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

Modelagem por regressão polinomial da resistência à compressão de argamassas contendo resíduos de recauchutagem de pneus

Maicon C. F. Tavares[1], Eva de L. Cardoso[1], Alessandro de C. Corrêa[1], Laércio G. Gomes[1], Roberto P. B. Ramos[1], Lênio J. G. de Faria[2], Alessandro M. dos Santos[1]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)
[2] Universidade Federal do Pará (UFPA)

Introdução

A incorporação de resíduos de pneus em argamassas é uma alternativa sustentável para pisos táteis. No entanto, a substituição da areia por borracha altera o comportamento mecânico, exigindo modelos preditivos. Este estudo analisa o teor de substituição **(0% a 20%)** e a idade de cura **(7 e 28 dias)** sobre a **resistência à compressão**, contribuindo para a logística reversa e aplicações não estruturais.

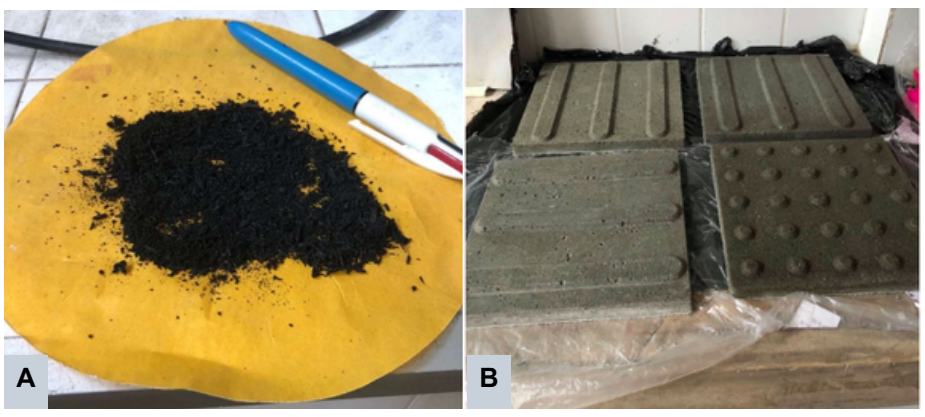


Figura 1 – (A) Resíduo de pneu; (B) pisos táteis produzidos com incorporação do resíduo.
Fonte: Adaptado de Cardoso (2023).

Objetivos

Desenvolver e comparar modelos estatísticos (linear, quadrático e quadrático com interação) para descrever a influência do teor de resíduo de pneu e da idade de cura na resistência à compressão de argamassas, identificando o modelo com melhor ajuste e parcimônia.

Metodologia

Foram produzidos corpos de prova com substituição de areia por resíduo de pneu em **0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% e 20%**, curados por 7 e 28 dias. A análise estatística utilizou o software R. Foram ajustados três modelos: Modelo I (Linear Aditivo), Modelo II (Polinomial 2ª Ordem) e Modelo III (Polinomial 2ª Ordem com Interação). A seleção baseou-se em Teste F, R^2 e AIC.



Figura 2 – Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa.

Resultados e Discussão

O Modelo III apresentou o melhor ajuste (R^2 = 0,900; AIC = 38,72). A interação significativa ($p < 0,01$) evidenciou que a redução não linear da resistência depende da idade de cura. A análise dos resíduos indicou normalidade aproximada, sem heterocedasticidade significativa ($p = 0,067$), e os erros-padrão robustos HC3 mantiveram a significância dos coeficientes.

Equação do Modelo III

$$RC = 2{,}78354 - 0{,}184687T + 0{,}004650T^2 + 1{,}809409D - 0{,}231724TD + 0{,}009180T^2D$$

- RC = resistência à compressão (MPa);
- T = teor de substituição da areia por resíduo de pneu (%);
- D = 0 para 7 dias e 1 para 28 dias de cura.

Indicador	Modelo I	Modelo II	**Modelo III**
R^2	0.704	0.846	**0.900**
R^2 ajustado	0.693	0.837	**0.889**
AIC	91.0	57.7	**38.7**
RMSE (MPa)	0.52	0.38	**0.30**
F	60.742	91.860	**86.026**

Tabela 1- Comparação do desempenho dos modelos de regressão.

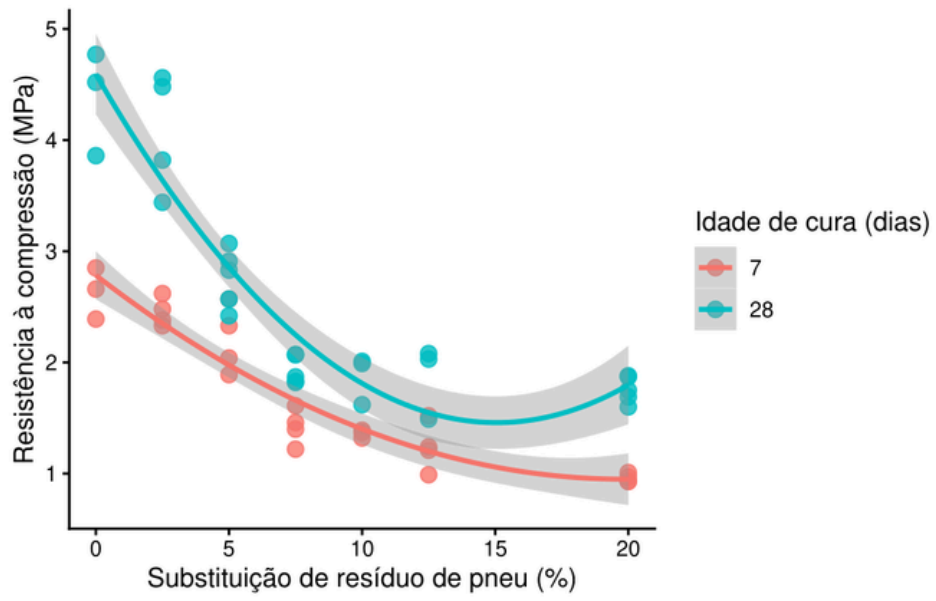


Figura 3 – RCA versus teor de resíduo de pneu, aos 7 e 28 dias.

Conclusões

O modelo polinomial de segunda ordem com interação descreve adequadamente a influência conjunta do teor de substituição e da idade de cura. A incorporação do resíduo promove redução não linear da resistência, com o ganho de cura dependendo do teor. O modelo é uma ferramenta útil para estimar o desempenho mecânico e subsidiar a dosagem de argamassas para pisos táteis.

Referências e Agradecimentos

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.
- CARDOSO, E. de L. **Argamassa com resíduos de recauchutagem de pneus para obtenção de piso tátil.** 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Instituto Federal do Pará, Belém, 2023.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** 3. ed. New York: Wiley, 1998.