

## Reúso da Torta de Decantadores de Indústrias Cerâmicas

J. D. S. Matos<sup>a</sup>, J. C. C. Santana<sup>b</sup>, R. R. Souza<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe – UFS, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av. Mal Rondon, S/N, Rosa Elze, 49.100-000 São Cristóvão - SE, Brasil

<sup>b</sup>Departamento de Engenharia de Sistemas Químicos, Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Campinas – UNICAMP, CP 6066, 13083-970 Campinas - SP, Brasil

\*e-mail: rrsouza@ufs.br

**Resumo:** Foi desenvolvido neste trabalho uma maneira de reutilizar a torta do lodo do tanque de decantação da estação de tratamento de água de uma indústria cerâmica do estado de Sergipe, tendo como finalidades à redução dos custos de produção da cerâmica, bem como a redução dos rejeitos enviados para aterros e por consequência a eliminação de um impacto ambiental significativo. Os resultados mostraram que a adição do lodo aumenta a resistência e a retração linear, reduz a absorção de umidade e a perda ao fogo dos revestimentos cerâmicos obtidos, mostrando ser viável seu emprego na obtenção destes produtos, além de reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte deste lodo no meio ambiente.

**Palavras-chave:** reúso, qualidade, cerâmica, reciclagem do lodo, sustentabilidade.

### 1. Introdução

Na atual economia mundial globalizada, o Brasil se consolida como o maior mercado ocidental de revestimentos cerâmicos. Inserido nesse cenário, o Estado de Sergipe, é hoje um dos maiores pólos cerâmicos do país. No entanto, estas indústrias geram resíduos, como a raspa do lodo do tanque de decantação, que são geralmente descartados no meio ambiente sem nenhum tratamento prévio e assim contaminando as áreas circunvizinhas.

Os aterros industriais, criados e projetados especialmente para disposição de resíduos sólidos industriais, são as alternativas mais procuradas pelas empresas para redução dos impactos ambientais causados por seus resíduos. Porém, alguns métodos vêm sendo propostos como alternativa ao tratamento destes rejeitos, alcançando resultados interessantes do ponto de vista econômico e de preservação do meio ambiente. Assim a reciclagem, palavra de ordem dentro dos sistemas modernos de gerenciamento, surge como importante opção, em face de sua grande flexibilidade operacional e da possibilidade de sua aplicação em sistemas de baixo custo. Dentre as inúmeras vantagens do reaproveitamento dos resíduos, pode-se citar:

- Diminuição da quantidade de resíduos enviados para aterros industriais, diminuindo assim, os custos com destinação e transporte;
- Economia de energia e recursos naturais;
- Melhoria de imagem da empresa frente ao mercado consumidor;
- Redução dos custos industriais mediante a incorporação de resíduos em seus processos produtivos.

Vários estudos já foram realizados visando à utilização de resíduos industriais oriundos de diversos processos de fabricação em massas cerâmicas.

Em seu estudo, Vicenzi (1999)<sup>6</sup>, analisou a utilização de escória de aciaria em uma massa de piso cerâmica, nas temperaturas de queima de 850, 950 e 1050 °C, com percentuais de 2, 5 e 10% e concluiu que tal resíduo diminui a temperatura de sinterização, porosidade aparente e absorção de água e aumenta a resistência mecânica dos pisos, sendo os melhores resultados obtidos nos corpos de prova contendo 2% do resíduo.

Neves (2000)<sup>3</sup>, estudaram sobre o aproveitamento dos resíduos oriundos do beneficiamento de granitos na fabricação de tijolos cerâmicos. Os resultados obtidos, após diversos ensaios de caracterização das propriedades químicas e físicas, com 31% de lodo e temperatura na faixa de 1000 a 1200 °C, indicaram que é possível a utilização destes resíduos na fabricação de tijolos maciços sem que estes percam sua qualidade. Isto também foi comprovado por Xavier (2001)<sup>7</sup>, quando empregou rejeitos oriundos do corte de blocos de mármore, de indústrias de beneficiamento de mármore e granitos, em massas cerâmicas.

As propriedades mecânicas de revestimentos cerâmicos contendo adições de resíduos queimados de indústrias cerâmicas foram avaliadas em um estudo recente. Foi observado que com as mudanças sofridas nas propriedades comuns aos revestimentos cerâmicos houve uma melhora na qualidade dos mesmos, o viabiliza a utilização desse resíduo no processo de fabricação<sup>2</sup>.

A viabilidade de obtenção de placas cerâmicas para revestimentos, a partir da incorporação de resíduos de diversos setores industriais foi avaliada em pesquisa recente. Nas formulações foram acrescentados percentuais até 10% de resíduos gerados de diversas indústrias (de revestimentos cerâmicos, metalúrgicas e mineradoras) na composição dos corpos de prova. O material foi sintetizado entre 900 e 1120 °C. Concluíram que é possível utilizar matérias-primas não convencionais e obter um comportamento semelhante aos produtos fabricados com matérias-primas tradicionais<sup>4</sup>.

O efeito da adição de 3 a 9% de resíduo sólido “raspa” a uma massa padrão de revestimentos cerâmicos fabricados por via seca foi estudado por Ferrari et al. (2002)<sup>1</sup>. Este verificou que ocorreu uma melhora no teor de absorção de água da peça cerâmica sem alterar, significativamente, a retração linear e a perda ao fogo, além de aumentar a resistência mecânica das peças após a queima.

No presente trabalho desenvolveu-se uma forma de reutilização da torta do tanque de decantação, por sua adição ao composto cerâmico padrão da Cerâmica Sergipe S/A (Nossa Senhora do Socorro – SE), tendo como finalidades à redução dos custos de produção da cerâmica, bem como a redução dos rejeitos enviados para aterros e por consequência a redução do impacto ambiental significativo.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Escolha do material

A raspa do lodo da torta do decantador da Estação de Tratamento da Cerâmica Sergipe S/A foi utilizada como uma das matérias primas a ser adicionado ao revestimento cerâmico padrão, da empresa<sup>1</sup>.

### 2.2. Confeção do corpo de prova

Como o material recolhido, apresentou uma alta umidade, este foi colocado em estufa a 60 °C por 2 horas e em seguida peneirado na malha 200 “mash”, o qual apresentou umidade em torno de 1,0%<sup>1</sup>.

Para os ensaios foi incorporada a massa padrão proporções variadas da raspa do lodo em percentuais de 3, 5, 8, 10, 12, 20, 30, 50, 60, 80, 86%, em relação à massa padrão. Os corpos de prova tiveram dimensões de 10,0 × 5,0 × 0,75 cm<sup>3</sup>, foram compactados a uma pressão de 300 kgf/cm<sup>2</sup>, com umidade inicial próxima de 8,0%. Estes foram secos e queimados a temperaturas variando entre 100 à 1000 °C<sup>3,4,6</sup>.

### 2.3. Análises dos corpos de prova

Após a queima das peças, foram avaliados os seguintes parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade dos revestimentos cerâmicos obtidos, seguindo as normas da NBR<sup>4,5</sup>.

#### 2.3.1. Determinação do índice de absorção de umidade (ABS)

Que compreende a quantidade de umidade que o produto pode absorver, e quanto menor este for melhor é o produto obtido. As peças foram mergulhadas em água e deixadas até que se atingisse o equilíbrio de absorção de umidade. Neste caso, todas as peças ficaram imersas por um dia (Equação 1):

$$ABS = \frac{(PU - PQ)}{PQ} \times 100 \quad (1)$$

onde  $PQ$  é peso da peça queimada e  $PU$  é o peso úmido da peça.

#### 2.3.2. Perda ao fogo (PF)

A massa dos corpos foi medida antes e depois da queima, para a percepção da redução desta após o término do processo. Seu cálculo é feito através da Equação 2:

$$PF = \frac{(PS - PQ)}{PS} \times 100 \quad (2)$$

onde  $PS$  é o peso da peça seca antes de entrar nos fornos.

#### 2.3.3. Retração linear (RL)

A medida da redução do comprimento linear dos revestimentos foi feita com paquímetro antes e depois da queima (Equação 3).

$$RL = \frac{(LS - LQ)}{LS} \times 100 \quad (3)$$

onde  $LS$  e  $LQ$  são as medidas dos comprimentos do corpo seco e após a queima, dada em m.

#### 2.3.4. Medição do módulo de ruptura a flexão (MRF) e da carga de ruptura (CR)

Foram realizados na máquina de ruptura. Nesta, uma determinada força é aplicada sobre o revestimento cerâmico, a qual é aumentada até que se observe o aparecimento de rachaduras no mesmo. A diferença entre estes parâmetros se encontra na forma em que o revestimento é posto na máquina. No primeiro caso, o contato entre a máquina e a peça ocorre de forma que esta sofra pressão em duas superfícies

laterais, extremas, forçando o revestimento a sofrer flexão até a fratura. Já no segundo caso a força é aplicada sobre as duas maiores superfícies do revestimento até que este sofra rachadura.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Resultados da reciclagem do lodo.

De acordo as análises efetuadas em amostras do lodo do tanque de decantação incorporadas a massa padrão foram feitos quatro análises para cada variação da concentração da raspa e cujos valores médios estão sendo apresentados de acordo a Tabela 1.

Partindo-se dos dados da Tabela 1 foi construída a Figura 1, para uma melhor interpretação dos parâmetros: retração linear (RL), índice de absorção de umidade (ABS) e perda ao fogo (PF) sob influência da composição da massa de raspa no corpo de prova.

De acordo com a Figura 1, pode ser observado que o aumento da concentração do lodo, na massa padrão, eleva a retração linear de forma significativa e acima do máximo permitido (~7%) a partir dos 20% de concentração. Já o índice absorção de umidade, reduziu com o aumento da adição do lodo à massa padrão, sendo melhor que a mesma em todos os ensaios, já que quanto menor for à absorção de umidade, melhor será a qualidade do material cerâmico obtido (máximo permitido é 8%)<sup>2,4</sup>.

Em referência a perda ao fogo, os valores tenderam a aumentar com relação a massa padrão (0%), tendo uma diminuição nas altas concentrações do lodo. Isto provavelmente se deu devido à alta

Tabela 1. Valores médios obtidos de RL, ABS e PF.

Raspa (%)	RL (%)	ABS (%)	PF (%)
0	1,5	10	3,65
3	1,5	8,88	14,61
5	1,6	7,37	11,18
8	1,5	7,45	11,065
10	2	8,82	11,05
12	2,2	8,12	10,12
20	8,3	6,97	8,85
30	7,75	6,86	6,42
50	8,63	6	6,21
60	8,18	6,07	5,72
80	12,13	5,09	4,84
86	16,06	1,48	0,99

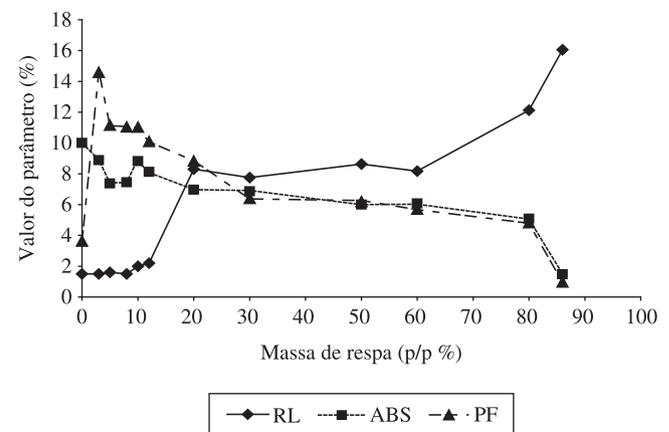


Figura 1. Variação das propriedades RL, ABS e PF com a adição de massa de raspa.

presença de matéria orgânica no material do lodo dos decantadores<sup>2</sup>. Ao se observar fixamente a Figura 1, percebe-se uma zona (20 até 60%) onde os valores dos três parâmetros acima se apresentaram estáveis e numa faixa próxima dos limites da NBR 13818/1997, indicando que o emprego do lodo nestas concentrações não acarretará na redução da qualidade do produto final<sup>4</sup>.

Os valores médios do módulo de ruptura a flexão (MRF) e carga de ruptura (CR) encontrados nos ensaios estão apresentados na Tabela 2, os quais estão com suas unidades padrão NBR, percebe-se que praticamente não há variação destes parâmetros com a adição de massa de raspa, com exceção para os valores mais elevados.

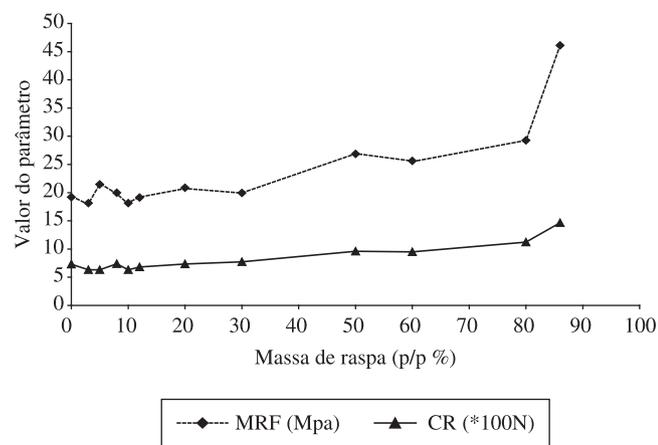
Partindo da Tabela 2 pode ser construído o gráfico da Figura 2 para uma melhor interpretação dos parâmetros: módulo de ruptura a flexão (MRF) e carga de ruptura (CR) sob influência da composição da massa de raspa no corpo de prova.

Percebe-se que a MRF sofre uma leve influência da composição da massa de raspa, elevando sua resistência a pressão em suas superfícies laterais, flexão, o que indica uma melhora neste parâmetro.

Pode ser observado também, de acordo com a Figura 2, que a CR sofre uma leve influência da concentração da raspa adicionada à massa padrão do corpo de prova, havendo um aumento da CR com a adição da raspa à massa padrão, indicando uma melhora considerável na resistência do corpo de prova a tensões sobre sua superfície. Como a NBR 13818/1997 diz que o mínimo de MRF para um revestimento cerâmico deve ser de 17 MPa e a CR deve ser acima de 500 N, logo todas as concentrações de lodo utilizadas neste trabalho podem ser

**Tabela 2.** Valores do MRF e da CR.

Raspa (%)	MRF (MPa)	CR (N)
0	19,2	732
3	18,16	632,02
5	21,46	633,81
8	19,97	738,9
10	18,16	632,01
12	19,15	680,78
20	20,87	732,85
30	19,95	773,89
50	26,88	959,67
60	25,63	948,25
80	29,26	1122
86	46,13	1464,11



**Figura 2.** Variação do MRF e da CR com a adição e massa de lodo.

**Quadro 1.** Descrição das variáveis.

Nomenclatura	
ABS	Índice de absorção de umidade (% p/p)
CR	Curva de ruptura (N)
LQ	Comprimento após a queima (m)
LS	Comprimento antes da queima (m)
MRF	Módulo de ruptura a flexão (MPa)
PF	Perda ao fogo (% p/p)
PQ	Peso após a queima (g)
PS	Peso antes da queima (g)
PU	Peso úmido (g)
RL	Retração linear (%)

empregadas na obtenção deste produto que não acarretará na queda de sua qualidade<sup>4</sup>.

A combinação dos resultados pode afirmar que a condição ótima de utilização do lodo na mistura com a massa padrão do revestimento cerâmico é aquela compreendida entre a faixa dos 20 a 60% (peso/ peso), demonstrando que é possível reciclar este material e assim reduzir a carga de material descartada no meio ambiente, além de reduzir a perda de matéria prima<sup>1,6</sup>.

## 4. Conclusões

A adição do lodo dos decantadores à massa padrão dos revestimentos cerâmicos da indústria Cerâmica Sergipe S/A veio a melhorar os valores de parâmetros importantes como a absorção de umidade e a resistência do material e no caso da perda ao fogo e da retração linear não excedeu aos limites de tolerância exigidos pela lei. Sendo sua condição ótima àquela que apresentou de 20 até 60% de lodo na massa padrão.

Desta forma este trabalho mostrou que é viável o emprego do lodo dos decantadores de estações de tratamento de efluentes de cerâmicas, pois além da redução dos custos e há uma diminuição do impacto ambiental causado pelo descarte deste lodo no meio ambiente.

## Referências

- FERRARI, K. R.; FERRI, C. R.; SILVA, L. L. Ações para a diminuição da geração de resíduos na indústria de revestimentos cerâmicos. *Cerâmica Industrial*, v. 7, n. 2, p. 78-84, 2002.
- MORAIS, R. M. Propriedades mecânicas de revestimento cerâmico contendo adições de resíduos sólidos queimados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45., 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: CBC, 2001. p. 8.
- NEVES, G. A. Utilização de resíduos de serragem de granitos para confecções de tijolos cerâmicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 44., 2000, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: CBC, 2000. p. 8.
- ROSA, F. G. **Estudo da viabilidade de obtenção de placas cerâmicas para revestimentos a partir de resíduos sólidos industriais minerais.** Florianópolis, 2002. p. 195. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.
- SOUZA S. P. **Ciências e tecnologia das argilas.** São Paulo: Blucher Ltda, 1992. p. 256. (v. 2)
- VICENZI, J. Aproveitamento de um resíduo industrial em uma massa cerâmica para pisos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: CBC, 1999. p. 290.
- XAVIER, G. C. Estudo da adição de resíduos da serragem do mármore à massa de conformação vermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45., 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: CBC, 2001. p. 4.