

Reciclagem de resíduo proveniente da produção de papel em cerâmica vermelha

PINHEIRO, R.M.¹; VIEIRA, C.M.F.¹; RODRIGUEZ, R.S.¹; MONTEIRO, S.N.¹

¹ Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense LAMAV/CCT/UENF

Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 28013-602
e-mail: regina@uenf.br, vieira@uenf.br, sanchez@uenf.br, sergio.neves@ig.com.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da incorporação de até 10 % em peso de resíduo proveniente da produção de papel nas propriedades e na microestrutura de uma massa cerâmica argilosa utilizada para a fabricação de blocos de vedação. As matérias-primas, resíduo de papel e massa cerâmica argilosa, são, respectivamente, provenientes de Santo Antônio de Pádua e Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro. Corpos-de-prova foram obtidos por prensagem uniaxial a 20 MPa e queimados a 750 °C. As propriedades avaliadas foram: retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. A microestrutura das cerâmicas foi observada por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados indicaram que o resíduo altera as propriedades físicas e mecânicas da cerâmica, podendo causar efeito deletério na absorção de água e na tensão de ruptura à flexão para incorporações acima de 5 %. Entretanto, incorporações de 3 % de resíduo indicaram ser viável tecnicamente para a disposição final do resíduo proveniente da produção de papel.

Palavras chaves: Cerâmica vermelha; microestrutura; propriedades; resíduo de papel.

Recycling of waste from the paper production into red ceramic

ABSTRACT

This work has for objective to evaluate the effect of the incorporation of waste from the paper production, in up to 10 wt % on the properties and microstructure of a clayey body used in the fabrication of bricks. The raw materials, the paper waste and the clayey body were, respectively, obtained from the area of Santo Antônio de Pádua and Campos dos Goytacazes, north of the State of Rio de Janeiro. Specimens were prepared by uniaxial pressing at 20 MPa before firing at 750 °C. The evaluated physical and mechanical properties were: linear shrinkage, water absorption and flexural strength. The microstructure of the ceramics was evaluated by SEM. The results showed that the waste addition changes the physical and mechanical properties of the ceramic, generating a deleterious effect on the water absorption and flexural rupture strength for incorporations above 5 wt %. By contrast, incorporations of 3 wt % of the waste were found to be a viable alternative for the final disposal of waste from the paper production.

Keywords: Red ceramic; microstructure; properties; paper waste.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel, nos últimos 10 anos, a produção mundial de papel cresceu 35 %, sendo que o Brasil somou 8,2 milhões de toneladas 2004 e ocupou a posição de sétimo maior fabricante mundial de celulose, com cerca de 9,4 milhões de toneladas [1].

Na fabricação de papel ocorre a geração de um resíduo em forma líquida com alto teor de sólidos em suspensão. Esse líquido é submetido a um tratamento primário e desaguamento, gerando assim uma forma sólida denominada lodo primário. Esse resíduo é composto basicamente de caulim, celulose, traços não significativos de substâncias químicas e água [2].

A crescente produção de papel, e a busca por produtos de melhor qualidade, levam a indústria de papel gerar grandes quantidades de resíduos que se tornam problema tanto ambiental quanto econômico para

nossa sociedade. Diante desse quadro, alternativas de reaproveitamento desses resíduos vem sendo estudadas na tentativa de minimizar o impacto causado pelos mesmos.

Uma dessas alternativas é a incorporação do resíduo de papel em cerâmica vermelha. Buscando atender os interesses das indústrias cerâmicas, propõe-se a incorporação de resíduos como uma matéria-prima em seus produtos, visando lucratividade e benefício ao meio ambiente pretende-se com isso possibilitar a elaboração de novos produtos com qualidade compatível com os existentes no mercado tradicional [3].

Em trabalho reportado na literatura [4], foi observado que este lodo de indústria de papel revelou-se excelente isolante termoacústico, podendo ser empregado na produção de blocos, tijolos, entre outros; estes produtos assemelham-se a madeira, podendo ser cortados com serra, furados e lixados. Devido à fibra de celulose, o material apresenta boa coesão, possibilitando manuseio logo após a retirada da fôrma; mas, por apresentar 63 % de teor de umidade e baixo poder calorífico, seu uso não é recomendado para geração de energia.

Outro estudo indica que incorporação de até 10 % do resíduo à massa cerâmica mostrou-se viável tecnicamente, refletindo num ganho de resistência à flexão, para temperaturas de queima de 900 °C de 14,19% (5 % de adição) e de 4,67 % (10 % de adição), com relação à amostra de massa sem adição [5].

Com o intuito de reciclar o lodo primário da indústria de papel, e tendo em vista que ele se apresenta com potencial para utilização como matéria-prima para a indústria cerâmica, realizou-se este estudo que tem como objetivo avaliar o efeito da incorporação de até 10 % em peso de resíduo de papel nas propriedades e na microestrutura de uma massa cerâmica argilosa utilizada para a fabricação de blocos de vedação.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: massa argilosa caulinítica, empregada para fabricação de cerâmica vermelha, proveniente do município de Campos dos Goytacazes, e resíduo de papel na forma de lodo proveniente do decantador primário de uma indústria de papel reciclado.

O resíduo, já caracterizado em outro trabalho [6], é constituído predominantemente de calcita, celulose e caulinita. O teor de carbono é de 18 %. As análises térmica diferencial e termo-gravimétrica mostram que a celulose libera calor numa faixa de temperatura compreendida entre aproximadamente 200 a 570 °C, com pico a 326,5 °C. Além disso, em temperaturas superiores a 570 °C ocorre à gradual decomposição da calcita em uma temperatura de pico de 697,7 °C com eliminação de CO₂ e formação de CaO. A liberação de CO₂ acarreta porosidade na cerâmica. Já a presença de CaO livre pode acarretar defeitos na cerâmica caso não ocorra reação com os aluminossilicatos.

Foram elaboradas quatro composições com incorporação do resíduo na massa argilosa nos seguintes percentuais: 0, 3, 5 e 10 % em peso. Estas composições foram homogeneizadas a seco em galga misturadora de pista lisa por 30 minutos. Corpos-de-prova retangulares foram conformados por prensagem uniaxial a 20 MPa nas dimensões 114 x 25 x 11 mm. Os corpos-de-prova foram inicialmente secos em estufa a 110 °C até peso constante para queima em forno de laboratório a 750 °C. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 3 °C/min e isoterma de 120 min na temperatura de patamar. O resfriamento foi realizado desligando-se o forno. As propriedades físicas e mecânicas determinadas foram: retração linear de queima, absorção de água [7] e tensão de ruptura à flexão em três pontos [8].

A observação da superfície lixada de amostras das cerâmicas queimadas foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) utilizando um microscópio Jeol, modelo JSM 6460 LV, com espectrômetro de energia dispersiva (EDS) acoplado, da COPPE/UFRJ.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 a 3 apresentam os resultados da absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão das composições investigadas queimadas na temperatura de 750 °C, respectivamente.

A Figura 1 mostra que a incorporação de 5 % em peso do resíduo altera a absorção de água da cerâmica argilosa. Entretanto, incorporações de 3 %, não acarretam incremento da absorção de água da cerâmica. Como a absorção de água é uma propriedade associada com a porosidade aberta do material, seu incremento em função da quantidade de resíduo de papel incorporado é atribuído à combustão da celulose e à decomposição da calcita.

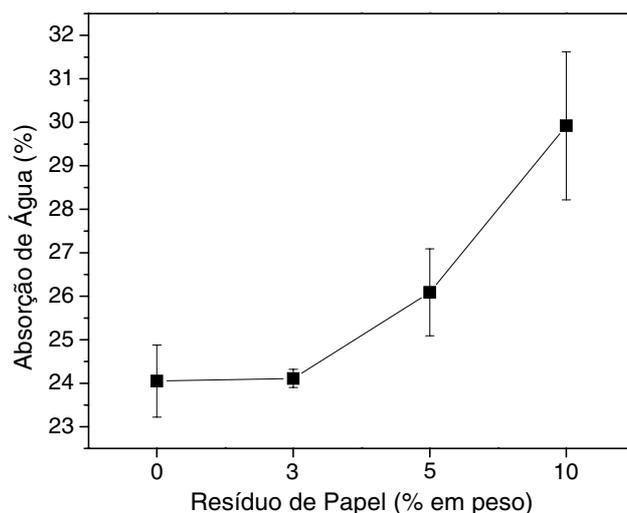


Figura 1: Absorção de água das composições investigadas queimadas a 750 °C.

De acordo com a Figura 2 nota-se que, dentro do erro estatístico, não ocorre variação da retração linear em função da quantidade de resíduo de papel incorporado na cerâmica. Este aspecto é favorável já que uma excessiva retração pode gerar o aparecimento de trincas e defeitos dimensionais na cerâmica.

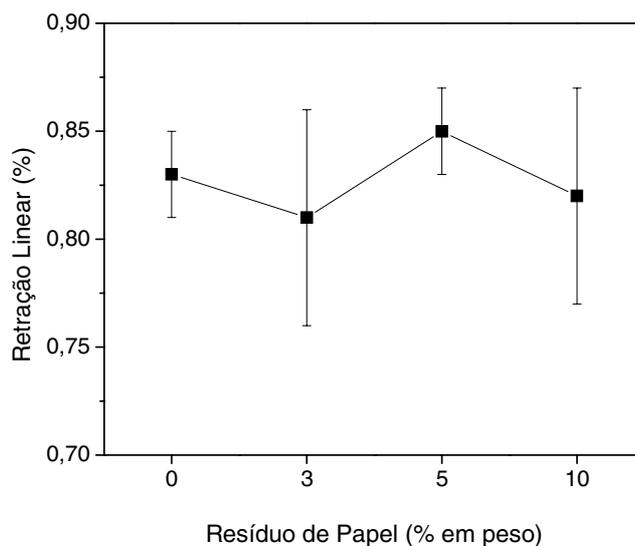


Figura 2: Retração linear das composições investigadas queimadas a 750 °C.

A Figura 3 mostra a tensão de ruptura à flexão da cerâmica em função da quantidade de resíduo de papel incorporado. É possível observar que a incorporação de 3 % de resíduo incrementa ligeiramente a resistência à flexão da cerâmica. Por outro lado, um aumento na quantidade de resíduo incorporado acima de 5 % acarreta uma redução da resistência mecânica. Isto também ocorre devido ao aumento de porosidade da cerâmica pela combustão da celulose e pela decomposição da calcita.

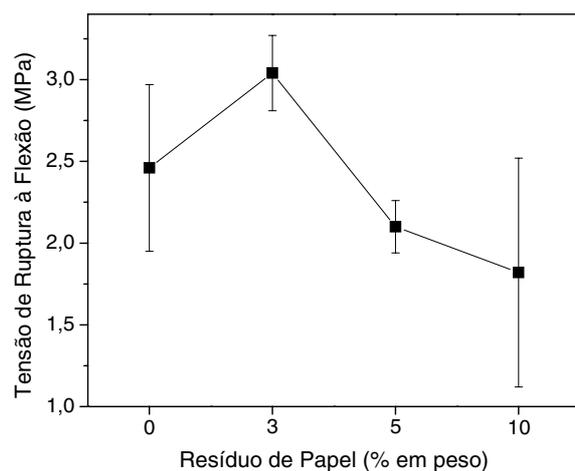


Figura 3: Tensão de ruptura à flexão das composições investigadas queimadas a 750 °C.

As Figuras 4 a 7 mostram micrografias obtidas por MEV de alguns aspectos microestruturais das cerâmicas queimadas. Na Figura 4 pode-se observar que a cerâmica argilosa apresenta uma microestrutura bastante grosseira, com textura rugosa e porosidade interconectada. É possível observar também grãos de quartzo dispersos numa matriz amorfa Figura 4 (a). O aspecto de lamelas, observado na Figura 4 (c) e 4 (d), ainda persistente na matriz amorfa indica um baixo grau de sinterização da cerâmica. Na Figura 4 (d) nota-se uma partícula, possivelmente de mica muscovita, de hábito lamelar, praticamente solta num grande poro. Essas partículas podem dificultar o empacotamento, causando o aparecimento de defeitos ao seu redor. Essas características microestruturais da cerâmica argilosa são determinantes para a obtenção de uma baixa performance mecânica conforme mostrada na Figura 3.

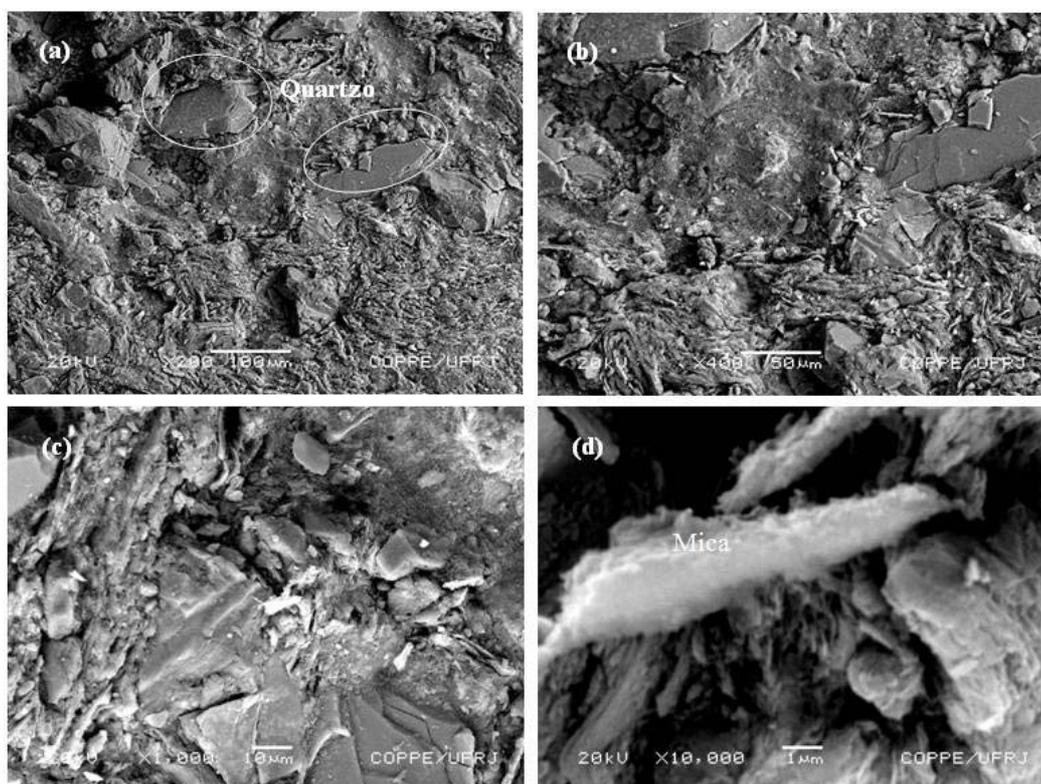


Figura 4: Micrografias obtidas por MEV da cerâmica argilosa sem resíduo. As barras de aumento destas micrografias possuem tamanhos de: a) 100 µm; b) 50 µm; c) 10 µm; d) 1 µm.

A Figura 5 mostra as micrografias obtidas por MEV da cerâmica argilosa com 10 % de resíduo incorporado. As mesmas características observadas na cerâmica argilosa sem resíduo também estão presentes na cerâmica incorporada. O agravante é uma maior porosidade, associada à combustão da celulose. Esse fato é responsável pela redução de 26 % na resistência mecânica da cerâmica argilosa com 10 % de incorporação de resíduo.

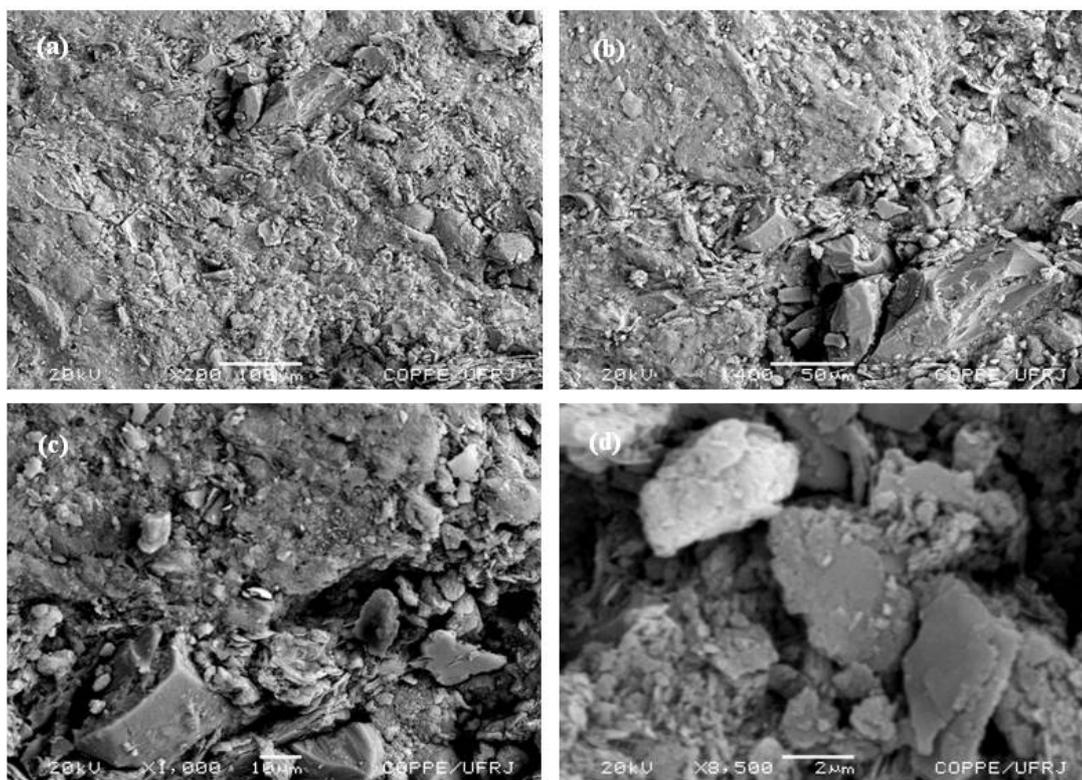


Figura 5: Micrografias obtidas por MEV da cerâmica argilosa com resíduo 10 % em peso de resíduo. As barras de aumento destas micrografias possuem tamanhos de: a) 100 μm ; b) 50 μm ; c) 10 μm ; d) 2 μm .

A Figura 6 mostra que a partícula esbranquiçada de aspecto lamelar presente nas cerâmicas tanto sem resíduo quanto com resíduo incorporado, é predominantemente constituída de Si, Al e Fe. Esta partícula é possivelmente a mica muscovita comumente presente nas argilas de Campos dos Goytacazes [9].

A Figura 7 mostra outra micrografia da cerâmica incorporada com 10 % de resíduo. É possível observar regiões com elevada concentração de Si e de Ca. O Si está associado com um grão de quartzo, também presente nas argilas de Campos. Já o Ca é essencialmente devido ao resíduo, que apresenta carbonato de cálcio, a calcita. Durante a queima, a calcita se decompõe em CaO. Esse CaO pode reagir com os aluminossilicatos formando outras fases cristalinas [10].

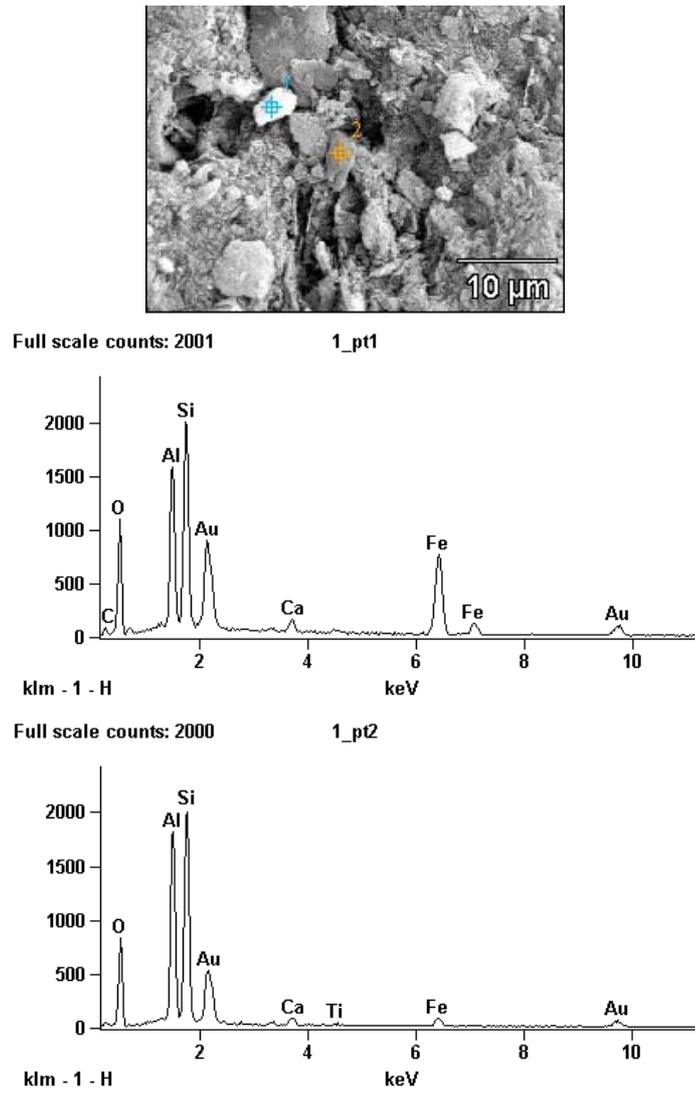


Figura 6: Micrografia obtida por MEV e espectro de EDS da cerâmica argilosa com resíduo 10 % em peso de resíduo.

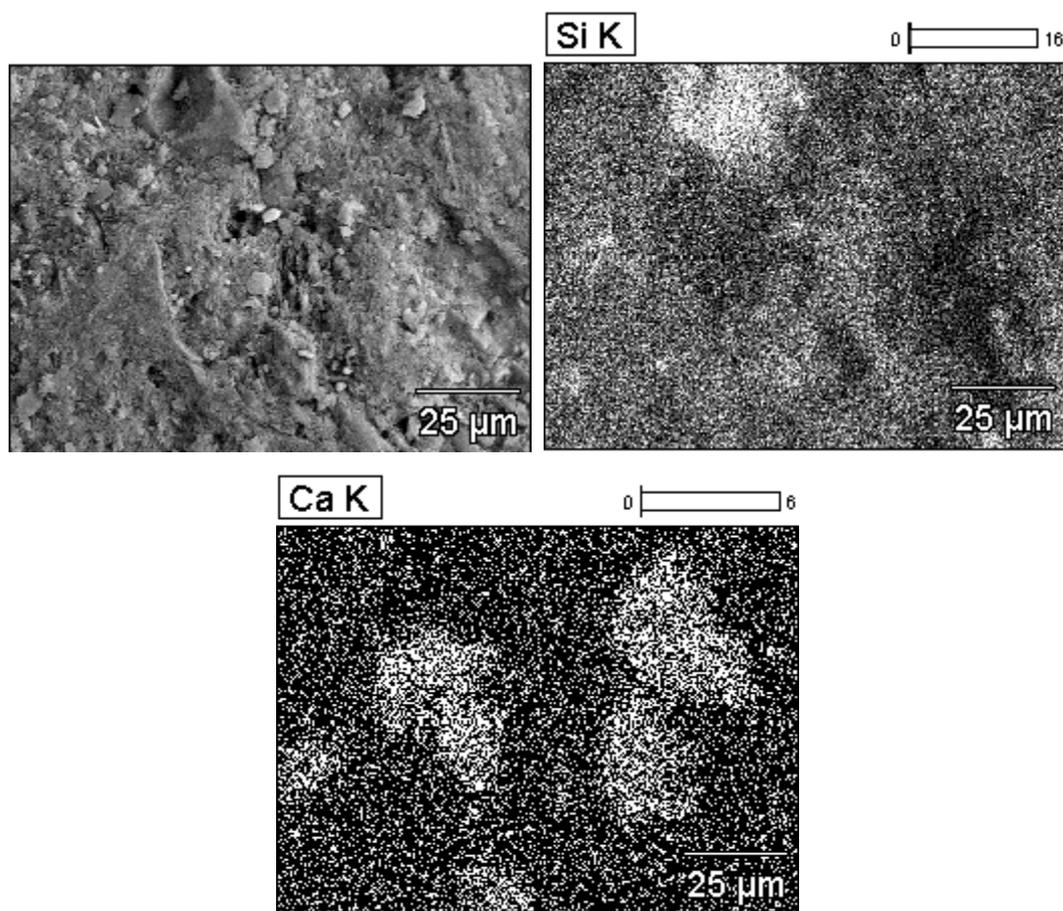


Figura 7: Micrografia obtida por MEV com mapeamento por EDS da cerâmica argilosa com resíduo 10 % em peso de resíduo.

Como considerações finais, pode-se afirmar que este tipo de resíduo acarreta porosidade na cerâmica, quando incorporado em quantidades superiores a 3 %. Por outro lado, devido à presença de celulose, o resíduo contribui para a redução do gasto energético durante a etapa de queima. Há necessidade de dar prosseguimento às pesquisas para verificar se eventuais elementos e substâncias encontradas no resíduo bruto em concentrações elevadas em testes de solubilização se apresentam dentro dos limites aceitáveis estipulados pela norma técnica da ABNT. Deve-se verificar ainda o impacto ambiental do resíduo em relação às emissões gasosas em testes em escala industrial.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho de investigação das alterações nas propriedades físicas e mecânicas, bem como na microestrutura de uma cerâmica argilosa incorporada com até 10 % em peso de resíduo de papel, pode-se concluir que:

- Nos testes laboratoriais foi observado que o resíduo de papel incorporado em quantidades acima de 3 % em peso acarreta incremento na porosidade da cerâmica argilosa. Foi observado que 10 % de resíduo de papel incorporado ocorreu um aumento da absorção de água da cerâmica em 24,4 %. Com 5 % de resíduo de papel incorporado este aumento foi de 8,5 %.
- Por fim, os resultados indicam que é viável tecnicamente a destinação final do resíduo de papel em cerâmica vermelha. Entretanto, sugere-se incorporar o resíduo em quantidade ao redor de 3 % em peso para evitar um aumento demasiado da porosidade que acarrete maior absorção de água e decréscimo na resistência mecânica.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UENF, CAPES e a COPAPA.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel, Avaliação do setor de celulose e papel, Desempenho do setor em 2004. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/economico.asp>, acesso em: 24 dez. 2006.
- [2] SILVA, C.M., PINHEIRO, R.M., SANTOS, J.A., REZENDE, A.A.P., *Relatório Técnico: Resíduos Sólidos da COPAPA*, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.
- [3] CAMPREGHER, N., *Estudo de Viabilidade da Incorporação do Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes da Indústria de Papel, Celulose e Aparas em Material Cerâmico*, Tese de M.Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2005.
- [4] MISAWA, C., *Aproveitamento de resíduos sólidos em fábrica de celulose e papel*, Tese de M.Sc., UFV, Viçosa, MG, Brasil, 2002.
- [5] SILVA, A.R.V., PAPAFAANURAKIS, D.F.G., SILVA, F.N., DANTAS, J., MACEDO, R.S., “Utilização de rejeito de celulose e papel na confecção de blocos cerâmicos”, In: *Congresso Brasileiro de Cerâmica*, pp. 1-9, Blumenau, Jun. 2006.
- [6] PINHEIRO, R.M., VIEIRA, C.M.F., SÁNCHEZ, R., MONTEIRO, S.N. “Caracterização de resíduo de papel” In: *Congresso Brasileiro de Cerâmica*, pp. 1-11, Salvador, Jun. 2007.
- [7] ASTM, American Society for Testing and Materials, Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, C 373-72, 1972.
- [8] ASTM, American Society for Testing and Materials, Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials, C 674-77, 1977.
- [9] MONTEIRO, S.N., VIEIRA, C.M.F., “Characterization of clays from Campos dos Goytacazes, north Rio de Janeiro State (Brazil)”, *Tile & brick international. Freiburg*, v. 18, n. 3, pp. 152-157, 2002.
- [10] BARRA, A., BELTRÁN, V., GARCÍA, J., *et al.*, *Matérias primas para la fabricación de soportes de baldosos cerâmicos*, 2 ed. Capítulo 5, Castellón, España, Instituto de Tecnología Cerámica, 2002.