

# **Cerâmica vermelha fabricada com resíduo de rochas ornamentais: Teste industrial**

## **Red ceramic manufactured from ornamental stone waste: Industrial test**

**Mariane Costalonga de Aguiar**  
Bolsista PCI, Química, D.Sc.

**Monica Castoldi Borlini Gadioli**  
Supervisora, Eng. Química, D. Sc.

### **Resumo**

O Brasil é um dos principais produtores de rochas ornamentais do mundo e este setor vem crescendo cada vez mais, principalmente no estado do Espírito Santo, onde se concentra a maior parte da produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação do resíduo de rochas ornamentais nas propriedades físicas e mecânicas da cerâmica vermelha fabricada com as argilas e resíduo, em escala industrial, e posteriormente, colaborar para a normatização da utilização desse resíduo nas indústrias cerâmicas e assim, contribuir para fabricar produtos com resíduos de rochas ornamentais. Foram realizadas incorporações de resíduo de rochas ornamentais na massa cerâmica nas seguintes proporções: 0, 10 e 20% em peso. Para as composições elaboradas foram preparados corpos-de-prova (telhas) por extrusão e prensagem e posteriormente, queimadas a 850°C em forno paulistinha. Em seguida, foram realizados ensaios tecnológicos de absorção de água e carga de ruptura à flexão a três pontos. Os resultados indicaram que o resíduo avaliado é um material com grande potencial para ser utilizado como componente de massa cerâmica, sobretudo, devido à sua contribuição na redução da absorção de água e aumento da resistência mecânica da cerâmica argilosa.

**Palavras chave:** Cerâmica vermelha, rochas ornamentais, resíduos, indústria.

### **Abstract**

Brazil is one of the main producers of ornamental stones in the world and this sector has been growing more and more, especially in the state of Espírito Santo, where most of the production is concentrated. The objective of this work was to evaluate the effect of incorporating ornamental stone waste on the physical and mechanical properties of red ceramics manufactured with clays and waste, on an industrial scale, and subsequently collaborate to standardize the use of this waste in ceramic industries and so, to contribute to the manufacture of products with ornamental stone wastes. Incorporation of ornamental stone waste into the ceramic mass was carried out in the following proportions: 0, 10 and 20% by weight. For the elaborated compositions, specimens (tiles) were prepared by extrusion and pressing and later, fired at 850°C in a Paulistinha oven. Then, technological tests of water absorption and mechanical strength load were carried out. The results indicated that the evaluated waste is a material with great potential to be used as a component of ceramic mass, mainly due to its contribution to reducing water absorption and increasing the mechanical strength of clay ceramics.

**Key words:** Red ceramics, ornamental stones, wastes, industry.

## **1. Introdução**

O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo. Em 2020, as exportações de rochas ornamentais somaram mais de US\$ 987,4 milhões e 2,16 milhões de toneladas (Abirochas, 2020).

Em decorrência da grande produção de rochas ornamentais, o setor gera grandes quantidades de resíduos sólidos, decorrentes tanto da extração quanto do beneficiamento. A mineração é um dos setores que mais geram resíduos, pois possui baixas taxas de aproveitamento durante a produção (VIDAL *et al.*, 2014).

Os resíduos descartados da indústria de rochas ornamentais possuem características mineralógicas e químicas, como a presença dos óxidos alcalinos, Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O, e alcalino-terrosos, CaO e MgO, que ajudam na formação de fase líquida na queima da cerâmica (GADIOLI *et al.*, 2019a; 2019b; AGUIAR *et al.*, 2014a; 2014b; BABISK *et al.*, 2014). Dessa forma, pesquisadores em diversas áreas do conhecimento vêm buscando alternativas para inserção do resíduo no ciclo produtivo de novos materiais, para que a economia do setor se torne cada vez mais sustentável e passe de linear para circular (Vidal *et al.*, 2014).

A utilização dos resíduos de rochas ornamentais na fabricação de artefatos de cerâmica vermelha é uma alternativa para a utilização desses resíduos que atualmente, são descartados em aterros, e desenvolver novos materiais, ecológicos, com a utilização dos resíduos de rochas e conseqüentemente, contribuir para a mitigação da extração da matéria-prima argila e diminuição do impacto ambiental.

## **2. Objetivos**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação do resíduo de rochas ornamentais nas propriedades físicas e mecânicas da cerâmica vermelha fabricada com as argilas e resíduo, em escala industrial, e posteriormente, colaborar para a normatização da utilização desse resíduo nas indústrias cerâmicas e assim, contribuir para fabricar produtos com resíduos de rochas ornamentais.

## **3. Material e Métodos**

### **3.1. Coleta e secagem do resíduo fino de rochas ornamentais**

Foi coletado resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais, no município de Colatina – ES, utilizado na incorporação dos artefatos de cerâmica vermelha. O resíduo fino do beneficiamento de rochas ornamentais foi beneficiado por meio de tear multifio. Posteriormente, passou por um processo de retirada de umidade pelo filtro prensa antes de ser transportado para a indústria de cerâmica vermelha.

O percurso de viagem entre a indústria de beneficiamento de rochas ornamentais e a de cerâmica vermelha é de aproximadamente 37 km. Ao chegar à cerâmica, no município de São Roque do Canaã – ES, o resíduo foi depositado no pátio da empresa para secagem do material.

### 3.2. Confeções de artefatos cerâmicos em escala industrial

A indústria de Cerâmica vermelha cedeu sua planta piloto para a realização dos testes industriais. Os resíduos de rochas ornamentais substituíram parte da massa cerâmica para a fabricação das telhas, sendo utilizados nas proporções de 0%, 10% e 20% da massa. Esses valores foram estipulados por meio de análises de dados laboratoriais e bibliografia consultada anteriormente.

Inicialmente, foi preparada uma massa cerâmica contendo 6 tipos de argilas diferentes. A formulação da massa cerâmica foi à mesma que a indústria utiliza em seu processo de fabricação de telhas. A mistura das argilas junto com o resíduo ficou estocada sazoadando no pátio da empresa, e utilizada após uma semana.

Após o sazoadamento, a mistura foi levada para o caixão alimentador para iniciar o processo de preparo. Abaixo do caixão alimentador foi acoplado um desintegrador para eliminar torrões mais grosseiros. Em seguida, o material segue por uma correia transportadora até a próxima etapa.

A etapa seguinte é a homogeneização, onde a massa cerâmica foi para o equipamento misturador, que é responsável em fazer a mistura do material. Em seguida, a massa cerâmica foi para o processo de laminação em um rolo laminador. No equipamento a massa cerâmica se transforma em lâminas, ficando então totalmente desagregada e pronta para uso industrial.

A próxima etapa é onde acontece o processo de confecção das telhas cerâmicas. Portanto, a massa segue para a extrusora por correias transportadoras. Após a extrusão do bastão da massa cerâmica, ocorre o processo de corte. Nesta etapa, o bastão é cortado de forma igual em pequenos bastões padronizados para serem prensados posteriormente, para ganhar o formato das telhas. O bastão de cerâmica cortado segue para o processo de prensagem da peça cerâmica. Uma prensa hidráulica molda o bastão cerâmico no formato da telha escolhida. Para o teste industrial, foram produzidas telhas portuguesas.

Os artefatos cerâmicos prensados foram colocados nas prateleiras das vagonetas para serem secados em estufa. Ainda nas vagonetas as peças cerâmicas foram identificadas com numerações. A secagem foi realizada com duração de 24 horas em uma temperatura média de 10°C. Neste processo os artefatos cerâmicos perdem umidade. Após 24 horas de secagem, as vagonetas com os artefatos cerâmicos foram encaminhadas para a queima no forno Paulistinha a uma temperatura de 850°C por 70 horas.

Após o teste, os materiais cerâmicos foram encaminhados ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI para a realização dos testes de acordo com a norma NBR 15310 (2009).

A Figura 1 apresenta o fluxograma da planta piloto de processamento de artefatos de cerâmica vermelha com a incorporação do resíduo fino do beneficiamento de rochas ornamentais.

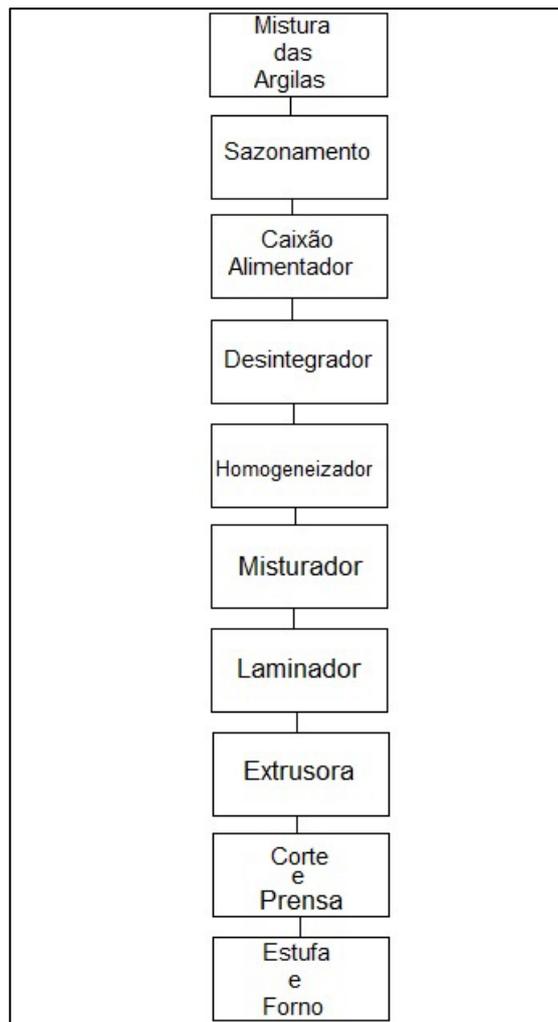


Figura 1. Fluxograma da planta piloto da indústria cerâmica

#### 4. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta a absorção de água das telhas cerâmicas. Nota-se que há uma tendência de redução da absorção de água com a utilização do resíduo de rochas ornamentais. Isto ocorre devido à melhora de empacotamento e redução de perda de massa durante a queima. A redução da absorção de água com o decréscimo da porosidade ocorre como consequência das reações de sinterização.

Segundo a classificação da norma NBR 15310 (2009), o limite máximo admissível da absorção de água para telhas cerâmicas é de 20%. Nenhuma das telhas fabricadas se enquadrou dentro das normas, porém, as telhas fabricadas com resíduos tiveram melhor resultado de absorção. Tal fato pode ser justificado pelas matérias-primas utilizadas na fabricação do artefato cerâmico, o processamento e/ou a temperatura em que as peças foram queimadas não terem sido o suficiente para a ação fundente do resíduo.

A Figura 3 apresenta a tensão de ruptura à flexão das cerâmicas. Nota-se que a resistência mecânica aumenta significativamente com a adição do resíduo de rochas ornamentais, principalmente a composição de 10%. Isto

ocorre devido ao maior empacotamento, reduzindo assim a porosidade do material promovendo uma melhor consolidação das partículas.

De acordo com a norma NBR 15310 (2009) as telhas não devem ter resistência mecânica inferior a 1000 N. Todas as telhas fabricadas para este trabalho se enquadraram na norma.

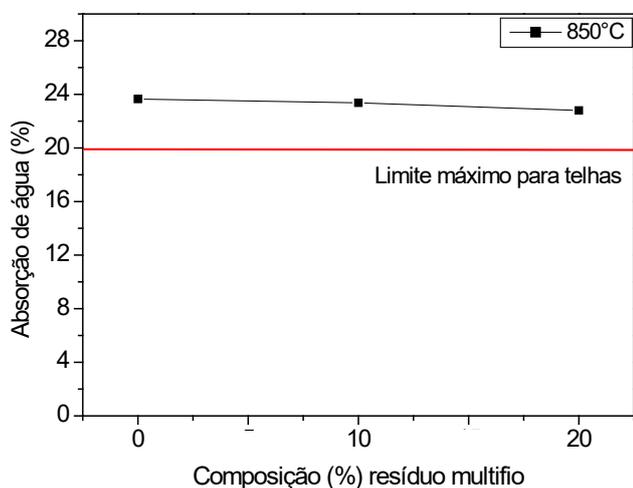


Figura 2. Absorção de água das telhas cerâmicas.

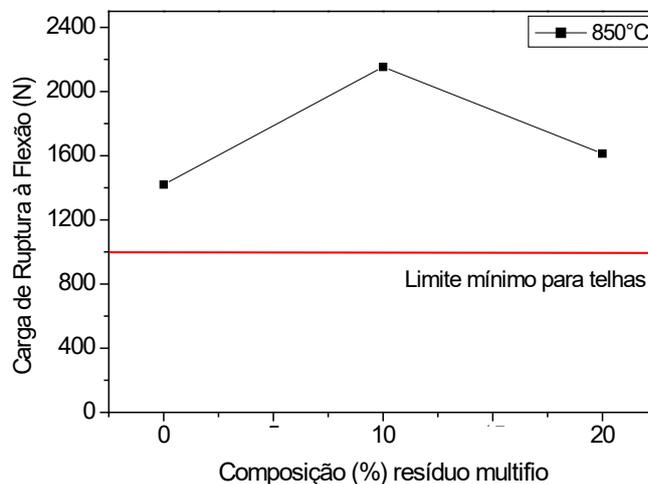


Figura 3. Carga de ruptura à flexão das telhas cerâmicas.

## 5. Conclusão

A partir dos resultados obtidos do teste industrial, foi possível observar que houve uma melhoria nas propriedades da cerâmica com a adição do resíduo na massa. Isso ocorreu devido ao melhor empacotamento da massa cerâmica com o resíduo, que auxiliou na densificação das peças, diminuindo a absorção de água.

Quanto aos índices da norma NBR 15310/2009, as telhas cerâmicas não se enquadraram no limite máximo de absorção de água, porém, se enquadraram no limite de resistência mecânica. A temperatura em que as peças foram queimadas não é suficiente para a ação fundente do resíduo.

Observa-se também uma necessidade urgente de melhoria no controle de qualidade das etapas de produção das telhas cerâmicas das indústrias do setor, além de adequação dos equipamentos a serem utilizados no processamento, de forma a produzirem telhas que atendam às diretrizes normatizadas.

Contudo, a utilização dos resíduos na incorporação das massas cerâmicas, mostrou-se viável. O resíduo melhorou as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas, podendo trazer vantagens econômicas, técnicas e ambientais para ambos os setores envolvidos, promovendo a economia circular e o desenvolvimento sustentável.

## 6. Agradecimentos

Agradeço ao CETEM e a todos seus colaboradores, ao Kayrone Marvila pelo apoio durante os testes industriais, ao CNPq pela bolsa de pesquisa, a FAPES processos nº. 80857019 e nº: 84323264 pelo apoio, e a minha supervisora Mônica Castoldi Borlini Gadioli.

## 7. Referências Bibliográficas

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Exportações / Importações Brasileiras. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br/abirochas-home/>>. Acesso em: Out. 2020.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. ABNT, 2009.

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, 700p., 2014.

AGUIAR, M. C.; GADIOLI, M. C. B.; BABISK, M. P.; CANDIDO, V. S.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Clay ceramic incorporated with granite waste obtained from diamond multi-wire. Materials Science Forum, v. 775-776, p. 648-652, 2014a.

AGUIAR, M. C.; GADIOLI, M. C. B.; BABISK, M. P.; CANDIDO, V. S.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Characterization of a granite waste for clay ceramic addition. Materials Science Forum, v. 775-776, p. 699-704, 2014b.

BABISK, M. P.; RIBEIRO, W. S.; AGUIAR, M. C.; CANDIDO, V. S.; GADIOLI, M. C. B.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Influence of quartzite residues on the strength of added red clay ceramics. Materials Science Forum, v. 775-776, p. 541-546, 2014.

GADIOLI, M. C. B.; AGUIAR, M. C.; VIEIRA, C. M. F.; FILHO, F. C. G.; MONTEIRO, S. N. Microstructural characterization of clay-based ceramics with the addition of granite residues. Materials Science Forum, v. 958, p. 123-128, 2019a.

GADIOLI, M. C. B.; PONCIANO, V. M.; BESSA, B. H. R.; CAMARGO, J. L.; PIZETA, P. P. Characterization of ornamental stones wastes for use in ceramic materials. Materials Science Forum, v. 958, p. 129-134, 2019b.