

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE PEÇAS VITROCERÂMICAS FABRICADAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO

Ícaro James de Sousa Lessa¹; Willams Teles Barbosa²; Victor Teixeira da Silva Aragão³; Antônio Rimaci Miguel Junior⁴; Rodrigo Santiago Coelho⁵

¹ Graduando em Engenharia de Materiais; Iniciação Tecnológica – PD&I; icarojameslessa@gmail.com

² Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais; Bolsista SENAI CIMATEC – PD&I; willams.barbosa@fbter.org.br

³ Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; victor.aragao@fieb.org.br

⁴ Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; antoniorm@fieb.org.br

⁵ Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; rodrigo.coelho@fieb.org.br

RESUMO

Resíduos de mineração provenientes de barragens foram submetidos a uma rota tecnológica de fusão, recozimento e cristalização, a fim de produzir amostras vitrocerâmicas, objetivando conformação de peças para aplicação voltada a revestimentos cerâmicos. As peças solidificadas passaram por diferentes etapas de tratamento térmico. Os índices físicos do material foram mensurados e discutidos. Os resultados demonstraram que o material final após a recristalização, se classifica como vitrocerâmica e há potencial de aplicação comercial como material de construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de mineração, vidro, vitrocerâmica, cristalização.

1. INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de resíduos minerais tem sido pauta mundial nas discussões sobre o futuro da indústria, não somente pela finitude de recursos naturais, mas também pelo grande impacto ambiental causado pela disposição destes na natureza. Neste sentido, tem se buscado novas alternativas e aplicações para os resíduos gerados nas atividades das mineradoras, versando sobre uma economia mais circular. Alguns estudos mostram a possibilidade de se fabricar peças vitrocerâmicas a partir deste tipo de material. Este material faz com que os resíduos que seriam destinados a barragens tenham, de fato, uma aplicação comercial.¹

Vitrocêramicas são sólidos policristalinos que apresentam também uma fase vítrea, ou seja, eles são compostos simultaneamente por estruturas amorfas e cristalinas. Esses materiais são obtidos a partir da cristalização controlada de estruturas vítreas. O processo de produção dos materiais vitrocerâmicos acontece em três etapas respectivas à preparação do material, moldagem e tratamentos térmicos.² A composição química da vitrocerâmica, juntamente com o tratamento térmico utilizado, é responsável pela formação de fase cristalina, que influencia nas propriedades físicas e tecnológicas do material.¹ Ter conhecimento das propriedades físicas do material é de muita importância quando se deseja entender melhor seu funcionamento durante a aplicação. A norma ABNT 15844 Rochas para revestimento - Requisitos para granitos permite a compreensão acerca da viabilidade do material como revestimento cerâmico.^{3,4}

Nesta perspectiva, o objetivo deste projeto é avaliar a conformidade de vitrocerâmicas fabricadas a partir de resíduo de mineração de acordo com os tratamentos térmicos efetuados, almejando sua aplicação como materiais na construção civil.

2. METODOLOGIA

A obtenção das amostras ocorreu através da fundição do resíduo em forno tipo cadinho sob temperatura de 1300°C. Em seguida, o material fundido foi vertido em moldes retangulares de aço inox de dimensões de 250 mm x 250 mm com profundidade útil de 35 mm. As peças foram imediatamente levadas a forno mufla, onde foram recozidas. Por fim, após o recozimento, as amostras foram submetidas a tratamento térmico de cristalização, resultando nas vitrocerâmicas.

Os ensaios de índices físicos para obtenção da densidade aparente (D_{AP}), porosidade aparente (P_{AP}) e absorção de água (A_{ag}) das amostras ocorreram no Laboratório de Ensaios Mecânicos do SENAI CIMATEC, conforme a norma ABNT NBR 15845/2010 Rochas para revestimento Parte 2: Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água, sendo calculados a partir das equações de (1) a (3), respectivamente. Para tanto, foram aferidas as massas das amostras nas seguintes condições: (i) após secagem (m_d) a 110 °C por 24 h em forno mufla; (ii) suspensas em água (m_s), após 5 h de aquecimento com

água fervente seguidas de 24 h sem aquecimento; (iii) saturadas (m_m), após emersão e remoção de água visível externa.⁵

$$D_{AP} = \frac{m_d}{m_m - m_s} \quad (1)$$

$$P_{AP} = \frac{m_m - m_d}{m_m - m_s} \times 100\% \quad (2)$$

$$A_{ag} = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100\% \quad (3)$$

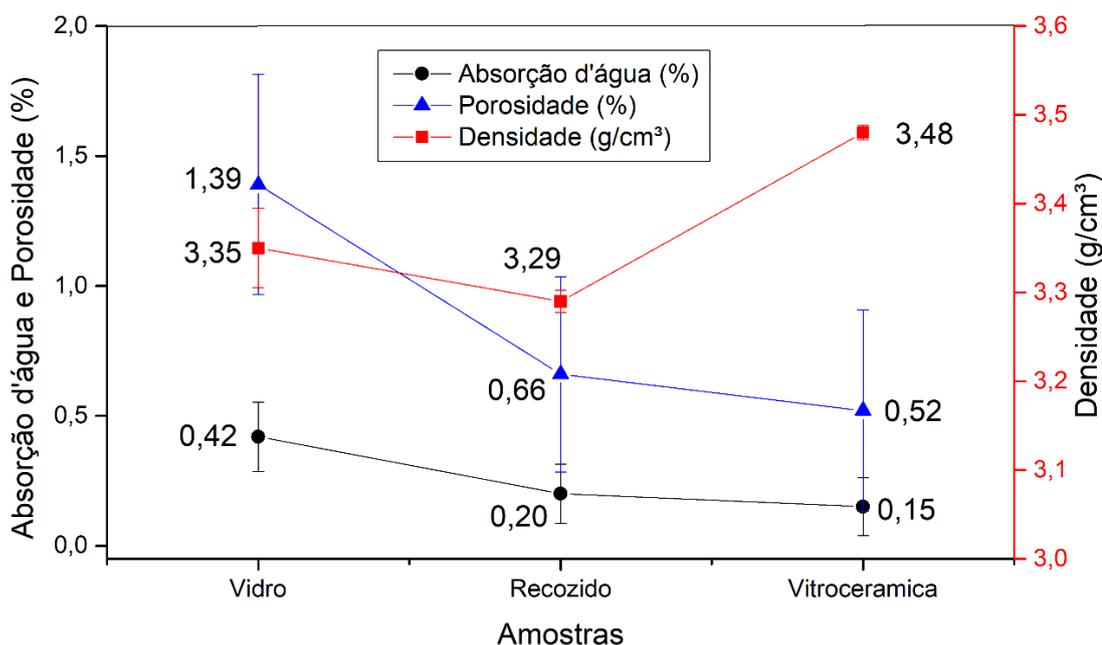
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices físicos calculados foram plotados graficamente (Figura 1). O vidro após recozimento apresentou leve redução da sua densidade. O tratamento térmico de recozimento intenciona o alívio das tensões térmicas, que são resultantes da diferença entre os coeficientes de expansão térmica da fase amorfa da matriz e dos cristais que se formam durante o resfriamento do material viscoso. Neste processo, é natural que o material sofra algum tipo de expansão volumétrica.⁶ No entanto, ao passar pelo processo de cristalização, o material sofre um aumento de 5,78% em sua densidade. Durante o processo de recristalização, novos núcleos são formados e, conseqüentemente, novos cristais, que se ordenam devido à condição favorável do tratamento térmico, preenchendo espaços vazios. Assim, há uma redução de volume significativa, resultando no aumento da densidade aparente do material.⁷

A porosidade não teve alterações significativas com os tratamentos térmicos empregados. Nas amostras antes e após recozimento, os poros foram preenchidos por fase líquida, enquanto que nas vitrocerâmicas recristalizadas os poros foram tomados pelos cristais formados e reordenados.⁷ Entretanto, o índice de absorção de água foi reduzido no material após a recristalização. Isto indica que a redução da quantidade de poros abertos foi significativa, ao contrário da quantidade de poros fechados que se manteve constante.³

A norma NBR 15844 responsável por determinar requisitos técnicos para granitos utilizados como revestimento cerâmico, demanda valores de densidade aparente superiores a 2,5 g/cm³, porosidade aparente e absorção de água inferiores a 1,0% e 0,4%, respectivamente, e com base nos valores obtidos na Figura 1, a vitrocerâmica atingiu as especificações.⁸

Figura 1 - Evolução da densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água das amostras.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resíduos de mineração se mostraram viáveis como matéria prima para conformação de peças com aplicação como material de construção civil. Em termos de índices físicos, as propriedades requisitadas para aplicação como revestimento cerâmico foram alcançadas segundo a norma NBR 15844, mostrando-se uma boa alternativa para o desenvolvimento da economia circular na indústria da mineração.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ ISA, H. **A review of glass-ceramics production from silicate wastes**. Zaria: International Journal of the Physical Sciences Vol. 6, 2011.
- ² MACMILLAN, P. W. **Glass ceramics**. Londres: Academic Press, 1979.
- ³ RODRIGUES, A. S. **Caracterização Tecnológica De Uma Rocha Pegmatítica Localizada Na Região De Equador**: Rn Visando A Sua Utilização Como Rocha Ornamental. Recife: PPGEMinas – UFPE, 2017.
- ⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15844:2015**: Rochas para revestimento - Requisitos para granitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15845-2:2015**: Determinação de densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ⁶ SELSING, J. **Internal Stresses in Ceramics**. Journal of the American Ceramic Society, 1961.
- ⁷ GONZÁLES, A. M. S. **Cristalização De Um Vidro a Base De Basalto**. São Paulo: USP, 2013
- ⁸ CAMARGO, J. L. et al. **Influência Das Propriedades Petrográficas Na Qualidade Do Polimento De Rochas Ornamentais**. Rio Claro: UNESP, 2013.