cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Pavimentos permeáveis constituídos integralmente por dois resíduos de processamento mineral

Ramos Filho, R.E.B.[1*]; Andrade, R. A. [1]; Souza, R. G [1]; Costa, F. P.; Menezes, R.R. [1]; Neves, G.A. [1]
[1] UFCG - Universidade Federal de Campina Grande – PB. Laboratório de Tecnologia de materiais. *r.ramosf30@gmail.com

Introdução

Atualmente existem várias pesquisas com resíduos minerais para produtos cerâmicos, sendo poucos os casos que dispensam o uso de argilominerais e ainda em produtos mais valorizados como os pavimentos permeáveis cerâmicos que podem contribuir para drenagem de águas pluviais.



Figura 1. Sistema de drenagem

Objetivos

• Analisar as propriedades mecânicas e físicas de amostras para pavimentos cerâmicos permeáveis obtidos integralmente por resíduos de processamento de minerais;

• Obter pavimentos permeáveis com os resultados de máximas porosidade e resistência a flexão adequada.

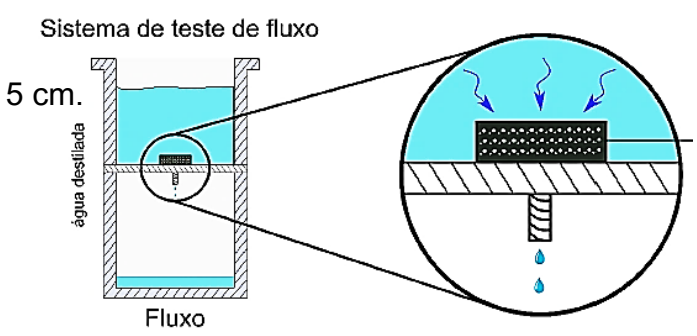
Metodologia

1.Seleção dos resíduos minerais:
- Agente porogênico - resíduo de scheelita (RS);
- Agente platificante e fundente – resíduo de caulim (RC).
- Elaboração de hipóteses e testes baseados em trabalhos anteriores [1].

2.Definição do planejamento - composto central 2^n + 3PC. (2 níveis, sendo n = 2 (2 fatores variáveis) + 1 ponto central, repetido 3 vezes.
Parâmetros mínimos e máximos de temperatura (1.120°C – 1.150°C e composição (% de teor de RS) 20 – 50.

As amostras da mistura de resíduos de scheelita e caulim foram peneiradas a #80, misturadas a 10% de água e prensadas a 26MPa, sendo secas em estufa a 100°C e sinterizadas a baixas taxas de aquecimento (5 – 10°C/min) para máxima descarbonatação da calcita.

$CaCO^3 \rightarrow CaO + CO^2$ ⇧ Porosidade

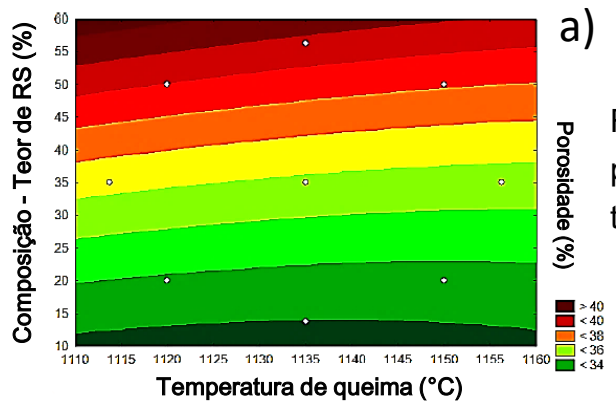


$$J = \frac{V}{A.\Delta t}$$

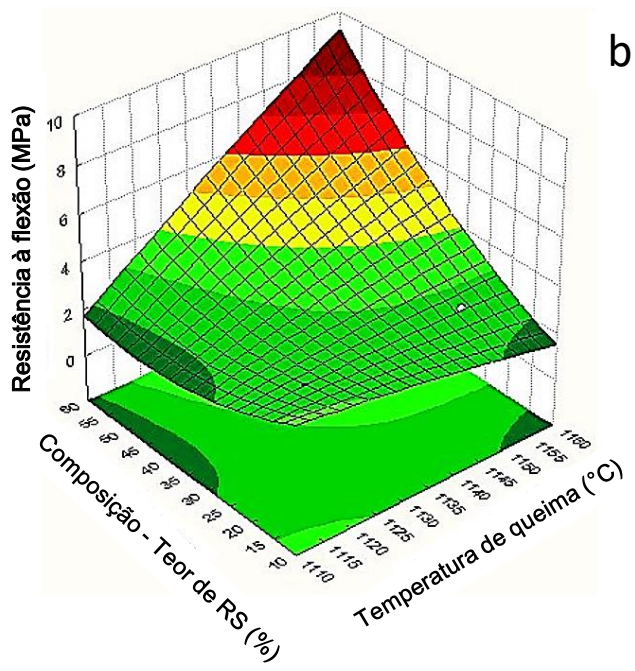
J – fluxo permeável
A – área da seção transversal ao fluxo
V – volume de água permeada;
ΔT – intervalo de tempo.

Figura 2. Ensaio de permeabilidade de amostras com 30 cm de diâmetro.

Resultados e Discussão



Recomenda-se porosidade em torno de 40% [1].



Recomenda-se a Resistência à flexão acima de 3,6 MPa, [2].

Figura 2. Resultados: a) Curva de nível da Porosidade b) Superfície de resposta da Resistência à Flexão.

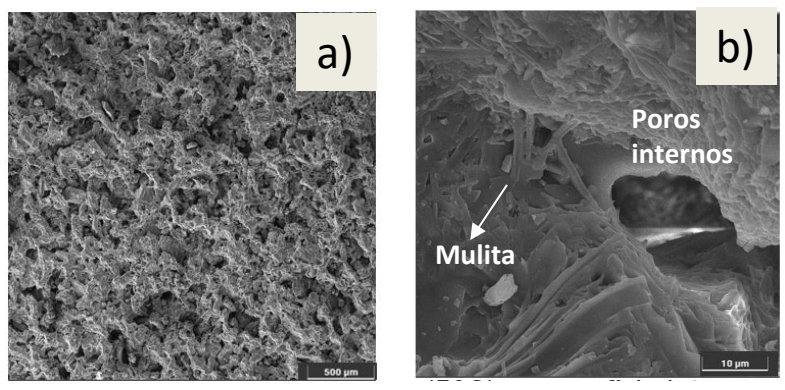


Figura 3. MEV – 50% de RS (50S) – superfície interna – transversal à superfície de compactação.
a) 1.150°C - 100x; b) 1.120°C 2.000x.

Resultado da Permeabilidade – 50S a 1.150°C: 2.437 mm/h ou 6,8 x 10^{-4} m/s - permeabilidade média para sistemas de pavimentos permeáveis [3].

Conclusões

A seleção dos materiais e parâmetros foram adequadas para obtenção dos resultados esperados com 95% de confiabilidade. Sugere-se o ponto ótimo a 55S e 1.135°C pela maior porosidade (~40%), tendo ainda elevada resistência mecânica (~5MPa). Os pavimentos possuem propriedades adequadas para aplicação, contribuindo para drenagem de águas, tendo ainda indícios de baixo custo devido ao aproveitamento de resíduos, gerando uma economia circular e sustentável.

Referências e Agradecimentos

[1] Ramos Filho et al. (2026). Sustainable and Innovative Permeable Ceramic Pavements from Mineral Processing Waste. *Materials Research*, *29*. https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2025-0572.
[2] Kia A et al. High-strength clogging resistant permeable pavement. Int J Pavement Eng. 2021;22(3):271-82. https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1600693.
[3] Barbosa RS, Moura PM. Análise da permeabilidade de pavimento intertravado vazado. In: X Encontro Nacional de Águas Urbanas; 2014; São Paulo, SP. Anais. Porto Alegre: ABRHidro; 2014.
Os autores agradecem ao CNPQ pelo financiamento, à UFCG e ao Laboratório de Tecnologia de Materiais - LTM

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
UFCG SUPRA OMNES LUX LUCIS
LTM • Laboratório Tecnologia dos Materiais