



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

Dados do Projeto de Pesquisa	
Título do Projeto de Pesquisa:	REUTILIZAÇÃO DE PORCELANAS ELÉTRICAS COMO COMPONENTE DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E DO CONCRETO REFRAATÓRIO
Grande área/área segundo o CNPq (https://goo.gl/JB3tAs):	Engenharia de Materiais e Metalúrgica/Materiais não Metálicos/Cerâmicos
Grupo de Pesquisa vinculado ao projeto:	Grupo de Tecnologias Químicas Aplicadas - GTQA
Linha de pesquisa do grupo de pesquisa vinculado ao projeto:	Materiais magnéticos e propriedades magnéticas, materiais dielétricos e propriedades dielétricas, cerâmicas avançadas, síntese de materiais cerâmicos
Categoria do projeto:	() projeto em andamento, já cadastrado na PRPI () projeto não iniciado, mas aprovado previamente (X) projeto novo, ainda não avaliado
Palavras-chave:	Porcelanas elétricas, Concreto, Reciclagem, Construção Civil

1 INTRODUÇÃO

Dentro do contexto de globalização e constante avanço industrial, os processos de fabricação de vários materiais são cada vez mais otimizados e com características excelentes que atendam aos mais diversos serviços, trazendo consigo uma problemática, pois nem sempre há uma preocupação com o descarte após sua utilização ao final da sua vida útil, sendo feito seu descarte de forma aleatória. Esse descarte indevido que quase sempre é realizado em aterros sanitários geram impactos ambientais que em consequência disso geram malefícios ao meio ambiente e trazem consequências danosas ao passar dos anos, como supersaturamento desses locais, e consequente criação de novos locais de descarte, o que gera um montante de materiais que poderiam estar sendo reutilizados e sendo incorporados de volta ao processo de produção de novos produtos [1].

Sabe-se que as fontes de matérias-primas existentes na natureza e que são usadas como base na composição de materiais são fontes muitas vezes não renováveis. Com isso, o desperdício ocasionado pelo descarte inadequado pode gerar consequências irreversíveis no contexto de escassez de matérias-primas. Com isso, se faz necessário uma certa urgência na

questão de buscar formas alternativas na reutilização de materiais que já tiveram uma vida útil e que podem ser incorporados de volta ao processo na fabricação de outros componentes [2].

No contexto de sustentabilidade, que está focando aos poucos a questão de desenvolvimento de políticas de conscientização dentro das empresas, já existe uma ascensão e provavelmente até uma nova visão de futuro na questão de trabalhar meios de reciclagem de material descartado após o uso, pois ao passar dos anos, percebeu-se que a incorporação de recicláveis de volta aos processos diminui custos financeiros e energéticos, como por exemplo com relação à extração de matérias-primas que passariam pelos processos de beneficiamento, que geram alto custo. Com base nisso, os grandes gestores industriais estão atentos à essa nova visão e estão cada vez mais buscando reutilizar esses materiais como forma de manter a produção e em paralelo diminuir os gastos [3].

A construção civil é um universo que abrange muitos materiais e que cresce constantemente, já que está relacionada ao desenvolvimento econômico de um local. As demandas por matérias-primas são cada vez maiores e pela grandeza de seu dinamismo começa-se a pensar em meios alternativos que visem incorporar dentro de seus processos a reutilização de materiais reciclados. Alguns materiais por apresentarem esse caráter de poderem ser incorporados de volta ao processo produtivo com um custo menor, já que não vão passar mais por todas as etapas de beneficiamento, fizeram com que alguns pesquisadores dedicassem-se a buscar quais elementos podem ser incorporados de volta ao processo na produção, sem perder as propriedades requeridas ao destino final [4].

Um dos produtos dentro da indústria da construção civil em que pode ser inserido reciclado dependendo de sua composição é o concreto, que é um composto formado pela mistura de agregados (grãos e miúdos), cimento e água. A água misturada ao cimento forma uma massa pastosa que se adere aos agregados. Com isso, tem-se como produto dessa reação de hidratação, o concreto, que necessita devido a sua destinação final, como elemento estrutural, possuir características como: boa trabalhabilidade, boa resistência mecânica (compressão), e módulo de elasticidade, para que se opere sempre em regime elástico. Diante disso, buscou-se através da incorporação do reciclado de materiais cerâmicos ao concreto, fontes novas em substituição às matérias-primas, que no caso do referido trabalho, são os resíduos de porcelanas elétricas. Um tipo de cerâmico que após o processo de cominuição da peça descartada, apresenta características similares ao dos agregados grãos e miúdos [5].

Os materiais cerâmicos são bastante utilizados em larga escala, para as mais diversas aplicações, graças à versatilidade de ser relativamente fácil de se produzir. Matérias-primas encontradas na natureza e que também podem ser sintetizadas em laboratório, no caso das cerâmicas sintéticas, são exemplos. Materiais cerâmicos são definidos como materiais não metálicos que em sua composição apresentam elementos metálicos e não-metálicos, além de possuírem ligações tanto de caráter iônico como também covalente, sendo o primeiro caráter, predominante. Com isso, as cerâmicas podem ter sua aplicação nos mais diversificados meios. Elas apresentam características como alta dureza e excelência quando se requer a utilização em altas temperaturas, haja vista apresentarem altos pontos de fusão [6].

Dentro dos materiais cerâmicos existe um tipo específico que foi desenvolvido para o uso em altas tensões, que são as porcelanas elétricas aluminosas, que apresentam como função isolar cabos energizados de alta tensão e que apresentam propriedades dielétricas e mecânicas excelentes. Essas porcelanas possuem em sua composição componentes que combinados conferem a ela estas características como o feldspato que entra como elemento fundente, a alumina como elemento estrutural que vai conferir volume e resistência, e a argila que vai fornecer a plasticidade necessária a massa. Conforme Silva (2009) “A porcelana elétrica usada como isolador elétrico é caracterizada por possuir elevada resistividade elétrica, elevada rigidez dielétrica, baixo fator de dissipação e baixa constante dielétrica”. As porcelanas elétricas são

produzidas em larga escala, não se sabendo ao certo a quantidade anual. Em termos de custos, a reciclagem de isoladores elétricos é bastante atrativa, pois existe uma grande quantidade de isoladores descartados que podem ser reciclados. Apesar de ser um material inerte, seu descarte gera um montante que pode gerar impactos ambientais em escala significativa. Com isto, surge a necessidade de se buscar formas que sejam eficazes na reutilização desse material. Diante dessa problemática, surgiram pesquisas sobre sua reutilização em concreto usado na construção civil. Além disso, estudos foram realizados para se ter uma noção de como esses materiais misturados se comportariam quando solicitados em sua aplicação. Algumas indústrias tiveram êxito no reuso dessas cerâmicas, pois as utilizaram em substituição aos agregados comuns e em argamassas. A porcentagem de substituição dos agregados comuns por resíduos cerâmicos varia principalmente entre 20% a 50%, mas existem alguns casos onde a substituição pode ser total [7].

O concreto refratário é um tipo especial de concreto que deve resistir a agentes agressivos de natureza química (ação de gases, ataque por álcalis, ácidos, sulfatos, coque etc.) e física (erosão, choque térmico e tensões termomecânicas). Dentre as diversas aplicações do concreto refratário, pode-se destacar o seu uso nas indústrias siderúrgica, metalúrgica e petroquímica [8].

Os concretos refratários mais amplamente utilizados são baseados em cimentos de aluminatos de cálcio (CAC) e de alta alumina (HAC). Concretos à base de cimento de alumina, adquirem resistência rapidamente. No entanto, a temperatura de sua aplicação é significativamente menor que a do HAC. Por sua vez, os concretos mais refratários a base de HAC adquirem resistência mais lentamente [9-10]. A este respeito, questões de modificação do CAC, a fim de acelerar o endurecimento, aumentando os parâmetros de resistência e resistência ao fogo são muito relevantes. Uma maneira de modificar o CAC é com aditivos dispersos para aumentar a refratariedade [11].

Concretos refratários são definidos como materiais comumente utilizados para aplicações que requerem elevadas temperaturas, como, por exemplo, revestimentos de fornos, fabricação de peças e componentes internos de equipamentos. Segundo Magliano *et al.* (2010), “tijolos e peças pré-formadas eram os principais materiais utilizados na produção de aço e em outros processos industriais que exigem exposição à alta temperatura”. Além disso, diante das possibilidades de se fabricar peças cilíndricas e abóbodas, peças de geometrias mais complexas, tempos necessários menores para instalação e maior facilidade de automação, menores custos de produção, ausência de juntas (locais propícios a corrosão) e maior facilidade de realizar reparos e manutenção, pode-se averiguar a importância de se fabricar esses materiais. Desse modo, o desenvolvimento dessa tecnologia propiciou à indústria do aço a utilização cada vez mais frequente desses materiais em seus processos produtivos. Portanto, o desenvolvimento desse composto está intimamente ligado ao desenvolvimento de ligantes com características melhores do que as usuais, uma vez que o funcionamento correto desses ligantes é quem vai ditar se o produto se comportará de maneira eficiente na aplicação imposta. Afirmam ainda que “os ligantes comumente utilizados na fabricação de concretos possuem pega hidráulica e reagem com água a fim de formar uma estrutura que forneça resistência mecânica a verde suficiente ao sistema” e complementam afirmando que “entre esses se destacam o tradicional cimento de aluminato de cálcio e as aluminas hidratáveis” [12].

Diante destes dados, pode-se perceber a vantagem em se reutilizar o material cerâmico elétrico que seria descartado, mas que devido às suas ótimas características, pode ser incorporado em argamassas de concreto porque além de diminuir impactos ambientais, também diminui o consumo de retirada de matéria-prima da natureza.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O concreto é um material de construção proveniente da mistura, em proporção adequada, de: aglomerantes, agregados e água. Também é frequente o emprego de aditivos e adições. Estes aditivos servem como elemento de carga ou como componente para a melhoria de suas propriedades mecânicas [5].

O concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo. Foi através da descoberta de suas excelentes propriedades mecânicas, que permitiu que ele viesse a ser usado em todos os segmentos de construção. Seu consumo anual é da ordem de uma tonelada por habitante. Entre os materiais utilizados pelo homem, o concreto perde apenas para a água. Outros materiais como madeira, alvenaria e aço também são de uso comum e há situações em que são imbatíveis. Porém, suas aplicações são bem mais restritas. Algumas aplicações do concreto são relacionadas a seguir:

- Edifícios: mesmo que a estrutura principal não seja de concreto, alguns elementos, pelo menos, o serão;
- Galpões e pisos industriais ou para fins diversos;
- Obras hidráulicas e de saneamento: barragens, tubos, canais, reservatórios, estações de tratamento etc.;
- Rodovias: pavimentação de concreto, pontes, viadutos, passarelas, túneis, galerias, obras de contenção etc.;
- Estruturas diversas: elementos de cobertura, chaminés, torres, postes, mourões, dormentes, muros de arrimo, piscinas, silos, cais, fundações de máquinas etc.

Com todas essas aplicações e devido a sua fácil processabilidade, fica evidente sua importância e a necessidade de se otimizar cada vez os processos que o envolvem.

No estado endurecido, o concreto apresenta:

- Boa resistência à compressão;
- Baixa resistência à tração;
- Comportamento frágil, isto é, rompe com pequenas deformações. Na maior parte das aplicações estruturais, para melhorar as características do concreto, ele é usado junto com outros materiais. [5].

As porcelanas elétricas possuem uma larga distribuição granulométrica, é multifásica e possui defeitos em sua estrutura devido à natureza das matérias-primas incidentes. A alumina, a argila e o feldspato combinados dão as características necessárias para que esta possa ser usada como isolador elétrico, que é um produto resultante dessa combinação. É exigido que o isolador elétrico suporte grande capacidade de se opor à corrente elétrica, e ser resistente mecanicamente [7]. Estes materiais têm fabricação em escala significativamente grande, podendo ser reutilizados após seu uso convencional, onde serão feitos processos de cominuição, que consistem em diminuir o tamanho das partículas através da britagem, com o intuito de se reduzir a granulometria. Após a britagem, vem a etapa de moagem que consiste em uma fragmentação mais fina dessas partículas. Ao final desses processos, os resíduos são incorporados à argamassa onde entram como agregados que junto ao cimento irão conferir as características mecânicas do concreto.

Por ser algo novo no ramo das pesquisas, somente alguns trabalhos foram feitos para observar como se desenvolve o comportamento desse material reciclado como componente na construção civil, e observou-se que devido a sua similaridade com os agregados graúdos e miúdos, há a possibilidade de serem usados na substituição de areia e pedra, mantendo as mesmas propriedades mecânicas. Testes indicam que pode haver uma substituição entre 20% a 50% ou até mesmo total, dependendo do tipo de aplicação e composição do composto final. Também foi verificado que o uso desse reciclado em concreto poderá aumentar sua resistência mecânica em até 50%, quando comparados aos agregados usuais. Observou-se ainda que quanto

mais fino é o pó, melhor a adição na mistura da argamassa e melhor é a resistência. Assim como, houve o endurecimento e um posterior aumento da resistência do concreto em virtude disso. Como as porcelanas são bastante duráveis e muito resistentes aos agentes químicos e biológicos, essas características são repassadas ao concreto, potencializando, desse modo, suas propriedades. Pelo fato de possuírem silício e alumínio, o uso dos resíduos de porcelana elétrica devidamente preparados melhora a atividade pozolânica que é referente ao endurecimento da argamassa. Campos (2009) afirma que “os materiais testados são eficientes e podem ser usados. Já que há matéria-prima disponível, basta que sejam definidos os nichos de mercado economicamente mais viáveis”. Além do uso em concreto, como agregado junto a argamassa, as porcelanas elétricas se transformadas em pó, podem ser usadas na substituição do cimento. Mantendo as mesmas características pozolânicas, que estão relacionadas ao endurecimento e resistência, como no caso similar do concreto [7].

Pesquisas mostram que a utilização dos rejeitos das porcelanas no concreto promove uma redução no consumo de cimento em aproximadamente 5% [7]. Isso mostra que além dos pontos positivos mencionados anteriormente na questão das propriedades, também é observado vantagens no tocante a questão da economia com relação ao custo no consumo do cimento.

Diante do exposto, há a necessidade de se relatar meios de fabricação de concretos refratários via utilização de resíduos provenientes das porcelanas elétricas. Fernandes (2015) afirma que “os concretos refratários vêm ganhando destaque em diversos setores da indústria” se devendo “principalmente pela sua facilidade de aplicação e manutenção, possibilidade de obtenção de revestimentos com geometrias mais complexas, menores custos de fabricação e ausência de juntas que são locais propícios ao desgaste do refratário”. Os concretos refratários, de maneira semelhante ao concreto convencional, devem seguir algumas características, tal como granulometria adequada específica. Além disso, esse material é dependente da matéria-prima e do uso ao qual será submetido. Assim, o desenvolvimento desses materiais deve acompanhar também a evolução dos ligantes utilizados na formulação do composto. Na atualidade, existem diversos ligantes que são utilizados na sintetização desses produtos, tais como aluminato de cálcio, alumina hidratável e sílica coloidal [13].

Como o resíduo utilizado na execução do estudo é proveniente de porcelana elétrica, espera-se a formação de ligantes do tipo alumina hidratável e sílica coloidal, ambos provenientes de matéria-prima utilizada no fabrico da própria porcelana.

De acordo com o ACI 547R-79 (1983), o termo concreto refratário refere-se a um material cerâmico composto por agregados refratários e cimento Portland ou aluminoso, capaz de manter suas propriedades inalteradas quando exposto a altas temperaturas (entre 500°C e 2000°C). Operando sob temperaturas elevadas, o concreto refratário deve suportar diversos tipos de solicitações, tais como tensões térmicas, tensões mecânicas e ataque químico. Ele é classificado de acordo com seu tipo, pureza do cimento empregado, temperatura máxima de serviço, condutibilidade térmica e resistência mecânica [14]. O concreto refratário é produzido a partir da moagem de uma mistura de um tipo de cimento refratário com agregados que possuem propriedades refratárias. O produto final do concreto é dependente de sua composição e do seu procedimento de cura e secagem. As propriedades dos concretos refratários são influenciadas pelo tipo de agregado utilizado. Com a alta temperatura, têm-se alterações na composição química e na estrutura física do agregado, bem como alteração de seu volume, devido à retração e expansão [15].

Para a produção de concretos refratários podem ser empregados vários tipos de cimento, dependendo da faixa de temperatura a que ele se destinará e das características mecânicas necessárias, tais como resistência à compressão, resistência à flexão e resistência à abrasão, entre outras. Segundo Bazant *et al.* (1996), os tipos de cimento mais empregados para refratários são: o cimento Portland, cimento Portland adicionado de escória granulada de alto-

forno, cimento Portland adicionado de pozolanas, cimento de aluminato de cálcio e cimento de aluminato de bário. Podem também ser utilizados aglomerantes não hidráulicos, como fosfatos, *waterglass* e magnésia [16]. De acordo com Garcia *et al.* (2007), o cimento de aluminato de cálcio é o mais utilizado na produção de concretos refratários, por conferir a eles propriedades especiais, como, por exemplo, rápido desenvolvimento de resistência mecânica e altas resistências a agentes corrosivos. Os concretos refratários de CAC têm uma boa resistência ao ataque por ácidos, como por exemplo, aqueles presentes em gases resultantes de combustão, sendo, de fato, sua resistência química aumentada pela queima de 900 a 1000°C. Tais concretos podem ser levados à temperatura de serviço tão logo tenham endurecido, não necessitando de aquecimento prévio. Enquanto os revestimentos com tijolos refratários se dilatam com o calor e necessitam de juntas de dilatação, concretos refratários de cimentos aluminosos podem ser executados monoliticamente, ou com juntas de topo a cada um ou dois metros, nas formas e dimensões pretendidas. A perda de água no primeiro aquecimento resulta numa contração aproximadamente igual à dilatação térmica durante o aquecimento, de modo que as variações dimensionais resultantes são muito pequenas, dependendo do tipo de agregado. Além disso, é possível a execução de revestimentos refratários com jateamento de argamassa de cimento aluminoso [17]. O CAC pode ser produzido através da fusão de uma mistura de Al_2O_3 e $CaCO_3$, ou através de um processo de calcinação dessa mistura a temperaturas entre 1315 e 1425 °C, sendo esse último método o mais viável para a produção de CACs com composição uniforme [8, 18]. O CAC tem aproximadamente 40% de Al_2O_3 , enquanto alguns cimentos contêm teores ainda maiores (50 a 80%), sendo por isso denominados cimentos com alto teor de alumina (em inglês, *High Alumina Cement* (HAC)). Além disso, estes cimentos possuem aproximadamente 15% de óxidos férricos e ferrosos e 5% de sílica [18]. Em alguns casos, também pode haver, em pequenas proporções, TiO_2 , MgO e álcalis [19].

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Otimizar as propriedades mecânicas dos concretos através da incorporação de porcelanas elétricas reutilizadas, visando diminuir custos com as matérias-primas, como a brita e a alumina, que são componentes do processo de fabricação do concreto e do concreto refratário, e buscar formas de minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte indevido destas porcelanas elétricas.

3.2 Específicos

- ✓ Desenvolver um concreto capaz de atender todas as exigências mecânicas do seu uso;
- ✓ Estudar a composição das porcelanas elétricas através de métodos de caracterização;
- ✓ Melhorar as propriedades mecânicas do concreto com a adição das porcelanas;
- ✓ Estudar a dosagem de cada matéria-prima para obtenção dos concretos e quais as porcelanas poderia entrar como substituta;
- ✓ Determinar a resistência à compressão e à flexão dos concretos obtidos;
- ✓ Determinar a densidade e a porosidade dos concretos obtidos
- ✓ Comparar as características mecânicas dos concretos usuais e dos concretos modificados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

- ✓ Cimento portlant CP I-S-32
- ✓ Areia
- ✓ Água pura
- ✓ Brita
- ✓ Pó ou pedregulho de porcelana elétrica

4.2 Metodologia Experimental

4.2.1 Coleta e Separação das Porcelanas

Após a coleta, as porcelanas passaram por uma inspeção visual para verificar a ocorrência de trincas ou de corrosão sofrida pela degradação à exposição ao ambiente. Em seguida as porcelanas passíveis de reaproveitamento serão lavadas com detergentes ou sabão neutro, bucha comum ou palha de aço.

4.2.2 Britagem e Moagem da Porcelana

As amostras serão trituradas, em seguida moídas em moinho de bolas para obtenção de um tamanho adequado que melhor atenda as necessidades da mistura entre os componentes do concreto.

4.2.3 Caracterização das porcelanas elétricas

4.2.3.1 Fluorescência de Raios-x - FRX

A análise química do pó obtido da porcelana será realizada pelo método de espectrometria de raios-X no Laboratório de Caracterização da UFCA

4.2.3.2 Difração de Raios-X (DRX)

O pó obtido da porcelana será analisado por DRX, visando avaliar a composição química e interação dos componentes na massa.

4.2.4 Granulometria da Porcelana

O ensaio de granulometria será realizado de acordo com ABNT 7211, norma NBR 248 para agregados miúdos (natural ou artificial) e agregados graúdos (seixo rolado ou pedra britada).

4.2.5 Dosagem da Porcelana a ser adicionada ao Concreto

Para se determinar os percentuais de porcelana britada ou moída a ser adicionada aos concretos, inicialmente irá se analisar o empacotamento entre a mistura granular, buscando otimizar as misturas granulares secas em função da máxima compacidade.

4.2.6 Preparação dos corpos de prova com e sem adição de porcelana

A produção dos corpos de prova obedecerá às normas da ABNT NBR 5738 Concreto: procedimento de moldagem e cura dos corpos de prova. Serão preparadas amostras com e sem adição de porcelana.

4.2.7 Propriedades Mecânicas e Físicas

4.2.7.1 Ensaio de compressão

Os corpos de prova dos concretos serão analisados de acordo a norma da NBR 5739, que prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos-de-prova cilíndricos de concreto, moldados conforme a NBR 5738.

4.2.7.2 Ensaio de flexão

Os corpos de prova do concreto serão analisados de acordo com a NBR 12142:2010, que prescreve o ensaio de flexão em corpos cilíndricos.

4.2.7.3 Porosidade aparente

A análise de porosidade aparente se faz necessária quando as amostras forem submetidas a diferentes taxas de queima. Esse ensaio seguirá a seguinte expressão:

$$PA (\%) = (P_u - P_s) / (P_u - P_i),$$

onde: P_A = porosidade aparente; P_u = peso úmido (g); P_i = peso imerso (g); P_s = peso seco (g).

4.2.7.4 Resistência ao choque térmico

Serão fabricados corpos de prova (160 x 40 x 40 mm) e após cura, estes serão submetidos a 5 ciclos de choque térmico. As amostras serão aquecidas no forno a 1200°C durante 30 minutos sendo em seguida colocadas em uma placa refrigerada sob um fluxo de ar constante por mais 30 minutos completando-se assim o primeiro ciclo.

4.2.7.5 Resistência ao ataque por Álcalis

O teste de resistência ao ataque por álcalis é um teste qualitativo que visa observar o dano estrutural que a exposição aos álcalis pode gerar nos materiais refratários. Corpos de prova cilíndricos serão pré-queimados a 1200°C/5h ($\varnothing = 65\text{mm}$ e $H = 65\text{mm}$) em um cadinho ($\varnothing = 25\text{ mm}$ e $h = 25\text{mm}$) e em seguida dispostos a 5 ciclos de ataque por álcalis. Os cadinhos serão preenchidos com 20 g de sulfato de potássio (fonte de álcalis) a uma temperatura de 1300°C por 5 horas completando-se um ciclo. Para iniciar um novo ciclo os cadinhos serão preenchidos novamente com sulfato de potássio. Ao final de cada ciclo os danos causados aos corpos de prova serão avaliados visualmente e classificados de acordo com os critérios definidos.

5 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS OU INOVAÇÃO DA PROPOSTA.

- Sintetizar um concreto com excelentes propriedades mecânicas e custo menor de matérias-primas.
- Reutilizar materiais que seriam descartados no meio ambiente gerando acúmulos de resíduos poluentes.
- Diminuição de custos em processamento de concretos para uso estrutural.
- Despertar o interesse do corpo discente do curso de Engenharia de Materiais, para pesquisas inovadoras e tecnológicas.
- Difundir as pesquisas realizadas pela Universidade Federal do Cariri dentro do meio científico e tecnológico.
- Criar um grupo de pesquisa voltada para área de reutilização de materiais recicláveis com a incorporação em novos materiais ou otimizar os já existentes.
- Publicar os resultados obtidos em periódicos internacionais.

6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROJETO

ETAPAS DO PROJETO	2019					2020						
	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07
Revisão bibliográfica												
Coleta das Porcelanas												
Separação das porcelanas a serem aproveitadas												
Lavagem das porcelanas												
Britagem das porcelanas												
Moagem das porcelanas												
Caracterização por DRX												
Análise química por FRX												
Ensaio de Granulometria												
Dosagem, preparação e cura dos corpos de prova com e sem porcelana												
Ensaio de compressão												
Ensaio de flexão												
Porosidade aparente												
Resistência ao choque térmico												
Resistência ao ataque de álcalis												
Análise dos dados obtidos												
Participação em eventos científicos												
Relatório Final												
Confecção de Artigos científicos												

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ROMEIRO, A. R., SALLES-FILHO, S. **Dinâmica de inovações sob restrição ambiental**. In: ROMEIRO, A. R., REYDON, B., LEONARDI, M. L. (Ed.). Economia do meio ambiente. Campinas: UNICAMP. IE/EMBRAPA Meio Ambiente, 1997.
- 2 BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NICCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia Ambiental, 2ed.** São Paulo: Pearson, 2005.
- 3 FEIL, A. A.; SCHEREIBER, D. F. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados**. Cad. EBAPE.BR, v. 14, nº 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, Jul./Set. 2017.
- 4 ABEPRO. **INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_226_26779.pdf>. Acessado em 25 de março de 2019.
- 5 PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Estruturas de concreto** – capítulo 2. 2004.
- 6 PRESOTTO, P. **Desenvolvimento de novos materiais cerâmicos a partir de resíduos da mineração de serpentinito: obtenção e caracterização**. Dissertação (Dissertação em Engenharia e Ciência dos Materiais) – UFPR. Curitiba. 2012.
- 7 CAMPOS, M. A. **Estudo do reaproveitamento de isoladores elétricos de porcelana como agregados em argamassas e concretos**. Dissertação (Dissertação em Engenharia Civil) – UNICAMP. Campinas, 2009.
- 8 ALMEIDA, V. G. O. **Caracterização física e mecânica a altas temperaturas de concretos refratários reforçados com fibras de aço**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009, Dissertação (Mestrado).
- 9 GITZEN, W.; HART, L.; MACZURA, G. Properties of some calcium aluminate cement compositions. *J. Am. Ceram. Soc.* V. 40 (5), p. 158, 1957.
- 10 KUHL, H. **Zementchemie II** (Berlin: Verlag Technik), 1951
- 11 ABYZOV, V.; KONONOVA, V. **Refractory concretes with additives of fine-milled high-alumina industrial wastes**. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 451 (2018) 012040.
- 12 MAGLIANO, M. V. M.; PANDOLFELLI, V. C. Sistemas ligantes para concretos refratários multilizáveis. *Cerâmica*. v. 56, p. 112-117, 2010.
- 13 FERNANDES, N. G. **Desenvolvimento de concreto refratário multifuncional utilizando sílica coloidal como ligante para aplicações na indústria cimenteira**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Engenharia de Materiais) – CEFET-MG. Belo Horizonte. 2015.
- 14 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 1983, “ACI Committee 547R-79. **“Refractory Concrete”**”. Detroit: American Concrete Institute, 85 p.
- 15 SCRIVENER, K. L.; CAPMAS, A. **“Chemistry of Cement and Concrete”**, Edited by: PETER C. HEWLETT, 1998.
- 16 BAZANT, Z. P.; KAPLAN, M. F. *Concrete at High Temperatures*. 1996.
- 17 GARCIA, J. R., OLIVEIRA, I. R., PANDOLFELLI, V.C. “Hidratação process and the mechanisms of retarding and accelerating the setting time of calcium aluminate cement. *Cerâmica*. v. 53 nº 325, São Paulo. 2007,
- 18 ANDRADE, T. L.; SANTOS, G. L.; OLIVEIRA, I. R. **Síntese e caracterização de fases de cimento de aluminato de cálcio**. In: XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2010.
- 19 MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - estrutura, propriedades e materiais**. 1 ed. São Paulo: PINI, 1994