

AValiação MICROSTRUCTURAL DE CERÂMICA ARGILOSA INCORPORADA COM LODO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL*

Artur Camposo Pereira¹
Fabio Da Costa Garcia Filho²
Noan Tonini Simonassi³
Sérgio Neves Monteiro⁴

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar a microestrutura de cerâmica de argila incorporada com um lixo na forma de lodo gerado durante o tratamento de efluentes de uma indústria de fabricação de papel. A microestrutura de cerâmica incorporada com 0 e 10% em peso de lixo, e depois disparada a 600°C, foi avaliada por microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X. Os resultados mostraram que o desperdício altera a microestrutura da cerâmica argilosa aumentando a porosidade, bem como formando novas fases cristalinas, principalmente com compostos de cálcio.

Palavras-chave: Cerâmica de argila, papel da indústria, lodo, lixo.

MICROSTRUCTURAL EVALUATION OF CLAYEY CERAMIC INCORPORATED WITH SLUDGE FROM PAPER MANUFACTURING

Abstract

This work has for objective to evaluate the microstructure of clayey ceramic incorporated with a waste in the form of sludge generated during treatment of effluent of a paper making industry. The microstructure of ceramics incorporated with 0 and 10 wt.% of waste, and then fired at 600°C, was evaluated by optical microscopy, scanning electron microscopy and X-ray diffraction. The results showed that the waste changes the microstructure of the clayey ceramic increasing the porosity, as well as forming new crystalline phases, mainly with calcium compounds.

Keywords: Clayey ceramic, industry paper, sludge, waste.

¹ Engenheiro de Materiais, Doutorando em Ciência dos Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenheiro de Materiais, Mestrando em Ciência dos Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Engenheiro de Materiais, Doutorando em Ciência dos Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro de Materiais, Seção de ensino de Ciência e engenharia de Materiais, IME - Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 22290-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Com uma produção crescente e pesquisas para melhorar a qualidade de seus produtos, a indústria de papel está gerando constantemente maiores quantidades de lodo de lodo, o que causa impacto ambiental e preocupação econômica. Para enfrentar este problema, algumas alternativas para o uso desta lama estão sendo estudadas na tentativa de mitigar seus efeitos negativos. Uma dessas alternativas é a incorporação das lamas em cerâmicas de argila convencionais. Para as indústrias cerâmicas, a incorporação desta lama como um lixo, além de economizar matéria-prima e beneficiar o meio ambiente, poderia levar à elaboração de novos produtos com qualidade compatível com os existentes no mercado tradicional [1]

Na indústria de fabricação de papel, após o tratamento inicial, os sólidos decantados passam por um processo de desidratação, seguido por um estágio de secagem, no qual é gerada uma matéria sólida, denominada lodo primário. Esta lama se assemelha a uma pasta de papel de cor cinza escuro quando húmida, e cor cinza transparente quando seca e é composta basicamente de caulino, polpa, vestígios de substâncias químicas e água. A maioria das lamas geradas na indústria de celulose e papel depende das características do processo e das técnicas aplicadas. Pode variar significativamente de uma unidade industrial para outra, mesmo no caso de os produtos finais serem semelhantes. Sua composição é de aproximadamente 60% de caulim e 40% de polpa, e esses conteúdos podem variar dependendo do processo [2,3].

Em um trabalho anterior, foi descrita a caracterização de uma lama do tratamento efluente de uma indústria de fabricação de papel, o mesmo tipo de lixo investigado neste trabalho [4]. A avaliação de sua incorporação até 10% em peso sobre as propriedades de um corpo argiloso usado para produção de tijolos foi realizada. O lodo consiste predominantemente em calcita, celulose e caulinita. O conteúdo de carbono foi encontrado como 18%. A análise térmica e termogravimétrica diferencial mostrou que a celulose liberou calor em uma faixa de temperatura entre 200 a 570 ° C, com um pico a 326,5 ° C. Além disso, a temperaturas superiores a 570 ° C ocorreu a decomposição gradual de calcita a uma temperatura máxima de 697,7 ° C. Com respeito às propriedades tecnológicas, a incorporação de 3% em peso de lodo aumenta ligeiramente a resistência mecânica da cerâmica argilosa e não alterou o encolhimento linear e a absorção de água. No entanto, a incorporação em quantidades mais elevadas foi prejudicial à absorção de água e à resistência mecânica da cerâmica argilosa devido à alta perda de peso durante o estágio de queima.

Em uma pesquisa recente [5], o comportamento térmico de tijolos de argila oca constituídos por resíduos de papel foi estudado e seu desempenho térmico foi otimizado. As propriedades térmicas e térmicas das diferentes concentrações de resíduos de papel foram obtidas por meio de testes laboratoriais. Em todos os casos analisados, minimizando a condutividade térmica do material de tijolos e diminuindo a emissividade da radiação superficial dos recessos, causou uma menor transmitância térmica no tijolo. Para explicar todas essas mudanças nas propriedades, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma avaliação microestrutural de um desperdício de lodo de ferro incorporado em cerâmica argilosa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias-primas neste trabalho foram um corpo arcaico kaolinita usado para fabricação de tijolos e telhas [6] e lodo primário gerado na planta de tratamento de efluentes de uma indústria de papel reciclado. Ambas matérias-primas vieram do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Os espécimes retangulares de 114,5 x 25,4 x 10 mm foram obtidos por moldagem de prensa uniaxial a 20 MPa, secaram-se a 110 ° C durante 24 horas e depois dispararam a 600 ° C num forno de laboratório. A taxa de aquecimento foi de 3 ° C / min e isoterma de 120 min à temperatura máxima. O resfriamento ocorreu por convecção natural dentro do forno depois que ele foi desligado.

A microestrutura de cerâmica incorporada com 0 e 10% em peso de lixo foi avaliada por microscopia óptica (OM), microscopia eletrônica de varredura (SEM) e difração de raios X (XRD). Para ambas as análises de microscopia, as amostras foram polidas até o grau 1200 Papel esmerilado. As observações da OM foram conduzidas num modelo de microscópio Agar-Scientific MOTIC. A análise de SEM foi realizada, após as amostras terem sido pulverizadas com ouro, em um microscópio modelo SSX-550 Shimadzu acoplado ao sistema de espectroscopia de energia dispersiva (EDS), operando com elétrons secundários acelerados a 15KV. A identificação qualitativa de fase mineralógica foi realizada por XRD em pó Amostras usando um Seifert, modelo URD 65, difratômetro que opera com radiação de Cu e um ângulo de varredura 2θ , de 10 a 80 °.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra micrografias SEM de 600°C ceras cerâmicas puras (M0) sem incorporação de lodo. Nesta figura, observa-se uma superfície relativamente lisa com partículas de quartzo cinza em diferentes ampliações. Poucos poros e espaços vazios são vistos na amostra M0 pura.

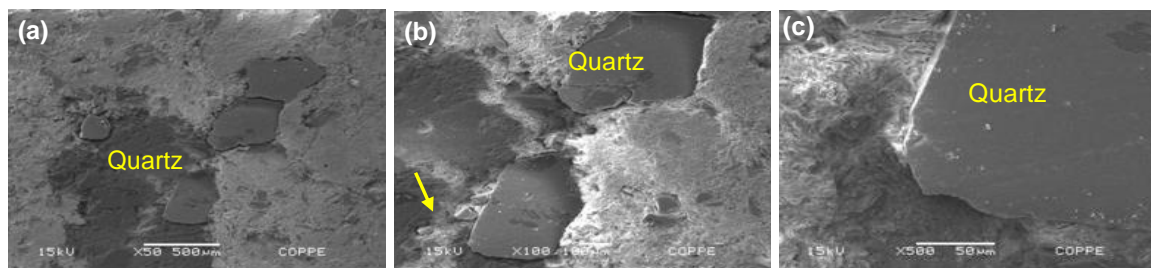


Figura 1. Cerâmica despedida sem resíduos (a) 50 x; (B) 100 x e (c) 500 x.

Em contrapartida, a Fig. 2 para a cerâmica de argila incorporada (M10) de 10wt.% De lodo de 600°C exibe micrografias SEM com uma superfície comparativamente mais áspera. Com maior ampliação, figura 2 (c), partículas distintas e vários poros devem ser observados. As partículas distintas são associadas com as lamelas incorporadas, enquanto os poros aparentemente são devidos à queima de matéria orgânica na lama, que libera CO₂ durante o estágio de queima. Essas características causam não apenas a superfície mais áspera, a Fig. 2 (a), mas também a ocorrência de porosidade aberta responsável pela absorção de água que prejudica o desempenho tecnológico da cerâmica de argila convencional, como tijolos e telhas.

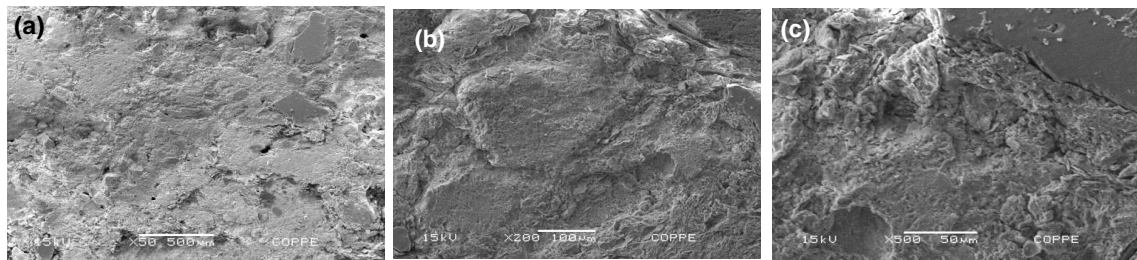


Figura 2. Cerâmica despedida com 10% em peso de lixo (a) 50 x; (B) 100 x e (c) 500 x

Nas Figuras 1 e 2, verificou-se que as partículas de quartzo possuem tamanhos da ordem de 40 a 60 μm . Essas partículas de quartzo sofrem, no estágio de queima de cerâmica, transformação alotrópica associada à mudança de volume, que promove a aparência de espaços vazios e microfissuras observados nas Figuras 1 e 2 nas interfaces das partículas.

A Figura 3 apresenta uma micrografia MEV da superfície de uma amostra de M10 que é acionada a 600°C. Os espectros de EDS dos pontos 1 e 2, marcados na micrografia SEM, também são mostrados na Fig. 3. Em princípio, os pontos 1 e 2 estão localizados nas fases geradas a partir das lamelas durante o estágio de queima de cerâmica. Essas fases são provavelmente portlandite e silicato de cálcio, conforme demonstrado pela XRD. Ambas as fases associadas às lamelas são consideradas prejudiciais às propriedades tecnológicas cerâmicas devido à sua forte tendência a absorver água e causar porosidade.

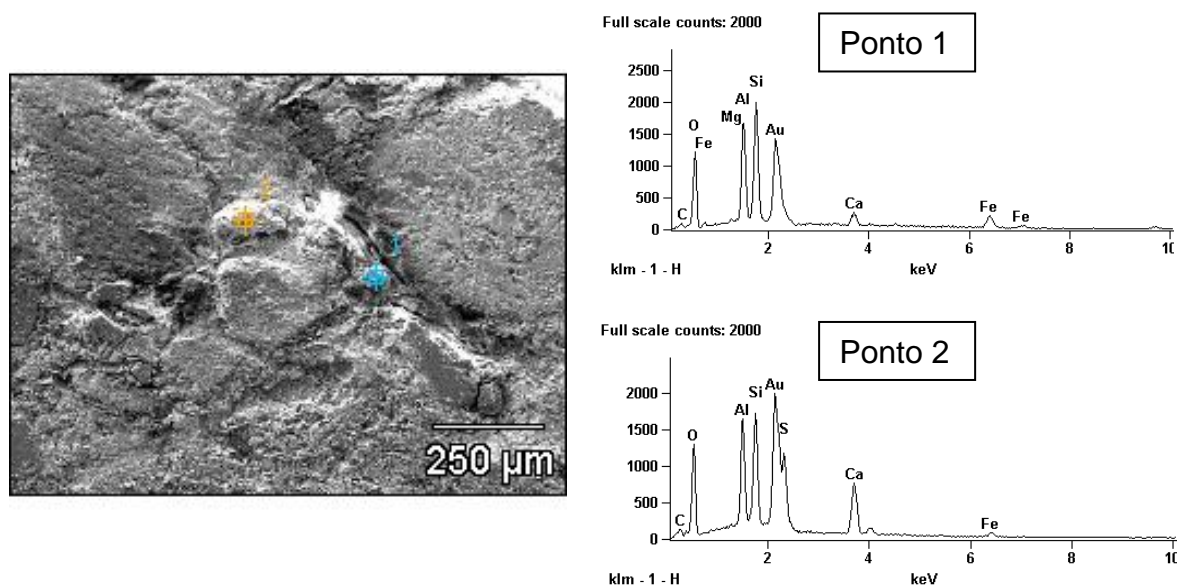


Figura 3. Micrografia MEV de cerâmica atirada com 10% em peso de lixo com espectros EDS dos pontos selecionados 1 e 2

A Figura 4 apresenta os espectros XRD das cerâmicas de M0 e M10. Em ambas as cerâmicas (a) puras e (b) incorporadas, os picos correspondentes à mica muscovita (M), quartzo (Q) e microclina (MI) são comumente observados. Essas fases naturais normalmente encontradas em argilas e existentes na matéria-prima básica utilizada para fabricação de cerâmica argilosa. Na cerâmica incorporada M10 com 10% de lodo, Fig. 4 (b), foram detectadas outras fases, como calcita (Ca), portallandita (P) e silicato de cálcio (S). Essas fases resultam da incorporação de

lodo. De fato, a calcita é um componente mineralógico da lama, enquanto o silicato de portlandite e cálcio está associado à decomposição térmica parcial da calcita na fase de queima de cerâmica.

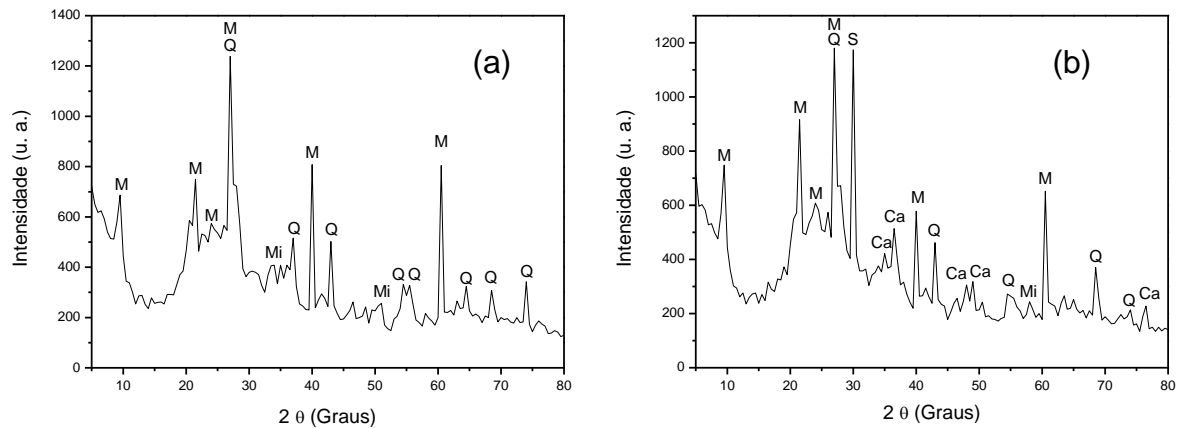


Figura 4. Difração de raios X de cerâmica atirada. (A) sem resíduos e (b) com 10% em peso de lixo. M = mica muscovita; Mi = microclina; Q = quartzo; Ca = calcita; P = portlandite; S = silicato de cálcio

A Figura 5 mostra imagens de OM da superfície polida de (a) ceras puras e (b) de 10% de lodo incorporadas a 600°C. A esta temperatura de disparo, a fase predominante e contínua é a metacaulinasa resultante da perda dos hidroxilos de caulinite. Uma vez que o metacaolinite é uma fase amorfa, não aparece nos espectros XRD da Fig. 4. Em ambos, Fig. 5 (a) e 5 (b), a metacaolinite corresponde à fase cinza que envolve as partículas de mica (círculo preto) E quartzo (setas pretas), para a amostra M0, bem como a calcita (círculos brancos), para a amostra M10. Porosidade e microfissuras também são vistos na Fig. 5 (b).

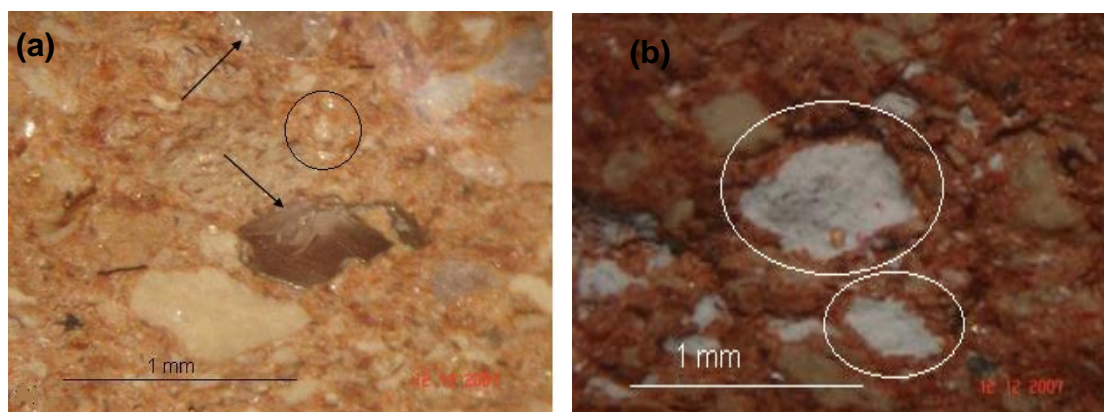


Figura 5. Micrografias ópticas de cerâmica cozida sem resíduos

A incorporação de 10% em peso de lodo de papel em uma cerâmica argilosa típica acionada a 600°C, geralmente processada em Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, no Brasil, resulta em fases à base de cálcio. Essas fases, em associação com a queima de matéria orgânica existente nas lamas, podem gerar uma maior quantidade de porosidade aberta e microfissuras interfaciais, Fig. 2 (c) e 5 (b). Quantidades de lodo acima de 10% devem ser prejudiciais às propriedades técnicas da cerâmica argila cozida.

4 CONCLUSÃO

- A incorporação de resíduos de lodo de papel, em quantidade de 10% em peso em uma cerâmica de argila caulínica que foi acionada a 600°C, revelou alterações macroestruturais importantes.
- A incorporação de lodo causou uma superfície comparativamente mais áspera com maior porosidade e evidência de microfissuras na interface de partículas à base de cálcio.
- A difração de raios X identificou a existência de cálcita, bem como compostos de cálcio que resultaram da decomposição térmica da calcita.
- As fases à base de cálcio e a matéria orgânica existente nos resíduos de lodo são responsáveis pelo aparecimento de porosidade e defeitos microestruturais na cerâmica argilada a 600°C. Propõe-se que 10% em peso sejam a quantidade máxima de lodos incorporados.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências brasileiras CNPq, proc. N. 302930 / 2014-0, CAPES e FAPERJ, proc. N. E-26 / 201.192 / 2014 para apoiar este trabalho de pesquisa. Os autores também agradecem as instalações fornecidas pela indústria de papel reciclado Rodolfo de Azevedo Gama Cerâmica e Copapa.

REFERÊNCIAS

1. N. Campregher, Study the feasibility of incorporating the sludge from wastewater treatment plant of the paper, pulp and chips in ceramic material (in Portuguese), M.Sc. Thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, SC (2005).
2. C.M. Silva, Resíduos sólidos da Copapa. Viçosa-MG, Universidade Federal de viçosa. 24p. technical report (2006).
3. V.D.L. Lébeis, Viability of the use of waste from paper fabrication in mortar (in Portuguese), M.Sc. Thesis, UNICAMP, Campinas, SP , (2003).
4. R.M. Pinheiro, C.M.F. Vieira, S.N. Monteiro, R. Sánchez, D. Souza, Characterization and incorporation of paper sludge waste into clay bricks. In: Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Cancun. REWAS 2008. Warrendale: The minerals, Metals & Materials Society (TMS), 2008. v. 1. pp. 1157-1162.
5. M. Sutcu, J.J.C. Díaz, F.P.A. Rabanal, O. Gencel, S. Akkur, [Thermal performance optimization of hollow clay bricks made up of paper waste](#), Energy and Buildings 75 (2014) 96-108.
6. C.M.F.Vieira, D.N. Henriques, C.C. Peiter, E.A. Carvalho, S.N. Monteiro, Utilização de gnaiss fino em massa cerâmica para telhas, Matéria 11 (2006) 211–216.