

DESENVOLVIMENTO DE CERÂMICA VERMELHA COM BLEND DE RESÍDUOS*

Gabriela Nunes Sales Barreto¹
Geovana Carla Girondi Delaqua²
Monica Castoldi Borlini Gadioli³
Carlos Maurício Fontes Vieira⁴
Michelle Pereira Babisk⁵

Resumo

A indústria de cerâmica vermelha está entre as que mais reciclam resíduos industriais e urbanos. A heterogeneidade das argilas possibilita a incorporação de vários tipos de resíduos, que podem ser classificados como resíduos combustíveis, fundentes e resíduos que afetam as propriedades cerâmicas. Os resíduos combustíveis, geralmente, possuem elevada quantidade de matéria orgânica que, quando queimados, provocam reações exotérmicas, com a liberação de calor para o processo. Já os fundentes diminuem o ponto de fusão das massas cerâmicas. O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de uma massa de cerâmica vermelha incorporada com diferentes proporções de blends de resíduo combustível (biomassa seca de *EichorniaCrassipes*) e fundente (granito). Foram preparadas 5 composições com diferentes porcentagens de incorporações dos resíduos, conformadas por prensagem uniaxial e queimadas a 850°C e 1050°C. As propriedades tecnológicas avaliadas foram: densidade aparente a seco, retração linear de queima, absorção de água e resistência mecânica. Os resultados indicaram que a incorporação desses resíduos é viável, podendo melhorar significativamente as propriedades avaliadas da cerâmica, mas que a quantidade e temperatura de queima devem ser controladas.

Palavras-chave: Cerâmica Vermelha; Incorporação; Resíduo Fundente; Resíduo Combustível; Blend.

DEVELOPMENT OF RED CERAMICS WITH WASTE BLEND

Abstract

Red ceramic industries are among the most recyclers of industrial and urban wastes. The clays heterogeneity allows the incorporation of several types of wastes, which can be classified as fuel wastes, fluxing wastes and property affecting wastes. The fuel wastes usually have a high amount of carbon containing matter, that when heated cause exothermic reactions, releasing heat to the process. The fluxing wastes cause a reduction in the ceramic melting points. The main objective of this work was to study the behavior of ceramics incorporated with blends of fuel wastes (*EichorniaCrassipes* dry biomass) and fluxing wastes (granite). Different compositions were prepared with incorporation of different percentages of these wastes into red ceramics, shaped by uniaxial pressing and burned at 850 ° C and 1050 ° C. The technological properties tested were: apparent dry density, linear

shrinkage, water absorption and flexural rupture strength. Results indicate that incorporation of these wastes into red ceramics is viable, which can significantly improve the evaluated properties of the ceramics, but the quantity and the burning temperature must be controlled.

Keywords: Red Ceramic; Incorporation; Fuel Wastes, Fluxing Wastes; Blend.

- ¹ *Engenheira Metalúrgica e de Materiais, Graduanda, Bolsista de Iniciação Científica, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ² *Bióloga, M. Sc., Técnica, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- ³ *Engenheira Química, D. Sc., Pesquisadora Titular, Núcleo Regional do Espírito Santo, Centro de Tecnologia Mineral, Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro Mecânico, Pós PD. Sc., Professor Associado I, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁵ *Física, D. Sc., Pós Doutorado, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Existem inúmeras vantagens no que tange a reciclagem de resíduos em comparação com a utilização de recursos naturais, como: diminuição na emissão de poluentes, no volume de extração de matérias-primas e no consumo de energia, preservação dos recursos naturais e melhora na saúde e segurança da população. [1]

A indústria cerâmica ocupa posição de destaque na reciclagem de resíduos, devido ao alto volume de produção da indústria cerâmica, que juntamente com às particularidades do processamento cerâmico e as características físico-químicas das matérias primas, permitem a presença de materiais de vários tipos, mesmo em porcentagens significantes. Estes materiais, incorporados em cerâmica vermelha, podem inclusive causar a obtenção de vantagens em seu processo produtivo. [1]

Os diferentes tipos de resíduos sólidos que podem ser incorporados em cerâmica vermelha podem ser classificados, de acordo com a natureza dos mesmos, além das propriedades do produto cerâmicos, em três categorias:

- Resíduos combustíveis – resíduos que contém matéria orgânica e contribuem energeticamente para o processo de sinterização da argila através da liberação de energia proveniente das reações exotérmicas que ocorrem durante a queima;
- Resíduos fundentes – resíduos que contem compostos alcalinos e alcalinos terrosos que formam fases líquidas, diminuindo o ponto de fusão das massas cerâmicas, contribuindo para temperaturas de sinterização relativamente baixas;
- Resíduos que afetam as propriedades – resíduos que contém substâncias que modificam o comportamento da cerâmica e não podem ser incluídos nas duas primeiras categorias [2].

No Brasil, são encontradas grandes reservas de pedras ornamentais de revestimento, como por exemplo, o granito, que precisam ser desdobrados para obtenção de blocos e chapas brutas para seu uso em construção civil. O desdobramento e posterior polimento destas peças gera enormes quantidades de resíduos na forma de lama. Esses resíduos podem ser incorporados em massa argilosa para fabricação de produtos de construção civil. [3]

A *Eichhorniacrassipes*, também conhecida como aguapé, é uma macrófita aquática tropical livre flutuante oriunda da região amazônica. Suas folhas não entram diretamente em contato com a coluna d'água e suas raízes são livres e imersas. A aguapé pode ser usada na produção de biomassa para alimentação de animais, na ornamentação, na detoxificação de corpos hídricos, entre outras finalidades. [4] O

rápido desenvolvimento e reprodução destas plantas geram grande quantidade de biomassa, que pode ser utilizada como resíduo combustível na indústria cerâmica.

Muitas pesquisas vem sendo realizadas com o objetivo de estudar a incorporação de diferentes tipos de resíduos separadamente em cerâmica vermelha. No entanto, poucos trabalhos misturam dois tipos diferentes de resíduos para analisar os efeitos de blends em massas de cerâmicas vermelha.

O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de uma massa de cerâmica vermelha incorporada com blends em diferentes proporções de resíduo combustível (biomassa seca de *EichorniaCrassipes*) e resíduo fundente (granito).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

As matérias primas utilizadas neste trabalho foram massa cerâmica argilosa, biomassa de macrófita e resíduo de granitos. A massa argilosa foi coletada na ArtCerâmica Sardinha, localizada em Campos dos Goytacazes/RJ, sendo constituída por argila amarela de Campos fraca e forte nas proporções 1:1. A biomassa da macrófita *Eichhorniacrassipes* foi coletada na lagoa do Vigário em Campos dos Goytacazes/RJ. O resíduo de granitos foi coletado em uma serraria em Cachoeiro de Itapemirim/ES, da pilha de resíduos do filtro prensa.

2.2 PREPARO DOS MATERIAIS

A massa cerâmica foi seca em estufa de laboratório a 110°C por 24 horas, destorroada em britador de mandíbulas e desagregada em almofariz de porcelana até passagem completa na peneira de 42 mesh.

A biomassa passou por lavagem em água corrente, secagem em estufa de circulação de ar e posteriormente em estufa de laboratório à temperatura de 60°C. Após a secagem, o material foi triturado em moinho de facas e passou por peneiramento em peneira granulométrica de 42 mesh.

O resíduo de granito foi seco em temperatura ambiente para perda excessiva da umidade e secagem em estufa de laboratório a 110°C, depois peneirado a 42 mesh.

2.3 MÉTODOS

2.3.1 PREPARO DAS COMPOSIÇÕES

Foram preparadas 5 composições com diferentes porcentagens de incorporação dos resíduos na massa cerâmica. As composições foram preparadas utilizando massa argilosa com blend de adições de até 5% de biomassa e de até 30% de resíduo de granitos.

As formulações foram misturadas nas proporções indicadas na Tabela 1 e homogeneizadas a seco em moinho de bolas.

Tabela 1. Nomenclatura utilizada e composições (%peso).

Composição	Massa Cerâmica (%)	Biomassa Vegetal (%)	Resíduo de Granitos (%)
0	100	0	0
2,5B20G	77,5	2,5	20
2,5B30G	67,5	2,5	30
5B20G	75	5	20
5B30G	65	5	30

2.3.2 PROCESSAMENTO DOS CORPOS DE PROVA

Para confecção dos corpos de prova cerâmicos, as massas das 5 composições preparadas foram umedecidas com 8% de água e conformadas por prensagem uniaxial em prensa hidráulica, em uma pressão de compactação de 15 TnF em matriz retangular de aço (114 X 25 mm). As amostras foram secas a temperatura ambiente e em estufa a 110°C por 24h e queimados em 850 e 1050°C em forno de laboratório. A taxa de aquecimento foi de 3°C/min com uma hora na temperatura máxima, com resfriamento por convecção natural após desligamento do forno.

2.3.3 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

Foram determinadas propriedades físicas e mecânicas de interesse para a cerâmica vermelha, tais como densidade aparente a seco, retração linear de queima, absorção de água e resistência mecânica.

O ensaio de absorção de água, densidade aparente a seco e retração linear de queima foram realizados de acordo com a norma ASTM C373-72 [5] e o ensaio de flexão de três pontos de acordo com a norma ASTM C674-77 [6]. Os corpos de prova foram pesados e em seguida colocados em recipiente com água destilada e mantidos em água fervente por 2 horas, e resfriados submersos em água. Em seguida, retirou-se a água superficial de cada peça, registrando-se a massa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a densidade aparente à seco das 5 composições estudadas. Quanto mais denso o corpo de prova, melhor "empacotado" está, porque mais próximos ficam seus grãos e tendencialmente, menos espaços vazios possui. Na produção de cerâmica isso é benéfico, pois o aumento da área de contato entre as partículas favorece a sinterização. Porém o aumento da densificação causa redução na permeabilidade das peças cerâmicas, que pode ser prejudicial na etapa de secagem e na eliminação de matéria orgânica no ciclo da queima. Pode-se observar que a densidade sofre uma leve diminuição no caso das composições que contém 5% de biomassa vegetal e 20 e 30% de resíduo de granito.

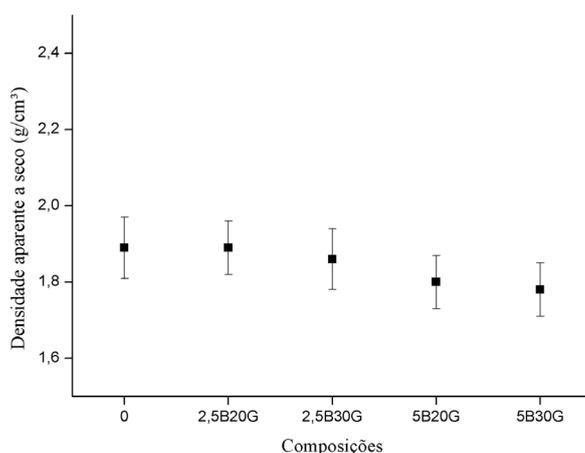


Figura 1. Densidade aparente a seco das composições.

A Figura 2 apresenta a retração linear de queima de todas as composições nas duas temperaturas estudadas. Pode-se observar que a retração linear aumenta com o aumento da temperatura de queima. Isto é justificado devido à sinterização mais eficiente a temperaturas mais elevadas que resulta num maior fechamento de poros e as peças têm uma redução nas suas dimensões [7].

Na incorporação do blend é possível notar dois efeitos diferentes conforme a temperatura. A 850°C houve uma diminuição na retração para todas as composições, sendo esta diminuição mais acentuada nas que apresentam maior quantidade de resíduo de granito (2,5B30G e 5B30G). A 1050°C houve um aumento na retração para todas as composições, isto é devido a maior formação de fase líquida em razão do resíduo de granito atuar como fundente, conforme comentado anteriormente.

Nota-se ainda que a retração máxima de queima recomendada de cerâmica vermelha, 2%, só é ultrapassada na temperatura de 1050°C para todas as composições [8].

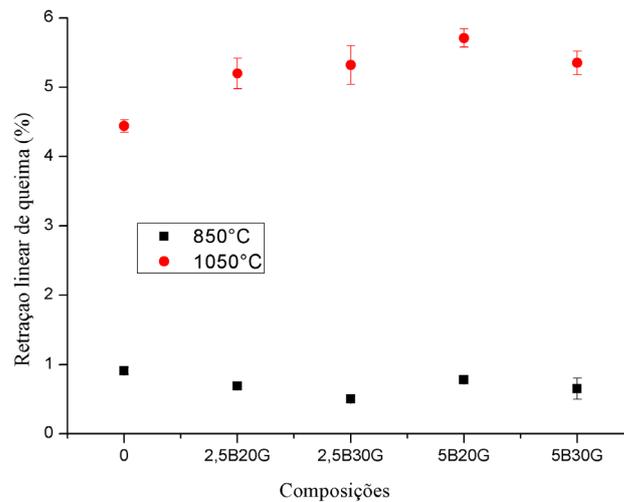


Figura 2. Retração linear de queima a 850°C e 1050°C.

A Figura 3 mostra o percentual de absorção de água das composições. Nota-se que, a temperaturas mais elevadas, a absorção de água diminui. Este fato é explicado pela sinterização mais eficiente a temperaturas mais elevadas, resultando em um maior fechamento dos poros abertos, reduzindo assim a absorção de água [7].

A menor infiltração de água na peça cerâmica determina, por exemplo, a maior durabilidade e resistência ao ambiente ao qual o material é exposto.

Para a temperatura de 1050°C todas as composições do blend causaram diminuição na absorção, sendo uma diminuição mais acentuada quanto menor fosse a quantidade de resíduo de biomassa, e maior a quantidade de resíduo de granito, devido a maior formação de fase líquida pelos óxidos fundentes presentes.

Para blocos de vedação, segundo a norma NBR 15270-1 (2005), o índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22% [9]. Já a norma NBR 15310 (2009) indica que o limite máximo admissível da absorção de água para telhas cerâmicas é de 20% [10]. Os resultados obtidos para a todas as composições estudadas, na temperatura de 1050°C, atendem aos limites normativos para fabricação de ambas as peças citadas. Na temperatura de 850°C as composições se enquadram para fabricação de telhas, exceto todas as que possuem incorporação de 5% de biomassa (5B20G e 5B30G).

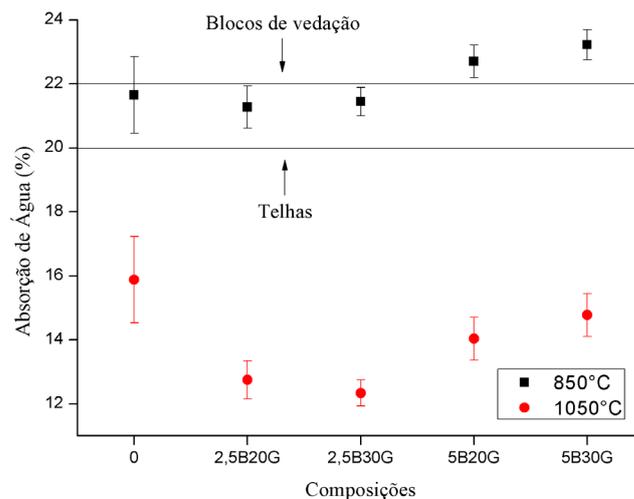


Figura 3. Absorção de água das composições após a queima.

A Figura 4 apresenta os valores da resistência mecânica das composições. A resistência mecânica, ou tensão na qual o material se rompe, é a propriedade mais importante para os materiais estruturais. Pode-se observar que a resistência mecânica aumenta com o aumento de temperatura, principalmente para 1050°C. Conforme discutido anteriormente, isso ocorre devido aos mecanismos de sinterização que possibilitam maior formação de fase líquida, reduzindo assim a porosidade do material e promovendo uma melhor consolidação das partículas.

Nas composições de blend queimadas a 850°C, em relação a massa cerâmica pura (A), todas as composições com resíduos incorporados diminuíram a resistência mecânica, e a 1050°C os blends com menores quantidades de biomassa aumentaram.

De acordo com Santos (1989) a resistência mínima desejada para fabricação de tijolos de alvenaria é de 2MPa, para tijolos furados é de 5,5MPa e para telhas é de 6,5MPa [11]. Os resultados obtidos para na temperatura de 1050°C todas as composições estão acima da resistência mínima para fabricação das três peças citadas.

Todas as composições estudadas, em ambas as temperaturas, estão acima da resistência mínima para fabricação de tijolos de alvenaria, exceto a composição com 30% de resíduo de granito queimada a 850°C. Cabe ressaltar que nessa temperatura todas as outras composições com incorporação do resíduo de granito só atendem ao requisito de fabricação destes.

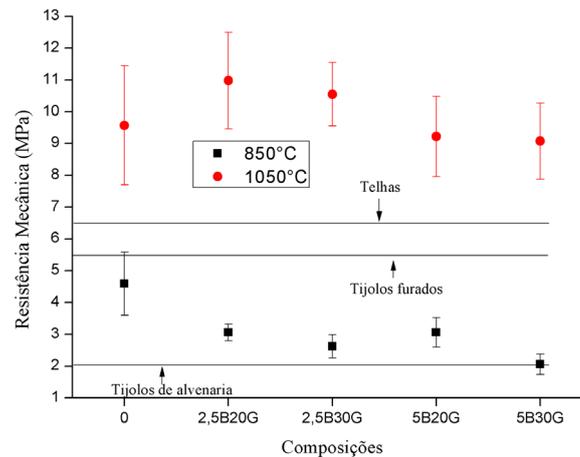


Figura 4. Resistência Mecânica das composições.

3 CONCLUSÃO

Em relação ao objetivo desta pesquisa, pode-se notar que a biomassa de *EichhorniaCrassipese* o resíduo de granito possuem as características adequadas para o uso como matéria-prima na indústria cerâmica.

Desta forma, evidencia-se a influência direta nas propriedades tecnológicas avaliadas com a incorporação dos blends de resíduo de granito e biomassa na massa cerâmica:

- Para todas as composições de blends, as incorporações não causaram alterações significativas na densidade aparente a seco da massa cerâmica.
- Na retração linear de queima, com diminuição da mesma para corpos cerâmicos queimados a 850°C e aumento para os queimados a 1050°C.
- Na absorção de água, a exceção das composições de blend com 5% de biomassa, todas as outras apresentaram diminuição na absorção, para todas ambas as temperaturas.
- A resistência mecânica, na temperatura de 850°C, diminuiu para todas as composições do blend e a 1050°C aumentou apenas para blends com menores incorporações de biomassa (2,5%).

Além das melhorias de algumas propriedades da cerâmica, a utilização destes blends permite a reciclagem de um material que poderia ser descartado indevidamente, causando danos ao meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pelo financiamento da pesquisa pelo Programa PNP20131134-31033016005P8PNPD/UENF.

REFERÊNCIAS

- 1 MENEZES, R.R.; NEVES, G.A e FERREIRA, H.C.; O estado da arte sobre o uso de resíduos. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. (2002). 6(2): 303-313.
- 2 VIEIRA, C.M.F. e MONTEIRO, S.N.. Incorporation of solid wastes in red ceramics: an updated review. Matéria (Rio J.) [online]. 2009 [acesso em 10 jun. 2016]; 14(3): 881-905. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762009000300002&lng=pt&nrm=iso
- 3 MOREIRA, J. M.S; FREIRE, M.N; HOLANDA, J.N.F; Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha; Cerâmica (2003). 49: 262-267
- 4 SILVA, L.B.C; Avaliação Espaço-Temporal de Metais Pesados no Rio Paraíba do Sul e Rio Imbé Por Meio de Plantas de *Eichhorniacrassipes* (Mart.) Solms (Aguapé) Sétion e Sedimento. Dissertação de Mestrado, UENF. 2008.
- 5 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM; C373-72 (1972) Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, USA.
- 6 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM; C674-77 (1977) Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials, USA.
- 7 PEREIRA, A. C.; MONTEIRO, S.N.; ASSIS, F.S.; BRAGA, F.O.; VIEIRA, C.M.F. e SILVA, B.M. Desenvolvimento de Cerâmica Argilosa Incorporada com Resíduos de Pedra Ornamental para Aplicação de Pavimentos. ABM Week. 2017. 72 (1): 429-440.
- 8 MÁZ, E. Qualidade e tecnologia em cerâmica vermelha. São Paulo: Editora Pólo Produções Ltda, 2002.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT; NBR 15270-1 (2005) Componentes Cerâmicos. Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação – Terminologia e requisitos.
- 10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT; NBR 15310 (2009) Componentes Cerâmicos. Telhas: Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.
- 11 SANTOS, P.S; Ciência e Tecnologia das Argilas. 2 ed.(1989) São Paulo: Edgard Blücher. 408-491. Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação – Terminologia e requisitos