

INCORPORATION OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE AND DEMOLITION IN CERAMIC BRICK PRODUCTION AS AIM TO DECREASE THE QUANTITY OF RAW MATERIAL

Bruna Barbosa Matuti¹, Genilson Pereira Santana²

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

² Prof. Titular do Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

Email: bruhmatuti@outlook.com, gsantana2005@gmail.com.

Received: July 16th, 2019

Accepted: August 05th, 2019

Published: September 30th, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

In this work a RCD was incorporated in the mass to produce ceramics, aiming to propose an option of reuse in this process and in the economy of the clay raw material. The experimental methodology is based on the use of RCD as non-plastic material, with a pre-established composition of 90% RCD. The RCD was triturated and mixed with water and water (8%). The blend was pressed in a manual hydraulic pressure and dried by an oven at 110 ° C, and burned at 950 ° C. All their evidence was observed in relation to their ability. The mechanical resistance with the use of 10% of the RCD had a capacity of traction superior to 4 Mpa, being considered a better composition. The results show that it is possible to use RCD to produce ceramic material, with an opportunity for reappropriation and saving of natural resources.

Key words: incorporation, construction and demolition waste, ceramic brick.

INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO NA PRODUÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO COMO OBJETIVO DE DIMINUIR A QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA

RESUMO

Neste trabalho foi realizado a incorporação de RCD na massa cerâmica para produzir tijolos cerâmicos, visando propor uma opção de reutilização deste resíduo e economia da matéria prima argilosa. A metodologia experimental utilizada baseia-se no aproveitamento do RCD como material não plástico, com composição pré-estabelecida de 0 a 90% de RCD. O RCD foi triturado e misturado com a argila e água (8%). A mistura foi prensada em uma prensa hidráulica manual e seco por 24 horas em estufa a 110 °C, sendo queimada a 950°C. Observou-se que todos os corpos de prova obtiveram valores dentro dos limites estabelecidos pelas normas técnicas. Para resistência mecânica com composição com 10% de RCD apresentaram resistência à tração superior a 4 Mpa, sendo considerados a melhor composição. Os resultados mostram que é possível utilizar o RCD para produzir material cerâmico, proporcionando uma boa alternativa de reaproveitamento e economia de recursos naturais.

Palavras-chave: incorporação, resíduos de construção civil e demolição, tijolo cerâmico.

I. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo de crescimento econômico e social. Contudo, está também se constituindo em uma atividade geradora de impactos ambientais [1]. Os resíduos da construção civil, são os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, são constituídos por restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos, metais, plásticos, madeiras, papéis e vidros. Os três primeiros, que normalmente são encontrados em maior volume, podem ser transformados em agregados para uso, por exemplo, em matrizes de solo-cimento, e a grande maioria dos outros resíduos pode ser separada do RCD e reciclada, as deposições irregulares e aterros clandestinos são comuns e provocam desperdício de materiais nobres e elevados dispêndios para as ações corretivas [2]. Atualmente, os Resíduos da Construção Civil e Demolição se tornaram um entrave para as empreiteiras, pois é de responsabilidade do gerador dar a destinação ambientalmente adequada [3].

Resolução CONAMA 307 Art. 3º: Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma: I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem, b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto, c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras; II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; IV – Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde [4].

A construção civil tem uma importante participação nos impactos causados ao meio, é um setor que consome grande parte dos recursos naturais, transforma ambientes naturais em ambientes construídos modificando a paisagem e é um grande gerador de resíduos [5]. As empresas de construção civil geram grandes quantidades de resíduos, estas podem por meio do gerenciamento das etapas de construção, reduzir as perdas e minimizar a geração dos resíduos, que podem ser reutilizados e reciclados, deixando de ser um problema econômico, social e ambiental, em Manaus a classificação dos resíduos gerados houve a maior geração de resíduos classe A com 77 e 67%, depois os resíduos classes B como 20 e 30% e os menos gerados foram os resíduos classe D com 3%, os dados mostram que grande parte dos resíduos gerados podem ser reutilizados e reciclados [5]. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, os resíduos da construção civil compõem cerca de 50 a 70% dos resíduos sólidos urbanos [6].

Os tijolos podem ser constituídos de diferentes materiais, sendo mais utilizados a cerâmica ou o concreto, ele deve ter características com um padrão determinado para sua eficiência, como apresentar resistência à compressão adequada, durabilidade frente aos agentes agressivos, dimensões uniformes e resistir ao fogo. Os tijolos de cerâmica são fabricados utilizando, principalmente, argilas de várzea, com alta plasticidade, misturadas com argilas menos plásticas e são moldados com arestas vivas e retilíneas e queimados (sinterizados) utilizando fornos simples que utilizam principalmente à lenha como combustível [2]. O sistema, para a obtenção de um produto cerâmico estrutural, o tijolo, pode ser dividido em cinco grandes fases. A extração da matéria-prima, a preparação da matéria-prima, a conformação, o tratamento térmico e produto [7]. Mais de 50% dos produtos fabricados são cerâmicas vermelhas estruturais, que são os tijolos de construção e acabamentos, azulejos, pisos, tijolos para pavimentação, telhas, tubulações e ladrilhos. Os produtos cerâmicos variam conforme as matérias-primas utilizadas, o tipo de queima e o tipo de produto desejado. Além de serem confeccionadas em altas temperaturas para ocorrer a sintetização das propriedades [8].

O resíduo sólido da construção civil e demolição, mostrou-se viável ao incorporar 30% a massa cerâmica, sem ocasionar grandes perdas de propriedades essenciais aos produtos cerâmicos [9]. O setor cerâmico tem um grande potencial em incorporar os rejeitos sólidos, principalmente, adicionando-os a massa cerâmica, de maneira que não afete as propriedades dos produtos confeccionados [10]. A incorporação na argila, ou misturas de argilas, de RCD, vem dando origem a tijolos, surge como uma das formas de reutilizar este resíduo [11]. A incorporação de resíduos na matriz cerâmica permite que a indústria tenha uma economia de matéria prima argilosa, que haja uma obtenção de produtos bons para o meio ambiente e, possivelmente, uma redução do consumo de energia [12]. Os objetivos principais deste trabalho é produzir um tijolo cerâmico com menor quantidade de matéria prima natural, encontrar uma utilização ou reutilização dos RCD.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar o desempenho dos corpos de prova, com substituição parcial por RCD, foi desenvolvida uma metodologia experimental:

- Inicialmente fez-se uma redução da granulometria de todo o resíduo recolhido para que, o tamanho do RCD se aproximasse ao das partículas de argila.
- Efetuaram-se as misturas para a elaboração dos corpos de prova de ensaio, incorporando o RCD nas percentagens 0% de RCD (somente argila), 0% de Argila (somente RCD), 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90%. De acordo com a norma M – CIENTEC – C – 018/1995 [13].
- Após a preparação das misturas realizou-se a queima dos corpos de prova a 950°C de acordo com a norma M – CIENTEC – C 027/1995 [14].
- Efetuou-se um ensaio de resistência à flexão de 3 pontos com o equipamento Prensa de Compressão e Tração com a velocidade de deformação 1,27 mm/min, anel 100kgf - M – CIENTEC – C 027/1995 [14].

- Ensaio de Determinação de Absorção de Água após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 022/1995 [15].
- Ensaio de Determinação de Contração Linear de Secagem de acordo com a norma M – CIENTEC – C 021/1995 [16].
- Ensaio de Determinação da Porosidade Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 023/1995 [17].
- Ensaio de Determinação da Massa Especifica Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 0224/1995 [18].
- Ensaio de Determinação da Contração Linear após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 026/1995 [19].
- Ensaio de Determinação da Perda ao Fogo de acordo com a norma M – CIENTEC – C 028/1995 [20].

Todos os corpos de prova tiveram uma massa total de 20 g, sem a adição de água. O RCD foi adicionado à argila, de acordo com as porcentagens atrás referidas em relação à massa total de argila sem a adição de água. Após a homogeneização e a realização das misturas (argila e RCD), adicionou-se 8% de água para fazer uma massa pastosa, de acordo com a com a norma M – CIENTEC – C – 018/1995, conforme mostra a Figura 1.

A mistura de argila, RCD e água foi colocada numa forma, previamente untada com óleo para auxiliar no desenformar, prensado a uma carga de 200 kgf/m² sobre o material do molde, realizando 6 corpos de prova por dosagem, colocando em uma bandeja metálica deixando secar ao ar por 24 horas e após em estufa elétrica a 110°C por 24 horas, conforme Figura 2, podendo proceder a queima a 950 °C durante 3 horas nesta temperatura conforme a norma M – CIENTEC – C 027/1995, conforme Figura 3.

A tensão de ruptura à flexão de 3 pontos com o equipamento Prensa de Compressão e Tração com a velocidade de deformação 1,27 mm/min, anel 100 kgf, conforme a norma M – CIENTEC – C 027/1995, conforme a Figura 4. Após o ensaio de resistência, pesaram-se os fragmentos dos corpos de prova, realizou o Ensaio de Determinação de Absorção de Água após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 022/1995, Ensaio de Determinação da Porosidade Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 023/1995, Ensaio de Determinação da Massa Especifica Aparente após Queima de acordo com a norma M – CIENTEC – C 0224/1995.

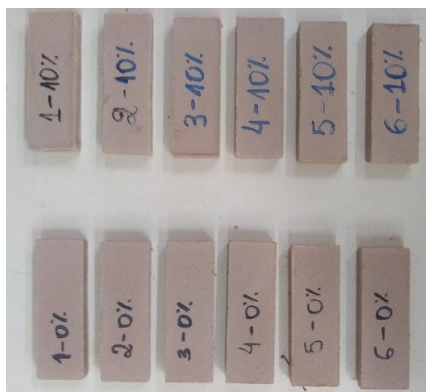


Figura 1: Corpos de Prova prensado antes da queima com 8% de água.

Fonte: Autor, (2019).



Figura 2: Prensa Hidráulica.

Fonte: Autor, (2019).



Figura 3: Material pronto para a queima a 950°C na Mufla.

Fonte: Autor, (2019).



Figura 4: Prensa de Compressão e Tração.

Fonte: Autor, (2019).

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A resistência mecânica é uma propriedade fortemente dependente da temperatura de queima, em geral o aumento da temperatura de queima, aumenta a resistência; isto se deve à presença de uma estrutura mais densa, menor porosidade [21]. As peças cerâmicas queimadas a 850, 950 e 1050 °C superaram a resistência mínima desejada para fabricação de peças como, tijolos de alvenaria, tijolos furado e telhas. A incorporação do

resíduo melhorou a resistência mecânica da argila. Isso ocorreu por causa da combinação de fatores como, redução da perda de massa durante a queima, atuação das partículas de compostos de ferro como inibidores de propagação de trinca ou grau de empacotamento a seco [22].

Para temperaturas de queima até cerca de 950 °C observa-se a existência de uma microestrutura porosa mais favorável para fabricar tijolos e blocos cerâmicos. De acordo com a literatura esses produtos por natureza devem ser notadamente mais porosos, para que eles possam ser usados no processo construtivo de forma adequada, entretanto temperaturas de queima acima de 950 °C a microestrutura é suave e mais densa, favorecendo a produção de telhas e tubos [23]. Segundo a NBR 15270-1, a resistência à compressão, a norma classifica os tijolos maciços VED15, cujos valores mínimos devem ser de 1,5MPa, VED30 é 3,0MPa, VED40 é 4,0 MPa, EST60 é 6,0MPa, EST80 é 8,0 MPa, EST100 é 10,0MPa, EST120 é 12,0MPa, EST140 é 14,0MPa, sendo VED de vedação e EST de estrutural [24].

A Figura 5 mostra as médias dos resultados dos ensaios de tração, para cada composição dos corpos de prova produzidos na temperatura de 950 °C. No que diz respeito à composição dos corpos de prova, quanto maior a concentração de RCD menor a resistência do material. Nesse caso, os resultados mostram que a adição de 5, 10, 20 e 30% de RCD ocorre um aumento maior na resistência a tração do material, com os valores de 15 a 9 MPa. Já adicionando RCD acima de 40 a 90% observa-se baixa resistência, porém ainda dentro do que recomendado na norma 15270-1 de 1,5 a 4,0MPa para tijolos de vedação, classe VED15 a VED40.

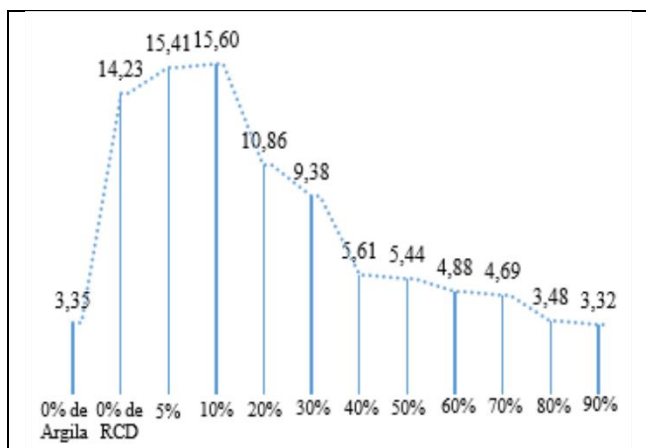


Figura 5: Tensão de Ruptura – Média (MPa) – Queima 950°C.
Fonte: Autor, (2019).

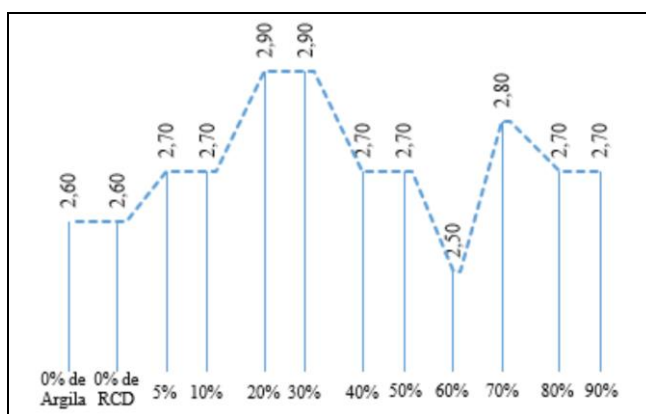


Figura 6: Massa Específica da Peça Sólida (Resultado em g/cm³).
Fonte: Autor, (2019).

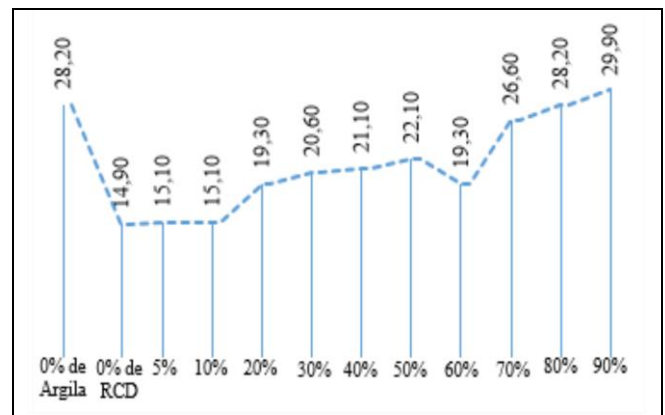


Figura 7: Absorção de Água (Resultado em %).
Fonte: Autor, (2019).

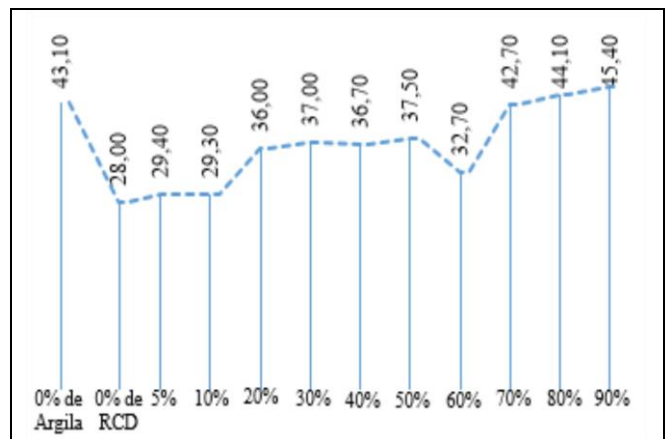


Figura 8: Porosidade Aparente (Resultado em %).
Fonte: Autor, (2019).

Os resultados mostram que a massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água estão correlacionados entre si (Figuras 6, 7 e 8). À medida que a temperatura de sinterização aumenta, a massa específica aparente aumenta e a porosidade aparente com absorção de água diminuem. Isso ocorre porque durante a sinterização a porosidade dos corpos de prova tende a diminuir, aumentando, assim, a densidade e diminuindo a absorção de água [2].

A massa específica aparente está diretamente ligada à porosidade aparente e absorção de água das peças, sendo que quanto menores são esses valores, maior será os valores de massa específica aparente das peças queimadas. Quanto maior a densificação da matéria prima durante a queima, menos vazios existirão nas peças queimadas e maiores serão suas massas específicas [25].

A Figura 7 apresenta a absorção de água das massas cerâmicas queimadas a 950 °C em função do teor de resíduo de construção civil incorporado. Nota-se que há um aumento do teor de RCD e redução da absorção de água à medida que as porcentagens de incorporação aumentam de 70, 80 e 90%. Por outro lado, as misturas de 0% de RCD a 60% estão de acordo com a NBR 15270-1 para Bloco ou Tijolo de Vedação e Estrutural que estabelece valores de absorção de água de 8 a 25% e 8 a 21% como recomendadas. Os valores abaixo de 25%, valor máximo de absorção de água para tijolos maciços e blocos de cerâmica vermelha [25]. Entretanto, para teores maiores de incorporação a variação nos valores de absorção de água não foi significativa, uma vez que é possível associar a queda da resistência mecânica.

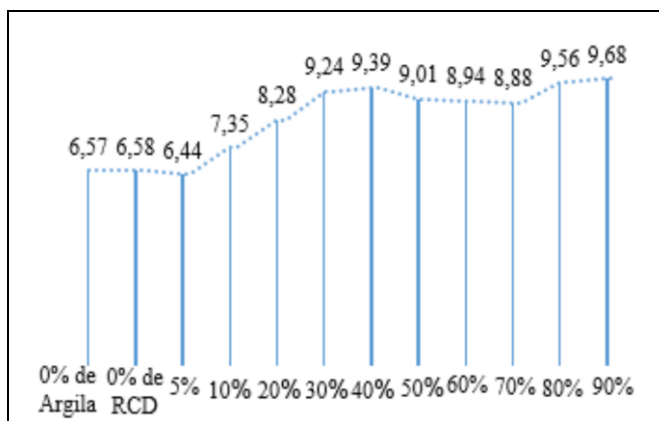


Figura 9: Percentagem da perda de Fogo a 950 °C.
Fonte: Autor, (2019).

Analisando a Figura 9, observa-se que quanto maior for a quantidade de RCD adicionada na formulação mais alta é a perda ao fogo. Essa afirmação é mais evidente para a incorporação a partir da formulação de 30% de RCD. Uma explicação para o aumento da porcentagem de perda ao fogo está relacionada a elevada presença de C detectada na análise de fluorescência de raios – X [26]. As formulações 30 a 90% apresentaram elevada perda ao fogo, devido a uma provável taxa elevada de matéria orgânica ou calcária [27]. Na Figura 9 é possível notar que as formulações 0 a 20% tem uma baixa perda ao fogo. O que pode ser explicado pela presença de uma argila rica em quartzo e menos plástica. [27]. A retração linear de secagem que é uma propriedade importante para a determinação das dimensões do produto, bem como está relacionado ao grau de sinterização do material [28], foi 3,3% para as formulações cerâmicas queimadas em 950 °C. Deve ser mencionado que o índice médio de retração linear de secagem está no intervalo recomendado de 3 a 8% para peças conformadas no estado plástico (por extrusão) [29].

Os resultados indicam que é possível a utilização do RCD com esta argila para a produção de tijolos cerâmicos, obtendo-se um material cerâmico com boas propriedades físicas, principalmente para os corpos de provas com 10% de RCD e temperatura de queima de 950 °C. Essa incorporação mostrou ter excelentes propriedades, podendo ser considerada uma composição e temperatura ideal. Essa afirmação tem como base a composição mineralógica do RCD. De acordo com a literatura o RCD usado neste trabalho é constituído principalmente de quartzo, material não plástico, material arenoso, com partículas finas não plásticas [30].

IV. CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos na presente pesquisa, conclui-se que o bloco/tijolo cerâmico produzido com o reaproveitamento de RCD, adicionando 10% de RCD apresenta esta resistência elevada, sendo desta forma a composição mais indicada para a produção de tijolos cerâmicos. A incorporação do resíduo em até 90% de RCD atuou no aumento significativo da resistência mecânica, embora, todas as formulações tenham alcançado a resistência mínima desejada para fabricação de peças conforme a norma. Conclui-se que, tecnicamente há um grande potencial para a reutilização de RCD na produção de blocos/tijolos cerâmicos, tornando-se sua utilização real para uma destinação de forma sustentável desses resíduos, podendo ser fabricado e comercializado em escala industrial.

V. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos laboratórios: Laboratório de Pavimentação (LPAV) da Universidade Federal do Amazonas; Laboratório de Mecânica dos Solos do Centro Universitário do Norte (UNINORTE). Ao meu orientador Genilson Santana pelo apoio e orientação. Ao meu noivo Eduardo Mafra e a minha mãe Jocilene Matuti por todo apoio e compreensão.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] Pinto, T. P.; Gonzáles, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Brasília: CEF, 2005.
- [2] Gaspareto, M. G. T. Utilização de Resíduo de Construção Civil e Demolição (RCD) como Material não Plástico para a Produção de Tijolos Cerâmicos. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, SP. 2017.
- [3] Portal Resíduo Sólido. Classificação dos Resíduos da Construção Civil no Brasil. 2015. Disponível em <<https://portalresiduossolidos.com/classificacao-dos-residuos-da-construcao-civil-no-brasil/>>. Acesso: 26 de março de 2019.
- [4] Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 2002.
- [5] Silva, A. S. Da. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Estudo de caso em duas empresas na Cidade de Manaus – AM. Faculdade Salesiana Dom Bosco. Julho. 2017.
- [6] IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.
- [7] Motta, J., Cabral Jr, M., Tanno, L.C., Zanardo, A. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das principais Industrias Cerâmicas e seus Produtos in Cerâmica Industrial. Cerâmica Industrial. 2001.
- [8] Callister JR., W. D. Ciência e engenharias de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [9] Santos, R. R. Dos. Incorporação de resíduos sólidos como alternativa para diminuir a quantidade de utilização da argila na confecção de produtos cerâmicos. XXV Seminário de Iniciação Científica. Santa Rosa, RS. 2017.
- [10] Cruz, F. J. R. Utilização da cinza de aveloz de fornos cerâmicos para a produção de tijolos e telhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012.
- [11] Azevedo, E. Incorporação de resíduos de construção e demolição em blocos maciços de argila. Artigo. Porto. 2014.
- [12] Lucas, D., Benatti, C. Utilização de resíduos Industriais para a Produção de artefactos cimentícios e argilosos empregados na

- construção civil. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente. 2008.
- [13] M – CIENTEC – 018. Preparação de Corpos-de-Prova por Prensagem a Seco. 1995.
- [14] M – CIENTEC – 027. Determinação da Tensão de Ruptura a Flexão após Queima. Materiais Cerâmicos. 1995.
- [15] M – CIENTEC – 022. Determinação de Absorção de Água após Queima. Materiais Cerâmicos. 1995.
- [16] M – CIENTEC – 021. Ensaio de Determinação de Contração Linear de Secagem. 1995.
- [17] M – CIENTEC – 023. Ensaio de Determinação da Porosidade Aparente após Queima. 1995.
- [18] M – CIENTEC – 024. Ensaio de Determinação da Massa Específica Aparente após Queima. 1995.
- [19] M – CIENTEC – 026. Ensaio de Determinação da Contração Linear após Queima. 1995.
- [20] M – CIENTEC – 028. Ensaio de Determinação da Perda ao Fogo. 1995.
- [21] Zanotto, E. D.; Migliori, A. R. (1991). Propriedades mecânicas de materiais cerâmicos: Uma introdução. *Cerâmica*, 37 (274) janeiro/fevereiro.
- [22] Vieira et al., (2011). Reciclagem de material particulado de uma planta de sinterização de uma siderúrgica em cerâmica vermelha. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 243-247.
- [23] B. C. A. Pinheiro, J. N. F. Holanda. Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha. Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT-LAMAV, Grupo de Materiais Cerâmicos, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes, RJ.
- [24] ABNT NBR15270-1 de 11/2017. Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. 2017.
- [25] B. C. Santis. Caracterização de massas cerâmicas do estado de S. Paulo para produção de agregados leves para concreto. Instituto de Arquitetura e Urbanismo de S. Carlos - USP, S. Carlos, SP. 2013.
- [26] Mendonça, G. C. Análise da perda ao fogo de corpos de prova cerâmicos Formulados com cinza leve proveniente da gaseificação do carvão Mineral pulverizado. Universidade Federal do Pampa. 2017.
- [27] Paschoal, J.A.A. Estudos de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha. 2004. 188 p. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- [28] G. F. Morete, R. P. R. Paranhos, J. N. F. Holanda. Avaliação de Algumas Propriedades Físico-Mecânicas de Corpos Cerâmicos Incorporados com Resíduo de Escória de Soldagem. Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV – CCT/UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. 2006.
- [29] Collatto, D. Utilização de resíduo proveniente da estação de tratamento de efluentes de indústria de papel como matéria-prima na fabricação de cerâmica vermelha. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.
- [30] Matuti, B. B. Compatibilidade do resíduo de construção civil e demolição na produção de tijolo cerâmico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil. 2019.