

# COMPÓSITOS CERÂMICOS DE LODO DE ETA EM MATRIZ ARGILOSA<sup>(1)</sup>

Jean Igor Margem<sup>(2)</sup>  
Carlos Mauricio Fontes Vieira<sup>(3)</sup>  
Alcione Duarte Ferreira<sup>(4)</sup>  
Marcelo Barcellos Motta<sup>(5)</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>(6)</sup>

## Resumo

Este trabalho tem por objetivo investigar a influência de lodo proveniente de estação de tratamento de água, nas propriedades de queima de massa de cerâmica vermelha, comumente utilizada para fabricação de tijolos, telhas, pisos rústicos e blocos estruturais. O lodo foi coletado na etapa de decantação de uma estação de tratamento de água de município do interior do Estado do Rio de Janeiro. Este lodo foi inicialmente submetido a ensaios de caracterização para determinação de sua distribuição de tamanho de partículas, composição química e composição mineralógica. Foram preparadas composições com percentuais de lodo de 0, 5, 10, 20 e 30% em peso, incorporados em massa de cerâmica vermelha argilosa. Corpos-de-prova cilíndricos foram obtidos por prensagem uniaxial a 20 MPa para queima a 750°C. As peças produzidas foram submetidas a ensaios de compressão diametral, retração linear, absorção de água e perda ao fogo. Os resultados indicaram que a incorporação de lodo de estação de tratamento de água aumenta a porosidade da cerâmica acarretando um incremento da absorção de água e redução da resistência mecânica. Os resultados sinalizam para uma avaliação com incorporações de lodo em quantidades menores que 5% em peso.

**Palavras-chave:** Cerâmica vermelha; Incorporação; Lodo de ETA.

<sup>1</sup> 60º Congresso Anual e Internacional da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM, Belo Horizonte, 23 a 25 de julho de 2005.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Gerente de Meio Ambiente e Recursos Hídricos TECNORTE - Pq de Alta Tecnologia do Norte Fluminense.

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico, professor Visitante do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes.

<sup>4</sup> Técnico em Saneamento, Diretor do Interior da CEDAE – Cia. Estadual de Águas e Esgotos –RJ.

<sup>5</sup> Engenheiro Civil, Assessor do Diretor do Interior da CEDAE – Cia. Estadual de Águas e Esgotos –RJ.

<sup>6</sup> Engenheiro Metalurgista, sócio da ABM, professor titular do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes.

## INTRODUÇÃO

A incorporação de resíduos sólidos industriais e municipais em argilas para fabricação de cerâmica vermelha vem se tornando uma prática bastante investigada no meio científico (DONDI, *et. al.* 1997 a, b). Isto é atribuído à possibilidade de se dar uma destinação final ambientalmente correta aos resíduos bem como uma inertização de elementos potencialmente tóxicos. Alguns tipos de resíduos podem ainda contribuir para melhorar o processamento da cerâmica e suas propriedades tecnológicas (DONDI, *et. al.* 1997 a, b).

O sistema argila/resíduo pode ser visto como um material compósito modelado de forma simplificada através do reconhecimento das diversas fases da estrutura de uma cerâmica incorporada com resíduo (SOUZA *et. al.*,2003) . Na verdade o modelo não é único, pois depende das características do resíduo incorporado. Desta forma, a caracterização do resíduo e a influência de sua incorporação na argila devem ser avaliadas.

O setor de saneamento básico em todo o mundo é de grande importância para a qualidade de vida da população. No entanto, esta atividade em muitos municípios brasileiros gera enormes quantidades de resíduos que são descartados diariamente nos corpos hídricos (DACACH, 1991). O simples descarte deste resíduo que vem das unidades de decantação e filtração de Estações de Tratamento de Água (ETA), acaba causando poluição no meio ambiente. Assim, esta prática deve ser evitada, devido ao alto grau poluidor gerado pelas contaminações de matéria orgânica que chega a ser letal para a espécie humana. Desta forma, é necessário o emprego de tecnologias limpas que permitam o seu aproveitamento ou reciclagem como matéria eco-eco (econômica – ecológica), pois, levando-se em conta o elevado potencial poluidor, seu manuseio e descarte representam um alto custo na operação das indústrias.

O aproveitamento de lodos de ETAs na indústria de cerâmica vermelha pode contribuir para diminuição do impacto ambiental gerado pelas retro-lavagens diárias nas ETAs que descartam os lodos de volta ao meio aquático. Pode-se ainda reduzir a quantidade de argila utilizada, fazendo com que este recurso não renovável torne-se mais duradouro.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da incorporação de até 30% em peso de lodo de ETA nas propriedades de uma massa de cerâmica vermelha argilosa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: massa argilosa utilizada para fabricação de cerâmica vermelha no município de Campos dos Goytacazes e um lodo proveniente da limpeza dos tanques de decantação da Estação de Tratamento de Água (ETA) da CEDAE do município de Itaperuna, noroeste do Estado do Rio de Janeiro. A massa de cerâmica vermelha é predominantemente composta de caulinita, quartzo, mica muscovita e gibsita (VIEIRA *et. al.*,2003).

Após coleta das matérias-primas, foi realizado um beneficiamento que consistiu de secagem até peso constante, destorroamento manual e peneiramento em malha 20 (840  $\mu$ m).

O lodo de ETA foi submetido a ensaios de composição química, difração de raios-X (DRX) e distribuição de tamanho de partícula. A composição química foi determinada por fluorescência de raios-X em equipamento Philips PW 2400. O

ensaio de DRX foi realizado num difratômetro marca Seifert, modelo URD 65, operando com radiação de Cu-K $\alpha$ , e 2 $\theta$  variando de 5° a 65°. A distribuição de tamanho de partícula foi determinada por peneiramento e sedimentação de acordo com norma técnica (ABNT, 1984).

Foram elaboradas cinco composições com incorporação de lodo de ETA à massa de cerâmica vermelha nos seguintes percentuais em peso: 0, 5, 10, 20 e 30. Estas composições foram homogeneizadas a seco em galga misturadora de pista lisa por 30 minutos.

Corpos-de-prova cilíndricos com diâmetro de 20,1 mm e espessura de 0,9 mm foram conformados por prensagem uniaxial a 20 MPa. Em seguida, os corpos-de-prova com umidade de 8% foram inicialmente secos em estufa a 110°C até peso constante. A queima dos corpos de prova foi realizada em forno de laboratório a 750°C, típica temperatura de queima de blocos de vedação por indústrias de Campos dos Goytacazes. As propriedades tecnológicas de queima determinadas foram: absorção de água, retração linear absorção de água, compressão diametral e perda ao fogo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a composição química, composição mineralógica e granulometria do lodo de ETA. Observa-se que o lodo apresenta elevada perda ao fogo PF, que está associada à presença de matéria orgânica e argila. Com relação aos óxidos, o lodo é predominantemente composto de alumina – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sílica – SiO<sub>2</sub> e hematita – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. O elevado teor de alumina está associado à presença de argila e de gibsita (hidróxido de alumínio – Al(OH)<sub>3</sub>) e à utilização de sulfato de alumínio na ETA que tem a função de agente floculante. A sílica está associada também à argila e à presença de quartzo. A hematita também está associada à argila como impureza, bem como substituindo parcialmente a alumina no retículo cristalino da argila. Os demais óxidos estão associados a impurezas presentes como cátions trocáveis na estrutura da argila. Com relação à composição mineralógica, o lodo de ETA analisado é constituído de caulinita, quartzo e gibsita. A granulometria do lodo é extremamente fina, sendo formada por 86,5% de partículas com diâmetro esférico equivalente < 2  $\mu$ m. Estas partículas estão associadas à fração argila. Com isso, o lodo de ETA é considerado um material plástico, devendo apresentar elevada plasticidade na mistura com água (ABAJO, 2000).

**Tabela 1.** Características do lodo de ETA.

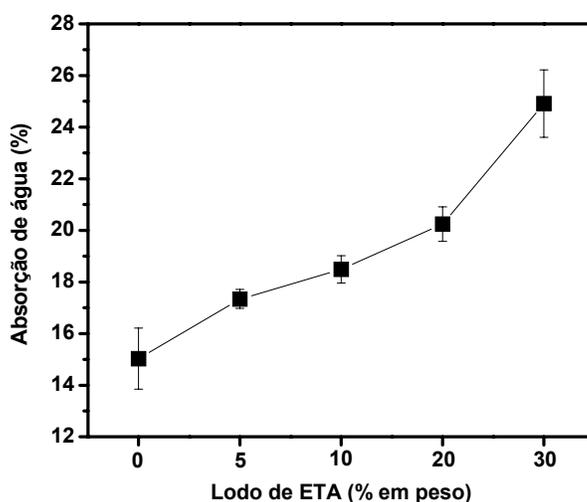
<b>Composição Química</b> (% em peso)	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MnO</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>PF</b>
	24,68	30,39	11,59	0,90	0,35	0,35	0,16	0,17	30,67
<b>Composição mineralógica</b>	<b>Caulinita</b>		<b>quartzo</b>			<b>Hidróxido de alumínio</b>			
	xxx*		x*			x*			
<b>Granulometria</b> $\mu$ m (% em peso)	<b>&lt; 2 argila</b>		<b>2-60 silte</b>	<b>60-200 areia fina</b>		<b>200-600 areia média</b>		<b>600-2000 areia grossa</b>	
	86,5		11,5	1,6		0,3		0	

\* Indicação de composição quantitativa aferida através da intensidade dos picos de Difração de Raios –X.

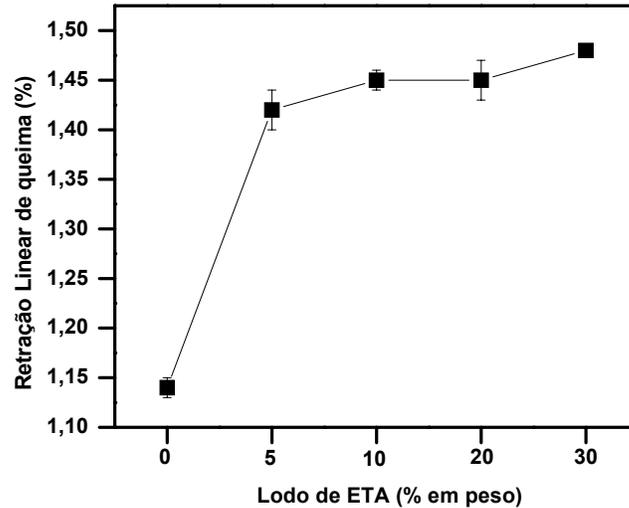
As Figuras 1 a 4 apresentam as propriedades tecnológicas das composições estudadas queimadas a 750°C que corresponde à temperatura máxima mais utilizada pelas industriais cerâmicas de Campos dos Goytacazes para fabricação de blocos de vedação.

De acordo com a Fig. 1, que mostra a absorção de água da massa de cerâmica vermelha em função da quantidade de lodo de ETA incorporada, observa-se que a adição de lodo aumenta significativamente a absorção de água da cerâmica vermelha. Este comportamento é ainda mais significativo com o incremento da quantidade de lodo incorporada.

De acordo com a Figura 2, observa-se que a incorporação de lodo de ETA aumentou consideravelmente a retração linear de queima da massa de cerâmica vermelha. Entretanto, não ocorreu variação significativa no parâmetro analisado em função do incremento de lodo de ETA incorporado.



**Figura 1.** Absorção de água da massa de cerâmica vermelha queimada a 750°C em função do teor de lodo de ETA incorporado.

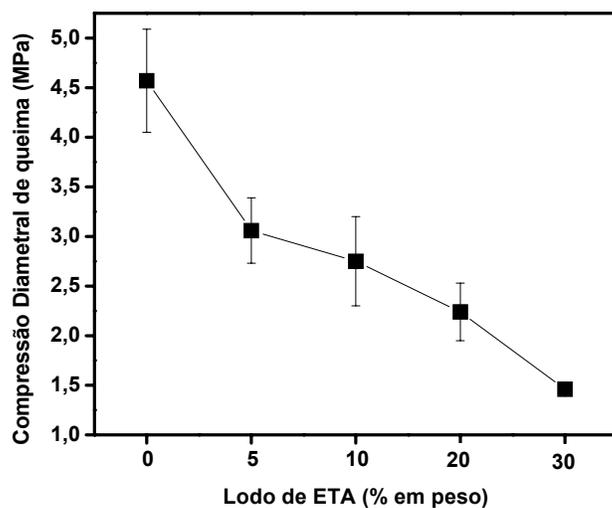


**Figura 2.** Retração linear da massa de cerâmica vermelha queimada a 750°C em função do teor de lodo de ETA incorporado.

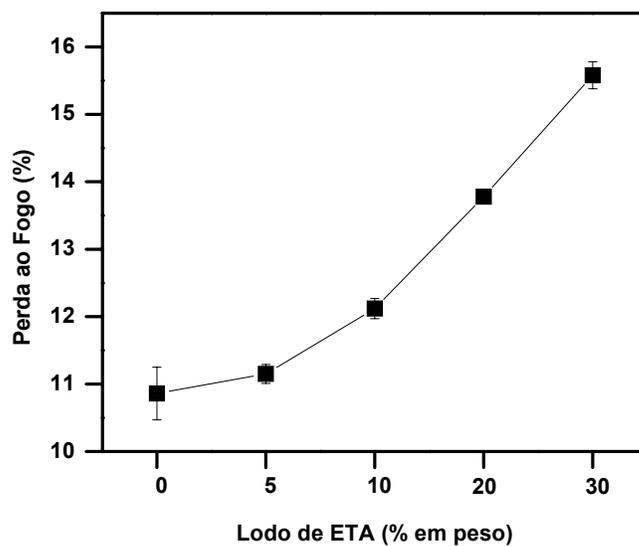
A Figura 3 mostra o comportamento da compressão diametral da massa cerâmica em função da quantidade de lodo de ETA incorporado. Observa-se que a compressão diametral diminui com o incremento de lodo de ETA.

Os resultados apresentados indicam um incremento da absorção de água, incremento da retração linear e redução da resistência mecânica com a incorporação de lodo de ETA a uma massa de cerâmica vermelha queimada a 750°C. Estes resultados estão associados a um incremento significativo da perda de massa durante a queima da cerâmica vermelha, conforme mostrado na Figura 4. A perda de massa contribui para o aumento da porosidade da cerâmica, justificando assim os resultados tecnológicos das cerâmicas queimadas. De acordo com a composição química do lodo de ETA, Tabela I, a sua elevada perda ao fogo de 30,67%, conforme já discutido, está associada à presença de caulinita e à matéria orgânica.

Finalmente é importante enfatizar que as partículas de lodo de ETA têm composição, granulometria e morfologia diferente das partículas de argila da massa cerâmica onde foram incorporadas. Assim, o sistema lodo de ETA / argila comporta-se como um material compósito de matriz cerâmica com partículas dispersas de outra cerâmica distinta. Mesmo após a queima, as fases do compósito continuarão separadas por interfaces condicionando as propriedades do material como mostrado nas Figuras 1 a 4. Qualquer tentativa de mudar as propriedades de uma cerâmica incorporada com lodo de ETA deve basear-se nas regras que se aplicam aos compósitos (SOUZA *et. al.*,2003).



**Figura 3.** Compressão diametral da massa de cerâmica vermelha queimada a 750°C em função do teor de lodo de ETA incorporado.



**Figura 4.** Perda ao fogo da massa de cerâmica vermelha queimada a 750°C em função do teor de lodo de ETA incorporado.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho de caracterização de um lodo de ETA e avaliação de sua influência nas propriedades de queima da cerâmica vermelha, foi possível concluir que:

- O lodo de ETA é composto predominantemente por argila que é de predominância caulínica. O lodo apresenta elevado teor de PF,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $Fe_2O_3$ .
- A incorporação de lodo de 5 até 30% em peso numa massa argilosa de cerâmica vermelha queimada a  $750^\circ C$  aumenta a absorção de água, a retração linear e a perda ao fogo e reduz a resistência mecânica.
- A otimização das propriedades do composto lodo de ETA / argila deve ser obtida com incorporações de lodo em teores menores que 5% em peso.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Cerâmica São José pelo fornecimento das matérias-primas, a CEDAE através da sua diretoria do interior que viabilizou as coletas em conjunto com a FENORTE / TECNORTE e a UENF/FAPERJ.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1 DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – A review. *Tile & Brick Int* , v. 13, n. 3, p. 218-225, 1997a.
- 2 DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – A review (part 2). *Tile & Brick Int*. v. 13, n. 4, p. 302-309, 1997b.
- 3 DE SOUZA, E. T. A.; VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. Sistema Argila-Resíduo, uma Análise Fundamental de Compósitos com Matriz Cerâmica, 2003, RJ: ABM, 2003. p. 1915-1925.
- 4 DACACH, N. G. Sistemas Urbanos de Água. São Paulo, 1991.
- 5 VIEIRA, C. M. F.; SOARES, T. M. ; MONTEIRO, S. N. Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima. *Cerâmica* v. 49 n. 312. p. 245-250, 2003.
- 6 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Solo – Análise Granulométrica. NBR – 7181, p. 13, 1984.
- 7 ABAJO, M. F. Manual Sobre Fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos. Espanha; Ed. Beralmar S.A., 2000.

# CERAMIC COMPOSITES OF WATERWORKS SLUDGE INTO CLAYEY MATRIX<sup>(1)</sup>

Jean Igor Margem<sup>(2)</sup>  
Carlos Mauricio Fontes Vieira<sup>(3)</sup>  
Alcione Duarte Ferreira<sup>(4)</sup>  
Marcelo Barcellos Motta<sup>(5)</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>(6)</sup>

## Abstract

This work had as its objective to investigate the influence of a sludge from a water treatment station, WTS, in the firing properties of red ceramic bodies commonly used to fabricate bricks, roofing tiles, rustic ceramic tiles and structural bricks. The sludge was collected at the decant stage of a municipal WTS in the State of Rio de Janeiro. The sludge was initially submitted to characterization tests to determine its particle size distribution, chemical and mineralogical compositions. Compositions were then prepared with incorporation of 0, 5, 10, 20 and 30 wt. %. Cylindrical specimens mold pressed from these compositions with a 20 MPa uniaxial pressured were fired at 750°C. These specimens were tested for the diametral compression, linear shrinkage, water absorption and loss on ignition. The results indicated that the WTS sludge incorporation increases the porosity of the ceramic, which causes an increment in the water absorption and a reduction in the mechanical strength. This results indicate that the amount of incorporated WTS sludge should be lesser than 5 wt. %.

**Key-words:** Red ceramic; Incorporation; Waterworks sludge.

<sup>1</sup> 60° Congresso Anual e Internacional da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM, Belo Horizonte, 23 a 25 de julho de 2005.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Gerente de Meio Ambiente e Recursos Hídricos TECNORTE - Pq de Alta Tecnologia d

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico, professor Visitante do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes.

<sup>4</sup> Técnico em Saneamento, Diretor do Interior da CEDAE – Cia. Estadual de Águas e Esgotos –RJ.

<sup>5</sup> Engenheiro Civil, Assessor do Diretor do Interior da CEDAE – Cia. Estadual de Águas e Esgotos –RJ.

<sup>6</sup> Engenheiro Metalurgista, sócio da ABM, professor titular do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes.