

Produção de cerâmica vermelha da região de Jacobina-Ba com uso de resíduos da mineração de cromita baiana

“The production of red ceramics from the Jacobina-Ba with the use of residues from baiana chromite mining”

Costa, J.M.¹; Oliveira, B. ¹; Sobrinho, L. ¹; Freitas, A. ¹; Machado, T.G. ¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
Avenida Centenário, 500. Nazaré. 44.700-000. Jacobina-Ba.
jonei.costa@ifba.edu.br

Resumo

A produção de cerâmica com uso de resíduo de mineração é uma prática que favorece a redução de passivo ambiental e pode promover melhoria na qualidade das peças cerâmicas. Este estudo, visa aplicar rejeito da produção de cromita para produção de cerâmica vermelha com argila proveniente da região de Jacobina-Ba. Para tanto, o rejeito e a argila foram caracterizados por DRX e FRX. Para confecção das peças cerâmicas foi desenvolvido um planejamento de mistura com dois componentes, as misturas foram prensadas à 2 t, secas e queimadas a 800, 900 e 1000°C por 3 h. Foram realizados ensaios de absorção de água, porosidade aparente e resistência mecânica por flexão. Os resultados indicaram que a adição de resíduos melhora substancialmente as características das peças cerâmicas limitada a temperatura superior a 800°C.

Palavras chave: serpentinito, argila, planejamento de mistura, minério

Abstract

The production of ceramic with the use of mining residue is a practice that favors the reduction of environmental liabilities and can promote improvement in the quality of the ceramic pieces. This study aimed to apply tailings from the production of chromite for the production of red ceramics with clay from the region Jacobina-Ba. For this, the tailings and the clay were characterized by XRD and FRX. For the preparation of the ceramic pieces, a two-component blending schedule was developed, the blends were pressed at 2 t, dried and fired at 800, 900 and 1000°C for 3 h. Water absorption, apparent porosity and flexural strength tests were performed. The results indicated that the addition of residues substantially improves the characteristics of the ceramic pieces limited to a temperature higher than 800°C.

Key words: serpentinite, clay, mixing planning, ore

INTRODUÇÃO

As atividades de lavra e processamento de minérios, invariavelmente, produzem resíduos, e criam passivos ambientais. Entretanto, estudos que se dediquem a aprofundar os possíveis usos dos minerais e obter utilidade a tais, são de grande relevância econômica e ambiental, pois favorecem a redução desses passivos e promovem desenvolvimento econômica de uma região.

A produção de cromita, único mineral do cromo que possui aproveitamento econômico, não deixa de produzir resíduos minerais. A cromita apresenta em sua composição proporções irregulares de óxidos de cromo, ferro, alumínio e magnésio (FeCr_2O_4), sendo distinta da magnesiocromita ($\text{Mg,FeCr}_2\text{O}_4$), aluminocromita $\text{Fe}(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ e cromopicotita ($\text{Mg, Fe}(\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$) as quais não são utilizadas comercialmente como fonte de minério de cromo. A cromita é um dos minerais industriais mais importantes em todo o mundo, devido seu uso na metalurgia na indústria química, e na fundição, a cromita é utilizada tanto como mineral metálico quanto não-metálico. [1].

A indústria de cerâmica é um setor heterogêneo, com abundância de matérias-primas naturais e fontes de energia. Caracteriza-se também por ser um setor de grande importância econômica, com participação estimada em 1% no PIB. Há uma grande demanda por produtos de cerâmica vermelha, com alto valor agregado e destinados a acabamento e revestimento. [2]

Dados da ANICER (Associação Nacional de Indústria Cerâmica), apontam, em 2018 a presença de 6.903 fábricas de cerâmica vermelha (representando 4,8% da indústria da construção civil), com faturamento anual de R\$ 18 bilhões. O setor é responsável por 90% das alvenarias e coberturas construídas no Brasil. [3].

Em uma mistura, a quantidade total se mantém constante, com variação dos componentes da mistura. Se a quantidade total é mantida constante, o valor da resposta varia quando mudanças são feitas nas proporções relativas dos componentes, conforme apresentado na Equação A, onde xi representa a proporção do i-ésimo componente. [4] [5].

$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1,0 \quad (A)$$

E um sistema de misturas e respostas é representado matricialmente na forma da Equação B:

$$\hat{Y} = X \cdot b \quad (B)$$

onde \hat{Y} e b são as matrizes contendo os valores previstos pelo modelo para y e as estimativas dos parâmetros, respectivamente. X representa a matriz de composição das misturas, sendo

assim, os parâmetros b são calculados resolvendo-se apenas uma equação matricial C , exibida na Equação C.

$$X^t \cdot Xb = X^t \cdot y \quad (C)$$

A aplicação das matrizes X e y será obtida a solução geral para o ajuste de um modelo por mínimos quadrados, não importando quantos sejam as observações ou quantos parâmetros sejam necessários para caracterizar o modelo. [4], [6].

Este trabalho teve por objetivo produzir cerâmica vermelha com adição de resíduo da produção de cromita à argila da região de Jacobina-Ba, utilizando um planejamento de mistura com dois fatores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o minério de cromo proveniente da Bahia (65% de Cr_2O_3). Tal minério foi fragmentado até ser 100% passante em peneira de 74 μm , sendo este submetido a concentração gravimétrica por mesa concentradora, o rejeito da concentração da cromita (fração de menor densidade) foi utilizado para confecção dos corpos de prova cerâmicos.

Os corpos cerâmicos foram produzidos com argila proveniente da região de Jacobina-Ba, esta argila foi seca e pulverizada até ser 100% passante em peneira de 74 μm .

Para obter o padrão de misturas foi utilizado a metodologia de planejamento de mistura com dois componentes, sendo que a proporção de argila variou entre 50 à 90 % e as proporções de resíduo de 10 à 50%. Foi produzido também corpos de prova com 100% de argila. Como resultado foi obtido as proporções exibidas na Tabela I. Cada corpo de prova foi produzido em triplicata, sendo presado com 2 t de maneira manual e submetido a secagem à 60°C por 24 horas antes da queima às temperaturas de 800, 900 e 1000°C por 3 h. Os corpos cerâmicos foram submetidos aos ensaios de absorção de água, porosidade aparente e resistência mecânica por flexão.

Tabela I: Planejamento experimental.

Concentração mássica (%)	
Argila	Resíduo
70	30
60	40
80	20
50	50
90	10
100	0

Com todos os corpos-de-prova foram secos e queimado, e tiveram suas dimensões mensuradas (comprimento, largura e espessura) com paquímetro de resolução de 0,05 mm, e foram pesadas suas massas em uma balança digital de 0,01g. A densidade aparente dos corpos-de-prova, utilizou o método por empuxo de água à uma temperatura ambiente e a absorção de água com corpo-de-prova imerso em água por 24 h.

A resistência a flexão foi obtida utilizando a Equação D, onde: F é a força máxima na fratura (N), d é a distância entre os apoios de suporte (50 mm), l é a largura e h é a espessura do espécime (mm).

$$R_f = \frac{3.F.d}{2.l.h^2} \quad (D)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A difração de raios-x do rejeito de cromita é exibidos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, este é composto substancialmente de serpentinito e talco, que são rochas compostas de silicato de magnésio hidratado, está presente também a sílica e um minério de ferro como a magnetita. As rochas do grupo do serpentinito exibe um comportamento térmico peculiar com desidroxilação das camadas à 775°C, entretanto, com a presença de ferro esta temperatura tende a ser reduzida a até próximo ao 500°C. A presença de talco, mante sua estrutura estável até 942°C. [7]

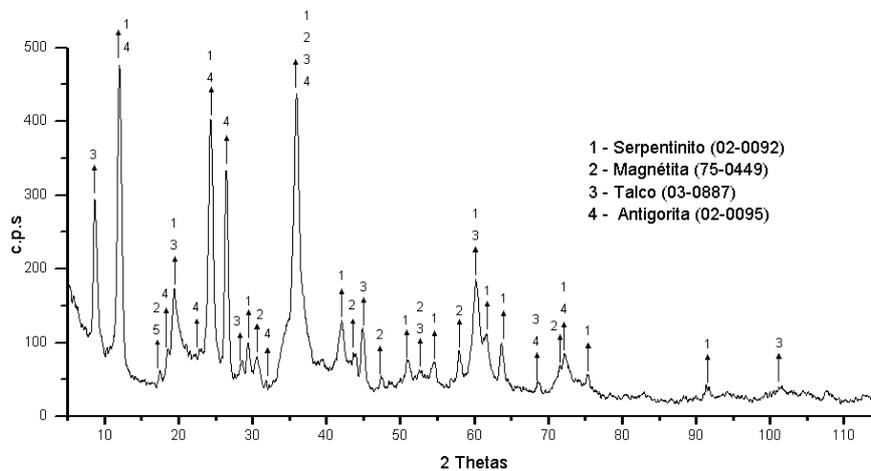


Figura 1: Difração de raios-x do resíduo de cromita.

A difração de raios-x da argila é exibida na Figura 2, onde foi identificado a presença de quartzo, caulinita e halloysita, como os principais constituintes mineralógicos da argila desta jazida.

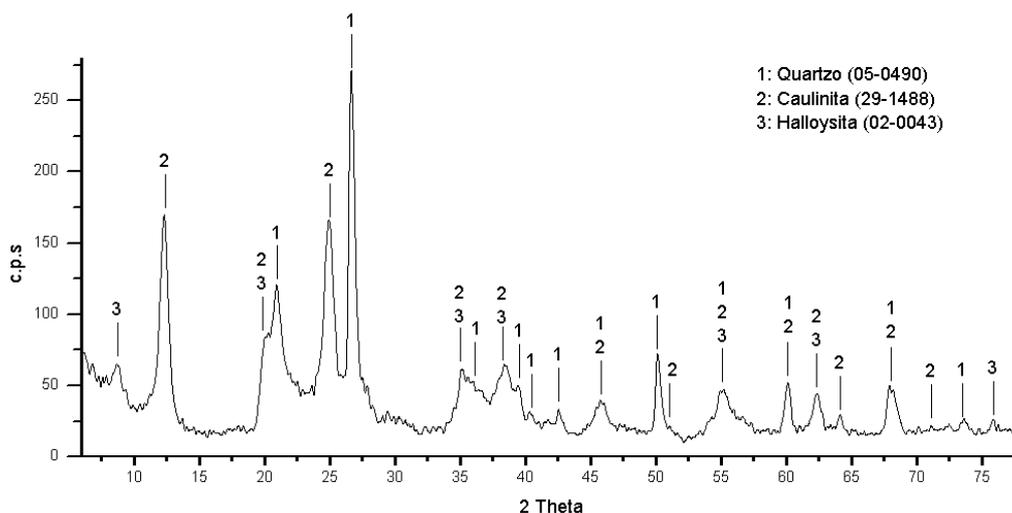


Figura 2. Difração de raios-x da argila de Jacobina-Ba.

A composição química da argila e do rejeito podem ser visualizados na Tabela II, onde pode ser percebido a concentração de magnésio bastante elevada no resíduo de cromita e muito baixo na argila, em compensação a concentração de sílica é mais elevada na argila e muito baixo no resíduo de cromita. A concentração de ferro é baixa tanto na argila quanto no rejeito, o que favorece a coloração menos intensa destas peças cerâmicas. A concentração de alumínio é proporcionalmente muito baixa no rejeito em comparação com a concentração da argila.

Tabela II: Composição química do resíduo de cromita e argila.

Elementos	Concentração (%)	
	Resíduo de cromita	Argila
MgO	40,70	2,20
SiO ₂	38,40	50,48
Fe ₂ O ₃	7,68	5,07
Al ₂ O ₃	4,45	38,26
Cr ₂ O ₃	4,21	*
CaO	2,28	0,18
K ₂ O	0,73	1,55
NiO	0,35	*
Na ₂ O	0,30	0,60
Cl	0,22	0,73
SO ₃	0,20	0,16

TiO ₂	0,19	0,57
Outros	0,29	0,20

A Figura 3 mostra a relação entre a porosidade e a concentração de resíduos. Ficou evidente que a concentração de serpentinito influencia decisivamente no resultado de porosidade aparente. A porosidade sofre redução com a adição de resíduos, entretanto para 15% de resíduo há um acréscimo na porosidade para temperatura de queima a 900 e 1000°C, isto se deve às transformações térmicas sofridas pelo serpentinito, que pela baixa concentração, não há massa suficiente para preencher os poros produzidos.

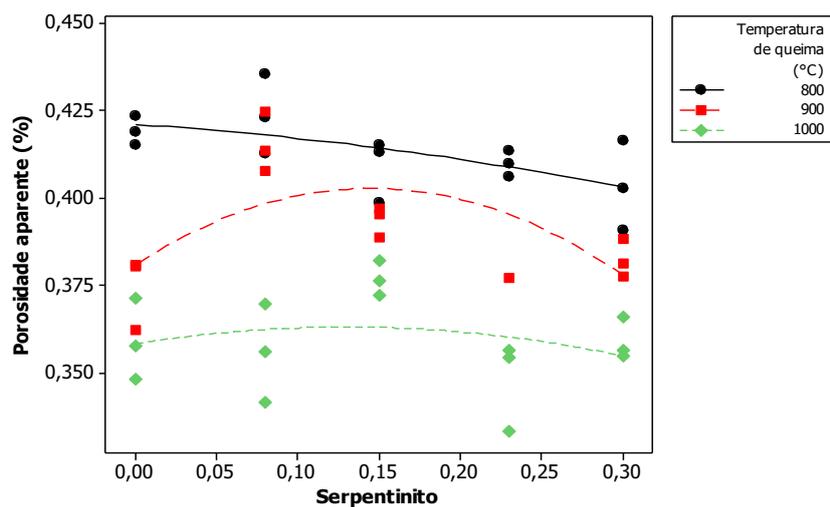


Figura 3. Relação entre a quantidade de resíduo e porosidade aparente.

A relação entre a concentração de resíduos e a absorção de água é observada na Figura 4, pode ser percebido que a absorção de água é reduzida quando se adiciona resíduo à massa cerâmica quando esta é tratada termicamente à 800, 900 e 1000°C, resultado compatível com a redução da porosidade aparente para a mesma temperatura.

Fica evidente também que o aumento da temperatura de queima contribui para redução da absorção de água, este comportamento está relacionado com a maior taxa de formação de fase líquida para temperaturas maiores, vale salientar que o serpentinito possui temperatura de desestruturação das ligações de hidrogênio dos cristais acima de 800°C, ou seja, a maior fase líquida se forma com maior adição de resíduos e maior temperatura de queima.

A relação entre a quantidade de resíduo e a resistência a flexão é exibida na Figura 5, onde é possível perceber que a concentração de resíduos contribui de maneira distinta à resistência mecânica. Para concentração de resíduo de 25% há um aumento substancial da resistência a flexão quando as peças cerâmicas são queimadas a 1000°C, esta relação está em

função da formação de fase líquida e melhor empacotamento dos grãos com esta quantidade de resíduos. Quando a quantidade de resíduo aumenta para 30% há redução da resistência a flexão para todas as temperaturas estudadas. Para temperatura de 800°C a resistência perde eficiência constantemente com a adição de resíduo, isto se deve a baixa formação de fase vítrea a esta temperatura. A temperatura de 900°C oferece ganhos apreciáveis na resistência a flexão em relação a temperatura de 800°C, mas ainda abaixo os ganhos obtidos com o aumento da temperatura a até 1000°C.

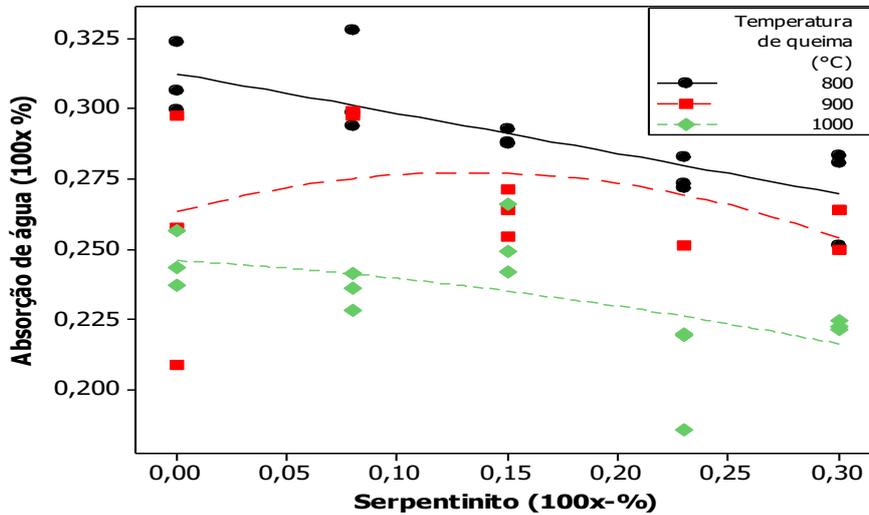


Figura 4. Relação entre a quantidade de resíduo e a absorção de água.

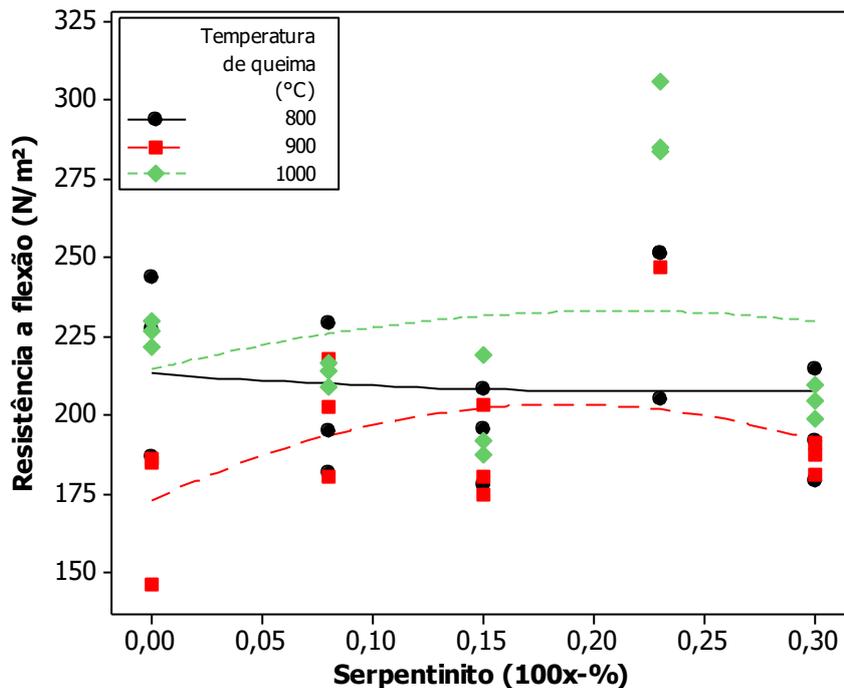


Figura 5. Relação entre a quantidade de resíduo e a resistência a flexão.

As características das peças cerâmicas variam em relação à temperatura e concentração de resíduos, para determinar a melhor relação entre a temperatura de queima e concentração de resíduos, foi utilizado uma otimização da superfície de resposta para cada grupo de temperatura utilizada nos experimentos, para determinar qual a relação destes parâmetros promove maior resistência a flexão, a Tabela III sumaria os resultados.

Tabela 1. Proporção mais conveniente para serpentinito e argila que favorece a melhor resistência a flexão.

Concentração	Temperatura °C		
	800	900	1000
Argila (%)	70,0	84,6	70,0
Serpentinito (%)	30,0	15,3	30,0
Resistencia a flexão (N/m ²)	228,979	232,61	237,884

Para ser alcançada a maior resistência a flexão possível utilizando serpentinito com a argila da região de Jacobina-Ba é necessário adicionar no máximo 30% de serpentinito e tratar termicamente as peças a 100°C, entretanto o ganho proporcional na resistência é pouco expressivo, se comparado com o tratamento á 900°C que são necessários adição de no máximo 15,3% de serpentinito.

CONCLUSÕES

Podemos concluir que a adição de serpentinito à massa cerâmica esta limitado a quantidades inferiores a 30% e com temperatura de queima superior a 800°C, entretanto a propriedades de porosidade aparente e absorção de água não são satisfatório para adição de resíduo.

Um modelo de planejamento de experimento por superfície de resposta auxilia substancialmente para determinar os parâmetros de processo mais adequado de peças cerâmicas.

Estudos complementares devem ser realizado para verificar a influência das condições conformação dos corpos de prova nas características de peças cerâmicas obtidas com resíduo mineral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia. Ao laboratório Lsincrom da Universidade Tiradentes-SE. Ao grupo de pesquisa Automação, Eficiência Energética e Produção do IFBA/Jacobina a PRPGI/IFBA pelo aporte financeiro na elaboração e apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] M. de M. Gonçalves, “Balanço Mineral Brasileiro: Cromo.” ANM, Brasília, p. 28, 2004.
- [2] M. Weizenmann, F. R. Bruxel, E. R. R. De Santana, and E. C. Oliveira, “Avaliação da incorporação de resíduo de gemas na massa cerâmica vermelha - um estudo de caso,” *Cerâmica*, vol. 59, pp. 442–447, 2013.
- [3] H. K. Ishida, A. C. F. Valente, T. A. Villegas, and F. M. Pinzón, “Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados.” Qualitec-Appplus, Brasília, p. 101, 2018.
- [4] A. Z. Destefani and J. N. F. Holanda, “Utilização do planejamento experimental em rede simplex no estudo de resíduo de rocha ornamental como filler para obtenção de máxima compacidade,” *Cerâmica*, vol. 57, no. 344, pp. 491–498, 2012.
- [5] D. C. Montgomery, “Design and analysis of experiments,” *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 3, no. 3. pp. 212–212, 2001.
- [6] D. R. Cox and N. Reid, *The theory of the design of experiments /*, vol. 36, no. 30. 1997.
- [7] M. E. BROWN and P. K. GALLAGHER, *Handbook of thermal analysis and calorimetry*, 3rd ed. New York: Elsevier, 2003.