar os projetos conceituais e lógicos de Banco de Dados, apresenta-se a proposta de uma ferramenta para autoria de Dicionário de Dados, a qual está em estágio de desenvolvimento em um processo iterativo-evolutivo. Além de ser avaliada, a utilização da ferramenta tem por propósito apoiar didaticamente o ensino da disciplina de Sistemas de Bancos de Dados do curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília.

1. Introdução

Projetos de Bancos de Dados (PBD), geralmente, adotam um processo composto pelas seguintes etapas principais: levantamento de requisitos de dados, projeto conceitual, onde se obtém um resultado usando o Modelo Entidade-Relacionamento (MER), projeto lógico, que utiliza o Modelo Relacional (MR) e o projeto físico. Intrínseco as etapas de projeto conceitual e lógico, é de grande importância a elaboração de um Dicionário de Dados (DD) para melhor explicar a semântica, características, estrutura e composição dos dados [Heuser 2009], [Elmasri e Navathe 2005].

Diante da carência notada em relação às ferramentas que auxiliam no ensino em se tratando da confecção de DD, propõem-se o desenvolvimento de uma ferramenta de DD para modelagem e projeto de Bancos de Dados (BD). A fim de apoiar didaticamente a disciplina de Sistemas de Bancos de Dados (SBD) do curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, e também é parte integrante do projeto de pesquisa apoiado pelo programa de Reestruturação das Universidades Federais (REUNI) de mesmo título.

O restante deste artigo está organizado conforme descrito a seguir. A Seção 2 apresenta a caracterização das necessidades de onde se originou a ideia da ferramenta. A Seção 3 descreve a proposta da ferramenta e, por fim, a Seção 4 apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros.

2. Caracterização da Necessidade

Visando complementar os projetos conceitual e lógico, é necessária uma forma de

manter as informações e o significado de todos os dados a serem persistidos no BD. Na maioria das vezes, o processo de criação do DD é realizado sem apoio de ferramenta e sem a integração com os modelos (também chamados de diagramas, que são resultados dos projetos conceitual e lógico). Geralmente, o DD é descrito através de planilhas ou textos em formato eletrônico que permanecem desassociados a esses diagramas.

Uma das importâncias de um DD se dá pelo fato de muitas vezes na fase de modelagem de um PBD, os diagramas não suprirem informações significativas sobre os dados que devem ser tratados, deixando a interpretação destes ineficiente, podendo até gerar ambiguidades em sua implementação. Algumas das dificuldades encontradas na criação e manutenção de DD pelos usuários de SBD são: difícil manutenção e organização do DD; ambiguidades na compreensão e especificação de dados; pesquisa de dados; transição entre um DD do modelo conceitual para um DD do projeto lógico [Elmasri e Navathe 2005], [Teorey, Lightstone e Nadeau 2007].

3. Proposta da Ferramenta

A finalidade de um DD é documentar e definir todos os elementos relacionados ao modelo de forma sistemática e organizada. As definições visam ser precisas e possuir conformidade com o problema do mundo real modelado. É também necessário conhecer todas as entradas, saídas, componentes de depósitos e regras e/ou cálculos intermediários que refletem os fatos do problema modelado.

A proposta principal do projeto, e consequentemente da ferramenta, consiste em um sistema de software para a inserção, alteração e exclusão de itens no DD, trazendo a possibilidade de rastreamento de itens, os quais podem possuir dependências. A ferramenta, deve ser capaz de acompanhar as informações sobre os dados nas modelagens de projeto de BD desde o projeto conceitual até o projeto lógico, proporcionando otimização da indexação e pesquisa de itens do DD.

Ao utilizar o sistema o usuário será visto como um projetista de esquemas de PBD. Algumas das funcionalidades disponíveis ao usuário são demonstradas no diagrama de casos de uso apresentado na Figura 1.

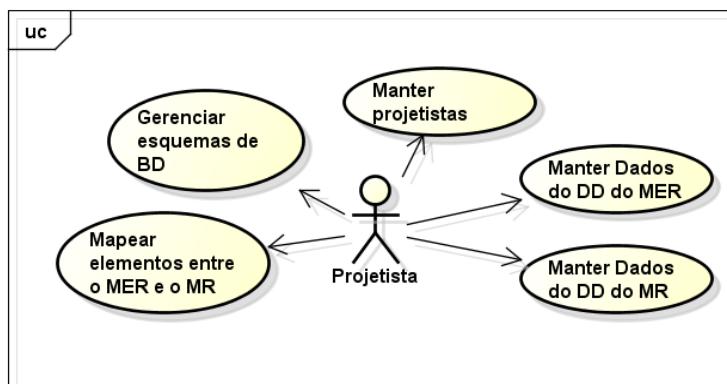


Figura 6. Diagrama de Casos de Uso do sistema

Como ilustrado na Figura 2, a tela de visualização de atributos é composta por (i) menu, localizado à esquerda, apresentando as categorias de dados a serem mantidos; (ii) área de cadastro e visualização, à direita; (iii) banner, à cima com opção para pesquisa de dados do esquema e a opção de internacionalização.

The screenshot shows the 'ThreeDs' application interface. At the top, there's a green header bar with the title 'ThreeDs' and a sub-header 'Database Data Dictionary'. On the right side of the header are links for 'Pesquisar' (Search), 'Sobre nós' (About us), and flags for Brazil and the United States. Below the header is a navigation menu on the left with options like 'Home', 'Esquemas', 'Projetistas', 'Ajuda', 'Elementos' (selected), 'Tabela', and 'Atributo'. The main area is divided into two sections: 'Resultados' (Results) on the top right and 'Atributo Detalhado' (Detailed Attribute) on the bottom right. The 'Resultados' section contains a table with three rows: 'Nome' (Nome), 'Dominio' (Domain), and 'Descrição' (Description). The first row has 'Nome' as 'Literal', 'Dominio' as 'Numérico', and 'Descrição' as 'Representa o nome do Paciente, o qual foi cadastrado para o atendimento. Esse campo aceitará o nome completo do Paciente: primeiro nome - nome do meio - último nome.'. The second row has 'Nome' as 'Idade', 'Dominio' as 'Numérico', and 'Descrição' as 'Representa a idade em anos do paciente consultado.'. The third row has 'Nome' as 'CPF', 'Dominio' as 'Numérico', and 'Descrição' as 'Representa o número do Cadastro de Pessoa Física do paciente.'. Below the table is a 'Excluir' (Delete) button. The 'Atributo Detalhado' section shows a form for editing the 'CPF' attribute. It includes fields for 'Nome:' (CPF), 'Dominio:' (Numérico), 'Descrição:' (Represents the number of the Cadastro de Pessoa Física of the patient), 'Limite Inferior:' (11), 'Limite Superior:' (11), 'Observações:' (The system will have a mask for filling in such an example: 035.710.161-81), and an 'Exemplo:' field (035.710.161-81).

Figura 7. Tela de visualização de atributos.

O desenvolvimento da ferramenta está baseado em um processo iterativo evolutivo, e utiliza a linguagem de programação Java para web, os conceitos de orientação a objetos, e está em fase de testes da sua primeira versão executável. Nesta primeira versão, é permitida apenas a execução das funções para o DD do Modelo Relacional. A arquitetura da ferramenta está aderente aos princípios GRASP [Larman 2007] e suas interfaces foram desenvolvidas baseando-se nas metas de usabilidade definidas pela ISO 9241-11 [ABNT 2011], para que seu uso seja de modo prático e intuitivo, considerando que seu público alvo inicial consiste de alunos de graduação.

Alguns dos dados manipulados pela ferramenta e levantados como requisitos nas fases iniciais do desenvolvimento são apresentados nas seguintes subseções.

3.1. Dados do Modelo Entidade-Relacionamento (MER)

(b) Atributos, Entidades e Relacionamentos, permitindo suas possíveis classificações. Podendo estabelecer associações, entre entidades e atributos, relacionamentos e atributos, hierarquia entre entidades, atributos complexos, e definição de atributos identificadores.

(c) 3.2. Dados do Modelo Relacional (MR)

(d) Atributos, Tabelas e seus relacionamentos, quando necessário, definição do atributo como chave primária, candidata ou estrangeira.

(e) 3.3. Mapeamento de elementos

(f) Conversão de um DD do MER para um DD do MR, permitindo-se relacionar os elementos entre os dois modelos, avisando ao usuário, o impacto que a mudança realizada em um elemento poderá ter sobre os demais.

(g) 3.4. Gerenciamento de esquemas

Cada esquema de BD contará com seus dicionários de dados do Modelo Entidade-Relacionamento e do Modelo Relacional.

(h) 3.5. Projetistas

(i) Projetistas de esquemas de BD, responsáveis pela identificação dos dados e escolha da estrutura pertinente para inseri-lo. Após logados, poderão trabalhar em esquemas privados ou compartilhados com outros projetistas.

4. Considerações Finais

A ferramenta *ThreeDs* ao melhorar a concepção e manutenção dos DD dos projetos conceitual e lógico, pretende trazer ao processo de PBD maior qualidade e eficiência, principalmente no entendimento e documentação dos dados.

Mesmo existindo outros métodos para modelagem de projetos conceitual e lógico, o Modelo Entidade-Relacionamento e o Modelo Relacional são fortemente utilizados para ensino no meio acadêmico e no desenvolvimento de projetos de BD profissionais, portanto se for avaliado como meio eficaz e facilitador, a ferramenta proposta poderá ser utilizada por profissionais que não fazem, ou pretendem fazer o DD para melhorar a documentação do seu PBD, visto que existem poucas outras ferramentas semelhantes, e sem o mesmo propósito inicial apresentado.

Nesse projeto, pretende-se ainda (i) finalizar o desenvolvimento das outras funcionalidades da ferramenta, (ii) aplicar uma versão completa e executável da ferramenta na criação de modelos conceituais e lógicos por alunos da disciplina de SBD da Faculdade UnB Gama e (iii) avaliar os resultados obtidos com a ferramenta para possíveis melhorias. Como também, almeja-se a submissão dos resultados do trabalho a congressos na área de ensino de informática e a Escola Regional de Banco de Dados.

Como trabalho futuro, há possibilidade de estender a ferramenta deste projeto no desenvolvimento de um *plug-in* (um componente de software integrável) que visa se integrar a outros sistemas de modelagem conceitual de dados, tal como o TerraER [Rocha e Terra 2010].

Referências

- ABNT. (2011) NBR ISO 9241-11:2011 - Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual. Rio de Janeiro, ABNT.
- Elmasri, R. e Navathe, S. (2005) Sistemas de Banco de Dados, Addison-Wesley. 4^a Edição.
- Heuser, C. A. (2009) Projeto de Banco de Dados, Bookman. 6^a Edição.
- Larman, Craig. (2007) Utilizando UML e Padrões: Uma Introdução a Análise e ao Projeto Orientado a Objetos, Bookman. 3^a Edição.
- Rocha, H. S. e Terra, R. (2010) “TerraER: Uma Ferramenta voltada ao Ensino do Modelo de Entidade-Relacionamento”. In: Escola Regional de Banco de Dados.
- Teorey, T., Lightstone, S. e Nadeau, T. (2007) Projeto e Modelagem de Banco de Dados. Elsevier. 4^a Edição.

Análise comparativa de processos de desenvolvimento e gerenciamento de requisitos de software embarcado, críticos e seguros no contexto da indústria automobilística

Maylon Felix de Brito, Luiz Carlos Miyadaira Ribeiro Jr, Rejane Maria da Costa Figueiredo

Faculdade UnB Gama (FGA) - Universidade de Brasília (UnB)

Caixa Postal 8114 - CEP: 72405-610 – Gama, DF – Brasil

maylon.felix@gmail.com, {lcarlos, rejane}@unb.br

Abstract. Modern cars have more than 85% of its functionality controlled by software. During the development of this software one of the toughest areas is the management and development of the requirements. Specifications incomplete or wrong cannot describe the correct operation of software in critical situations providing risk to human life. The Automotive SPICE is a framework for assessing the production processes of suppliers of embedded software for the automotive industry. The aim of this project is to make an comparative analysis between requirements process of Automotive SPICE and MR-MPS models, in the automobilist context.

Resumo. Os automóveis modernos possuem mais de 85% de suas funcionalidades controladas por software. No processo de desenvolvimento desses softwares uma das áreas mais carentes é o gerenciamento e o desenvolvimento dos requisitos. Especificações incompletas ou erradas podem não descrever o correto funcionamento do software em situações críticas oferecendo riscos à vida humana. O Automotive SPICE é um framework para avaliar os processos de produção dos fornecedores de software embarcados para a indústria automobilística. O objetivo deste projeto é realizar uma análise comparativa entre os processos de engenharia de requisitos dos modelos Automotive SPICE e o MR-MPS, no contexto automobilístico.

1. Introdução

A habilidade de desenvolver softwares e eletrônicos de alta qualidade tornou-se um fator crítico para o sucesso das empresas. Segundo Taurion (2005), a diferenciação dos veículos começa a se dar na funcionalidade provida pelos sistemas embarcados e não pela mecânica. Esse aspecto leva a mudança na cultura das empresas que vem substituindo seus componentes mecânicos por componentes mecatrônicos. Embora a utilização desses sistemas permita às empresas se inserirem no mercado internacional fornecendo respostas rápidas às necessidades dos seus clientes, também resultam em graves problemas quando os sistemas embarcados desenvolvidos ou adquiridos não possuem a qualidade esperada.

Na indústria automotiva encontram-se softwares que controlam sistemas de freios inteligentes (sistemas ABS – *Anti-Lock Systems*), *air bags* integrados a sistemas de emergência, sistema de injeção eletrônica, sistema de navegação com utilização de recursos como GPS, entre outros. Sendo assim, os softwares utilizados nessa indústria devem ser altamente confiáveis, pois controlam e gerenciam ações críticas no sistema. Defeitos ou falhas nesses softwares podem levar dentre outros fatores a uma provável

perda de vidas e danos ao meio ambiente ocasionando sensíveis danos à imagem e as finanças da empresa.

Os princípios da engenharia de software começam a ser empregados como a solução para desenvolvimento de Softwares Embarcados (SE) complexos e críticos. Devido a diversas particularidades que os distinguem dos demais tipos de softwares como recursos de energia e de memória limitados é preciso uma adaptação das técnicas, métodos e processos da engenharia de software tradicional para atender de maneira mais efetiva essas características dos SE [Damke, Moraes e Melo, 2008]. Uma das áreas mais frágeis nesse contexto é a engenharia de requisitos, que abrange a identificação, o gerenciamento e o acompanhamento dos requisitos de um software. Essas atividades muitas vezes são realizadas de maneira falha e em alguns casos nem são realizadas. O processo de investigação e entendimento das necessidades do software é deixado em segundo plano.

Nos processos da engenharia de requisitos devem ser consideradas as diversas características inatas aos SE. A qualidade de um processo de *software* impacta no desenvolvimento de *softwares* com custos e defeitos menores, porém com qualidade dos produtos e produtividade maior. Existem inúmeras propostas para avaliar e melhorar os processos de *softwares* com o intuito de refinar continuamente cada uma das etapas da construção do *software*. Entre eles destacam-se a ISO 15504 [ISO/IEC, 2006] e nacionalmente o MPS.BR (Melhoria de Processo do Software Brasileiro)[SOFTEX, 2011]. Como esses modelos não abordam as particularidades envolvidas no processo de desenvolvimento dos SE, representantes da indústria automobilística solicitaram a ISO (*International Organization for Standardization*) o desenvolvimento de um *framework* comum para avaliação dos processos de produção dos fornecedores de SE para a indústria automobilística. O resultado foi à publicação do Modelo de Referência de Processo *Automotive SPICE* [Automotive SIG, 2010a] e do Modelo de Avaliação de Processo *Automotive SPICE* [Automotive SIG, 2010b]. Apesar desses *frameworks* atuarem nos processos, seu principal objetivo é garantir a qualidade do produto final.

Este artigo está organizado em seções. Na Seção 2 é apresentada uma descrição dos modelos *Automotive SPICE* e MR-MPS. Na Seção 3 apresentam-se os resultados de uma análise comparativa entre os modelos *Automotive SPICE* e MR-MPS e propostas de melhoria ao modelo *Automotive SPICE*. Finalizando, apresentam-se as conclusões e trabalhos futuros.

2. Os modelos *Automotive SPICE* e MR-MPS

O *Automotive SPICE* foi desenvolvido com o apoio dos maiores representantes dessa indústria, como Audi, BMW, Ford, Fiat, Daimler, Porsche, Volkswagen e Volvo [Hoermann et al, 2008] e foi criado em conformidade com a ISO/IEC 15504. Além dos processos definidos nessa ISO conta com alguns processos novos ou modificados para se adequar as necessidades da indústria automobilística [Hoermann et al, 2008]. Esse modelo é flexível, modular e adaptável às necessidades de quem o utiliza. Seus ciclos de vida são divididos em vários módulos contendo processos bem definidos e com alta coesão.

No *Automotive SPICE* os processos são descritos em termos de propósitos e resultados. A avaliação para identificar se o processo alcançou os propósitos e os resultados estabelecidos é verificar se ele implementa as práticas bases e gera os produtos de trabalho especificados. Dentro desse contexto, os processos que lidam diretamente com requisitos são “ENG.1 - Elicitação de requisitos”, “ENG.2 - Análise de requisitos do sistema” e “ENG.4 - Análise de Requisitos de Software”.

O MPS.BR [SOFTEX, 2011] é um programa que tem por objetivo a melhoria dos processos de software brasileiro. Ele foi desenvolvido em aderência aos padrões de qualidade aceitos internacionalmente e baseia-se nos conceitos de maturidade para avaliação dos processos.

No MR-MPS, os processos que tratam da Engenharia de Requisitos são: Gerência de Requisitos (GRE), do nível G (Parcialmente Gerenciado) de maturidade e Desenvolvimento de Requisitos (DRE), do nível D (Largamente Definido) de maturidade.

3. Análise Comparativa

Após relacionar e classificar as práticas pode-se estabelecer dados estatísticos que viabilizam a análise mais consistente dos modelos. Verifica-se não existe nenhuma prática diferente ou não relacionada, 47% das características identificadas são similares entre os dois modelos e 53% das características são próximas (Figura 1).

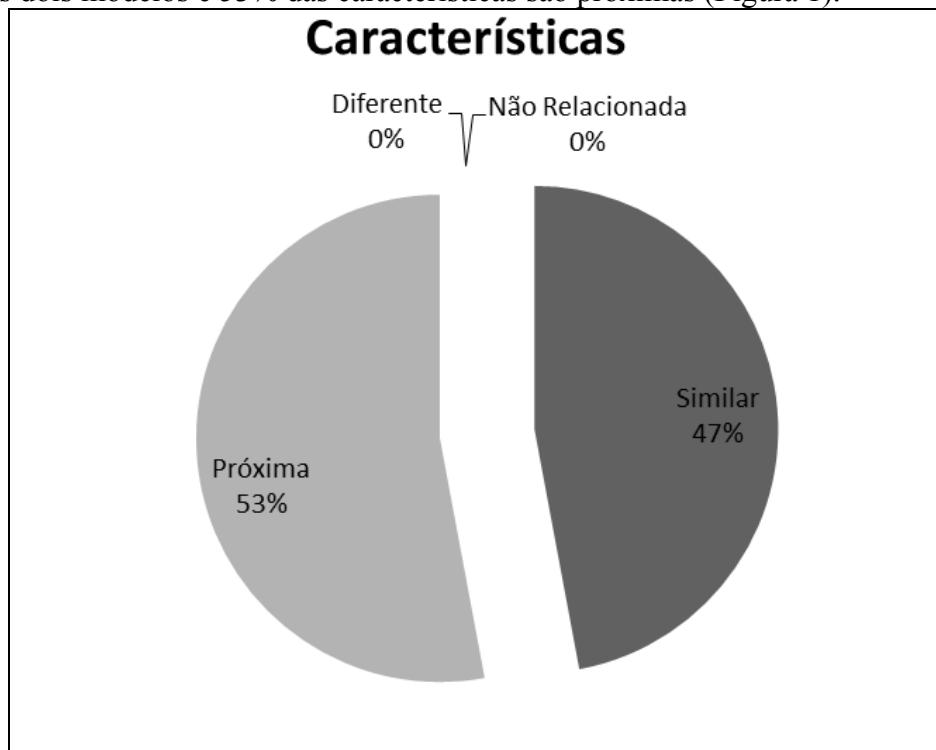


Figura 1. Gráfico com percentuais de similaridade entre os processos de requisitos dos modelos

3.1. Melhorias ao *Automotive*

Os processos de desenvolvimento e gerenciamento de requisitos do MR-MPS apresentam-se como processos mais completos e estruturados, pois contemplam características que o *Automotive SPICE* não aborda. Após a realização da análise comparativa pode-se sugerir algumas propostas de melhoria aos processos de requisitos do *Automotive SPICE*: **M1**. Estabelecer práticas mais claras que garantam a validação dos requisitos nos processos de engenharia de requisitos; **M2**. Ressaltar a importância dos requisitos não-funcionais para o sistema; **M3**. Estabelecer práticas que contemplam de maneira mais consistente o ambiente dos softwares embarcados, crítico e seguro; **M4**. Alcançar um maior nível de detalhamento; e **M5**. Definir um guia de soluções.

4. Considerações Finais

O MR-MPS é um modelo geral para toda a indústria de software, por esse motivo não entra em detalhes específicos no que tange a software embarcado. O *Automotive SPICE* é um modelo específico para a indústria automotiva, entretanto não aborda completamente todas as características específicas desses sistemas. Os softwares

embarcados estão cada vez mais complexos e maiores, por isso, demandam processos de desenvolvimento mais estruturados. A entrada para esses processos são os requisitos e se esses não forem bem feitos, todo o restante estará comprometido. Por esse motivo, esse trabalho relacionou as áreas relacionadas à engenharia de requisitos, buscando a melhoria contínua dos modelos, para permitir implementação em processos reais de maneira efetiva.

Algumas dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento do projeto foram principalmente às diferenças estruturais na organização dos modelos. Neles encontram-se a práticas com nomes diferentes, porém significados iguais.

Como trabalho futuro, pretende-se customizar uma ferramenta de apoio aos processos de gerenciamento e desenvolvimento de requisitos aderente aos modelos analisados e comparar o *Automotive SPICE* com outros modelos significativos.

Referências

- AUTOMOTIVE SIG. (2010b) “*Automotive SPICE Process Assessment Model*”. http://www.automotivespice.com/automotiveSIG_PAM_v25.pdf, Maio.
- AUTOMOTIVE SIG. (2010a) “*Automotive SPICE ProcessReferenceModel*”. http://www.automotivespice.com/automotiveSIG_PRM_v45.pdf, Maio.
- Damke, D. E., Moraes P. F., Melo, C. O. (2008) “Avaliação do processo de Gerenciamento e Engenharia de Requisitos em MPEs de Sistemas Embarcados: um estudo de caso”. In Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.
- Hoermann, K., Mueller, M., Dittmann, L., Zimmer, J. (2008) “*Automotive SPICE in Practice: Surviving Interpretation and Assessment*”. Rocky Nook
- ISO/IEC (2006) ISO/IEC 15504. *Information Technology – Process Assessment*.
- SOFTEX, Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro. (2011) “*MPS.BR - Guia Geral*”. <http://www.softex.br>, Agosto.
- Taurion, C. (2005) “Software Embarcado - A Nova Onda da Informática”. Braspor

Software de Gestão de Riscos

Jônatas M. de Mendonça¹, Rafael S. Queiroz¹, Pedro V. Zanini¹, Charles D. de Oliveira¹, Gustavo C. de Lima¹, Rodrigo M. da Silva¹, Rodrigo L. Rincon¹, Edgard C. Oliveira²,

¹ Graduando em Engenharia de Software
Universidade de Brasília, UnB. Campus UnB Gama (FGA)

² Profº Dr. Orientador
Universidade de Brasília, UnB. Campus UnB Gama (FGA)

jonatasmm@gmail.com.br, r_raf91@hotmail.com, pedrovzg@gmail.com,
18oliveira.charles@gmail.com, gus20058@hotmail.com,
rodrigo_5353@hotmail.com, rodrigolr_15@hotmail.com,
ecosta@unb.br

Abstract. Risk management is an area that seeks to predict and to reduce potential vulnerabilities, problems and uncertainties whose may happen in any human activity. Previous risk analysis on big events allows a more secure final result. Employees and administrators have always dealt with risk, but risk is present in any area, what makes risk management essential for several contexts. Thus, we studied a way to turn risk management process automated with computational aid, in a way to cover more details and to conduct risk evaluation more effective and faster.

Resumo. A gestão de riscos é uma área que busca prever e corrigir possíveis vulnerabilidades, problemas e incertezas que possam acontecer em qualquer atividade humana. A análise prévia de riscos na realização de grandes e críticos eventos permite um resultado final mais seguro. As organizações sempre lidaram com o risco, pois o risco está presente em qualquer área, o que torna a gestão de riscos de suma importância para diversos contextos. Assim, estudamos uma maneira de tornar o processo de gestão automatizada por software, de forma a abranger mais detalhes e tornar o processo de avaliação dos riscos mais eficaz e rápido.

1. Gestão de Riscos e a Norma ABNT/ISO 31000

Risco é o efeito da incerteza sobre os objetivos que se pretende alcançar (ISO, 2009). Todas as atividades de uma organização envolvem riscos e enfrentam diversas influências de fatores internos e externos que tornam incerto se e quando poderão atingir o objetivo. A gestão de riscos refere-se à arquitetura (princípios, estruturas e processos) para gerenciar riscos eficazmente. Gerenciar riscos é a aplicação dessa arquitetura para riscos específicos. É composta por atividades específicas que envolvem estabelecimento de contexto, processo de avaliação de riscos (identificação, análise e avaliação de riscos), tratamento de riscos, monitoramento e comunicação entre as partes envolvidas. A gestão de riscos é um processo fundamental para as organizações terem sucesso e garantirem o alcance de seus objetivos. Ela é importante para identificar ameaças e vulnerabilidades, avaliá-las a partir de um método de cálculo, tratá-las e resolver os problemas, prevenir-se de novas ocorrências e comunicar os envolvidos sobre os males a que podem estar expostos. Gerenciar riscos significa estar preparado para situações adversas, sejam positivas, ou negativas.

A norma ISO 31000 recomenda que as organizações, com base na melhoria contínua (modelo PDCA), desenvolvam e implementem uma estrutura de gestão de riscos. Ela descreve um processo com abordagem genérica que fornece os princípios e diretrizes para gerenciar qualquer forma de risco de uma maneira sistemática, transparente e confiável, dentro de qualquer escopo e contexto cuja finalidade é integrar o processo para gerenciar os riscos de uma organização. A norma estabelece um número de princípios que precisam ser atendidos para tornar eficaz o gerenciamento de riscos.

Um dos pontos iniciais do processo de gestão de riscos presente na norma é o estabelecimento de um contexto deste processo genérico de gestão de risco. O estabelecimento prévio captura os objetivos da organização, o ambiente onde o objetivo está inserido, os interessados e a diversidade de critérios de riscos.

2. O Estado da Arte

A gestão de riscos é uma área crítica em qualquer ambiente que haja riscos. O âmbito financeiro, onde seus efeitos são sentidos mais intensamente, foi o precursor da gestão de riscos, seguido imediatamente por outras áreas críticas, como a gestão de tecnologia, construção de engenharia de infraestruturas críticas, como hidrelétricas.

Independentemente da área, na gerência de projetos há pessoas que assumem o papel de gestor de risco, que têm a função de minimizar a origem de riscos e tratá-los quando surgem. Muitas vezes, a maneira como um gestor de risco avaliava, gerenciava e tratava o risco não era padronizada. Alguns órgãos governamentais começaram a esboçar algo que pudesse padronizar esse trabalho, para criar um modelo sistemático e genérico de gestão de risco.

A primeira organização a produzir uma norma sobre o assunto foi a AS-NZ (*Australia Standard New Zealand*), que criou a AS-NZS 4360-2004 *Risk Management* (ZAMITH, 2007), definindo o processo de gestão de riscos no ano de 2004. Em 2009 surge a norma internacional ISO 31000, concomitantemente com a primeira norma brasileira sobre o assunto, que foi apenas uma tradução na íntegra da norma internacional.

Hoje, diversos países já praticaram iniciativas locais para a gestão de riscos. A norma ISO 31000, é resultado das melhores práticas adotadas por instituições de diversos países, como a Austrália, Nova Zelândia e Bélgica.

3. Metodologia

O trabalho ora apresentado foi desenvolvido em forma de projeto de software para gestão de riscos que teve como base a ISO 31000. Ele foi resultado da disciplina “Projeto Integrador I” do campus Gama da Universidade de Brasília. Por ser uma disciplina integradora, foi escolhido como item para a simulação de análise de riscos do contexto transportes viários para atingir o objetivo estratégico de realização da abertura da Copa do Mundo em Brasília”.

O grupo continha 20 membros divididos em 2 subgrupos, um referente a “Base de Conhecimento” e outro referente ao “Desenvolvimento do Software”. O grupo da base de conhecimento ficou responsável por levantar as informações referentes aos riscos do transporte para a abertura da copa do mundo em Brasília. O grupo de desenvolvimento de software foi responsável por levantar requisitos para a especificação, modelagem, implementação e teste de um software para gerenciamento de riscos. O objetivo do projeto é propor um sistema que auxilie na gestão de riscos. O

sistema se propõe a auxiliar os analistas de riscos no levantamento de ameaças e vulnerabilidades relacionadas ao transporte público no Distrito Federal e gerar relatórios com os níveis de risco de falha em cada parte de um projeto e também no todo.

O software visa apoiar os órgãos da administração pública federal que visam gerenciar os riscos de grandes eventos como, por exemplo, a Copa do Mundo de futebol de 2014. Ele será utilizado pelos auditores e analistas de órgãos como, por exemplo: TCU, Ministério da Defesa, Comitês locais da Copa, governos estaduais etc. Para o projeto foram utilizadas diretrizes do PMBok, o ciclo de vida e os processos do software foram baseados no RUP e para levantamentos de requisitos foi utilizado BrainStorming, pesquisas e observações de outros softwares. Utilizando o processo unificado como método de desenvolvimento do software, o grupo atingiu a segunda fase do processo, estando atualmente a uma etapa da fase de construção.

4. Descrição do software de gestão e análise de riscos

O sistema é composto de dois módulos, um software central que é de uso do gestor de riscos e um software móvel de uso do analista de riscos. A parte central é usada para cadastrar controles e gerar relatórios. A parte móvel serve para captura de informações referentes a cada controle. Depois de uma autenticação segura no ambiente, o gestor de riscos criará um contexto ou escolherá um entre os já existentes, e irá aprofundar sua área de abrangência a cada subcontexto (chamados de agrupamentos pelo software) que escolher até chegar a cada detalhe que possa vir a gerar riscos (chamados de controle). Cada agrupamento e controle será criado pelo gestor, conforme a situação que estiver trabalhando, ou usar os que já existem, criados pelos outros gestores analistas de riscos em trabalhos anteriores. Assim, para avaliar os riscos de qualquer situação basta analisar os pontos perigosos e criar o respectivo controle no software. Outro diferencial é que todo o sistema é projetado com base na norma ISO 31000.

O cálculo do risco é feito a partir do índice PSR (Módulo, 2011), que indica probabilidade, severidade e relevância, itens necessários para a identificação dos riscos, utilizado como padrão por software de mercado Risk Manager. Ao identificar cada vulnerabilidade são atribuídos três valores ao índice PSR do controle: a probabilidade de ameaças serem concretizadas, o impacto potencial de um evento que pode ser causado pela ausência do controle avaliado e a severidade desse impacto para o contexto geral. Esses três valores são multiplicados entre si e o resultado final é o risco que o controle representa identificado como alto, médio ou baixo. Como resultado, o sistema central emite relatórios identificando tanto o resultado das análise de riscos quanto as recomendações necessárias para que os responsáveis pelos riscos implementem as medidas de segurança.

Os dois softwares foram projetados para o ambiente de programação Java, com S.O Android para o software do dispositivo móvel. O contexto, seus agrupamentos e seus controles são gravados em banco de dados MySQL no software central, sendo acessado pelo software móvel por meio de um protocolo de segurança SSL. O analista de riscos preenche os controles e os envia ao software central, que analisa os dados e gera relatórios respectivos. A figura 1 exibe as duas telas do software (central e móvel).

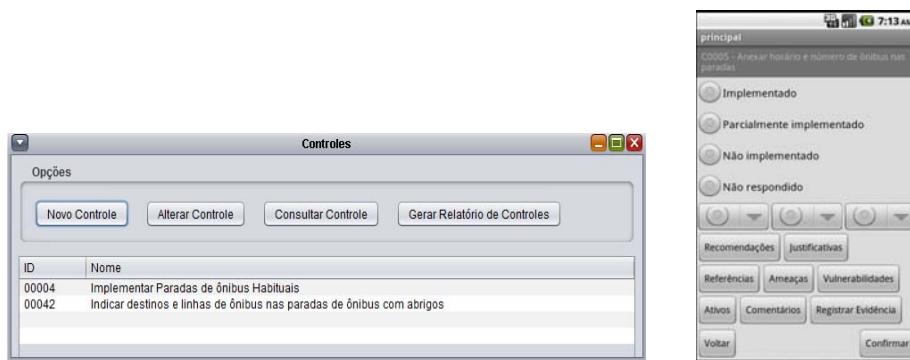


Figura 8: Sistema Central (direita) e software móvel (esquerda).

6. Conclusão

O estudo da gestão de riscos é de suma importância para garantir o sucesso de qualquer tarefa que se deseja ser menos arriscada e mais confiável. Observa-se que o gerenciamento de riscos possibilita mais chances de melhores resultados e diminuindo o tempo geral de realização de uma atividade, por evitar imprevistos, o que gera também economia no projeto. Uma análise profunda evita um maior número de riscos, embora sempre haverá riscos, mesmo que pequenos, que podem ser desconsiderados e outros que não serão analisados. Ao melhorar a gestão de riscos, as chances de um risco não ser analisado é reduzida, entretanto, o gestor de riscos deve manter-se atento, pois ao tratar um erro, o resultado precisa ser reavaliado para procurar riscos residuais e analisar se, um novo foi gerado. Um software de gestão de riscos para qualquer caso, beneficia diversas áreas.

7. Referências

ABNT, ISO/IEC, (2005), Guia 73:2005, Gestão de riscos – Vocabulário – Recomendações para uso em normas.

ABNT, ISO NBR 31000, (2009), Gestão de Riscos: Princípios e Diretrizes.

MURPHY, Mark L. (2010), Beginning Android 2, Apress editora.

RUP. Disponível em: <http://www.wthreex.com/rup>, acessado em 07 de Maio de 2011.

ZAMITH, José L.C. (2007), Gestão de riscos e prevenção de perdas: um novo paradigma para a segurança nas organizações. FGV.

MÓDULO SOLUTIONS FOR GRC. Disponível em: www.modulo.com.br/software, acessado em 02 de Junho de 2011.

Janelamento e Recorte Interativos em *ActionScript*

Bruno N. de Freitas¹, Ricardo R. Fragelli¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF – Brasil

nunesbruno1992@hotmail.com, fragelli@unb.br

Abstract. Windowing and clipping algorithms are used to cut out figures based on enclosed viewing area providing a lower computational cost. The goal of this work is to build a ActionScript program based on Cohen-Sutherland algorithm for windowing and clipping line segments with a view to building a graphics library for Research Group in Intelligent and Adaptive Systems (RGIAS) and the possible application to interactive simulators. Two programs were produced, one of them interactive, which were suitable for use in simulators.

Resumo. Algoritmos de janelamento e recorte são usados para recortar figuras com base em uma região delimitada de visualização proporcionando um menor custo computacional. O objetivo deste trabalho é a construção de um programa em ActionScript com base no algoritmo de Cohen-Sutherland para janelamento e recorte de segmentos de retas tendo em vista a construção de uma biblioteca de Computação Gráfica para o Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA) e a possível aplicação em simuladores interativos. Foram produzidos dois programas, sendo um deles interativo, que se mostraram adequados para o uso em simuladores.

1. Introdução

A Computação Gráfica é a disciplina que trata das técnicas e métodos computacionais que convertem dados para dispositivos gráficos e vice-versa [Cardarett 2000]. O janelamento e o recorte fazem parte do conteúdo de computação gráfica e estão diretamente relacionados à exibição de uma determinada imagem em uma janela de recorte, na qual só é exibida a região da figura que estiver dentro da janela de recorte. Dessa forma, o recorte se torna uma ferramenta essencial em programas que necessitam da exibição de imagens de uma forma mais rápida, pois proporcionam um menor custo computacional.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é a construção de um programa em ActionScript com base no algoritmo de Cohen-Sutherland para janelamento e recorte de segmentos de retas tendo em vista a construção de uma biblioteca de Computação Gráfica para o Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA). O GPSIA é um grupo de pesquisa da Faculdade UnB Gama que trabalha na construção de simuladores de conteúdos de Engenharia para o estudo e aplicação de técnicas e métodos de Inteligência Artificial e Hipermídia Adaptativa [Fragelli 2011].

2. Janelamento e Recorte

O janelamento e o recorte são técnicas importantes na computação gráfica, pois proporcionam a alteração da imagem original de modo

que a mesma se enquadre em uma região específica. Essas técnicas solucionam problemas de figuras ultrapassando limites pré-estabelecidos como, por exemplo, a tela de exibição gráfica, a folha de papel da plotadora ou da impressora gráfica [Schneider 2001].

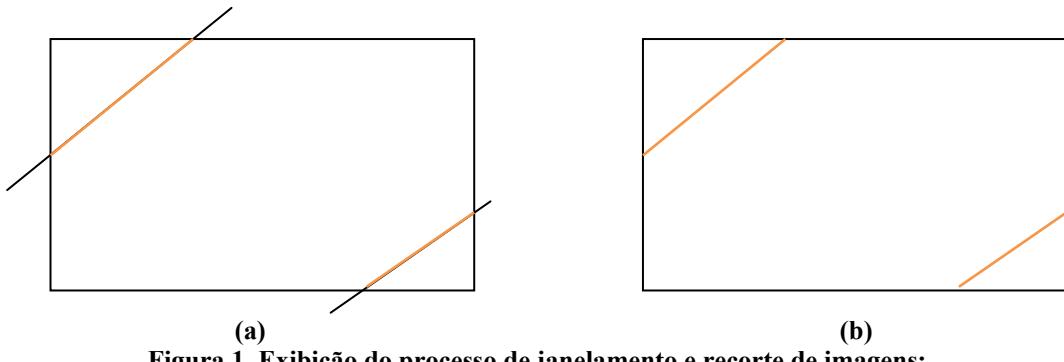


Figura 1. Exibição do processo de janelamento e recorte de imagens:
sem recorte (a) e com recorte (b).

A figura 1 exibe o processo de recorte para uma janela retangular em que as coordenadas (x, y) dos elementos da figura a ser exibida devem obedecer às seguintes inequações [Arakaki 2005]:

$$\begin{aligned} x_{wmin} \leq x \leq x_{wmax} \\ y_{wmin} \leq y \leq y_{wmax} \end{aligned}$$

onde (x_{wmin}, y_{wmin}) representa o vértice da janela de recorte com menores valores de abscissa e ordenada e (x_{wmax}, y_{wmax}) indica o vértice com maiores valores de abscissa e ordenada.

2.1. Algoritmo de Cohen-Sutherland para Recorte de Segmentos de Retas

O algoritmo de Cohen-Sutherland é utilizado para o recorte de segmentos de retas e tem como fundamento a realização de testes para classificar a posição dos pontos extremos do segmento de reta em relação à janela de recorte. Com isso, evita-se a realização de cálculos para a determinação de possíveis pontos de intersecção com a janela de recorte, fazendo com que o programa não perca tempo e consiga rodar mais rapidamente [Arakaki 2005, Iraji et al. 2011].

Segundo o algoritmo, a tela é dividida em quatro números binários e eles identificam a posição relativa de cada ponto. A formatação binária utilizada pelo algoritmo é mostrada na figura 2.

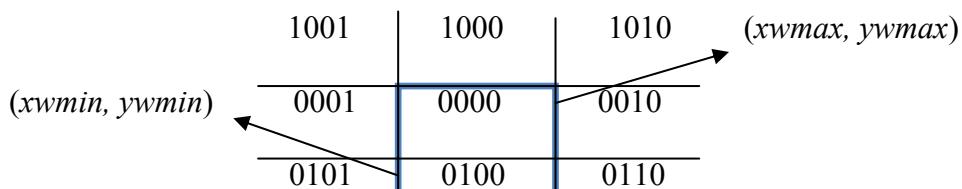


Figura 2. Imagem da distribuição dos Códigos Binários (baseado em [Arakaki 2005, Iraji et al. 2011]).

Com base na distribuição dos códigos binários, o recorte é feito com base nas seguintes regras [Iraji et al. 2011]:

- (a) Se os vértices do segmento possuírem codificação 0000, indica que o segmento está totalmente inserido na janela recorte;
- (b) Se os vértices do segmento possuírem o valor 1 na mesma posição codificada, então está totalmente fora da janela de recorte.
- (c) Caso o segmento não estiver totalmente fora ou dentro, deve-se identificar e classificar a posição relativa de cada vértice (acima, abaixo, esquerda ou direita).

Após a verificação da necessidade de recorte e com base na classificação da posição relativa de cada vértice, calcula-se a interseção do segmento com a janela de recorte. Considerando (x_1, y_1) e (x_2, y_2) como sendo os vértices do segmento, o ponto de interseção (x, y) é dado por:

- (a) Interseção pelas bordas verticais:

$$y = y_1 + m(x - x_1)$$

onde $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ é o coeficiente angular da reta e x pode valer x_{min} ou x_{max} com base na localização do ponto.

- (b) Interseção pelas bordas horizontais:

$$x = x_1 + \frac{y - y_1}{m}$$

onde y pode valer y_{min} ou y_{max} com base na localização do ponto.

3. Programa de Recorte de Segmento de Reta

Para a confecção de um programa com base no Algoritmo de Cohen-Sutherland foi utilizado o Adobe Flash CS5 com programação em *ActionScript* 2.0. A ideia é que o código possa ser facilmente estendido para a construção de uma biblioteca de computação gráfica com a mesma ferramenta de programação para o GPSIA para ser utilizada na produção de simuladores interativos.

Foram desenvolvidos dois programas, o primeiro para verificação do funcionamento correto do algoritmo e o segundo para análise do tempo de resposta sob a ação do usuário. No primeiro programa, o usuário informa as coordenadas de dois pontos da reta e recebe como retorno a visualização do recorte da mesma na janela de exibição. A figura 3 mostra alguns dos testes realizados.

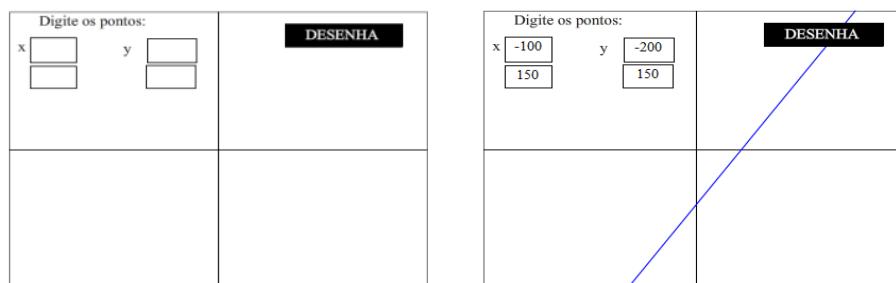


Figura 3. Telas do programa de recorte de segmentos de retas.

Como o projeto tem vistas à aplicação em simuladores interativos com o conceito de que o recorte fornece um menor custo computacional, foi desenvolvido outro programa que simula a interação do usuário na confecção dos segmentos de retas por meio do arrastamento de dois objetos na tela. O resultado da interação do usuário é mostrado na figura 4.

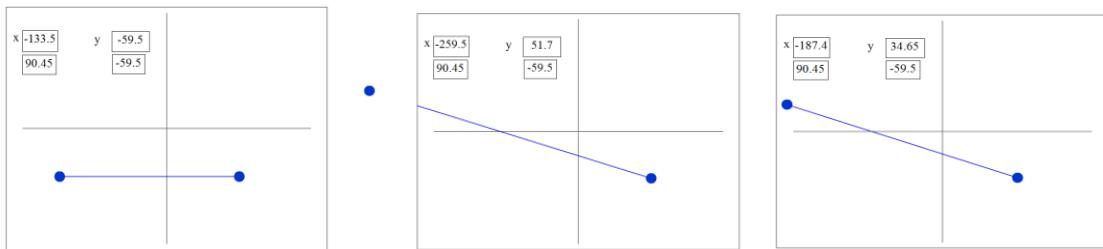


Figura 4. Telas do programa de recorte interativo.

4. Conclusões

Com base nos programas construídos, foi possível verificar que o algoritmo de Cohen-Sutherland é eficiente no recorte de segmentos de reta. O programa interativo teve um bom comportamento, haja vista que respondeu rapidamente às interações do usuário sem que fosse percebido qualquer *delay* nas experimentações realizadas. Desse modo, o próximo passo será o estudo do custo computacional para uma quantidade excessiva de segmentos de reta dentro de simuladores interativos e fazer a comparação com outros algoritmos de janelamento e recorte.

Além disso, para pesquisas futuras, almeja-se realizar uma modificação do algoritmo original no intuito de se obter o recorte de polígonos e estruturas gráficas tridimensionais. As aplicações desenvolvidas serão introduzidas em uma biblioteca de computação gráfica a ser utilizada pelo GPSIA.

Referências Bibliográficas

- Arakaki, J. (2005). “Computação Gráfica e Processamento de Imagens”. <http://www.pucsp.br/~jarakaki/tec1/Apos2.pdf>, Julho.
- Schneider, B. de O. (2001). “Apostila de Computação Gráfica (com ênfase de síntese de imagens)”. <http://algol.dcc.ufla.br/~bruno/aulas/cg/apostila-cg.pdf>, Julho.
- Cardarett, A. V. (2000). “Computação Gráfica”. <http://www.inf.ufes.br/~thomas/graphics/www/apostilas/CIV2801AcvCompGraf.pdf> Julho.
- Fragelli, R.R. Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos – GPSIA. <http://www.objetosdeaprendizagem.com/gpsia>, Julho.
- Iraji, M. S., Mazandarani, A. & Motameni, H. (2011). “An Efficient Line Clipping Algorithm based on Cohen-Sutherland Line Clipping Algorithm”. American Journal of Scientific Research, vol. 14 (2011), pp.65-71.

Análise de custo computacional em simuladores interativos em Flash

Bernardo C. Nascimento¹, Ricardo R. Fragelli¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF – Brasil

bernardo_1104@hotmail.com, fragelli@unb.br

Abstract. One important factor in simulation is the algorithm complexity. This paper aims to examine the feasibility of four simulation methods in Flash with ActionScript programming. For this purpose, four simulators were developed and the results showed that the on EnterFrame method was a little better than the others.

Resumo. Um dos fatores de maior importância em simuladores é o custo computacional do algoritmo utilizado. Este trabalho tem o objetivo de analisar a viabilidade de quatro métodos de simulação em Flash com programação em ActionScript. Com esse propósito, foram desenvolvidos quatro simuladores e os resultados mostraram que o método onEnterFrame foi ligeiramente melhor que os demais.

1. Introdução

Pesquisas recentes no contexto educacional indicam uma tendência de união entre os Sistemas de Tutoria Inteligentes (STI) e os Sistemas de Hipermídia Adaptativa (SHA) com o objetivo de promover ambientes adaptáveis aos diversos perfis de estudantes [Fragelli 2010]. Nesse sentido é que foi criado o Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA) e uma de suas linhas de pesquisa são os simuladores interativos para o estudo e aplicação de técnicas e métodos de Inteligência Artificial e Hipermídia Adaptativa [Fragelli 2011].

A ferramenta escolhida para o desenvolvimento das aplicações do grupo é o Flash CS4 com programação em *ActionScript* e um ponto crucial é o estudo do custo computacional relacionado às funções, métodos e demais possibilidades para criação de interações em tempo de execução. Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é estudar a viabilidade de quatro métodos que possibilitam a criação de simuladores em Flash com programação em *ActionScript*.

Os quatro meios estudados foram: (a) programação com a função *setInterval* interna aos objetos da cena classificados como *movieClip*; (b) uso da função *setInterval* no nível *_root* com programação em algum quadro-chave (*keyframe*); (c) função *onEnterFrame* no nível *_root* com programação em algum *keyframe*; e (d) método *onClipEvent* inserido nos *movieClips* da cena.

2. Custo Computacional de Simulação

A teoria da complexidade computacional estuda as noções físicas básicas de tempo e espaço para a resolução de um determinado problema, isto é, analisa o número de

passos de execução de um algoritmo e a quantidade de memória utilizada para resolver um problema. Existem outros critérios de estudo, entretanto, tempo e espaço são os mais comumente utilizados.

Quando o tempo é escolhido como recurso para análise de custo computacional, são estudadas algumas operações-chave fundamentais e então são contados os números de execuções desta operação fundamental na execução do algoritmo [Toscani & Veloso 2001]. A escolha dessas operações fundamentais é feita considerando a proporcionalidade do número execuções desta operação com o de operações executadas pelo algoritmo.

O critério de avaliação da complexidade computacional mais utilizado é a da complexidade no pior caso, que é aquela tomada como a máxima para qualquer entrada de uma determinada magnitude. A complexidade também pode ser vista como uma propriedade do problema, sendo que é possível determinar uma nova medida independente do algoritmo [Toscani & Veloso 2001].

2.1 Simulação de um Campo Elétrico

Para o estudo do custo computacional de simulações em Flash, foi escolhido o problema de simular o campo elétrico com n setas e uma carga positiva que se translada de acordo com a ação do usuário.

O conceito de campo elétrico é bem conhecido de pesquisadores e estudantes e basicamente consiste na ideia de que uma carga elétrica induz a existência de um campo vetorial que caracteriza a possibilidade de realização de uma força à distância [Halliday & Resnick 2004].

Uma carga elétrica positiva Q origina em um ponto P da região adjacente um campo elétrico \vec{E} com direção determinada pela linha que passa por P e Q , com sentido que vai de Q a P . Se a carga for negativa, o sentido será oposto ao definido para a carga positiva. A intensidade do campo elétrico é dado por:

$$\vec{E} = k_0 \frac{Q}{d^2} \hat{r}$$

Para o caso de um sistema composto pelas cargas $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_N$, o campo elétrico formado por essas cargas em um ponto P será o somatório dos vetores de

$$\vec{E}_P = \sum_{n=1}^{N} \vec{E}_n$$

campo elétrico gerado por cada uma das cargas, ou seja,

As linhas de força são linhas tangentes ao vetor campo elétrico em cada um de seus pontos. O ângulo α associado à linha de força e o ponto P é dado por

$$\tan \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = z \rightarrow \alpha = \tan^{-1} z$$

3. Simulador Interativo de Campo Elétrico

Para análise de custo computacional de simuladores interativos foram desenvolvidas quatro aplicações utilizando o Macromedia Flash MX Professional 2004 com programação em *ActionScript 2.0*. Os quatro simuladores fazem o cálculo da angulação e da intensidade do campo elétrico em $(h \times v)$ pontos da tela, nos quais foram distribuídos objetos gráficos do tipo *movieClip* em forma de setas. O número de setas na horizontal (h) e vertical (v) podem ser alterados pelo usuário em tempo de execução, que também podem definir se haverá uma alteração na transparência do campo elétrico de acordo com sua intensidade.

Conforme comentado no início deste artigo, as aplicações tiveram apoio em bases distintas: (a) *setInterval* interna aos *movieClips*; (b) *setInterval* no nível *_root*; (c)

onEnterFrame no nível *_root*; e (d) método *onClipEvent* nos *movieClips*. Telas do simulador para 400 (20x20) pontos de análise e 1600 (40x40) são mostradas na figura 1.

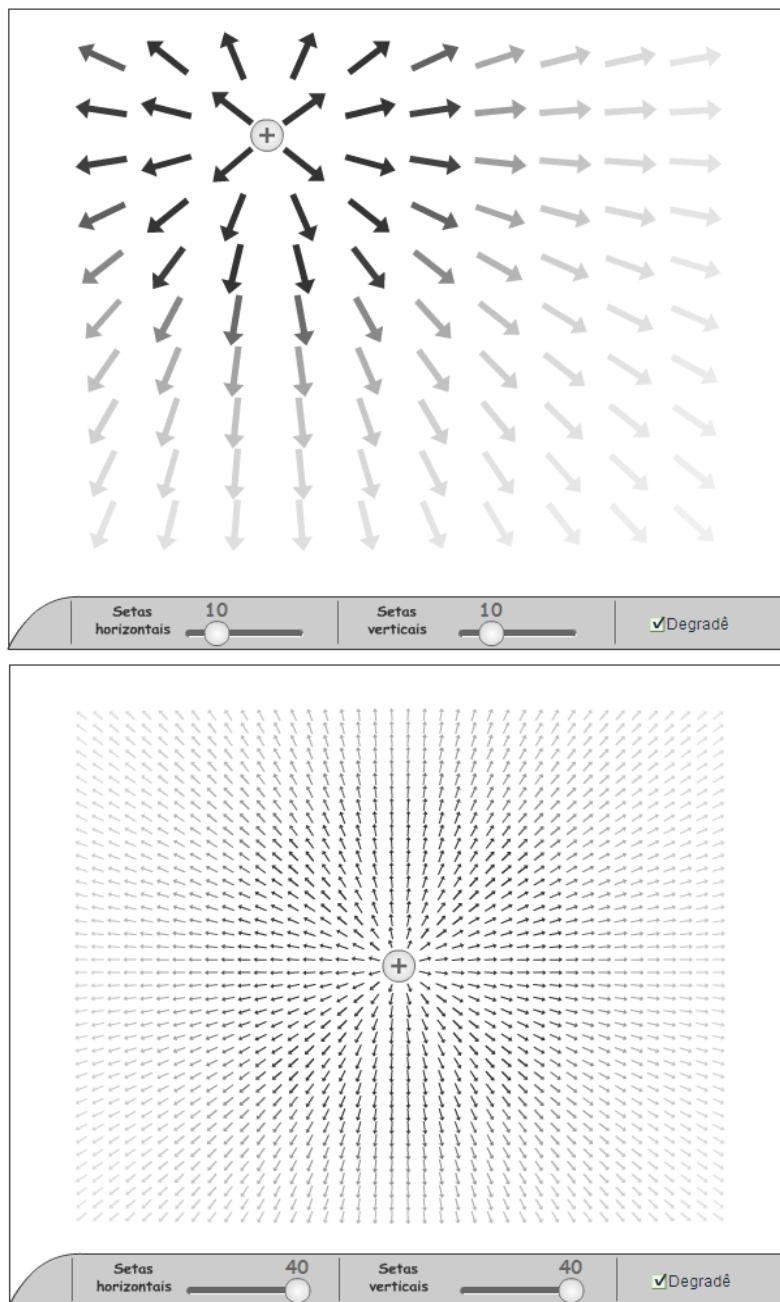


Figura 1. Exemplo de aplicação de um simulador interativo de campo elétrico.

Para os casos testados nos simuladores construídos foi utilizada uma taxa de 100 quadros por segundo (*fps*: frames por segundo) e uma taxa de chamada de função de 50 milisegundos nos simuladores que utilizam a função *setInterval*.

A taxa de 100 fps determina que os objetos gráficos depositados na cena serão atualizados 100 vezes por segundo, enquanto que o parâmetro 50 milseg utilizado na função *setInterval* informa que os cálculos de rotação e intensidade serão realizados a cada 50 milisegundos.

Os testes nos quatro simuladores foram feitos para as configurações de pontos de cálculo do campo elétrico: 100 (10x10), 125 (15x15), 400 (20x20), 900 (30x30), 1600 (40x40) e 2500 (50x50).

Os resultados foram que os simuladores funcionaram muito bem para as configurações inferiores a 900 objetos, sendo que nessa quantidade de objetos houve um atraso (*delay*) perceptível, em que a ação do usuário na movimentação da carga elétrica causou um distanciamento em relação à posição do mouse de até 100 pixels.

Para a configuração de 1600 objetos o *delay* foi muito grande e para 2500 objetos houve uma instabilidade no sistema e o *delay* tornou inviável esse tipo de solução.

Na comparação entre os quatro simuladores, o melhor resultado observado foi com o simulador de *onEnterFrame* no nível *_root* – classificado anteriormente como simulador (c) – sendo seguido pelos simuladores (b), (a) e (d).

4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que as quatro soluções apresentadas fornecem um bom nível de retorno e se mostraram bastante semelhantes no espaço de experimentações realizadas. A alternativa de solução do método *onEnterFrame* no nível *_root* foi ligeiramente melhor que as demais, sendo seguida de perto da utilização da função *setInterval* também no nível *_root*.

Como continuação deste trabalho faz-se necessário mais experimentações com um maior número de computações como, por exemplo, para duas ou mais cargas elétricas. Outra etapa importante é o refinamento da análise do custo computacional com a construção de um programa de geração do tempo de execução do algoritmo a cada tempo de simulação e o espaço de memória utilizado.

Referências Bibliográficas

- Fragelli, R.R. (2010) “Uma abordagem de Redes Quantizadas para Modelagem de Domínio em Sistemas de Tutoria Inteligentes”. Brasília, 2010. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas) – Programa de Doutorado em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília.
- Fragelli, R.R. (2011) “Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos – GPSIA”. <http://www.objetosdeaprendizagem.com/gpsia>, Julho.
- Halliday, D. & Resnick, R. (1993) “Fundamentos de Física”, vol. 3, 4^a edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, Rio de Janeiro.
- Toscani, L; Veloso, P. A. (2001) “Complexidade de Algoritmos: análise, projetos e métodos”. Porto Alegre: II/UFRGS. Sagra-Luzzato.

Biblioteca para Geração e Transformação de Objetos Gráficos

Igor de O. Martins¹, Ricardo R. Fragelli¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília, DF – Brasil

oliverigor@aluno.unb.br, fragelli@unb.br

Abstract. *The structuring of graphics data is essential for the construction of simulators, a line of research of the Research Group on Intelligent and Adaptive Systems (GPSIA). This work aims to develop a Flash application for generation and transformation of structures of three-dimensional graphics to aid in building a library to be used for GPSI. With the developed application is possible the production of Platonic solids and the best known three-dimensional transformations.*

Resumo. *A estruturação de dados gráficos é essencial para a construção de simuladores, uma das linhas de pesquisa do Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA). Este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma aplicação em Flash para geração e transformação de estruturas gráficas tridimensionais de modo a auxiliar na construção de uma biblioteca a ser utilizada pelo GPSIA. Com a aplicação desenvolvida é possível a produção de sólidos platônicos e as transformações tridimensionais mais conhecidas.*

1. Introdução

A computação gráfica possui várias ramificações e uma delas é a estruturação e o armazenamento de dados gráficos, uma parte fundamental para o desenvolvimento de aplicações para web. Para a confecção de tais aplicações também é necessário ter domínio de alguma linguagem de programação específica para internet e neste trabalho foi escolhido o uso do *ActionScript*, que é a linguagem do programa Adobe Flash CS5, bastante popular entre os desenvolvedores web.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é o de criar uma biblioteca de funções para a geração e transformação de objetos gráficos tridimensionais visando à utilização em simuladores interativos pelo Grupo de Pesquisas em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA) [Fragelli 2011].

2. Estrutura de Dados Gráficos

Existem várias formas de representação de objetos gráficos em três dimensões: representação aramada ou *wireframe*, representação por faces ou superfícies limitantes, representação por enumeração de ocupação espacial, representação por *Octrees* e *Quadtrees*, dentre outras [Foley *et al.* 1990, Hearn e Baker 1994, Pinho 2010]. Cada representação possui vantagens e desvantagens e deve ser escolhida de acordo com sua aplicação.

Na estruturação por *wireframe*, o objeto é representado por meio de seus vértices e arestas. Essa técnica é usada quando não é necessário um grau elevado de realismo no objeto trabalhado. Apesar de ser de fácil utilização, possui a desvantagem de causar dificuldade ou ambigüidade no entendimento acerca do nível de profundidade das faces, já que é uma representação aramada. Outra desvantagem desse método é que impossibilita algumas operações como o cálculo do volume e da massa do objeto.

Na representação por faces, há a estruturação do objeto por meio de seus vértices e da topologia das faces. Desse modo, há a possibilidade de uma representação melhor que a obtida por *wireframe*, haja vista que as desvantagens supracitadas são facilmente tratadas. Por outro lado, esta técnica pode promover um grande custo computacional para objetos gráficos complexos. Mesmo assim, essa foi a técnica utilizada para este trabalho.

Uma forma de representação um pouco mais complexa que a *wireframe* e por faces é a enumeração espacial, também conhecida como modelo de decomposição do espaço e está baseada na subdivisão do objeto gráfico. Algumas técnicas podem utilizar esse método e uma delas é a enumeração exaustiva em que o espaço é subdividido em cubos em vários planos de níveis distintos. Esses cubos são conhecidos como *voxels* e o sólido é representado pelas coordenadas dos *voxels* constituintes. Com esse método é fácil determinar se um ponto está interno ao objeto e consequentemente verificar se há colisão entre objetos, importante procedimento para a produção de simuladores. Contudo, uma representação detalhada de um objeto causa um grande custo computacional.

Outra técnica que segue o mesmo conceito da enumeração de ocupação espacial é a utilização de *octrees* e *quadtrees*. Nessa técnica, o objeto também é representado por *voxels* em diversos planos de diferentes níveis. Contudo, cada *voxel* é classificado como cheio (se o objeto ocupar todo o cubo), vazio (se o cubo não pertence ao objeto) ou cheio-vazio (no caso do objeto ocupar apenas parte do cubo). Se um *voxel* possui a classificação cheio-vazio, então é dividido em oito partes, daí o nome *octrees*. No caso de um objeto bidimensional, cada *voxel* é dividido em quatro partes, ou seja, *quadtrees*.

2.1. Transformações tridimensionais

Como o trabalho almeja o desenvolvimento de uma biblioteca de funções que auxilie na produção e na visualização de objetos gráficos tridimensionais em Flash, uma das características fundamentais destas funções é a transformação de objetos gráficos. Sendo assim, as transformações trabalhadas neste trabalho são as de translação, rotação, reflexão e mudança de escala. Além disso, a transformação linear de redução de três para duas dimensões foi trabalhada neste trabalho por ser fundamental para visualização dos objetos produzidos no Flash.

Desse modo, como a forma de armazenamento escolhida foi a de representação por faces, então para cada vértice (x , y , z) de uma determinada face, será necessário fazer o cálculo do mesmo vértice em duas dimensões (x' , y') [Foley *et al.* 1990]:

$$x' = x \cos(a) + z \sin(a)$$

$$y' = x \sin(a) \sin(b) + y \cos(b) - z \cos(a) \sin(b)$$

Onde a e b são os ângulos de visualização da projeção axonométrica.

3. Programa de Produção e Transformação de Objetos Gráficos

O estudo inicial foi acerca dos sólidos de Platão e para o desenvolvimento foi utilizado o método de representação por faces ou superfícies limitantes em que são especificados dois vetores: um de vértices e outro de faces. O vetor de vértices contém as coordenadas dos vértices das faces e o vetor de faces é alimentado com referência ao vetor de vértices.

Com base nesse método, foi desenvolvida uma aplicação para geração dos sólidos platônicos em que os dados gráficos são gerados com base nas coordenadas do pivô do sólido e um fator de escala, que pode ser o tamanho de um lado ou o raio da esfera que o circunscreve. Desse modo, o objeto é definido apenas com a posição em que será exibido e seu tamanho, sendo que os vértices e faces são gerados automaticamente. Um exemplo simples para o entendimento da função de geração é com um tetraedro, onde os vetores de vértices e faces são definidos assim:

$$\begin{aligned} \text{Vértices} &= [[-1, -1, -1], [1, 1, -1], [1, -1, 1], [-1, 1, 1]] \\ \text{Faces}_{\text{tetraedro}} &= [[0, 1, 2], [0, 1, 3], [0, 2, 3], [1, 2, 3]] \end{aligned}$$

Além disso, com as funções de transformação geométrica criadas, é possível modificar o sólido platônico fazendo translações, rotações em torno de eixos e combinações entre sólidos. A figura 1 mostra o funcionamento das funções de geração, transformação e visualização.

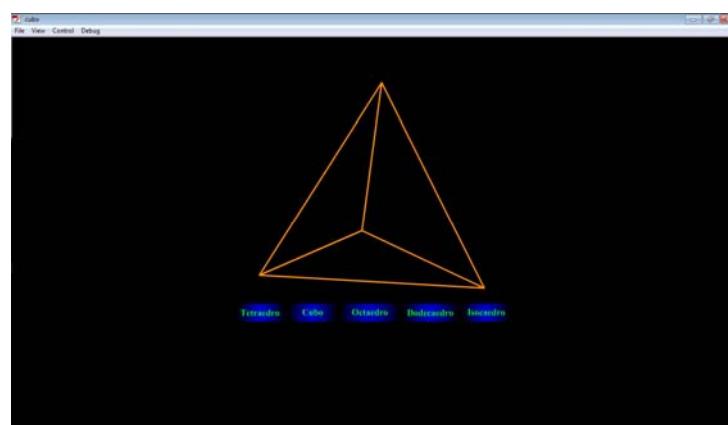


Figura 1. Tela do programa com a visualização do objeto produzido.

Para fazer a rotação e translação, que são de grande importância para a visualização do objeto, pode-se utilizar os comandos atribuídos aos botões do teclado, escolhendo apenas o valor de quanto o objeto irá rotacionar ou transladar.

Com a complementação de outros estudos e aplicações, como o janelamento e recorte, detecção de colisões e a visualização de objetos bidimensionais e tridimensionais, será possível desenvolver simuladores para a web, um dos objetivos do GPSIA, onde vários estudantes poderão usufruir do simulador para diversos tipos de estudos.

4. Conclusões

Tendo em vista que foram desenvolvidos diferentes tipos de sólidos utilizando a técnica de representação por faces bem como aplicar transformações nos objetos criados, então os objetivos do trabalho foram cumpridos. Além disso, foi possível concluir que a técnica de representação por faces é de fácil implementação em *ActionScript* e é um bom caminho a ser seguido pelo GPSIA para o armazenamento de estruturas gráficas a serem utilizados em simuladores interativos.

Apesar da biblioteca de funções para transformação tridimensional de objetos gráficos ter sido testada apenas em sólidos platônicos, elas podem ser aplicadas em qualquer objeto gráfico estruturado por meio de vetores de vértices e faces.

Para trabalhos futuros almeja-se ampliar a biblioteca de geração de sólidos para outros tipos de sólidos e utilizando novas técnicas de modelagem tais como o instanciamento de primitivas, modelagem por varredura e modelagem por seções transversais, dentre outras.

Referências Bibliográficas

- Foley, J.D., van Dam, A., Feiner, S.K. & Hughes, J.F. (1990) "Computer graphics: principles and practice". 2a. ed. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA.
- Fragelli, R.R. (2011) Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos – GPSIA. <http://www.objetosdeaprendizagem.com/gpsia>, Junho.
- Hearn, D. & Baker, P. (1994) "Computer Graphics". Prentice-Hall, Cap. 10.
- Pinho, M.S. (2011) "Modelagem de Sólidos". <http://www.inf.pucrs.br/~pinho/CG/Aulas/Modelagem/Modelagem3D.htm>, Junho.

Fenômenos de Transporte

Análise numérica dos coeficientes de sustentação e arrasto de um perfil NACA 0018

Eduardo Saldanha, Jhon Goulart

Faculdade do Gama - Universidade de Brasília (UnB)

Caixa Postal 8114 - CEP 71405-610– Brasília – DF – Brasil¹

edu_saldanha@hotmail.com, jvaz@unb.br

Abstract. By using XFOIL version XFLR5, a numerical simulation of flow over NACA 0018 was done. Simulations were performed by Reynolds numbers 97000, 124000 and 150000, whereas attack angle were ranged from 0 up to 20°. Main results showed good agreement between numerical and experimental data within pre-stall. However, all numerical simulations showed a overestimation of stall angle.

Resumo. O objetivo deste trabalho é o estudo dos coeficientes de sustentação, “Cl”, e arrasto, “Cd”, em um perfil NACA 0018. As simulações numéricas foram feitas utilizando o software XFOIL versão XFLR5. O ângulo de ataque foi variado de 0 a 20 graus. As análises numéricas foram feitas para os números de Reynolds de 97000, 124000 e 150000. Os resultados numéricos obtiveram boa concordância com os resultados experimentais encontrados na literatura. Contudo, a ângulo crítico foi superestimado pelo código numérico para todos os casos.

1. Introdução

Perfis aerodinâmicos possuem vastas utilizações nas mais diversas áreas da engenharia. Tais estruturas são caracterizadas, principalmente, pelos seus coeficientes de sustentação, “Cl”, e arrasto, “Cd”.

Segundo Larsen et al. (2007), tal caracterização é bem estabelecida sob regime estacionário. Para ângulos de ataque, α , pequenos a força de sustentação, F_1 , é uma função aproximadamente linear deste parâmetro. O conhecimento do ângulo crítico (*stall*) da asa de uma aeronave é crucial para um vôo seguro. Isso visto porque o ângulo crítico estabelece uma acentuada queda do coeficiente de sustentação, “Cl”, e um aumento do coeficiente de arrasto, “Cd”, por seguite, possível queda de uma aeronave. Pesquisas experimentais normalmente têm um elevado custo financeiro. Assim, a utilização de softwares vem ganhando espaço, minorando os custos e o tempo de pesquisa com um razoável grau de confiabilidade

O propósito deste trabalho é utilizar o software XFOIL versão XFLR5 para simulação das características hidrodinâmicas de um perfil NACA 0018. Para tanto foram avaliados os coeficientes de sustentação e arrasto para três diferentes números de Reynolds, 97000, 124000 e 150000. Nas simulações o ângulo de ataque variou entre 0° e 20°.

2. Descrição do Problema

O problema consiste no conhecimento dos coeficientes hidrodinâmicos de um perfil NACA 0018, submetido a um escoamento uniforme, “ U_∞ ”. O número de Reynolds é baseado no tamanho da corda do perfil, “C”, e na viscosidade cinemática do fluido de trabalho, “ μ ”. As simulações utilizando software XFOIL, versão XFLR5, foram feitas para três números de Reynolds, 97000, 124000 e 150000, conforme a Eq.1. O fluido de trabalho é o ar.

$$Re = \frac{\rho U_\infty C}{\mu} \quad (1)$$

A Figura 1 mostra um desenho esquemático da descrição do problema.

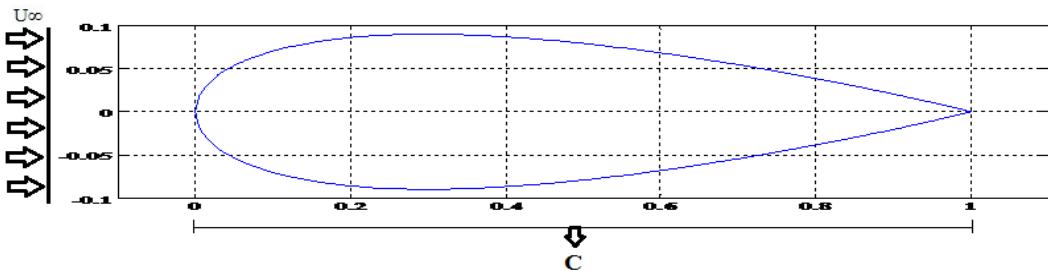


Figura 1. Perfil NACA 0018

O perfil NACA 0018, é simétrico com espessura máxima de 18% do tamanho da corda. A espessura do perfil é determinada como uma função da posição ao longo da corda, “x”, o tamanho da corda, “C”, e a sua espessura, “t”. A espessura “y” é calculada por:

$$y_{(x)} = \frac{t}{0,2} C \left[0,2969 \sqrt{\frac{x}{C}} - 0,1260 \left(\frac{x}{C} \right) - 0,3537 \left(\frac{x}{C} \right)^2 + 0,2843 \left(\frac{x}{C} \right)^3 - 0,1036 \left(\frac{x}{C} \right)^4 \right] \quad (2)$$

3. Resultados

As Figuras 2 e 3 apresentam os gráficos dos coeficientes de sustentação e arrasto para o perfil NACA 0018, como uma função do ângulo de ataque, “ α ”. As forças de sustentação e arrasto, “ F_l ” e “ F_d ”, respectivamente, foram adimensionalizadas conforme as Eq. 3 e 4.

$$C_l = \frac{F_l}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2 A} \quad (3)$$

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2 A} \quad (4)$$

Os resultados numéricos foram comparados com os dados experimentais de Oliveira, 2011. O autor utilizou um túnel de água para obtenção de seus resultados experimentais. De maneira geral os resultados numéricos dos coeficientes de sustentação e arrasto são similares aqueles obtidos experimentalmente por Oliveira, 2011. As simulações numéricas se comportaram de forma a ficarem dentro do intervalo de incertezas até o ângulo crítico experimental (*stall*). Os resultados experimentais de Oliveira, 2011, evidenciaram o ângulo de *stall* entre 10 e 12°. Em todas as simulações o código numérico superestimou o ângulo crítico de ataque, 16°.

No mais, para o maior número de Reynolds houve uma melhor concordância entre as curvas numéricas e experimentais de ambos os coeficientes.

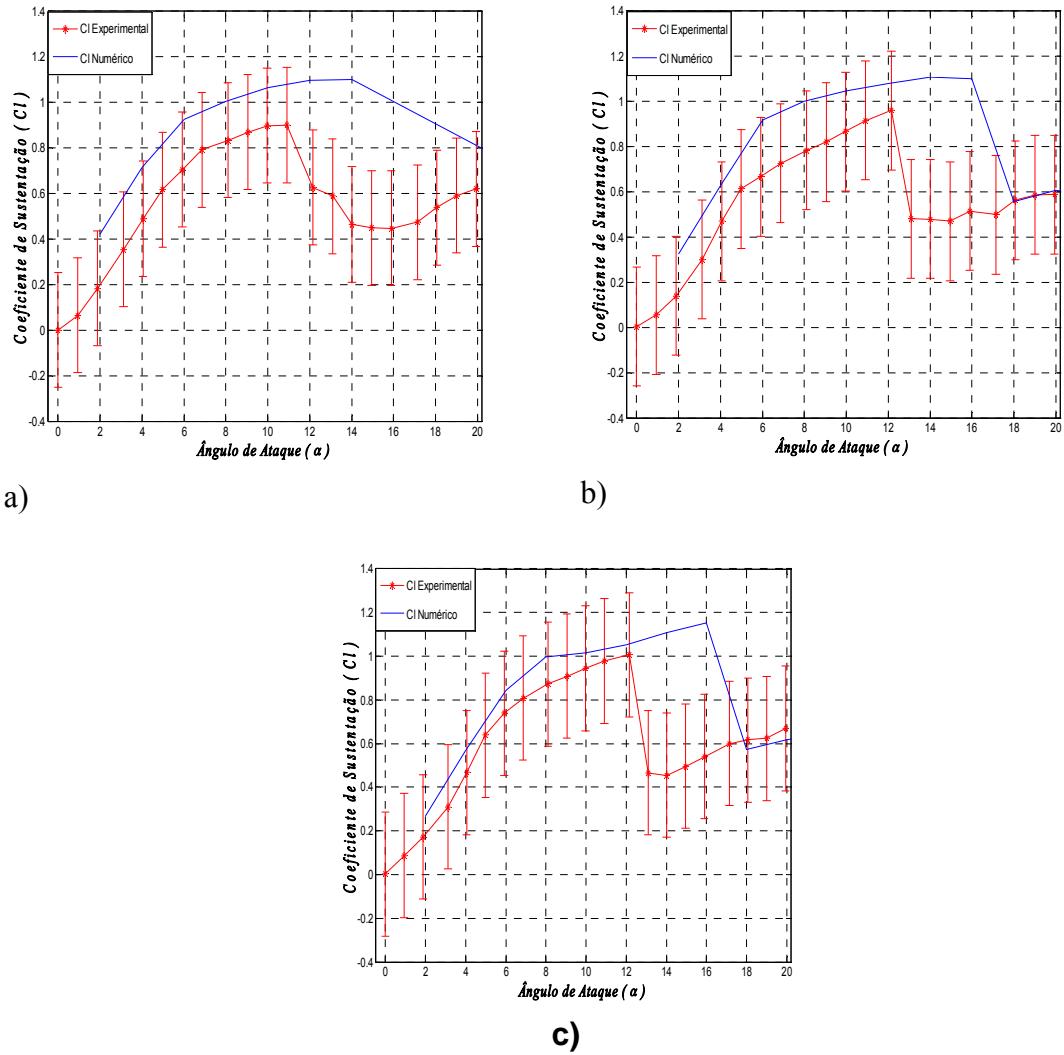
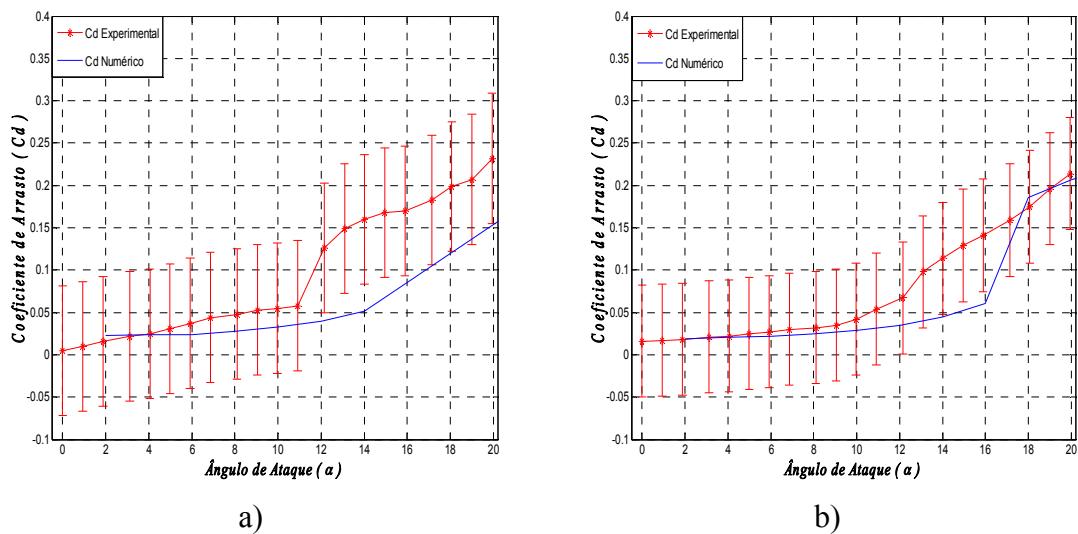
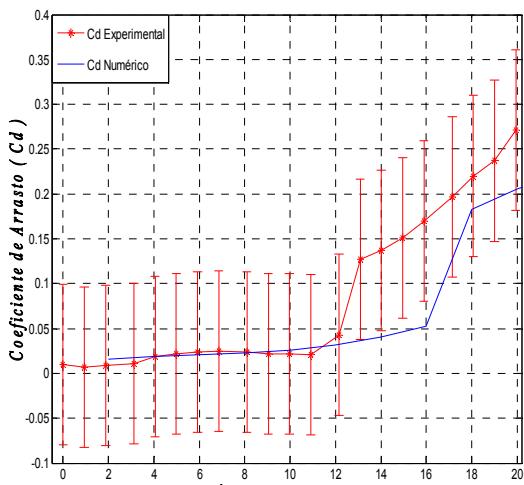


Figura 2. Coeficientes de sustentação para NACA 0018. a) Reynolds 97000. b) Reynolds 124000. c) Reynolds 150000.





c)

Figura 3. Coeficientes de arrasto para NACA 0018. a) Reynolds 97000. b) Reynolds 124000. c) Reynolds 150000.

4. Conclusões

Este trabalho apresentou o estudo numérico das características hidrodinâmicas de um perfil NACA 0018. Para tanto o código XFOIL versão XFRL5 foi utilizado. A obtenção dos valores dos coeficientes de sustentação, “ C_l ”, e arrasto, “ C_d ”, do perfil mostraram-se similares aquelas encontradas experimentalmente para valores pré-stall. Contudo, o código numérico sempre superestimou o ângulo crítico.

A divergência encontrada não pode ser somente tributada ao software. Tal diferença pode ser proveniente da influência das paredes do túnel de água utilizado pelo autor para obtenção dos dados experimentais.

7. Referências

- Henn, E. A. L. (2006), Máquinas de Fluido 2ed. Editora da UFSM, Santa Maria, Brasil.
- Larse, J. W., Nielsen, S. R. K. and Krenk, S. (2007). “Dynamic Stall Model for Wind Turbine Airfoil”, Journal of Fluids and Structures, **23**, pp. 959-982
- Oliveira, T. F. (2011), “Estudo Experimental do Stall Dinâmico em um Aerofólio NACA 0018” Dissertação de Mestrado, Brasília. UnB, Brasil.

Validação do acoplamento das metodologias da fronteira imersa com a pseudo-espectral de Fourier

Felipe P. Mariano¹, Leonardo de Queiroz Moreira², Aristeu da Silveira Neto²

¹Escola de Engenharia Elétrica e Computação – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Av.: Universitária, 1488, Bloco: A, 3º piso, Setor Leste Universitário, 74.605-010
Goiânia – GO - Brasil

²Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Av.: João Naves de Ávila, 2121, Bloco: 5P, Santa Mônica, 38.408-100
Uberlândia – MG - Brasil

fpmariano@eeec.ufg.br, {lqmoreira,aristeus}@mecanica.ufu.br

Abstract. *Simulation of a backward-facing step flow is a test problem very used in CFD. The backward-facing step is a simple geometry and, at the same time, it envisages the formation of vortices structures, generation of recirculation, and detachment of the boundary layer. In order to test a new numerical method this problem test is used. This new method is a coupling between the Fourier pseudo-spectral method, employed in the discretization of the Navier-Stokes equations and the immersed boundary method used to represent the boundary conditions. This method was called IMERSPEC.*

Resumo. *Simulação de escoamento sobre um degrau com a face voltada para trás é um problema teste muito utilizado em CFD. O degrau é uma geometria simples e, ao mesmo tempo, contempla a formação de estruturas turbilhônicas, geração de recirculações, descolamento e recolamento da camada limite. Devido a essas características ele é utilizado neste artigo com o intuito de testar um novo método numérico. Este método é um acoplamento entre o método pseudo-espectral de Fourier, empregado na discretização das equações de Navier-Stokes e o método da fronteira imersa para representar as condições de contorno do problema. Este método foi denominado IMERSPEC.*

1. Introdução

Escoamento sobre um degrau é um problema teste muito estudado na Mecânica dos Fluidos por experimentalistas (Lee e Mateescu, 1998) e numericistas, devido a sua simples configuração geométrica e, ao mesmo tempo, as características que o escoamento apresenta, principalmente, com relação ao ponto de recolamento da camada limite. Quando o escoamento torna-se turbulento aparecem estruturas turbilhônicas e recirculações que o deixam instável.

No presente artigo é proposto simular o escoamento sobre um degrau utilizando a metodologia denominada IMERSEPEC, Mariano et al. (2010). Esta metodologia propõe resolver as equações incompressíveis de Navier-Stokes utilizando o método pseudo-espectral de Fourier (MPEF) em todas as direções. Consegue-se atingir uma alta ordem de precisão e de convergência numérica com um custo computacional, relativamente, baixo quando comparado a outros métodos de alta ordem (Canuto et al. 2006). Por outro lado, uma vez que o MPEF requer condições de contorno periódicas, é

utilizada a metodologia da fronteira imersa (Peskin, 2002) para representar as condições de contorno do problema proposto. Além disso, é possível representar escoamentos sobre geometrias complexas e/ou móveis de forma muito eficiente, já que o domínio onde o escoamento é resolvido é cartesiano e fixo.

No trabalho de Mariano et al. (2010) o IMERSEPEC foi utilizado para resolver problemas a baixos números de Reynolds em regime laminar. No presente trabalho objetivou-se aumentar o número de Reynolds e trabalhar com escoamentos instáveis e complexos.

2. Metodologia proposta – IMERSPEC

2.1. Método pseudo-espectral de Fourier

Dada as equações de Navier-Stokes, Eq. (1) e a equação da continuidade, Eq. (2) para escoamentos incompressíveis de fluidos newtonianos, sem transferência de calor e com propriedades físicas constantes:

$$\frac{\partial u_l}{\partial t} + \frac{\partial(u_l u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_l} + \nu \frac{\partial^2 u_l}{\partial x_j \partial x_j} + f_l, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0, \quad (2)$$

onde x_l é a componente do vetor direção (x, y, z) , u_l é a componente de velocidade na direção l , p é a pressão, f é um termo fonte que representa as forças de campo que atuam no domínio.

Aplica-se a transformada de Fourier sobre a Eq. (2), mais as propriedades das transformadas de Fourier (Canuto et al. 2006) sobre o operador derivada obtém-se:

$$ik_j \hat{u}_j = 0. \quad (3)$$

onde o símbolo “ $\hat{\cdot}$ ” (circunflexo) indica que a variável foi transformada para o espaço espectral de Fourier.

Sabe-se que, se o produto escalar entre dois vetores é nulo, então ambos devem ser ortogonais entre si. Portanto, observando a Eq. (3), tem-se que o vetor número de onda é ortogonal ao campo de velocidade transformada. Define-se então, um plano perpendicular ao vetor número de onda, no qual qualquer campo vetorial é de divergente nulo. Portanto, o vetor velocidade transformado, pertence ao plano π . O próximo passo é transformar a Eq. (1) para o espaço espectral de Fourier,

$$\frac{\partial \hat{u}_l}{\partial t} + ik_j (\widehat{u_l u_j}) = -ik_l \hat{p} - \nu k^2 \hat{u}_l + \hat{f}_l, \quad (4)$$

onde k^2 é a norma ao quadrado do vetor número de onda.

A Eq. (4) pode ser manipulada matematicamente, a fim de desacoplar o campo de pressão do campo de velocidade. Para entender esse procedimento, cada um dos termos transformados é relacionado com o plano π , (no trabalho de Mariano et al. 2010 este procedimento é descrito com detalhes), e, posteriormente, é aplicado o operador de projeção sobre esses termos, obtendo, assim as equações de Navier-Stokes no espaço espectral de Fourier:

$$\left[\frac{\partial}{\partial t} + \nu k^2 \right] \hat{u}_l(\vec{k}) = \mathcal{O}_{lm} \left[\widehat{f_m} - ik_j \int_{\vec{k}=\vec{r}+\vec{s}} \hat{u}_m(\vec{r}) \hat{u}_j(\vec{k}-\vec{r}) d\vec{r} \right]. \quad (5)$$

Algumas observações devem ser tecidas a respeito da Eq. (5). A primeira é a eliminação do termo de pressão, o qual foi substituído pela projeção dos termos fonte e advectivo. Comparando com esquemas clássicos, *e.g.*, volumes finitos, diferenças finitas e elementos finitos, esse procedimento equivale substituir a solução de uma equação de Poisson por um produto vetor-matriz, que, em termos numéricos, é mais barato. Em termos físicos, ambos têm a mesma função, a qual é garantir a conservação de massa do sistema. A segunda observação é, que apesar do campo de pressão não aparecer nas equações de Navier-Stokes, ele pode ser recuperado para pós-processamento, como demonstrado no trabalho de Mariano (2010).

2.2. Método da fronteira imersa

O método da fronteira imersa (MFI) baseia-se no uso simultâneo de dois domínios de cálculo. Um, denominado euleriano (Ω), cartesiano e fixo representado por x (minúsculo), onde são resolvidas as equações para o fluido e o outro é o lagrangiano (Γ), o qual representa a interface imersa no escoamento e é definido por X (maiúsculo), vide Figura 9.

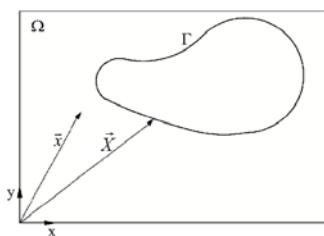


Figura 9. Esboço dos domínios de cálculo utilizados na metodologia da Fronteira Imersa.

Como o domínio lagrangiano é independente do euleriano, consegue-se simular escoamentos sobre geometrias complexas utilizando simplesmente um domínio cartesiano. Outra vantagem a ser considerada é no caso de problemas de fluido-estrutura, onde a malha euleriana é fixa, não havendo necessidade de se refazer a malha a cada passo de tempo, mesmo com a estrutura se movendo. Apenas a interface lagrangiana se move. O fato de se trabalhar sempre com um domínio cartesiano fixo é a principal vantagem que os pesquisadores que utilizam o MFI (Peskin, 2002), apontam quando a comparam com simulações que utilizam malha não-estruturada, ou metodologias que precisam refazer a malha do domínio fluido a cada passo de tempo.

3. Resultados

Os resultados numéricos do presente artigo são comparados com os resultados experimentais de Lee e Mateescu (1998), para a simulação do escoamento através de um degrau com $Re=400$. Na Figura 2 pode-se observar os perfis de velocidade horizontal extraídos nas mesmas posições do experimento. Observa-se uma boa concordância entre eles, tanto para as simulações bidimensionais, quanto para as tridimensionais.

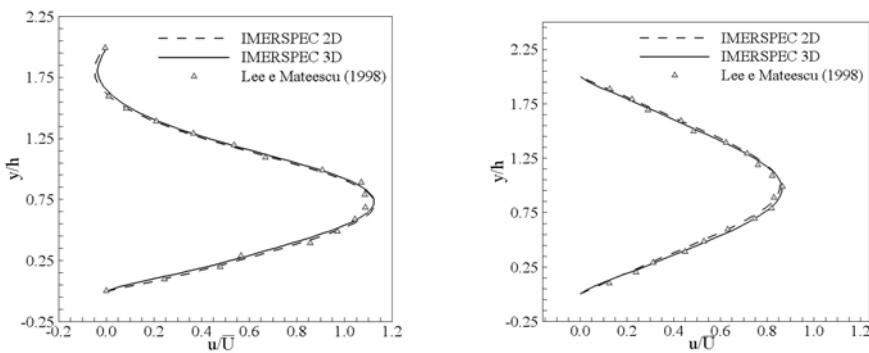


Figura 2. Perfis de velocidade horizontal extraídos nas posições $x/h=7.0$ (esquerda) e $x/h=15.0$ (direita).

Na Figura 3 apresenta-se a simulação de diferentes Re . Aumentando este parâmetro observa-se o desenvolvimento de diversas estruturas turbilhonares, já caracterizando o escoamento como “turbulento”.

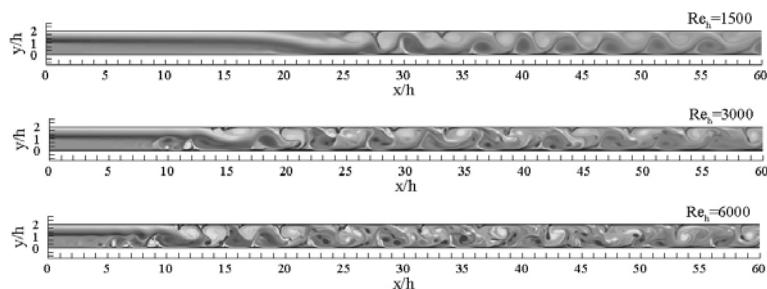


Figura 3. Campos de vorticidade das simulações sobre degrau com diferentes números de Reynolds.

Referências

- Mariano. F. P., Moreira, L.Q. Silveira-Neto, A., da Silva C.B. e Pereira, J.C.F. (2010) “A new incompressible Navier-Stokes solver combining Fourier pseudo-spectral and immersed boundary methods”, *Computer Modeling Engineering Science*, Vol. 59, No.2, pp. 181-216.
- Canuto, C., Hussaini, M.Y., Quarteroni, A. e Zang, T.A., (2006), “Spectral methods: fundamentals in single domains”, Ed. Springer-Verlag New York, 563 p.
- Lee e Mateescu, (1998) “Experimental and numerical investigation of 2-D backward-facing step flow”, *Journal of Fluids and Structures*, Vol.12, pp. 703-716.
- Peskin, C.S., (2002). “The immersed boundary method”, *Acta Numerica*, Vol.11, pp. 479–517.

Development of a CFD Methodology for the Analysis of Aerodynamic Profiles

**Paulo M. Fernandes Filho¹, Welberth D. P. do Nascimento¹, Lucas da Silva Vieira¹,
Manuel N. D. Barcelos Jr.²**

¹ Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade de Brasília (UnB)
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília – Distrito Federal, Brazil

² Faculdade do Gama – Universidade de Brasília no Gama (UnB Gama)
Campus Universitário Gama, Brasília – Distrito Federal, Brazil
paulofilho_fernandes@hotmail.com, lucasvieira10@hotmail.com,
welberthdouglas@gmail.com, manuelbarcelos@unb.br

Abstract. This work has as goal the development of a methodology to analyze and determine aerodynamic parameters for flow over different airfoils. Numerical simulation by using CFD programs of commercial and opensource origin are executed for the sake of comparison, and also to create robust and reliable tools for the design of unmanned aerial vehicles (UAVs). The proposed study consists of building meshes to analyze airfoils by using the ANSYS ICEM-CFD program and its exporting module, tailored for different CFD codes, and being the simulation of those airfoils executed by three distinct programs: ANSYS CFX, OpenFOAM and CORDEL. The methodology proposed in this work considers laminar flows of low Reynolds numbers.

Resumo. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de análise que determine parâmetros aerodinâmicos de escoamentos sobre diversos aerofólios. A simulação numérica utilizando programas de dinâmica dos fluidos computacional de origem comercial e de fonte livre é realizada a título de comparação e também para criar ferramentas robustas e confiáveis para o projeto de veículos aéreos não-tripulados (VANTS). O estudo proposto consiste na construção de malhas para representação do escoamento sobre aerofólios utilizando o programa ANSYS ICEM-CFD e seu módulo de conversão, adaptado aos formatos de dados de diferentes códigos numéricos, sendo a simulação numérica realizada utilizando-se três programas diferentes: ANSYS CFX, OpenFOAM e CORDEL. A metodologia de trabalho proposta considera escoamentos laminares com baixo número de Reynolds.

1. Introduction

Several projects in the aeronautical field including radio controlled aircraft models and more specifically UAV's have a growing demand for computational determination of aerodynamic parameters, such as lift, drag and pressure coefficients. The computational simulation is necessary for the reduction of wind tunnel use and destructive tests, avoiding the waste of time and money, Ribeiro (2002) and Souza *et al.* (2009).

The main goal of this work is to compare CFD packages and to create a reliable set of tools for the determination of airfoil aerodynamic characteristics, Fernandes *et al.* (2011). The study, here proposed, intend to construct different meshes in the ICEM-CFD software for simulation of flow over airfoils by using three CFD tools: CFX,

OpenFOAM and CORDEL. These tools will be used to make the process of obtaining the aerodynamic parameters more convenient and fast, as well as more reliable.

2. Numerical Model

The choice of the CFX software is due to the great confidence that this software has achieved in the field of commercial CFD tools, Assumpção *et al.* (2010). Also, an open-source CFD package was chosen as a viable alternative for commercial codes. There are some packages available; among them, the most complete choice was OpenFOAM, which consists of a robust and reliable CFD package of interest in academia, Naveen and Vidyadhar (2010). CORDEL is a finite element based program developed by researchers from the Department of Mechanical Engineering of the University of Brasília, Pereira (2004) and Noleto *et al.* (2009).

The airfoil chosen to compose the base of data comparison was the NACA0012 with a chord of 1 m. The domain that encloses the airfoil was devised based on its geometry. The domain size is defined by the length of the airfoil chord. The far field is located about four chord length from the airfoil.

After, the domain mesh was built using the software ICEM-CFD. The boundary conditions applied to the domain limits are: “no slip wall” on the border of the airfoil and “inlet or outlet” on the frontier of domain. A “symmetry” boundary condition has to be applied to the lateral surface if a quasi-2D model is employed instead of a 2D model. A quasi-2D model is used when the numerical solver does not have 2D special discretization capabilities, the case of the ANSYS CFX software, ANSYS CFX (2009). The quasi-2D model is obtained extruding the symmetry surface over the perpendicular coordinate, and one layer of 3D elements is used to discretize the resulting gap.

In the case of the OpenFOAM software, only a quasi-2D model was employed and the mesh used has one layer of 43,066 hexahedrons elements and 21,812 nodes. The OpenFOAM software works with 3D meshes, but it also has the possibility of using two-dimensional meshes, being only necessary for this case to set a specific control flag. The mesh used in the OpenFOAM software was automatically generated by a mesh tool which is part of its package. The automatic mesh generation capability allowed the study of the flow simulation over several slice thicknesses, where the best results were obtained over a thickness of 0.05m. The mesh used in the OpenFOAM software was not generated using the ICEM-CFD software as the ones employed by the CFX software and the CORDEL code, mainly because of the lack of a reliable conversion procedure to the format is read by the OpenFOAM software.

For the CORDEL code only a 2D mesh with 28,574 triangular elements and 14,995 nodes was used. Due to the impossibility of solving 2D models in the CFX software, it was necessary to develop for every airfoil test case a quasi-2D model extruding a 2D symmetry mesh over the z direction, resulting into a 3D slice geometry with unit thickness and discretized by one layer of prismatic elements. Also, because of the several steps necessary for the procedure of mesh generation in the ICEM-CFD software and to facilitate the computation of aerodynamic parameters in the post-processing tool of the CFX software, a unit thickness was chosen for the quasi-2D models employed.

3. Numerical Results

For every test case, a density value of 1.225 kg/m^3 and a dynamic viscosity value of 10^{-5} kg/ms were at the free stream. In addition, a laminar, isothermal and incompressible fluid model was used to simulate the flow over the airfoils.

3.1. Test Case 1

In this case the NACA0012 airfoil was simulated in the CFX software and in the CORDEL code. For the CFX software, the mesh used has 28,579 elements and 28,998 nodes. The maximum number of iterations was set to 10,000 and the residual target for the continuity equation was set 10^{-6} . The mesh used for the COEDEL code has 28,574 elements and 14,995 nodes. In both cases the Reynolds number used was 1,000.

The Reynolds number used in this comparison was kept low due to the long time demanded for the convergence of the CORDEL laminar flow solver for high Reynolds numbers. The graphic of the lift coefficient as a function of angle of attack is presented in the Fig. 1.

Despite the Reynolds number shortcomings, the results of the CFX and CORDEL programs are close. From a numerical perspective, these results validate the academic solver and show its potential of use.

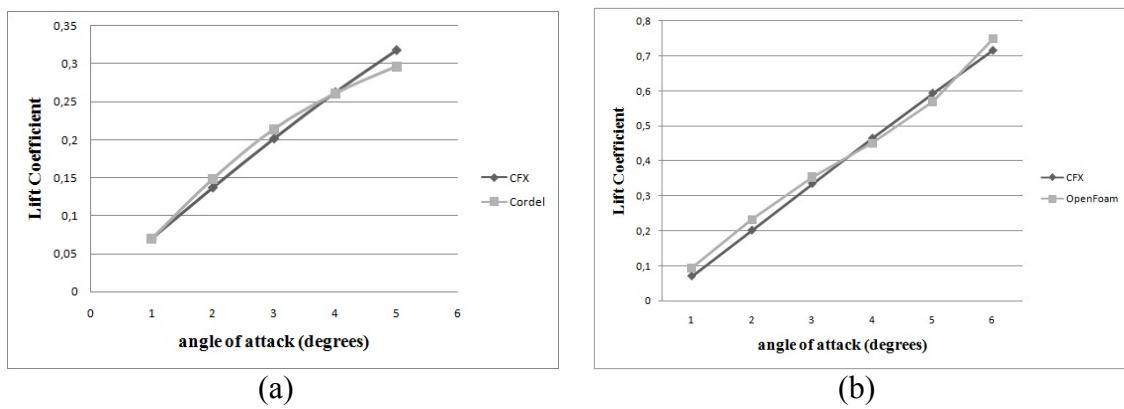


Figure1. NACA0012 lift curves with Reynolds number of (a) 1,000 and (b) 360,000.

3.2. Test Case 2

In this case, the NACA0012 airfoil was simulated in the CFX and OpenFOAM software. For the CFX software, the mesh used has 28,579 elements and 28,998 nodes. The maximum number of iterations was set to 10,000 and the residual target for the continuity equation was set 10^{-6} . For the OpenFOAM software the mesh used has 28,574 elements and 14,995 nodes. In both cases the Reynolds number used was 360,000.

From the data of the the graphic of the lift coefficients versus the angles of attack obtained from the simulations of the both software is plotted. The curves are showed in the Fig. 1. The results of the OpenFOAM software were very close to the ones of the CFX software. From a numerical point of view, these results validate both the model and the solvers used in each program.

4. Conclusions

The results computed by using the software CFX, OpenFOAM and CORDEL are consistent and satisfactory. Although, not exact, if compared to experimental data. The choice a laminar flow model over a turbulent one, and the lack of a proper boundary layer mesh lead to a difference between the numerical results and the reality. However, the results show that from a numerical perspective, for each program, the physics model and solvers were validated. Specially, the CORDEL code proved quite useful regarding the prediction of the airfoil lift coefficient.

The objective of this work was achieved. The study and the development of a solution procedure to tackle problems of low Reynolds number were carried out. Existential numerical tools were verified and their numerical models and solvers were validated. For future work, the implementation of a turbulence model and the improvement of the boundary layer mesh are considered to become the solution procedure as close as possible to the reality.

References

- ANSYS CFX (2009) “CFD Methodology”, CFX International, AEA Technology, UK.
- Assumpção, M. E., Souza, D. A. C., Junior, L. A., César, L. M. and Cristoforo, A. L. (2010) “Comparação entre o coeficiente de arrasto da asa de uma aeronave rádio-controlada através dos métodos dos volumes finitos e multhopp”, I Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, Minas Gerais, Brazil.
- Fernandes Filho, P. M., Vieira, L. S., Nascimento, W. D. P., Noleto, L. G. and Barcelos Júnior, M. N. D. (2011) “Development of an analysis methodology of aerodynamic profiles applied to the design of unmanned aerial vehicles”, Proceedings of the 21th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Natal, Brazil.
- Naveen, K. M. and Vidyadhar, Y. M. (2010), “Computation of high-lift aerodynamics for multi-element airfoils at landing and subsonic flight conditions using OpenFOAM”, 5th OpenFOAM Workshop, Charmers, Gothenburg, Sweden, June 21-24.
- Noleto, L. G., Brasil Junior, A. C. P. and Barcelos Júnior, M. N. D. (2009) “A finite element numerical simulation of the laminar flow over an oscillating airfoil”, Proceedings of the 20th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Gramado, Brazil.
- Pereira, R. M. (2004) “Simulação numérica de escoamentos laminares e turbulentos através do método de elementos finitos com estabilização CBS”. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, Brasília-DF, Brazil.
- Ribeiro, D. E. (2002) “Simulação numérica de aerofólios de alta sustentação”, IX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, Itajubá, Brazil.
- Souza, D. B., Alves, U. F. and Murata, V. V. (2009) “Avaliação do escoamento de fluidos incompressíveis em tubulações usando CFD”, VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Uberlândia, Brazil.

A Coupled Methodology for Solving Fluid-Structure Interaction Problems

Manuel N. D. Barcelos Jr.², Carla T. M. Anflor², Eder Albuquerque de Lima,
Welberth D. P. do Nascimento¹

¹ Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade de Brasília (UnB)
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília – Distrito Federal, Brazil

² Faculdade do Gama – Universidade de Brasília no Gama (UnB Gama)
Campus Universitário Gama, Brasília – Distrito Federal, Brazil
manuelbarcelos@unb.br, anflor@unb.br, eder@unb.br,
welberthdouglas@gmail.com

Abstract. This work aims the development of an efficient and robust numerical methodology to study the mechanical behavior of structures under the influence of external flow fields. Therefore, two reliable numerical methodologies are coupled over matching meshes to guarantee the quality of the exchanging data process. Thus, the external flow field is solved by using a viscous laminar equation model and a finite element method (FEM), while the structure is solved by using an elastic equation model and a boundary element method (BEM). A NACA0012 airfoil with a specific set of mechanical properties and free stream flow configurations is analyzed to illustrate the fluid structure interaction (FSI) framework.

Resumo. Este trabalho o objetivo de desenvolver uma metodologia eficiente e robusta para o estudo do comportamento mecânico de estruturas sobre a influência de campos de escoamento externos. Logo, duas metodologias numéricas tradicionais são acopladas por domínios de malhas coincidentes de modo a garantir a qualidade do processo de troca de dados. O campo de escoamento externo é resolvido utilizando-se um modelo viscoso laminar e um método de elementos finitos, enquanto a estrutura é resolvida utilizando-se um modelo elástico e um método de elementos de contorno. O aerofoílio NACA0012 com certo conjunto de propriedades mecânicas e de condições de escoamento é analisado para ilustrar a interação entre fluido e estrutura.

1. Introduction

The FSI formulation applied in this work deals with fluid and structure as separate domains. This formulation is called staggered or partitioned scheme, allowing for the fluid and the structures problems to be solved by different numerical methodologies. The shortcoming of this approach is the flux of information over the fluid-structure boundary. For simplicity and robustness, in this work matching meshes domains are chosen. Thus, data is transferred directly through the meshes without the necessity of projection or interpolation procedures. The main advantage of the staggered approach is simplicity and flexibility. Different numerical methods can be used to solve specific problems and few modifications have to be done to previous numerical schemes to adapt them to a FSI framework.

2. Fluid-Structure Analysis

In a general fluid-structure framework, the governing equations are based on the three field formulation (Farhat *et al.* 2003, Barcelos 2011), as described:

$$F(\mathbf{u}, p, \chi) = 0 \quad (1)$$

$$M(\chi, \mathbf{d}) = 0 \quad (2)$$

$$S(\mathbf{d}, \mathbf{u}, p) = 0 \quad (3)$$

where F is the state equation of the fluid solved by a projection finite element method (Goldberg and Ruas 1999, Codina 2000, Guermond *et al.* 2006, Lohner *et al.* 2006), M is the equation which governs the motion of the fluid mesh solved by a lineal-torsional spring method (Batina 1991, Farhat *et al.* 1998, Degand and Farhat 2002) and S is the state equation of the structure solved by a boundary element method (Brennan and Dominguez 1993). The following state variables: \mathbf{u} , p , χ and \mathbf{d} represent, respectively, the fluid velocity field, the fluid pressure field, the fluid mesh displacement and the structural displacements. As most of the design requirements are effectively computed by using steady state responses, a quasi-static solution methodology is proposed to solve the coupled problem. Therefore, in order to employ a quasi-static solution methodology some terms related to time derivatives are neglected.

Equations (1) to (3) are coupled through the transmission conditions on the fluid-structure interface Γ_{fs} , which represent the equilibrium of forces, equation (4), the compatibility of the displacement, equation (5), and the velocity, equation (6), between the fluid and the structure domains,

$$\sigma_s \cdot \mathbf{n} = \tau \cdot \mathbf{n} - p \cdot \mathbf{n} \text{ on } \Gamma_{fs} \quad (4)$$

$$\chi = \mathbf{d} \text{ on } \Gamma_{fs} \quad (5)$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} = \frac{\partial \mathbf{d}}{\partial t} \text{ on } \Gamma_{fs} \quad (6)$$

where p and τ are, respectively, the flow pressure and shear stress tensor, σ_s is the structure stress tensor and \mathbf{n} is the normal at a point on Γ_{fs} .

3. Results

The test case studied is a NACA0012 airfoil of 1 m of chord. The fluid problem is solved by a finite element code for laminar and incompressible flows. The finite element mesh has 5,712 nodes and is composed by 10,952 triangular elements. The mesh region close to the boundary layer has a high ratio of refinement. As a first step, a preliminary flow solution is computed in order to use it for starting point to solve the coupled problem. Thus, a flow air with Reynolds number of 1,000, angle of attack of 5 degrees and free stream kinematic viscosity of $1.33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ and density of 1.293 kg/m^3 was set to run with a time step of 0.01s and a maximum number of flow solution iterations of 10,000. A preliminary steady state flow solution was obtained with zero velocity boundary condition on the airfoil and a velocity error target of 10^{-4} .

In the second step, the coupled problem was set to start from the preliminary steady state solution and the flow properties remained the same. The structure problem is solved by a boundary element method with a mesh of 204 nodes over the airfoil contour line. As the resulting boundary force computed from the flow solution has a small magnitude, the structure properties were chosen to make it flexible when under the influence of this type of load. So, pseudo material was defined with an elasticity modulus of 700Pa and a Poisson ration of 0.3 to satisfy these conditions. In order to have a smooth solution, the structure code employs a numerical integration scheme with 10 Gauss points over each element. For structural boundary condition, the last 20 points on the airfoil trailing, 10 on the upper surface and 10 on the lower surface, were clamped.

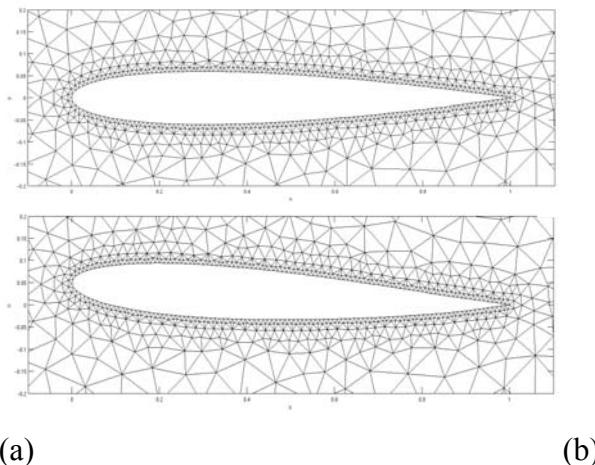


Figure 1. Fluid mesh: original configuration (a) and deformed configuration (b).

The staggered solver was set to run for 10 coupled problem iterations to allow it to converge to the most reasonable fluid-structure response and for 1000 fluid iterations in order to have a converged steady state flow solution (with a velocity error target of 10^{-6}) at each coupled problem iteration. Despite the flow problem is running a time dependent solver to determine a steady state solution, the fluid mesh motion and the structure problems are running in a quasi-static mode to simplify the whole FSI modeling. The exchange of force and displacement data over the fluid-structure boundary is done directly through the meshes, because the fluid and the structure domains have matching meshes.

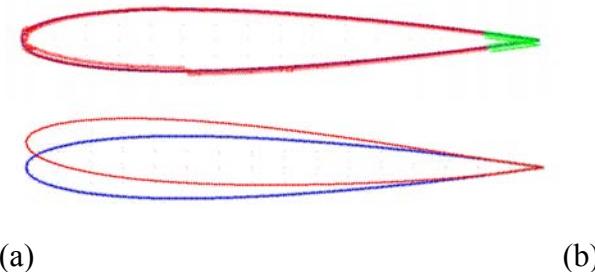


Figure 2. Structure mesh: original configuration with boundary conditions (a) and deformed configuration with internal point displacements (b).

The steady state flow solution reached a lift, C_L , and drag, C_D , coefficients of 0.031 and 0.011, respectively. The maximum displacement happened at the leading edge, about 0.044 m. Figures (1) and (2) show the fluid and structure meshes

before and after the FSI solution strategy. One can remark that the resulting lift force deformed the airfoil as if was a clamped beam. This behavior happened as expected, because an airfoil under the flow influence is a device that generates lift and drag forces. If there are forces over a structure, then its most natural mechanical response is to deform. This deformation changes the flow path, and after a set of cyclic interactions, a steady state is reached and a final deformed state is defined.

The main goal of this work was achieved, because a numerical FSI framework was built and tested with success. This is the proof that is possible to improve the simulation fidelity with a few set of steps and reorganizing preexistent numerical schemes. Now, by the application of isolated numerical schemes is possible to tackle more complex coupling problems.

4. Conclusions

The work here presented has as goal to show the great potential of application of staggered numerical schemes to solve coupled fluid-structure problems. The main advantage of the staggered scheme is its simplicity and flexibility, once the fluid and structure problems are solved in a separate fashion. One can use different methodologies and numerical algorithms to tackle each individual problem. This allow for applying numerical methods with the best characteristics to solve specific fluid-structure coupling problems.

The bottleneck of the staggered approach lies on the fact that is necessary the development of preprocessing tools to project, interpolate and transfer force and displacement data over the fluid-structure boundary. The methodology employed in this work avoided this difficulty by using matching meshes that allowed for transferring information between domains directly, without the need of a preprocessing step.

The solution of the coupling problem by employing a finite element method for the fluid domain and a boundary element method for the structure domain was remarkably successful. Few modifications had to be executed to prepare the exchange of information between de codes. Also, as the fluid code had the ALE and mesh motion featured already installed and tested, there is no difficulty of adapting it to fit in a fluid-structure coupling framework. Future work is under development, and features as an implicit numerical scheme for solving the flow equations to reduce computational time and non-matching meshes to deal with general problems are considered.

References

- Batina, J. T. (1991) “Unsteady Euler algorithm with unstructured dynamic mesh for complex-aircraft aerodynamic analysis”, *AIAA Journal*, vol. 29, n. 3, pp. 327–333.
- Brebbia, C. A., & Dominguez, J. (1993) “Boundary Elements: An Introductory Course”, WIT Press, Southampton.
- Codina, R., & Blasco, J. (2000) “Stabilized finite element method for transient Navier-Stokes equations based on a pressure gradient projection”, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, vol 182, pp. 277-300.
- Degand, C., & Farhat, C. (2002) “A three-dimensional torsional spring analogy method for unstructured dynamic meshes”, *Computers and Structures*, vol. 80, pp. 305–316.
- Farhat, C., Degand, C., Koobus, B., & Lesoinne, M. (1998) “Torsinal springs for two dimensional dynamic unstructured fluid meshes”, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, vol 163, pp. 231-245.

- Farhat, C., Geuzaine, P. and Brown, G. (2003) “Application of a three-field nonlinear fluid-structure formulation to the prediction of the aeroelastic parameters of an F-16 fighter”, *Computers and Fluids*, vol 32, pp. 3–29.
- Goldberg, D., & Ruas, V. (1999) “A numerical study of projection algorithms on finite element simulation of three-dimensional viscous incompressible flows”, *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, vol 30, pp. 233-256.
- Lohner, R., Yang, C., Cebral, J., Camelli, F. Soto, O., & Walts, J. (2006) “Improving the speed and accuracy of the projection-type incompressible flow solvers”, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, vol. 195, 3087-3109.
- Barcelos Júnior, M. N. D., Anflor, C. T. M., Noleto, L. G. and Albuquerque, E. L. (2011) “A coupled boundary and finite element methodology for solving fluid-structure interaction problems”, *Proceedings of the 21th Brazilian Congress of Mechanical Engineering*, Natal, Brazil.

A New Test Facility for Electric Propulsion Applications

Paolo Gessini¹, José Leonardo Ferreira², Ivan Soares Ferreira²

¹Faculdade UnB Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 8114 – 72405-610 Gama – DF – Brazil

²Instituto de Física – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 04455 – 70919-970 Brasília – DF – Brazil

paologessini@unb.br, {leo, ivan}@fis.unb.br

Abstract. This paper describes the design of a large vacuum chamber to be installed in the newly expanded Plasma Laboratory at the Physics Institute of the University of Brasilia (UnB). This chamber will be used for electric propulsion research and, in particular, to continue the development of a family of Hall thrusters, which has been ongoing at UnB since 2002.

1. Introduction

In the last decades, Electric Propulsion as a technology has gone from widespread acceptance in the international space community to commonplace commercial application and resounding success in many high-profile missions. Nowadays, a country intending to play a significant role in the space arena needs to have qualified electric thrusters available for use in both near-Earth and deep-space missions.

Hall thrusters are a mature technology and have been developed and employed for several decades, especially in countries of the ex-USSR, demonstrating high efficiency and reliability. A novel type of Hall thruster, utilizing permanent magnets instead of electromagnets, denominated PHALL, has been investigated and developed at the Plasma Laboratory of the UnB Physics Institute since 2002.

A key step in any thruster development and qualification process is the accurate characterization of its thrust production capabilities under a wide range of operating conditions. To this purpose, adequate facilities have to be designed and built. Electric propulsion is, at present, restricted to low values of thrust, due to the limited power availability onboard a spacecraft, and therefore to in-space applications, as launching requires a thrust-to-weight ratio greater than unity. Two are the main consequences of this situation. First, testing has to take place in vacuum chambers, large enough and at low enough pressures to approximate space conditions as much as possible. Then, thrust measurement faces the twofold issue of having high resolution while, at the same time, being relatively unperturbed by various influences that could seriously affect the results. In this paper the detailed design of a large vacuum chamber is described. The chamber will be installed in the newly expanded Plasma Laboratory. Access to the Laboratory constrains the chamber total diameter to below 1.9 m. Considering the necessity to have ports to provide access to the chamber interior, and to actually be able to move the chamber into its final location, the vacuum facility will be built around a cylinder of 1.7 m diameter and over 5 m length, with an aspect ratio of approximately 3:1.

This project is part of a comprehensive effort to unite already existing lines of research (at the Physics Institute, Mechanical and Electrical Engineering Departments), together with new lines of research at the Unb-Gama Faculty, into an Aerospace Engineering program, with new facilities dedicated to the development of propulsion devices, both electric and chemical.

2. Ongoing Research at UnB and the Need for a New Test Facility

The Plasma Laboratory of the Physics Institute, in collaboration with the Faculty of Technology of UnB, has been developing a permanent-magnet Hall thruster since 2002 [Ferreira and Ferreira 2003, Ferreira *et al.* 2010]. This project aims at the construction and characterization of a Hall thruster for use in satellite attitude control and long-term space missions. Such thruster employs permanent magnets to provide the Hall current, with a significant decrease of the electric power demand, thus becoming an especially good option for longer and deeper space missions, where solar panels and electric energy storage batteries are severely limiting factors. Two prototype models of permanent-magnet Hall thrusters, PHALL I and II, were already developed and tested with different permanent magnet systems. The thrust range of PHALL I and II is between 40 mN and 85 mN, the specific impulse is 1600-2000 s, with a power consumption below 500 W for PHALL I and projected around 150 W for PHALL II. The thrusters have been tested in a 0,5-m diameter, 2-m long vacuum chamber pumped down by three diffusion pumps in series with a rotary pump, with a total pumping speed of less than 3000 l/s for argon.

In order to continue developing thrusters in the 100-mN thrust range, characterizing their performance with reliable thrust and plume measurements, a larger vacuum chamber with a higher pumping speed vacuum system is needed [Randolph *et al.* 1993].

3. Sizing the Chamber and the Vacuum System

In order to effectively simulate the space environment a test facility should, ideally, be of infinite size. This is of course not possible, in practice. Therefore, a vacuum chamber is generally built as large as possible, in order to minimize plume interaction with the walls and, in particular, the effects caused by particles ricocheting after impinging on the chamber walls. In our case, the chamber diameter is constrained by access to the Plasma Laboratory, with 1.9-m doors, while the length is practically unconstrained. Electric thruster plumes are rarely very well collimated, presenting, apart from the case of some gridded ion thruster models, divergences larger than 15-20°. Hence, it is generally not useful to have extremely “long and thin” vacuum chambers, with very high length-to-diameter aspect ratios, as the plume would impinge on the side walls before striking the end of the chamber. As we did not have, in our case, constraints on the chamber length, but only on the diameter, we settled, at the end of the design process, for an internal diameter of 1.7 m and a length over 5 m, with an aspect ratio slightly greater than 3.

As far as the vacuum system is concerned, this has to be powerful enough that the pressure inside the chamber will not rise above certain values during thruster operation, in order to avoid substantial interaction between the plume and the residual, background gas particles, which would be absent in space. The relation between mass flow rate \dot{m} (gas inflow from a thruster, plus the outgassing from the chamber walls and other objects inside the vacuum chamber) and pumping speed S (volume flow rate that the pumps can deal with) is as follows:

$$\dot{m} = S\rho \quad , \quad (1)$$

where ρ is the gas density. Using the Perfect Gas Equation

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad , \quad (2)$$

where p is the Pressure, R the Specific Gas Constant and T the Absolute Temperature, we can rewrite our relation as:

$$\dot{m} = \frac{Sp}{RT} , \quad (3)$$

and remembering that the Specific Gas Constant R is

$$R = \frac{k_B}{Wu} , \quad (4)$$

where k_B is the Boltzmann Constant, W the Atomic Weight and u the Atomic Mass Unit, we can write

$$\dot{m} = \frac{SpWu}{k_B T} . \quad (5)$$

If we now assume to be operating at a constant temperature $T \sim 300$ K, substituting this value and the values for k_B and u , we obtain:

$$\dot{m} = 4 \times 10^{-7} SpW , \quad (6)$$

or, in a more useful form:

$$S = 2.5 \times 10^6 \frac{\dot{m}}{pW} . \quad (7)$$

If we now express, as is customary, \dot{m} in mg/s, p in mbar and S in l/s, instead of using MKS units, we have to write:

$$S = \frac{25}{W} \frac{\dot{m}}{p} . \quad (8)$$

When we are operating an electric thruster of the size of those tested at UnB, we can generally neglect the outgassing compared to the inflow from the thruster: \dot{m} will thus simply be the thruster mass flow rate.

Now, W is 131.3 for xenon and 39.95 for argon. If we want to operate a thruster with mass flow rates up to 5 mg/s (giving 100 mN of thrust with a specific impulse of 2000 s) while maintaining facility background pressures below 1.7×10^{-5} mbar, sufficient to obtain reliable performance and plume data, for measurements within 1.2 m of the thruster [Randolph *et al.* 1993], we will need at least:

$$S = \frac{25}{W} \frac{\dot{m}}{p} = 0.19 \frac{\dot{m}}{p} = 56000 \frac{l}{s} \quad \text{for Xe}$$

and

$$S = \frac{25}{W} \frac{\dot{m}}{p} = 0.63 \frac{\dot{m}}{p} = 185000 \frac{l}{s} \quad \text{for Ar}$$

Such pumping speeds can be readily obtained by employing CVI TM1200 cryogenic high-vacuum pumps. This particular model of vacuum pump has been used for many years by nearly all main US research and development groups in electric propulsion, showing excellent performance and reliability. Xenon pumping speeds between 16000 l/s and 27500 l/s have been reported for the TM1200 [McLean and Lesky 1997, Garner *et al.* 1996], while the pumping speed for argon is considerably higher, around 45000 l/s [Tzemos and Savy 2011]. By using four TM1200, the total pumping speed will be, according to the various estimates, between 64000 l/s and 110000 l/s with xenon and about 180000 l/s with argon. A roughing system, consisting of a dry pump and of a Roots blower, will provide the level of pre-vacuum necessary to operate the cryopumps.

6. Conclusions

After several iterations between the authors at UnB and PHPK, a US company based in Columbus, Ohio, a final design of the vacuum facility has been reached and awaits the liberation of funds to be implemented at the UnB Physics Institute Plasma Laboratory or at a location on the UnB-Gama Campus. PHPK is the exclusive supplier of the full line of CVI cryogenic high vacuum pumps, and has built vacuum chambers for nearly all the main US research and development groups working in electric propulsion [Tzemos and Savely 2011]. The final design includes four CVI TM1200 cryopumps, but not the roughing, pre-vacuum system, which will be supplied by Edwards Vácuo Ltda., SP. This high-vacuum facility will allow further testing and development of various electric thrusters, starting with a family of Hall thrusters that has been under development at UnB for nearly a decade.

References

- Ferreira, I.S. and Ferreira, J.L. (2003) “Primeiros resultados do desenvolvimento de um propulsor à plasma por efeito Hall”. Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, Vol. 22, No. 2, pp. 58-62.
- Ferreira, J.L., *et al.* (2010) “A Permanent Magnet Hall Thruster for Orbit Control of Lunar Polar Satellites”, Proceedings of the 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, on PSD1-Precise Orbit Determination: Orbit and Attitude Control.
- Garner, C.E., *et al.* (1996) “Methods for Cryopumping Xenon”, AIAA-96-3206, Proceedings of the 32nd AIAA/ ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, Lake Buena Vista, FL.
- McLean, C.H. and Lesky, O. (1997) “Development of a Helium Cryopumped Facility to Evaluate Hall Effect Thrusters”, IEPC-97-135, Proceedings of the 25th International Electric Propulsion Conference, Cleveland, OH, pp. 862-869.
- Randolph, T., *et al.* (1993) “Facility Effects on Stationary Plasma Thruster Testing”, IEPC-93-93, Proceedings of the 23rd International Electric Propulsion Conference, Seattle, WA, pp. 844-854.
- Tzemos, C. and Savely, T. (2011) Private Communication, PHPK, Columbus, OH.

Materiais

Avaliação por termogravimetria da poliuretana obtida a partir do óleo de maracujá

Roseany V. V. Lopes¹, Maria J. A. Sales²

¹Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB) – Brasília – DF

²Instituto de Química – Universidade de Brasília (UnB) – Brasília -DF

roseany@unb.br, mjsales@unb.br

Abstract. Vegetable oils have a wide application industrial and present promising potential in the synthesis of polymeric materials. An example of the importance of this resource type is the synthesis of polyols for the production of resins and polyurethanes. The present study shows the hydroxylation of passion fruit oil (*Passiflora edulis*) with generation "in situ" of the acid performer, followed by a synthesis of polyurethane (PU). The materials were characterized by thermogravimetry (TG) and the results showed that the polyol presents a low thermal stability, but high functionality, which resulting greater density of crosslinks in the polymer network.

Resumo. Os óleos vegetais têm vasta aplicação no âmbito industrial e apresentam potencial promissor na síntese de materiais poliméricos. Um exemplo da importância deste tipo de recurso é a síntese de polióis para produção de resinas e poliuretanas. O presente estudo mostra a hidroxilação do óleo de maracujá (*Passiflora edulis*) com geração “in situ” do ácido perfórmico, seguida da síntese de uma poliuretana (PU). Os materiais foram caracterizados por termogravimetria (TG) e os resultados mostraram que o poliol apresenta baixa estabilidade térmica, porém alta funcionalidade, o que resulta maior densidade de ligações cruzadas na rede polimérica.

1. Introdução

As poliuretanas (PUs) têm sido objeto de pesquisa no âmbito industrial e acadêmico, em virtude de apresentarem grande versatilidade e aplicação, podendo ser amplamente utilizadas como espumas rígidas e flexíveis e também empregadas como elastômeros, fibras, lacas e adesivos [Nicholson 1991].

As PUs são originadas a partir da reação de polióis com dois ou mais isocianatos, através de uma reação de policondensação. Os pré-polímeros mais frequentemente utilizados para preparação de PUs são poliésteres ou poliéteres [Cangemi (2006) e Saunders e Frisch (1963)].

Com o intuito de promover o aproveitamento de um subproduto que, muitas vezes é desperdiçado, o objetivo do presente trabalho é apresentar estudos preliminares sobre a síntese de uma PU obtida a partir da semente do óleo de maracujá. Além disso, caracterizar os materiais por termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG).

2. Materiais e Métodos

2.1 Materiais

Neste trabalho, foi utilizado óleo da semente de maracujá (OM), adquirido da empresa Naturais da Amazônia, ácido fórmico da Isofar, água oxigenada 30%, bissulfito de sódio, éter etílico, carbonato de sódio, sulfato de sódio anidro, óleo de silicone e trietanolamina, todos adquiridos da Vetec, além do 4,4-difenil metano diisocianato (MDI) adquirido da Dow Chemical.

2.2 Síntese do poliol-formiato

O OM utilizado, com massa molecular e funcionalidade médias de 869 g mol⁻¹ e 4,8 duplas por mol, respectivamente, foi hidroxilado, pelo método descrito por Monteavaro *et al.* (2005). Foram misturados em frasco de vidro, a temperatura ambiente e por 5 h, o OM, o ácido fórmico e a água oxigenada, de acordo com a seguinte proporção molar: 1 mol de ligações duplas/3 mol de ácido fórmico/1,5 mol de água oxigenada. O número de hidroxilos foi determinado por titulação, de acordo com o método ASTM 1957-8610. O teor de isocianato livre (NCO) presente no MDI foi realizado por titulação, através do método ASTM D 5155-9611.

2.3 Síntese da PU

A reação de síntese da PU ocorreu em frasco de vidro, quando se adicionou ao poliol a mistura ASA (água, silicone e amina) e o MDI em excesso (razão molar [NCO]/[OH] = 1,2). Em seguida a mistura foi vertida em moldes de teflon e permaneceu em estufa a 100 °C até a cura completa.

2.4 Caracterização do OM, do poliol e da PU

Análise Térmica

As curvas TG foram obtidas em uma termobalança TGA-50/Shimadzu, utilizando célula de platina como porta-amostra sob atmosfera inerte. A varredura foi feita da temperatura ambiente até 650 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹, e amostras com massa variando de 5,0 a 6,0 mg, em atmosfera inerte. A temperatura de decomposição (T_d) foi observada por DTG.

3. Resultados e discussão

A PU obtida foi sintetizada a partir de um poliol que apresentou índice de hidroxila de 122 mg KOH/g. O índice de NCO livre obtido foi de 30,82 %. A melhor condição de cura da resina foi na temperatura de 100 °C e em 24h. O material obtido apresentou aspecto homogêneo e pode-se inferir que é uma PU rígida, pouco quebradiça e com coloração amarelada.

3.1 Análise térmica (TG e DTG)

A curva TG (Figura 1) do OM mostrou duas regiões de decomposição térmica, a primeira delas pequena e em torno de 231 °C que apresentou perda de massa de 9%. Essa etapa pode ser justificada pela presença de alguma impureza contida no óleo. Entretanto, a segunda região de degradação foi mais significativa e pode ser melhor evidenciada pela DTG (Figura 2), pois apresentou maior perda de massa (92%), ocorreu mais rapidamente do que a primeira e com pequenos desdobramentos em uma faixa de temperatura de 363 a 436 °C ($T_d \sim 406$ °C). Essa etapa, provavelmente, está associada à oxidação dos ácidos graxos (insaturados e saturados) presentes no óleo.

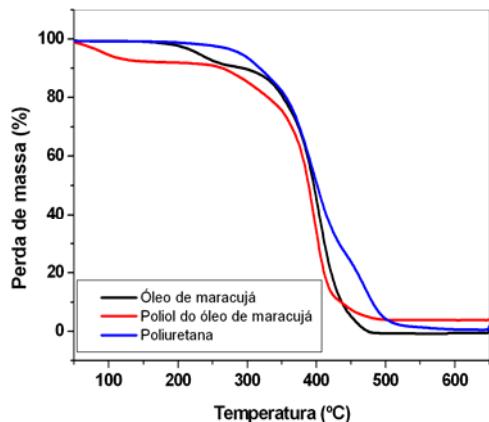


Figura 1. Curvas TG do OM, poliol e PU.

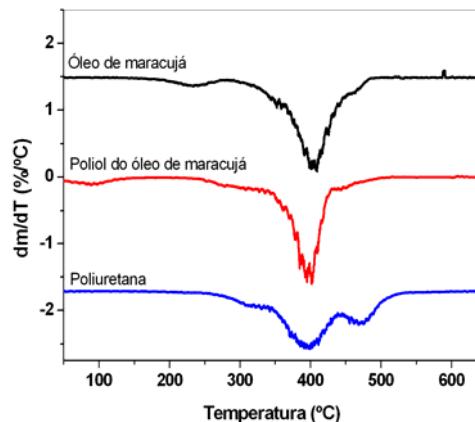


Figura 2. Curvas DTG do OM, poliol e PU.

As curvas TG/DTG do poliol-formiato do OM (Figuras 1 e 2) apresentaram dois principais estágios de degradação térmica. O primeiro ocorreu em uma pequena faixa de temperatura entre 51-121 °C, com T_d de 89 °C e perda de massa de 7%. Esse evento pode ser atribuído aos produtos oriundos das reações paralelas ocorridas durante a reação de hidroxilação. O segundo estágio de degradação ocorreu entre 360 e 414 °C, com T_d de 400 °C e perda de massa de 83%. Esse estágio pode estar relacionado à presença de grupos formiato, hidroxilas e epóxidos [Mark 1971]. É interessante observar que o segundo estágio de decomposição do OM e do poliol apresenta semelhanças e que as faixas de temperatura correspondentes a esse evento são próximas, apesar do OM ser mais estável termicamente do que o poliol derivado dele. Esse fato é mais evidente nas curvas TG, pois a curva do poliol está antecipada em relação à curva do OM. Isso implica dizer que, na região onde ocorreu a decomposição das cadeias monoméricas, houve decomposição das mesmas cadeias funcionalizadas e que a diminuição da estabilidade térmica está associada à funcionalização do óleo, pois esta diminui com o aumento da funcionalidade.

Ainda nas Figuras 1 e 2 estão apresentadas as curvas TG e DTG da PU, que mostram três etapas de degradação. A primeira delas inicia em, aproximadamente, 250 °C e finaliza em 335 °C (T_d de 332 °C e perda de massa em torno de 13%). Esta etapa sugere o início da degradação das ligações uretanicas, uma vez que elas são termicamente instáveis. A segunda etapa de degradação, entre 354 e 421 °C (T_d 397 °C e 61% de perda de massa), está associada a outros segmentos da estrutura remanescente [Monteavaro *et al* 2005]. Por fim, a terceira etapa, entre 443 e 494 °C, pode

estar relacionada à degradação estrutural restante do poliol. Como era de se esperar, a PU apresentou estabilidade térmica superior, quando comparada aos demais materiais. Isso se deve às reticulações presentes no material.

4. Conclusões

O estudo realizado mostrou que a síntese da PU foi realizada com êxito. Os resultados por TG mostraram que o material possui alta estabilidade térmica, sugerindo sua utilização em diversas aplicações.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e ao IQ/UnB pelo apoio financeiro e suporte técnico.

5. Referências

- Nicholson, J. W. (1991) *The Chemistry of Polymers*. The Royal Society of Chemistry: Cambridge.
- Cangemi, J. M. (2006) *Biodegradação de poliuretano derivado do óleo de mamona*. 163p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Química, USP, São Paulo.
- Saunders, J.H.; Frisch, K.C. (1963) *Polyurethanes: Chemistry and technology*. Interscience Publishers: New York.
- Monteavaro, L. L.; Silva, E. O.; Costa, A. P. O.; Samios, D.; Gerbase, A. E.; Petzhold, C. L. (2005) *Journal of the American Oil Chemical Society*, US, p. 365-371, v.82, n.5.
- American Society for Testing and Materials. *Standard Test Method for Hydroxyl Value of Fatty Oils and Acids*. ASTM D 1957-86.
- American Society for Testing and Materials. *Test Method for Polyurethane raw materials: determination of the isocyanate content of aromatic isocyanates*. ASTM D 5155-96.
- Mark, H. F. (1971) *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, John Wiley and Sons Ltd, 1971.
- Monteavaro, L. L.; Riegel, I. C.; Petzhold, C. L.; Samios, D. (2005) *Polímeros: ciência e tecnologia*, SP, p.151-155, v.15, n.2.

Determinação da Cinética de Recristalização da Liga Cu-14Al-4Ni com Efeito Memória de Forma

João A. R. da Cruz¹, Emmanuel P. R. Lima²

¹Departamento de Engenharia Mecânica (ENM) – Universidade de Brasília (UnB) – Caixa Postal 04386 – 70.910-900 – Brasília – DF – Brasil

²Faculdade do Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB) – Gama – DF – Brasil
jarthuraizel@hotmail.com, emmanuel@unb.br

Abstract. The objective of this work is the determination, from an empirical law of transformation, the recrystallization kinetics of the Cu-14Al-4Ni shape memory alloy. To simulate the industrial processing, the material was hot rolled ($\delta = 20\%$) and then submitted to heat treatment at various times to monitor the evolution of recrystallization through the variation of Vickers microhardness. The results obtained showed that the recrystallized fraction equation for the alloy treated at 790°C, $Y_{REC} = 1 - \exp [- (0.002474 t)^{1.0702}]$, it follows with reasonable accuracy the empirical law of formation proposed by Johnson-Mehl-Avrami for the property considered, with an R^2 correlation factor more than 94%.

Resumo. O objetivo deste trabalho é a determinação, a partir de uma lei empírica de transformação, da cinética de recristalização da liga Cu-14Al-4Ni com efeito memória de forma. Para simular o processamento industrial, o material foi laminado a quente ($\delta = 20\%$) e em seguida submetido a tratamentos térmicos em tempos variados para acompanhar a evolução da recristalização através da variação da microdureza Vickers. Os resultados obtidos mostraram que a equação da fração recristalizada para a liga tratada a 790°C, $Y_{REC} = 1 - \exp [- (0,002474t)^{1,0702}]$, segue com razoável precisão a lei empírica de formação proposta por Jonhson-Mehl-Avrami (J-M-A) para a propriedade considerada, apresentando um fator de correlação R^2 superior a 94%.

1. Introdução

O efeito memória de forma (EMF) pode ser definido como a capacidade de um material, após ter sido deformado plasticamente em seu estado martensítico, voltar ao estado ou forma original através de aquecimento a temperaturas superiores à temperatura de transformação martensítica. No entanto, as ligas não ferrosas com efeito memória de forma apresentam, normalmente, dois problemas que dificultam seu emprego em escala industrial: o envelhecimento natural e o crescimento de grãos. O primeiro degrada o efeito memória, enquanto o segundo, observado durante a fase de processamento da liga, desloca as temperaturas nas quais as transformações se manifestam. Dessa forma, se faz necessário determinar previamente as condições ideais de tratamento (tempo e temperatura) para garantir a recristalização parcial ou total do material e a recuperação das propriedades mecânicas, alteradas durante processamento industrial, sem provocar o crescimento de grãos (Lima, 2002). Atualmente existem três grandes grupos de ligas com EMF que vêm sendo estudados: a base NiTi (Silva, 2005), a base cobre (Ferreira, 1998; Lima, 2000) e a base ferro (Otsuka e Wayman, 1998). Em

virtude de suas propriedades, as ligas com EMF vêm encontrando aplicações crescentes nas mais diversas áreas.

2. Metodologia Experimental

A liga de composição nominal Cu-14Al-4Ni foi elaborada em forno de indução de e vazada em lingoteira metálica. Depois de elaborada, a liga foi homogeneizada a 750°C por 24h, solubilizada e, com o intuito de reproduzir um processamento mecânico industrial, laminada a quente ($\delta = 20\%$) a 900°C com resfriamento subsequente em água. Em seguida, amostras distintas da liga foram submetidas a tratamentos isotérmicos de recristalização em tempos que variaram de 20 a 7200 segundos na temperatura de 790°C. Terminados os tratamentos, as amostras foram submetidas a ensaios de microdureza Vickers (10 medidas por amostra), carga de 300g, para acompanhamento do processo de recristalização. Os valores das microdurezas foram relacionados biunivocamente aos da fração transformada de acordo com a equação 1 abaixo e plotados em um gráfico em função do tempo (figura 1). Como a recristalização pode ser entendida como uma transformação de fase numa solução sólida heterogênea, que ocorre por nucleação e crescimento, a sua cinética pode ser descrita por uma equação do tipo Johnson-Mehl-Avrami (Cahn, 1983) e, dessa forma, aplicando-se logaritmo natural duas vezes aos dois lados da expressão $Y_{REC} = 1 - \exp [-(kt)^n]$ que descreve a cinética de recristalização e traçando-se um diagrama $\ln[-\ln(1-y)]$ versus $\ln(t)$, obtemos uma reta cuja declividade é igual ao expoente n e sua interseção com o eixo vertical é igual a $n\ln(K)$, como mostrado na figura 2. Por fim, foram determinados os parâmetros n e K da equação J-M-A.

$$Y_{rec} = 1 - \frac{V_{prop} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad [\text{Equação 1}]$$

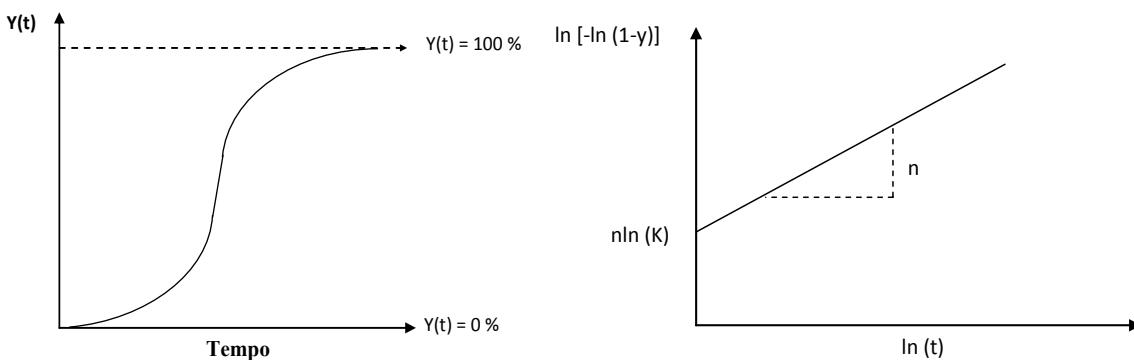


Figura 1. Curva sigmoidal da fração recristalizada em função do tempo.

Figura 2. Diagrama $\ln[-\ln(1-y)]$ versus $\ln(t)$.

3. Resultados e Discussão

A liga obtida por fusão e lingotamento apresentou, após tratamentos de homogeneização e solubilização, uma boa trabalhabilidade e uma morfologia relativamente uniforme, apesar de se tratar de um material com elevada heterogeneidade microestrutural devido ao processo de obtenção (solidificação em lingoteira metálica). O material solubilizado (betatizado) a 900°C por 1 hora e laminado (deformado 20%) nesta temperatura com subsequente resfriamento em água apresentou uma microestrutura uniforme de estrutura monofásica martensítica em forma de agulhas, como mostrado na figura 3. A figura 4 apresenta a microestrutura da liga recristalizada após recozimento por 2h a 790°C.

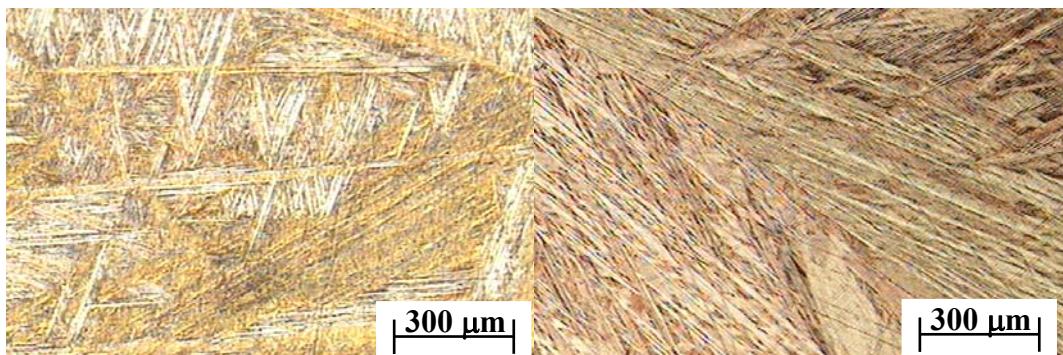


Figura 3. Micrografia óptica da liga solubilizada à 900°C e laminada ($\delta = 20\%$).

Figura 4. Micrografia óptica da liga recozida por 2h a 790°C (recristalizada).

Para todas as condições estudadas (tempos e temperatura de tratamento) foi encontrada uma significativa dispersão nos resultados com relação à microdureza Vickers (tabela 1). Isto deve ter ocorrido devido às heterogeneidades compostional e microestrutural geradas pelo processo de solidificação irregular do material (crescimento colunar dos grãos das paredes da lingoteira em direção ao centro do lingote), apesar dos tratamentos de homogeneização e solubilização realizados.

Tabela 1. Resultados de Microdureza Vickers para a liga tratada a 790°C.

Tempo [s]	Microdureza Vickers [300g]	Desvio Padrão
0	365,00	0
20	362,67	28,89
40	358,42	29,16
60	351,05	28,37
120	319,79	22,49
180	297,42	20,27
360	284,55	22,41
720	273,55	20,81
1440	253,05	18,55
7200	250,27	16,54

A cinética de recristalização acompanhada pela variação de dureza, apesar das limitações deste processo (medidas pontuais), mostra-se uma importante ferramenta, atuando como orientadora para seleção dos tempos de tratamento em função da temperatura (Woldt e Juul Jensen, 1995). Os resultados experimentais encontrados para esta propriedade apresentaram um bom fator de correlação ($R^2 = 0,946$), mostrando que a curva teórica de Johnson-Mehl-Avrami ajusta-se razoavelmente bem aos valores experimentais.

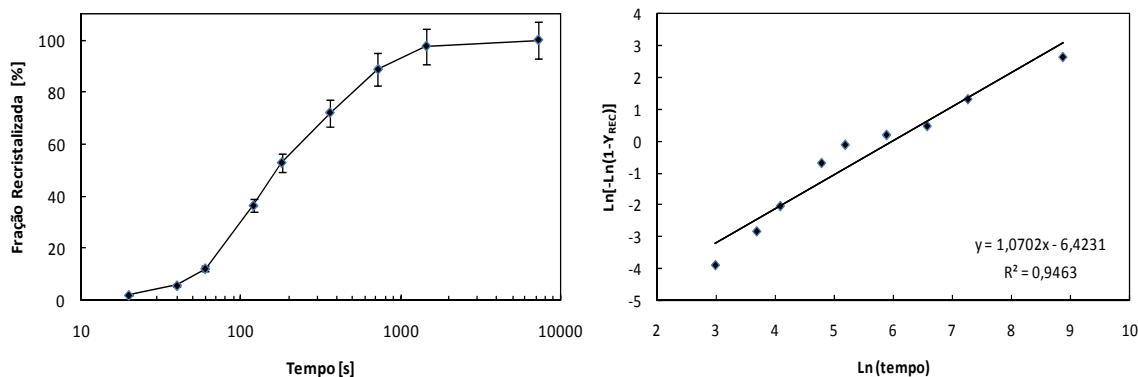


Figura 5. Curva da fração recristalizada em função do tempo de tratamento.

Figura 6. Diagrama $\ln [-\ln(1-Y_{REC})]$ versus $\ln (\text{tempo})$.

4. Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que a liga Cu-14Al-4Ni é extremamente sensível à temperatura na qual a liga é tratada e que equação da fração recristalizada para a liga tratada a 790°C, $Y_{REC} = 1 - \exp [-(0,002474t)^{1,0702}]$, segue com razoável precisão a lei empírica de formação proposta por Jonhson-Mehl-Avrami (J-M-A) para a propriedade considerada, apresentando um fator de correlação R^2 superior a 94%. Tais resultados permitem a realização futura de trabalhos de pesquisa visando o desenvolvimento de dispositivos para controle de vibração e forma de maneira otimizada, possibilitando-se determinar previamente as condições ideais de tratamento (tempo e temperatura) para a produção de propriedades mecânicas específicas.

5. Referências Bibliográficas

- Lima, E. P. R. (2002) “Estudo da Cinética de Recristalização da Liga de Alumínio AA 8011 na Condição H18”. Dissertação Departamento de Engenharia Mecânica-UFPE.
- Silva, E. P. (2005) “Active control of a beam actuated by means of Shape Memory Actuators”. In: 18th International Congress of Mechanical Engineering, Ouro Preto.
- Ferreira, R. A. S., Lima, E. P. R., Quadros, N. F. de, Araújo, P. C. B. (1998) “Evolução Microestrutural de Ligas do Sistema Cu-Zn-Al com Adição de B, Fe e TiB” In: 13º CBECIMAT, São Paulo-SP.
- Lima, E. P. R., Ferreira, R. A. S., Quadros, N. F. de, Yadava, Y. P., Araújo, O. O., Aquino Filho, A. (2000) “Microstructural Evolution in a Cu-Zn-Al Shape Memory Alloy: Kinetics and Morphological Aspects”. Materials Research.
- Otsuka, K., Wayman, C. M. (1998) “Shape Memory Materials”. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cahn, R. W. (1983) “Recovery and Recrystallization”. Physical Metallurgy, Elsevier Science Publishers, 3rd ed., pp. 1595-1671.
- Woldt, E., Juul Jensen, D. (1995) “Recrystallization Kinetics in Copper: Comparison Between Techniques”. Metallurgical and Materials Transactions A, 26 A, pp. 1717-1724.

Química

Análise do Índice de Acidez do Óleo de Fritura recolhido pelo Projeto BioGama

Breno Prince Marcondes Ribeiro¹, Isabela Cristina Curado¹, Grace Ferreira Ghesti¹, Juliana Petrocchi Rodrigues¹

¹Faculdade do Gama – Universidade Federal de Brasília (UnB)
Brasília – DF – Brasil

brenoprincemribeiro@gmail.com, isabelacurado@gmail.com, grace@unb.br,
jpetrocchi@unb.br

Abstract. This article reports the analysis of the acid value of three samples of waste oil collected in the Gama community. In addition, to confirm the data obtained, it was used the technique of liquid chromatography, by HPLC. The collected oils have low acidity index and can be used to produce biodiesel from this material

Resumo. Este artigo reporta as análises do índice de acidez de três amostras de óleo residual recolhidas na comunidade do Gama. Além disso, para a confirmação dos dados obtidos, utilizou-se a técnica de cromatografia líquida por HPLC. Os óleos coletados possuem baixos índices de acidez e poderão ser utilizados para a produção de biodiesel a partir deste material.

1. Introdução

Os ácidos graxos são ácidos orgânicos lineares, que diferem no número de carbonos que constituem a sua cadeia e ainda, na presença de insaturações. Uma das principais formas de encontrarmos ésteres de ácidos graxos na natureza é na forma de acilglicerídeos, os quais são ésteres formados pela condensação de ácidos graxos com o tri-álcool conhecido popularmente por glicerina ou glicerol. Estes compostos são chamados de mono, di ou triacilglicerídios, dependendo se uma, duas ou três moléculas de ácido graxo se associam ao glicerol, respectivamente. Os óleos e gorduras possuem, em sua composição, basicamente triacilglicerídeos podendo ainda estar presentes ácidos graxos livres. [1]

O biodiesel é obtido pela reação de transesterificação, onde o óleo vegetal é misturado a metanol ou etanol, e na presença de um catalisador dá origem a uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Os principais catalisadores utilizados na produção de biodiesel são os catalisadores básicos. Porém, estes apresentam o problema de saponificação quando o óleo ou gordura possui alto teor de ácidos graxos livres ou há presença de água no meio reacional, causando a hidrólise dos triacilglicerídeos. A formação de sabões, além de consumir parte do catalisador, forma emulsões dificultando a separação dos produtos finais (ésteres e glicerina). [2]

Durante o processo de fritura, o óleo pode sofrer algumas reações devido à alta temperatura. Entre elas, ocorre a hidrólise que promove a quebra de ligações do éster no glicerídio com formação de ácidos graxos livres, monoglicerídios, diglicerídios e glicerol. [1] Quanto maior a quantidade de frituras neste óleo, maior a ocorrência de hidrólise pela alta temperatura e troca de umidade do alimento para o meio de fritura, aumentando, assim o conteúdo de ácidos graxos livres. [3]

Sabendo-se que um alto teor de ácidos graxos livres pode prejudicar a produção de biodiesel com o óleo coletado na comunidade do Gama pelo projeto BioGama, o

principal objetivo desse trabalho foi determinar os índices de acidez do óleo residual, para que se conheçam quantitativamente as concentrações de ácidos graxos livres nas amostras selecionadas.

2. Metodologia

As amostras de óleo selecionadas foram coletadas de um restaurante (amostra 1), de uma residência local (amostra 2), e de uma escola pública (amostra 3), sendo assim, todos provenientes da comunidade do Gama-DF.

As análises dividiram-se em duas partes: cálculo do índice de acidez e análise por cromatografia líquida.

2.1. Índice de Acidez

O índice de acidez foi determinado por titulação ácido-base, utilizando como titulante solução metanólica de hidróxido de potássio, conforme o método AOCS Cd3d63. Cada amostra foi analisada tomando-se 3 alíquotas de 1 g de cada uma e diluindo com 10 g de solvente composto de uma mistura 1:1 de tolueno e isopropanol, segundo o método. Com o auxílio de 3 gotas de solução de indicador fenolftaleína 1 % em isopropanol fez-se a titulação sob agitação até observar-se o ponto de viragem. O volume gasto de titulante para cada procedimento era anotado e aplicado na Equação abaixo, que determina o índice de acidez.

$$IA = V \cdot C \cdot 56,1 / m$$

Onde V= volume de titulante gasto (mL), C= concentração do titulante (mol/L) e m= massa de óleo utilizada (g).

2.2. Cromatografia Líquida

A análise de cromatografia líquida (HPLC) foi feita em um aparelho Shimadzu, com detector UV, à temperatura inicial de 40°C e final de 60°C, sendo a corrida cromatográfica feita em mistura gradiente de metanol/2-propanol com fluxo de 1mL/min. Após coletados, os dados foram plotados em um gráfico utilizando o software MATLAB®.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Materiais e Combustíveis (LMC), localizado no Instituto de Química da Universidade de Brasília.

3. Resultados e Discussão

Os resultados de índice de acidez das amostras analisadas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise Volumétrica do Óleo e Índice de Acidez

Amostra	Massa (g)	Índice de Acidez (mg KOH/g _{am})
1	1,0057±0,0001	1,10±0,05
2	1,0065±0,0001	0,48±0,05
3	1,0048±0,0001	0,91±0,05

Pela análise dos resultados mostrados na Tabela 1, vemos que todas as amostras apresentaram um índice de acidez baixo, mostrando que aparentemente, os óleos coletados não foram reutilizados para muitos processos de fritura.

De fato, como se pode observar nas análises de cromatografia líquida, os únicos picos que aparecem são os identificados como sendo triacilglicerídeos. Os cromatogramas obtidos são apresentados na Figura 1.

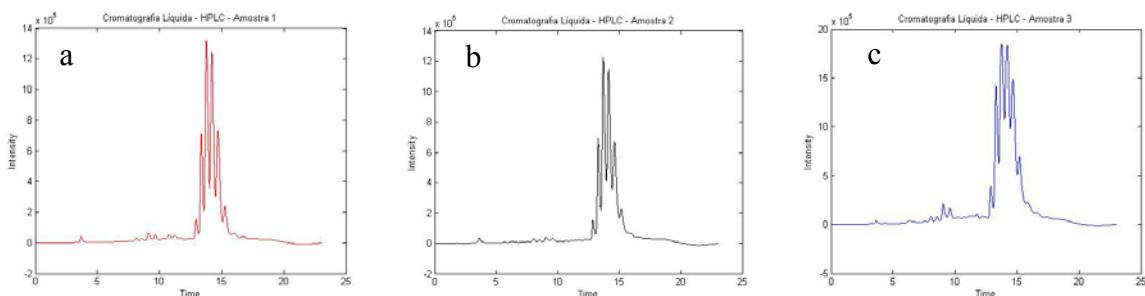


Figura 1: Cromatogramas obtidos pela análise das amostras de óleos coletados: (a) amostra 1 (b) amostra 2 e (c) amostra 3.

A região que apresenta a maior quantidade de picos, de acordo com o método utilizado, representa os triglycerídeos. Os outros picos de menor intensidade são caracterizados como impurezas presentes nas amostras, porém não são identificados como ácidos graxos livres.

4. Conclusão

As amostras de óleos analisadas apresentam baixos teores de ácidos graxos livres, mostrando que os óleos provavelmente não estão sendo reutilizados nos processos de fritura, o que poderia gerar um alto índice de acidez para este material.

As análises realizadas mostram que o óleo poderá ser utilizado na produção de biodiesel sem precisar de tratamentos auxiliares para neutralização dos mesmos, o que levará a uma otimização do processo produtivo.

Referências

- [1]. Moretto, E. (1998). *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*. Ed. Varela, São Paulo.
- [2]. Suarez, P. A. Z.; Santos, A. L. F.; Rodrigues, J. P.; Alves, M. B. (2009) *Quím. Nova*, 32, 768-775.
- [3]. Lima, D. O. (2009) *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal da Bahia, Brasil, Salvador.

Análise de Contaminantes em Amostras de Combustíveis Coletados em Veículos da UnB

Pilar Hidalgo¹, Glécia Virgolino da Silva²

¹ Departamento de Engenharia de Energia, Universidade de Brasília (UnB), Campus Gama, Área Especial 2 Lote 14 Setor Central, Gama, DF, 72405-610 - Brasil

²Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Laboratório de Energia e Ambiente/LEA, Asa Norte- 70910-900 – Brasília/DF. Brasil.

{drapilar}@gmail.com, gleciavas@yahoo.com.br

Abstract. This article shows the results of analysis of samples commercial diesel collected in three vehicles belonging to UNB, as the traffic department noted frequent problems in vehicles engines. The results showed possible contamination of the fuel by external or internal causes from the storage tank, which can cause damage to engines.

Resumo. O presente artigo mostra os resultados das análises de amostras de diesel comercial coletados em três veículos pertencentes à UnB, visto que o departamento de trânsito observou freqüentes problemas nos motores dos veículos. Os resultados evidenciaram possíveis contaminações do combustível por causas externas ou internas provenientes do tanque de armazenamento, o que pode ocasionar prejuízos nos motores.

1. Introdução

As análises de combustíveis são de extrema importância, já que demonstram possíveis contaminações ou adulterações destes, o que repercutem na vida útil de um motor. Além do óleo diesel, devem-se analisar as influências que os 5% de biodiesel contido na mistura diesel-biodiesel, podem causar nos motores automotivos. [Brasil 2009]

Para a devida regulamentação deste produto, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), estabelece normas para que este combustível esteja dentro da qualidade exigida, para a distribuição nos postos comerciais [ANP 2010]. Mas nota-se que o transporte deste combustível e a posterior estocagem têm uma relevante contribuição na deterioração de sua qualidade, principalmente no que se trata da estabilidade do biodiesel estocado [Silva et al. 2009].

Segundo Faria et al. (2007), dentre as ferramentas analíticas disponíveis para identificação e quantificação de compostos em misturas, podem-se destacar a Cromatografia Gasosa de Alta Resolução acoplada à Espectrometria de Massas (CGAR-EM), a Espectroscopia na Região do Infravermelho (IV) e do Ultravioleta (UV) e a Ressonância Magnética Nuclear (RMN).

Considerando a necessidade do Departamento de Transporte, pertencente à Universidade de Brasília (UnB), de verificar se as frequentes ocorrências de problemas nos motores de seus veículos estão correlacionadas ao combustível utilizado, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o combustível armazenado no tanque da universidade, o qual é distribuído para toda a frota de automóveis da UnB, utilizando-se como instrumento analítico CG-FID e técnica para análises de insolúveis em diesel.

2. Parte Experimental

Foram analisadas três amostras enviadas pelo Departamento de Transportes da Universidade de Brasília-UnB. Tais amostras passaram por análises visuais, quantificação de insolúveis e cromatografia gasosa. Os procedimentos e detalhamento das técnicas são descritas a seguir.

2.1. Análises por Observação (Aparência)

A cor e aparência da amostra são parâmetros de relevante importância na avaliação dos combustíveis, pois podem indicar presença de contaminantes, além de verificar-se se o combustível está dentro das normas exigidas, por exemplo, pela ASTM-D1500 para cor. Estes foram realizados no Laboratório de Segurança Ambiental/FT/UnB.

2.2. Análises de Insolúveis:

Separou-se uma alíquota das três amostras e procedeu-se a obtenção de insolúveis, segundo a metodologia descrita abaixo adaptada da norma ASTM D 893, com uso de equipamentos com uma centrífuga e uma balança analítica:

- a) Pesar 1 g de cada amostra, previamente anotar a massa do tubo (m_t);
- b) Adicionar até completar um volume total de 10 ml de heptano;
- c) Centrifugar com uma velocidade media por 30 minutos;
- d) Descartar o líquido;
- e) Volte adicionar 10 ml de heptano misturando com um bastão;
- f) Coloque novamente na centrífuga à velocidade média por 30 minutos;
- g) Descarte o heptano;
- h) Secar na estufa a 100 °C, deixar esfriar e registrar a massa do tubo + insolúveis (m_{t+i}) ;
- i) % de insolúveis = $[(m_{t+i} - m_t) / m_{amostra}] * 100$;

2.3. Análises Cromatográficas

Os cromatogramas foram obtidos no Laboratório de Cromatografia Gasosa/FGA/UnB, utilizando-se um equipamento da Thermo Trace CG Ultra (Figura 2), com coluna capilar OV-1 e detector FID. A temperatura do forno foi programada para iniciar com 40 °C durante 1 minuto, com rampa de aquecimento de 10 °C/min atingindo uma temperatura final de 250 °C. As amostras e o padrão foram diluídos em n-heptano com fator de diluição de 1:200. A temperatura do injetor *split* foi de 250 °C, e o volume injetado de 2 μ l por amostra em duplicata.



Figura 2. Cromatógrafo Gasoso Trace CG Ultra da Thermo acoplado ao um microcomputador.

3. Resultados

3.1. Cor e Aparência

A cor e aparência das amostras foram diferentes do padrão adquirido num posto de distribuição da região. As amostras apresentavam uma coloração escura, como mostra a figura 4. Observaram-se também sedimentos de material particulado de cor escura decantado ao fundo dos recipientes.



Figura 4. Amostras de diesel para análise de veículos pertencentes à UnB. (a) diesel adquirido em posto de distribuição da região do gama; (b) e (d) diesel coletado de dois diferentes micro-ônibus; (c) diesel coletado de um ônibus.

3.2. Cromatogramas

Os Cromatogramas (Figura 5) adquiridos foram bastante similares, corroborou-se que estas amostras correspondem ao combustível diesel (com 5% de biodiesel).

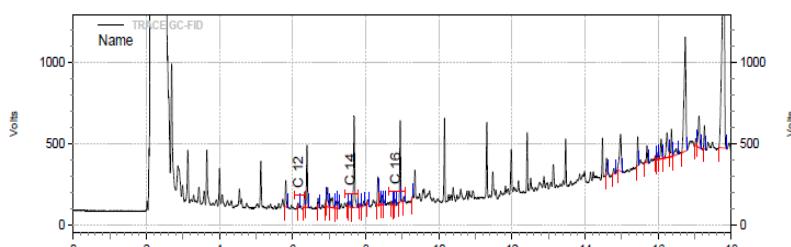


Figura 5. Cromatogramas da amostra de diesel correspondente ao veículo da amostra (b).

Observou-se nos cromatogramas obtidos um pico correspondente ao biodiesel no tempo de retenção de aproximadamente 16,8 min. Sabe-se que a composição do diesel é de C13 a C18, portanto, os picos apresentados entre os tempos de retenção de aproximadamente 6,0 min e 10,0 min, correspondem ao diesel avaliado. O pico do solvente, n-heptano, localiza-se entre 2,0 e 3,0 min.



Figura 6. Do lado esquerdo mostram-se os tubos de ensaio contendo amostra analisada, e do lado direito as amostras após as diluições e centrifugações e secagem a 100°C.

Na tabela 1 são apresentados os resultados obtidos de % de insolúveis das amostras analisadas

Tabela 1 – Percentagem de Insolúveis nas amostras

Identificação	Massa do Tubo (g)	Massa da amostra (g)	Massa de Insolúveis + Tubo (g)	% Insolúveis
(a)	9,223± 0,001	1,007± 0,001	9,223± 0,001	0,000 ± 0,002
(b)	9,195 ± 0,001	1,013 ± 0,001	9,199 ± 0,001	0,400 ± 0,002
(c)	9,251 ± 0,001	1,004 ± 0,001	9,256 ± 0,001	0,500 ± 0,002
(d)	9,301 ± 0,001	1,002 ± 0,001	9,304 ± 0,001	0,300 ± 0,002

Observou-se que a amostra, correspondente ao ônibus (c), conteve a maior quantidade de insolúveis, possivelmente pelo grande volume de combustível requerido em

comparação com os microônibus (b) e (d). Como esperado, a percentagem de insolúveis na amostra padrão (a) foi nula.

4. Conclusões

Com relação aos resultados obtidos, confirmou-se que as amostras correspondem ao combustível diesel comercial (95% Diesel+5% B 100), e que as impurezas obtidas provêm de contaminação externa (exemplo: poeira), cuja composição elementar poderia ser identificada com equipamentos de Absorção Atômica e Infravermelho.

A origem desta contaminação pode provir de duas possíveis fontes: (a) Do tanque de combustível do veículo ou (b) do tanque de armazenamento do diesel. Estas impurezas são indesejáveis já que produzem atrito nas peças metálicas e entupimento da bomba injetora e dos filtros dos motores.

Recomendam-se a manutenção do tanque de armazenamento do combustível utilizado pela frota de veículos da instituição periodicamente ou, se necessário, a troca do referido tanque. E sugerem-se novas análises de amostras oriundas diretamente do tanque de armazenamento da universidade.

Pelas atividades desenvolvidas, agradecemos ao apoio da FGA e do Laboratório de Segurança Ambiental do Departamento de Engenharia Mecânica da UnB.

5. Referências

- Agência Nacional do Petróleo – ANP (2010) Resoluções. Brasil. Disponível em: http://www.anp.gov.br/petro/legis_biodiesel. Acesso em 24 de julho de 2011.
- Brasil (2009) “Testes e ensaios para validação do uso de misturas Biodiesel B5 em motores e veículos”, Ministério de Minas e Energia, p. 9-12.
- Normas ASTM(American Society for Testing and Materials).ASTM-D1500 e D-863.
- Rita C. M. Faria, Michelle J. C. Rezende, Claudia M. Rezende and Angelo C. Pinto, (2007) “Desenvolvimento E Validação De Metodologia De Análise De Misturas Biodiesel: Diesel Utilizando Cromatografia Gasosa-Espectrometria De Massas”, In Quim. Nova, v. 30, No. 8, p.1900-1905.
- Silva, G. V., Falla, M. del P. H., Veras, C. A. G., Lago, C. L. and Nogueira, T. (2009) “Estudo Dos Compostos Formados Pela Degradação Do Biodiesel Usando Técnica De Eletroforese Capilar Com Detecção Condutométrica Sem Contato (CE-C₄D)”, In: III Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de BioDiesel: artigos técnico-científicos. Brasília, DF.: Ministério da Ciência e Tecnologia, v. 3, p.79 – 80.

Estudo da Pirólise do Catalisador Tris-dodecilsulfato de Cério(III) para a Produção de Biodiesel

Júlia N. Lins¹, Filipe R. Malafaia¹, Andreia A. Costa¹, Julio L. Macedo², Grace F. Ghesti¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Gama – DF – Brasil

²Instituto de Química– Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 4478 – 70.904-970 – Brasília – DF – Brasil

julialins.05@hotmail.com, filipermalafaia@gmail.com, andreiaacosta@gmail.com,
julio@unb.br, grace@unb.br

Abstract.

In this work, the study of the catalyst cerium(III) tris-dodecylsulfate activity for biodiesel production via conventional batch reactor and microwaves allowed the elucidation of its deactivation mechanism. The catalyst application in the soybean oil transesterification reaction with ethanol showed conversions higher than 90% after 1 h at 100 °C. The recovered catalyst was applied in additional 3 reaction cycles, reducing the conversion values from >90% to 52%. The thermal treatment of the catalyst at 200 and 300 °C was used to estimate the material final composition after n catalytic cycles. The so obtained catalyst exhibited poor catalytic activity, evidencing that the alkyl chains are essential for the material application.

Resumo.

Neste trabalho, o estudo da atividade do catalisador tris-dodecilsulfato de cério(III) para produção de biodiesel via reator de batelada convencional e microondas permitiu a elucidação do seu mecanismo de desativação. A aplicação do catalisador na reação de transesterificação do óleo de soja com etanol apresentou conversões acima de 90% após 1 h a 100 °C. O catalisador recuperado foi aplicado em mais 3 ciclos reacionais, reduzindo de >90% até 52% de conversão. O tratamento do catalisador a 200 e 300 °C foi utilizado para estimar a composição final do material após n ciclos catalíticos. Os catalisadores resultantes mostraram pobre atividade catalítica, evidenciando que as cadeias carbônicas são essenciais para a aplicação do material.

1. Introdução

O consumo desenfreado de combustíveis fósseis, o alto preço do petróleo bruto e fatores ambientais como o aquecimento global têm feito com que a busca por fontes alternativas de energia sejam inseridas no contexto atual (1,2). Uma alternativa em destaque e que tem se mostrado bastante atrativa é o biodiesel obtido pela transesterificação.

A catálise homogênea é mais empregada para a produção de biodiesel que a catálise heterogênea, porém uma das grandes desvantagens é que os catalisadores não podem ser reciclados ou regenerados, pois o catalisador é consumido na reação e a separação desse material dos produtos é inviável. De acordo com as vantagens observadas nos processos que utilizam catalisadores heterogêneos, o desenvolvimento e uso de novos catalisadores ácidos de Lewis têm ajudado a transformar importantes reações químicas

em processos ambientalmente corretos, pois não são corrosivos, não requerem etapa de neutralização para sua separação do meio, são mais seletivos e podem ser reutilizados. Nossa grupo de pesquisa tem estudado catalisadores ácidos de Lewis/surfactantes combinados, os quais podem ser reutilizados, são tolerantes a água e capazes de realizar reações de transesterificação e esterificação. Diante do exposto, estes catalisadores apresentam grande potencial para a produção de biodiesel a partir de matérias primas de 2^a geração (3).

Neste trabalho estudou-se a atividade do catalisador ácido de Lewis Ce[OSO₃C₁₂H₂₅]₃, sintetizado em nosso laboratório, na reação de transesterificação via radiação de microondas para produção de biodiesel. Além disso, objetivou-se a aplicação do catalisador em diversos ciclos catalíticos, bem como o estudo de possíveis mecanismos de desativação.

2. Metodologia

Preparação dos catalisadores

O catalisador tris-dodecilsulfato de cério(III), Ce(OSO₃C₁₂H₂₅)₃ ou Ce(DS)₃, foram sintetizados de acordo com os procedimentos descritos por Ghesti e co-autores (3). A pirólise do material foi conduzida em um forno tubular (Modelo F21135, Thermolyne) com fluxo contínuo de N₂ anidro (~100 mL min⁻¹) a 200 °C e a 300 °C por 60 min. Para a caracterização dos materiais foram utilizadas as seguintes técnicas: DRX, FTIR, CHN/S, TG/DTG/DTA e FRX/EDX (4).

Ensaios catalíticos

A atividade catalítica dos materiais foi testada nas reações de transesterificação do óleo de soja com etanol. As reações foram realizadas em reator de microondas para reações com razão molar igual a 1:6 (óleo:etanol). Os catalisadores foram ativados em mufla (EDG, model 3P-S) a 100 °C por 4 h com a quantidade de catalisador equivalente a 10% m/m em relação ao óleo. O sistema reacional foi mantido sob agitação constante a 100 °C por 1 h. A conversão das reações foi determinada por FTIR/PLS utilizando um método desenvolvido no laboratório (4).

3. Resultados e Discussão

O tris-dodecilsulfato de cério(III) preparado foi caracterizado em trabalhos anteriores desenvolvidos por nosso grupo de pesquisa (3,4). A atividade deste catalisador foi estudada anteriormente e os resultados mostraram uma taxa de conversão de 92% após 1 h de reação, numa razão molar 1:6, a 100 °C e 10% m/m de catalisador (TOF = 57,4 mol h⁻¹ molcat⁻¹), mesmo na presença de interferentes na reação. Além disso, o catalisador se mostrou bastante ativo na reação de esterificação nas mesmas condições (80 % e TOF = 26,4 mol h⁻¹ molcat⁻¹).

A alta atividade deste catalisador em condições convencionais foi o ponto de partida para estudos em microondas. A aplicação do catalisador Ce(DS)₃ na reação de transesterificação nas mesmas condições da reação convencional apresentou um valor de 94% de conversão. A fim de se estudar a eficiência do Ce(DS)₃, ciclos subsequentes foram realizados e os resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados de conversão da transesterificação do óleo de soja para produção de biodiesel.

Sistema Reacional	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	4º Ciclo

Microondas	94%	81%	71%	61%
Batelada convencional ^a	98%	100%	95%	52%

^a Para reator de batelada convencional tempo de reação de 6 h.

Em um reator convencional de batelada, observou-se que a desativação do catalisador ocorreu via lixiviação das cadeias do dodecilsulfato, o que foi comprovado pelas análises de CG-FID e FRX/EDX do biodiesel, Figura 1.

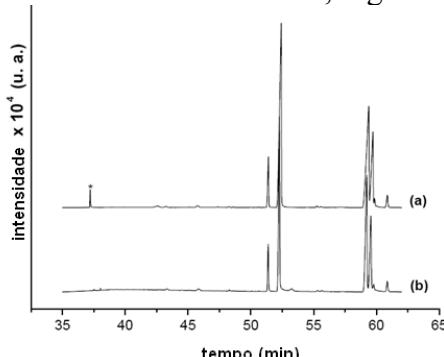


Figura 1. Cromatograma do biodiesel obtido após o (a) primeiro e (b) terceiro ciclo de transesterificação com $\text{Ce}[\text{DS}]_3$ (razão molar 1:6/100 °C/10% de catalisador/6 h em reator de batelada convencional).

A análise do catalisador, após o terceiro ciclo reacional, por FTIR e TG / DTA sugere a lixiviação de cadeias alquila durante a reação de transesterificação seguido pela formação de sulfato de cério(III). No quarto ciclo de reação, a eficiência de conversão do catalisador diminuiu para 52%, o que é explicada com base na formação de $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$, conforme análises posteriores. Após a lixiviação completa de cadeias de hidrocarbonetos, o catalisador restante perde sua capacidade de interação com a fase hidrofóbica e, consequentemente, a sua atividade.

A atividade catalítica do tris-dodecilsulfato de cério(III) também foi avaliada na reação de transesterificação em matéria-prima de 2^a geração, o óleo usado. As conversões foram 85,8%, 62% e 22%, ao longo dos ciclos, respectivamente. Dessa forma, conclui-se que a presença de água e AGL's aceleram a decomposição do catalisador, reduzindo drasticamente a atividade do catalisador ao longo dos ciclos.

Diante do exposto, a desativação do catalisador ocorre via interação da matéria prima com as cadeias carbônicas do catalisador. Esta propriedade que o permite atuar de forma singular, também é responsável pela sua perda de atividade. Desta forma, a primeira etapa de decomposição do catalisador, evolução das cadeias carbônicas e de SO_3 ocorreram a temperaturas reduzidas (3). Esta evidência foi comprovada por CG-FID e FRX/EDX. De modo a evidenciar a dependência do catalisador com suas cadeias, os catalisadores pirolisados foram testados na reação de transesterificação, Tabela 2.

Tabela 3. Resultados de conversão da transesterificação do óleo de soja para produção de biodiesel (razão molar 1:6 (óleo:álcool), a 100°C e 1 hora) utilizando os catalisadores pirolisados a 200 e 300°C.

	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo
Ce[DS] ₃ pirolisado a 200°C	12,3%	12,6%	12,4%
Ce[DS] ₃ pirolisado a 300°C	16,8%	16,3%	15,8%

Em contra partida, visando a sua utilização de matéria prima de 2^a geração, os catalisadores após pirólise foram testados em reação de esterificação com ácido oléico e etanol. Os catalisadores pirolisados a 200°C e 300°C apresentaram conversão de 75,4% e 62,8%, respectivamente. Comparando com os resultados de conversão do Ce₂(SO₄)₃ (18,9%) e o Ce[DS]₃ (79,6%) sem pirólise.

4. Conclusão

Os resultados deste trabalho mostraram que o mecanismo de desativação estudado via microondas também explica os resultados observados via catálise convencional. Dessa forma, pode-se concluir que parte da catálise envolvida é homogênea e é esta parte que é perdida ao longo dos ciclos. O entendimento do mecanismo de desativação torna possível o estudo de meios para sua estabilização. Diante do exposto, o método empregado para torná-lo mais heterogêneo, a pirólise, reduziu as frações carbônicas显著mente, porém os catalisadores resultantes mostraram pobre atividade catalítica, evidenciando que as cadeias carbônicas são essenciais para a aplicação do material.

5. Agradecimentos

Os autores são gratos ao MCT/CNPq, FINEP-CTPetro, FINEP-CTInfra, FINATEC, CNPq, FAP-DF, UnB-IQ pelo suporte financeiro.

6. Referências

- 1.Behzadi, S. and Farid, M.M. (2007). Review: examining the use of different feedstock for the production of biodiesel. Asia-Pac. J. Chem Eng, v.2, pages 480–486.
- 2.Fukuda, H., Kondo, A. and Noda, D. (2001). Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. J. Biosc. Bioeng., v.92, pages 405-416.
- 3.Ghesti, G.F., Macedo, J.L., Parente, V.C.I, Dias, J.A. and Dias, S.C.L. (2009). Synthesis, characterization and reactivity of Lewis acid/surfactant cerium trisdodecylsulfate catalyst for transesterification and esterification reactions. App. Catal. A: General, v.355, pages 139-147.
- 4.Ghesti, G.F. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasil, 2009.

Avaliação da Qualidade do Biodiesel Produzido Utilizando o Tris-Dodecilsulfato de Cério(III) como Catalisador

Nayara N. Moura¹, Eder M. S. Oliveira², Grace F. Ghesti¹, Julio L. Macedo², Silvia C.L. Dias², José A. Dias²

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Gama – DF – Brasil

²Instituto de Química– Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 4478 – 70.904-970 – Brasília – DF – Brasil

naay.neiva@gmail.com, ederufmg@yahoo.com.br, grace@unb.br, julio@unb.br, scdias@unb.br,
jdias@unb.br

Abstract. This paper deals with the application of a Lewis acid catalyst/surfactant combination, tris-cerium(III) dodecyl, for the production of biodiesel through transesterification reaction by ethylic route in order to evaluate it according to the specifications of the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP). According to the results, it was observed that the process showed poor performance which led to some problems related to the intrinsic quality of the biodiesel and provided some insights about the catalyst morphology.

Resumo. Este trabalho tem por objetivo aplicar um catalisador ácido de Lewis/surfactante combinado, tris-dodecilsulfato de cério(III), para a produção de biodiesel através da reação de transesterificação por meio da rota etílica com o intuito de avaliá-lo de acordo com as especificações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o processo mostrou baixo rendimento o que ocasionou alguns problemas relacionados à qualidade intrínseca do biodiesel e forneceu alguns discernimentos sobre a morfologia do catalisador.

1. Introdução

Diante do cenário energético brasileiro, a inclusão do biodiesel tem atraído considerável atenção pelo fato de que se trata de um combustível biodegradável, renovável, não tóxico e podendo ajudar a suprir a crescente demanda energética brasileira e diminuindo a dependência de combustíveis importados (1,2).

A produção convencional de biodiesel utiliza a rota metílica em função de algumas vantagens tecnológicas e econômicas. Entretanto, a rota etílica torna-se atrativa tendo em vista que no Brasil existe uma grande disponibilidade deste produto, o qual detém baixa toxicidade e é obtido de fontes renováveis de energia. Porém, sua maior desvantagem técnica é a dificuldade de separação da glicerina durante o processo e o maior teor de água adsorvido (4,4).

O tris-dodecilsulfato de cério(III) preparado e caracterizado por nosso grupo em trabalhos anteriores mostrou que o catalisador apresentou uma taxa de conversão, via rota etílica, de 92% após 1 h de reação, numa razão molar 1:6, a 100 °C e 10% m/m de catalisador ($TOF = 57,4 \text{ mol h}^{-1} \text{ molcat}^{-1}$), mesmo na presença de interferentes e na reação de esterificação apresentou 80 % de conversão e $TOF = 26,4 \text{ mol h}^{-1} \text{ molcat}^{-1}$, o

que o torna um catalisador bastante promissor para a produção de biodiesel a partir de matérias primas com alto teor de ácidos graxos livres (AGL's) por meio da rota etílica (2,3).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o biodiesel catalisado pelo *tris*-dodecilsulfato de cério(III) ($\text{Ce}(\text{OSO}_3\text{C}_{12}\text{H}_{25})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) de acordo com as normas da ANP a fim de viabilizar uma nova rota de produção utilizando o etanol, tornando o biodiesel um biocombustível verdadeiramente renovável sob o ponto de vista ambiental.

2. Metodologia

Materiais

Como matéria-prima utilizou-se óleo de soja refinado comercial (SoyaTM) e Etanol (Vetec, 99,8%) pré-tratado com peneira molecular 3A (Aldrich) e para a preparação do catalisador, $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Vetec, 99%) e $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaO}_4\text{S}$ (SDS) (2).

Preparação dos catalisadores

O catalisador *tris*-dodecilsulfato de cério(III), $\text{Ce}(\text{OSO}_3\text{C}_{12}\text{H}_{25})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{Ce}(\text{DS})_3$, foi sintetizado de acordo com os procedimentos descritos por Ghesti et. al (2,3).

Ensaio Catalítico

As reações foram realizadas em um reator de aço inoxidável de alta pressão da Berghof (HR-200) com paredes de Teflon® acoplado a um regulador de temperatura e agitação. A razão molar utilizada para as reações foi 1:6:0,1 (óleo:álcool:catalisador), perfazendo um volume reacional de 100 mL. O sistema foi mantido sob agitação de 1000 rpm, a 100 °C por 2 h e pressão autógena. Ao final desta etapa, os mesmos procedimentos de lavagem foram seguidos conforme Ghesti et.al. (2)

Análises do Biodiesel

Para a verificação da qualidade do biodiesel produzido, fez-se os seguintes ensaios (5):

- Massa específica a 20° C com a utilização de um densímetro digital Anton Paar 4500, conforme procedimento normalizado ABNT NBR 14065.
- Teor de Água por titulação Karl Fischer coulométrica conforme procedimento normalizado EN ISO 12937.
- Estabilidade à oxidação a 110° C com a utilização de equipamento Rancimat da Methrom, conforme procedimento normalizado EN 14112.
- Determinação de monoglicerídeos totais, diglicerídeos totais, triglicerídeos totais, glicerina total e glicerina livre por cromatografia gasosa, conforme procedimento normalizado ASTM D6584.
- Teor total de ésteres por cromatografia gasosa, conforme procedimento normalizado ABNT NBR 15764.
- Determinação de Enxofre por espectrometria de fluorescência de raios-x (energia dispersiva), conforme norma ASTM D 4294.

Vale citar que os testes realizados constam na Resolução ANP que estabelece a especificação do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional, a exceção do ensaio de determinação de enxofre, autorizado apenas para produtos de petróleo (5).

3. Resultados e Discussão

O ensaio de teor de água por titulação Karl Fischer coulométrica foi o primeiro a ser realizado e apresentou os seguintes resultados em duplicata, 5226,6 mg/kg e 5310 mg/kg. A especificação ANP para o biodiesel nacional é de no máximo 500,0 mg/kg de água. A justificativa para o elevado teor, provavelmente está relacionada à elevada higroscopичidade do biodiesel já comprovada em literatura e, possivelmente, há uma falha no processo de desidratação (5).

O ensaio de estabilidade à oxidação a 110° C apresentou resultados de 0,42 horas e 0,43 horas. A especificação da ANP exige que o biodiesel suporte as condições severas do equipamento (bombreamento direto de ar direto sobre a amostra em conjunto com aquecimento a 110° C) por no mínimo 6 horas. Os valores obtidos, porém podem ser facilmente explicados devido a alta quantidade de cadeias insaturadas presentes no mesmo, em se tratando de sua base ser óleo de soja. O uso de antioxidante é, portanto, necessário e já foi comprovado outros estudos (5).

O ensaio de massa específica a 20° C apresentou os seguintes resultados em duplicata: 900,9 kg/m³ e 901,0 kg/m³. Os valores obtidos ultrapassaram o limite especificado pela ANP que é de 850,0 a 900,0 kg/m³, embora estejam muito próximos do limite superior. A lixiviação do catalisador é um dos fatores observados, além do alto teor de di e monoglicerídeos.

O ensaio de enxofre mostrou que há enxofre, confirmando a lixiviação das cadeias dos catalisadores que apresentam enxofre, pois o óleo utilizado não apresentava teor de enxofre.

Os ensaios de cromatografia gasosa apresentaram resultados definitivos quanto à conversão e o rendimento obtido na reação. A Figura 1 mostra os cromatogramas da amostra de biodiesel e uma amostra referência de biodiesel do NIST (National Institute of Standards and Technology) para efeito de comparação.

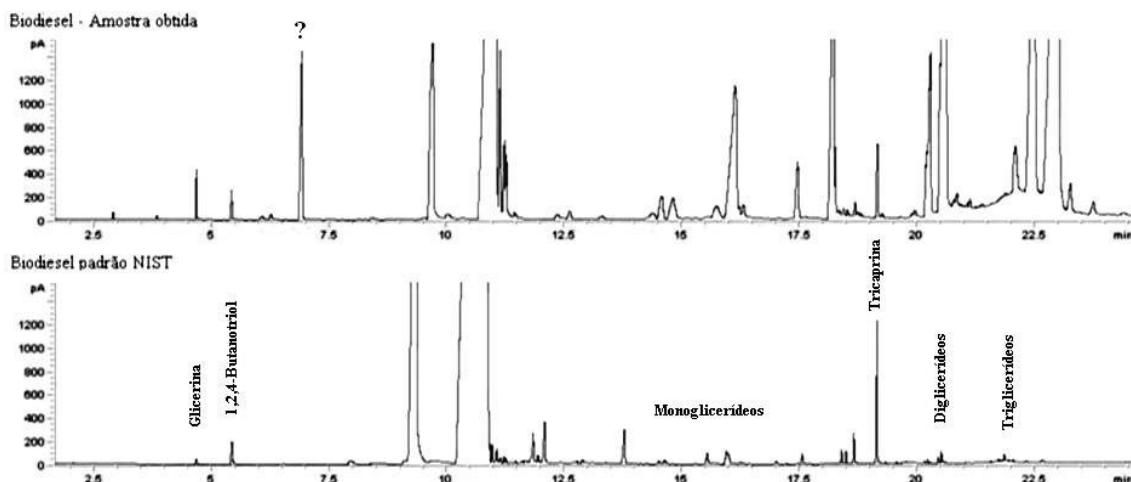


Figura 01: Cromatogramas obtidos para uma das replicatas da amostra obtida da reação realizada e de uma amostra padrão de biodiesel do NIST.

Foi observada grande disparidade entre os picos do cromatograma da amostra com relação aos picos do biodiesel padrão. O pico observado em 6,9 está relacionado à cadeia carbônica do catalisador (?). Claramente os picos da glicerina, mono, di e triglicerídeos se apresentaram com muito maior área no primeiro cromatograma do que os mesmos referenciados no segundo cromatograma. Os resultados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados obtidos a partir dos dados de CG.

Amostra	Glicerina Livre (%)	Monoglicerídeos (%)	Diglycerídeos (%)	Triglycerídeos (%)	Glicerina Total (%)
Replicata 1	0,13	4,14	15,21	32,68	6,88
Replicata 2	0,13	3,99	15,95	33,70	7,06

A análise de teor total de ésteres também por cromatografia gasosa revelou os seguintes valores em duplicata, 24,4% e 24,8%. Assim, todos estes valores confirmam um baixo rendimento para a reação que pode estar relacionado a vários fatores, entre eles as condições de reação, a via etílica realizada que pode ter apresentado maior dificuldade para a reação completa, além da lixiviação do catalisador, que provavelmente é responsável pelo pico encontrado no cromatograma da amostra (pico marcado com um sinal de interrogação) e que não pode ser reconhecido na análise. Por fim, vale ressaltar que os altos valores encontrados para a massa específica do produto os quais já foram citados anteriormente podem ser explicados pelo alto teor de triglycerídeos.

4. Conclusão

De acordo com os resultados, em função da baixa conversão da reação, o biodiesel produzido apresentou elevados teores de glicerina, mono, di e triglycerídeos, os quais impactaram diretamente na qualidade do biocombustível. Além disso, foi comprovado que houve a lixiviação do catalisador (pelo teor de éster), o que torna esta rota inviável economicamente e tecnologicamente.

5. Agradecimentos

Os autores são gratos ao MCT/CNPq, FINEP-CTPetro, FINEP-CTInfra, FINATEC, CNPq, FAP-DF, UnB-IQ, ANP pelo suporte financeiro e técnico.

6. Referências

- Atadashi, M., Aroua, M.K., Abdul Aziz, A. (2011). Biodiesel separation and purification: A review. *Renewable Energy*, v.36, pages 437-443.
- Ghesti, G.F., Macedo, J.L., Parente, V.C.I, Dias, J.A. and Dias, S.C.L. (2009). Synthesis, characterization and reactivity of Lewis acid/surfactant cerium trisdodecylsulfate catalyst for transesterification and esterification reactions. *App. Catal. A: General*, v.355, pages 139-147.
- Ghesti, G.F. (2009). Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasil.
- Lôbo, I.P., Ferreira, S.L.C., Cruz, R.S. (2009). Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Quim. Nova*, v. 32, pages 1596-1608.
- Resolução ANP nº 7 de 19 de março de 2008, DOU 20/03/2008.

Estudo da Reação de Transesterificação por Análises Térmicas: Determinação da Conversão e Qualidade do Biodiesel

Gabriela S. Brandão¹, Otavio P. M. Mello¹, Andreia A. Costa¹, Julio L. Macedo²,
Grace F. Ghesti¹

¹Faculdade UnB Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Gama – DF – Brasil

²Instituto de Química– Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 4478 – 70.904-970 – Brasília – DF – Brasil

gabis.brandao@hotmail.com, otavio.pellicano@gmail.com,
andreiaacosta@gmail.com, julio@unb.br, grace@unb.br

Abstract. *The energy demand is growing in the world and with it the necessity to create new fuels that must be renewable. Biodiesel is an alternative, but its production cost and feedstock used presents economic disadvantages. One way to solve this problem is to use materials with reduced cost. However, these materials have an impact on production and final product quality. The aim of this work is to create a new method using thermal analyses to assess the quality of biodiesel. The correlations for the conversion of biodiesel and contaminants showed that the proposed method has great potential for application in industry.*

Resumo.

A demanda energética cresce no mundo e com ela a necessidade de se criar novos combustíveis que sejam renováveis. O biodiesel surge como uma alternativa, porém seu custo de produção e a matéria prima utilizada apresentam desvantagens econômicas. Para resolver esse problema sugere-se a utilização de materiais com um custo reduzido. No entanto, esses materiais causam um impacto na produção e na qualidade do produto final. O objetivo desse trabalho é determinar um novo método, utilizando análises térmicas, para avaliar a qualidade do biodiesel. As correlações para a conversão e contaminantes mostrou que o modelo proposto apresenta um grande potencial para sua aplicação na indústria.

1. Introdução

A produção de biodiesel a partir de óleos vegetais tem atraído bastante atenção por gerar um combustível de fonte renovável, biodegradável e não-tóxico [1]. A conversão de óleos vegetais em biodiesel pode ser obtida por transesterificação, pirólise, craqueamento, etc [2]. Os métodos analíticos mais utilizados para monitorar a conversão de biodiesel são: CG, CLAE, RMN de ¹H e, mais recentemente, NIR.

Um dos grandes obstáculos na fabricação do biodiesel é o elevado custo de sua matéria prima. A fim de baratear o custo de produção, sugere-se a utilização de óleo usado, sebo bovino, subprodutos do processo de refino de óleo [0,3]. Em contra partida esses materiais possuem um alto teor de ácidos graxos livres (AGL) e água, o que impacta diretamente na tecnologia de produção, formando subprodutos indesejáveis. Isso porque o método mais utilizado na obtenção de biodiesel (catálise básica, transesterificação), com esses subprodutos, formam uma grande quantidade de sabão e água impactando diretamente na qualidade do produto final [3-6].

Uma problemática na produção do biodiesel é a sua análise na medição do seu grau de pureza e conversão, pois os métodos mais utilizados atualmente são muito caros e demorados. Os procedimentos analíticos mais empregados para a determinação da qualidade e monitoramento da produção de biodiesel incluem os métodos cromatográficos, espectrométricos e também os baseados em propriedades físicas como a viscosimetria [4,5].

O objetivo deste trabalho é determinar a potencialidade do uso de análises térmicas, tais como: análise termogravimétrica (TG), análise termogravimétrica derivada (DTG) e análise de calorimetria diferencial exploratória (DSC), na determinação da conversão e da qualidade do biodiesel.

2. Metodologia

A reação de transesterificação do óleo de soja (Bunge) com etanol (Vetec) catalisada por H₂SO₄ (Vetec), foi obtida adicionando-se os reagentes a um frasco de vidro (razão molar óleo:etanol = 1:6 e 1% de catalisador). Logo em seguida o frasco foi selado, deixando-se 20 % do espaço interno vazio, e colocado em estufa pré-aquecida a 80 °C. Após 24 h o frasco foi quebrado e o produto lavado com água destilada até que o pH da água de lavagem fosse neutro.

As amostras foram analisadas por TG-DSC utilizando um SDT 2960 Simultaneous DSC-TGA da TA Instruments. As curvas termogravimétricas foram obtidas em cadinhos de alumínio fechados contendo 10 mL de amostra até a temperatura de 600 °C (10 °C min⁻¹) em fluxo de N₂ (100 mL min⁻¹).

A determinação do grau de conversão foi feita utilizando a equação abaixo:

$$\text{Conversão (\%)} = \frac{(m_{\text{biodiesel}} / MM_{\text{biodiesel}}) \times [biodiesel]_0}{(m_{\text{óleo}} / MM_{\text{óleo}}) \times 3} \times 100$$

Legenda: m = massa; MM = massa molar; [] = concentração de biodiesel no produto obtido.

Os valores de MM para o óleo e o biodiesel foram calculados de acordo com a composição em massa de ácidos graxos no óleo de soja. O fator 3 na fórmula está relacionado ao fato de cada molécula de triglicerídeo formar 3 de moléculas de etil éster.

3. Resultados e Discussão

A análise térmica do óleo de soja comercial, o qual se torna um contaminante no biodiesel se a reação de transesterificação apresentar baixa conversão, a curva TG analisada mostrou que o óleo de soja tem perda de 1,0 % de massa até 250 °C e até 300 °C 2,4 %. A curva DTG apresenta máximos em 385 °C (66,4 %) e 405 °C (17,8 %), conforme Figura 1(a). A curva DSC mostra um pico endotérmico em 380 °C (159 J g⁻¹) e ombros exotérmicos em temperaturas acima de 400 °C. A análise térmica do glicerol, que é um subproduto da reação de transesterificação e é um importante contaminante para o biodiesel, a curva TG analisada mostrou o glicerol perdendo até 250 °C 0,6 % de massa. A curva DTG apresenta máximos em 328 °C (10,5 %) e 355 °C (86,2 %), conforme Figura 1(b). A curva DSC mostrou um ombro (331 °C e 26 J g⁻¹) e um pico em 356 °C e calores de 319 (linear) ou 347 (sig) J g⁻¹. A análise térmica do biodiesel, mostrou que entre a temperatura ambiente e 250 °C, o biodiesel lavado tem perda de massa de 78,2 %. Até 300 °C perde 88,3 % de massa. A curva DTG apresenta máximo

em 218 °C, conforme Figura 1(c). A curva DSC mostra um pico em 222 °C e calores de 201 (linear) ou 209 (sig) J g⁻¹.

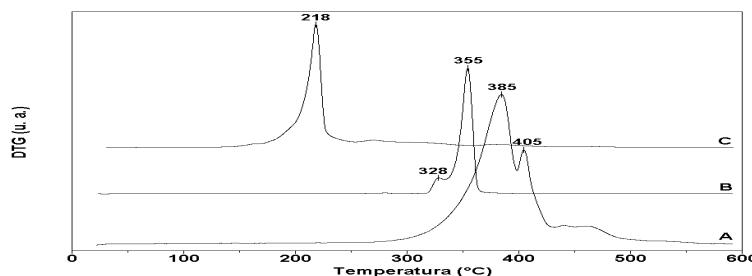


Figura 1: Curvas DTG do: (A) óleo de soja, (B) glicerol e (C) biodiesel.

Ao comparar o biodiesel obtido com o diesel comercial, que se decompõe completamente em uma única etapa em 221°C, pode-se observar um padrão similar de decomposição térmica (Figura 2). Além disso, outros estudos têm mostrado que pode ser possível monitorar a formação de sabão em reações catalisadas por base.

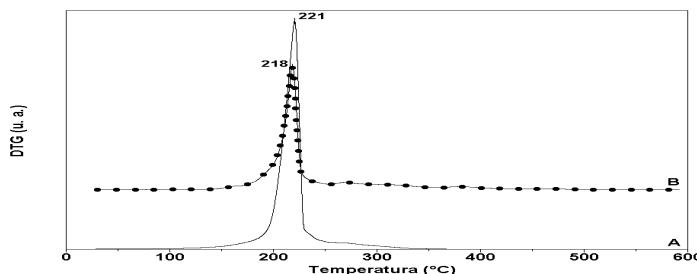


Figura 2: Curvas DTG do: (A) diesel comercial e (B) biodiesel.

Para a amostra de diesel comercial, a curva termogravimétrica analisada mostrou que entre a temperatura ambiente e 400 °C, o diesel comercial tem perda de massa de 100,0 %, até 350 °C de 99,7 % e até 300 °C de 97,7 %. A curva DTG apresentou um pico máximo em 223 °C que é acompanhada de um pico endotérmico na curva DSC, com máximo em 227 °C. Ao integrar o pico da curva DSC utilizando uma função linear obteve-se 222 J g⁻¹ e com uma função sig horizontal obteve-se 208 J g⁻¹.

Os resultados mostraram que na região de análise do diesel comercial (entre ~180 e ~250 °C, de acordo com a curva DSC), a perda de massa é de 87,3 %. O restante pode ser atribuído a água e a resíduo. A perda de massa do óleo de soja nesta região é de 0,7 % se estiver puro e o glicerol 0,3 % (1% ao total). Como a presença destes compostos é no primeiro caso menor que 50 %, o erro é menor que 0,5 % e no caso do biodiesel lavado, menor que 20 % (0,2 % de erro). A Tabela 1 mostra a contribuição de óleo e glicerol nas diversas faixas de temperatura.

Tabela 1: Contribuição de óleo e glicerol nas diversas faixas de temperatura.

Amostra	138 – 250 °C	138 – 300 °C
Biodiesel	77,8 %	87,8 %
Óleo de Soja	0,9 %	2,3 %
Glicerol	0,4 %	1,4 %
Erro para 100 %	1,3 %	3,7 %
Erro para a faixa %	0,3 %	0,8 %

De acordo com a Tabela 1, é possível avaliar a perda de massa pela curva DSC. A amostra analisada contém $77,8 \pm 0,3\%$ de fase combustível. Se for avaliada uma faixa maior, até 300 °C, por exemplo, o erro vai ser de 0,8 %.

Após a reação de transesterificação, utilizando óleo de soja e etanol e NaOH, o produto foi purificado e analisado por TG/DSC. A curva revelou picos em 261, 332 e 413 °C e uma conversão de 93 %.

4. Conclusão

Os resultados mostraram que as análises térmicas podem ser uma ferramenta valiosa na determinação do grau de conversão de óleo vegetal em biodiesel, bem como no controle de sua qualidade. Além disso, mostrou ser uma técnica que apresenta vantagens tanto nas questões econômicas e práticas (facilmente adaptada a rotina de produção), pois seria possível identificar os contaminantes os quais prejudicam e impactam diretamente na qualidade do produto final e causam prejuízos irreversíveis aos motores.

Futuramente, pretende-se correlacionar os dados obtidos por análises térmicas com outras técnicas que já foram validadas pelas normas internacionais.

5. Agradecimentos

Os autores são gratos ao MCT/CNPq, FINEP-CTPetro, FINEP-CTInfra, FINATEC, CNPq, FAP-DF, UnB-IQ pelo suporte financeiro.

6. Referências Bibliográficas

1. Fukuda, H.; Kondo, A.; Noda, D. (2001) “Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils”. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 92, p. 405-416.
2. Chavanne, G. **BE 422,877**, (1937) (CA 1938, 32, 4313).
3. Chavanne, G. (1942) “Congo Belge”, **Bull. Agric.**, v. 23, p. 3.
4. Schumacher, L. G.; B. T. Adams. (2002) “Using Biodiesel as a Lubricity Additive for Petroleum Diesel Fuel”. **ASAE Paper 026085**, julho.
5. Sharma, Y.C.; Singh, B.; Upadhyay, S.N.(2008) “Advancements in development and characterization of biodiesel: a review”. **Fuel**, v. 87, 2355–2373, setembro.
6. Ghesti, G.F. (2009) **Preparação e caracterização de catalisadores para produção de Biocombustíveis**. 2009. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasil, 2009.

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DA GLICERINA NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO ROTA ETÍLICA

Pilar Hidalgo¹, Glécia Virgolino da Silva², Albert Reis¹

¹Departamento de Engenharia de Energia – Universidade De Brasília (UnB) – Faculdade do Gama (FGA), Gama – DF – Brasil

²Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade de Brasília (UnB), Brasília – DF – Brasil

drapilar@gmail.com, gleciav@yahoo.com.br, albert.reis.anjos@gmail.com

Abstract. To ensure that the fuel is 100% renewable, nowadays it is preferred to use ethanol instead of methanol because it can be made from biomass. The disadvantage compared to the other method is that ethyl esters have a good connection with glycerin, making the dissolution between biodiesel and glycerin harder, causing lower efficiency. This article pretends to optimize this method by the neutralization, using hydrochloric acid and distillation for the dissolution. This process is going to be applied for biodiesel production in a small plant with 200L/day capacity, located in Campus Gama - UnB.

Resumo. Atualmente é desejável usar etanol invés de metanol na produção de biodiesel, o qual é feito a partir de biomassa, pelo fato de ser um combustível 100% renovável. Sua desvantagem, comparada com a produção via rota metílica, é o fato de que os ésteres etílicos possuem afinidade à glicerina, dificultando a separação biodiesel/glycerina, e consequentemente alterando a eficiência na produção do biodiesel (menor eficiência). O presente artigo tem o propósito de otimizar esse processo de separação, através de uma neutralização com ácido clorídrico e posterior destilação. Este processo será adaptado para a produção de biodiesel usando uma microunidade com capacidade de produção 200L/dia instalada na Faculdade do Gama – UnB.

1. Introdução

Aumento da demanda mundial por combustíveis líquidos, aquecimento global, segurança energética, vontade política por desenvolvimento nos campos agrícola, social e também energético são pontos que abrem novas áreas de interesse e oportunidades para pesquisas e desenvolvimento na Academia e na indústria, pois são as forças motoras responsáveis pelo renovado interesse na produção de biocombustíveis [Dabdoub 2009].

Biodiesel é o nome dado a ésteres alquílicos de ácidos graxos desde que atendam certos parâmetros de qualidade. Além de esses ésteres serem derivados de fontes biológicas como plantas e animais, atuam como combustível substituto ao diesel de petróleo, com desempenho muito próximo, não exigindo modificações nos motores. Tradicionalmente o biodiesel é produzido através das reações de transesterificação de triglicerídeos, usando geralmente catalisadores alcalinos [Dabdoub and Bronzel 2009 *apud* Ma and HANNA 1999].

O uso do etanol, mesmo com as suas desvantagens técnicas (separação difícil do biodiesel/glycerina) e econômicas (alto custo) torna-se atrativo, sob o ponto de vista estratégico e ambiental. O Brasil é o maior produtor mundial desse álcool, o qual possui como características favoráveis baixa toxicidade e produção a partir de fontes renováveis (cana de açúcar) [Brandão *et al.* 2005].

Foi instalada uma microunidade na Faculdade do Gama – FGA para a produção de biodiesel via rota etílica e metílica através de óleos vegetais e de fritura como matéria

prima. Como a produção via rota etílica é mais complexa e menos eficiente, pelo fato da dificuldade da separação do biodiesel da glicerina, é necessário adaptar a produção laboratorial à produção mini-indústria, e para evitar perdas, foi projetado na usina um tanque para recuperação do etanol em excesso ao lado do tanque de processamento da reação (reator). Com isso, é possível armazenar o etanol hidratado em excesso

2. Material e Métodos

No processo de produção do biodiesel prepara-se inicialmente a matéria-prima a fim de obter condições favoráveis para a reação de transesterificação, para que se possa alcançar a maior taxa de conversão possível.

2.1. Preparação do Catalisador

Foi feita a filtração de 70 ml de etanol anidro em um papel filtro com sulfato de sódio para a purificação do mesmo, e adicionado a um erlenmeyer. A presença de água facilita a formação de sabão na mistura reacional dificultando a separação de fases biodiesel/glicerina. Preparou-se em um bêquer uma solução com 70 ml de etanol anidro + 3g de hidróxido de potássio (3% da massa de óleo vegetal). Essa solução foi filtrada em um papel filtro com sulfato de sódio, para a purificação do catalisador, e depois agitada através de agitação magnética.

2.2. Reação de transesterificação

A equação da reação de transesterificação de produção do biodiesel + glicerina via rota etílica a partir de óleo de soja está descrita na figura 1.

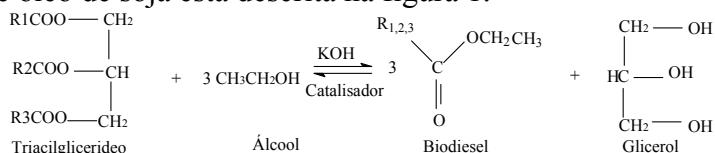


Figura 1 - Reação de transesterificação.

A proporção de óleo:etanol:catalisador utilizada foi de 1:6:3% da massa de óleo. O hidróxido de potássio 0,1M foi utilizado como catalisador. O óleo foi aquecido em um reator de vidro com banho de óleo termostático e sob agitação magnética até 54° C. Após o aquecimento do óleo, adicionou-se o catalisador ao reator. Essa mistura foi aquecida à 70° C durante 60 minutos também sob agitação magnética em um reator de vidro com banho de óleo termostático com refluxo para não perder etanol durante o processo.

2.3. Neutralização do catalisador (purificação dos ésteres etílicos)

Após a reação de transesterificação, a mistura foi adicionada a um bêquer para a medição do pH. Como o pH medido não foi neutro (pH 7), adicionou-se uma quantidade estequiométrica de ácido clorídrico (HCl) teor 36,26% para neutralizar o pH e cessar a atuação do catalisador. Então, a solução foi transferida para um funil de decantação para a separação de fases (ésteres etílicos, glicerina e sal).

2.4. Destilação

A recuperação do etanol foi realizada mediante processo de destilação simples, e foi recuperado um teor de 43% de Etanol em relação à quantidade inicial de Etanol utilizado no processo.

2.5 Lavagem com água destilada

Para retirar o sabão do biodiesel, foi realizada a lavagem com água destilada. Observou-se claramente duas fases a superior sendo o biodiesel e a inferior sendo a glicerina.

Após a lavagem com água, retirou-se o biodiesel e adicionou-se ao funil de decantação, obtendo assim o biodiesel final, onde se tem também o etanol hidratado obtido no processo de destilação.

Depois de produzido o biodiesel, foram realizados testes de caracterização físico-química, tal como se apresenta na Tabela 1 no tópico de Resultados e Discussão.

2.6 Espectroscopia Infravermelho (IR)

Os espectros de IR correspondentes ao biodiesel produzido a partir do óleo de soja e da glicerina foram adquiridos no Equipamento FT-IR Magna 560- Nicolet, utilizando acessório ATR.

3. Resultados e Discussão

Na tabela 1, são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização de acordo a norma da ANP. Foi observado que estes resultados estão dentro da especificação. Adicionalmente, foi realizado o teste de Lubricidade pela técnica HFRR (High-Frequency Reciprocating Ring), observou-se que o biodiesel apresentou 98% de lubricidade. Já o diesel puro apresenta lubricidade bem menor de 33,7%, pelo que se conclui que a lubricidade é uma propriedade ótima no biodiesel produzido via rota etílica.

Tabela 1 – Caracterização do biodiesel.

Propriedades	Métodos	Resultados	ANP
Aspecto	Visual	L. trans. Amarelo	L II Anotar
Índice de Acidez	*ASTM D 664	0,3095	0,8 mg KOH/g máx.
Densidade a 20°C	ASTM D 1298/85	0,876 g/cc	Anotar
Água e Sedimentos	ASTM D 2709	-	0,050% v máx
Viscosidade Cinemática a 40°C	ASTM D 445	5,007 cSt	Anotar
Viscosidade Cinemática a 100°C	ASTM D 445	1,859 cSt	-
Corrosão ao cobre, 3h a 50 °C	ASTM D 130	< 1	1
Lubricidade	**HFRR	Film 98% Friction 0,111	-
Ponto de Entupimento de filtro a frio	ASTM D 6371	- 3 °C	-4,4 °C
Potássio	***A.A.	1 ppm	10 ppm
Cálcio	A.A.	1 ppm	Anotar
Sódio	A.A.	1 ppm	10 pm

*ASTM (American Society for Testing And Materials)

HFRR (High-Frequency Reciprocating Ring) * A.A. (Técnica de Absorção Atômica).

Na Figura 2 são apresentados os espectros IR pertencem ao biodiesel e glicerina. Observaram-se bandas características correspondente as vibrações CH₃ (ν CH₃), nas regiões de 2962 cm⁻¹ e outra em 2872 cm⁻¹. Enquanto as deformações do grupo metileno (ν CH₂) aparecem a 2929 cm⁻¹ e outra em 2863cm⁻¹, as bandas a 1470 cm⁻¹, 1370 cm⁻¹ envolvendo a ligação C-H (ν CH)_{(sp³) e (ν CH)_{(sp²), a banda a 720 cm⁻¹ correspondem as deformação angular tipo balanço ρ [CH₂]_n. As bandas características ao Ester se observam a 1741 cm⁻¹ e a 1162 cm⁻¹ correspondente as deformações axiais de C=O e C-O respectivamente. No espectro correspondente à glicerina recuperada do processo, observaram-se bandas características à ligação de O-H em 3400 cm⁻¹ e 1645 cm⁻¹, a banda característica da ligação C-O em 1118 cm⁻¹ e 1122 cm⁻¹, e as bandas correspondentes as ligações C-H, já identificadas no biodiesel. (Observar Fig. 2).}}

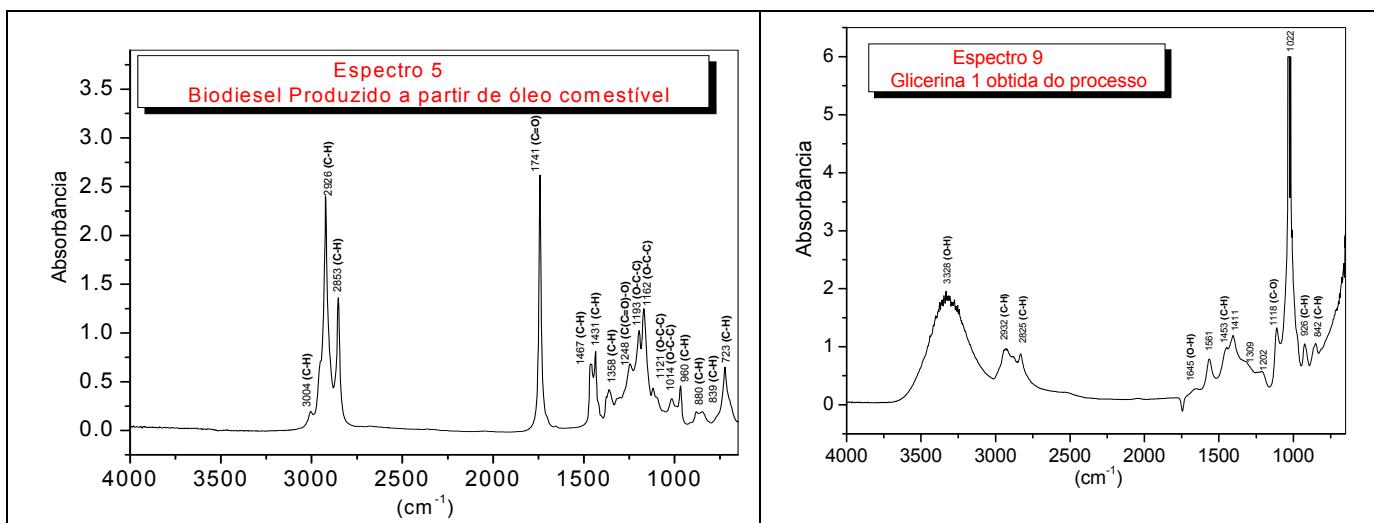


Figura 2 – Espectros FTIR do biodiesel produzido e glicerina.

Realizados estes testes laboratoriais, está sendo implementada a produção via rota etílica na microusina da FGA- UnB, a qual nos permite usar as duas rotas metílica e etílica para produção de biodiesel.

4. Conclusões

Usando a rota etílica modificada, temos conseguido melhorar a eficiência na produção de biodiesel, otimizando o processo de separação do excesso de glicerina e sabão. A eficiência deste método baseia-se na neutralização do excesso de catalisador com ácido clorídrico concentrado, e após isso a destilação do excesso de etanol e finalmente o retiro do excesso de glicerina nas lavagens com água.

O rendimento para o biodiesel produzido foi estimado em torno de 65%, e para o etanol hidratado recuperado do processo foi de 43% do inicial. Com isso, estudos estão sendo feitos para que se possa fazer a purificação deste e a posterior reutilização no processo. A facilidade de produção desta microusina usando rota metílica e/ou etílica permite a viabilidade do processo, seja esta econômica (via rota metílica) ou ecologicamente correta (via rota etílica).

5. Referências

- Dabdoub, M. J., Bronzel, J. L. and Rampin, M. A. (2009) “Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria”. São Paulo
 Knothe, G., Gerpen, J. V., Krahl, J. and Ramos, L. P. (2006) “Manual de Biodiesel”. São Paulo: Edgard Blucher.
 Brandão, K. S. R. *et.al.* (2005) “Produção de Biodiesel por Transesterificação do Óleo de Soja com Misturas de Metanol-Etanol”. Departamento de Química - Universidade Federal do Maranhão.
 Ma, F. and Hanna, M. A. (1999). *Bioresour Technol.*, v.1, p.70.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade de Brasília (UnB)– Faculdade do Gama (FGA), pelas bolsas e o apoio financeiro e às pesquisas realizadas através da utilização dos laboratórios e da microusina da FGA, e ao Laboratório de Materiais da Escola Politécnica da USP.

Avaliação da estabilidade térmica e cinética de óleos vegetais para preparação de materiais poliméricos

Roseany V. V. Lopes¹, Maria J. A. Sales²

¹Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB) – Brasília – DF

²Instituto de Química – Universidade de Brasília (UnB) – Brasília -DF

roseany@unb.br, mjsales@unb.br

Abstract. Studies with vegetable oils have been growing, in view of the potential uses, ranging from the food industry to materials. Recently, thermoanalytical methods are being often used to characterize oils and fats, and many of these methods accelerate the oxidation process of the samples. On this basis, the present work studied the kinetics of thermal degradation of oils pracaxi and passion fruit oil through the kinetic parameters of degradation thermal. The thermal decomposition profiles were similar and only stage of degradation. The kinetic parameters were determined by non-isothermal method of Ozawa and showed good linear correlation.

Resumo. Estudos com óleos vegetais têm sido crescentes, tendo em vista as possibilidades de utilização, que vão desde a indústria alimentícia até a de materiais. Ultimamente, métodos termoanalíticos estão sendo freqüentemente usados para caracterizar óleos e gorduras e muitos desses métodos aceleram o processo de oxidação das amostras. Com base nisso, o presente trabalho estudou a cinética de degradação térmica dos óleos de maracujá e pracaxi por meio dos parâmetros cinéticos da sua degradação térmica. Os perfis de decomposição térmica foram similares e em único estágio de degradação. Os parâmetros cinéticos foram determinados pelo método não-isotérmico de Ozawa e apresentaram boa correlação linear.

1. Introdução

Óleos e gorduras vegetais são considerados produtos naturais muito importantes, visto que sua produção e consumo são crescentes a cada ano, pois parte destes produtos é destinada à indústria alimentícia e outra parcela para outros fins industriais. Óleos secantes são triglicerídeos naturais que contém alto percentual de ácidos graxos poliinsaturados que dão a esses óleos essa propriedade e o percentual de ácidos graxos insaturados está diretamente relacionado à polimerização [Mallégol *et al* 2000]. Tendo em vista que é crescente o aumento dos problemas ambientais, causados também pelos materiais derivados do petróleo, inúmeras são as pesquisas voltadas para obtenção de materiais poliméricos a partir de recursos naturais [Garcia *et al* 2006].

O maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*) é um fruto, onde suas sementes fornecem um óleo amarelo, fortemente aromático que tem aplicações cosméticas e industriais. Na composição química do óleo destaca-se a presença de ácido ascórbico, flavonóides, β-caroteno, cálcio, fósforo e potássio. Com relação aos ácidos graxos, os insaturados estão presentes em maior quantidade; o ácido linolêico representa cerca de 70% [Sant'anna *et al* 2001]. O pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) é uma árvore leguminosa oriunda da floresta amazônica e dela se extrai o óleo presente nas sementes

das favas [Viana *et al.*, 2004]. O óleo de pracaxi vem se difundindo popularmente e atualmente é muito utilizado como cicatrizante dermatológico, que auxilia na hidratação e na renovação celular, também é muito utilizado após cesarianas e outras cirurgias (Naturais da Amazônia, 2011).

A análise termogravimétrica (TG/DTG) pode ser utilizada para determinar as reações de decomposição, envolvidas durante o período em que a amostra é submetida a um programa de aquecimento e também na análise de estabilidade térmica do material estudado. As perdas de massa podem ser avaliadas por unidade de tempo, no caso de experimentos isotérmicos, ou através do uso de um gradiente constante de temperatura, método conhecido como não-isotérmico, o qual é normalmente utilizado para determinar perdas de massa em função da temperatura [Bianchi *et al.*, 2010]. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo empregar a termogravimetria, um método comprovadamente rápido e eficaz, na investigação da estabilidade térmica e da cinética de degradação dos óleos de maracujá e pracaxi, utilizando o método não-isotérmico de Ozawa.

2. Materiais e Métodos

Para realização do estudo utilizou-se os óleos de maracujá e pracaxi, obtidos da empresa Naturais da Amazônia.

As curvas cinéticas foram obtidas em uma termobalança TGA-50/Shimadzu, sob atmosfera de He a 50 mL min^{-1} , usando cadinho de platina como porta-amostra e taxas de aquecimento de 5, 10, 15 e $20 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$. As curvas foram realizadas da temperatura ambiente até $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Os parâmetros cinéticos obtidos pelo método não-isotérmico de Ozawa foram: energia de ativação (E_a), ordem de reação (n) e fator pré-exponencial (A).

3. Resultados e discussão

As curvas TG adquiridas (Figura 1) mostram que o óleo de maracujá degrada-se em duas etapas, a primeira em torno de $235 \text{ }^{\circ}\text{C}$ com perda de massa de 8%, e a outra na faixa de $400 \text{ }^{\circ}\text{C}$ com 90% de perda de massa, relacionadas com a degradação dos ácidos graxos insaturados e saturados, respectivamente. As curvas TG do óleo de pracaxi, por sua vez, apresentaram perfis de decomposição térmica similares e apenas uma etapa de degradação, entre 350 e $475 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2).

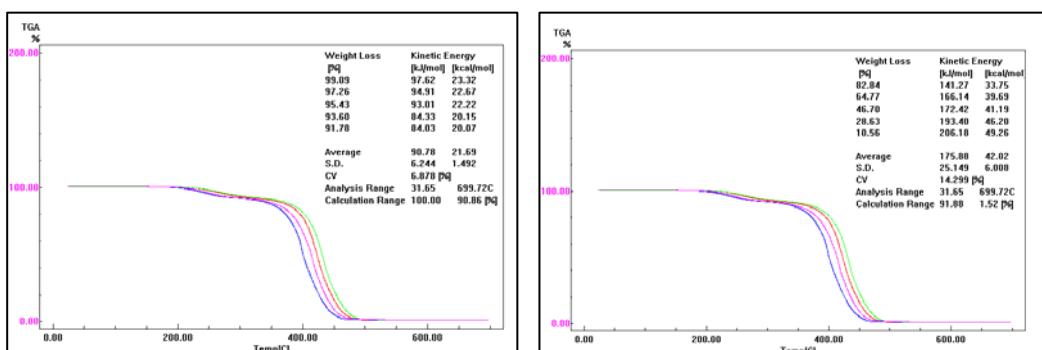


Figura 1. Curvas TG e parâmetros de degradação térmica da primeira (a) e da segunda etapa (b) do óleo de maracujá.

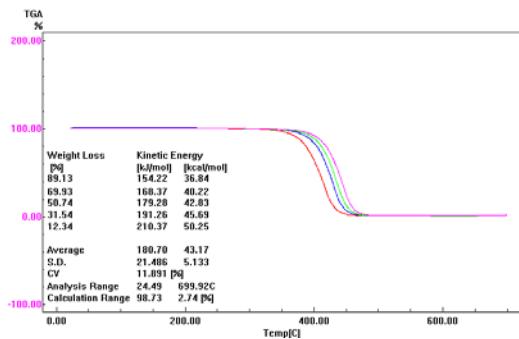


Figura 2. Curvas TG do óleo de pracaxi para as taxas de aquecimento de 5, 10, 15 e 20 °C min⁻¹.

Na termogravimetria não-isotérmica ou dinâmica, os dados de perda de massa são função da temperatura e do gradiente empregado no experimento. Os parâmetros cinéticos, como energia de ativação (E_a) e o fator de frequência (A) foram determinados segundo o método não-isotérmico de Ozawa e podem ser estimados através da relação de Arrhenius, em que R e T são a constante dos gases e a temperatura absoluta, respectivamente.

Como a temperatura da amostra pode ser controlada mediante determinada razão de aquecimento constante $\phi = \frac{dT}{dt}$, o grau de conversão da reação pode ser analisado como uma função da temperatura. Nesse caso, existe uma dependência da temperatura e do tempo de aquecimento em relação à razão de aquecimento (ϕ) utilizada no experimento. Portanto, a equação geral que descreve a taxa da reação em um experimento não-isotérmico é expressa pela Equação 1 [Bianchi *et al.*, 2010].

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{\phi} e^{\frac{E_a}{RT}} \quad (1)$$

De acordo com a Figura 3, observa-se que esses parâmetros indicaram que não houve alteração no mecanismo de reação entre a primeira e a segunda etapa de degradação. A Figura 3 mostra ainda que os parâmetros determinados para a segunda etapa de degradação relacionada aos ácidos graxos insaturados (a) e a correlação entre eles (b).

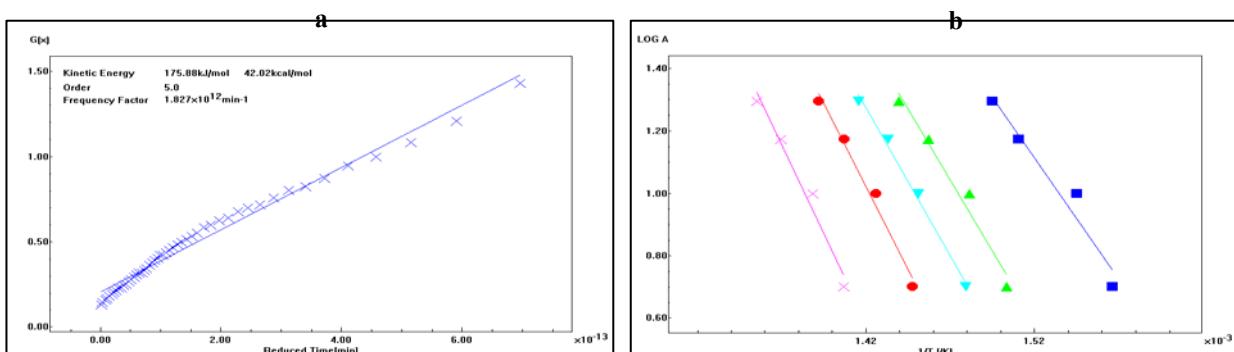


Figura 3. Parâmetros cinéticos (a) determinados segundo o método de Ozawa e suas correlações (b) para a segunda etapa de degradação do óleo de maracujá.

A Figura 4 apresenta o comportamento da E_a para as curvas TG obtidas nas razões de aquecimento mencionadas, calculada pelo método de Ozawa. Pode-se

observar que os parâmetros cinéticos estão bem correlacionados para cada taxa de aquecimento.

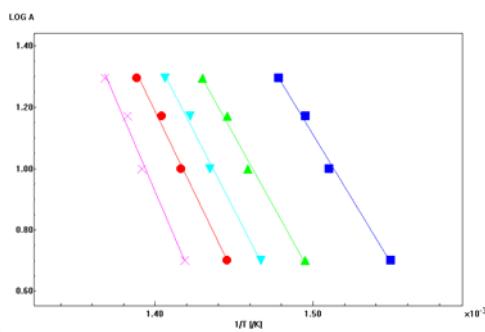


Figura 4. Representação dos dados cinéticos correlacionados do óleo de pracaxi.

4. Conclusões

As curvas de degradação para os óleos em estudo apresentaram perfis semelhantes, embora para cada óleo tenha mostrado eventos de decomposição térmica diferentes. O método de Ozawa utilizado mostrou-se adequado, visto que os parâmetros cinéticos obtidos para cada taxa de aquecimento são satisfatórios, e estão bem correlacionados.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e ao IQ/UnB pelo apoio financeiro e suporte técnico.

5. Referências

- Mallégol; J., Lemaire; J., Gardette, J. (2000) *Pro. Org. Coat.* 39, 107.
- Garcia; C. C., Franco; P.I.B.M., Filho; N.R.A, *et al.* (2006) in *Anais Associação Brasileira de Análise Térmica e Calorimetria*, Poços de Caldas, Vol. 5, 321.
- Sant'anna, E. S.; Torres, R. C. O.; Porto, A. C. S. (2001) *Boletim CEPPA*, Curitiba, p. 85-94, v. 19,n. 1.
- Viana, F.A.; Filho, R.B.; Pouliquen, Y.B.M.; *et al.* (2004). Triterpenoid Saponins from Stem Bark of *Pentaclethra macroloba*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, p.595-602, v.15, n.4.
- Naturais da Amazônia: (<http://www.naturaisdaamazonia.com.br/oleos.htm>). Acesso em 26 de julho de 2011.
- Bianchi, O.; Dal Castel, C.; Oliveira, R.V. B.; Bertuoli, P.T.; Hillig, E. (2010). Avaliação da Degradação Não-Isotérmica de Madeira Através de Termogravimetria-TGA. *Polímeros*, p.395-400, v.20.

Determinação dos Parâmetros Físico-Químicos para Análise de Qualidade do Diesel no Transporte da FGA

Gabrielle Monique M. O. Baracho¹, Maria del Pilar Hidalgo Falla²

¹Graduanda em Engenharia de Energia – Faculdade do Gama (UnB-FGA)
Gama – DF – Brasil

²Professora de Engenharia de Petróleo e Gás- Departamento de Engenharia de Energia-
Faculdade do Gama (UnB-FGA)
Gama – DF – Brasil

{gabi_nikes}@hotmail.com, {drapilar}@gmail.com

Abstract. In this article is presented techniques to determine the main parameters for quality control of diesel used in transportation of the Faculdade do Gama. This product is among the main oil products after the completion of the refining process, is used as fuel for buses. To ensure the quality of diesel used in FGA transportation is required that will fit the specifications of standards in order to prolong the life of the equipment that comes into contact with this product. In the analysis experimental results aren't compliance with the standards of diesel.

Resumo. Neste artigo apresentam-se as técnicas para determinação dos principais parâmetros para o controle de qualidade do diesel utilizados nos meios de transportes da Faculdade do Gama. Esse produto está entre os principais derivados do petróleo após a realização do processo de refino, sendo utilizados como combustível para ônibus. Para garantir que o diesel utilizado nos meios de transporte da FGA seja de qualidade é necessário que esse se adéquie as especificações das normas a fim de prolongar a vida útil dos equipamentos que entram em contato com esse produto. Na análise dos resultados obtidos experimentalmente verifica-se a não-conformidade do diesel com os padrões.

1. Introdução

A qualidade do óleo diesel utilizado pelos usuários de máquinas pesadas, grupos geradores e pelas frotas de caminhões, nos diversos pontos do país, sempre foi objeto de curiosidade entre as pessoas envolvidas nas atividades diretamente ligadas aos custos e ao desempenho desses equipamentos. O diesel é um combustível derivado do petróleo, sendo constituído basicamente de hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio). Alguns compostos presentes no diesel, além de apresentar carbono e hidrogênio, apresentam também enxofre e nitrogênio. Este combustível é produzido a partir da refinação do petróleo sendo formulado por meio de misturas de diversas correntes como querosene, gasóleos, nafta pesada, diesel leve, diesel pesado, entre outros. As proporções desses componentes no óleo diesel permitem enquadrá-lo nas especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do produto. As especificações do diesel permite também minimizar o desgaste nos motores e componentes, manter a emissão dos poluentes gerados da queima do produto em níveis aceitáveis. [Pinheiro 2004]

2. Testes de Qualidade

Iremos apresentar neste artigo alguns testes previstos na especificação do óleo diesel, feito no laboratório da Faculdade do Gama, assim como seus significados e sua influência no funcionamento dos motores.

2.1. Densidade Relativa (ASTM D 4052)

É a relação entre a massa específica do diesel a 20°C (em g/cm³) e a massa específica da água (em g/cm³) a 4°C. Quando a densidade varia, o conteúdo energético da porção injetada e a relação ar-combustível, na câmara de combustão, ficam alterados. O teste é feito imergindo-se um densímetro de vidro de proveta de 1.000 ml, contendo amostra do produto. Neste caso o resultado é expresso como densidade a 20-4°C. [Pitanguy 2004]

2.2. Destilação de 50% do Produto, Recuperado (°C) (ASTM D 86)

No processo de destilação do diesel verificou-se a temperatura na qual 50% do produto passa pelo processo de destilação. Esta análise visa controlar a relação entre frações leves e pesadas no produto com objetivo de possibilitar um desempenho do motor. O teste foi feito destilando-se 100 ml de diesel e anotando a temperatura correspondente de 10% a 50% do diesel destilado.

2.2.1 Cromatografia Gasosa

A cromatografia gasosa (CG) é uma técnica para separação e análise de misturas de substâncias voláteis. Foi utilizado o cromatógrafo da ThermoScientific - Trace CG Ultra, uma coluna capilar de 30 m, OV-1, fase estacionária 100% dimetilpolisiloxano, a temperatura de programação do forno foi programada a 40°C durante 1 min. Logo 10°C min⁻¹ até atingir 230°C, o gás carreador é N₂, temperatura de injeção da amostra 200° injetor Split condicionado a 250 °C e detector FID. A amostra injetada foi o destilado de diesel a 50% e diluída em n-heptano (1:9), o volume injetado foi de 2 µL.

2.3. Corrosividade ao Cobre (ASTM D 130)

Trata-se da avaliação do caráter corrosivo do produto. Esse teste da indicação do potencial de corrosividade do diesel, no que diz respeito às peças metálicas e nas peças confeccionadas com ligas de cobre presentes nos sistemas de combustíveis dos veículos e equipamentos, além das instalações de armazenamento. A corrosividade do diesel é, normalmente, associada à presença de enxofre elementar e gás sulfídrico. O teste é feito imergindo uma lâmina de cobre devidamente preparada numa amostra de diesel mantida a 50°C por três horas. Decorrido esse tempo, a lâmina é retirada, lavada e sua coloração é comparada com a lâmina padrão ASTM, o que permite que se defina o grau de corrosividade do óleo. [Pitanguy 2004]

2.4. Índice de Cetano (IC) (ASTM D 4737)

Combustíveis com alto teor de parafinas apresentam elevado número de cetano, enquanto produtos ricos em hidrocarbonetos aromáticos apresentam baixo número de cetano. Diretamente ligado ao número de cetano, o cálculo do índice de cetano (IC) está relacionado à qualidade de ignição do óleo diesel. Baixos índices de cetano acarretam dificuldade na partida do motor a frio e depósito nos pistões, permite o aparecimento da fumaça branca na exaustão devido à combustão incompleta, o mau funcionamento do motor, entre outros fatores. [Pitanguy 2004].

O valor experimental de IC é encontrado indiretamente correlacionando num mapa [Exxon 1995] o valor da densidade específica ou API com o valor de temperatura a 50% de destilado do diesel convertido em °F. Este método facilita o cálculo do IC usando estes dois parâmetros avaliados densidade e destilação.

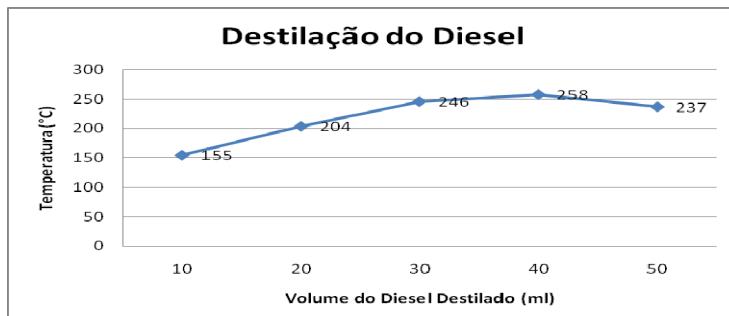
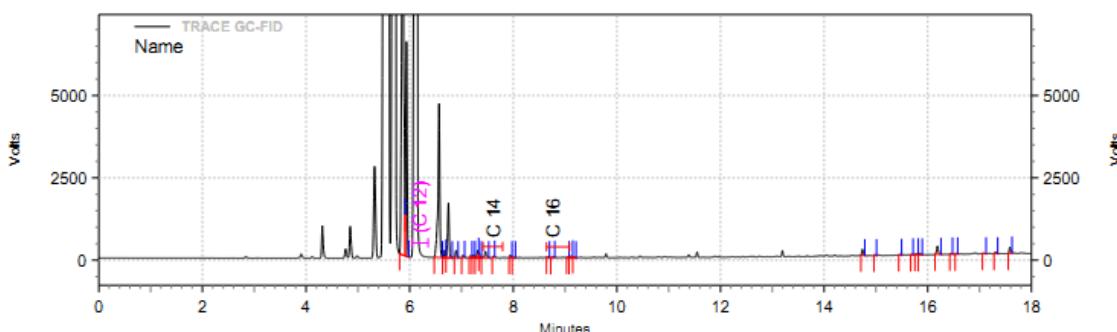
3. Dados Experimentais

Tabela 1. Especificação do óleo diesel obtido pela análise experimental

Características	Método	Mínimo	Máximo	Resultado
Corrosão ao Cobre (3h a 50°C, Max)	ASTM D 130	-	1b	1a
Densidade Relativa a 20-4°C (Kg/m ³)	ASTM D 4052	820	880	840
Destilação 50%, recuperado (°C)	ASTM D 86	310	370	237
Índice de Cetano	ASTM D 4737	42	45	38

4. Análise dos Dados

Os resultados encontrados para a densidade relativa e para corrosão ao cobre estão dentro das especificações estabelecidas pela norma que garante a qualidade do produto ao usuário. Entretanto, na destilação de 50% do diesel foi observada valores ligeiramente abaixo do padrão. Isto ocorreu devido a possíveis fugas no sistema de destilação.

**Figure 1. Relação entre o volume de diesel destilado e temperatura****Figura 2. Cromatograma da Fração do Destilado 50% do Óleo Diesel**

A partir do cromatograma obtido do diesel destilado, pudemos constatar a composição do diesel até 50% de destilado, sabe-se que a fração predominante no diesel é (C13-C17) com pontos de ebulição na faixa de (235-305), o que se evidencia nestes resultados da Tabela 1, é que as primeiras frações destiladas de 4-6 minutos são frações de combustíveis que antecedem ao diesel no processo de refinação.

Nosso intuito de correlacionar estes dados de destilação aos dados de cromatografia servirá para simular nos próximos trabalhos de processos de destilação de petróleo usando colunas seletivas para parafinas, olefinas, naftênicas e aromáticas (PONA)e correlacionar este resultados com os derivados destilados de petróleo

Tabela 2. Dados do Cromatograma

Tempo (min.)	Temperatura (°C)	Composição
4-5,9	155-200	C10- C11
6	204	C12
6,2	246	C13
7,5	258	C14
8,5	237	C16

O cálculo do índice de cetano mostrou abaixo das especificações da norma ASTM D 4737. Esse índice reflete a qualidade do diesel utilizado, assim como o índice de octanagem reflete a qualidade da gasolina. Como o valor calculado foi baixo, podemos inferir que pode haver dificuldade na partida do motor a frio e depósitos nos pistões com seu uso contínuo. Além disso, baixo índice de cetano permite a formação de fumaça branca na exaustão devido à combustão incompleta ou mau funcionamento do motor.

5. Comentários conclusivos

Os resultados obtidos apresentam os aspectos de não-conformidade ajudando os usuários a identificar a qualidade do produto adquirido. Outros testes poderiam ser feitos para o controle de qualidade do diesel utilizado no transporte da Faculdade do Gama- UnB. Entretanto, já podemos detectar que essa amostra analisada encontra-se fora dos padrões aceitáveis previstos pela norma, havendo interferência significativa na perda de desempenho nos motores desses veículos.

6. Referências Bibliográficas

Exxon Company (1995) “Manual de Testes de combustíveis e lubrificantes”.

Pinheiro, P.C.C (2004) “Diesel”, Departamento de Engenharia Mecânica- Universidade Federal de Minas Gerais, disponível em: <http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/liquidos/diesel/especifi.htm>.

Pitanguy, J.G.M (2004) “Pesquisa exclusiva aprova qualidade do diesel no Brasil”, disponível em: http://www.sotreq.com.br/artigostecnicos/qualidade_diesel.pdf.

Determinação do Teor de Biodiesel em Misturas Binárias (Biodiesel/Diesel) por espectrofotometria de UV/Visível

Vitor M. Zago de Sousa, Janaíne M. de Oliveira, Leonardo L. G. de Queiroz,
Sandra M. da Luz

Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Área Especial 1, Lote 14 Setor Central Gama-DF Cep: 72405-610
vitormagalinizago@gmail.com, monica.janaine@gmail.com, sandraluz@unb.br

Abstract. *The Ultraviolet (UV)/ Visible spectrometry is a useful technique employed in large amount applications with low cost. Through this technique is possible to find unknown content in binary mixtures by the Beer – Lambert law application. The mixture diesel /biodiesel is a binary mixture that can appear in different content (B5, B10 or B50, depended on biodiesel content). In this work, UV/visible using the standard addition method determined the biodiesel content in commercial diesel. The biodiesel content in diesel was 11.28% v/v, value above the recommended.*

Resumo. *A espectrometria de Ultravioleta (UV)/Visível é uma técnica bastante empregada devido ao grande número de aplicações e seu custo relativamente baixo. Através desta técnica é possível encontrar concentrações desconhecidas em compostos binários através das relações expressas pela Lei de Beer-Lambert. A mistura diesel/biodiesel é uma mistura binária que pode aparecer em concentrações diferentes (B5, B10, B50). Neste trabalho determinou-se a concentração desconhecida de biodiesel em diesel através da espectrofotometria de UV/visível com adição-padrão. O teor de biodiesel encontrado no diesel comercial foi de 11,28% v/v, teor acima do recomendado.*

1. Introdução

Devido ao modelo de transporte brasileiro estar baseado no transporte rodoviário, o país é um grande consumidor de óleo diesel. A grande demanda deste produto tem impulsionado nos últimos anos a procura por um combustível alternativo para ser utilizado em motores ciclo diesel, inserindo neste mercado o biodiesel como mistura eficaz no diesel de petróleo.

O biodiesel é um combustível oxigenado produzido a partir da transesterificação de triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais [Rocha e Teixeira 2004] apresenta propriedades comparáveis com as do diesel convencional, deste modo o biodiesel pode ser utilizado em motores de ciclo diesel sem causar danos à estrutura e as peças do motor. Há também algumas vantagens ambientais no uso do biodiesel ou da mistura diesel/biodiesel, o biodiesel é uma fonte de energia renovável e comparado ao diesel convencional, o biodiesel ou as misturas de diesel-biodiesel, apresenta menores emissões de monóxido e dióxido de carbono e de enxofre, apesar de um ligeiro aumento nas emissões de óxidos de nitrogênio [Correa et al. 2006].

A legislação brasileira define em 5% em volume a quantidade mínima de biodiesel presente no diesel convencional. Este trabalho tem por objetivo determinar a quantidade de biodiesel presente em um determinado diesel comercializado em Brasília.

Uma das formas de determinar a concentração de um composto binário desconhecido é a espectrofotometria em UV/Visível.

Chama-se espectrofotometria ou espectroscopia a qualquer procedimento que utiliza a luz (radiação eletromagnética) para medir a concentração química de qualquer espécie. Segundo Rocha et al.(2004), a espectrofotometria na região do ultravioleta e visível do espectro eletromagnético é uma das técnicas analíticas mais empregadas, em função de robustez, custo relativamente baixo e grande número de aplicações desenvolvidas. Em geral, quando se utiliza radiação na faixa do UV/Visível mede-se a absorção da radiação pelas moléculas dos compostos químicos. Quando esse elétron retorna ao seu estado fundamental, libera exatamente a mesma energia que foi absorvida [Gordon, 1995]. A espectrofotometria é fundamentada na lei de Beer-Lambert [Basset et al., 1992], que é a base matemática para medidas de absorção de radiação por amostras no estado sólido, líquido ou gasoso, nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético. Para medidas de absorção de radiação em determinado comprimento de onda, tem-se na equação 1:

$$A = -\log_{10}(I/I_0) = \epsilon \cdot c \cdot L \quad (1)$$

Onde A é a absorbância medida, I_0 é a intensidade da luz incidente a um dado comprimento de onda, I é a intensidade transmitida pela amostra, b é o caminho óptico pela amostra (distância que a luz percorreu por ela), ϵ é uma constante conhecida como absorvância molar (a qual varia de substância para substância), e c é a concentração da substância em (mol/L).

Este experimento visa determinar se há ou não adulteração no diesel comercializado em Brasília por meio da técnica de espectrofotometria na região do UV-Visível.

2. Metodologia

Ao diesel comercial foi adicionado biodiesel para atingir as concentração de 5% v/v (B5), 15% v/v (B15) e 25% v/v (B25) para um volume de 25 mL. Para a obtenção do B5, com o auxílio de uma pipeta volumétrica de 2 mL adicionou-se 1,25 mL de biodiesel em um balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com o diesel comercial. Para o B15, adicionaram-se com uma pipeta de 5 mL, 3,75mL de biodiesel em um balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com o diesel comercial. Para o B25, com uma bureta, adicionaram-se 6,25 mL de biodiesel em um balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com diesel comercial. As soluções preparadas foram então diluídas em diclorometano até concentração de 1000 ppm.

As amostras diluídas B5, B15, B25, DIESEL PURO e B100 e do branco (dicloretemano puro), foram analisadas em um espectrômetro de UV/Visível Beckman DU 650 SPECTRO PHOTOMETER de feixe simples. O intervalo do espectro analisado foi de 200 a 700 nm. As amostras analisadas em cubeta de quartzo com passo óptico de 1 cm. O experimento foi realizado no laboratório de catálise, do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

3. Resultados e Discussão

A partir de um comprimento de onda fixo pôde-se determinar a concentração de um composto de acordo com a Lei de Beer-Lambert. Para esta análise escolheu-se três

comprimentos de onda referentes aos picos de absorbância para o biodiesel puro (B100), esses comprimentos foram 242, 269 e 280 nm. As absorbâncias medidas para cada um dos compostos nestes comprimentos de onda são listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Absorbâncias em função do comprimento de onda das diferentes amostras e resultados obtidos a partir da linearização.

Amostra	Concentração de biodiesel em diesel % v/v	242 (nm)	269 (nm)	280 (nm)
B5	5	1,47712	1,76235	1,79316
B15	15	1,47712	1,65321	1,63346
B25	25	1,47712	1,49351	1,51696
B100	0	0,25238	0,20778	0,19963
Diesel comercial	Valor desconhecido	1,22724	1,56606	1,70601
		Equação	$y = -0,013x +$	$y = -0,013 x +$
			1,838	1,855
		R^2	0,988	0,991
		ϵ	0,013	0,013

Para cada comprimento de onda escolhido pôde-se construir um gráfico de absorbância *versus* concentração. Entretanto, no comprimento de onda de 242 nm o gráfico não pode ser construído devido a não variação das absorbâncias com o aumento da concentração. Como mostrado na Tabela 1 para esse comprimento de onda, as absorbâncias nas diferentes concentrações permanecem constante em 1,47712. Desta maneira, a absorvidade (ϵ) seria igual a zero, o que é inconsistente de acordo com a Lei de Beer-Lambert.

Para a determinação de uma concentração desconhecida de biodiesel, pode-se utilizar o método de adição de padrão. Segundo Bassett et al. (1992), com a técnica de adição de padrão, quando tem-se uma amostra de concentração desconhecida, adiciona-se quantidades conhecidas da solução do analito a diversas alíquotas da solução da amostra. Dilui-se as soluções resultantes até o mesmo volume final. Em seguida deve-se medir a absorbância da solução-teste e, depois, de cada uma das soluções preparadas, da solução mais diluída até a mais concentrada. Deve-se lançar em gráfico os valores de absorbância medidos contra os valores de concentração adicionados. O gráfico deve ser uma linha reta que pode ser extrapolada até o eixo das concentrações. A equação 2 mostra a relação entre concentração e absorbância, onde y é a absorbância, A assume o valor de $\epsilon \cdot b$, sendo b o passo óptico e ϵ a absorvidade molar; B é o coeficiente linear da reta, que neste caso não apresenta significado físico-químico; e x é a concentração de biodiesel na amostra.

$$y = Ax + B, \quad (2)$$

O ponto em que a reta corta o eixo das concentrações corresponde à concentração da solução teste. Normalmente, em altas concentrações a relação linear não é válida. Assim, a concentração da substância a ser adicionada não deve ser muito elevada.

No experimento realizado, a solução que se quer encontrar a concentração desconhecida é o biodiesel no diesel comercial. Para isso utilizou-se padrões de biodiesel com concentrações de 5, 15, 25 e 100 % v/v. A partir da linearização da curvas, obtiveram-se para cada comprimento de onda as equações e coeficientes de correlação linear que estão relacionadas também na Tabela 1.

A partir destas equações pôde-se encontrar a concentração desconhecida de biodiesel em diesel extrapolando a reta até o eixo das concentrações. Deste modo, o valor encontrado para a concentração de biodiesel no diesel comercial foi de 112,82 ppm. Esta é a concentração de biodiesel presente na amostra, que é a diluição da mistura diesel/biodiesel em diclorometano na proporção de 1:1000.

A concentração de biodiesel na solução antes de ser diluída é igual a 112,82 ppm, isso no volume de 0,05 mL de mistura diesel/biodiesel. Relacionando este valor para um volume de 25 mL tem-se um volume de biodiesel desconhecido de 2,8205 mL na mistura. Logo, a concentração de biodiesel desconhecido é de 11,28 % v/v para o comprimento de onda de 269 nm.

Conclusões

O diesel comercial analisado em Brasília está dentro das especificações, uma vez que a legislação não impõe limite máximo para a utilização do biodiesel em diesel. O percentual elevado de biodiesel no diesel comercial não acarreta danos aos motores em que a mistura é utilizada, e ainda reduz as emissões de gases de efeito estufa, material particulado e gases de enxofre gerados pela combustão do diesel. Porém, a adição de biodiesel além do percentual mínimo tende a aumentar o valor comercial do diesel, visto que o biodiesel é um combustível de maior custo de produção que o diesel. Logo, não é economicamente vantajoso o alto teor de biodiesel em diesel. A técnica de UV/Visível aplicada é uma técnica confiável se aliada a outras, principalmente aliada à análise térmica (TG e DSC).

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Laboratório de Catálise do IQ, pelo auxílio na realização do experimento.

Referências Bibliográficas

- Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H. & Mendhan, J. (1992), Vogel - Análise inorgânica quantitativa, Guanabara, Rio de Janeiro.
- Correa, R. A., Tavares, M. G. de Oliveira, Antoniosi Filho, N. R. (2006) “Determinação do teor de biodiesel em diesel”,
<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Caracterizacao/DeterminacaoTeor2.2.pdf> Acessado em 28 de junho de 2011.
- Gordon, D.B. (1995) “Spectroscopic Techniques”, In: Principles and Techniques in Practical Biochemistry, Edited by K. Wilson and J. Walker, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rocha, F., Teixeira, L. (2004) “Estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-Vis”, Química Nova (27) 5, pp. 807-812.

Sistemas Elétricos e Eletrônicos

Plataforma Experimental para Estudos de Controle em Tempo Real em Sistemas Aeronáuticos.

Lui T. C. Habl¹, Renato V. Lopes¹

¹Faculdade Gama – Universidade de Brasília (UnB) – Brasília, DF – Brasil
txaicalvoso@gmail.com, rvlopes@unb.br

Resumo. O projeto tem como foco a construção de uma plataforma experimental com três graus de liberdade para estudos de técnicas de controle de altitude de helicópteros. A plataforma será constituída de um helimodelo fixado a um suporte, sendo o acionamento dos servo-motores e o monitoramento do helimodelo feitos por um circuito de acionamento, o qual será conectado a um computador, que realizará todo o controle do helicóptero.

Abstract. The project focuses on building an experimental platform with three degrees of freedom for studies of attitude control techniques in helicopters. The platform will be composed of a helicopter model attached to a base, like a tripod, and all the monitoring and control of the servo-motors will be made by a driver circuit, which will be connected to a computer, that will lead the control of the helicopter model.

1. Introdução

Um VAANT (Veículo Aéreo Autônomo Não Tripulado) é, em linhas gerais, uma aeronave de pequeno ou médio porte, dotada de certa capacidade computacional que a permita realizar tarefas com autonomia. A primeira aparição deste veículo foi no inicio da década de 60 em órgãos militares que necessitavam de sistemas que pudessem monitorar e realizar ações ofensivas contra postos inimigos sem colocar a vida de um humano em risco [1]. Atualmente os VAANT's são utilizados para as mais diversas, alguns exemplos são: o monitoramento para prevenção de desastres ambientais (como incêndios), inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica, busca por sobreviventes, vigilância e monitoramento de regiões urbanas e de fronteira, entre outras [2], [3], [4]. Desta forma, o desenvolvimento de robôs aéreos autônomos se tornou objeto de pesquisa nas mais diversas instituições civis e militares [2].

Uma subclassificação dos mini robôs aéreos, que atualmente tem recebido muita atenção dos institutos de pesquisa, é o VTOL (*Vertical Take Off and Landing*, em inglês), representado usualmente por helicópteros e quadri-rotore. A grande vantagem e diferença em relação aos veículos de asa fixa, além da sua capacidade de decolar e pouso verticalmente, é sua capacidade inerente de realizar o voo pairado. Isto o torna ideal para uma série de aplicações como, supervisão, inspeção e trabalhos em ambientes limitados e tarefas de grande precisão [5]. Desta forma, no presente projeto o enfoque será em um veículo VTOL do tipo helicóptero.

O maior desafio na concepção de um VAANT do tipo VTOL é a implementação de um sistema de controle que proporcione ao veículo a estabilidade necessária para a realização de voos eficientes. A dificuldade da concepção deste sistema está nas características de um helicóptero que o torna inherentemente instável, demandando um constante ajuste nas variáveis de controle. Além disso, a dinâmica desta aeronave é bastante complexa, tornando assim mais difícil o emprego das técnicas convencionais de controle. Adicionalmente, os sistemas aeronáuticos possuem, em geral, custos elevados, e a implementação de sistemas de controle só acontecem quando estes

apresentam uma elevada confiabilidade. Para atingir esta confiabilidade, diversas simulações e testes de bancada necessitam ser realizados, até que os resultados experimentais estejam próximos do esperado.

Desta forma, o presente projeto tem como proposta o desenvolvimento de uma plataforma experimental didática baseada em microcomputador que permita o estudo de diferentes estratégias de controle de um helicóptero com três graus de liberdade. Esta plataforma será constituída de um helicóptero elétrico comercial fixado a um suporte adequadamente projetado para permitir os três movimentos desejados (arfagem, guinada e rolagem). Sensores instalados na plataforma fornecerão medidas dos ângulos desejados e o controle do sistema será implementado em um microcomputador conectado à plataforma. Espera-se que este sistema possibilite a concepção de sistemas de controle mais confiáveis para uma futura aplicação prática.

2. Dinâmica de um helicóptero

Basicamente, um helicóptero convencional possui um rotor principal responsável por gerar uma força vertical que proporcione a sua sustentação e um rotor de cauda, localizado na parte traseira do helicóptero, que atua contra o torque de reação causado pelo rotor principal. Estes veículos possuem, geralmente, seis possíveis movimentos, sendo três lineares e três angulares. Cada um desses movimentos é determinado pela variação do ângulo de ataque das lâminas das hélices dos rotores.

No âmbito deste projeto, serão considerados apenas, os movimentos angulares, caracterizando os três graus de liberdade. Esta caracterização é chamada de atitude do helicóptero, ou seja, sua postura em relação ao plano horizontal. Os três movimentos angulares que caracterizam a atitude é a guinada (ψ), movimento de rotação do corpo do helicóptero em torno do eixo vertical, a arfagem (θ), movimento de rotação em torno do eixo transversal, e a rolagem (ϕ), movimento de rotação em torno do eixo longitudinal, conforme ilustrado na *Figura 1*.

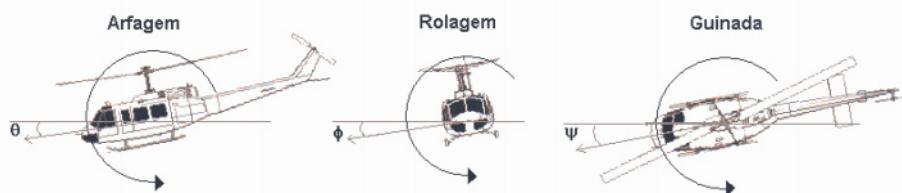


Figura 1. Ilustração representando os três graus de liberdade de um helicóptero (fonte: [5]).

3. Projeto da plataforma

A plataforma a ser desenvolvida será constituída de duas partes principais; a estrutura mecânica que dará sustentação ao helicóptero e permitirá os três graus de liberdade do sistema, e o corpo do helicóptero ao qual serão adicionados todos os circuitos eletrônicos necessários para acionamento e controle. Para facilitar os estudos futuros de diferentes técnicas de controle, o controle do sistema será realizado através de um microcomputador ligado à plataforma. Desta forma, o projeto será semelhante às plataformas experimentais didáticas comerciais existentes no mercado (Figura 2a). No entanto, a plataforma aqui proposta terá um grau de liberdade a mais.



Figura 2 – (a) Bancada experimental didática da empresa Quaser®, conhecida comercialmente como Helicóptero 2DOF. Esta bancada apresenta apenas dois graus de liberdade, permitindo apenas variação nos ângulos de arfagem e guinada. **(b)** Helicóptero BELT CPX produzido pelo fabricante Esky que será utilizado no projeto.

O desenvolvimento da plataforma será dividida em três partes: o projeto mecânico da plataforma, o desenvolvimento dos circuitos de acionamento e controle e projeto computacional. Cada uma dessas partes será detalhada a seguir.

- **Projeto mecânico:** O projeto mecânico consiste no desenvolvimento do suporte da plataforma que dará sustentação ao helicóptero. Para permitir os três graus de liberdade, este suporte será constituído de um eixo perpendicular ao plano do solo que possa girar livremente em torno de si mesmo. Em sua extremidade será acoplado uma junta universal que permita o movimento de rotação em dois eixos. O helicóptero por sua vez, será fixado à junta universal. Em cada um dos eixos de rotação do suporte será fixado potenciômetros para medição dos ângulos de giros. Para o helicóptero será utilizado um modelo elétrico comercial. O modelo escolhido foi o BELT CPX do fabricante Esky, mostrado na Figura 2b. Trata-se de um modelo leve, pequeno, de fácil montagem, constituído de um motor DC para acionamento dos dois rotores e quatro servo-motores responsáveis pela mudança de inclinação das pás dos rotores. Este helimodelo é controlado via rádio (2.4GHz), no entanto, no projeto ele será modificado para que o controle seja feito diretamente nos servo-motores.
- **Circuito de acionamento:** Nesta parte do projeto será desenvolvido o circuito que realizará a interface entre o controlador (computador) e o helicóptero. As principais funções deste circuito serão enviar ao computador as informações dos sensores presentes na plataforma e acionar os servo-motores com os sinais de controle obtidos no computador.
- **Projeto computacional:** O projeto computacional consiste no desenvolvimento do *software* que será o responsável por enviar e receber dados do circuito de acionamento, constituindo o sistema que realizará a monitoração e o controle do helimodelo.

4. Metodologia do plano de trabalho

Inicialmente será realizada uma revisão bibliográfica sobre modelagem e técnicas de controle para sistemas VTOL. Em seguida, será realizada a modelagem matemática do helimodelo adquirido e simulações computacionais em ambiente Matlab®/Simulink® para a verificação do modelo e avaliação da técnica de controle desenvolvida. A fase final do projeto consiste na construção da plataforma experimental, validação experimental do modelo matemático obtido e análise experimental da técnica de controle desenvolvida.

5. Conclusão

O desenvolvimento de um sistema de controle para um veículo aéreo não tripulado, qualquer que seja sua aplicação, é um muito desafiador, dada a complexidade da dinâmica não linear desses veículos, a necessidade de utilização de dispositivos de tamanho e custos reduzidos e, ao mesmo tempo, a elevada confiabilidade requerida. Desta forma, é importante o desenvolvimento de bancadas experimentais ou modelos simplificados para que seja possível avaliar as diferentes técnicas de controle antes de ensaios na aeronave real. Neste sentido, o presente projeto será realizado visando o desenvolvimento de uma plataforma experimental didática que torne possível a implementação rápida de diferentes técnicas de controle de atitude de aeronaves. A plataforma desenvolvida também poderá ser utilizada por professores da disciplina de Sistemas e Controle da Faculdade do Gama, visando uma melhor compreensão, por parte dos alunos, da teoria de controle desenvolvida em sala de aula.

6. Referências Bibliográficas

- [1] Neto, A. A. Geração de Trajetórias para Veículos Aéreos Autônomos Não-Tripuláveis. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- [2] Becker,M., Bouabdallah, S. and Siegwart, R., 2006. “Desenvolvimento de um controlador de desvio de obstáculos para um mini-helicóptero quadri-rotor autônomo – 1^afase: Simulação”. CBA - Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2006), Vol. 1, pp. 1201–1206.
- [3] Adigbli, P., Grand, C., Mouret, J.B. and Doncieux, S., 2007. “Nonlinear attitude and position control of a micro quadrotor using sliding mode and backstepping techniques”. In 3rd US-European Competition and Workshop on Micro Air Vehicle Systems (MAV07) & European Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition (EMAV2007), Toulouse, France.
- [4] Tayebi, A. and McGilvray, S., 2006. “Attitude stabilization of a VTOL quadrotor aircraft”. In IEEE Transactions on Control Systems Technology. Vol. 14, pp. 562–571.
- [5] Bo, A. P. L. and Miranda, H. H. F., “Concepção de uma plataforma experimental para estudo de controle de um modelo reduzido de helicóptero. Monografia, Universidade de Brasília, 2004.

Atlas Anatômico 3D Aplicado à Mama – Modelagem

Alysson R. M. Leite¹, Marina G. Barros², Marina R. Parente¹, Lourdes M. Brasil¹,
Janice M. Lamas³

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica e Graduação em Engenharia,
Faculdade do Gama (FGA) – Universidade de Brasília (UnB)
Gama – DF – Brasil

²Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília – DF – Brasil

³Clínica Janice Lamas - Radiologia, Brasília, - DF - Brasil

alysson_r076@yahoo.com.br, marina-gasparini@hotmail.com,
marinarpente@gmail.com, lmbrazil@gmail.com,
clinica@janicelamas.com.br

Abstract. *The creation of an entire system with a significant quantity of details that gets as closer as possible to reality is the point of the project 3D anatomical atlas applied to breast. For this, a series of tools and techniques were analyzed, discarded and chosen along the process of conception, considering studies and thesis' about biomedical modelling. Methontology was chosen as the methodology for this study. The software Maya allowed the creation of the 3D model.*

Resumo. *A criação de um sistema com uma quantidade significativa de detalhes que chega o mais próximo possível da realidade é a chave do projeto atlas anatômico 3D aplicado à mama. Para isso, uma série de ferramentas e técnicas foram analisadas, descartadas e escolhidas ao longo do processo de concepção, considerando estudos e teses sobre modelagem biomédica. A Methontology foi escolhida como a metodologia para este estudo. O software Maya permitiu a criação do modelo 3D.*

1. Introdução

A natureza do ensino na área da Saúde requer a interação do estudante com o objeto, como no caso de uma simulação cirúrgica ou no caso de análise para efetuar um diagnóstico. Nas disciplinas de anatomia, o aprendizado também se dá de maneira interativa, pela manipulação das peças anatômicas e discussão com monitores e professores. Entretanto, os especialistas apontam a insuficiência de peças anatômicas, a rápida deterioração das peças, a falta de visualização das estruturas internas do corpo em seu contexto e a carência de monitores treinados como fatores limitantes do ensino de anatomia. A utilização de ferramentas informatizadas são opções que podem solucionar os problemas encontrados pelos educadores.

Com base nisso, a fim de facilitar a aprendizagem na área da saúde com relação à anatomia da mama, a ontologia está sendo construída para ser utilizada em um ambiente de realidade virtual dotado de sistema de tutoria. Desta forma, o projeto Atlas Anatômico 3D Aplicado à Mama propõe desenvolver um atlas anatômico 3D baseado em web, chamado Ambiente de Simulação Médica (ASM) [Melo 2007]. Usando

técnicas de Inteligência Artificial [Russel e Norvig 1995] e Realidade Virtual [Machado, Campos, Cunha e Moraes 2004], o objetivo é permitir o aprendizado prático e morfológico das estruturas da mama, a fim de melhorar o ensino de Ciências da Saúde, Humanas e Biológicas. O projeto permitirá ao cirurgião planejar e simular processos plásticos ou de reconstrução a partir dos dados do paciente [Silva, et al 2006], ampliando a capacidade de prever o resultado estético final e ajudar na escolha do procedimento cirúrgico mais adequado.

2. Materiais e Métodos

A metodologia escolhida para este trabalho foi a Methontology [Mattos 2010], por determinar as atividades a serem realizadas (planejamento, controle, qualidade, especificação, aquisição de conhecimento, conceitualização, integração, formalização, implementação, avaliação, manutenção, documentação e gerenciamento da configuração), permitir acrescentar, mudar ou remover expressões a cada versão e ser recomendada pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) [Mattos 2010] [Prado 2004]. Esta metodologia está sendo utilizada tanto para a parte da ontologia [Gómez-Perez, et al 2004], para a qual ela é geralmente utilizada, quanto para a parte da modelagem.

A criação do modelo está sendo feita no software Maya [Autodesk 2011]. A utilização deste na área de modelagem biomédica foi objeto de estudo e se apresentou como uma alternativa mais acessível para a captação de propriedades biomédicas [Gu 2006] [Sharpe, et al 2008]. O Maya possui um enorme poder e flexibilidade para customização para aplicações científicas. É útil para modelagem e simulação criando modelos realísticos e funcionais para o uso nas aplicações biomédicas. Estes proporcionarão aos profissionais modelos para que possam treinar suas habilidades, e ao mesmo tempo utilizar as ferramentas de modelagem para torná-los mais didáticos, de maneira que um estudante possa assimilar os preceitos.

Todo processo de construção do modelo vem passando pela verificação de um especialista e validação por críticas recebidas de estudantes e profissionais da área de mastologia.

3. Resultados

O enfoque está sendo dado na concepção dos ductos e lóbulos, respeitando o espaço na mama a ser ocupado por gordura. Foi buscado até então um conjunto de técnicas e procedimentos que viabilizassem uma modelagem eficaz da estrutura mamária. Para isso foram feitos diversos testes, gerando modelos diferenciados que foram submetidos a avaliações e descartados ou melhorados de modo a representar fielmente um sistema real no que diz respeito à quantidade de segmentos, formato e composição de lóbulos, orientação de dispersão, dentre outros aspectos [Netter 2006].

A versão atual apresenta características inexistentes nos outros modelos e que aproximam mais o modelo virtual de uma estrutura real. Características como lóbulos semelhantes a alvéolos pulmonares e ductos [Netter 2006] que se estendem pelo seio em formato triangular (Figuras 1 e 2), são melhorias obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e especificações de especialistas, visando uma qualidade confiável no produto final.

Após a modelagem completa dos ductos e lóbulos, com criação de texturas mais realistas, será modelada a gordura que preencherá o espaço vago até então no interior do seio.

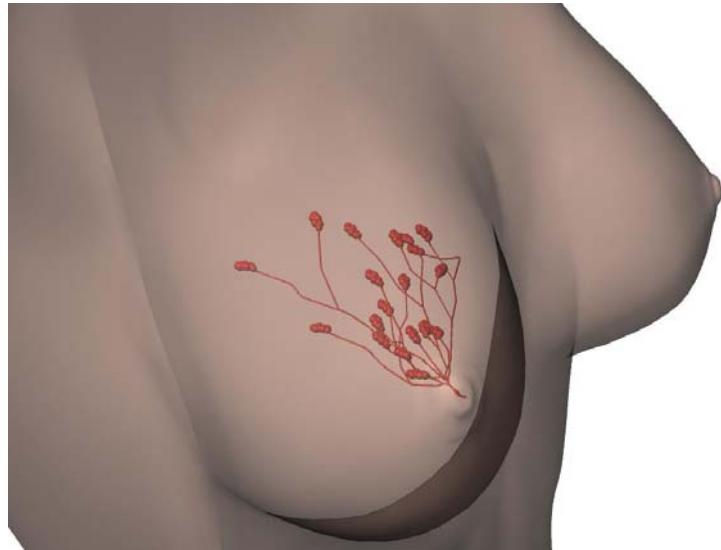


Figura 1. Imagem do modelo atual obtida através do Maya

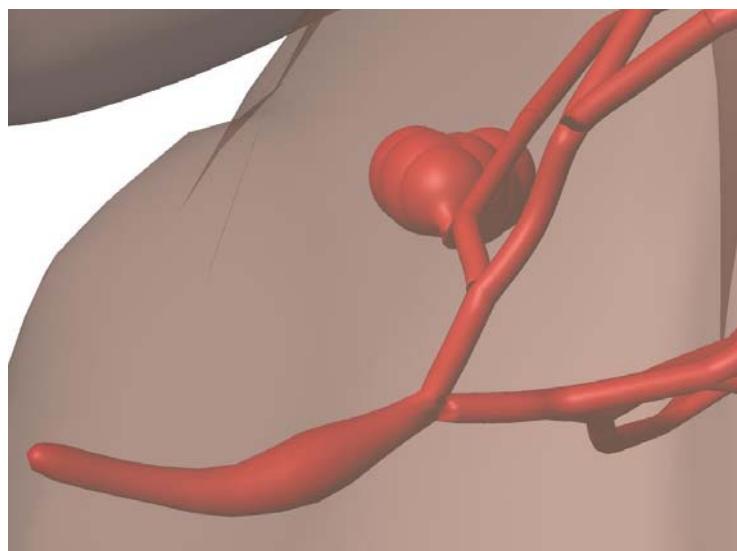


Figura 2. Origem de um lobo

4. Conclusão

A complexidade no processo de modelagem da mama (e de praticamente todo órgão ou sistema do corpo humano) encontra-se não somente na concepção de inúmeros detalhes no que tange a aspectos visuais, mas principalmente na idealização do objeto, com suas divisões (e subdivisões) e suas respectivas especificações. O processo de ontologia, paralelo à modelagem, torna essa idealização mais tangível, reduzindo significativamente a duração da concepção do modelo, bem como a quantidade de falhas, tornando o modelo o mais realista possível.

5. Agradecimentos

Este trabalho está sendo financiado através do Edital Nº. 15/2008 - MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/FAPEMIG/FAPERJ/FAPESP, Institutos Nacionais de

Ciência e Tecnologia, e pelo apoio do INCT/MACC. O primeiro e o segundo autor agradecem o aporte financeiro dado pelo ProIC-UnB.

Referências

- Melo, J. S. S. (2007) Integrando realidade virtual em sistemas tutores inteligentes no domínio da saúde.. 115f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007.
- Russell, S. e Norvig, P. (1995) Artificial intelligence: a modern approach. prentice hall, New Jersey – EUA.,
- Machado, L. S., Campos, S. F., Cunha, Í. L. L. e Moraes, R. M. (2004) Cybermed: Realidade Virtual para Ensino Médico. IFMBE Proceedings. v. 5, p. 573-576.
- Mattos, M. (2010) A metodologia Methontology na construção de ontologias. Revista de Iniciação Científica, América do Norte, 523 04. Disponível em <<http://periodicos.unesc.net/index.php/iniciacaocientifica/article/view/160/164>>
- Prado, S. D. Tese: (2004) Um experimento no Uso de Ontologias para Reforço da Aprendizagem em Educação a Distância. Ontologia, p. 25-43. Disponível em <<http://wwwp.fc.unesp.br/~simonedp/tese/Tese-03.pdf>>
- Gu, S. (2006) Investigating the suitability of Maya for biomedical modelling and simulation. BSc Honours Dissertation, p. 2.
- Sharpe, J. et al. (2008) In Silico: 3D Animation and Simulation of Cell Biology with Maya and MEL. Morgan Kaufmann.
- Silva, F. C. et al. (2006) “Simulador computacional de mamografia contemplando a classificação de densidades do acr bi-rads™”, no Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, (CBIS2006) Proceedings, SC, Brasil.
- Gómez – Perez, A; et al. (2004) Ontological Engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and semantic web, 1^a Edição, *Springer-Verlag*.
- Autodesk Maya. Disponível em <<http://usa.autodesk.com>> Acesso em: 28 de Maio de 2011.
- Netter, F.H. (2006) Atlas de Anatomia Humana. 4^a edição. Ed. Elsevier.

Confiabilidade Metrológica de Ventiladores Pulmonares para Cuidados Críticos

Cristina A. S. Uechi¹, José Felício da Silva¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica - Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB Gama)

Área Especial 2 Lote 14, Setor Central, Gama– 72405-610 – Brasília – DF – Brazil

cristina.shi@gmail.com, jfeliciodasilva@gmail.com

Abstract. This extended abstract describes how a lung critical care ventilator works and emphasizes the importance of its calibration. A low measurement confidence does not guarantee that the set parameters be delivered to the patient, which may cause injury or even death.

Resumo. Este resumo estendido descreve o funcionamento de um ventilador pulmonar cuidados críticos e ressalta a importância da sua calibração. Uma baixa confiança metrológica não garante que os parâmetros ajustados sejam entregues ao paciente, podendo provocar danos ao paciente ou mesmo óbito.

1. Introdução

Ventiladores pulmonares são utilizados para prover suporte ventilatório artificial, suprindo o trabalho muscular necessário para a respiração em pacientes com insuficiência respiratória aguda ou crônica. A ventilação pode ser temporária, completa ou parcial. É uma terapia amplamente utilizada na medicina intensiva. O ventilador pulmonar pode operar em três diferentes ciclos ventilatórios: controlados, assistidos ou assistido-controlados. A monitoração da ventilação do paciente está baseada nos sinais de fluxo ou volume inspiratório, pressão das vias aéreas e concentração de oxigênio.

Como o modo ventilatório e os parâmetros são definidos baseados nos resultados apresentados pelos sensores, é de suma importância que os valores apresentados sejam confiáveis. Por isso, no gerenciamento das tecnologias disponíveis em um estabelecimento assistencial de saúde, devem ser previstas avaliações periódicas da exatidão dos ventiladores pulmonares, de forma a assegurar a confiabilidade das medições realizadas pelo equipamento. O conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões é chamado de calibração.

2. Objetivo

Descrever as características de funcionamento de um ventilador pulmonar para cuidados críticos e a importância da confiabilidade metrológica das medições realizadas por esse equipamento.

3. Metodologia

Para a realização dessa pesquisa descritiva, o trabalho se baseou em uma revisão bibliográfica, em que foram consultadas a base de periódicos da CAPES, manuais de fabricantes e literatura disponível.

4. Resultados e Discussões

O ventilador fornece uma mistura de gás oxigênio e ar ao paciente, de acordo com o modo de ventilação escolhido. A interação entre as características dos componentes do ventilador e as vias respiratórias do paciente produz curvas de pressão, fluxo e volume dependentes desta interação. Para descrição desta interação, são estabelecidas quatro funções para o ventilador: insuflar os pulmões; decidir quando parar de inflar; esvaziar os pulmões; e decidir quando insuflar novamente. A estas funções correspondem quatro fases do ciclo ventilatório: fase inspiratória; transição inspiração-expiração; fase expiratória; e transição expiração-inspiração. Para o controle desses parâmetros, são monitorados os sinais de volume corrente ou fluxo inspiratório, pressão das vias aéreas e freqüência respiratória, cujos valores típicos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos parâmetros monitoradas em adultos saudáveis e faixas usuais nos ventiladores comerciais

Parâmetro	Normal	Faixa usual nos ventiladores
Volume corrente (mL)	>300	10 a 2000
Pressão Inspiratória (cmH ₂ O)	15	5 a 80
Fluxo Inspiratório (L/min)	30	2 a 120
Freqüência Respiratória (Hz)	0,25 – 0,5	0 a 3

O sensor de pressão, geralmente do tipo piezoresistivos ou *strain gage*, tem papel fundamental na análise de ventiladores pulmonares, pois através dele pode-se medir a pressão do ar exercida dentro do pulmão. Esta informação tem grande relevância quando analisada junto com a complacência pulmonar, que é relacionada ao valor da elasticidade do pulmão. Quanto mais complacente o pulmão, maior poderá ser a pressão exercida sobre ele sem ocorrer danos à estrutura pulmonar. Se for aplicada uma pressão acima do valor de complacência do pulmão, esta poderá acarretar sérios danos ao órgão. Em relação aos sensores de fluxo utilizados em projetos de ventilação pulmonar, sua particularidade é a necessidade de uma grande faixa de atuação e resposta rápida, pois o fluxo de ar pode variar muito rapidamente e de forma acentuada. Com este intuito, surge a necessidade de um sensor que trabalhe com uma faixa de escala maior que as escalas utilizadas habitualmente em outros projetos com a medição de fluxo.

A Figura 1 mostra o diagrama de blocos de um ventilador pulmonar eletrônico microprocessado. O ar comprimido e o oxigênio são misturados, de acordo com as informações do sistema de controle, passam pelo controle de temperatura e a mistura de gás é ministrada ao paciente, conforme o modo ventilatório escolhido. A pressão das vias aéreas e o volume ou fluxo do gás são monitorados para retroalimentar o sistema de controle.

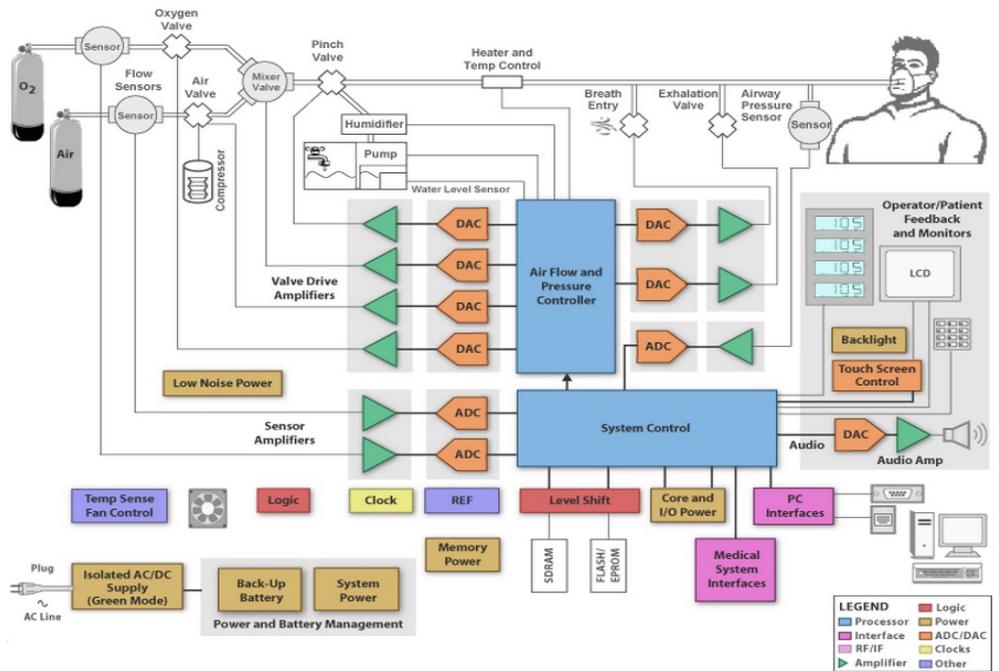


Figura 1. Diagrama de blocos de um ventilador microprocessado (Fonte: TI, 2010)

A utilização do microprocessador provocou a evolução do suporte ventilatório, devido ao aumento da capacidade de processar informações de sensores mais precisos, que monitoram, a cada movimento respiratório, os parâmetros da respiração mecânica. Devido ao aumento dessa precisão, a interação entre o paciente e o ventilador tornou-se muito sofisticada, tornando-se de suma importância que as medições realizadas por estes sensores sejam confiáveis.

Conforme GUM apud MAFTOUM (2001), a precisão é quantificada pela incerteza de medição, parâmetro associado ao resultado da medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando. A incerteza mede o grau de desconhecimento sobre aquilo que está sendo medido e não deve ser confundido com “erro”, um valor que pode ser corrigido, ou “faixa de segurança”.

Para estimar as incertezas associadas, são utilizados métodos de avaliação chamados de “Tipo A” e “Tipo B”. A avaliação do Tipo A da incerteza é o método que emprega uma análise estatística de uma série de observações repetidas no momento do ensaio ou calibração. A incerteza padrão do Tipo A pode ser expressa pelo desvio padrão experimental da média. A avaliação do Tipo B é o método que emprega outros meios que não a análise estatística de uma série de observações. Nesse caso, a avaliação da incerteza é baseada em outros conhecimentos, tais como os dados históricos de desempenho do método de medição, dados fornecidos em certificados de calibração ou outro documento, especificações dos equipamentos e padrões, conhecimentos gerais do comportamento e propriedades de materiais e instrumentos relevantes e incertezas atribuídas a dados de referência obtidos de manuais. Ambos os métodos de avaliação podem contribuir significativamente para o cálculo de incertezas, portanto, devem ser investigados de forma exaustiva, já que a estimativa da incerteza de medição sempre pode ser aprimorada com a experiência ou com o conhecimento aprofundado do procedimento de medição realizado.

Para assegurar a confiabilidade das medições realizadas pelo ventilador pulmonar, é importante sua calibração periódica. Outra vantagem do histórico das calibrações é que se torna possível fazer o controle da variação do equipamento ao longo do tempo.

A falta de calibração do equipamento pode induzir a erros nos valores do gás ministrado ao paciente, tanto em volume, como em pressão, fluxo ou concentração de oxigênio. Sabendo-se que a ventilação mecânica é, por si só, uma terapia de alto risco, considerando que o paciente a ser ventilado já se encontra debilitado, essas falhas podem causar sérios problemas ao paciente, até mesmo o óbito.

Entre as complicações mais comuns, pode-se citar a pneumonia, intoxicação por oxigênio, barotrauma, volutrauma e biotrauma. A pneumonia se caracteriza como uma condição inflamatória do pulmão em que parte ou todo o alvéolo é preenchido com fluidos ou células sanguíneas. O barotrauma é uma complicação provocada pela alta pressão, que pode manifestar-se com pneumotórax, enfisema subcutâneo ou cistos aéreos super insuflados. O alto volume corrente pode causar lesões ao alvéolo e à membrana alvéolo-capilar, causando o volutrauma. Além disso, conforme IMAI apud TANIGUCHI (2009), dependendo da estratégia ventilatória, o estresse mecânico pode alterar os processos celulares no pulmão, desencadeando uma resposta inflamatória à distância, favorecendo a disfunção de múltiplos órgãos, fenômeno chamado biotrauma. A intoxicação por oxigênio ocorre quando as altas pressões parciais de oxigênio provocam lesões celulares com subsequente fibrose pulmonar ou quando, ao se respirar concentrações muito altas de oxigênio, os alvéolos pobemente ventilados colabam, devido à expulsão do nitrogênio do pulmão, de forma que o oxigênio torna-se o gás predominante, havendo absorção rápida desse gás e instabilidade dos alvéolos.

5. Conclusão

A ventilação mecânica é uma terapia de alto risco, sendo essencial a calibração periódica dos ventiladores pulmonares de cuidados críticos, de forma a assegurar a confiabilidade das medições realizadas por esse equipamento. A falta de calibração pode induzir o ventilador a administrar ao paciente uma mistura de gás não adequada à sua condição, provocando sérias lesões ao paciente ou mesmo o óbito.

Referências

- CARVALHO, C. R. R; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S. (2007) “A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias”, III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica, Jornal Brasileiro de Pneumologia.
- MAFTOUM, W. R.; IKEDA, M.; MELO, C. F. (2001) “A Metrologia e os Sistemas da Qualidade”. 20^a edição. LACTEC.
- PRUTCHI, D.; NORRIS, M. (2005) “Design and Development of Medical Electronic Instrumentation: A Practical Perspective of the Design, Construction, and Test of Medical Devices”, John Wiley & Sons ltd., Estados Unidos.
- TANIGUCHI, L. U. (2009) “Avaliação imunohistoquímica das alterações do citoesqueleto na parede alveolar em modelo experimental de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica em ratos”, Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- TI. (2010) “Medical Applications Guide” Texas Instrument. Continua Health Alliance <http://focus.ti.com/lit/sg/slyb108e/slyb108e.pdf> Acesso em 19/06/2011.

PROCESSAMENTO DE SINAIS DE TEMPERATURA EM CIRURGIAS DE ACESSO AO NERVO FACIAL ATRAVÉS DO MICROCONTROLADOR EZ430 WIRELESS

Camila P. Silva, Suélia S. R. F. Rosa, Saimo de Lima, Mirella L. Altoé, Luiz André.

Laboratório de Engenharia e Inovação, Campus Gama, Universidade de Brasília
Caixa postal: 8114, CEP 72405-610, Área Especial 02 Lote 14 Setor Central – Gama / DF – Brasil

E-mails: camilacemi@yahoo.com.br, suelia@unb.br, saimo.unb@gmail.com, mirellalorrainy.ic@gmail.com, laob420@gmail.com

Abstract. *The facial nerve is a cranial pair of nerves more vulnerable to traumatic injuries. The surgical accidents are the most frequent causes of intratemporal complications of the facial nerve. Among the postoperative sequelae, the thermal injuries are common due to overheating of the ontological burr resulting in facial paralysis. For the prevention of thermal injuries in the facial nerve was designed a data acquisition for the prevention of thermal injury to the facial nerve, designed a data acquisition board through an NTC sensor that captures data from surgery and sends them to a wireless microcontroller for processing the data and provide rapid feedback to the surgeon*

Resumo. *O nervo facial é um par craniano de nervos mais vulneráveis a lesões traumáticas. Os acidentes cirúrgicos são as causas mais freqüentes de complicações intratemporal do nervo facial. Entre as seqüelas pós-operatórias, as lesões térmicas são comuns devido ao superaquecimento da broca ontológica resultando na paralisia facial. Para a prevenção de lesões térmicas do nervo facial, foi projetada uma placa de aquisição de dados através de um sensor NTC que captura os dados da cirurgia e os envia para um microcontrolador wireless para tratamento dos dados e oferecer um feedback rápido para o cirurgião*

1. Introdução

O nervo facial é constituído por uma raiz motora (nervo facial propriamente dito) e uma raiz sensitiva (nervo intermédio). Suas características anatomo-fisiológicas, apresenta grande importância para os diversos especialistas que atuam nos processos patológicos que o atingem, em todo o seu trajeto anatômico.

Entre as causas mais comuns de disfunção do nervo facial, segundo Botelho (2000), estão: a complicação de Otite Media ou Mastoidite, Paralisia Iatrogênica, trauma, tumor, síndrome de Ramsay Hunt e parasilia de Bell. As quais podem ser tratadas cirurgicamente.

Apesar de sua aparente proteção os acidentes cirúrgicos são uma das causas mais freqüentes de trauma do nervo facial (Salaverry, 1984). A lesão geralmente decorre do uso intempestivo de cureta, do aquecimento ou derrapagens da broca elétrica.

As paralisias faciais de origem cirúrgica podem ser imediatas ou tardias e sua orientação terapêutica deve ser apreciada no estudo das indicações cirúrgicas (Hoffbauer, 1973).

Com o objetivo de avaliar as variações térmicas a que o nervo facial é submetido durante a intervenção cirúrgica a um sistema de aquisição de sinais de temperatura de

sensores NTC com a utilização de um microcontrolador eZ430-RF25000 para captar os sinais obtidos e tratá-los sem a necessidade de haver um microcomputador na sala de cirurgia, pois os dados podem ser transmitidos através de uma rede de captação sem fio.

2. Aquisição de sinais de temperatura

O sistema de aquisição foi projetado para verificar a faixa de temperatura a que o nervo facial fica submetido durante uma cirurgia de acesso ao nervo facial.

2.1 O Sensor

Tendo o conhecimento das características do ambiente a ser aplicado e da gama de valores de temperatura a serem lidos, escolheu-se sensor hermeticamente fechado airepoxy com cabeça em formato de gota. O sensor NTC Airepoxy suporta temperaturas que vão desde -20°C à 110°C, gerando dados limpos e precisos a serem transmitidos para o microcontrolador.

2.2 O Microcontrolador

O kit de desenvolvimento eZ430-RF2500 é uma ferramenta baseada no emulador USB para MSP430, fornecendo todo o hardware e software para a avaliação do transceiver RF 2.4 GHz CC2500 e o microcontrolador MSP430F2274.

O módulo utiliza a versão Kickstart grátis do IAR Embedded Workbench Integrated Development Environment (IDE) para escrever, baixar, compilar e depurar o código desenvolvido. O debugger permite ao usuário utilizar uma aplicação na velocidade máxima, além de poder utilizar os recursos de breakpoint e single step.

O microcontrolador MSP430 da placa de desenvolvimento é o coração do sistema de comunicação. Para criarmos comunicação com o kit devemos programá-lo de forma a gerenciar o envio e recepção de pacotes de dados através de suas interfaces. Sua programação e emulação são realizadas através da interface Spy Bi-wire entre a placa de desenvolvimento e o emulador.

O emulador é compatível com os compiladores IAR Embedded Workbench e Code Composer Essentials (CCE). Versões de avaliação dos compiladores junto com um conjunto de documentação, drivers e softwares, os quais são fornecidos em CD que acompanha o kit.

2.3 Métodos desenvolvidos

Uma placa com circuito integrado foi desenvolvida para alimentação do sensor e para o tratamento do sinal que irá diretamente para o microcontrolador eZ430-RF2500

Quando o sinal digital for gerado, o mesmo rapidamente já será enviado para o computador via conexão USB. Os dados foram enviados para uma interface virtual, a qual foi desenvolvida previamente no ambiente Labview, sendo que através desta, tornou-se possível a visualização de gráficos e dados tabelados de acordo com as variações de temperatura observadas.

Para a criação deste sistema de aquisição de sinais de temperatura, o Labview foi utilizado, sendo toda a programação baseada na linguagem G.

Primeiro, foi criado um painel frontal que é a interface com o usuário. Para isso, inserimos dispositivos de controle (Dispositivos de entrada) e indicadores (terminal interativo). Para registrar o controle de temperatura, um botão de parada foi utilizado como dispositivo de controle. E o gráfico serviu tal como um indicador, por outras

palavras, os recursos utilizados para a saída da informação. O código foi adicionado na forma de diagramas de blocos em um segundo espaço de trabalho.

Utilizando esta mesma interface testes com termopar já foram realizados, o que possibilitou a validação da proposta criada, tornando-se necessária agora, os testes com o novo sensor.

3. Resultados

O primeiro ensaio experimental foi realizado em um laboratório de anatomia humana com a ajuda de um cirurgião que posicionou dois termopares em contato e ao longo do nervo facial de uma peça de cadáver. A segunda fase foi realizada com a captação de sinais de temperatura através de um termopar, utilizando ossos bovinos.

Abaixo é possível visualizar o diagrama de blocos que foi desenvolvido em um ambiente virtual do Labview com o intuito de monitorar eletronicamente as variações de temperatura geradas no decorrer do procedimento. O método de aquisição de dados de temperatura é ilustrado na figura 03.

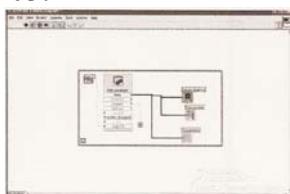


Figura 01 – Diagrama de blocos para o VI (Virtual Instruments) criado.

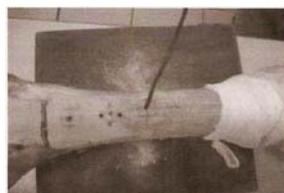


Figura 02 – Demonstração de aquisição de temperatura utilizando termopar durante o atrito gerado pela broca, a uma distância de 5 mm a partir do ponto central.

Pretende-se com a nova etapa formular as equações matemáticas e o programa que irá regular as informações obtidas através da captura dos sensores e devolve-las a uma interface gráfica.

4. Discussão

A calibração e posicionamento dos sensores deve ser realizada pelo laboratório de metrologia da Universidade de Brasília e também pelo programa escolhido para validar os dados obtidos.

Com o experimento em cadáveres, foi possível observar que durante os momentos de maior aproximação do nervo, ocorre aumento da temperatura no nervo facial devido à energia transferida pela broca durante o desbaste.

A energia transferida para o base nervosa devido ao atrito é feito sob a forma de aquecimento e da energia restante é transferido sob a forma de energia interna do material que é removido pela broca. O experimento com osso bovino foi realizado com broca de 3000 rpm para verificar e testar o sistema proposto. Mas agora é necessário o uso de rebarba otológica, porque em cirurgia de descompressão do nervo facial a rebarba de velocidade é 40.000 rpm.

Os futuros *in vivo* testes permitirão determinar também a temperatura máxima suportada pelo nervo, para que assim seja possível a programação do microcontrolador para a geração de sinais de alerta quando a temperatura chegar a níveis perigosos.

5. Conclusão

Neste trabalho foi apresentado um sistema eletrônico para motorização da temperatura durante a cirurgia de descompressão do nervo facial. Para provar a eficiência do sistema, testes com brocas de 3.000 rpm foram realizados em ossos bovinos.

Foi observado um aumento de temperatura devido à energia transferida pelo atrito. Propõe-se, futuramente, a realização de testes com broca cirúrgica de 40.000 rpm.

Este estudo é importante, porque, como descrito anteriormente, uma das lesões mais comuns na cirurgia do nervo facial é o trauma térmico cometido pelo aquecimento da broca no momento da descompressão.

A concretização do projeto permitira sua implementação na área médica, assegurando bons resultados em procedimentos cirúrgicos em que o controle da temperatura é essencial para o êxito da cirurgia.

6. Referências Bibliográficas

- H. H. Hoffbauer. 1973. Cirurgia descompressiva do nervo facial. Thesis presented in the competition for the post of professor of otorhinolaryngology at the Faculty of Medicin of the Federal University of Rio de Janeiro. Guanabara. pp. 09-14 (in Portuguese).
- M. A. Salaverry. 1984. Tratamento das paralisias faciais periféricas endotemporais. Caderno de Otorrinolaringologia. pp. 67 – 74 (in Portuguese).
- Botelho, João Bosco (2000). “Nervo Facial”. In Atherino, Ciriaco Cristovão Tavares; Bosco, Gaspare; Neto, Ismael da Silva. *Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Goffi, F. S.; Tolosa, E. M. C.; Guimarães, J.S.; Margarido, N.F. e Lemos, P.C.P. (2001).*
- Parra, O. M. e Saad, W. A. (1987). Técnica operatória fundamental. Atheneu, Rio de Janeiro - RJ.

Identificação de Modos Dominantes a partir de Sinais Medidos em PMU's Instalados em Baixa Tensão

Gabrielle Monique M. de O. Baracho¹, Luis Filomeno J. Fernandes¹

¹Universidade de Brasília- Faculdade do Gama (UnB-FGA)
Gama – DF – Brasil

{gabi_nikes}@hotmail.com, {filomeno}@unb.br

Abstract. In this article is presented a dominant modes identification method from PMUs (Phasor Measurement Units) signals in stalled in low voltage facilities. Those signals captured in time domain are observed from some units located in several universities in our country and connected to MedFase project from Santa Catarina Federal University. From the signals measured by PMUs are allowed to extract the main parameters from the proposed method and parameters estimation embossed on extended Kalman filter technique, the results are presented in the form comparison performance between the two methods.

Resumo. Neste artigo apresenta-se um método de identificação dos modos dominantes de sinais captados em PMU's (Phasor Measurement Units-unidades de medição fasorial) instalados em baixa tensão (110V ou 220V). As PMU's das quais são medidos os sinais no tempo localizam-se em alguns laboratórios de algumas universidades do país e encontram-se conectadas ao Projeto Medfase, da Universidade de Santa Catarina. A identificação dos sinais medidos pelas PMU's permite a extração dos parâmetros pelo método proposto e a estimativa dos mesmos embasada na técnica do filtro de Kalman estendido, apresentando-se resultados na forma de comparação do desempenho dos dois métodos.

1. Introdução

Unidades de medição fasorial (*Phasor Measurement Units – PMU*) são equipamentos instalados nos sistemas de potência, cujo objetivo é a captação de sinais locais, tensão, freqüência e ângulo e a transmissão destas por meio de comunicação apropriado, locais chamados unidades concentradores de sinais. Os sinais chegam sincronizados ao concentrador. Este processo de sincronização ocorre a partir de sistema global de posicionamento (GPS) de modo que dados de seqüência positiva dos fasores de tensão e corrente em tempo real, que podem ser medidos em qualquer subestação do sistema elétrico [Kamwa e Grondin 2002]. A informação potencial obtida das PMU's nos sistemas de potência inclui aplicações em análise estática, a análise de cenários pós-falta, a identificação de modelos de sistemas de potência, a monitoração e controle da tensão e da freqüência, a análise e amortecimento das oscilações de baixa freqüência.

Embora os sistemas elétricos sejam de natureza não linear devido às máquinas elétricas e dispositivos de controle, no entanto as análises dos mesmos podem ser feitas por meio da avaliação de informações obtidas a partir de sistemas lineares. Os sinais obtidos das PMU's servem para esta finalidade. Na posse destes podem-se obter dados relativos a freqüências de modos dominantes de oscilação eletromecânica. Entretanto, para este fim, é necessário identificar os modos dominantes a partir de sinais ruidosos medidos. Assim, o problema acima mencionado pode ser apresentando na forma de identificação dos parâmetros modais de um sistema linear, invariante no tempo. Desde que se

considere uma janela de tempo finita. Uma aplicação que permite a solução desse problema é aquela que consiste no uso do filtro de Kalman estendido (*Extend Kalman Filtering*) [Gibbs 2011], [Wiltshire, Ledwich e O’shea 2007].

O artigo propõe um método de identificação dos modos dominantes de sinais captados em PMU's instalados em baixa tensão (110 V ou 220 V). As PMU's das quais são medidos os sinais no tempo, são unidades que ficam localizadas em laboratórios de algumas universidades brasileiras (regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul). Conseqüentemente, esses laboratórios estão conectados ao Projeto Medfase, da Universidade de Santa Catarina. Os sinais usados para testes referem-se a dados de uma falta ocorrida no sistema interligado brasileiro, em 2009, originado na subestação de Samambaia, no Distrito Federal, e que gerou vários desligamentos no país. A identificação dos sinais medidos nas PMU's é verificada a partir de parâmetros obtidos utilizando-se a técnica de estimativa embasada no filtro de Kalman estendido, comparando-o com os resultados obtidos pelo método proposto.

Os resultados preliminares mostram que a identificação por Kalman e pelo método proposto são satisfatórios e válidos.

2. Filtro de Kalman estendido (EKF)

O filtro de Kalman estendido é uma versão modificada do filtro de Kalman linear que é usada em sistemas com processos não lineares e equações de medições. A cada etapa do algoritmo recursivo, as equações não lineares são linearizadas na última estimativa, usando séries de Taylor de primeira ordem, para formar um processo linear, e então o modelo de filtro de Kalman linear é usado. Consideremos um sistema não linear, com a notação da teoria de controle, a dinâmica do sistema no domínio discreto é descrito pelas seguintes equações [Gibbs 2011], [Serna 2006]:

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= f_k(x_k, u_k) + g_k(x_k)w_k \\ z_k &= h_k(x_k) + v_k \end{aligned} \quad (1)$$

Em geral, $x(k)$ é o vetor de estado que é desconhecido e $z(k)$ é o vetor de medição ou variável de observação conhecida para os tempos discretos $t(k)$, o estado e o ruído que são os vetores $w(k)$ e $v(k)$ são processos randômicos, isto é, assume-se que eles são independentes, brancos, Gaussianos, com média zero e com matrizes de covariância não-negativa, e $f[x(k), k]$ e $h[x(k), k]$ são funções não lineares dos vetores. O filtro de Kalman estendido é um algoritmo recursivo concebido para estimar o vetor de estado com base em medições com ruído dos sinais de entrada e saída. Após a linearização das equações (1) com séries de Taylor de primeira ordem na proximidade de $\hat{x}_{k,k}$, é possível demonstrar que o estado estimado no instante t_{k+1} das observações até t_k é

$$\hat{x}_{k+1,k} = f_k(\hat{x}_{k,k-1}) + K_k(z_k - h_k(\hat{x}_{k,k-1})) \quad (2)$$

e a estimativa da observação

$$\hat{z}_k = h_k(\hat{x}_{k,k-1})) \quad (3)$$

Em que o filtro de ganho da matriz K_k define-se como segue:

$$K_k = F_k P_{k,k-1} H_k^T (H_k P_{k,k-1} H_k^T + R_k)^{-1}. \quad (4)$$

Na equação (4) $P_{k,k-1}$ é a matriz covariância do erro do estado estimado no instante k baseado na estimativa de tempo até $k-1$ e R_k é a matriz covariância na observação do ruído no instante k .

A predição e a filtragem do estado em conjunto com a matriz de erro da covariância, pode ser calculados para qualquer tempo através de um conjunto de fórmulas recursivas que fornecem a correção do filtro [Gibbs 2011]), [Serna 2006] :

$$\begin{aligned}\hat{x}_{k,k} &= \hat{x}_{k,k-1} + P_{k,k-1} H_k^T (H_k P_{k,k-1} H_k^T + R_k)^{-1} (z_k - \hat{z}_k) \\ P_{k,k} &= P_{k,k-1} - P_{k,k-1} H_k^T (H_k P_{k,k-1} H_k^T + R_k)^{-1} H_k P_{k,k-1} \quad (5) \\ \hat{x}_{k+1,k} &= f_k(\hat{x}_{k,k}) \\ P_{k+1,k} &= F_k P_{k,k-1} F_k^T + G_k Q_k G_k^T\end{aligned}$$

O estado estimado no tempo t_{k+1} a partir da observação até ao tempo t_k calcula-se começando pelo valor inicial do vetor de estado \hat{x}_0 , considerando-se como uma variável randômica com um dado valor médio, matriz de covariância e covariância não correlacionada com o ruído no estado e nas observações.

3. Método Proposto de Identificação

A identificação que é feita a partir de parâmetros extraídos do filtro de Kalman estendido, como sinal de entrada os desvios das freqüências medidos pelas PMU's. Na posse destes parâmetros, calculam-se as freqüências de oscilações dos modos dominantes e os índices de amortecimento.

O problema é formulado de modo que os parâmetros do modelo, invariantes no tempo, são estados de um sistema discreto.

Se considerarmos os sinais de entrada os desvios de freqüência capturados pelas PMU's com i modos no domínio do tempo tem-se:

$$y(t) = a + b + A_i e^{-\alpha_i t} \cos(\omega_i t + \theta_i) + A_3 e^{-\alpha_3 t} \quad i = 1, \dots, 2 \quad (6)$$

Em que a e b são os parâmetros constantes caracterizando a equação de uma rampa, i é a ordem do modo, A_1 , α_1 , ω_1 , θ_1 são amplitude, decaimento, freqüência angular e ângulo de fase referentes a um modo de oscilação de freqüência eletromecânica, A_2 , α_2 , ω_2 , θ_2 são os parâmetros anteriores correspondentes ao segundo modo de oscilação complexo, A_3 e α_3 são o amplitude e o decaimento do modo real, t é tempo de simulação, em que $\omega = 2\pi f$ e f a freqüência do sistema dos modos oscilantes.

4. Resultados e Discussões

Tabela 1 – Freqüências dos modos identificados

Descrição da fase	Modo 1 F(Hz)	Modo 2 F(Hz)
Fase A (PMU 2, PMU 5 e PMU6)	0.7587	0.2846
	0.8624	0.2878
	0.8783	0.2887
Fase B (PMU 2, PMU 5 e PMU6)	0.7593	0.2807
	0.8688	0.2805
	0.8706	0.2886
Fase C (PMU 2, PMU 5 e PMU6)	0.7584	0.2855
	0.8668	0.2854
	0.8698	0.2893

As freqüências dos modos dominantes obtidos e mostrados na Tabela 1 indicam que tratam-se de modos inter-área na faixa de 0.2 a 0.3 Hz e de modos locais entre 0.7 e 0.8 Hz.

Os valores de freqüência das PMU 5 e PMU 6 apresentam erros na ordem de 0.01 o que é considerado bastante aceitável. Realça-se que esses sinais são análogos e diferentes do sinal da PMU2, isso justifica a diferença de freqüências na Tabela 1.

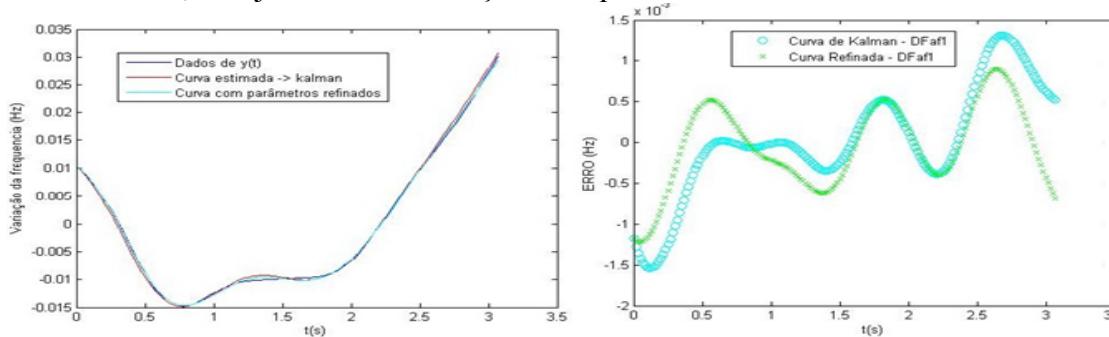


Figure 6. Variação de freqüência da fase B PMU 3 estimada por Kalman e pelo método proposto.

5. Referências Bibliográficas

- Kamwa, I., Grondin, R. (2002) “PMU configuration for system dynamic performance measurement in large multiarea power systems,” *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 2, p. 385-394.
- Gibbs, B.P, (2011) “ Advanced Kalman Filtering, Least-Squares and Modeling: A Practical Handbook,” John Wiley & Sons, Inc, ePDF ISBN: 978-0-470-89003-5.
- Wiltshire, R.A., Ledwich, G., O’Shea, P. (2007) “ A Kalman Filtering Approach to Rapidly Detecting Modal Changes in Power Systems,” *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 22, no. 4, p. 1698- 1706.
- Serna, J. A., (2006) “ Dynamic phasor estimates for power system oscillations and transient detection”, Power Engineering Society General Meeting – PESGM -IEEE, p. 1-8.

Estudo e desenvolvimento de uma biomembrana de látex como lente de contato oclusora para tratamento de ambliopia.

Joziane P. Silva¹, Nadine S. Pereira¹, Jaqueline A. Ribeiro², Suélia S. Rosa¹, Adson F. Rocha¹

¹ Laboratório de Engenharia & Inovação, Faculdade de Engenharia Gama/
Universidade de Brasília, Gama, Distrito Federal, Brasil.

² Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, Ceres, Goiás, Brasil.

josy@aluno.unb.br, nadine_santos.pereira@hotmail.com,
jaqueline.ribeiro@ifgoiano.edu.br, suelia@unb.br, adsonr@gmail.com

Abstract. The aim of this paper is to present experimental methods for the construction of a lens made of latex for the treatment of amblyopia, a condition that leaves the lazy eye that affects mainly children, whose treatments are low-use and aesthetically viable.

Resumo. O objetivo deste artigo é apresentar os métodos experimentados para a construção de uma lente feita de látex para o tratamento da ambliopia, doença que deixa o olho preguiçoso que acomete principalmente crianças, cujos tratamentos são de baixo aproveitamento e esteticamente inviáveis.

1. Introdução

A ambliopia, consiste numa diminuição da acuidade visual produzida por um desenvolvimento visual anormal em idades precoces da vida, doença que deixa o olho preguiçoso e ataca principalmente crianças de 0 à 6 anos, e pode atingir jovens e adultos, atualmente é tratada com objetos com margem de aproveitamento muito baixas. O tratamento precoce da ambliopia tem muitas vantagens, incluindo a prevenção de anomalias sensoriais permanentes. O objetivo é criar um oclusor, no formato de lente de contato à base de látex, que irá facilitar o manuseio e controle da aplicação aplicação para tratamento e potencialidade deste dispositivo no uso em outras patologias oculares.

2. Materiais e Métodos

A utilização de materiais sintéticos, para a substituição ou aumento dos tecidos biológicos, sempre foi uma grande preocupação nas áreas médica e odontológica. O látex natural foi usado com sucesso no reconstruções do esôfago, da parede abdominal e do pericárdio dos animais, como o dispositivo ao tratamento a obesidade - EFC e na sola interna com controle de pressão à planta para o pé do diabético. Diante disso, o processo de desenvolvimento é composto por cinco fases: i) fazer o molde; ii) tratamento do material biológico; iii) confeccionar o produto; iv) análise química do produto e v) caracterização mecânica . Neste artigo, apresenta-se a primeira fase desse processo, na qual as lentes de látex foram feitas a partir de moldes de lentes rígidas de plástico, com secagens do látex feitas através de uma estufa.

2.1 Número de camadas

As camadas foram feitas a partir de “pincelagens” de látex nos moldes de lentes rígidas, após análises concluiu-se que o número mínimo de camadas era igual a quatro para que as lentes resultantes ficassem com espessura satisfatória.

2.2 Tempo

O tempo de secagem nos moldes através de sua colocação na estufa foi controlado a partir do momento de colocada dos moldes já com látex, até o momento da retirada dos

moldes para a “pincelagem” da próxima camada. O tempo de dez minutos estabelecido como tempo mínimo para que o látex secasse de modo satisfatório nas faixas de temperatura escolhidas.

2.3 Temperatura

O látex nos moldes foram expostos a diversas temperaturas da estufa nos procedimentos iniciais para se chegar na faixa de temperatura mínima adequada para a secagem das camadas. Para o látex dissolvido em água a faixa de temperatura adequada verificada nos experimentos foi temperaturas iguais ou acima de 70°C.

2.4 O látex

O látex puro sem dissolventes era difícil e incômodo de modelar, visto que por causa da densidade, por mais de uma vez sobrou material nos moldes fazendo com que as lentes resultantes tivessem de ser descartadas por não serem adequadas. Decidiu-se dissolver o látex em proporções que foram testadas. Com isso, a melhor solução encontrada foi dissolvê-lo na proporção de um dedo de látex para dois de água, o que diminuiu a viscosidade do látex e melhorou seu uso nas “pincelagens” dos moldes.

2.5 Os moldes

Na confecção foram testados ambos os métodos, o de “pincelagem” do látex nos moldes e o de mergulho das lentes dentro do vasilhame com látex. Observou-se que a pincelagem era um método muito mais efetivo, já que não havia excesso exorbitante de látex e o mergulho da lente dificultava muito a desmoldagem e facilitava o aparecimento de bolhas na superfície dos moldes.

3. Resultados

Para melhor registro dos tempos e anotações das confecções, confeccionou-se uma tabela baseada nos dados determinados que fossem mais adequados para a pesquisa como temperatura, número de camadas e etc, conforme a Figura 1.

3.1 Tabela para documentação e informações adicionais

Nº de banhos	Camadas	Tempo na estufa			Anotações Gerais		
		10 min. (data)	15 min. (data)	20 min. (data)	10 min. (data)	15 min. (data)	20 min. (data)
4	1°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	2°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	3°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	4°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
5	1°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	2°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	3°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	4°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—
	5°	retirada/ colocada	retirada/ colocada	retirada/ colocada	—	—	—

Figura 1: Tabela de documentação

Nos quadros retirada/colocada anota-se o tempo que os moldes ficaram na estufa contando com o tempo que as lentes ficam ao ar livre para secar antes da próxima amada. Ao final de cada experimento, além da tabela se anota o início e o fim do experimento do dia, e informações adicionais como está colocado logo abaixo na figura 2:

Dia: 13 de Maio de 2011	Dia 14 de Maio de 2011
Início: 10:40 / Fim: 12:15	Início: 12:45 / Fim: 14:45
Tempo secando antes da colocação na estufa: -	Tempo secando antes da colocação na estufa: -
Tempo secando antes da retirada e recolocada na estufa: 5 minutos	Tempo secando antes da retirada e recolocada na estufa: 5 minutos
Tempo imerso na água antes da desmoldagem: -	Tempo imerso na água antes da desmoldagem: -
Tempo secando antes da desmoldagem: 10 minutos	Tempo secando antes da desmoldagem: 10 minutos

Figura 2: Informações adicionais sobre as lentes confeccionadas

3.2 Procedimentos obtidos

Após uma série de testes e de análises, um procedimento julgado o mais adequado não apenas por ser o mais eficiente e mais simples de se realizar, mas por ser o que melhor garantia a integridade das lentes, foi estabelecido de acordo com as instruções conforme a Figura 3:

Procedimentos estabelecidos para a concepção de lentes látex

1. Mexer bem o látex a fim de retirar a camada superior vulcanizada;
2. Dissolver o látex em água na proporção de dois dedos de água e um de látex;
3. Calçar as luvas para proteção pessoal antes da manutenção dos moldes;
4. Ajustar cada molde na bandeja com os tempos e banhos marcados;
5. Pincelar levemente cada molde com o látex diluído com cuidado para não colocar látex em excesso;
6. Colocar a bandeja com os moldes dentro da estufa à temperatura ajustada;
7. Aguardar o fim do tempo específico do experimento (pode ser de 10 à 15 minutos);
8. Terminado o tempo do molde na estufa retirar, e deixar cinco minutos secando à temperatura ambiente;
9. Terminado o tempo de secagem, voltar a pincelar os moldes com nova camada de látex, novamente tomando cuidado para não colocar látex em excesso;
10. Colocar novamente os moldes na estufa e repetir todos os passos até que o ciclo de banhos de cada molde seja completado.

Figura 3: Procedimentos estabelecidos

3.3 Amostras de lentes

A Figura 4, mostra algumas lentes confeccionadas através do procedimento proposto neste artigo.



Figura 4: Lentes confeccionadas

4. Conclusão

No que se refere à forma de tratamento da ambliopia, a qual é considerada uma das partes mais importantes da optometria e oftalmologia pediátricas e da terapêutica do estrabismo, um dos métodos empregados é feito com o uso de correção óptica seguida

da oclusão do olho de melhor acuidade visual. O objetivo da primeira parte experimental do projeto é estabelecer um método adequado para a confecção de lentes de látex natural para o tratamento da ambliopia. Após uma série de testes, de moldes descartados e experiências bem e mal sucedidas esperadas de uma concepção que percebeu-se que aos poucos depois de vários estudos e levantamentos bibliográficos, estabeleceu-se um método adequado que pode ser aprimorado desejável e nenhum ainda alcançado nos outros tratamentos da ambliopia.

5. Agradecimentos

Agradecemos a FAPDF em sua altamente elogiável conduta de apoio à ciência e pesquisa.

Referências

- Coutinho, J.N., et al. “Uso experimental da biomembrana de látex na reconstrução conjuntival” *Arq Bras Oftalmol* 2004;67:27-32
- Rodrigues, S. S. F. R. (2009). “Desenvolvimento de um sistema de controle de fluxo esofágiano para tratamento da obesidade” 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, v. 1. 121 p.
- Padovani, C.R., et al. “Adesão ao tratamento da ambliopia” *Arq Bras Oftalmol* 2004;67:201-5

Sólidos e Estrutura

Desenvolvimento de um Algoritmo Genético para problemas de topologia

Daniel A. Almeida¹, Samya Gomes², Carla Anflor²

¹Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Brasília – DF – Brazil

²Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Caixa Postal 8114 - CEP 71405-610 - Brasília - DF - Brazil
daa_14@yahoo.com.br, samyagomes@gmail.com, anflor@unb.br

Abstract. *The topological optimization is a numerical method that provides the best design of an structure in order to attend the mechanical specifications. The main goal of this paper this paper relies on the development of a Genetic Algorithm code. The main goal of the code is to determine the best parameters in order to result in a family of suitable topologies. Once this code is already done the next step consists in apply it to heat transfer problems of a compression mold.*

Resumo. *A otimização topológica é um método numérico que fornece o melhor projeto de uma estrutura para atender as especificações mecânicas. O objetivo principal deste trabalho se baseia no desenvolvimento de um código de algoritmo genético. Este código será responsável por determinar os melhores parâmetros, a fim de resultar em uma família de topologias adequadas. Uma vez que este código estiver validado, o próximo passo consiste em aplicá-lo a problemas de transferência de calor de um molde de compressão.*

1. Introdução

O principal objetivo em problemas de otimização está em obter a melhor configuração possível de um projeto para que este alcance o seu máximo desempenho. Um projeto de máximo desempenho também necessita de outro fator importante para que seja competitivo do ponto de vista de mercado, neste caso, menor custo. É possível perceber que existe a possibilidade de larga utilização de métodos de otimização, nos mais diversos setores da indústria. Alguns exemplos seriam os setores automotivos, aeronáuticos, civil, dentre outros. Um dos exemplos onde seria interessante a aplicação de um processo de otimização está na manufatura industrial através de moldes de compressão para moldar um determinado material e transformá-lo em um bem de consumo. Para que este processo seja possível, faz-se necessário o emprego de calor gerado por *heating lines* (fontes de calor) localizadas dentro do molde.

Através de transferência de calor o material será fundido e tomará a forma da cavidade do molde. O controle de temperatura do tempo de cura é imprescindível, pois um excesso de calor no material a ser moldado torna-o ressequido não atendendo os critérios pré-estabelecidos (Lee e Cho, 1995). Por outro lado uma temperatura inferior não alcança o tempo de cura do material deixando o mesmo em estado cru. O problema é agravado quando o material se vale de diferentes espessuras e assim diferentes tempos de cura. O material sob tais condições (inadequadas para o processo de fabricação) não é necessariamente desperdiçado, porém perde em suas propriedades mecânicas e assim

não responde plenamente a sua solicitação. É neste contexto que se insere um processo de otimização cujo objetivo está em determinar a posição ótima das *heating lines*.

O Outro conceito aplicado a este projeto é o de Algoritmo genético (AG), que neste caso é um método de otimização. O AG faz parte de uma classe de algoritmos de pesquisa fundamentados na evolução natural. Os Algoritmos Genéticos são apropriados para problemas de otimização complexos, que envolvem muitas variáveis e um espaço de soluções de dimensão elevada. Abrangem um grande número de aplicações e o controle sobre os parâmetros do algoritmo é de fundamental importância para uma convergência rápida. Para problemas específicos é aconselhável a utilização de algoritmos híbridos, que misturam as técnicas dos Algoritmos Genéticos com os métodos de otimização tradicionais. Devido ao grande número de variáveis que um AG trata e às populações elevadas e alto número de gerações para a cobertura do espaço de soluções, os Algoritmos genéticos possuem um custo computacional significamente elevado.

2. Fundamento teórico

O trabalho foi direcionado para o uso do Método dos Elementos de Contorno (MEC), que mesmo sendo um método novo e pouco utilizado (em comparação com o Método dos Elementos Finitos), apresenta um melhor desempenho no trato das questões propostas no projeto. E também é sabido que o método apresenta grande precisão, devido à utilização soluções fundamentais como função peso em sua formulação matemática. A função peso é a própria solução da equação fundamental o que faz com que a solução seja aproximada apenas no contorno do domínio dispensando o uso de malhas no interior do domínio do problema. Esta característica torna o método extremamente atrativo para a solução numérica da otimização de topologias, uma vez que as matrizes são muito menores do que aquelas manipuladas pelo Método dos Elementos Finitos (MEF). A fig.1 ilustra uma comparação entre discretizações típicas para o MEC e para o MEF.

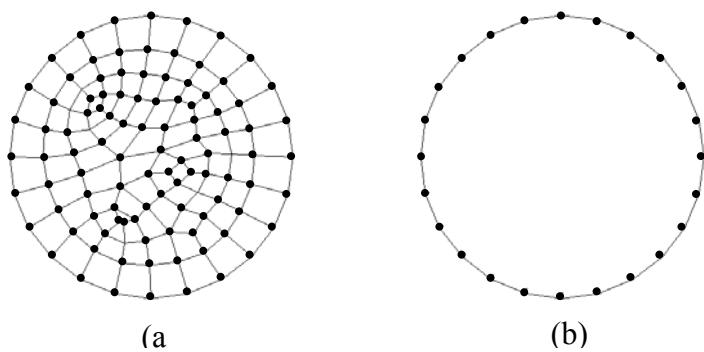


Figura 10 MEF (a) e MEC (b)

No MEC a solução é aproximada apenas no contorno do domínio e assim dispensa o uso de malhas no interior do domínio da solução. Esta característica torna o método extremamente atrativo para a solução numérica da otimização de topologias.

Outro conceito aplicado a este projeto é o de Algoritmo genético (AG). O AG faz parte de uma classe de algoritmos de pesquisa fundamentados na evolução natural; é uma técnica dirigida por pesquisa aleatória, ou seja, se fundamenta em técnicas enumerativas mas também em informações extras para direcionar a pesquisa. A principal vantagem deste método é que não há necessidade de informações além da função objetivo, e assim pode ser utilizado em casos onde não há uma função

matemática que descreva a sensibilidade à mudança de forma na estrutura. Sendo assim é uma técnica dirigida por pesquisa aleatória, ou seja, se fundamenta em técnicas enumerativas, mas também em informações extras para direcionar a pesquisa. A principal vantagem deste método é que não há necessidade de informações além da função objetivo e assim pode ser utilizado em casos onde não há uma função matemática que descreva a sensibilidade à mudança de forma na estrutura (Goldberg, 1989). O AG por ser um método que não utilizada gradientes requer alto custo computacional para atingir a convergência, sendo assim, recomenda-se utilizar o MEC por apresentar matrizes bem menores do que no MEF na solução do sistema de equações (Anflor et al., 2005).

3. Desenvolvimento do Algoritmo Genético

Primeiramente para que a automação de uma tarefa seja bem sucedida é necessário que a máquina que passará a realizá-la seja capaz de desempenhar cada uma das etapas constituintes do processo a ser automatizado com eficiência, de modo a garantir a repetibilidade do mesmo. Então, é necessário que seja especificado com clareza e exatidão o que deve ser realizado em cada uma das fases do processo a ser automatizado, bem como a seqüência em que estas fases devem ser realizadas. A especificação da seqüência ordenada de passos que deve ser seguida para a realização de uma tarefa, garantindo a sua repetibilidade, chama-se o nome de algoritmo.

De posse das fundamentações teóricas necessárias, está sendo desenvolvido um algoritmo (fig.2) que alia o AG ao MEC na busca pela otimização de topologias. O algoritmo é preparado de forma a poder ser obtido a otimização de qualquer combinação entre número de colunas, furos, e tamanho da placa (guardando em cada elemento sua dada condição de contorno). No que concerne a ao algoritmo, um projeto de otimização possui uma função objetivo e uma de restrição. A função objetivo é a função que contém as variáveis de projeto a serem otimizadas e a função de restrição pode existir ou não dentro da região de trabalho e isso definirá o método de otimização a ser utilizado, neste caso um método direto monoobjetivo. O dado algoritmo têm uma técnica de busca inspiradas em mecanismos de genética e seleção natural. Dada uma população inicial de soluções, evoluímos os indivíduos até que esses venham a convergir para uma solução, por meio de operadores genéticos de seleção, cruzamento e mutação, em melhores individuos. Considerando um problema de otimização qualquer, os algoritmos genéticos iniciam a busca a partir de uma população inicial, de soluções, aleatória. Cada elemento do conjunto inicial é denominado indivíduo e este é representado por uma cadeia binária, sendo que cada indivíduo deve ser capaz de representar completamente uma possível solução do problema tratado. Uma nova população é gerada a partir da população inicial tratada pelos operadores genéticos de cruzamento e mutação, gerando novos indivíduos. A simulação do processo de cruzamento ocorre nos indivíduos com maior valor de aptidão, separando os indivíduos tal como a seleção natural. É importante lembrar que tradicionalmente um método de otimização é avaliado eficiente considerando-se o número de iterações e o tempo para cada iteração para a resolução de problemas clássicos.

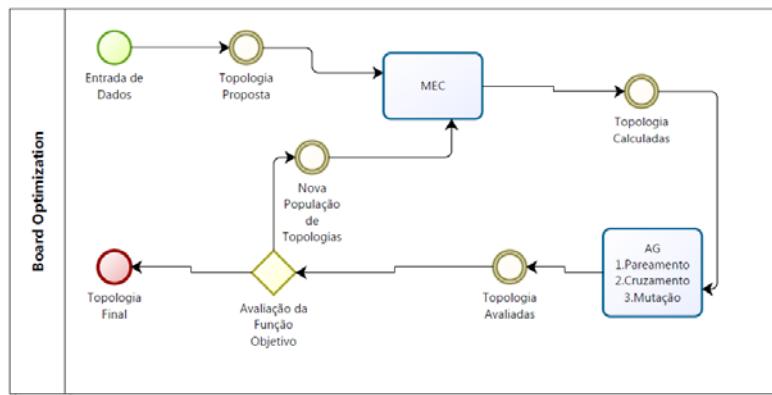


Figura 2 Fluxograma do algoritmo

4. Conclusão

Neste trabalho foi desenvolvido um código de Algoritmo Genético. Um AG é constituído basicamente pelos seguintes operadores genéticos: seleção, pareamento e mutação. O AG desenvolvido neste código é uma continuação do trabalho anteriormente publicado no ECT II (2010) sob o título de “Controle de temperatura de moldes à compressão, II Encontro de Ciência e Tecnologia”. É importante salientar que este trabalho ainda encontra-se em processo embrionário e que nesta primeira etapa foi possível dominar a arquitetura de um código fundamentado na Teoria da evolução de Charles Darwin. O próximo objetivo consiste em acoplar o AG ao MEC com o objetivo de obter topologias ótimas de moldes a compressão. Neste caso a função objetivo será a maximização do fluxo de calor e as variáveis de projeto serão as posições ótimas das *heating lines*.

5. Referências

- Anflor, C., Santanna, H., Marczak, R. e Cisilino, A. (2005) ***“Topology optimization of 2D potential problems using boundary elements and genetic algorithms”*** In:Selvadurai, A.P.S., Tan C.L. e Aliabadi, M.H. (editores) - International Conference on Boundary Element Techniques VI, p.305-310.
- Goldberg, D.E. (1989) ***“Genetic Algorithms in search optimization and machine learning Reading”***, Addison-Wesley.
- Lee, C., J.R., Cho, (1995) ***“Optimal positioning of heating lines in a compression molding die using the boundary element method”***, Engineering Analysis with boundary elements, vol.15, p.261-266.
- TODESCO, José L.1995. ***“Curso Introdutório De MATLAB”***. Universidade Federal de Santa Catarina.
- YEPES, I. ***Uma incursão aos algoritmos genéticos***. 2004. Disponível em: <http://www.geocities.com/igoryepes/>. Acesso em: 23 de maio de 2011.
- FILITTO, D. ***Algoritmos Genéticos: Uma Visão Explanatória***. 2008. Disponível em <http://www.uniesp.edu.br/revista>. Acesso em 24 de maio de 2011

Modelagem multicorpos e análise de suspensões para veículos off-roads do tipo Mini-Baja utilizando o software Adams/Car®

Lucas Lopes de Souza¹, Guilherme Oliveira Andrade¹, Maria Alzira de Araújo Nunes², Rita de Cássia Silva²

¹Graduando em Engenharia Automotiva, ²Docente em Engenharia Automotiva, Universidade de Brasília, Campus Gama (UnB/FGA), Área Especial 02 Lote 14, Setor Central - 72.405-610, Gama - DF - Brasil

{lucaslopesss, eng.guilherme.andrade}@gmail.com, {maanunes, ritasilva}@unb.br

Abstract. This work intended to carry out the multi-body study of two suspensions used in off-road vehicles (Mini Baja), to propose improvements in the new front suspension design of the Piratas do Cerrado team (UNB). These studies are extremely important in order to obtain better performance of the new subsystem, reducing design time and consequently to reduce costs for the construction and manufacture of prototypes. This work includes the multi-body modeling and elasto kinematics analysis held in Adams/Car® software. The results show the capability of designing a new suspension for the vehicle that will compete in 2011.

Resumo. Este trabalho tem como objetivo realizar o estudo multicorpos de duas suspensões utilizadas em veículos off-road (Mini Baja), a fim de propor melhorias no projeto da nova suspensão dianteira da equipe Piratas do Cerrado (UnB). Estes estudos são de extrema importância para que se obtenha melhor desempenho do novo subsistema, diminuição do tempo de projeto, e consequentemente, a redução de custos referentes à construção e fabricação de protótipos. Este trabalho compreende a modelagem multicorpos e análises elastocinemáticas realizadas no software multicorpos Adams/Car®. Os resultados obtidos mostram a potencialidade de se projetar um nova suspensão para o veículo que competirá em 2011.

1. Introdução

Trabalhos realizados em ambientes multicorpos visando à análise cinemática e a dinâmica de sistemas, bem como a otimização e validação de projetos, demonstram que cada vez mais que o tempo e o custo destes vem sendo reduzido. Além destas reduções, são notáveis as melhorias que estudos feitos nestes tipos de ambientes ocasionam no projeto e auxiliam na construção do produto final.

Neste artigo, o objetivo principal surgiu devido ao interesse de uma validação e otimização de suspensões de veículos que participam na competição Baja SAE, que tem como objetivo estimular o aprendizado teórico e principalmente prático. O projeto é um desafio pela necessidade de soluções eficientes e de baixo custo.

As análises de desempenho da suspensão devem prever as solicitações mecânicas do subsistema em condições críticas do enduro, e ainda quesitos como conforto e *layout* do carro. Ressalta-se que a utilização de simulações durante o projeto de tal veículo agrega pontos que contribuirá na melhor classificação da equipe na competição.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise elastocinemática apenas do conjunto suspensão/roda/pneu do tipo Duplo A utilizando o *software* ADAMS/Car®. Esta análise consiste em submeter a suspensão a movimentos verticais como num banco de testes, não contemplando portanto a análise dinâmica do veículo. A partir dos resultados obtidos, parâmetros de ajuste da suspensão que influenciam no seu comportamento serão analisados, comparando seus efeitos entre os dois modelos disponíveis. Propondo ainda como objetivos, tem-se a proposição de sugerir mudanças no projeto da próxima suspensão a ser projetada e utilizada na competição futura com base nos resultados analisados.

2. Modelos Multicorpos

Os sistemas multicorpos têm como objetivo auxiliar nos projetos diminuindo a necessidade da construção de protótipos físicos e tornando mais rápido o projeto. Basicamente é um sistema onde seus movimentos estão interagindo entre si, fazendo com que o movimento de um interfira no movimento dos outros. O método se baseia na construção de modelos equivalentes aos reais, constituídos de corpos discretos, onde conhecemos suas características elásticas e inerciais [Vargas, 2008].

3. Parâmetros de Análise

Os parâmetros a serem analisados são: Câmber e *Wheel Rate*. A seguir segue a definição de ambos.

O ângulo de câmber é a inclinação do pneu em relação ao solo (Fig. 1). Se o ângulo do pneu for de 90° com a pista o pneu estará fazendo máximo contato quando estiver andando em linha reta. O ângulo de câmber ajuda na aderência do pneu com o solo no caso de curvas [Reimpell & Stoll, 1996].

O parâmetro *Wheel Rate* se refere à rigidez vertical da suspensão medido no centro da roda. Este depende do ângulo de *kingpin* e do ângulo de cáster. Quanto maiores forem esses ângulos menor vai ser a componente da força vertical da suspensão com relação a força da mola (*Spring Rate*) medida separadamente. Geralmente igual ou consideravelmente menor do que a taxa de mola.

4. Metodologia

Para se obter a geometria que foi adotada no protótipo, utilizou-se a plataforma EES (Engineering Equation Solver), onde foram calculados parâmetros como camber, convergência, altura do centro de rolagem, etc, todos em função do curso de trabalho da suspensão. Os programas são simples por necessitarem de poucos pontos chaves da suspensão, que são facilmente alterados. Com isso foram possibilitados inúmeros estudos de diferentes geometrias até que se pudesse chegar a um resultado final satisfatório.

A próxima etapa é a modelagem em software CAD. Os desenhos em CAD, além do aspecto visual e de facilitação do processo de montagem das suspensões, tem papel importante na verificação do contato de *links*, buchas e juntas podendo ser realizadas alterações sem grande complexidade, evitando portanto possíveis falhas, e consequentemente economizando tempo e custo de projeto. É importante ressaltar que software CAD possuem modos de análises limitados, o que justifica a utilização de uma ferramenta multicorpo para contornar este problema.

Já com os *Hardpoints* (coordenadas parametrizadas) definidos no *software* CAD, estes são inseridos no software ADAMS/Car seguido do restante dos elementos necessários para composição do modelo: as geometrias, buchas, juntas, *communicators* e

mounts são criados. Com isso a suspensão em ambiente multicorpos está pronta. De posse do modelo pronto, dá-se início à análise da suspensão utilizando o *Test Rig* (plataforma de teste) disponível no software. O curso de trabalho da suspensão foi definido como -20 mm a +180 mm.

5. Resultados

A Fig. 1 e Fig. 2 mostram, respectivamente, as duas suspensões modeladas no ADAMS®/Car. Observa-se nestas figuras a presença de elementos tais como buchas/coxins, juntas, entre outros que compõem a estrutura de uma suspensão.

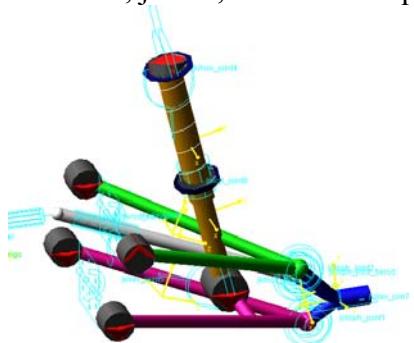


Figura 1. Suspensão #1 modelada no ADAMS/Car.

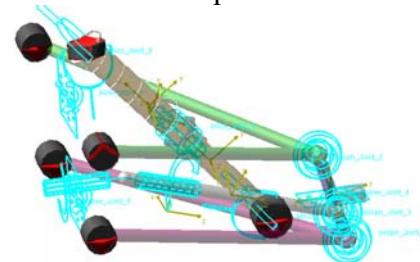


Figura 2. Suspensão #2 modelada no ADAMS/Car.

As Fig. 3 a 6 ilustram os resultados obtidos dos parâmetros de análise.

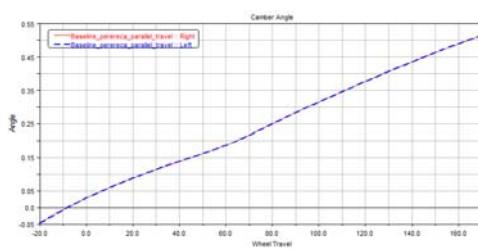


Figura 3. Ângulo de Câmber da suspensão #1.

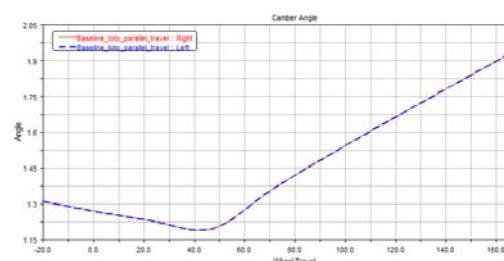


Figura 4. Ângulo de Câmber da suspensão #2.

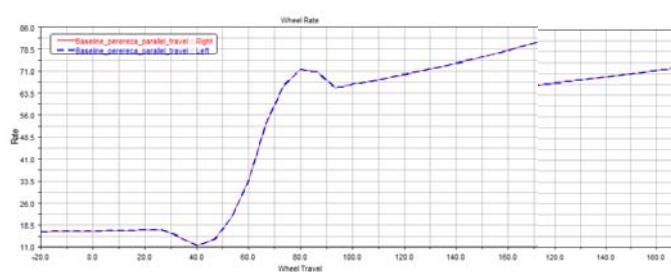


Figura 5. Wheel Rate da suspensão #1.

a 6. Wheel Rate da suspensão #2.

Uma desvantagem das suspensões do tipo independente em curva é o fato da roda externa à curva tender a apresentar câmber positivo, enquanto a roda interna tende a apresentar câmber negativo, diminuindo portanto a área de contato do pneu com o solo, e consequentemente o desempenho do carro [Reimpell and Stoll 1996]. Para os veículos do tipo Mini Baja o projeto com o ganho de câmber positivo quando a roda é estendida em curvas não é viável devido o carro apresentar uma extensão muito pequena, algo

próximo a 10mm, devido ao carro ser leve e apresentar uma suspensão mais rígida, sendo mais importante o ganho de camber negativo quando a roda for comprimida, onde o seu curso é maior. Nota-se portanto que esta situação é verificada em ambas as suspensões.

Já em situações de frenagem, quando a suspensão é comprimida, se a variação de cambagem é menor, como no caso da suspensão #1 (Fig. 3), a roda estará com maior área de contato com o solo, garantindo melhor aderência.

Uma grande força vertical na suspensão (*wheel rate*) pode prejudicar o conforto e ainda causar danos estruturais em alguns componentes da suspensão. Por outro lado, uma suspensão com baixa rigidez pode prejudicar o comportamento *anti dive* e também na estabilidade do carro após queda devido a um obstáculo.

6. Conclusão

As análises realizadas ajudam a entender e propor melhorias para o próximo projeto da suspensão dianteira do carro sob estudo. Porém, neste trabalho foram mostrados a análise de apenas dois parâmetros, mostrando portanto a potencialidade de tal estudo. Com os resultados mostrados, observa-se que a geometria da suspensão #1 atinge melhor os objetivos a serem alcançados, porém as análises são insuficientes para tal conclusão. Análise dos demais parâmetros precisam ser conduzidas bem como a análise da dinâmica veicular, ou seja, o subsistema sob estudo analisado juntamente com o veículo completo. Podendo assim gerar resultados completos e satisfatórios que validam efetivamente o melhor desempenho e conforto do veículo em competições.

Referências

Barbosa, R. S. (1999) Aplicação de sistemas multicorpos na dinâmica de veículos guiados. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

Reimpell, J. Stoll, H. (1996) The Automotive chassis: engineering principles. Warrendle: Society of Automotive Engineers.

Influência do Ponto de Calibração na Predição da Fratura Dúctil, Baseado no Modelo de Dano de Lemaitre

Raniere S. Neves, Lucival Malcher, Natália S. I. Aoyama, João V. Sahadi

UnB – Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama, Distrito Federal - Brasil

Raniere_neves@aluno.unb.br, malcher@unb.br,
natalia_seyko@aluno.unb.br, joao_sahadi@aluno.unb.br,

Abstract. In this paper, it is evaluated the influence of the calibration point in the ability to predict the correct displacement and location to crack initiation, by Lemaitre's damage model. At the paper, an aluminum alloy 2024-T351 is used and numerical tests are carried out, by cylindrical specimen with different notches, in order to evaluate the displacement at fracture for different levels of stress triaxiality or loading conditions close and far from the calibration point. The numerical results are compared with experimental data.

Resumo. Neste trabalho, é avaliada a influencia do ponto de calibração na capacidade de prever a correta deformação e localização do inicio da falha, por meio do modelo de dano de Lemaitre. No trabalho, uma liga de alumínio 2024-T351 é usada e testes numéricos são realizados, em barras cilíndricas com entalhes diferentes, a fim de avaliar a deformação na fratura para diferentes níveis de triaxialidade e condições de carga perto ou longe do ponto de calibração. Os resultados numéricos são comparados aos experimentais.

1. Introdução

A fratura dúctil é um assunto de grande importância e sua analise ainda tem muito a ser melhorada, sobre o aspecto da capacidade de prever o local correto de iniciação de uma trinca em componentes de máquinas e de ruptura em estruturas. Este fenômeno pode ser estudado separadamente através da evolução de cada contribuição do processo, como a etapa de iniciação e de crescimento de micro defeitos, que geralmente são induzidos por grandes deformações. Este trabalho visa mostrar a dependência do modelo de Lemaitre com o ponto de calibração por meio da comparação de valores de deslocamentos obtidos em ensaios numéricos e experimentais para três corpos de provas com níveis de triaxialidade distintos, e com isso provar que a previsão do deslocamento na fratura numérico pode atingir erros consideráveis, que devem ser considerados em projetos, quando a condição de carga aplicada é muito longe do ponto de calibração.

2. Formulação Constitutiva e Estratégia de Solução Numérica

2.1. Formulação Constitutiva

As equações constitutivas para descrever o dano dúctil e que serão utilizadas nesse trabalho foram proposta por Lemaitre et al. (1985). Baseado no conceito de tensão efetiva e a hipótese de tensão de equivalência, o modelo de Lemaitre inclui a evolução do dano interno e endurecimento isotrópico na descrição do comportamento de

materiais dúcteis. A Tabela 1 apresenta de forma resumida, as equações constitutivas para o modelo matemático.

Tabela 5. Modelo de Lemaitre com endurecimento e dano isotrópicos.

i) Decomposição aditiva da deformação:	$\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^p$
ii) Lei elástica com dano acoplado:	$\sigma = (1 - D)\mathbf{D}^e : \varepsilon^e$
iii) Critério de escoamento:	$\Phi = \frac{\sigma}{(1 - D)} - \sigma_y - R(\sigma)$
iv) Lei de fluxo plástico e equação de evolução das variáveis internas:	$\dot{\sigma}^p = \dot{\gamma}N = \dot{\gamma} \cdot \sqrt{\frac{3}{2} [S]_1 \cdot 1}$, $\dot{t} = \dot{\gamma}$, $D = \frac{\dot{\gamma}^2}{(1 - D)} \cdot \left(\frac{-Y}{S}\right)^3$
v) Equações de complementaridade:	$\dot{\gamma} \geq 0$, $\Phi \leq 0$, $\dot{\gamma}\Phi = 0$.

2.2. Estratégia de Integração Numérica

Algoritmos baseados na metodologia do “operador split”, Simo et al. (1998), são especialmente adequados para a integração numérica de equações evolutivas e têm sido amplamente utilizados na plasticidade computacional. O método utilizado nesse trabalho consiste em dividir o problema em duas partes: um chamado preditor elástico, onde se monta o estado tentativa, assumindo o problema como completamente elástica e, um corretor plástico, onde a partir da violação da equação de consistência plástica, faz-se uma correção do estado tentativa construído anteriormente, tendo como base a resolução de um sistema não linear formado pela lei elástica, equação de consistência plástica e as equações de evolução das variáveis internas. O algoritmo de integração numérica implícito para o modelo constitutivo de Lemaitre foi proposto inicialmente por De Souza Neto et al. (2002), onde através de manipulações matemática, consegue reduzir o problema para a resolução de uma única equação não linear tendo como variável o chamado multiplicador plástico. Para este trabalho, tal algoritmo é então implementado em uma ferramenta acadêmica de elementos finitos.

3. Geometria dos Corpos de Prova e Propriedades Materiais

Para a realização dos ensaios, toma-se mão de corpos de prova fabricados de liga de alumínio 2024-T351 com modulo de elasticidade de 72.400 MPa, coeficiente de Poisson de 0.33, tensão de escoamento inicial de 352 MPa e dano crítico de 0.26, Malcher et al. (2011). A seguir, através da Figura 1, são mostradas as dimensões para ambas as barras cilíndricas, uma com raio de entalhe igual a $R= 4$ mm e outra com $R=12$ mm, juntamente com uma amostra de barra lisa:

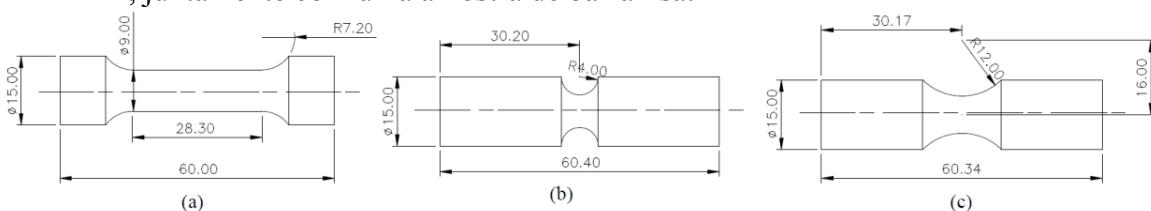


Figura 11. Geometria das barras cilíndricas (dimensões em mm).

4. Resultados Numéricos

Após os procedimentos de calibração dos parâmetros materiais para o modelo de Lemaitre, feitos levando como base o ensaio experimental de um corpo de prova cilíndrico liso, outras simulações numéricas são realizadas para as amostras com entalhe. O deslocamento na fratura numérica é determinado para cada amostra sob condições de carga à tração e comparado com os dados experimentais. Figura 2 representa a reação versus o deslocamento determinado numericamente. Pode-se observar que quando a condição de carga aplicada desvia do ponto de calibração, o deslocamento na fratura determinado numericamente fica em desacordo com o deslocamento observado experimentalmente. Quando o nível de triaxialidade aumenta (barras entalhadas), a diferença entre as curvas numéricas e experimentais torna-se cada vez mais elevadas, o modelo perde a precisão na previsão do correto deslocamento para inicio de uma trinca.

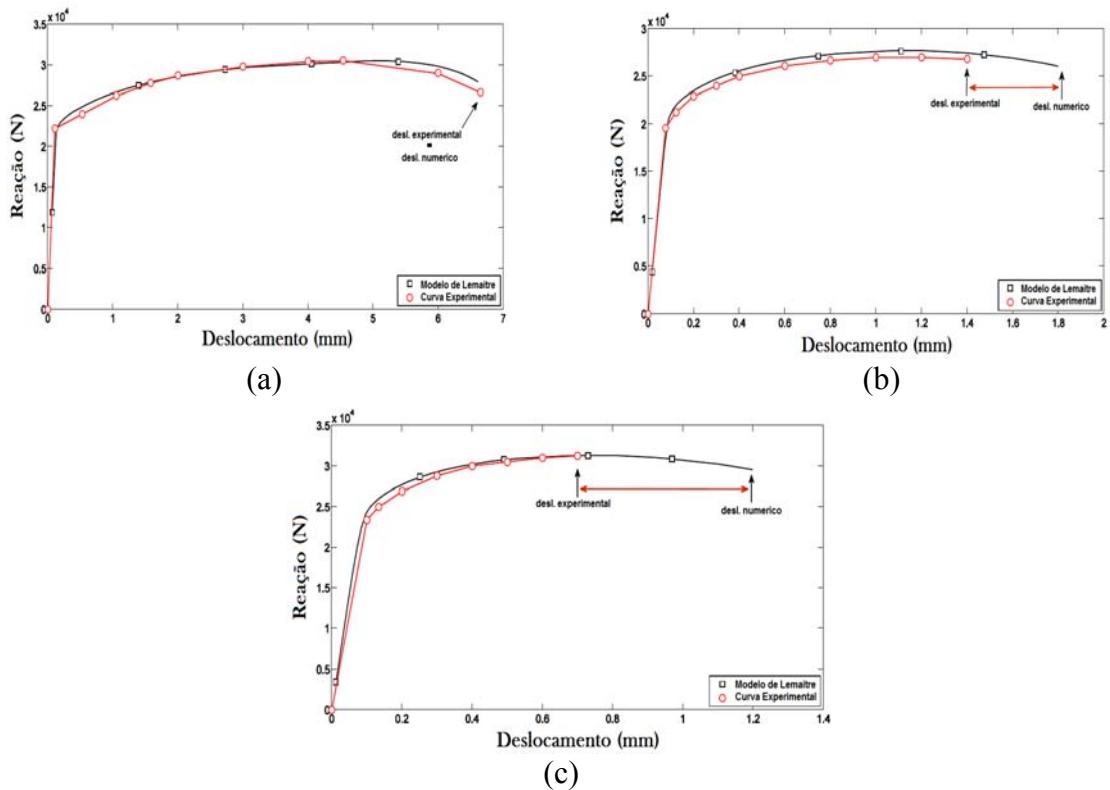


Figura 12. Reação contra as curvas de deslocamento. (a) amostra lisa, (b) amostra entalhada R = 12 mm e (c) amostra entalhada R = 4 mm.

Tabela 6. Valores numéricos e experimentais para o deslocamento crítico.

Amostra	Nível de triaxialidade	Deslocamento Experimental (1)	Deslocamento Numérico (2)	Erro % (2)-(1)
Barra Lisa	0.33	6.65 mm	6.65 mm	0%
Entalhada R=12 mm	0.47	1.40 mm	1.82 mm	23%
Entalhada R=4 mm	0.74	0.70 mm	1.20 mm	41,6%

A capacidade de se prever o correto local para inicio da fratura pode ser observado através da Figura 3, onde a distribuição da variável isotrópica de dano é apresentada.

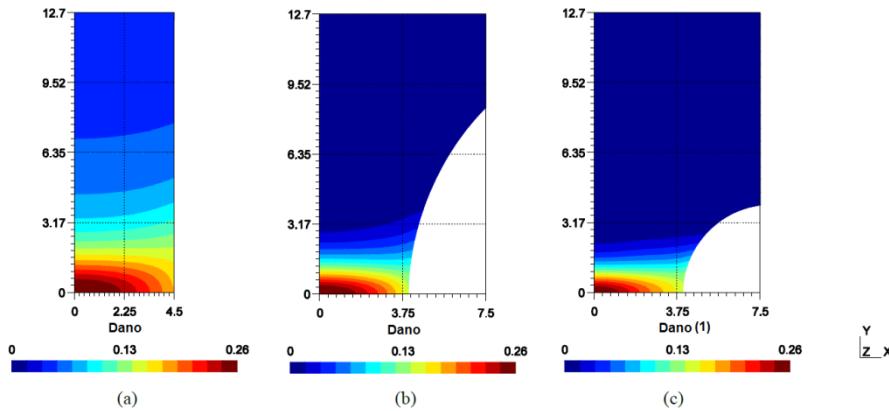


Figura 3. Distribuição da variável isotrópica de dano ao longo dos corpos de prova utilizados.

5. Conclusão

Neste trabalho, a influência do ponto de calibração na precisão dos resultados numéricos para o modelo de Lemaitre com dano acoplado, foi analisada. Três amostras diferentes foram escolhidas, em relação ao nível de triaxialidade. As propriedades mecânicas para a liga de alumínio, que é fortemente dependente da pressão e do ângulo de Lode, foram usadas. De acordo com análises comparativas entre os deslocamentos numéricos e experimentais de fratura, podemos observar que o modelo é fortemente dependente do ponto de calibração. O deslocamento na fratura numérica pode atingir 41% de erros quando a condição de carga aplicada é muito longe do ponto de calibração. Dessa maneira, podemos concluir e recomendar que, para os modelos com dano acoplado, a condição de carregamento utilizada tem que estar perto do ponto de calibração ou os parâmetros materiais requerem tem que ser calibrados para uma condição específica de carregamento que será usado.

6. Referências

- De Souza Neto E.A. (2002) “A fast, one-equation integration algorithm for the Lemaitre ductile damage model”, Comm. Num. Meth. Engng., 18:541–554.
- Lemaitre, J. (1985) “A continuous damage mechanics model for ductile fracture”, Journal of Engineering Materials and Technology - Trans. do ASME, 107:83–89.
- Malcher, L. ; Andrade Pires, F.M. ; César de Sá, J.M.A. (2011) “An Assessment of Isotropic Constitutive Models for Ductile Fracture under High and Low Stress Triaxiality”. International Journal of Plasticity.
- McClintock, F. A. (1971) “Plasticity aspects of fracture”, In: Leibowitz, H. (Ed.), Fracture, vol. 3. Academic Press, pp. 47–225.
- Rice, J. R. e Tracey, D., M. (1969) “On the ductile enlargement of voids in triaxial stress fields”, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 17:201–217.
- Simo, J.C. & Hughes, T.J.R. (1998) “Computational Inelasticity”, New York: Springer-Verlag.

Determinação do Início da Fratura Dúcteis, Baseado no Modelo de Gurson acoplado com Mecanismos de Corte

Natália S. I. Aoyama, Lucival Malcher, João V. Sahadi, Raniere S. Neves

¹Faculdade do Gama – Universidade de Brasília (UnB)
Brasília – DF – Brazil

natalia_seyko@aluno.unb.br, joao_sahadi@aluno.unb.br,
raniere_neves@aluno.unb.br, malcher@unb.br

Resumo. Neste trabalho, foca-se a avaliação de dois mecanismos de corte proposto por Xue e Nahshon&Hutchinson (NH), nos quais são acopladas na variável de dano do modelo de Gurson-Tvergaard-Needleman (GTN). O desempenho de ambos os mecanismos de cisalhamento é avaliado com base na evolução da deformação plástica equivalente, variável de dano no ponto crítico da amostra e a capacidade de prever o local correto da fratura.

1. Introdução

A fratura em metais é um assunto importante a ser melhorado, sobretudo na capacidade de prever o local correto de trincas em componentes de máquinas e de ruptura nas estruturas em geral. Este fenômeno pode ser estudado pelas contribuições separadas na evolução como o início e o crescimento de micro-defeitos gerais nas quais induzem a grandes deformações. A degradação das propriedades dos materiais é um processo irreversível que começa a partir da formação de defeitos que podem ser micro-vazios, fissuras e outros, que já existem ou que venham a ser formados na matriz do material. No entanto, a evolução da degradação do material é dependente das condições de carregamento macroscópico nas quais podem causar um crescimento nulo no seu volume assim como na subordinação do material à condição de tensão ou uma elongação dos micro-defeitos, nas quais podem ser observados em condições de corte puro. Sabendo-se que as formulações propostas por Lemaitre e Gurson são os mais importantes modelos para descrever a evolução de dano em materiais dúcteis, busca-se a seguir avaliar o modelo aperfeiçoado de Gurson em questões da previsão do tempo e do local de ocorrência da fratura ao longo da evolução do dano.

2. Modelo Constitutivo

O modelo de Gurson-Tvergaard-Needleman (GTN), que é uma das extensões mais conhecidas do modelo de Gurson, assume tanto o endurecimento isotrópico quanto o dano. No entanto, a variável de dano é representada por uma porosidade efetiva. O potencial de fluxo é generalizado pela seguinte forma:

$$\Phi(\sigma, r, f^*) = J_2(S) - \frac{1}{3} \left\{ 1 + q_3 \cdot f^{*2} - 2 \cdot q_1 \cdot f^* \cdot \cosh\left(\frac{q_2 \cdot 3 \cdot p}{2 \cdot \sigma_y}\right) \right\} \cdot \sigma_y^2 \quad (1)$$

Devido às limitações do modelo original de Gurson, foram formulados mecanismos de corte com base em aspectos fenomenológicos e geométricos, resultando na expressão de tensão dependente do ângulo de Lode. Xue (2008), com base na conservação de volume de uma célula cúbica, propôs que a taxa do dano ao cisalhamento pode ser definida por:

$$\dot{d}_{corte} = q_4 \cdot g_0 \cdot f^{*2} \cdot \varepsilon_{eq} \cdot \dot{\varepsilon}_{eq} \quad (2)$$

Nahshon & Hutchinson (N&H) têm sugerido um mecanismo de corte baseado nos aspectos fenomenológicos, na qual pode ser descrito por:

$$D_{corte} = k \cdot f_c \cdot g_0 \cdot \frac{S_{sp}}{q} \quad (3)$$

3. Propriedades dos materiais

Para obtenção dos resultados, foi utilizado um corpo de prova cilíndrico liso e outro em formato borboleta. Para a simulação, foi construída uma malha de elementos finitos para cada forma, tomando-se inicialmente, um procedimento de calibração determinado pelo método inverso, a fim de aproximar os resultados ao modelo de dano.

Tabela 7. Propriedades materiais para o aço 1045

Material	f_N	S_N	ε_N	q_1	q_2	q_3	f_c	E (MPa)	v
GTN	0.05	0.2	0.1	1.5	1.0	2.25	0.076	220.000	0.33

4. Resultados Numéricos

Procurando-se obter uma análise consistente para a precisão dos dois mecanismos de cisalhamento, alguns testes numéricos são realizados com a amostra em formato borboleta. Neste procedimento, três diferentes condições de carga são aplicadas: cisalhamento puro (0°) e de cisalhamento/tração (10° e 30°). O desempenho de alguns parâmetros, como a variável de dano, deformação plástica equivalente e deslocamento na fratura, bem como a capacidade de prever o surgimento da fratura corretos são avaliados para cada condição de carregamento estudado.

Em relação aos resultados numéricos para a condição de cisalhamento puro, o mecanismo de cisalhamento do GTN com Xue tem apresentado muito conservador, prevendo o início da falha para um deslocamento igual a $u_f = 0,37 \text{ mm}$, que está em desacordo com os dados experimentais, $u_f = 1,03 \text{ mm}$. Além disso, o modelo GTN com N & H subordinado em condição de cisalhamento e para $k = 1,0$ apresentou o melhor desempenho, prevendo o fracasso de um deslocamento próximo dos dados experimentais, $u_f = 0,98 \text{ mm}$. No entanto, para o modelo GTN original, a falha não é prevista, o que é fisicamente inadmissível. Neste caso, temos apenas a nucleação de micro-defeitos e o mecanismo de crescimento não tem capacidade de captar o comportamento do material sob tensão de cisalhamento predominante.

Portanto, na condição de primeiro carregamento combinado (tração/cisalhamento: 10°), apresentaram-se mais a contribuição da carga de cisalhamento do que a carga de tração, e um mecanismo de cisalhamento de Xue tem apresentado um desempenho conservador, novamente. Porém, tanto na previsão da fratura quanto o deslocamento em condição de cisalhamento, o resultado numérico tem estado em desacordo com os dados experimentais. Para a segunda condição de carregamento combinada (corte/tração: 30°), a evolução de ambos os mecanismos foram muito semelhantes. Neste caso, a contribuição da carga de tração, para o parâmetro de dano, é mais representativo do que a contribuição da carga de cisalhamento. Em relação ao modelo de GTN original, no primeiro caso, o modelo de prever um grande deslocamento na fratura, e no segundo, a evolução do parâmetro dano foi muito similar à de outros modelos. Em relação à evolução da tensão equivalente de plástico à ruptura, em ambos os casos o parâmetro apresenta uma evolução muito semelhante.

Outro dado importante a ser analisado, quanto à exatidão de ambos os mecanismos de cisalhamento e o modelo GTN original, é a capacidade de prever a localização da fratura correta. Pesquisas como Reis et al. (2010) e Malcher et al. (2010)

têm mostrado que os mecanismos de cisalhamento já propostos na literatura, falha na previsão de o local correto para quebrar a formação quando a condição de carga combinada é aplicada. Com base nos testes experimentais realizados por Bai (2008), com o modelo borboleta, pode-se observar que na condição de puro corte de carga, a micro-deformação é inicialmente formatada na superfície da zona crítica. No entanto, quando a condição de carga combinada de cisalhamento/tração é aplicada, a deformação é formatada no meio da espessura e do crescimento em direção à superfície da zona crítica. A Figura 1 apresenta o contorno do parâmetro de dano à ruptura para ambas as condições de carga. Assim, podemos concluir que, em estado de carga de cisalhamento puro (0°), ambos os mecanismos de cisalhamento têm capacidade de prever o local correto para quebrar a formação. Mas, para o modelo GTN original, o parâmetro de dano crítico não é alcançado e o parâmetro é espalhado ao redor do centro da amostra.

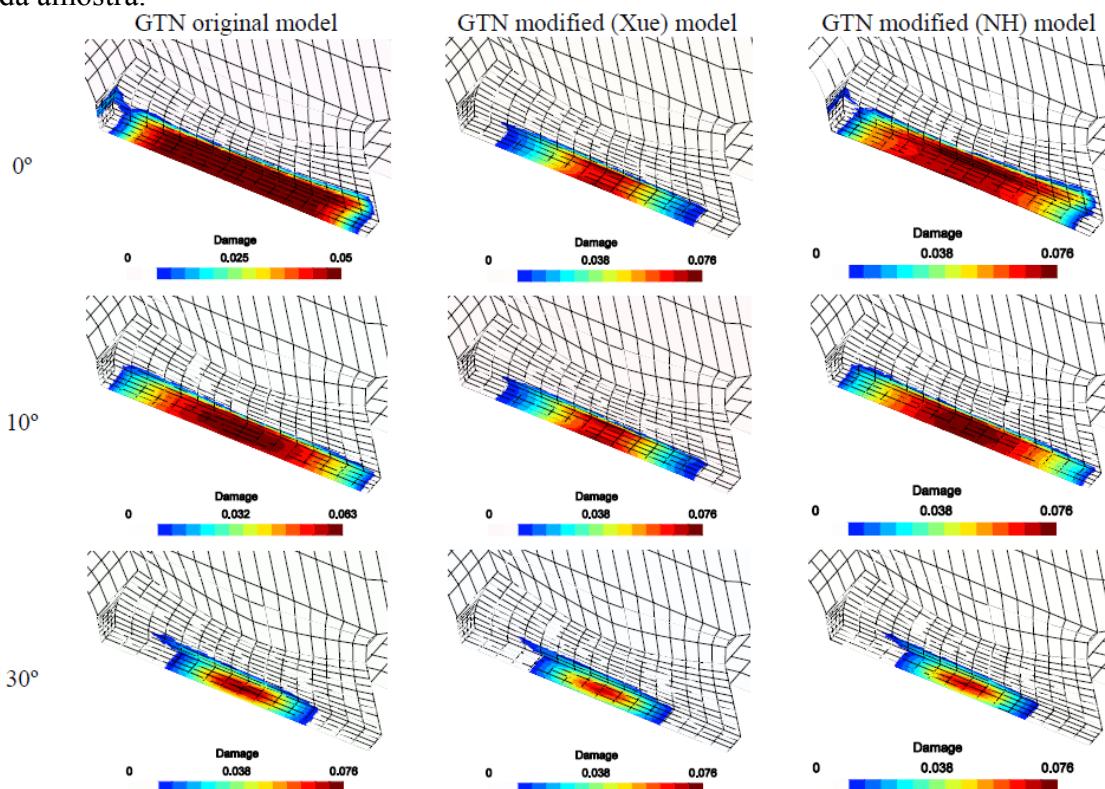


Figura 1. Contorno do parâmetro danos para ambos os mecanismos de cisalhamento e modelo original GTN.

Em relação à condição de carregamento combinados pela primeira vez (10°), apenas o modelo com GTN N & H mecanismo de cisalhamento previsto o início da fratura correta, que é no nó central da amostra. Para a condição de carregamento segundo combinado (30°), ambos os modelos mostram o nó central, como o ponto de potencial para rachadura iniciação, que está de acordo com dados experimentais.

5. Conclusões

A evolução da deformação plástica equivalente, o parâmetro de dano e o deslocamento na fratura foram analisados, bem como a capacidade de prever o local correto de início da fratura do material. Os resultados mostraram que o mecanismo de corte é uma boa alternativa para melhorar o modelo de GTN, a fim de trazer maior capacidade de uso do modelo em baixos níveis de triaxialidade. No entanto, ambos os mecanismos analisados apresentaram problemas, relacionada com a predição dos valores de deslocamento e deformação plástica equivalente à ruptura, e o ponto de alta

probabilidade de início de rachadura. Assim, novas melhorias precisam ser desenvolvidas, a fim de dar precisão ao modelo GTN quando a tensão de cisalhamento é predominante.

6. Referências

Bai, Y., 2008, Effect of Loading History on Necking and Fracture. Ph.D Thesis, *Massachusetts Institute of Technology*.

Malcher, L. ; Andrade Pires, F.M. ; César de Sá, J.M.A., 2011, An Assessment of Isotropic Damage Constitutive Models under High and Low Stress Triaxialities. *International Journal of Plasticity*.

Reis, F.J.P.; Malcher, L. ; Andrade Pires, F.M. ; César de Sá, J.M.A., 2010, A modified GTN model for the prediction of ductile fracture at low stress triaxialities. *International Journal of Structural Integrity*.

Xue, L., 2007, Ductile Fracture Modeling – Theory, Experimental Investigation and Numerical Verification, Ph.D Thesis, *Massachusetts Inst. of Technology*.

Influência do Terceiro Invariante no Comportamento Mecânico de Materiais Dúcteis

João V. Sahadi, Lucival Malcher, Raniere S. Neves, Natália S. I. Aoyama

Faculdade de Engenharia UnB-Gama – FGA, Universidade de Brasília, Área Especial 2
Lote 14 Setor Central, CEP 72405-610, Gama/DF, Brasil

*joao_sahadi@aluno.unb.br, malcher@unb.br,
raniere_neves@aluno.unb.br, natalia_seyko@aluno.unb.br*

Abstract. É sugerido um estudo numérico, baseado em um algoritmo de integração implícito, para um novo modelo constitutivo elasto-plástico proposto por Bai & Wierzbicki, onde a influência do terceiro invariante do tensor das tensões desviadoras no comportamento do material. Primeiramente apresentam-se as equações constitutivas provenientes do modelo elasto-plástico, seguido pelo algoritmo de integração numérica implícita, proposto por Malcher. Em seguida, são realizados ensaios numéricos tomando alguns corpos de prova convencionais afim de avaliar a influência do ângulo de Lode e comparar os resultados numéricos e experimentais, através da curva de reação × deslocamento, utilizando uma liga de alumínio 2024-T351.

1. Introdução

Um dos modelos mais utilizados para descrever o comportamento dos metais é o de von Mises, no qual se baseia na teoria do J_2 , tensão equivalente de von Mises. Porém tal modelo pode ser considerado como “insensível à pressão”, visto que os efeitos hidrostáticos são negligenciados na lei de fluxo plástico. Em geral as tensões hidrostáticas são responsáveis pelo controle dimensional da superfície de escoamento (Bai 2008). Além disso, o modelo de von Mises é independente do terceiro invariante, o qual é denotado por J_3 , o qual é responsável pela forma da superfície de escoamento (Bardet, 1999; Bai, 2008).

A fratura dúctil é um fenômeno local e o estado de tensão-deformação esperado nesse locus deve ser determinado com precisão. Geralmente a fratura inicial é proveniente de uma grande deformação plástica e existem consideráveis gradientes de tensão-deformação ao redor do ponto de fratura. Nesse caso, a teoria baseada no J_2 não tem precisão suficiente e modelos plásticos mais refinados precisam ser adotados. Baseado nisso, o modelo elasto-plástico de Bai & Wierzbicki (Bai, 2008), o qual é sensível a pressão e dependente do ângulo de Lode, será largamente estudado neste trabalho, relativo a contribuição dos parâmetros da pressão e do ângulo de Lode na lei de fluxo plástico para materiais dúcteis.

2. Formulação Constitutiva e Integração Numérica

2.1. Formulação Constitutiva

Bai & Wierzbicki (2007) propuseram um modelo elasto-plástico que inclui o efeito da pressão através da razão de triaxialidade e o efeito do terceiro invariante através do ângulo de Lode. Tais efeitos foram introduzidos através da redefinição da lei de encruamento do material. No presente caso o endurecimento é uma função da deformação plástica acumulada, da razão de triaxialidade e do parâmetro $\mu(\theta)$, que é

uma função do angulo de Lode, $\sigma_y(\bar{\varepsilon}^p, \eta, \mu)$. A caixa 1 representa de forma sumarizada o modelo elasto-plástico estudado.

Caixa 1. Modelo de endurecimento isotrópico de Bai & Wierzbicki

(i) Decomposição aditiva da deformação: $\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{\varepsilon}^e + \boldsymbol{\varepsilon}^p$

(ii) Lei Elástica: $\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{D}^e : \boldsymbol{\varepsilon}^e$

(iii) Função de escoamento: $\Phi = q - \sigma_y(\bar{\varepsilon}^p) \cdot A \cdot B$

com A e B dados por:

$$A = [1 - C_{\eta}(\theta) - \eta_0] \quad ; \quad B = \left[C_{\theta}^q + (C_{\theta}^{qx} - C_{\theta}^q) \left(\mu - \frac{\mu^{m+1}}{m+1} \right) \right]$$

$$\text{e, } \mu = \frac{\cos(\pi/6)}{1 - \cos(\pi/6)} \left[\frac{1}{\cos(\theta - \pi/6)} - 1 \right]$$

(iv) Equação de fluxo plástico e evolução para $\dot{\varepsilon}^p$

$$\dot{\varepsilon}^p = \dot{\varepsilon} \cdot N = \dot{\varepsilon} \left(\frac{3}{2q} \cdot \alpha \cdot S + \frac{3}{2q} \cdot \lambda \cdot S^2 + \frac{1}{3} \beta \cdot I \right)$$

$$\dot{\varepsilon}^p = \dot{\varepsilon} \sqrt{\alpha^2 + \lambda^2 \frac{S^2 \cdot S^2}{S \cdot S} + \frac{2 \cdot \beta^2}{9} + 2 \cdot \alpha \cdot \lambda \frac{S \cdot S^2}{S \cdot S} + \frac{2 \cdot \lambda \cdot \beta}{3 \cdot q} \text{tr}(S^2)}$$

[...Continua](#)

Onde, $\sigma_y(\bar{\varepsilon}^p)$ é a lei de encruamento do material, $C_{\eta}, C_{\theta}^q, C_{\theta}^{qx}$, e m são parâmetros experimentais, $\dot{\varepsilon}$ representa a razão de triaxialidade, que é definida pela razão entre a pressão e a tensão equivalente de von Mises, $\dot{\varepsilon} = p/q$, η_0 é o valor de referência da razão de triaxialidade, μ é um parâmetro definido como função do ângulo de Lode, onde θ representa o angulo de Lode.

2.2. Algoritmo de Integração Numérica

Nessa parte, um algoritmo de integração numérica para o modelo de Bai & Wierzbicki é tomado, o qual foi inicialmente proposto por Malcher *et al* (2009). Tal algoritmo foi construído, com relação à uma solução implícita baseada na metodologia do operador split, o qual é especialmente adequada para integração numérica para problemas de evolução e tem sido extensivamente utilizado na plasticidade computacional. Este método usado por Malcher *et al* (2009), consiste em separar o problema em duas partes: um preditor elástico e um corretor elástico, sendo utilizado o método de Newton-Raphson para resolver as equações discretizadas.

3. Definição Geométrica dos Corpos de Prova

A Figura 1 apresenta a geometria e dimensões para os corpos de prova utilizados neste trabalho. Todas as dimensões são apresentadas em mm.

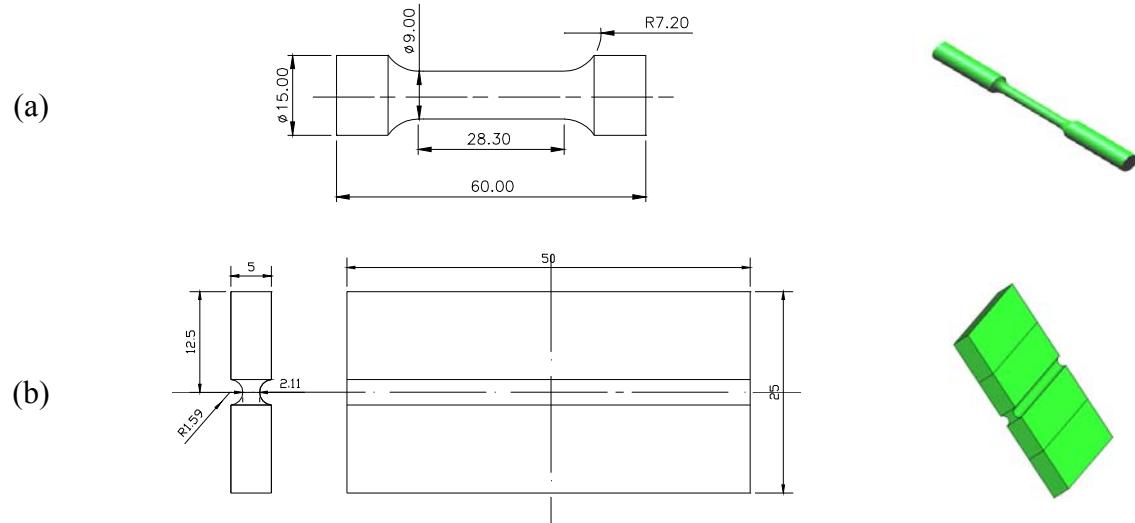


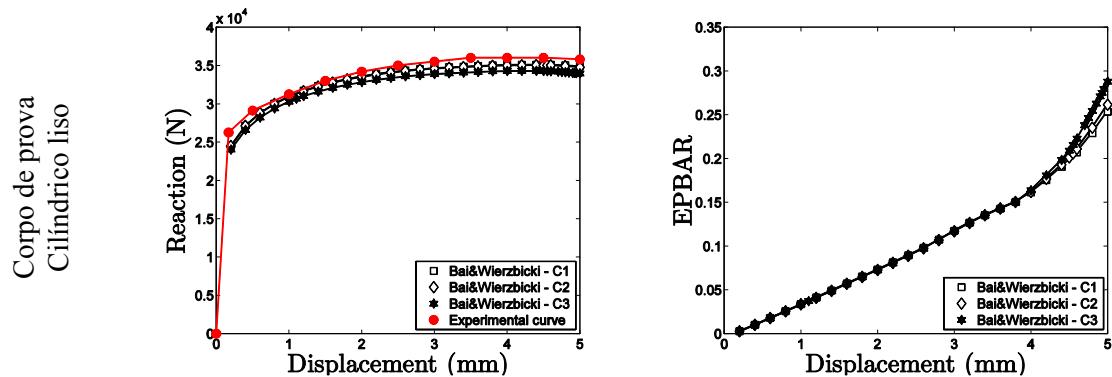
Figure 1. Geometria do corpo de prova cilíndrico e placa plana com entalhe.

4. Resultados Numéricos

De acordo com as simulações numéricas, dois espécimes foram utilizados, com diferentes razões de triaxialidade e angulo de Lode. O modelo de Bai & Wierzbicki foi utilizado de três diferentes formas: caso 1 representa o modelo de Bai & Wierzbicki sem o efeito da pressão e sem a dependência do ângulo de Lode, caso 2 representa o modelo apenas com o efeito da pressão e o caso 3 representa o modelo com ambos os parâmetros. A Figura 2 representa algumas curvas de resultados numéricos de reação por deslocamento, e a evolução da deformação plástica equivalente no ponto crítico. A comparação entre os resultados obtidos numericamente, para cada espécime em cada um dos três casos apresentados, e os resultados experimentais pode ser visto na Tabela 1, que mostra o percentual de erro para cada caso numérico.

Tabela 8. Comparação entre Casos

Corpo de prova	Case 1	Case 2	Case 3
Provete Liso	1%	1%	1%
Plano Entalhado	20%	16%	1%



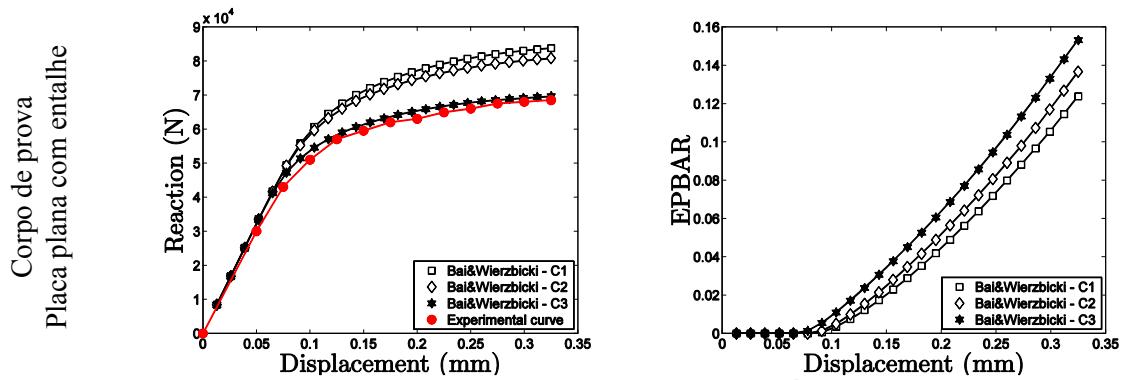


Figure 2. Curva de reação e evolução da deformação plástica equivalente.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, a influência da pressão e a dependência do ângulo de Lode foi estudada através do modelo constitutivos proposto por Bai *et al* (2007) e o modelo de integração numérica implícita sugerida por Malcher *et al* (2009). Espécimes com diferentes níveis de triaxialidade e angulo de Lode foram utilizados, assim como um material fortemente dependente de ambos os fatores como a liga de alumínio 2024-T351. De acordo com os resultados numéricos apresentados, pode-se verificar a importância da tensão hidrostática e do ângulo de Lode na lei de fluxo plástico para materiais dúcteis. A correção na curva de reação por deslocamento, quando os efeitos estão ativados no modelo (caso 3), é evidenciado principalmente para os resultados numéricos do espécime plano entalhado. No caso extremo, a curva sem os efeitos, caso 1, observa-se um erro de 20% com relação ao dado experimental. Introduzindo ambos os parâmetros, a concordância entre os dados numéricos e experimentais se torna bastante satisfatória.

6. REFERÊNCIAS

- Bai, Y., (2008), “Effect of Loading History on Necking and Fracture”. Ph.D Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Bai, Y., Wierzbicki, T., (2007), “A new model of metal plasticity and fracture with pressure and lode dependence”, International Journal of Plasticity, doi:10.1016/j.ijplas.2007.09.004.
- Malcher, L. ; Andrade Pires, F.M. ; César de Sá, J.M.A ; Andrade, F.X.C., (2009), “Numerical integration algorithm of a new model for metal plasticity and fracture including pressure and Lode angle dependence”. International Journal of Material Forming - Springer, 2:443-446.

