

## CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO DE QUARTZITOS E SUA APLICAÇÃO EM CERÂMICA VERMELHA

M.P. Babisk<sup>1,2\*</sup>; C.M.F. Vieira<sup>2</sup>; F.W.H. Vidal<sup>1</sup> e W.S. Ribeiro<sup>2</sup>

Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ

CEP: 21941-908

\*mbabisk@cetem.gov.br

<sup>1</sup>Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCT; <sup>2</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

### RESUMO

*A incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha vem sendo muito utilizada atualmente na busca de matérias-primas alternativas, e também buscando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos que poluem. Durante os processos de beneficiamento das rochas ornamentais, há perdas significativas de material e geração de resíduos, os quais têm sido dispostos de forma inadequada na natureza, sem previsão de utilização ou reuso. O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. O objetivo desse trabalho é caracterizar e avaliar a aplicabilidade do resíduo de quartzito em cerâmica vermelha. Foram estudadas incorporações de até 40% em peso de resíduo na massa cerâmica e os resultados indicaram que o resíduo de quartzito é um material com grande potencial para ser utilizado como componente na massa de cerâmica vermelha.*

**Palavras-chaves:** cerâmica vermelha; resíduo; quartzito.

## INTRODUÇÃO

O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. Sua origem está relacionada com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo, tais como arenitos e cherts (rochas ricas em sílica amorfa) <sup>(1)</sup>.

Alguns quartzitos, devido a concentração de micas iso-orientadas em níveis específicos, são finamente foliados ou laminados, permitindo com relativa facilidade sua partição através destes planos de fraqueza. A presença desta estruturação, porém, impossibilita sua obtenção como blocos e sua utilização em teares ou mesmo corte regulares de chapa. Em função disso, são usualmente extraídos como placas diretamente dos afloramentos <sup>(2)</sup>.

O setor de rochas vem crescendo anualmente, porém durante os processos de beneficiamento das rochas, há perdas significativas de material e geração de resíduos, os quais têm sido dispostos de forma inadequada na natureza, sem previsão de utilização ou reuso.

A indústria de extração e beneficiamento de quartzito de Várzea, localizada a 320 km de João Pessoa, na região de Seridó, na Paraíba, movimenta algo em torno de R\$ 400 mil por mês, com a produção mensal de quartzito de 25 mil metros quadrados, tendo pelo menos 25 serrarias trabalhando sem parar <sup>(3)</sup>.

Nas serrarias, placas de quartzito são transformadas em lajes quadradas ou retangulares, de larguras padronizadas e comprimento livre, de forma a propiciar o seu maior aproveitamento. As aparas maiores são serradas constituindo os filetes. Estes são os produtos de maior valor agregado e são destinados ao mercado interno e uma pequena parcela ao mercado externo. Nesta fase são gerados dois rejeitos, um mais grosseiro, que é misturado aos da pedreira, e um extremamente fino, rico em SiO<sub>2</sub>, proveniente do desgaste da rocha durante o processo de corte com serras a diamante. Estes resíduos são mostrados na Figura 1. No município de Várzea, são gerados cerca de 3 mil kg de resíduos finos e 17 mil kg de aparas por dia <sup>(4)</sup>.



(a)



(b)

Figura 1. Imagens dos resíduos de aparas (a) e dos finos (b) de quartzitos.

A incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha vem sendo muito utilizada atualmente na busca de matérias-primas alternativas, e também buscando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos que poluem. Este trabalho teve como objetivo caracterizar os finos gerados do beneficiamento de quartzito, bem como avaliar a influência da incorporação de resíduo nas propriedades de cerâmica vermelha.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias primas utilizadas nesse trabalho foram os resíduos finos de quartzitos e uma massa cerâmica usada na produção de produtos de cerâmica vermelha. Ambas as matérias primas são provenientes da região do Seridó, do município de Várzea/PB.

Depois de coletadas, as matérias primas foram secas em estufa a 110°C por 24h. O resíduo foi destorroado em almofariz de porcelana, manualmente, e a massa cerâmica foi triturada em um britador de mandíbulas e depois peneirada a 42 mesh.

A caracterização das matérias primas foi realizada através de análise química por fluorescência de raios-X (FRX) e análise de fases cristalinas por difração de raios-X (DRX).

As análises de composição química (FRX) foram realizadas em um Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X, marca Philips, Modelo PW 2400, utilizando como método de preparação das amostras, pastilhas fundidas com fluxo (tetra/metaborato de lítio).

As análises de fases cristalinas (DRX) foram obtidas pelo método do pó, em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, operando com radiação Co K $\alpha$  (35 kV/40 mA) em uma varredura de 5 a 80° (2 $\theta$ ), sendo as interpretações qualitativas de espectro efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software Bruker Diffrac<sup>Plus</sup>.

Foram preparadas composições de 0, 10, 20, 30 e 40% em peso de resíduo na massa cerâmica. As composições, com 8 % de umidade, foram conformadas por prensagem uniaxial a 20 MPa em matriz de dimensões 114 x 25 mm.

Após secagem em estufa a 110° C as peças foram medidas e pesadas, para o cálculo da densidade, e em seguida queimadas a 800 e 1050°C, com uma taxa de aquecimento de 2°C/min e 180 min de tempo de patamar. Após a queima, as peças foram novamente medidas para cálculo de retração linear de queima. As propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram à absorção de água <sup>(5)</sup> e tensão de ruptura por flexão a três pontos <sup>(6)</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização das matérias primas

Nas análises de fluorescência de raios-X foram identificadas as composições químicas das matérias-primas, em % peso (Tabela 1), e na difração de raios-X a composição mineralógica, identificando assim a estrutura dos compostos encontrados na análise química, que se apresentam tipicamente na forma cristalina nos difratogramas apresentados a seguir.

Os dados da argila indicam predominância de sílica (54,98%) e de alumina (24,2%), com quantidades de MgO, K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O, que são óxidos fundentes e contribuem para a formação de fase líquida e densificação do material, além do elevado teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> responsável pela coloração avermelhada do material após queima.

A análise química do resíduo de quartzito revela que o SiO<sub>2</sub> é o componente majoritário, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>O apresentam-se como óxidos predominantes. Estes óxidos estão presentes no resíduo como impurezas na forma de feldspato e mineral micáceo, conforme será apresentado mais adiante por meio do difratograma de raios-X.

Tabela 1. Composição química das matérias primas (% em peso).

<b>Componentes</b>	<b>Argila</b>	<b>Resíduo de Quartzito</b>
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	1,57	-
<b>MgO</b>	2,05	0,633
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	24,2	9,991
<b>SiO<sub>2</sub></b>	54,98	83,132
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,15	-
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2,54	3,334
<b>CaO</b>	1,3	0,541
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,56	0,128
<b>MnO</b>	0,14	-
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5,01	0,941
<b>P. F.</b>	7,5	1,3

No difratograma do resíduo, mostrado na Figura 2, foram observados os picos do quartzo (SiO<sub>2</sub>), que é um mineral responsável por reduzir a plasticidade e atuar como inerte durante a queima. A mica moscovita (KAl<sub>2</sub>(Si<sub>3</sub>Al)O<sub>10</sub>(OH,F)<sub>2</sub>), que é um mineral de textura lamelar, em tamanho reduzido pode atuar como material fundente devido à presença de óxidos alcalinos, ou seja, facilitador da formação da fase líquida de grande importância durante a sinterização das peças durante a queima, e a microclina (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) que é um feldspato alcalino.

Na análise mineralógica da argila (Figura 3) são observados os picos do quartzo, da mica moscovita e da caulinita (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), que é um argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para a fabricação de produtos cerâmicos destinados a construção civil, este mineral é responsável pelo desenvolvimento da plasticidade. Foram observados ainda picos da vermiculita ((MgFe,Al)<sub>3</sub>(Al,Si)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O) e de silicatos como a albita (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) e a horneblenda.

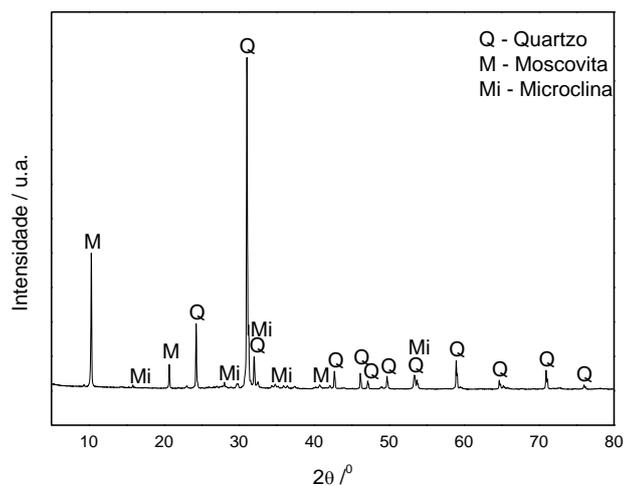


Figura 2. Difratoograma de raios-X do resíduo de quartzito.

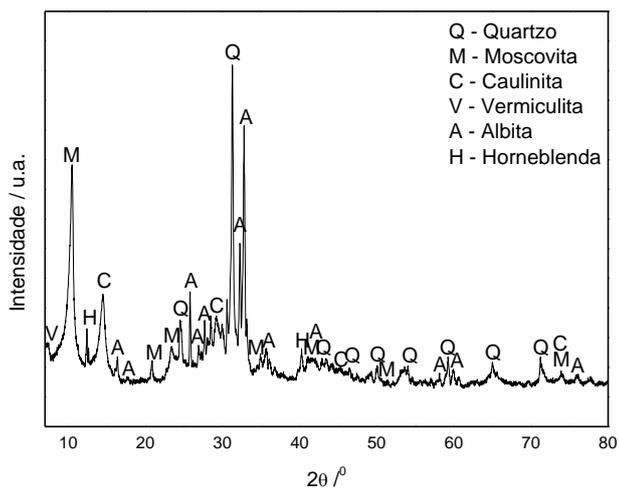


Figura 3. Difratoograma de raios-X da massa cerâmica.

### Propriedades tecnológicas das cerâmicas

A Figura 4 apresenta a densidade aparente a seco das composições preparadas. A incorporação de 10 e 20% de resíduo nas composições possibilitou uma melhora na densificação da massa cerâmica, enquanto nas composições de 30 e 40% houve diminuição nos valores das densidades.

O aumento da densidade aparente durante a compactação é uma decorrência da deformação plástica dos grânulos que ao se deformarem passam a ocupar os

espaços vazios que havia entre eles (porosidade intergranular). Portanto, a densificação depende da facilidade com que os grânulos se deformam plasticamente, ou seja, da sua plasticidade.

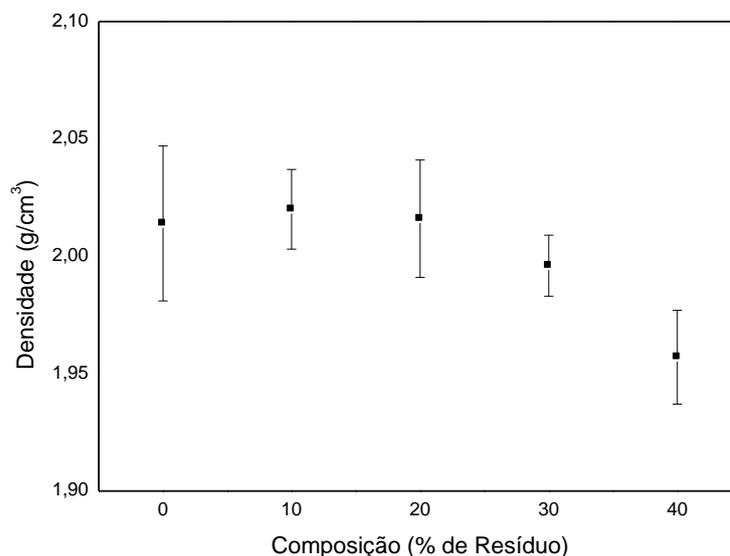


Figura 4. Densidade aparente a seco das composições.

A retração linear de queima depende fundamentalmente da densidade aparente da peça prensada, da composição da massa e das condições de queima. Na queima, durante o aquecimento, inicia-se um processo de formação de fases líquidas no interior do produto, em decorrência da fusão parcial dos componentes menos refratários presentes na massa. O aumento da temperatura provoca a redução da viscosidade das fases líquidas, facilitando assim o seu “escorrimento” para dentro dos espaços vazios entre as partículas que ainda não se fundiram, resultando em uma diminuição do volume de poros e na retração da peça <sup>(7)</sup>.

Pode-se observar na Figura 5 que a 800°C quase não ocorre retração linear nas composições estudadas. Já a 1050°C ocorre um aumento da retração, e para essa mesma faixa de temperatura uma redução da retração linear das composições com incorporações de resíduo.

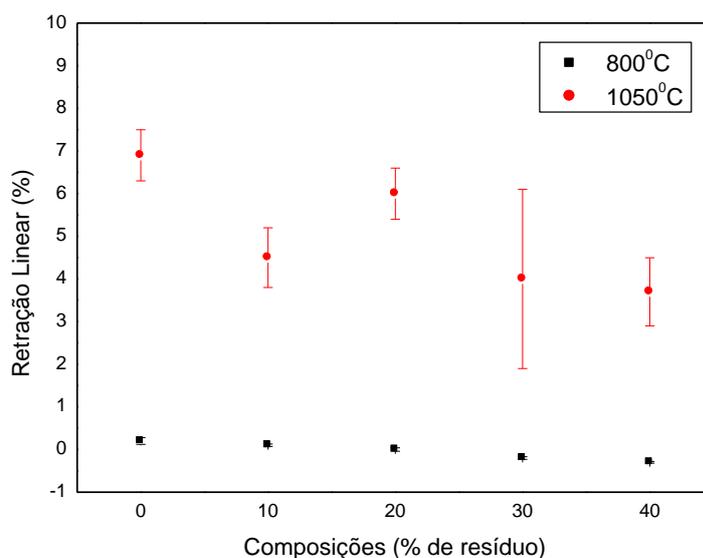


Figura 5. Retração linear das composições.

A absorção de água do material cerâmico queimado é um parâmetro utilizado para medir a porosidade aberta e avaliar a fundência do material. A menor infiltração de água nos mesmos determina maior durabilidade e resistência ao ambiente natural ao qual o material é exposto.

A Figura 6 apresenta a absorção de água em função da porcentagem de resíduo de quartzito incorporado na massa cerâmica. Nota-se que para a temperatura de 800°C não ocorreu variação significativa da absorção de água. Já a 1050°C houve uma brusca redução de absorção, isto devido a maior formação de fase líquida que contribui para diminuição da porosidade. Observou-se que a absorção de água aumenta gradativamente com a incorporação do resíduo.

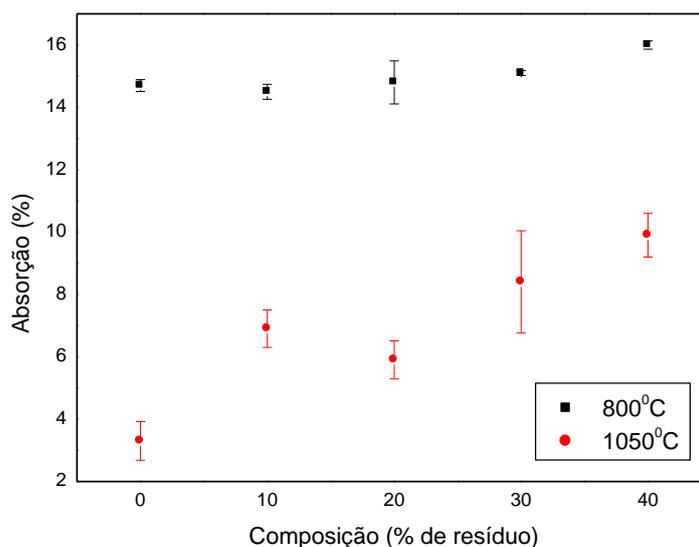


Figura 6. Absorção de água das composições.

A Figura 7 apresenta a tensão de ruptura a flexão das composições estudadas. Nota-se que a resistência aumenta significativamente com o aumento de temperatura. Durante o aumento da temperatura de queima, antes mesmo de atingir a temperatura máxima ideal, ocorre modificação das fases cristalinas da argila, devido a reações químicas e fusões parciais, bem como redução da porosidade. Ocorre assim a consolidação do material através da formação de uma estrutura, que em processo de resfriamento se torna rígida e com mais resistência que o material seco.

Na temperatura de 1050°C nota-se um aumento significativo da resistência mecânica de todas as composições. Isto ocorre devido aos mecanismos de sinterização que reduzem a porosidade do material e promovem uma melhor consolidação das partículas conforme já discutido anteriormente. Nota-se ainda que estatisticamente não ocorre variação da resistência mecânica da argila com a incorporação do resíduo. Entretanto, considerando o valor médio, observa-se uma tendência de redução da resistência mecânica com o aumento do teor de resíduo incorporado. Isto ocorre devido ao caráter inerte do quartzo, mineral predominante do resíduo, bem como a eventuais trincas acarretadas pela sua transformação alotrópica.

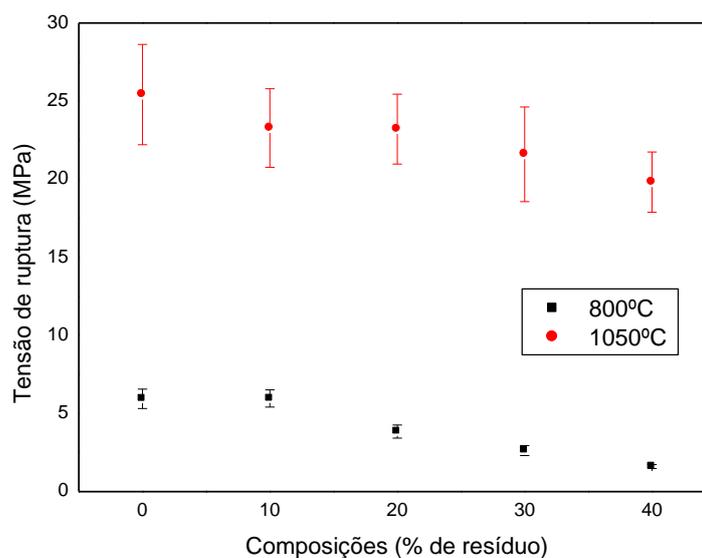


Figura 7. Tensão de ruptura à flexão das composições.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho de caracterização de resíduos finos de quartzitos e de avaliação da sua incorporação em até 40% em massa nas propriedades físicas e mecânicas de uma cerâmica queimada a 800 e 1050°C, as seguintes conclusões foram obtidas:

- A caracterização do resíduo de quartzito comprova a presença da sílica como componente majoritário.
- Para as composições queimadas a 800°C as incorporações não causaram mudanças significativas nas propriedades investigadas.
- Para as composições queimadas a 1050°C a incorporação do resíduo contribuiu para melhorar ligeiramente a retração linear. Por outro lado, as incorporações aumentaram a absorção de água e reduziram a resistência mecânica, mas ainda assim apresentam valores bastante satisfatórios, portanto esta redução não compromete sua utilização.

## REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. **Rochas Ornamentais no Século XXI**. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/br/index.html>
2. Costa, A.G.; Campello, M.S.; Maciel, S.L.; Calixto, C.; Becerra, J.E. 2002. Rochas ornamentais e de revestimento: proposta de classificação com base na caracterização tecnológica. In: III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, Anais, Recife, PE.
3. SEBRAE. Várzea: cidade sem desempregados. Disponível em: <http://www.agenciasebrae.com.br/noticia.kmf?canal=36&cod=9686513&indice=20>
4. CETEM. Sustentabilidade na extração e beneficiamento de quartzitos. Disponível em: [http://www.cetem.gov.br/noticias/cetem%20midia/2010/10\\_08\\_23\\_sustentabilidade\\_na\\_extracao\\_e\\_beneficiamento\\_de\\_quartzitos.html](http://www.cetem.gov.br/noticias/cetem%20midia/2010/10_08_23_sustentabilidade_na_extracao_e_beneficiamento_de_quartzitos.html)
5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, C373-72 (reapproved 1977), USA, 1972.
6. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials, C674-77, USA, 1977.
7. TALLINI JUNIOR, V. M. (2009). Desenvolvimento de novos materiais cerâmicos a partir de lodo de estações de tratamento de água, microesferas de vidro de jateamento, sais de neutralização de ácidos de bateria e areia de fundição. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 83p.

## CHARACTERIZATION OF QUARTZITE WASTE AND THEIR APPLICATION ON RED CERAMIC

### ABSTRACT

The incorporation of industrial waste into red ceramic have been used currently in the search for alternative raw materials, and also seeking for an environmentally friendly waste disposal that pollute. During the process of beneficiation of dimension stone, there are significant losses of material and waste generation, which have been placed inappropriately in nature, with no provision for use or reuse. The quartzite is geologically classified as a metamorphic rock composed almost entirely of quartz

grains. The aim of this study is to characterize and evaluate the applicability of quartzite waste in the red ceramic. Incorporations were studied up to 40% by weight of waste in the ceramics body and the results indicated that the residue of quartz is a material with great potential to be used as a component in a red ceramic.

**Key words:** red ceramic, waste, quartzite.