

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE COMPÓSITOS DE ESCÓRIA DE ACIARIA EM MATRIZ CERÂMICA ARGILOSA¹

Elias Lira dos Santos Junior²
Carlos Maurício Fontes Vieira³
Dylmar Penteado Dias⁴
Stelemaris Chaves Intorme⁵
Sergio Neves Monteiro⁶

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar as propriedades tecnológicas de compósitos de escória de aciaria em matriz de cerâmica argilosa, tais como: densidade aparente, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. Inicialmente a escória de aciaria foi submetida a ensaios de caracterização química e mineralógica. Em seguida, foram preparados cinco compósitos distintos, a saber: 0, 5, 10, 20 e 30 % em peso de escória incorporados numa argila. Os compósitos elaborados foram queimados na temperatura de 700°C. Os resultados indicaram que a reciclagem de escória de aciaria em cerâmica vermelha pode ser realizada com incorporações de até 5% em peso.

Palavras-chave: Argila; Compósito; Escória de aciaria.

¹ 60º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM – Belo Horizonte, 25 a 28 de julho de 2005.

² Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV/UENF).

³ Professor Visitante do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Materiais Avançados (CCT/LAMAV/UENF).

⁴ Professor Associado do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Engenharia Civil (CCT/LECIV /UENF).

⁵ Graduanda e bolsista de iniciação científica (CNPq) em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)

⁶ Professor Titular do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Materiais Avançados (CCT/LAMAV/UENF).

INTRODUÇÃO

A obtenção do aço decorre de uma série de operações de transformação metalúrgica e de conformação mecânica. Em síntese, pode-se dividir sua produção em cinco grandes etapas (Dias, 1998): preparo das matérias-primas (coqueria e sinterização), produção do ferro-gusa (alto-forno), produção do aço (aciaria), refinamento e lingotamento, e conformação mecânica (laminação e trefilação). Durante estas diversas etapas do processo siderúrgico são gerados resíduos que são reciclados internamente, retornando ao processo siderúrgico ou comercializados como co-produtos. As escórias apresentam-se como resíduos que em maior volume são gerados nas siderúrgicas. Destes, as escórias de alto-forno e de aciaria constituem um pouco mais da metade de todos os outros resíduos siderúrgicos (Masuero et al., 1998). A escória de aciaria é formada nos processos de oxidação do aço. A composição desta escória depende da matéria-prima, tecnologia de produção de aço e até do revestimento do forno. Atualmente a escória é utilizada na produção de cimento bem como base para pavimentos e como agregados (Filev, 2005). A limitação da escória resulta, sobretudo, da expansividade do CaO livre e do MgO não-reagido com seus óxidos (Gumieri et al., 2004). Outra possibilidade para o uso desta escória seria sua incorporação como aditivo às cerâmicas vermelhas convencionais como telhas e tijolos (Shih et al., 2004).

A incorporação de resíduos municipais e industriais em cerâmica vermelha para fabricação de tijolos e telhas cerâmicas é uma prática ambientalmente correta e que resulta em alguns casos na melhoria do processamento e da qualidade da cerâmica (Dondi et al., 1997).

Foi mostrado em trabalho reportado na literatura (Souza et al., 2003) que tanto uma argila natural quanto o sistema argila / resíduo comportam-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.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar as propriedades tecnológicas de compósitos de escória de aciaria em matriz de cerâmica argilosa, de forma a determinar o teor máximo de escória de aciaria que poderia ser incorporada com argila para fabricação de cerâmica vermelha.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: argila utilizada para fabricação de cerâmica vermelha no município de Campos dos Goytacazes e escória de aciaria proveniente de siderúrgica nacional que utiliza o processo LD de produção de aço. A argila é predominantemente composta de caulinita, quartzo, mica muscovita e gibsita (Monteiro e Vieira, 2002).

Após coleta das matérias-primas, foi realizado um beneficiamento primário que consistiu de secagem até peso constante, destorroamento em britador de mandíbulas e peneiramento em malha 20 (840 μm).

A escória de aciaria foi submetida a ensaios de difração de raios-X (DRX) para determinação de seus constituintes cristalinos e composição química para determinação dos óxidos majoritários. O ensaio de DRX foi realizado num difratômetro marca Sheifert, modelo URD 65, operando com radiação de $\text{Cu-K}\alpha$, e 2θ variando de 5° a 65° . A composição química foi determinada por espectrofotometria por fluorescência de raios-X em equipamento Philips PW 2400.

Foram elaborados cinco compósitos com incorporação de escória à argila nos seguintes percentuais em peso: 0 (C1), 5 (C2), 10 (C3), 20 (C4) e 30 (C5). As misturas das matérias-primas foram realizadas a seco em galga misturadora de pista lisa por 30 minutos.

Corpos-de-prova retangulares (114,5 x 25,4 x 10 mm) foram conformados por prensagem uniaxial a 20 MPa. Em seguida, os corpos-de-prova com umidade de 8% foram secos em estufa a 110°C até peso constante. A queima dos corpos de prova foi realizada em forno de laboratório a 700°C, típica temperatura de queima de blocos de vedação por indústrias de Campos dos Goytacazes. A taxa de aquecimento foi de 3°C/min e tempo de permanência na temperatura de patamar de 60 min. O resfriamento foi realizado desligando-se o forno e mantendo-se os corpos de prova no seu interior. As propriedades tecnológicas de queima determinadas foram: absorção de água, retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os difratogramas de raios-X da escória de aciaria. Observa-se que foram identificados picos de difração associados a fases cristalinas predominantemente formadas de Ca e Fe. As fases ricas em Ca são a calcita e silicato de cálcio. Já o Fe está presente na forma de magnetita (Fe_3O_4) e wustita (FeO).

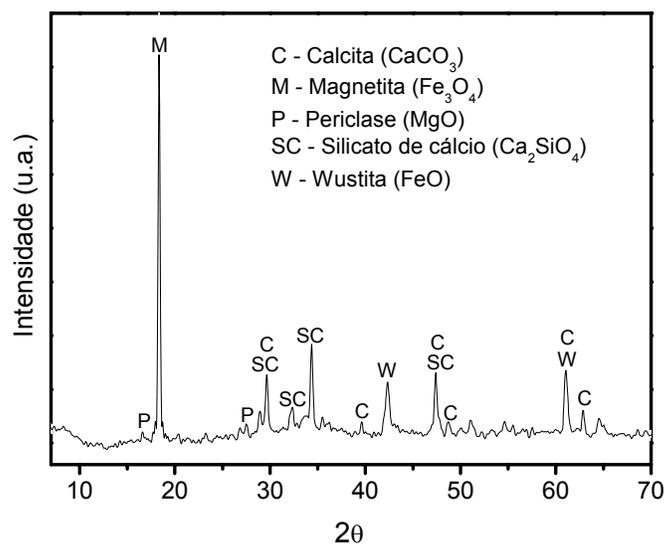


Figura 1. DRX da escória de aciaria.

A composição química da escória de aciaria é apresentada na Tabela 1. Observa-se que a escória de aciaria é predominantemente composta por óxidos de Ca, Fe Mg e Si. Os óxidos de Ca e Mg estão presentes na forma de silicatos complexos que podem apresentar inclusive uma certa quantidade de Fe. Uma parte do Fe_2O_3 está na forma reduzida – FeO (wustita). O óxido de Ca está ainda presente na forma livre e como carbonato. A elevada perda ao fogo PF da escória é proveniente, sobretudo, da presença de carbonato de Ca. Os resultados da composição química da escória de aciaria ainda identificaram traços de K, V, Ni, Cu, Zn, Nb, Rh, I.

Tabela 1. Composição química da escória de aciaria (% em peso).

CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	SO ₃	TiO ₂	SrO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	MgO	PF
45,10	23,62	10,29	5,40	0,54	0,34	0,18	2,90	1,81	10,33	12,96

A Figura 2 apresenta a densidade aparente a seco e de queima dos compósitos investigados. Observa-se que a incorporação de escória de aciaria aumentou a densidade a aparente a seco da argila. Isto é possivelmente atribuído ao maior tamanho de partícula da escória em relação à argila que contribuiu para melhorar o grau de empacotamento da argila. Com relação à densidade de queima, ocorreu um aumento deste parâmetro para a argila com a incorporação de 5% de escória. Com o incremento de escória incorporada, a densidade aparente de queima foi reduzida até alcançar um valor inferior a argila pura para o compósito com 30% de escória **C5**. A Figura 2 mostra também que a densidade aparente de queima de todos os compósitos é inferior em todos os níveis à densidade aparente a seco. Isto é atribuído à eliminação de água de constituição dos minerais argilosos bem como decomposição de matéria orgânica e de carbonatos que estão presentes nos compósitos, contribuindo para aumentar a porosidade das cerâmicas queimadas.

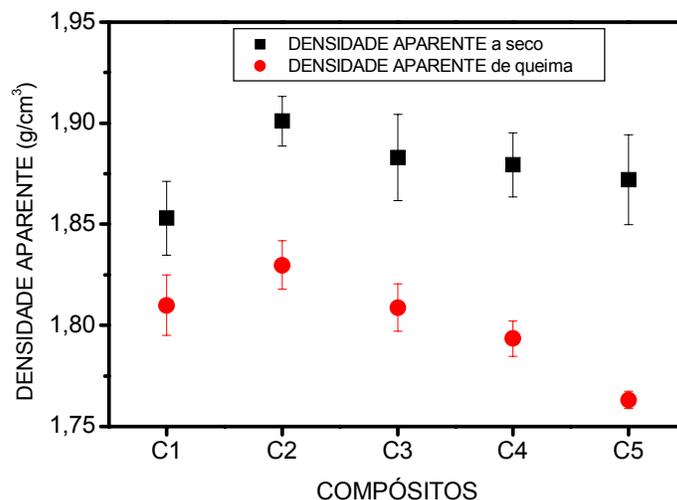


Figura 2. Densidade Aparente dos Compósitos.

A Figura 3 apresenta a absorção de água dos compósitos queimados à 700°C. Pode-se observar que esta importante propriedade de queima que serve para especificar cerâmicas destinadas à construção civil, não apresenta variação significativa para até 20% (**C4**) de incorporação de escória. O menor valor médio da absorção de água do compósito **C2** (5% de escória) foi obtido devido à sua maior densidade aparente a seco. A incorporação de 30% de escória aumenta a absorção de água da argila.

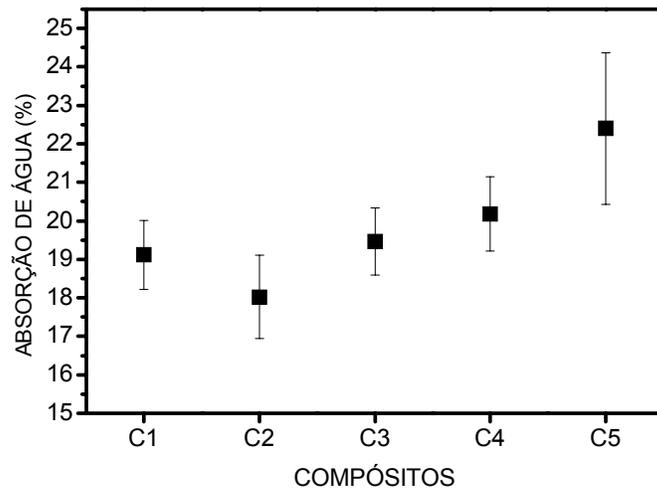


Figura 3. Absorção de água dos compósitos.

A Figura 4 apresenta a tensão de ruptura à flexão dos compósitos queimados a 700°C. Observa-se que a incorporação de até 5% em peso de escória de aciaria praticamente não altera a resistência mecânica da argila. Entretanto, incorporações de escória em maiores quantidades reduzem a resistência mecânica da argila. As partículas de escória possivelmente não aderem bem à matriz argilosa, gerando com isso, pontos de concentração de tensão que contribuem para o decréscimo da resistência mecânica.

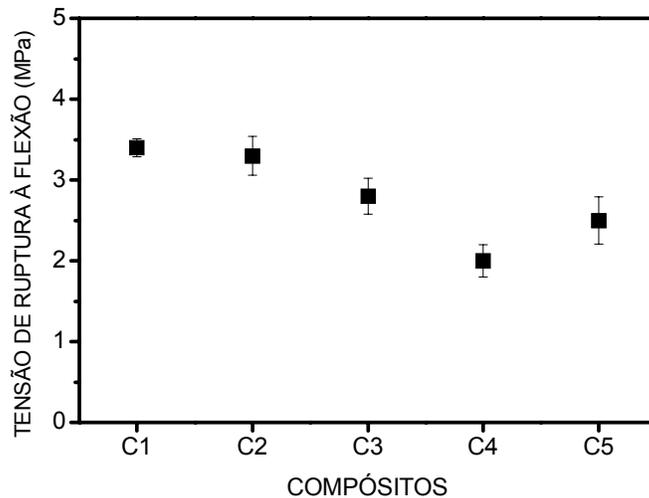


Figura 4. Tensão de ruptura à flexão dos compósitos.

De uma maneira geral, foi observado que a incorporação de até 5% de escória de aciaria numa argila praticamente não altera sua absorção de água e a

resistência mecânica. Isto é atribuído, sobretudo, ao incremento da densidade aparente a seco da argila obtido com a incorporação de escória. O fato da incorporação de escória de aciaria ter alterado algumas propriedades tecnológicas da cerâmica, indica que suas partículas não são absorvidas na estrutura da matriz argilosa. Ou seja, estas partículas continuam formando fases distintas que caracterizam um material compósito. Com isto, qualquer alteração nas propriedades da cerâmica poderá ser feita tendo em vista as regras da mistura (Souza et al., 2003) aplicadas a compósitos com partículas dispersas.

CONCLUSÕES

A incorporação de escória de aciaria em cerâmica argilosa acarreta mudanças significativas nas suas propriedades tecnológicas. Os resultados indicaram que a incorporação de escória de aciaria reduz a porosidade a seco da cerâmica argilosa. Nas propriedades de queima avaliadas, foi observado que até 20% de escória incorporada não ocorre variação significativa da absorção de água da argila. Entretanto, incorporações de escória de aciaria acima de 5%, reduz sua resistência mecânica. Com isso, os melhores resultados foram obtidos para incorporação de 5% em peso de escória de aciaria. Por fim, os resultados indicam uma possibilidade promissora de reciclagem de escória de aciaria como partículas dispersas em matriz de cerâmica vermelha. Na continuidade deste trabalho será avaliado o grau de inertização de elementos potencialmente tóxicos através de ensaios de lixiviação e solubilização.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro e as bolsas concedidas pelo CNPq, CAPES, FAPERJ e FENORTE/TECNORTE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 2. ed. São Paulo: zigurate Editora, 1998.
2. MASUERO A. B. **Utilização de escórias de aciaria e de cobre como adições para concreto**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CONCRETE TECHNOLOGY, 1., 1998, Buenos Aires. Anais. Buenos Aires, 1998. p. 447-460.
3. FILEV, R. **Escória de aciaria**. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/escoria_de_aciaria.htm>. Acesso em: 05 jan. 2005.
4. GUMIERI A. G., DAL MOLIN, D. C. C., VILELA, A. C. F. Utilização de escória de aciaria do processo Linz-Donawitz como adição em cimentos. **Revista ABM**, v. 1, n. 1, p. 69-74, 2004.
5. SHIH, P., WY, Z., CHIANG, H. Characteristics of bricks made from waste steel slag. **Waste Management**, v. 24, p. 1043-1047, 2004.
6. 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, 1997.
7. E. T. A, VIEIRA, C. M. F., MONTEIRO, S. N. **Sistema Argila-Resíduo, uma Análise Fundamental de Compósitos com Matriz Cerâmica**. In: 58º CONGRESSO ANUAL DA ABM, 2003, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 2003. p. 1915-1925.
8. MONTEIRO, S. N., VIEIRA, C. M. F. Characterization of clays from Campos dos Goytacazes, north Rio de Janeiro State (Brazil). **Tile & Brick Int.**, v. 18, n. 3, p. 152-157, 2002.

EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITES OF STEEL SLAG IN CLAY CERAMIC MATRIZ¹

Elias Lira dos Santos Junior²
Carlos Maurício Fontes Vieira³
Dylmar Penteado Dias⁴
Stelemaris Chaves Intorme⁵
Sergio Neves Monteiro⁶

Abstract

This work had as its objective to evaluate the technological properties of composites made of a clayey ceramic matrix with dispersed steel processing slag particles. The properties evaluated were: the apparent density, the water absorption and the flexural rupture stress. Initially the slag was chemically and mineralogically analysed. Composite specimens were then prepared with different slag content: 0, 5, 10, 20 and 30 wt. % mixture into clayey bodies. These mixtures were fired at 700°C. The specimens were fired at 700°C. The results indicated that the recycling of steel slag into red ceramic can be done with incorporations up to 5 wt. %.

Key-words: Clay; Composite; Steel slag.

¹ 60th Annual Congress of the Brazilian Society of Metallurgy and Materials – ABM – Belo Horizonte, July, 25 to 28, 2005.

² Doctorate student in materials science engineering of the State University of the North Fluminense, Advanced Materials Laboratory (LAMAV/UENF).

³ Visitant professor of the Technology and Science Center of the State University of the North Fluminense, Advanced Materials Laboratory (LAMAV/UENF).

⁴ Associate professor of the Technology and Science Center of the State University of the North Fluminense, Civil Engineering Laboratory (LECIV/UENF).

⁵ Graduate student in materials and metallurgical engineering and initiation scientific student (CNPq) of the State University of the North Fluminense, Advanced Materials Laboratory (LAMAV/UENF).

⁶ Titular professor of the Technology and Science Center of the State University of the North Fluminense, Advanced Materials Laboratory (LAMAV/UENF).