

Estudo da influência do resíduo siderúrgico pó de balão na produção de cerâmica vermelha

*

César Augusto de Oliveira Gomes¹
Verônica Scarpini Candido²
Alisson Clay Rios da Silva³
Sérgio Neves Monteiro⁴

Resumo

Os processos siderúrgicos constituem uma atividade industrial na qual é gerada uma grande variedade de resíduos, que podem ser reutilizados de diferentes maneiras, tal como o pó de balão que é um material coletado pelo sistema a seco dos gases de alto-forno. Diante desta perspectiva, o presente trabalho traz como objetivo desenvolver corpos cerâmicos avaliando a influência de diferentes proporções de pó de balão em conjunto com argila. Deste modo, foram formuladas, a partir de dados de composição química e mineralógica das matérias-primas, massas cerâmicas com 5 % e 10% de incorporação de resíduo. Os corpos de prova foram conformados através do método de prensagem uniaxial e sinterizados a uma temperatura de 850°C. Sendo assim, tornou-se possível analisar a retração linear de sinterização, a absorção de água, a porosidade aparente, a massa específica aparente e também a tensão de ruptura à flexão de acordo com a norma ABNTNBR 15310-2005. Os resultados obtidos evidenciaram que os corpos cerâmicos produzidos com resíduo apresentaram propriedades físico-mecânicas que atendem os padrões recomendados na fabricação de materiais cerâmicos.

Palavras-chave: Resíduo da siderurgia, Massas cerâmicas, Propriedades físico-mecânicas.

Study of the influence of the waste steel balloon powder on the production of red ceramics.

Abstract

Steelmaking process is an industrial activity which generate large quantity of waste that can be reused and recycle. The balloon powder is a material collected by the dry system of the blast furnace gases. The present work aims to develop ceramic bodies with different proportions of balloon dust in conjunction with clay from the Municipality of São Miguel do Guamá, in the State of Pará, Brazil. In this way, ceramic masses with the incorporation of 5% and 10% of residue were mixed. The specimens were processed by the uniaxial pressure and sintered at a temperature of 850°C. Thus, it became possible to analyze the linear shrinkage of sintering, water absorption, apparent porosity, apparent specific mass and also bending rupture stress according to ABNTNBR 15310-2005. The obtained results showed that the ceramic bodies produced with residue presented physical-mechanical properties that meet the standards recommended in the manufacture of ceramic materials.

Keywords: Steel industry wastes, Ceramic masses, Physical-mechanical properties.

¹ Engenheiro de Materiais, Bacharel, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Ananindeua, PA, Brasil.

² Bióloga, Doutora em Ciência dos Materiais, Professora, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Ananindeua, PA, Brasil.

³ Químico industrial, Doutor em Ciência dos Materiais, Professor, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Ananindeua, PA, Brasil.

⁴ Engenheiro de Materiais, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, Professor, Departamento de Engenharia mecânica e Materiais, Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As atividades siderúrgicas são responsáveis pela geração de uma grande variedade de resíduos passíveis de reciclagem, que podem ter uma utilidade dentro do setor industrial, ou servirem como objetos de estudo para diversas aplicações.

Um dos resíduos siderúrgicos é o pó de balão, também chamado de Charco, que é oriundo do alto-forno. O pó de balão em geral é pouco explorado em tentativas de reaproveitá-lo como coproduto, embora possa ser aglomerado por sinterização e adicionado às matérias-primas no alto-forno. Ele é um material coletado pelo sistema a seco dos gases de alto-forno, cuja geração de resíduos fica entre 28 a 45 kg para cada tonelada de ferro gusa produzido, e é despejado a céu aberto em bags nos pátios das indústrias, podendo contaminar solo, ar, água, e a saúde respiratória humana [1].

A incorporação em cerâmica vermelha, atualmente, apresenta-se como uma das principais soluções tecnológicas para a disposição final de resíduos sólidos industriais [2]. O pó de balão é constituído por óxidos de ferro nas formas FeO, Fe₂O₃ e Fe₃O₄, identificadas como wustita, hematita e magnetita, respectivamente. O pó de balão corresponde a 13% dos resíduos sólidos gerados nas indústrias siderúrgicas [3].

A incorporação do pó de balão em massas de cerâmica vermelha requer uma análise de composição química e mineralógica, para se obter formulações específicas que colaborem na busca da melhoria nas propriedades dos materiais fabricados [4,5]. A caracterização físico-química das matérias-primas é fundamental para a obtenção de peças com propriedades finais desejadas, que juntamente ao conhecimento e controle de todas as etapas do processo industrial, podem eliminar ou reduzir os defeitos de fabricação, tais como: trincas, retração, compactação, fundência, absorção de água e resistência mecânica. [6]

O objetivo deste trabalho consiste em verificar a influência do pó de balão em corpos de cerâmica vermelha produzidos com diferentes teores de incorporação de 0, 5 e 10 %, a partir de dados de caracterização química e mineralógica. Para isso serão avaliadas as propriedades cerâmicas tais como porosidade aparente, massa específica aparente, absorção de água e Módulo de Ruptura à flexão, de acordo com ABNT NBR 15310:2005. [7]

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Produção dos corpos cerâmicos

Primeiramente houve a seleção e o preparo das matérias primas, que passaram por processos de secagem em estufa por aproximadamente 100°C por 24 horas. Posteriormente, à argila advinda do município de São Miguel do Guamá e o resíduo fornecido por uma siderúrgica, ambos do Estado do Pará. Foram desagregados e levados à peneira ABNT nº 80, a fim de se obter uma granulometria uniforme.

A partir de dados de análise química e mineralógica, tornou-se possível dispor as formulações dos corpos cerâmicos a serem produzidos. Definindo teores em massa de argila e de resíduo expressos na Tabela 1. Com isso, cada composição foi combinada para totalizar 1 Kg, sendo levadas ao moinho durante 20 minutos para a homogeneização completa.

Tabela 1: Formulações dos corpos cerâmicos

Amostra	Identificação	Formulação
01	Branco	100% Argila + 0% P.B*
02	5% P.B*	95% Argila + 5% P.B*
03	10% P.B*	90% Argila + 10% P.B*

*P.B – Pó de Balão

Deste modo, após a definição das formulações, as massas cerâmicas foram umedecidas de maneira homogênea, utilizando para cada amostra 8% de água distribuída com o auxílio de um borrifador, para que ao se produzirem os corpos de prova cerâmicos não tivesse um aspecto de esfarelamento.

Estando as massas devidamente preparadas e umedecidas, os corpos de prova puderam ser conformados utilizando a técnica de conformação por prensagem uniaxial a frio. Foram produzidos seis corpos de prova para cada formulação em molde de aço, sob a forma de lâminas prismáticas (retangulares) com dimensões de 10cm X 5cm X 1cm. Com o auxílio de uma prensa hidráulica aplicou-se a carga de 20 MPa, que compactou cada corpo de prova no formato do molde. As amostras foram levadas a estufa para uma secagem gradativa durante 24 horas, a uma temperatura de aproximadamente 105°C.

2.2. Análise Química e Mineralógica das matérias-primas

A Tabela 2 apresenta o resultado da fluorescência de raios-x do pó de balão.

Tabela 2. Composição química do pó de balão

Pó de balão	
Componente	% em peso
SiO ₂	3,56
Al ₂ O ₃	1,85
Fe ₂ O ₃	37,2
TiO ₂	0,18
MnO	0,41
MgO	0,39
CaO	6,90
K ₂ O	0,42
SO ₃	0,60
ZnO	0,18
Cl	0,22
PF	48,01

Nota-se que o pó de balão apresenta elevados teores de óxido de ferro. Esse resultado pode contribuir para conferir à cerâmica queimada a coloração avermelhada. As argilas encontradas no estado do Pará geralmente possuem baixos teores de óxidos de ferro, o que confere as peças finais uma cor mais clara.

Dessa forma, a incorporação do pó de balão pode induzir uma melhoria na cor do produto final.

A análise por difração de raios-x (DRX) do pó de balão está apresentada na Figura 1.

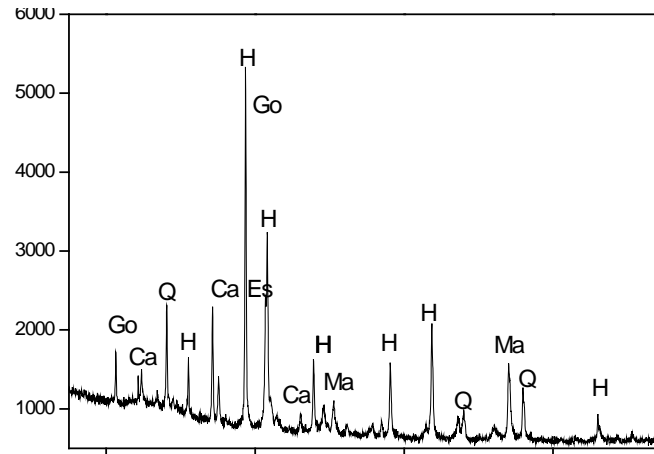


Figura 1. Difratoograma de raios-x do pó de balão. Ca: calcita, Es: espinélios, Go: goetita, H: hematita, M: magnetita, Q: quartzo.

A análise por difratometria de raios-x revelou a presença de fases como a hematita e magnetita, associadas aos compostos de ferro. Além destas, fases como calcita e quartzo também foram observadas.

Devido à composição química complexa, vale ressaltar que podem existir outras fases cristalinas minoritárias. Outro aspecto importante que vale a pena citar é a presença de finos de coque nesse tipo de resíduo, que não puderam ser identificados devido ao seu caráter amorfo. Ao correlacionar a fluorescência de raios-x com a difração de raios-x, pode-se afirmar que a elevada perda ao fogo observada pode estar relacionada à descarbonetação da calcita, além da desidroxilação e/ou desidratação da goetita.

A micrografia obtida por MEV do pó de balão está apresentada na Figura 2.

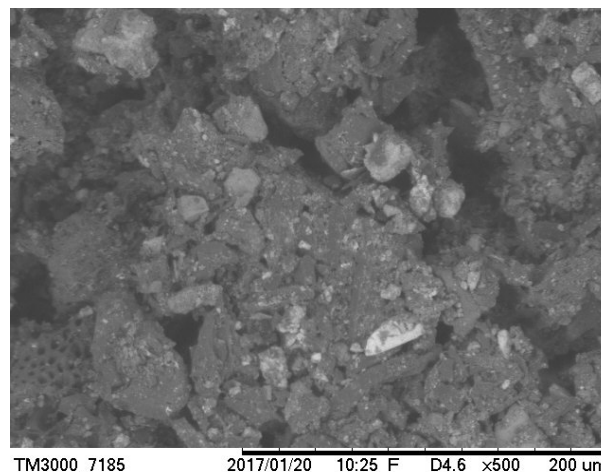


Figura 2. Micrografia obtida por MEV do pó de balão com aumento de 500x.

Nota-se que o pó de balão é composto por partículas mais claras, que podem estar associadas ao quartzo, além de partículas de coloração mais escuras, que podem estar associadas ao ferro. Observa-se também que as partículas não apresentam um padrão morfológico, sendo possível observar partículas com diferentes formatos. Dessa forma, a caracterização do pó de balão revelou que esse resíduo pode ser um material que pode contribuir para intensificar a cor das cerâmicas queimadas e pode contribuir para melhorar o desempenho tecnológico das peças.

2.3. Ciclo de Queima

A queima é a etapa principal da rota tecnológica de fabricação de um produto cerâmico. Deste modo, durante a etapa de sinterização obtiveram-se dados da variação da temperatura em relação ao tempo de queima, que estão expressos na Figura 3.

Estes resultados remontam uma curva de sinterização, que permanece em seu patamar de queima durante um tempo de duashoras à 850°C. Também se nota uma gradação da curva antes e após o patamar de queima. O tempo de queima e o ambiente interno dos fornos cerâmicos também influenciam nas propriedades cerâmicas.

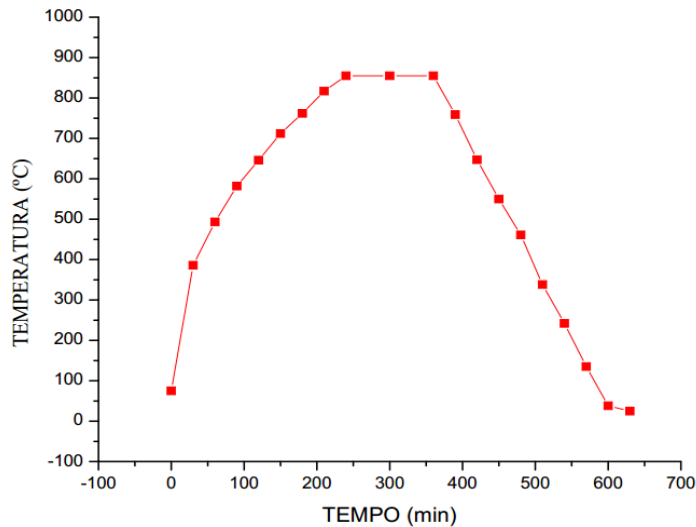


Figura 3. Ciclo de queima dos corpos cerâmicos

2.4 Porosidade Aparente e Massa Específica Aparente

A Figura 4 apresenta os resultados de porosidade aparente e massa específica aparente, em função da incorporação do pó de balão na massa argilosa.

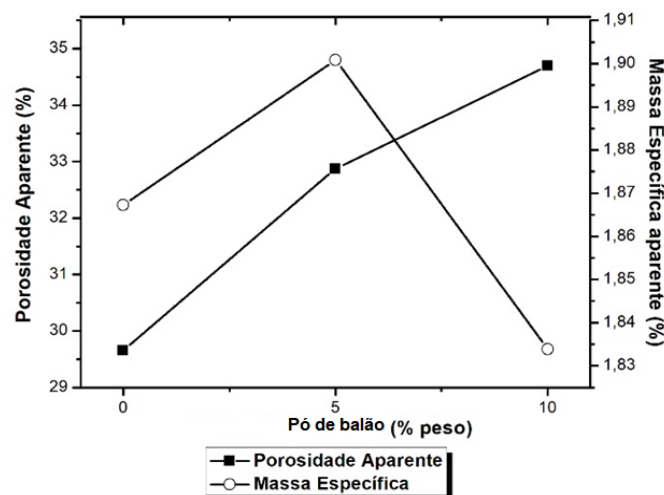


Figura 4. Porosidade aparente e Massa específica aparente.

Observa-se que a porosidade aparente aumenta com o aumento da concentração do pó de balão de forma quase linear, obtendo-se o menor valor de porosidade aparente em 29,6%, para a cerâmica sem resíduo, e um maior valor de porosidade aparente em 34,6%, para a cerâmica com a incorporação de 10% de resíduo.

Com relação à massa específica aparente não houve grande variação, obtendo-se um valor mínimo de 1,83% para a cerâmica com 10% de resíduo e o maior valor obtido de 1,90% para a cerâmica com 5% de resíduo.

Vale ressaltar aqui que tanto em relação à porosidade quanto a massa específica, as massas cerâmicas estão dentro dos padrões exigidos pela norma brasileira para materiais de cerâmica vermelha estrutural, ABNT NBR 15310:2005.

2.5. Absorção de Água e Módulo de Ruptura à flexão

A Figura 5 apresenta a absorção de água e a tensão de ruptura à flexão, das cerâmicas queimadas a 850°C, em função da quantidade de resíduo incorporada na massa argilosa.

Observa-se que a absorção de água aumenta com o aumento da porcentagem de incorporação do resíduo. Para a cerâmica somente argilosa, ou seja, 0% de resíduo, o material apresentou uma absorção de 15,8%, enquanto que para 5% de resíduo houve aumento para 17,2% e para 10% de resíduo houve uma absorção de 18,9%. Verifica-se também que os valores obtidos estão dentro do padrão indicado pela norma ABNT NBR 15310:2005, que é igual a 20%.

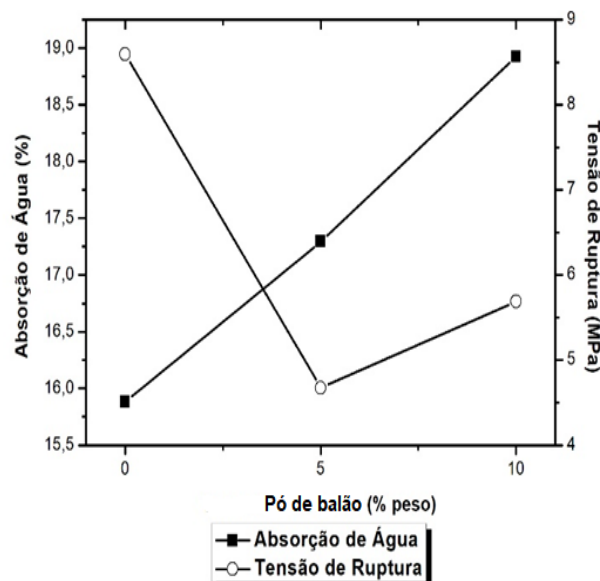


Figura 5. Propriedades de queima das cerâmicas para diferentes variações de resíduos.

A incorporação do pó de balão provocou uma redução na tensão de ruptura, em relação à cerâmica sem resíduo, pois o valor de tensão de ruptura para a cerâmica sem resíduo foi 8,5 MPa, enquanto que para a cerâmica com 5% de resíduo foi de 4,6 MPa e 5,6 MPa para a cerâmica com 10% de resíduo.

3. CONCLUSÃO

O efeito da variação da quantidade de resíduo pó de balão na argila de São Miguel do Guamá proporcionou dados que impulsionam a reutilização deste material em massas de cerâmica vermelha, visto que em todas as formulações foram obtidas propriedades cerâmicas dentro dos padrões estabelecidos por norma ABNT NBR 15310:2005, para fabricação de telhas.

O resíduo contribuiu para aumentar a absorção de água e reduziu a tensão de ruptura à flexão da cerâmica queimada. Provocou um aumento na porosidade aparente. Para a massa específica aparente houve um aumento apenas para a composição da cerâmica com 5 % de resíduo.

Analisando os resultados obtidos sugere-se que o resíduo seja incorporado em porcentagens maiores, a fim de verificar as variações dessas propriedades, em especial a de tensão de ruptura a flexão, pois nota-se que apesar dos valores obtidos estarem abaixo da cerâmica sem resíduo, os valores tendem a aumentar.

REFERÊNCIAS

- 1 Milanez, B.; Porto, M.F. A ferro e fogo: impactos da siderurgia para o ambiente e a sociedade após a reestruturação dos anos 1990. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4, Brasília, 2008. p. 11. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT6-61-8-20080509163054.pdf> acesso em: 22 de agosto 2014.
- 2 CMF Vieira, SN Monteiro. Incorporation of solid wastes in red ceramics – an updated review. Revista Matéria. 2009; 14(3): 881 – 905.
- 3 FA Cunha, G Araújo Filho, A Martins Júnior, OCB Gomes, OS Assis. Aspectos técnicos da utilização da carepa gerada em processos siderúrgicos e tratada por desagregação ultra-sônica. Tecnologia em Metalurgia e Materiais. 2006; 3(2):1-5.
- 4 MRC Oliveira, J Martins. Caracterização e classificação do resíduo sólido "pó do balão", gerado na indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal:- estudo de um caso na região de Sete Lagoas/MG. Química Nova. 2003; 26(1): 5-9.
- 5 JN Galdino. Influência do teor e granulometria da calcita e da temperatura de sinterização no desenvolvimento de massas cerâmicas para revestimento poroso (BIII). Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, 2010
- 6 PS Santos. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1989.
- 7 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15310 - Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. Dezembro 2005