

## APLICAÇÃO DE RESÍDUO SEM GRANALHA PROVENIENTE DA SERRAGEM DE GRANITO EM CERÂMICA VERMELHA

M. C. Borlini <sup>(1)</sup>; A. A. Pazeto <sup>(1)</sup>; S.N. Monteiro <sup>(2)</sup>; J. R. Oliveira <sup>(3)</sup>; C. M. F. Vieira <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup>Núcleo regional do Espírito Santo, Centro de Tecnologia Mineral, CETEM – Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 05, Bloco 10, Morro Grande, Cachoeiro de Itapemirim-ES.  
CETEM-ES/MCT

<sup>2</sup>UENF/LAMAV – Universidade Estadual do Norte Fluminense / Laboratório de Materiais Avançados. Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes-RJ.

<sup>3</sup>IFES/PROPEMM – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória - ES

### RESUMO

*Grandes quantidades de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais são gerados no Brasil. Visando a mitigação do impacto ambiental e o aproveitamento do resíduo, este trabalho teve por objetivo incorporar o resíduo de granito proveniente do processo de serragem de blocos, após ter passado por separação magnética, para retirada da granalha, em cerâmica vermelha. O resíduo foi coletado, na forma de lama, durante a serragem da rocha, utilizando tear convencional. O resíduo passou por um processo de tratamento, por meio de separação magnética, para a separação da granalha. Foram feitas incorporações de 0, 10, 20 e 30% em peso desse resíduo na massa cerâmica. Nas composições elaboradas foram realizados ensaios de plasticidade. Foram preparados corpos de prova por prensagem uniaxial a 20 MPa e queimados a 900°C. Após queima, as seguintes propriedades foram determinadas: retração linear, absorção de água e tensão de ruptura a flexão. Os resultados mostraram que houve uma melhoria na trabalhabilidade/plasticidade da massa de cerâmica vermelha e diminuição da retração linear e absorção de água da cerâmica com a incorporação do resíduo.*

**Palavras-chaves:** Resíduo, granito, cerâmica vermelha, meio ambiente.

### INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais representa um dos mais importantes segmentos econômicos do país. Somente em 2010, a produção brasileira atingiu um patamar de 8,9 milhões de toneladas <sup>(1)</sup>. De forma análoga aos níveis produtivos, também é grande a quantidade de resíduos gerados, principalmente na etapa de beneficiamento, o que é preocupante do ponto de vista ambiental, devido à

dificuldade de destinação adequada para os mesmos.

As empresas de beneficiamento de rochas têm como principal atividade a serragem e o polimento das rochas. Nas serrarias, em torno de 25 a 30% das rochas são transformadas em resíduos, na forma de lama (abrasiva). A mistura abrasiva é geralmente constituída de água, finos de granalha, de cal e de pó de rocha.

Com a recorrente preocupação em relação à conservação do meio ambiente, e a importância da inserção da sustentabilidade em todos os setores econômicos, é crescente a pesquisa em aproveitamento de resíduos em materiais <sup>(2-4)</sup>, principalmente em cerâmica vermelha <sup>(5-7)</sup>. No entanto, a granalha presente no resíduo do beneficiamento da rocha pode ser prejudicial às propriedades da cerâmica, reduzindo assim o efeito benéfico da incorporação. Baseando-se na necessidade de aproveitar os resíduos do processo de beneficiamento de rochas ornamentais, o objetivo deste trabalho foi incorporar o resíduo de granito proveniente do processo de serragem de blocos, após ter passado por separação magnética, para retirada da granalha, em cerâmica vermelha.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As matérias-primas utilizadas nesse estudo foram o resíduo da serragem do granito conhecido comercialmente como Iberê Crema Bordeaux, proveniente da região de Cachoeiro de Itapemirim, ES, e uma massa argilosa industrial de telhas, composta de argilas do município de Campos dos Goytacazes, RJ, denominadas de argila “forte” e argila “fraca”. A massa cerâmica foi composta de 50% em peso de cada argila. A Figura 1 mostra uma representação esquemática dos produtos gerados na serragem de um bloco de granito.

Antes da serragem da rocha desse estudo foi feita a limpeza do poço de resíduo, para garantir que não houvesse contaminação com outros materiais. O resíduo foi coletado diretamente do poço do tear, na forma de lama, durante o estágio do beneficiamento da rocha.

O resíduo, semi-seco, passou por um processo de tratamento, por meio de separação magnética, para separação da granalha. O separador magnético pode ser visto na Figura 2.

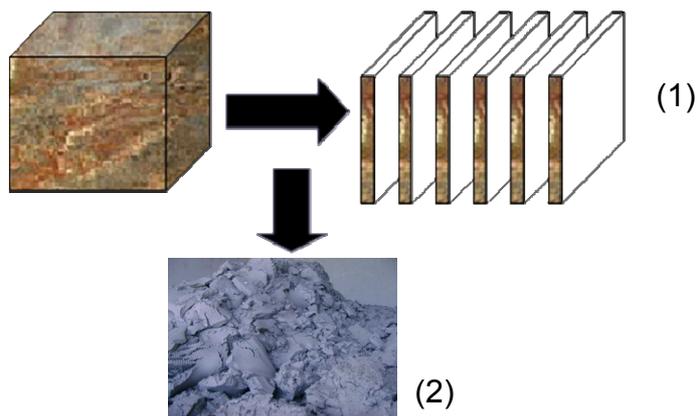


Figura 1. Representação esquemática do produto (chapas - 1) e resíduo (2) gerados na serragem de um bloco de granito.



Figura 2. Separador magnético a úmido.

A composição química da massa cerâmica <sup>(8)</sup> e do resíduo de granito, após a separação magnética <sup>(9)</sup>, pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da massa cerâmica <sup>(8)</sup> e do resíduo de granito <sup>(9)</sup> (% em peso).

|                | Composição (% em peso) |                                |                                |                  |      |      |                  |                   |      |                               |       |
|----------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|-------------------|------|-------------------------------|-------|
|                | SiO <sub>2</sub>       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | MnO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | PF    |
| Massa cerâmica | 52,20                  | 23,71                          | 8,80                           | 1,24             | 0,35 | 0,90 | 2,09             | 0,60              | -    | -                             | 10,18 |
| Resíduo        | 68,61                  | 12,89                          | 1,97                           | 0,09             | 5,59 | 0,23 | 4,26             | 3,4               | 0,06 | 0,05                          | 2,86  |

PF: perda ao fogo

A massa cerâmica foi seca ao ar livre e em seguida, em estufa a 80°C e desagregada em um britador de mandíbulas. O resíduo foi seco em estufa. Foram preparadas composições com incorporações de 0, 10, 20 e 30% em peso de resíduo na massa cerâmica, conforme descrito na Tabela 2. Nas composições elaboradas foram realizados ensaios de plasticidade, de acordo com as normas ABNT NBR 7180<sup>(10)</sup> e NBR 6459<sup>(11)</sup>.

Tabela 2. Composições estudadas (% em peso).

| Matérias primas | 0RG | 10RG | 20RG | 30RG |
|-----------------|-----|------|------|------|
| Massa cerâmica  | 100 | 90   | 80   | 70   |
| Resíduo         | 0   | 10   | 20   | 30   |

Corpos de prova foram confeccionados por prensagem uniaxial a 20 MPa. A queima foi realizada em forno de laboratório, com temperatura de patamar de 900°C, taxa de aquecimento de 2°C/min e isoterma de 120 minutos.

Após a queima, as seguintes propriedades foram determinadas nos corpos de prova: retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. A absorção de água foi determinada de acordo com a norma ASTM C 373<sup>(12)</sup>. A retração linear foi obtida por medida do comprimento das amostras, antes e após a queima, usando um paquímetro com precisão de  $\pm 0,01$  mm. A resistência à flexão em três pontos foi determinada em uma máquina de ensaios universal Instron 5582, segundo a norma ASTM C 674<sup>(13)</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a localização das composições em um gráfico elaborado a partir dos limites de Atterberg, que indica regiões de extrusão ótima e aceitável<sup>(14)</sup>. O limite de plasticidade (LP) indica a quantidade de água mínima que a argila ou massa cerâmica necessitam para serem conformadas, sendo um parâmetro de grande interesse tecnológico. O limite de liquidez (LL) corresponde à máxima quantidade de água que a argila ou massa cerâmica possam conter para ainda serem moldáveis. Já o índice de plasticidade (IP) representa a diferença entre o LL e LP, indicando a faixa de consistência de plástica.

É possível observar na Figura 3 que a composição 0RG está localizada fora

da região de extrusão aceitável, indicando plasticidade indesejável. Com a incorporação de resíduo ocorre uma redução na plasticidade da massa argilosa, deslocando-a em direção à região de extrusão ótima. Nota-se que a utilização de 30% de resíduo na massa argilosa posiciona a mesma quase dentro da região de extrusão ótima.

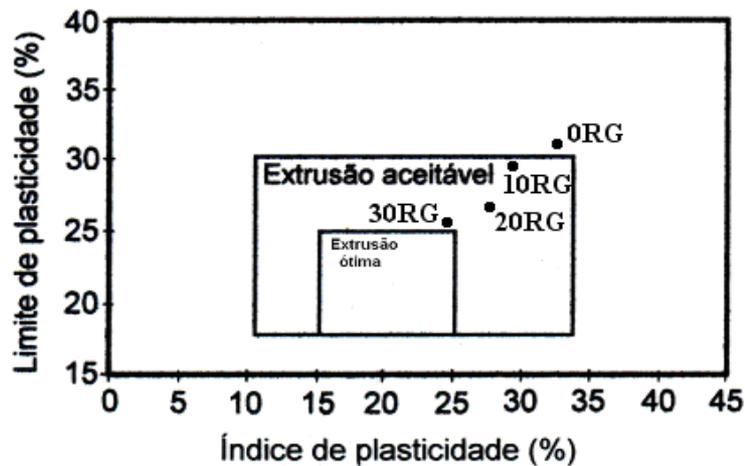


Figura 3. Prognóstico de extrusão através dos limites de Atterberg <sup>(14)</sup>.

(•) Localização das composições.

As Figuras 4 e 5 mostram a retração linear e a absorção de água (AA), respectivamente, das composições estudadas. Pode-se observar que a incorporação do resíduo reduziu a retração linear e a absorção de água da massa argilosa. Observa-se ainda, que a absorção de água diminuiu de acordo com o aumento da porcentagem de resíduo incorporado na massa cerâmica, até 20% em peso de resíduo e que a composição com 30% de resíduo incorporado (30RG) apresentou valor de absorção de água similar ao da composição 20RG. Esse comportamento da massa cerâmica com resíduo ocorreu devido, possivelmente, ao aumento do grau de empacotamento da massa argilosa, bem como à redução da perda de massa durante a queima.

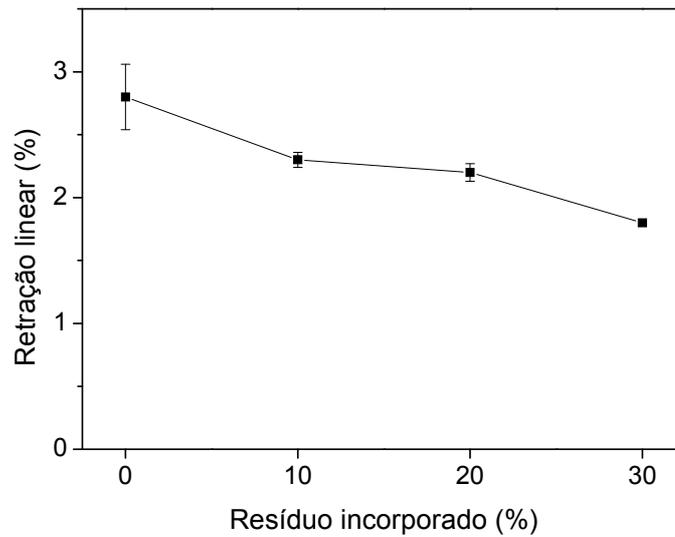


Figura 4. Retração linear dos corpos de prova em função da porcentagem de resíduo incorporado.

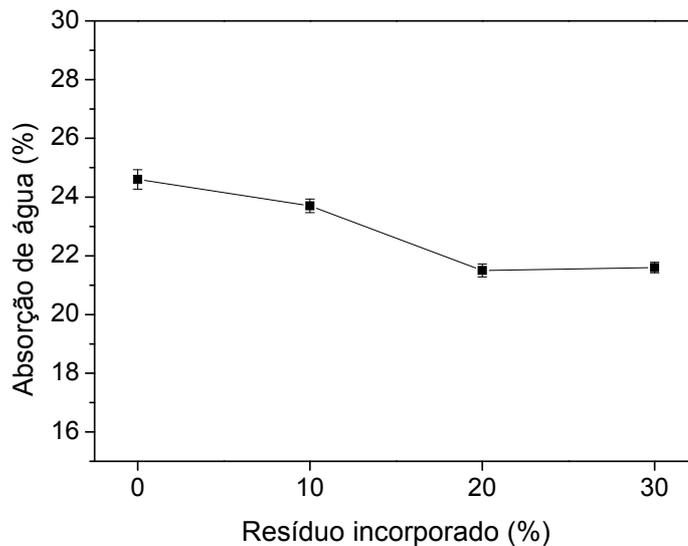


Figura 5. Absorção de água dos corpos de prova em função da porcentagem de resíduo incorporado.

A Figura 6 apresenta a tensão de ruptura à flexão das composições em função da porcentagem de resíduo incorporado. Observa-se que com 10% de resíduo ocorre uma redução da resistência mecânica da massa argilosa para em seguida, com 20%, voltar ao mesmo patamar, ao redor de 5,5 MPa. Já com 30% de resíduo, a massa cerâmica volta a apresentar uma queda da tensão de ruptura à

flexão. Esta variação da resistência mecânica pode estar associada à presença de defeitos inerentes à própria cerâmica e não especificamente ao resíduo, como poros e partículas de quartzo. Outra alternativa é que embora o resíduo tenha óxidos fundentes, na temperatura investigada, 900°C, o caráter inerte do quartzo, um dos principais constituintes do resíduo, tenha prevalecido com relação à fundência dos feldspatos, dificultando a consolidação das partículas. Para confirmar tal suposição uma avaliação microestrutural com auxílio de microscopia eletrônica de varredura deve ser realizada.

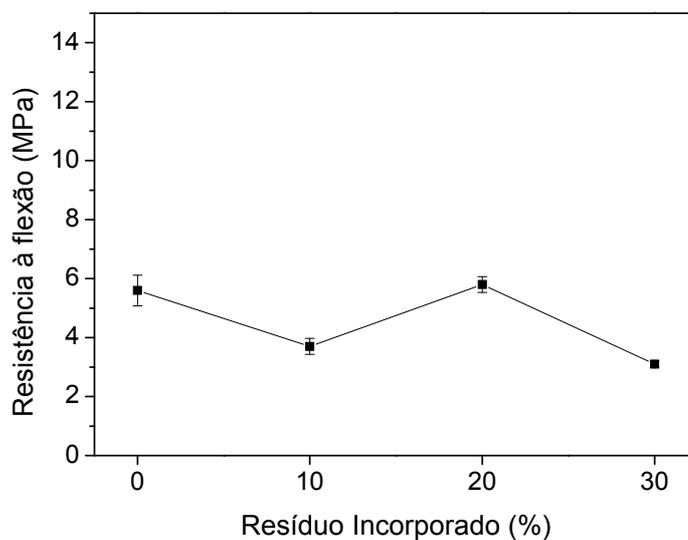


Figura 6. Tensão de ruptura à flexão dos corpos de prova em função da porcentagem de resíduo incorporado.

## CONCLUSÕES

Foi possível observar que a incorporação do resíduo do beneficiamento do granito melhorou a trabalhabilidade/plasticidade da massa argilosa de cerâmica vermelha. Ocorreu ainda uma redução da absorção de água e da retração linear das cerâmicas com resíduo queimadas a 900°C, sendo que todas as composições com resíduo apresentaram valor de retração linear e absorção de água menor que da massa cerâmica. Com relação à resistência mecânica, há necessidade de um estudo mais aprofundado, mas a princípio, a incorporação de 20% em peso de resíduo praticamente não alterou a tensão de ruptura à flexão da massa argilosa investigada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CETEM, UENF, CNPq, processo n. 306027/2008-9, FAPERJ, processo n. E-26/103.023/2008, IFES e a PEMAGRAN o apoio a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHIODI FILHO, C. ***Síntese das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais e de Revestimento em 2010***. São Paulo: ABIROCHAS, 2011. 38p. (Informe 01/2011).
2. AFONSO, W. M. ***Caracterização de Resíduo de Corte de Rochas na Produção de Argamassas***. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.
3. ALVES, M. S. ***Estudo das Características e da Viabilidade do Uso de Resíduos Gerados no Polimento de Rochas Graníticas como Adição em Concretos***. 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.
4. BABISK, M. P. ***Desenvolvimento de Vidros Sodo-cálcicos a partir de Resíduos de Rochas Ornamentais***. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
5. MONTEIRO, S.N.; PEÇANHA, L.A.; VIEIRA, C.M.F. Reformulation of Roofing Tiles Body With Addition of Granite Waste From Sawing Operations. ***Journal of the European Ceramic Society***, v.26, p. 305-310, 2004.
6. SEGADÃES, A. M.; CARVALHO, M. A.; ACCHAR, W. Using Marble and Granite Rejects to Enhance the Processing of Clay Products. ***Applied Clay Science***, v.30, p. 42-52, 2005.
7. PAZETO, A. A.; BORLINI, M.C.; SANDRINI, I.; OLIVEIRA, J.R.; CARANASSIOS, A. Caracterização de Resíduo da Serragem do Granito *Iberê Crema Bordeaux* Visando sua Incorporação em Cerâmica Argilosa. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Porto de Galinhas, 2008. ***Anais do 18º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais***, PE, 2008.
8. VIEIRA, C. M. F., SÁNCHEZ, R. J., MONTEIRO, S. N. Characteristics of clays and properties of building ceramics in the state of Rio de Janeiro, Brazil. ***Construction & Building Materials***, v.22, p.781-787, 2008.
9. BORLINI, M.C; PAZETO, A. A.; OLIVEIRA, J.R.; C.M.F. Vieira; S.N. MONTEIRO. Revestimento Cerâmico Obtido com Argila e Resíduo de Rocha Ornamental sem Granalha. In: 54º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Foz do Iguaçu, PR, 2010. ***Anais do 54º Congresso Brasileiro de Cerâmica***, São Paulo, ABC, 2010, p. 2508-

2519. Ref. 13-060.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7180: determinação do limite de liquidez de solos**, Rio de Janeiro, 1984. 3p.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-6459: determinação do limite de plasticidade de solos**. Rio de Janeiro, 1984. 6p.

12. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products**, ASTM C 373. West Conshohocken, PA, USA. 1972.

13. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials**. ASTM C 674. West Conshohocken, PA, USA. 1977.

14. MARSIGLI, M., DONDI, M. Plasticità delle argille italiane per laterizi e previsione del loro comportamento in foggatura (Plasticity of the Italian brick clays and prediction of their shaping behaviour). *L'Industria dei Laterizi*, v.46, p. 214–222, 1997.

## **APPLICATION OF WASTE WITHOUT STEEL SHOT FROM GRANITE PROCESSING IN RED CERAMIC**

### **ABSTRACT**

*Large amounts of wastes coming from the dimension stones processing are generated in Brazil. Aiming to reduce the environmental impact and recycling the waste, this work had for objective to incorporate the waste from granite processing, after magnetic separation, in red ceramic. The waste was collected, in the form of sludge, during the first step of granite processing, using conventional gang saw. The waste underwent a treatment process, through magnetic separation, for the separation of the steel shot. Compositions with incorporation of 0 to 30% in weight of waste into body clay were prepared and plasticity tests were accomplished. The specimens were pressed at 20 MPa and fired to 900°C. After firing, the following properties were determined: linear shrinkage, water absorption and flexural strength. The results showed an improvement in the workability/plasticity of the red ceramic body and decrease of the linear shrinkage and water absorption of the ceramic with the incorporation of the waste.*

**Key-words:** waste, granite, red ceramic, environment.