

Uso do resíduo da produção de ferro de uma jazida baiana como fonte de matéria prima para produção de cerâmicas vermelhas

(“The use of the residue of the iron production of a Bahian deposit as source of raw material for the production of red ceramics”)

Queiroz, K.R. ¹; Sampaio, N.C. ¹; Machado, T.G. ¹; Costa, J.M. 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

O minério de ferro é uma das principais commodities brasileiras, entretanto, havendo uma grande produtividade há maior produção de rejeito a serem armazenados. Uma possibilidade para redução de rejeitos é o reuso desta matéria prima. Desta maneira este estudo visa utilizar o possível rejeito de uma jazida baiana de minério de ferro como fonte de matéria prima para confecção de cerâmica vermelha. Uma amostra do minério foi pulverizada (<65#) concentrada para reduzir o teor de minério de ferro, este rejeito foi utilizado para confecção de peças cerâmicas utilizando um planejamento de mistura em dois níveis e tratando as cerâmicas a 800, 900 e 1000°C. Os ensaios de caracterização foram absorção de água, retração linear, porosidade e resistência a flexão. O resíduo de minério de ferro pode ser utilizado como fonte de matéria prima para produção de cerâmica vermelha com até 23% de resíduo de temperatura de queima de 900°C.

Palavras chave: cerâmica vermelha, resíduo, minério, ferro

Abstract

Iron ore is one of the main Brazilian commodities, however, with a high productivity there is greater production of waste to be stored. One possibility for reducing waste is the reuse of this raw material. In this way this study aims to use the possible waste from a Bahian iron ore deposit as a source of raw material for making red ceramics. A sample of the ore was sprayed (<65#) concentrated to reduce the iron ore content, this waste was used to make ceramic pieces using a two level mixing schedule and treating the ceramics at 800, 900 and 1000°C . Characterization tests were water absorption, linear retraction, porosity and flexural strength. The iron ore residue can be used as source of raw material for the production of red ceramics with up to 23% of the residue having a firing temperature of 900°C.

Keywords: red ceramics, waste, ore, iron

INTRODUÇÃO

Uma barragem de rejeito é uma estrutura de terra construída com a finalidade de depositar resíduos de mineração, as quais oferece risco eminente à sociedade, seja risco ambiental ou da segurança das pessoas, entretanto parte desta matéria prima pode ser reutilizada para confecção de produtos diversos [1].

A geração de enorme quantidade de rejeitos é intrínseca à atividade de mineração, sendo necessário um planejamento a longo prazo para reduzir a quantidade de rejeito mineral armazenado, a indústria de construção civil tem a capacidade de proporcionar destino a tais resíduos com a produção de concreto, blocos, tijolos, revestimentos, pigmentos etc [2].

A mistura de resíduos na confecção de cerâmica vermelha é uma realidade industrial, com tecnologias consolidadas, entretanto para cada tipo de resíduo e origem da argilomineral são necessários estudos complementares para determinar os limites de adição de resíduo à massa cerâmica sem comprometer à qualidade das peças produzidas [3] [4] [5].

A indústria cerâmica brasileira tem participação de cerca de 1% do PIB nacional, sendo que 40% desta participação é representada pelo setor de cerâmica vermelha estrutural, o qual está diretamente ligado ao setor de construção civil, sendo que o consumo de cerâmica vermelha ultrapassa os 70 milhões de toneladas por ano, normalmente com produção disseminada nas cidades com empresas de pequeno porte [6].

Desta forma, este trabalho tem por objetivo estudar viabilidade do rejeito da produção de ferro de uma jazida baiana na confecção de cerâmica vermelha com uso de argila proveniente da região de Jacobina-Ba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o minério de ferro proveniente da Bahia (76% de Fe_2O_3). Tal minério foi fragmentado até ser 100% passante em peneira de 74 μm , sendo este submetido a concentração gravimétrica por mesa concentradora, a fração de menor densidade foi considerado o rejeito o qual foi submetida a concentração magnética (corrente de 20 A) por 10 ciclos, remover minério de ferro (partículas magnéticas) e produzindo um rejeito com o menor teor de minério, o qual foi utilizado na confecção de peças cerâmicas.

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 entre o resíduo e a argila, foi utilizado a metodologia de planejamento de mistura com dois componentes, sendo que a proporção de argila variou entre

70 a 95 % e as proporções de resíduo de 5 a 30%. 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 prensado com 2 t de maneira manual e submetido a secagem à 60°C por 24h antes da queima às temperaturas de 800°C, 900°C e 1000°C por 3 h. Os corpos cerâmicos foram submetidos aos ensaios de absorção de água, porosidade aparente e resistência mecânica por flexão [7].

Tabela I: Planejamento experimental.

| Argila (%) | Resíduo (%) |
|------------|-------------|
| 100% | 0% |
| 85% | 15% |
| 70% | 30% |
| 78% | 23% |
| 93% | 8% |

Com todos os corpos-de-prova secos e queimados, foram medidas suas dimensões (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 equação (A) foi utilizada para calcular a retração linear, onde: V_i é o volume inicial antes da queima e V_f é o volume após a queima [8]:

$$R_l = \left[1 - \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{1/3} \right] \cdot 100 \quad (A)$$

A resistência a flexão foi obtida utilizando a Equação (B), 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).

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A difração de raios-x do resíduo é exibido na Figura 1, demonstrou que o resíduo utilizado na confecção dos corpos de prova são hematita e quartzo.

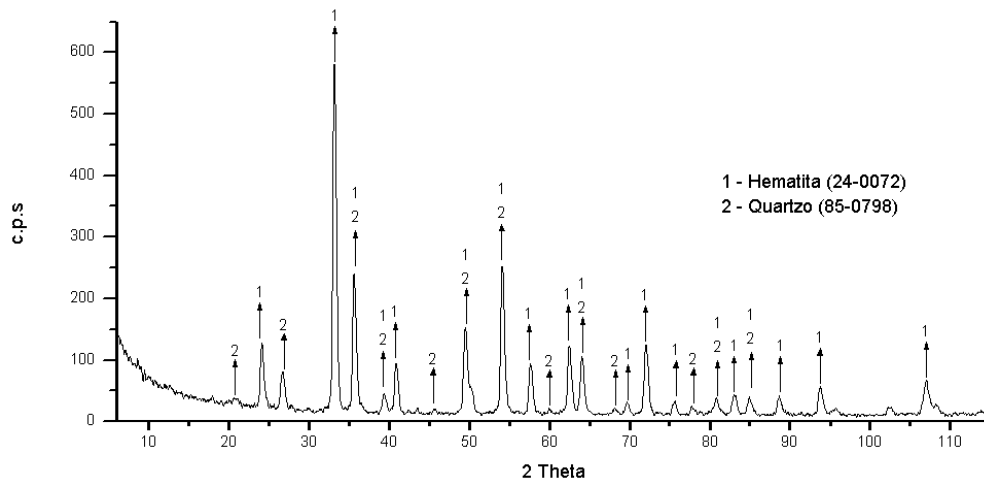


Figura 1: Difração de raios-x do resíduo de ferro.

A Tabela II, mostra a composição química do rejeito de minério de ferro e da argila. Pode ser constatado que a maior concentração da massa cerâmica será de sílica, ferro e alumínio. Tais elementos são relevantes para prever o comportamento físico dos corpos de prova e a coloração.

Tabela II: Composição química do rejeito de minério de ferro e argila.

| Elementos | Concentração (%) | |
|--------------------------------|------------------|--------|
| | Resíduo de ferro | Argila |
| SiO ₂ | 11,57 | 50,48 |
| Al ₂ O ₃ | 3,23 | 38,26 |
| Fe ₂ O ₃ | 83,79 | 5,07 |
| MgO | 0,3 | 2,2 |
| K ₂ O | 0,36 | 1,55 |
| Cl | * | 0,73 |
| Na ₂ O | * | 0,6 |
| TiO ₂ | * | 0,57 |
| CaO | * | 0,18 |
| SO ₃ | * | 0,16 |
| MnO | 0,18 | * |
| Total | 99,43 | 99,8 |

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.

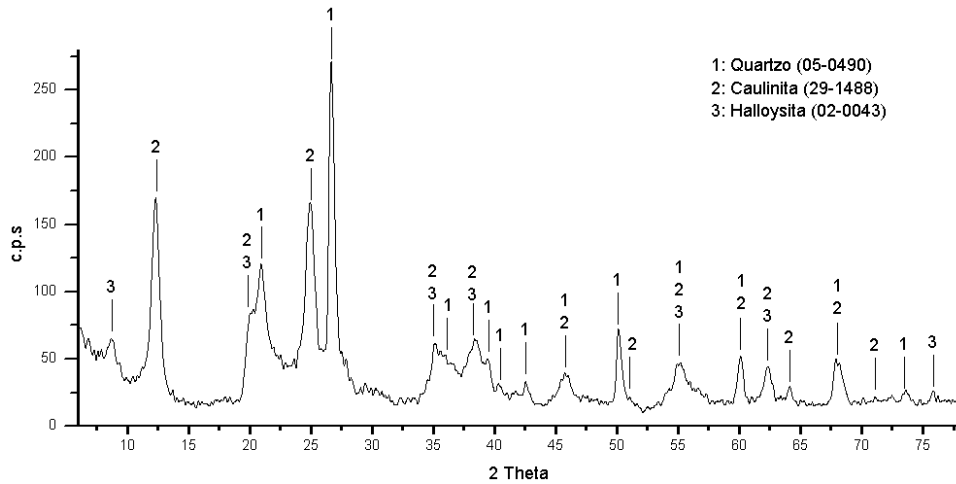


Figura 2. Difração de raios-x da argila de Jacobina-Ba.

A Tabela III mostra a concentração relativa de óxidos contido na massa cerâmica. Onde é possível perceber a redução na concentração de sílica, alumínio e magnésio com acréscimo na concentração de resíduo, que promove aumento substancial na concentração de ferro.

Tabela III. Concentração relativa de elementos químicos na massa cerâmica.

| Elementos | Concentração de resíduos | | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0% | 8% | 15% | 23% | 30% |
| <i>SiO₂</i> | 50,58% | 47,48% | 44,31% | 41,02% | 38,16% |
| <i>Al₂O₃</i> | 38,34% | 35,54% | 32,76% | 29,83% | 27,29% |
| <i>Fe₂O₃</i> | 5,08% | 11,39% | 16,75% | 22,89% | 28,21% |
| <i>MgO</i> | 2,20% | 2,05% | 1,90% | 1,74% | 1,60% |
| <i>K₂O</i> | 1,55% | 1,46% | 1,36% | 1,26% | 1,17% |
| Cl | 0,73% | 0,67% | 0,62% | 0,56% | 0,50% |
| <i>Na₂O</i> | 0,60% | 0,55% | 0,51% | 0,46% | 0,41% |
| <i>TiO₂</i> | 0,57% | 0,53% | 0,48% | 0,43% | 0,39% |
| CaO | 0,18% | 0,17% | 0,15% | 0,14% | 0,12% |
| SO ₃ | 0,16% | 0,15% | 0,13% | 0,12% | 0,11% |
| MnO | 0,00% | 0,01% | 0,03% | 0,04% | 0,05% |
| Total | 100% | 100% | 99% | 98% | 98% |

Após a confecção dos corpos de prova foram realizados os ensaios para determinar a porosidade aparente, absorção de água, retração linear e resistência a flexão com três resultados por cada temperatura de queima e concentração de resíduo. Os resultados são apresentados na Figura 3.

A retração linear apresentou comportamento distinto para cada temperatura de queima, os maiores valores foram obtidos para corpos de prova com 0% de resíduo, em todas as temperaturas de queima. A adição de 8% resíduo favoreceu a redução na retração linear para todas as temperaturas, devido ao aumento relativo à concentração de ferro que saio de 5% para 11%. O acréscimo de 15% na concentração de resíduo, favoreceu ao aumento de aproximadamente 2,5% na média da retração linear à temperatura de 1000°C, isto ocorre devido a formação elevada de fase vítrea na massa cerâmica decorrente da redução relativa de sílica e alumínio com aumento de ferro, como pode ser visualizado na Tabela III. Com o aumento da concentração de resíduo para temperatura de queima de 1000°C há redução na retração, decorrente da menor taxa de formação de fase vítrea atrelado redução de minerais fundente na massa cerâmica como a caulinita.

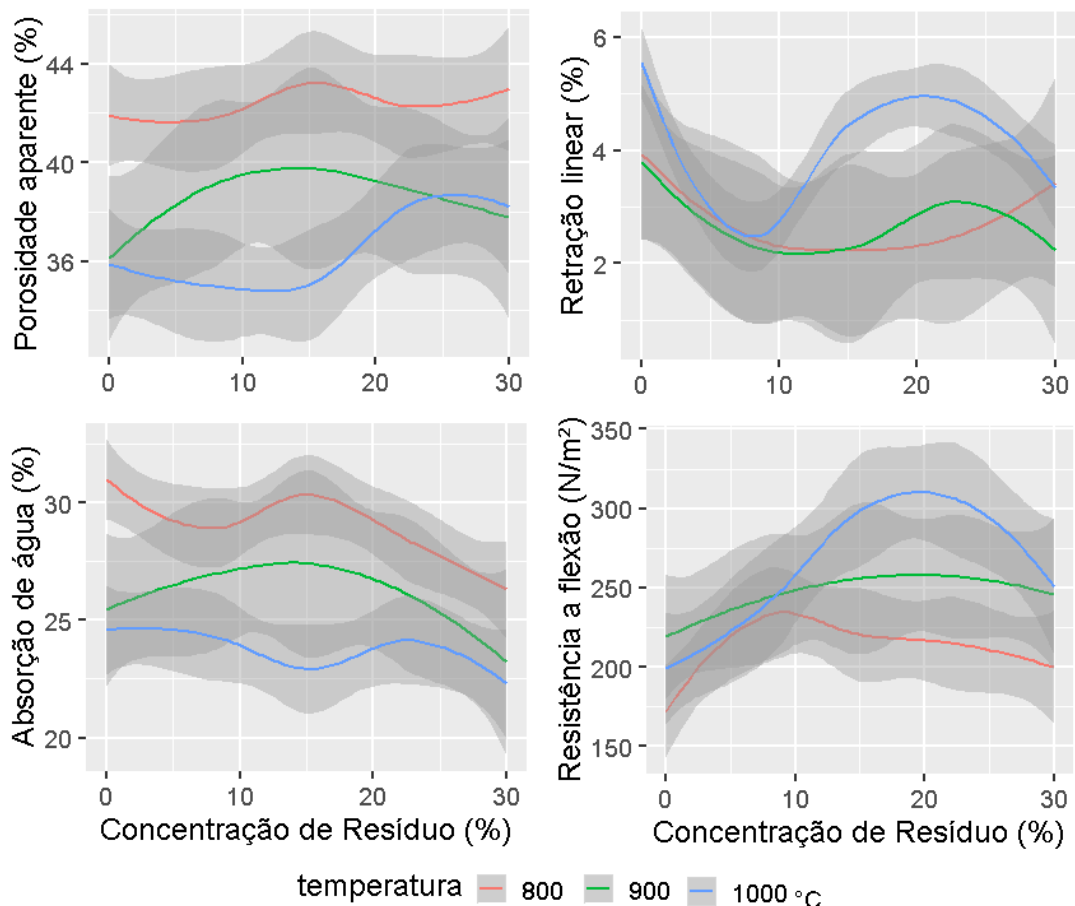


Figura 3. Correlações entre a temperatura e concentração de resíduos.

A absorção de água e porosidade tem comportamento similar, visto a íntima relação entre estas propriedades. Para temperatura de 800, 900 e 1000°C houve redução na absorção de água e porosidade para concentração de resíduo de 23 para 30%, decorrente do melhor empacotamento

da massa cerâmica, visto que o resíduo tem granulometria 100% menor que 74 μm . A redução acentuada na porosidade e absorção para temperatura de 1000°C e 15% de resíduo, decorre da relação mais adequada de fundentes e empacotamento da massa cerâmica, isto é confirmado pelo aumento relativo na retração linear para as mesmas proporções.

A resistência a flexão é ligeiramente melhor com adição de resíduo até o máximo de 23%. Para temperatura de queima de 800°C não há maiores alterações na resistência a flexão com acréscimo na concentração de resíduos, entretanto para aumento na concentração de resíduos acima de 23% e temperatura de queima de 900 e 1000°C há uma melhoria na resistência a flexão. Este comportamento está atrelado a redução da retração linear e estabilidade na porosidade, visto que há uma relação favorável na formação de fase vítrea e empacotamento da massa cerâmica.

A Figura 4 mostra o gráfico com a relação entre a resistência, retração, porosidade e concentração de resíduo. É possível perceber que a resistência foi sempre baixa para temperatura de queima a 800°C, independente da concentração de resíduo, mas há uma sutil melhoria com aumento da retração. O melhor resultado para resistência está atrelado à aproximadamente 2% de retração linear e concentração de resíduo de 23% com temperatura de queima de 900°C, visto que a porosidade não exhibe grandes variações para 900 e 1000°C, como exibido na Figura 3, não há justificativas para processar a cerâmica com o resíduo de ferro acima de 900°C.

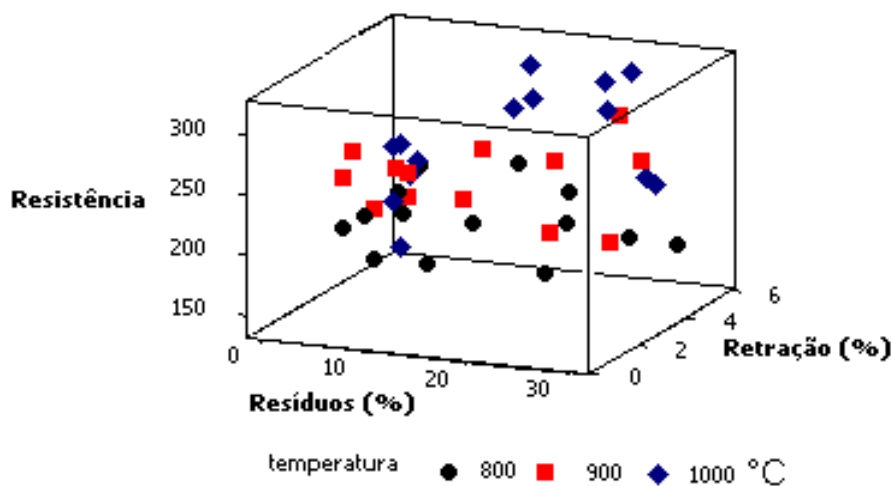


Figura 4. Correlação entre a resistência a flexão, retração linear, concentração de resíduos e temperatura.

A correlação entre as variáveis de processo, temperatura de queima e concentração de resíduos, com as propriedades mecânicas das peças, permitiu determinar que a melhor concentração de resíduo está entre 15 e 23% e a temperatura de queima é de 900°C, pois é possível obter a menor porosidade com a melhor resistência a flexão com a retração linear aceitável para cerâmicas ordinárias.

CONCLUSÕES

A relação entre a temperatura e concentração de resíduo, permite a produção de peças com concentração de resíduo entre 15 a 23% e temperatura de queima entre 900 a 1000°C. O resíduo utilizado é constituído substancialmente de hematita e quartzo que combinado com o argilomineral, constituído de quartzo e caulinita, permite obter peças cerâmicas com qualidades adequada com 23% de resíduo, quando processado à 900°C, limitando a concentração de ferro à 23%. Não foi observada a necessidade de aumento na temperatura de queima acima de 900°C para promover incremento na qualidade das peças. A adição de 8, 15 e 30 % de resíduo não proporciona, de maneira geral, melhoria nas características das peças, devido a desproporcionalidade na quantidade de minerais fundentes e porosidade da peça.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia. 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] T. F. De Souza Júnior, E. B. Moreira, and K. S. Heineck, “Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil,” *Holos*, vol. 5, pp. 2–39, 2018.
- [2] L. Capingote Serafim, D. Yusuf, S. Filho, C. Murilo da, E. Capingote Serafim, and J. Waldo Martinez, “Gestão de resíduos industriais: Um estudo do aproveitamento de rejeitos na mineração,” no. 2017, pp. 260–274.
- [3] Xiaoping Wang, T. Sun, S. Wu, C. Chen, J. Kou, and C. Xu, “A novel utilization of Bayer red mud through co-reduction with alimonitic laterite ore to prepare ferronickel,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 2019, pp. 33–41, 216AD.
- [4] O. Suvorova, V. Kumarova, D. Nekipelov, E. Selivanova, D. Makarov, and V. Masloboe, “Construction ceramics from ore dressing waste in Murmansk region, Russia,” *Construction and Building Materials*, vol. 153, pp. 783–789, 2019.

- [5] Wanna C.Fontes, J. M. F. de Carvalho, L. C.R.Andrade, A. M.Segadães, and R. A.F.Peixoto, “Assessment of the use potential of iron ore tailings in the manufacture of ceramic tiles: From tailings-dams to ‘brown porcelain,’” *Construction and Building Materials*, vol. 206, pp. 111–121, 2019.
- [6] I. M. G. Santos *et al.*, “Efeito da adição de rejeito na redução de coração negro em cerâmicas vermelhas,” *Cerâmica*, vol. 51, pp. 144–150, 2005.
- [7] D. C. Montgomery, *Design nd analysis of experiments*, 5th ed. John Wiley & Sons, Inc, 2001.
- [8] M. Jung, I. de S. Camisa, I. Albanaz, S. L. da S. Pereira, and M. Cargin, “Comparativo entre diferentes métodos de determinação da retração linear de placas cerâmicas,” *1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense*, vol. 13818, no. 2001, pp. 242–251, 2012.