

GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE TELHA CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE AGLOMERANTE HIDRÁULICO

Cristopher Antonio M. de Moura (*), Rogério B. da Silva, Greyce B. de M. Rezende, Alex Neves Júnior

* Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário do Araguaia, cristopherantonio@live.com

RESUMO

A crescente demanda da construção civil por materiais tem causado grandes prejuízos ao meio ambiente transformando o setor em um dos maiores exploradores de recursos naturais e gerador de resíduos, sendo o cimento um dos materiais mais consumidos no mundo. No contexto global, frente à demanda de alternativas sustentáveis, a reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) através do gerenciamento de canteiro de obras é um tema que precisa ser explorado, pois surge como alternativa de desenvolvimento de novos produtos e fonte de matérias primas respeitando o meio ambiente. A presente pesquisa teve por objetivo desenvolver e caracterizar um aglomerante hidráulico alternativo semelhante ao cimento Portland convencional, utilizando resíduos de telhas cerâmicas vermelhas em substituição à argila originalmente utilizada na produção do cimento convencional. Foram produzidos corpos de prova com o aglomerante sintetizado para ensaio de resistência mecânica à compressão. Os resultados obtidos permitiram concluir que foi possível obter o aglomerante alternativo proposto, apresentando resistência à compressão compatível para aplicação em regiões que não tenham grandes exigências de solicitações estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: Cimento Portland, Aglomerante Alternativo, Gerenciamento, Resíduos Sólidos, Construção Civil.

INTRODUÇÃO

O RCD (resíduo de construção e demolição) inclui todos os resíduos provenientes de novas construções, reformas e demolições, tais como: tijolos, blocos cerâmicos e concretos em geral. Dentre estes materiais, a presente pesquisa destaca o reaproveitamento dos resíduos cerâmicos, que juntamente com os outros resíduos de construção, representam cerca de 40% do total dos resíduos sólidos gerados no Brasil (CABRAL; MOREIRA, 2011).

A indústria de cerâmica vermelha é uma das geradoras destes resíduos, visto que, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2014), o Brasil produz anualmente 130 milhões de toneladas de cerâmicas vermelhas, das quais aproximadamente 5% viram resíduos oriundos principalmente da falha no processo produtivo ou de armazenamento, além dos resíduos provenientes de reformas, demolições e novas construções.

Diversas medidas devem ser tomadas, visando amenizar ou erradicar os problemas que surgem nos diversos setores relacionados à sociedade em geral, especialmente em relação ao meio ambiente. Uma dessas medidas que podem ser tomadas é a reciclagem de resíduos gerados pela indústria da construção civil, uma vez que grande parte destes materiais podem ser reciclados para utilização em diversos setores da própria construção civil.

A construção civil se apresenta como um dos setores que mais geram impactos ambientais visto que os procedimentos envolvidos na obtenção dos materiais utilizados em diversas tipologias de obras, por exemplo, causam impactos desde a extração da matéria prima na natureza até a sua aplicação no canteiro de obras com a possibilidade de perdas devido à aplicação incorreta ou acondicionamento inadequado. Dentre estes materiais, cabe ressaltar o cimento Portland.

O cimento Portland (CP) é um aglomerante hidráulico resultante da calcinação da argila e do calcário sob elevadas temperaturas que resultam no clínquer, que posteriormente é moído e misturado ao gesso para o controle da pega (MEHTA E MONTEIRO, 2006).

Baseado nos componentes e no processo de fabricação do cimento Portland, o objetivo da presente pesquisa é desenvolver e caracterizar um aglomerante hidráulico alternativo, que neste processo substitui a argila utilizada convencionalmente por resíduos de telhas cerâmicas vermelhas, cujo produto obtido possa ter sua aplicação em processos de construção civil. O aglomerante alternativo proposto no presente trabalho, à base de calcário e resíduo de cerâmica vermelha, teve pedido de patente realizado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) em nome de Silva e Neves Júnior (2016), estando o pedido sob análise.

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

- Verificar a adequabilidade do resíduo de telha cerâmica vermelha para a produção de um aglomerante hidráulico, substituindo a argila do processo convencional de produção do cimento Portland pelo resíduo em questão.

Objetivos Específicos

- Avaliar a resistência à compressão de pastas produzidas com aglomerante feito a partir de resíduos de telha cerâmica vermelha.
- Demonstrar a importância do gerenciamento do canteiro de obras para recolhimento, beneficiamento e aproveitamento deste material reciclável viabilizando sua utilização em substituição à argila utilizada convencionalmente na produção do cimento Portland.

METODOLOGIA

De acordo com Gil (1999) a presente pesquisa classifica-se como aplicada, quantitativa e experimental. A Figura 1 apresenta as etapas para o desenvolvimento do trabalho.

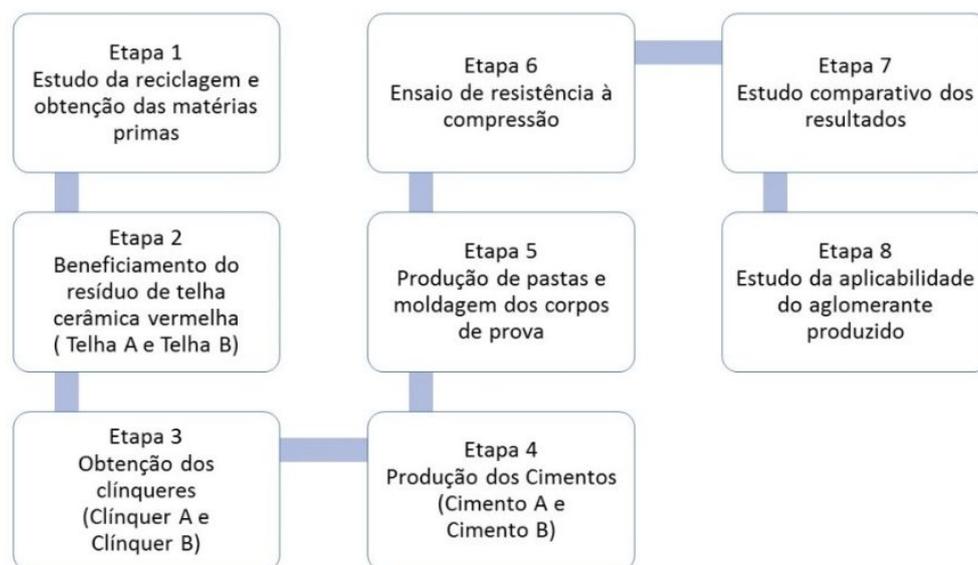


Figura 1: Etapas do trabalho desenvolvido. Fonte: Autor do Trabalho.

Conforme a Figura 1, na primeira etapa foi realizado um estudo para obtenção das matérias primas de modo a viabilizar a produção do aglomerante hidráulico introduzindo o resíduo no processo produtivo. Os materiais utilizados na confecção do aglomerante hidráulico foram materiais análogos aos utilizados para a produção do cimento Portland convencional. O calcário industrial foi obtido no comércio local e a gipsita (sulfato de cálcio di-hidratado) foi obtida de descarte. Ainda na Etapa 1, foram obtidos os resíduos de telha cerâmica vermelha de duas marcas distintas provenientes de descarte nos arredores da Universidade Federal de Mato Grosso. Com intuito de trabalhar com dados comparativos, foi adquirido no comércio local CPII-F 32.

Na segunda etapa, os resíduos foram beneficiados para produção de dois clínqueres: clínquer A e clínquer B provenientes dos dois tipos de resíduo de telha cerâmica vermelha utilizados, nomeadas telha A e telha B. O beneficiamento do resíduo se deu manualmente através de maceração por aproximadamente cinco minutos. Lima (2011), explica que o cimento é produzido com proporções de 75-80% de calcário e 20-25% de argila. Adotando a proporção de 20% resíduo de telha cerâmica vermelha, para substituir a argila do processo convencional, foram pesados 10 gramas resíduo de telha e 40 gramas de calcário, para posterior mistura obtendo-se 50 gramas de farinha crua homogênea com proporção de 80% de calcário e 20% resíduo de telha cerâmica vermelha. Desta forma, buscam-se proporções de carbonato de cálcio (CaCO_3), sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) adequados à sintetização do cimento.

Oliveira (2000) apresenta, no contexto da produção industrial do cimento Portland, que a mistura crua formada pelas proporções corretas das matérias primas atravessam o forno rotativo em aproximadamente três horas e meia a quatro horas.

Desta forma, para a produção do aglomerante proposto, as farinhas cruas foram então levadas à mufla para queima à temperatura de 1200°C por um período de três horas, pois se fez necessário respeitar as limitações do equipamento disponível. Passado este período, seguiu-se o resfriamento do equipamento por cerca de doze horas para posterior retirada das farinhas que depois da queima, passando por uma série de reações químicas, passam a se chamar clínquer, finalizando a terceira etapa. Os clínqueres foram macerados por aproximadamente três minutos.

Na quarta etapa, realizou-se produção dos cimentos. Paula (2009) explica que a composição do cimento Portland comum é de aproximadamente 97% de clínquer e 3% de gesso. Partindo daí, para a produção dos aglomerantes, foram adicionados 3% de gesso em cada um dos dois tipos de clínquer seguido de mistura por dois minutos sendo assim produzidos o cimento A e o cimento B, referente a cada tipo de telha.

A seguir, na quinta etapa, para avaliação das propriedades mecânicas de resistência à compressão (regidos pela ABNT NBR 5739), foram produzidas pastas com cimento A, cimento B e o com cimento Portland CP II-F 32 com relações água/cimento igual a 0,5. A mistura ocorreu de forma manual por dois minutos. Foram produzidos três corpos de prova de cada cimento com cinco centímetros de altura e dois centímetros e meio de diâmetro. Logo após a mistura, as pastas foram colocadas em fôrmas já untadas em óleo vegetal para facilitar a desforma. Em seguida, na parte superior dos corpos de prova, foi colocado um pano umedecido em água destilada para preservação da água de amassamento durante a cura.

Após este procedimento, os corpos foram colocados em uma bancada para repouso, por um período de 48 horas para os cimentos A e B e 24 horas para o CP II F - 32, procedimento regido pela ABNT NBR 5738, que foi prolongado em 24 horas para os aglomerantes produzidos, de modo a evitar danos aos corpos de prova. Finalizando este procedimento de cura inicial, os corpos de prova foram colocados em uma solução saturada de hidróxido de cálcio conforme a ABNT NBR 5738 até completar 28 dias. Ao final, os corpos de provas foram retirados da solução, sendo posteriormente realizada uma melhora na regularização das bases com lixa nº 100.

Em seguida, na sexta etapa, realizou-se o ensaio de resistência à compressão. O ensaio foi realizado em equipamento eletrônico universal modelo WDW30E da fabricante TIME Group Inc. com uma taxa de aplicação de força com velocidade constante de 1 mm/min, utilizando neoprene de 5 mm nas duas faces dos corpos de prova para melhora da distribuição das tensões.

Na sétima etapa, foi realizada a conversão dos dados informados pelo ensaio e a construção das curvas com a média dos pontos conseguidos a partir dos ensaios utilizando o software OriginPro do fabricante OriginLab e obtendo-se no próprio software, pela curva tensão x deformação, o módulo de elasticidade (E) para o trecho linear e a tensão máxima de ruptura de cada pasta observando também indicações fornecidas por Mehta e Monteiro (2006).

A oitava e última etapa da pesquisa, refere-se ao estudo da aplicabilidade do aglomerante produzido, dando enfoque nas possibilidades que o material sintetizado oferece evidenciando o ganho socioeconômico e ambiental relacionado ao gerenciamento do canteiro para recolhimento deste resíduo que pode ser aplicado como matéria prima para produção de material de qualidade.

RESULTADOS

De maneira geral, a resistência dos concretos é considerada propriedade de maior importância, mesmo que na prática, propriedades como durabilidade possam ser mais requeridas a uma determinada peça (NEVILLE, 2016). Neste contexto, as pastas produzidas, que futuramente poderão ser incorporadas a agregados para produção de concretos, foram avaliadas pela sua resistência à compressão.

A Figura 2 apresenta a curva tensão x deformação obtida através da média dos pontos aferidos dos ensaios de resistência à compressão dos três corpos de prova da pasta de cimento A.

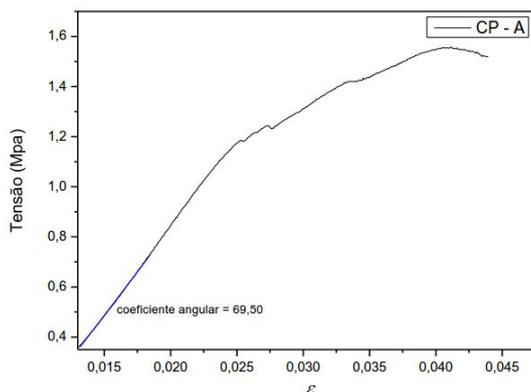


Figura 2: Ensaio de resistência à compressão do CP – A. Fonte: Autor do Trabalho.

Pela curva tensão x deformação, o módulo de elasticidade (E) foi calculado para o trecho linear apresentando o valor de $E = 69,50$ MPa e a tensão máxima de ruptura foi de $\sigma_{\max} = 1,56$ MPa.

A Figura 3 apresenta a curva tensão x deformação obtida através da média dos pontos aferidos dos ensaios de resistência à compressão dos três corpos de prova da pasta de cimento B.

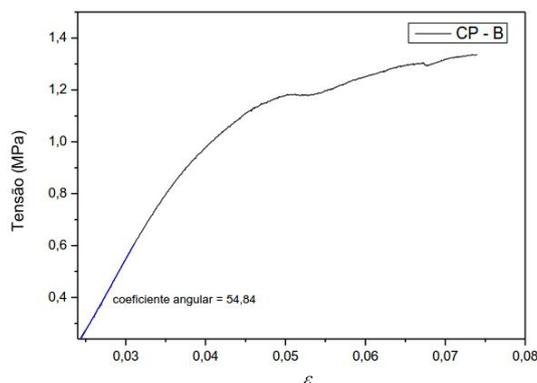


Figura 3: Ensaio de resistência à compressão do CP – B. Fonte: Autor do Trabalho.

Pela curva tensão x deformação, o módulo de elasticidade (E) foi calculado para o trecho linear apresentando o valor de $E = 59,84$ MPa e a tensão máxima de ruptura foi de $\sigma_{\max} = 1,34$ MPa. A Figura 4 apresenta a curva tensão x deformação obtida através da média dos pontos aferidos dos ensaios de resistência à compressão dos três corpos de prova da pasta de CP II F - 32.

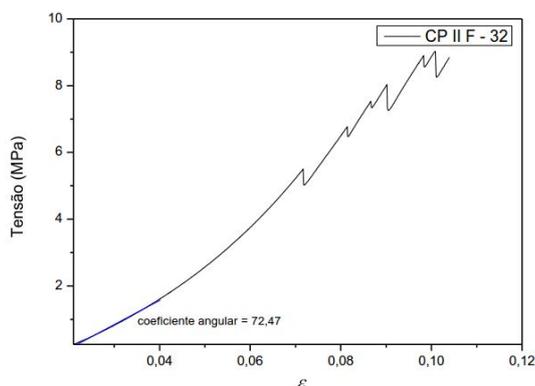


Figura 4: Ensaio de resistência à compressão do CP II F – 32. Fonte: Autor do Trabalho.

Pela curva tensão x deformação, o módulo de elasticidade (E) foi calculado para o trecho linear apresentando o valor de $E = 72,47$ MPa e a tensão máxima de ruptura foi de $\sigma_{\max} = 9,02$ MPa. As Figuras 5 e 6 sintetizam os dados obtidos das análises dos resultados dos ensaios.

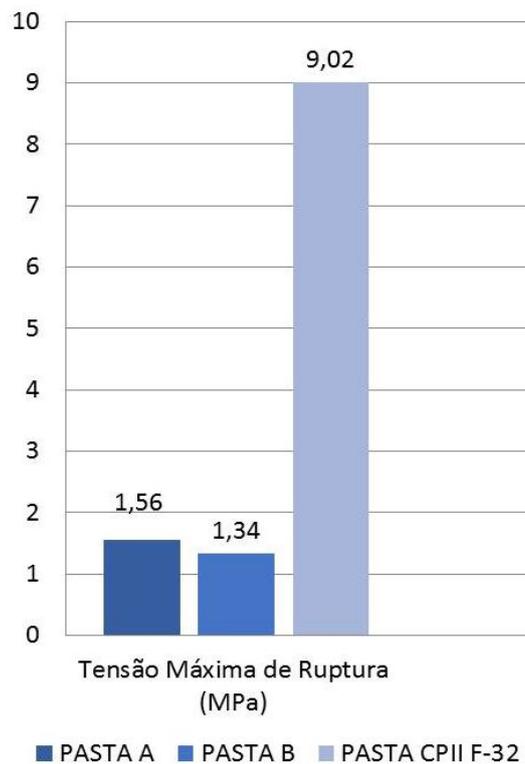


Figura 5: Tensões máximas de ruptura. Fonte: Autor do Trabalho.

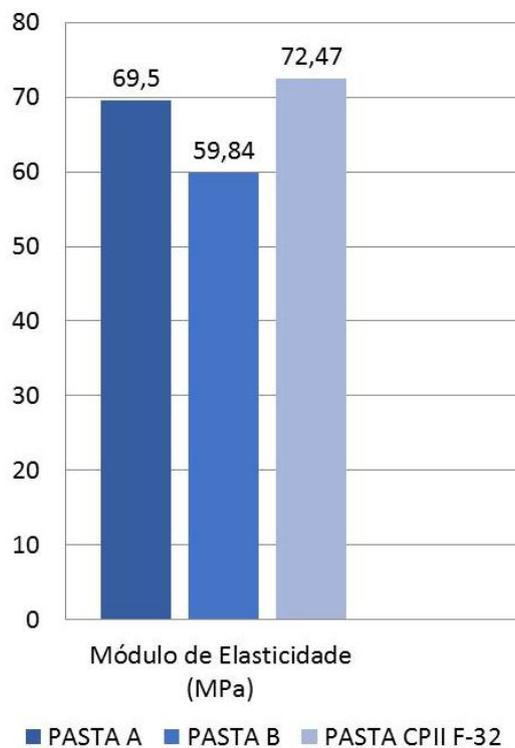


Figura 6: Módulos de elasticidade. Fonte: Autor do Trabalho.

A análise dos dados apresentados graficamente permite concluir que as pastas A e B não apresentaram diferenças significativas entre si em relação ao módulo de elasticidade e resistência à compressão, sugerindo que estes dois tipos de cimento não apresentam diferenças significativas em relação às suas composições na forma anidra e em pasta tornando possível pressupor que suas estruturas sejam similares.

A comparação das pastas A e B com a Pasta CP II F- 32 evidencia proximidade dos valores de módulo de elasticidade, no entanto foram encontradas diferenças significativas relação à tensão máxima de ruptura, indicando que os cimentos sintetizados não desenvolveram resistência à compressão equiparáveis ao cimento Portland convencional.

Mehta e Monteiro (2006) explicam que no processo de fabricação do cimento Portland, os combustíveis injetados na zona de combustão podem atingir temperaturas de 1450 a 1550 °C, onde ocorrem reações químicas relacionadas à formação dos compostos do cimento. Dada a limitação apresentada pelo equipamento utilizado na presente pesquisa quanto à temperatura de queima, onde se obteve temperatura máxima de 1200 °C pode-se pressupor que não foram formados todos os compostos primordiais à resistência mecânica, em especial o C₃S (silicato tricálcico), o qual, segundo Silva (2015), é formado entre 1350 a 1450°C.

Woods, Starke e Steinour (1932) apud Neville (2016), estabelece que, por via de regra aproximada, o C₃S (silicato tricálcico) contribui majoritariamente para resistência durante as quatro primeiras semanas. Espera-se, portanto que a diferença com relação à tensão última de ruptura esteja relacionada à temperatura de queima que impossibilitou a formação de um dos principais compostos que conferem resistência mecânica às pastas, argamassas e concretos de cimento Portland.

Desta forma, os valores de resistência obtidos sugerem que o dois aglomerantes resultantes da reciclagem de resíduos de cerâmica vermelha poderão ser utilizados nos empreendimentos de construção civil em aplicações que não apresentam altas solicitações à compressão e de baixa responsabilidade estrutural como na etapa de acabamento e ornamentação.

Em se tratando da reciclagem do resíduo de telha cerâmica vermelha, o mesmo apresenta alto potencial de aplicação para a produção do aglomerante proposto. Mesmo que as pastas A e B tenham apresentado valores de resistência à compressão inferior à pasta CP II F-32 isso não as inviabiliza para utilização para outros fins havendo ainda a possibilidade do aprofundamento do estudo em busca da melhora dos resultados.

Para tanto, deve ser feito o correto recolhimento e bom acondicionamento destes materiais em canteiro de obra de forma que se aperfeiçoe separação, diminuindo a quantidade de impurezas pelo contato com resíduos indesejados e propiciando matéria prima de melhor qualidade para produção do aglomerante.

CONCLUSÕES

Frente à demanda da sociedade contemporânea pela incorporação do paradigma de sustentabilidade em todas as etapas das atividades antrópicas, a gestão ambiental assume importância e repercussão como uma resposta a esta demanda (MEDEIROS; GIORDANO; REIS, 2012).

No âmbito da construção civil, esta necessidade apresenta-se através da carência de introdução dos conceitos de gestão ambiental aplicadas ao contexto do canteiro de obras. Estes conceitos são a forma efetiva de desenvolvimento sustentável nos empreendimentos de construção, em especial, através do gerenciamento de resíduos sólidos.

No canteiro de obras pode ser aplicada uma tática de gerenciamento que visa a destinação nobre para resíduos de geração inevitável (NAGALLI, 2014). Nas obras correntes, o resíduo de cerâmica vermelha se apresenta em grandes quantidades, de modo que seria um grande passo para esta destinação nobre de resíduos, uma estratégia que visasse uma aplicação deste.

Neste contexto, a reciclagem do resíduo de telha cerâmica vermelha, pode ser uma destinação viável através da produção do aglomerante proposto visto que se trata de um produto passível de aplicação. A forma como o resíduo de telha cerâmica foi utilizado no presente trabalho, trouxe a possibilidade de sintetização de aglomerantes com aplicação na construção civil. As características, que ainda serão estudadas mais profundamente, tendem ao melhoramento através de um beneficiamento e controle mais rigoroso.

Os resultados obtidos através do ensaio de resistência à compressão mostram que, com a utilização de resíduos distintos, foi possível sintetizar aglomerantes com características similares. Além disso, o módulo de elasticidade apresentado para a pasta do aglomerante alternativo apresentou-se com valor próximo ao do cimento comercial, o que pode dar indícios boa qualidade do material produzido.

Estes resultados iniciais prescrevem a possibilidade de desenvolvimento de um aglomerante com características aplicáveis futuramente às peças de maior responsabilidade sendo utilizado como matéria prima um material que antes era depositado na natureza como um descarte sem nenhum aproveitamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
3. CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. V. **Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil**. SINDUSCON-CE, 2011
4. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
5. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Aplicação de cacos cerâmicos**. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=780>. Acesso em: 10/06/2015.
6. LIMA, A.B. **O processo produtivo do Cimento Portland**. 2011. Monografia (Especialização em Engenharia de Recursos Minerais) - Especialização em Engenharia de Recursos Minerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: < <http://www.ceermin.demin.ufmg.br/monografias/34.PDF>>. Acesso em: 25/Mai./2017.
7. MEDEIROS, G.A.; GIORDANO, L.C.; REIS, F.A.G.V. Gestão ambiental. In: ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. (Orgs.); **Meio Ambiente e sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
8. MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concrete: microstructure, properties and materials**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2006. 659 p.
9. NAGALLI, A. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
10. NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
11. OLIVEIRA, H.M. Cimento Portland. In: BAUER, L.A.F. (Org.); **Materiais de Construção – Volume 1**. Revisão Técnica de João Fernando Dias. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 447 p.
12. PAULA, L.G. **Análise Termoeconômica do Processo de Produção de Cimento Portland com Coprocessamento de Misturas de Resíduos**. 2009. 158 p. Dissertação (Mestrado em Conversão de Energia) - Programa De Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2009.
13. ROGÉRIO BARBOSA DA SILVA; ALEX NEVES JÚNIOR. **AGLOMERANTE HIDRÁULICO ALTERNATIVO À BASE DE CALCÁRIO E RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA**. Número do registro: BR10201600623. Depósito: 22/03/2016. Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Depositante (s): Universidade Federal de Mato Grosso.
14. SILVA, R.B. **Síntese e caracterização de um aglomerante hidráulico a partir de resíduo de telha cerâmica vermelha**. 2015. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2015.