

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE CAULIM NA PRODUÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça \*, Loredanna Melyssa Costa Sousa, Valter Ferreira de Sousa Neto, Maria Luiza Ramalho de Araújo, Mila Thais Rezende e Silva

\* Universidade Federal de Campina Grande, [ana.duartemendonca@gmail.com](mailto:ana.duartemendonca@gmail.com)

### RESUMO

A construção civil é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais e uma das que mais consome energia de forma intensiva. No Brasil cerca de 35% do que é extraído da natureza anualmente, como areia, madeira, pedras, dentre outros, é utilizado pelo setor sendo, portanto, um setor que possibilita a inserção de matérias primas alternativas. A utilização dos resíduos da extração e do beneficiamento mineral em produtos para construção civil tem-se mostrado uma ótima alternativa para diversificar a oferta de matérias-primas e para a economia de recursos naturais, onde a reutilização é uma das principais alternativas para o desenvolvimento sustentável. Essas ações visam reduzir os impactos ambientais e também atuam para que um maior valor seja agregado ao material, gerando além de uma melhora na qualidade de vida dos moradores da região, emprego e desenvolvimento para a comunidade local. Assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização do resíduo de caulim em composições cerâmicas para produção de blocos cerâmicos. Para tanto, foram realizados ensaios de caracterização física, química e mineralógica das matérias-primas utilizadas, visando identificação a composição química as fases mineralógicas presentes. Em seguida foram determinadas as composições a ser utilizadas, através na metodologia de delineamento de misturas. Em seguida foram moldados corpos de prova nas dimensões de 10 cm x 2 cm x 1 cm e após secagem em estufa por 24 horas, foram submetidos a sinterização nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C e realizou-se os ensaios para determinação da tensão de ruptura a flexão e da absorção por imersão em água. Verificou-se que a composição com o maior percentual de resíduo de caulim apresentou os melhores resultados para as propriedades físicas e mecânicas, especialmente a temperatura de 1000°C, devido ao fato que a temperaturas de queima mais baixas um corpo cerâmico possui estrutura desorganizada gerando produtos com maior número de poros e consequentemente com um maior valor de absorção de água e menor tensão de ruptura a flexão, portanto, é viável a utilização do resíduo de caulim em composições cerâmicas para a produção de blocos cerâmicos nos teores de 10% e 20%, proporcionando a obtenção de propriedades físicas e mecânicas que atendem aos parâmetros normativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo de caulim, blocos cerâmicos, propriedades, gestão ambiental.

### INTRODUÇÃO

O termo caulim é empregado para denominar a rocha que contém a caulinita, seu principal componente, assim como, o produto obtido do seu beneficiamento (LUZ, 2016). É um dos seis minerais mais abundantes da crosta terrestre e pode ser encontrado com até 10 metros de profundidade, apresenta como característica a granulometria fina, que permite maior plasticidade e a cor branca ou quase branca, devido ao baixo teor de ferro. Em função de suas propriedades, pode ser utilizado na fabricação de diversos produtos, como produtos farmacêuticos, materiais cerâmicos, esmaltes para revestimento cerâmico, tintas, papéis, dentre outros, sendo assim, a extração desse mineral contribui diretamente com a economia do país. Cerca de 28% das reservas mundiais de caulim são encontradas no Brasil, sendo 8% destas localizadas na região do nordeste brasileiro, nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia, estes se destacam quanto as suas reservas (LUZ, 2016).

A exploração dos recursos naturais desencadeia um processo de contínua degradação, visto que são produzidos resíduos não aproveitados lançados indiscriminadamente ao meio ambiente. O setor mineral gera grandes quantidades de resíduos de diversos tipos e níveis de periculosidade, como por exemplo, a indústria de beneficiamento do caulim, a qual produz resíduos à base de sílica, mica e caulinita em grandes quantidades. A extração desse minério produz um percentual de resíduos correspondente a 80 a 90% do volume total explorado, representando, assim, um grande impacto ambiental (MENEZES, 2007).

Apesar da grande importância tecnológica do caulim, sua extração e beneficiamento produzem enorme quantidade de resíduos, em virtude de seu processamento ter um aproveitamento de, aproximadamente, 30% do total extraído (TULYAGANOV, 2002; NOBREGA, 2007; MORAES, 2013).

No processamento do caulim primário, são gerados dois tipos de resíduos, a saber: o primeiro é o resíduo grosso, originário da separação do quartzo do minério, gerado logo após a extração e que representa cerca de 70% do total de

resíduo produzido; o segundo é o resíduo fino, que provém da segunda etapa do beneficiamento, etapa em que o caulim é purificado. A disposição desse material é realizada a céu aberto, causando danos à saúde de animais e pessoas.

O maior percentual do rejeito gerado é, em geral, descartado em campo aberto e em várzeas de riachos e rios, o que causa agressão à fauna, flora e à saúde da população. Essa atitude por parte das empresas produtoras de caulim levou a severas fiscalizações dos órgãos de proteção ambiental, fazendo com que o resíduo gerado se torne fonte de custos para as empresas e, por vezes, um limitante no aumento de suas produções (LEITE, 2007). No Nordeste do Brasil, as principais indústrias mineradoras de caulim estão localizadas nos municípios de Equador (RN) e Junco do Seridó (PB) (CABRAL, 2009).

Os resíduos provenientes das indústrias de mineração e beneficiamento de caulim apresentam um grande potencial mineral, visto que são constituídos por caulim, mica moscovita e um pequeno percentual de quartzo. A minimização do impacto ambiental negativo, provocado pelo descarte deste resíduo tem motivado estudos visando desenvolver tecnologias de aproveitamento do mesmo em diversas áreas.

A construção civil é um dos setores que contribui efetivamente com a economia do país, logo, está diretamente ligado ao PIB nacional, portanto seu crescimento ou estagnação podem refletir a atual situação financeira do país. Entretanto, estas contribuições diretas a economia, não revelam outro aspecto, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016) a construção civil é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais e uma das que mais consome energia de forma intensiva. No Brasil cerca de 35% do que é extraído da natureza anualmente, como areia, madeira, pedras, dentre outros, é utilizado pelo setor, afirma Veronezzi (2016), sendo portanto um setor que possibilita a inserção de matérias primas alternativas.

A utilização dos resíduos da extração e do beneficiamento mineral em produtos para construção civil tem-se mostrado uma ótima alternativa para diversificar a oferta de matérias-primas e para a economia de recursos naturais, onde a reutilização é uma das principais alternativas para o desenvolvimento sustentável (BARBOSA, 2006). Essas ações visam reduzir os impactos ambientais e também atuam para que um maior valor seja agregado ao material, gerando além de uma melhora na qualidade de vida dos moradores da região, emprego e desenvolvimento para a comunidade local (NOBREGA, 2007). Na construção civil, o resíduo de caulim vem sendo utilizado na produção de materiais alternativos de custo reduzido em relação aos convencionais.

A construção civil vem sendo destaque para receber estes resíduos, seja na incorporação de produtos cerâmicos ou em cimento. A utilização da argila como agente solidificante no tratamento de resíduos passou a ser investigada a partir da constatação de que os processos clássicos à base de cimento e cal, não eram eficientes no tratamento de resíduos com alto teor de materiais orgânicos (VIEIRA et al, 2007). A indústria da cerâmica vermelha é altamente promissora para absorver resíduos poluentes. Isto é decorrente principalmente do fato que as massas argilosas utilizadas são, por natureza, heterogêneas (OLIVEIRA et al, 2004). As massas argilosas são materiais poliminerálicos constituídos de argilominerais (materiais plásticos) e minerais não argilosos (não plásticos), com ampla variação mineralógica, física e química (MENEZES et al, 2008).

A reutilização destes resíduos pode resolver, de um lado, o problema de descarte em área da estação de tratamento e, por outro lado, diminuir a quantidade de massa cerâmica consumida e, portanto, o custo da matéria-prima para a produção da cerâmica (PAIXÃO et al, 2008).

## OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a possibilidade do aproveitamento do resíduo de caulim para produção de blocos cerâmicos, visando à redução do impacto ambiental causado pelo seu descarte. Para tanto, estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar química, física e mineralogicamente as matérias-primas utilizadas para confecção dos blocos cerâmicos;
- Determinar a absorção de água dos blocos cerâmicos;
- Determinar a tensão de ruptura a flexão dos blocos cerâmicos;
- Avaliar a possibilidade de aproveitamento do resíduo de caulim em composições para produção de blocos cerâmicos.

## METODOLOGIA

Os materiais utilizados neste estudo foram:

- *Argila*: procedente da Cerâmica Espírito Santo, município de Espírito Santo-PB, com composição química majoritária de SiO<sub>2</sub> (53% e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (22,3%), com presença das seguintes fases: mica/ilita, caulinita, quartzo e feldspato do tipo albita.
- *Resíduo de Granito*: Resíduo da serragem de granito, resultantes do beneficiamento de blocos de granito da Empresa POLIGRAN S/A – Polimento de Granitos do Brasil - Alça Sudoeste, Rodovia Alça Sudoeste, Quadra 18 km 1,4 - Campina Grande-PB, apresentando maior percentagem da fração argila (D<2µm), e menor

diâmetro médio de partículas, sendo esses valores de 9,94% e 20,53 $\mu$ m respectivamente. O resíduo de granito apresenta em relação ao volume acumulado valores de D10 (2,01 $\mu$ m), D50 (14,28 $\mu$ m) e D90 (49,51 $\mu$ m). Constituído basicamente de sílica (62%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16%), CaO (5%) e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5%), elevados teores de K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O e MgO. As fases mineralógicas presentes no resíduo de granito são: mica, feldspatos, quartzo, caulinita, fases típicas de rochas graníticas, verificando-se a ocorrência das seguintes transformações térmicas: pico exotérmico com máximo em 175,51°C correspondente à presença de água livre e adsorvida no material; pico endotérmico por volta de 578,04°C referente à transformação do quartzo  $\alpha$  em quartzo  $\beta$  e pico exotérmico em 709,76°C relacionado à presença de hidroxilas da mica.

- Resíduo de Caulim: Resíduo do processamento de caulins derivado da segunda etapa do beneficiamento de caulins primários, extraídos da planície pegmatítica da Borborema, localizada no município de Juazeirinho-PB e foi cedido pela CAULISA indústria S/A, possuindo elevada quantidade de fração areia (D>20 $\mu$ m) e maior diâmetro médio de partículas sendo esses valores de 46,92% e 43,96 $\mu$ m respectivamente, o resíduo de caulim, apresenta valor de D10, D50 e D90 em relação ao volume acumulado de 4,70 $\mu$ m, 43,77 $\mu$ m e 80,86 $\mu$ m, respectivamente. Constituído basicamente de sílica (52%) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (39%), sendo considerado um material refratário, teor de ferro inferior a 1% e apresenta baixos teores de óxidos fundentes. Apresentando as seguintes fases mineralógicas: quartzo, caulinita e mica. Obtendo-se as seguintes transformações térmicas: presença de pico exotérmico a 156,28°C referente da presença de água livre e adsorvida; pico endotérmico em 645,38°C característico da presença de hidroxilas e pico exotérmico a 999,75°C relativo à nucleação da mullita.

Inicialmente foi realizada a coleta e seleção dos materiais, em seguida foram realizados ensaios de caracterização para determinação das características das matérias-primas utilizadas neste trabalho, dentre eles: Análise Química por Espectrofotometria Fluorescente de Raio-X, difração de raios X, e análise granulométrica.

Foram determinadas as composições de acordo com o planejamento experimental através da metodologia de delineamento de misturas, contendo argila, resíduo de granito e caulim para avaliar a viabilidade da mistura dessas matérias-primas para produção de revestimentos cerâmicos. Foram estabelecidas, por necessidades de processamento, limites inferiores e superiores de 60 e 80% de argila, respectivamente e limites inferiores e superiores de 10 e 30 % de resíduos, respectivamente. Para este estudo, utilizou-se os teores de 10% de resíduo de caulim - Composição A e 20% de resíduo de caulim - Composição B.

A Tabela 1 apresenta as composições utilizadas para produção dos blocos.

**Tabela 1: composições utilizadas para produção dos blocos.**

Argila	Resíduo de caulim	Resíduo de granito
70%	10%	20%
70%	20%	10%

Em seguida, foram confeccionados corpos de prova por extrusão (extrusora marca Verdes, modelo 51) nas dimensões de 10 cm x 2 cm x 1 cm (comprimento x largura x espessura) para determinação das propriedades físico-mecânicas. A distribuição homogênea da água no interior da massa se deu através da maceração. Para melhorar a trabalhabilidade da massa o início da moldagem dos corpos de prova foi realizado 72h após umedecimento das massas.

Posteriormente, foram queimados (Forno INTI Flyever) nas temperaturas de 800°, 900° e 100°C sob taxa de aquecimento de 10°/min.

Em seguida foram realizados os ensaios para determinação das propriedades físico-mecânicas: absorção de água, conforme norma da ABNT NBR 13818 (1997), e módulo de ruptura à flexão, determinada através do ensaio de flexão em três pontos, de acordo com a norma da ABNT NBR 13818 (1997), com velocidade de deslocamento do braço de aplicação da carga de 0,5 mm/min.

Os resultados obtidos resultam da média aritmética de 5 corpos de prova e foram comparados os estabelecidos pela norma NBR 13818/1997- Anexo A.

A Figura 1 ilustra o Fluxograma das etapas da pesquisa.

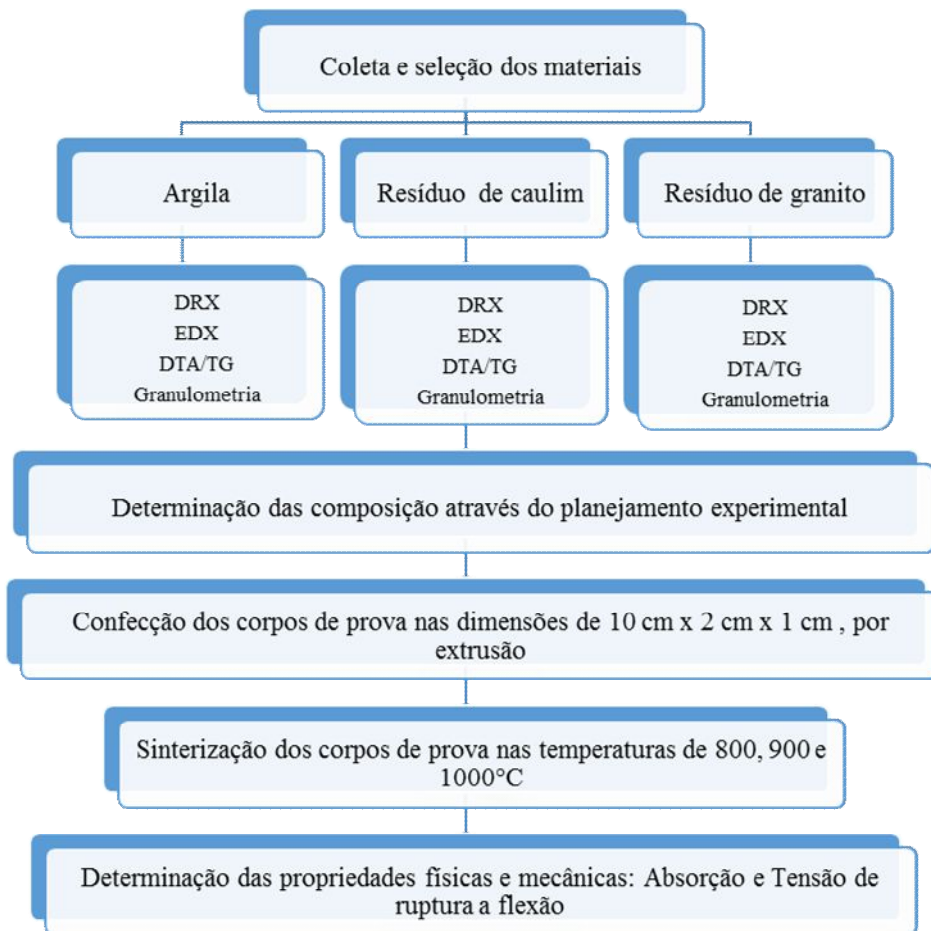


Figura 1: Fluxograma das etapas da pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 ilustra os resultados obtidos para a Tensão de Ruptura a Flexão (TRF) dos corpos de prova incorporados com resíduo de caulim e granito.

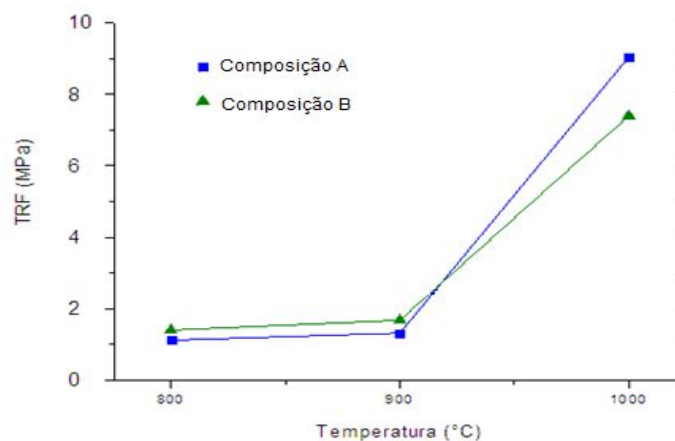


Figura 2: Tensão de Ruptura a Flexão de corpos de prova incorporados com resíduo de granito.



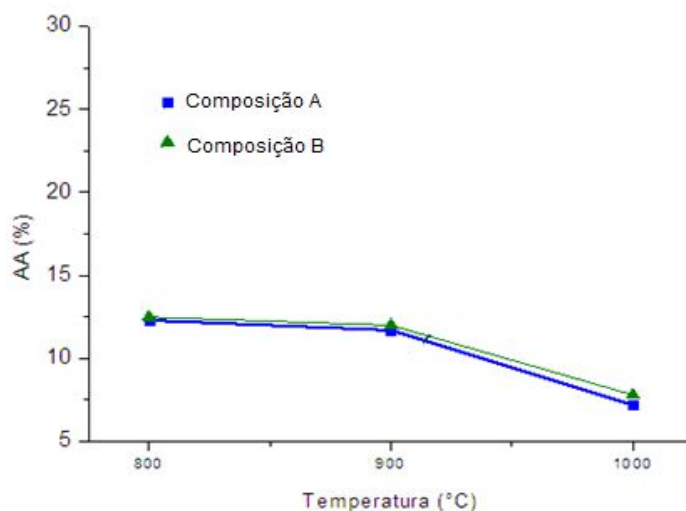
De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, verifica-se que ocorreu um acréscimo gradual na resistência dos corpos de prova com o aumento da temperatura, obtendo-se a 1000°C os melhores resultados. Em termos de composição, verifica-se que os melhores resultados de Tensão de ruptura a flexão foram obtidos para Composição B, que apresenta percentuais de (70% argila, 10% de resíduo de granito e 20% de resíduo de caulim), para a temperatura de 1000°C.

Assim, verifica-se que é possível a incorporação de resíduos do beneficiamento do caulim para produção de blocos cerâmicos atendendo aos parâmetros normativos, contribuindo desta forma para a mitigação dos impactos ambientais originários do seu descarte no meio ambiente, reduzindo a extração de matérias-primas, agregando valor a um material indesejável, além de reduzir os custos da empresa geradora com local para disposição do mesmo. A incorporação do resíduo de caulim em composições para produção de artefatos cerâmicos contribui ainda para o melhor gerenciamento deste resíduo, levando a empresa geradora a buscar alternativas ambientalmente corretas para emprego deste material.

O reaproveitamento de resíduos sólidos através de sua incorporação em formulações cerâmicas para obtenção de tijolos, revestimentos e porcelanas, vem ganhando mais destaque devido à possibilidade de aproveitamento de grandes quantidades de resíduos e pelos excelentes resultados técnicos que vêm sendo apresentados na literatura (MENEZES et al., 2007).

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de se avaliar a viabilidade de incorporação dos mais diversos resíduos na fabricação de blocos cerâmicos. Entre eles, resíduos de estações de tratamento de água e esgoto (OLIVEIRA et al., 2006; ARAÚJO, 2008) e de biomassa proveniente de processos de fitotratamento (ALBUQUERQUE et al., 2011), todos mostraram-se adequados a este fim.

A Figura 3 ilustra os resultados obtidos para a Tensão de Ruptura a Flexão (TRF) dos corpos de prova incorporados com resíduo de caulim e granito.



**Figura 3: Absorção de água dos blocos cerâmicos incorporados com resíduo de caulim e granito.**

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que os melhores resultados para absorção de água para os corpos de prova de blocos cerâmicos foram obtidos à temperatura de 1000°C, devido ao fato que a temperaturas de queima mais baixas um corpo cerâmico possui estrutura desorganizada gerando produtos com maior número de poros e consequentemente com um maior valor de absorção de água.

Verificou-se ainda que os melhores resultados de absorção de água foram obtidos para os corpos de prova da composição B (70% argila / 20% resíduo de granito / 10% resíduo de caulim). Este fato deve-se a melhor distribuição granulométrica, maior percentual de fração argila, favorecendo a sinterização, e consequentemente a estabilidade da e a absorção de água, pois, a quantidade e o tamanho dos poros são menores. Materiais cerâmicos que apresentam em suas composições componentes com granulometria grosseira, apresentam estrutura com maior índice de vazios e consequentemente maior porosidade, o que contribui para o aumento da absorção de água. Poros facilitam a penetração da água e atuam como concentradores de tensão.

Comparando os resultados de absorção de água com os valores propostos por Sousa Santos (1998), verifica-se que os resultados obtidos para os corpos de prova contendo percentuais de resíduo de granito de 10% e 20% foram satisfatórios para uso em cerâmica, para confecção de blocos e telhas.

Assim, a utilização do resíduo de caulim em composições cerâmicas permite a obtenção de propriedades físicas e mecânicas que atendem aos parâmetros normativos, assim, é possível utiliza-lo em substituição as matérias-primas convencionais, proporcionando um a redução do volume de resíduo a ser descartado no meio ambiente, e agregar valor a um material indesejável.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pôde-se concluir que:

- ✓ É possível produzir blocos cerâmicos contendo teores de resíduo de caulim de 10% e 20% e obter resultados de resistência que satisfazem os parâmetros normativos;
- ✓ A utilização do resíduo de caulim como matéria prima alternativa, agrega valor a um material indesejável;
- ✓ A incorporação de resíduo de caulim em massas cerâmicas para produção de blocos permitirá a redução do descarte inadequado deste resíduo no meio ambiente e permite um melhor gerenciamento deste material.
- ✓ É necessário o desenvolvimento de estudos e tecnologias para o melhor aproveitamento do resíduo de caulim visando a utilização de percentuais mais elevados do que os utilizados neste estudo, contribuindo desta forma para a ampliação do volume a ser utilizado em composições cerâmicas ou para outras finalidades ambientalmente corretas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, Felipe P.; LIMA, Sônia B.; SOUZA, Débora C.; OLIVEIRA, Darlene L. A. **Incorporação de Biomassa Vegetal na Produção de Blocos Cerâmicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011b, Porto Alegre. Anais eletrônicos... Porto Alegre: ABES, 2011.
2. ARAÚJO, Franciulli S. D. **Influência do lodo de ETE na Massa para Fabricação de Cerâmica Vermelha**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado)-Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
3. BARBOSA, M. P. O. N. **Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento Portland em argamassas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental; DEAg/UFCG, Campina Grande, PB, 2006.
4. CABRAL, E. S.; LEITE FILHO, E. M. R.; BRAZ DE ARAÚJO. FARIAS, M. S. S. **Impactos ambientais: Uma abordagem das atividades de beneficiamento de caulim na região Borborema/Seridó na Paraíba**. 2009.
5. LEITE, J. Y. P.; VERAS; M. M.; SANTOS, E.P.; LIMA, R.F.S.; PAULO, J.B.A.; **Mineração de caulim de pequena escala em APL de Base Mineral – Novo layout para sua otimização**. In: XXII ENTMME/VII MSHMT – Ouro Preto, MG, 2007.
6. LUZ, Adão Benvindo da. **Argila – Caulim**. Disponível em: <[http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1101/12\\_Caulim\\_Março\\_Revisado\\_Bertolino\\_e\\_Scorzelli.pdf;sequence=1](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1101/12_Caulim_Março_Revisado_Bertolino_e_Scorzelli.pdf;sequence=1)>. Acesso em: 13 jul. 2016.
7. MENEZES, R.R. et al. **Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento de caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos**. Cerâmica vol. 53, n. 326, Abril/Junho, 2007.
8. MENEZES, Romualdo R. et al. **Uso de rejeitos de granitos como matérias-primas cerâmicas**. Cerâmica, São Paulo, v. 48, n. 306, 2002
9. Ministério do meio ambiente. **Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 15 jul. 2016.
10. MORAES, J. M. **Caracterização tecnológica e mineralógica de caulins brasileiros**. XIV Jornada de Iniciação Científica – CETEM. UERJ, 2013.
11. NOBREGA, A. F. **Potencial de aproveitamento de resíduos de caulim paraibano para o desenvolvimento de argamassas de múltiplo uso**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2007.
12. OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA J. N. F., Cerâmica 50 (2004) 337.
13. OLIVEIRA, Eduardo M. S.; SAMPAIO, Valter. G.; HOLANDA, José N. F. **Incorporação de Resíduo de ETAs em Cerâmica Vermelha**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu, 2006. Anais eletrônicos... Foz do Iguaçu.
14. PAIXÃO, I. C. C., YOSHIMURA, H. N., ESPINOSA, D. C. R., TENÓRIO, J. A. S., Cerâmica 54 (2008) 63.

15. TULYAGANOV, D. U. **Mullite-alumina refractory ceramics obtained from mixtures of natural common materials and recycled al-rich anodizing sludge.** Journal of Materials Synthesis and Processing, v. 10, n. 6, p. 311-318, 2002.
16. VERONEZZI, Felipe. **O Impacto da Construção Civil no Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1827>>. Acesso em: 14 jul. 2016.
17. VIEIRA, C. M. F., DIAS, C. A. C. M., MOTHE A. V., R. Sánchez, S. N. Monteiro, Cerâmica 53 (2007) 381.