

**INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS POR TEAR MULTILÂMINA EM CERÂMICA VERMELHA
INFLUENCE OF WASTE FROM ORNAMENTAL STONE PROCESSING BY
MULTIBLADE GANG SAW IN RED CERAMICS**

Maria Angélica Kramer Sant'Ana

Aluna de Graduação da Engenharia de Minas, 10º período, Instituto Federal do
Espírito Santo

Período PIBITI/CETEM: agosto de 2019 a julho de 2020,
mariaangelicaks@gmail.com

Mônica Castoldi Borlini Gadioli

Orientadora, Engenharia Química, D.Sc.
mborlini@cetem.gov.br

RESUMO

A utilização de resíduos industriais na produção de artefatos cerâmicos tem sido estudada com o intuito de reduzir a quantidade de resíduos descartados no meio ambiente e a extração de matéria prima. Assim sendo, o objetivo do presente trabalho é a utilização de resíduo proveniente do processamento de rocha ornamental por tear multilâmina em massa cerâmica industrial para a produção de blocos cerâmicos. Para esse trabalho, foram utilizadas as matérias primas: massa cerâmica industrial e o resíduo proveniente da serragem de rochas ornamentais por tear multilâmina. Foi realizada a caracterização química por fluorescência de raios-X nas matérias primas. Massas cerâmicas foram preparadas com substituição de 0, 20 e 40% em peso de massa industrial pelo resíduo e foram umedecidas com 8% de água. Os corpos de prova foram conformados por prensagem uniaxial a 12 toneladas-força e foram sinterizados utilizando temperaturas de 900 e 950°C. Foram realizados ensaios tecnológicos para determinação de porosidade aparente, absorção de água e retração linear das peças cerâmicas. Os resultados obtidos para ambas as temperaturas foram promissores e melhoraram conforme o aumento da porcentagem de resíduo, inclusive melhores que o das peças apenas com a massa cerâmica utilizada na indústria. Sendo assim, o estudo corroborou com pesquisas que estão sendo realizadas pelo CETEM, mostrando que a utilização de até 40% de resíduo, segundo resultados de absorção de água, é possível e pode trazer melhorias para as cerâmicas, promovendo a economia circular e desenvolvimento sustentável para os setores envolvidos.

Palavras -chave: resíduo, rochas ornamentais, desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The use of industrial waste in the production of ceramic artifacts has been studied in order to reduce the amount of waste discarded in the environment and the extraction of raw materials. Therefore, the objective of the present work is the use of waste from the processing of ornamental stone by a multiblade gang saw in industrial ceramic mass for the production of ceramic blocks. For this work, raw materials were used: industrial ceramic mass and the waste from multiblade gang saw. Chemical characterization by X-ray fluorescence was performed on the raw materials. Ceramic masses were prepared by replacing 0, 20 and 40% by weight of industrial mass with the waste and were moistened with 8% water. The specimens were formed by uniaxial pressing at 12 tons and were sintered using temperatures of 900 and 950 ° C. Technological tests were carried out to determine apparent porosity, water absorption and linear shrinkage of the ceramics. The results obtained for both temperatures were promising and improved as the percentage of waste increased, even better than that of the pieces only with the ceramic mass used in the industry. Thus, the study corroborated with research being carried out by CETEM, showing that the use of up to 40% of waste, according to water absorption, is possible and can bring improvements to ceramics, promoting circular economy and sustainable development for sectors involved.

Keywords: waste, ornamental stone, sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos industriais na produção de artefatos cerâmicos tem sido estudada com o intuito de reduzir a quantidade de resíduos descartados no meio ambiente e a extração de matérias primas. Diversos tipos de resíduos industriais são alvo desses estudos para incorporação em produtos da construção civil.

A produção de rochas ornamentais é realizada a partir da extração das rochas que seguem depois para etapas de beneficiamento. Uma das etapas de beneficiamento é a serragem dos blocos e ocorre por meio de teares convencionais multilâmina ou teares multifio. Nesta etapa aproximadamente 26% do bloco transforma-se em resíduo fino (Vidal et al., 2014), sendo gerados por volta de 2,5 Mt anualmente no Brasil, que são destinados a aterros criando passivo ambiental.

O Brasil está entre os principais produtores de rochas ornamentais no mundo e já no primeiro trimestre de 2020 atingiu 426,1 mil toneladas em exportações de rochas, sendo o Estado do Espírito Santo o principal exportador com 163,7 mil toneladas (Abirochas, 2020).

Já o setor brasileiro de cerâmica vermelha representa 4,8% da indústria para construção civil, com faturamento anual de 18 bilhões de reais (ANICER, 2015). As indústrias de cerâmica vermelha utilizam para sua produção por volta de 140 Mt da matéria prima argila por ano (Ministério de Minas e Energia, 2018).

A variedade nativa das características das argilas e as técnicas de processamento utilizadas, consideradas simples, para a fabricação de cerâmica vermelha, favorece a incorporação de resíduos e estes podem trazer melhorias às propriedades do produto final (Freitas et al., 2011).

Com o intuito de ter uma aplicação industrial viável para os resíduos de rochas ornamentais e colaborar com as indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Espírito Santo que representam 4% da produção brasileira (Cerâmica Vermelha no Espírito Santo, 2011), há projetos sendo desenvolvidos com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo–FAPES coordenados pelo CETEM que estudam a incorporação de resíduos do beneficiamento das rochas na massa cerâmica, sendo que o presente trabalho faz parte de um dos projetos.

Assim, estudos realizados contribuem para a normatização do uso de resíduos finos de rochas ornamentais em massas cerâmicas, e dessa forma poder promover uma destinação ambientalmente correta a estes resíduos e ainda têm a possibilidade de contribuírem para melhorar as características dos produtos cerâmicos (Vieira et al., 2015, Gadioli et al., 2014).

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é a utilização de resíduo proveniente do processamento com tear multilâmina de rocha ornamental em massas cerâmicas para a produção de blocos cerâmicos. Dessa forma, esse trabalho pode colaborar com a diminuição de resíduos descartados em aterros e mitigação da extração da matéria prima argila, promovendo o desenvolvimento sustentável e economia circular para os setores envolvidos.

3. METODOLOGIA

Foram utilizadas para este trabalho como matérias-primas uma massa cerâmica proveniente de uma empresa cerâmica situada em São Roque do Canaã – ES (polo de cerâmica vermelha) e o resíduo proveniente da serragem por tear multilâmina de rochas ornamentais de uma empresa do município de Cachoeiro de Itapemirim - ES.

Foram preparadas massas cerâmicas sem resíduo (para referência) 0% e com substituições de 20 e 40% da massa pelo resíduo. As massas preparadas foram homogeneizadas em um moinho de bolas de porcelana, umedecidas a 8% de água e conformadas por prensagem uniaxial a 12 toneladas-força utilizando uma matriz de aço com dimensões de 114x25x11mm.

Após conformados os corpos de prova, estes foram secos em estufa a 110°C por 24 horas, e depois sinterizados em forno laboratorial com temperaturas de patamar de 900° e 950°C com taxa de aquecimento de 2°C/min, permanecendo na temperatura de patamar por 180 minutos.

O resíduo e a massa cerâmica foram caracterizados quanto à sua composição química por fluorescência de raios-X (FRX). A análise química foi preparada em prensa automática VANEQX e feita a fluorescência de raios-X (WDS-2) em modelo Axios Max (Panalytical). Foram realizados ensaios tecnológicos nos corpos de prova e determinados porosidade aparente, absorção de água e retração linear.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a composição química das matérias-primas. Nota-se que o resíduo apresenta grande quantidade de óxidos fundentes ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). Estes podem corroborar na sinterização das cerâmicas e conceder melhorias na densificação das mesmas. A elevada porcentagem de ferro no resíduo, em torno de 7,9%, está associada à utilização da granalha durante o processo de beneficiamento. A massa cerâmica contém baixo teor de óxidos fundentes, e sua composição basicamente são os óxidos de Si e Al.

Tabela 1: Composição química das matérias primas.

Amostra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	BaO	*PPC
Resíduo	2,9	2,5	15,3	57,1	0,93	0,18	3,1	6,5	1,5	7,9	0,14	2,1
Massa Cerâmica	0,13	1,2	30,8	41,6	0,17	-	0,92	0,16	1,3	9,0	-	14,6

*PPC: Perda por calcinação

A Figura 1 mostra a retração linear de queima das peças cerâmicas. Observa-se que a retração linear das composições diminuiu de acordo com o aumento de porcentagem de resíduo para as duas temperaturas, sendo que na temperatura mais alta (950°C) houve um discreto aumento da retração em comparação a menor temperatura (900°C). Os resultados se mostraram promissores, isso porque uma baixa retração linear colabora para um melhor controle dimensional das cerâmicas, e o aumento da retração nas peças cerâmicas pode ser prejudicial com o risco de trincas durante a queima.

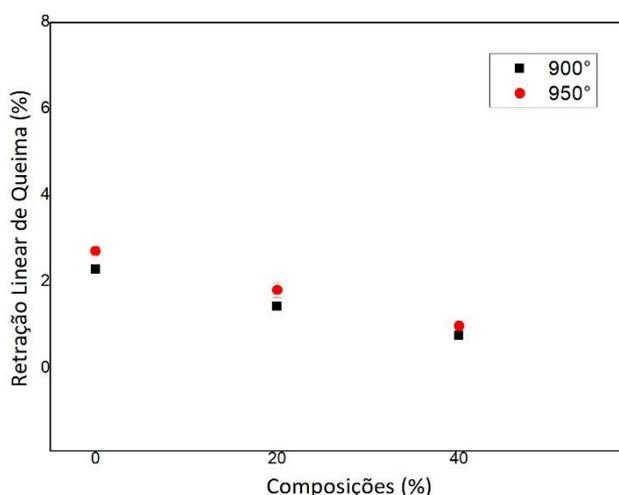


Figura 1: Retração linear de queima das peças cerâmicas.

A absorção de água das composições pode ser observada na Figura 2. Percebe-se que houve a mesma tendência que o gráfico de retração linear, onde com o aumento da porcentagem de resíduo obtiveram-se menores valores de absorção de água. Nota-se que houve uma redução da absorção com o aumento da temperatura e com a adição do resíduo. Com o aumento da temperatura, há maior formação de fase líquida, acarretando maior retração.

Quanto menor a absorção de água, menos poroso é o material e a alta porosidade pode afetar aspectos como a resistência mecânica e também ocasionar fraturas nas peças.

Quanto à classificação segundo a norma NBR 15270-1 (ABNT, 2017) que apresenta índices para bloco ou tijolo de vedação em parede vazada com furos ou vazados horizontais, tijolo maciço ou perfurado para vedação e estrutural de absorção mínimo de 8% e máximo de 25%, todos os resultados obtidos se enquadram nestas categorias de blocos.

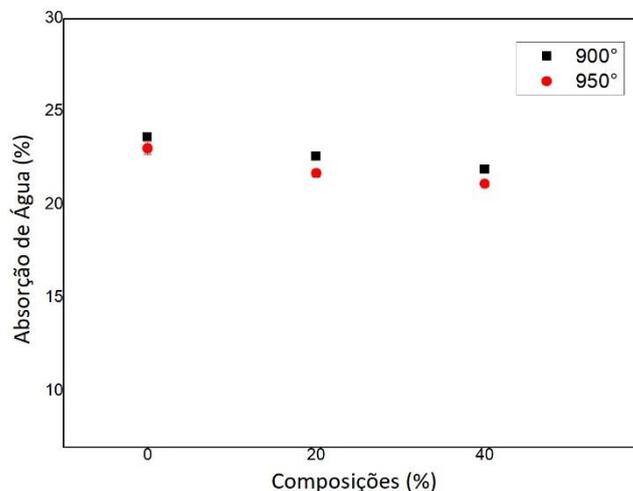


Figura 2: Absorção de Água das peças cerâmicas

A porosidade aparente observada na Figura 3 segue a mesma tendência da absorção de água, e isso se deve ao fato de estarem relacionadas, mostrando valores menores para as composições com 20% e 40% de resíduo, sucessivamente. Sabe-se que quanto menor a porosidade aberta das peças, menor também é a absorção de água, ou seja, quantos mais poros vazios as peças apresentam, maior é a absorção de água por entre os poros.

A diminuição dos poros deve-se à melhora de empacotamento com a utilização de resíduo e menor perda de massa durante a queima.

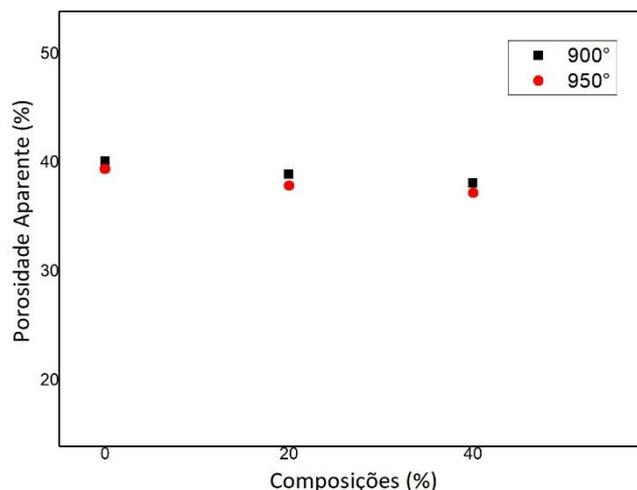


Figura 3: Porosidade Aparente das peças cerâmicas

As temperaturas utilizadas neste trabalho são semelhantes às da indústria e apresentam diferenças entre elas de apenas 50°C. Na indústria dependendo da posição das peças no forno, ou seja, na parte de baixo ou por cima, as temperaturas de queima podem variar.

Com a utilização de resíduos é essencial uma maior temperatura de sinterização na indústria para que haja melhoria nos resultados obtidos. Vale ressaltar que para todos os resultados deste trabalho a utilização do resíduo melhorou as propriedades tecnológicas das peças cerâmicas.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que para todas as temperaturas percebe-se uma melhoria nas propriedades da cerâmica com o aumento de resíduo em massa, o que pode ser explicado devido ao melhor empacotamento do resíduo com a massa cerâmica. Contudo, compreende-se que a utilização dos resíduos na incorporação das massas cerâmicas neste caso mostrou-se viável e melhorou as propriedades da cerâmica.

Além disso, de acordo com os índices da NBR 15270-1/2017 todos os resultados obtidos enquadraram-se para a fabricação de diversos tipos de blocos estruturais e de vedação.

Dessa forma, de acordo com a absorção de água é possível a utilização do resíduo até 40% na massa cerâmica, podendo trazer vantagens econômicas, técnicas e ambientais para ambos os setores envolvidos, promovendo uma economia circular e o desenvolvimento sustentável.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM e a todos seus colaboradores e ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica, a FAPES processo nº 80857019 pelo apoio financeiro, a Mônica Castoldi Borlini Gadioli por ser minha orientadora, a Mariane Costalonga de Aguiar e ao apoio dos meus amigos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Síntese das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Trimestre de 2020. Brasília, DF. Informe 02/2020. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br>. Acessado em junho de 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1, 2017. COMPONENTES CERÂMICOS — BLOCOS E TIJOLOS PARA ALVENARIA PARTE 1 – REQUISITOS. RIO DE JANEIRO, 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. ANICER – Relatório anual 2015. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/relatorio-anual/>. Acessado em: Junho, 2020.

CERÂMICA Vermelha no Espírito Santo. ECONOMIA, Espírito Santo, 8 set. 2011. Disponível em: <https://esbrasil.com.br/ceramica-vermelha-no-espirito-santo/>. Acesso em: Junho de 2020.

FREITAS, L. A. de et al . Incorporação de coque de petróleo em cerâmica vermelha. Cerâmica, São Paulo, v. 57, n. 342, p. 206-211, 2011. Acesso em: 09 de junho 2020. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132011000200012>.

Gadioli, M.C.B., Aguiar, M.C., Vieira, C.M.F, Candido, V.S., Monteiro, S.N., 2014. Properties of high temperature sintered clay ceramic added with multi-wire sawn granite waste, Materials Science Forum, 775-776, 69-74.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico e do Setor de Transformação de Não Metálicos. Brasília, DF, 2018.

Vidal, F.W.H., Azevedo, H.C.A., Castro, N.F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014, 700p.

Vieira, C.M.F., Motta, T.S., Candido, V.S., Monteiro, S.N., 2015. Addition of Ornamental Stone Waste to Improve Distinct Formulations of Clayey Ceramics, Materials Sci. Forum, 820, 419-424.