

IMPACTO DE FIBRAS DE CELULOSE NO DESEMPENHO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

ANTÔNIA GARCIA FARIAS¹; AMANDA DO SACRAMENTO ROBE²; LUARY GONÇALVES ARAÚJO³; NICOLE KATH KRÜGER⁴; GUSTAVO LUIS CALEGARO⁵; CRISTIAN DA CONCEIÇÃO GOMES⁶; RAFAEL DELUCIS⁷;

¹ Universidade Federal de Pelotas – antoniagarciafarias15@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – amandasrobe@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – luarygonalves@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – nicolekathkruger@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – gustavoccalegaro@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – cristianconceicao8@gmail.com

⁷ Universidade Federal de Pelotas – rafael.delucis@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, notória por seu intenso consumo de recursos naturais, tem buscado ativamente alternativas para se alinhar aos princípios da sustentabilidade. Neste contexto, a incorporação de materiais renováveis e de baixo impacto ambiental na formulação de compósitos construtivos surge como uma estratégia promissora. Dentre esses materiais, destaca-se a fibra de celulose, um biopolímero amplamente disponível e proveniente de fontes renováveis. Quando utilizada como adição em matrizes cerâmicas, como as cimentícias e as baseadas em solos, as fibras de celulose podem conferir propriedades distintivas aos compósitos, como redução de massa específica, maior capacidade de absorção de energia e melhoria no isolamento térmico e acústico (ARAMBURU et al., 2023).

A utilização de uma polpa de celulose comercial como reforço em tijolos de solo-cimento é motivada pela sua qualidade controlada, homogeneidade e propriedades mecânicas consistentes. Sua resistência inerente, flexibilidade e capacidade de retenção de água permitem uma interação física potencialmente vantajosa com a matriz de solo-cimento, podendo alterar seu comportamento mecânico e sua microestrutura. No entanto, o desempenho final do compósito é fortemente influenciado pelo teor de fibra incorporado, uma vez que percentuais excessivos podem prejudicar a compactação e a adesão à matriz, comprometendo a resistência mecânica característica deste tipo de material (ARDANUY; CLARAMUNT; TOLEDO FILHO, 2015).

Este trabalho tem como objetivo investigar os efeitos da adição de dois teores distintos de polpa de celulose comercial nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos prensados de solo-cimento. Através da análise comparativa de parâmetros como massa específica, retração, resistência à compressão e módulo de elasticidade, busca-se determinar a dosagem ótima que equilibre a leveza e a tenacidade conferidas pelas fibras com a integridade estrutural necessária para aplicações construtivas. Dessa forma, a pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento de materiais de construção alternativos que utilizem recursos renováveis de forma eficiente, mantendo as características essenciais dos tradicionais blocos de solo-cimento, mas agregando novas propriedades funcionais alinhadas com as demandas contemporâneas por eficiência ambiental e desempenho técnico.

2. METODOLOGIA

A produção dos tijolos ecológicos foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Pelotas, empregando-se uma metodologia padronizada para controle experimental. Três formulações distintas foram preparadas: uma amostra controle (sem aditivos) e duas formulações com incorporação de fibras de celulose reciclada nos teores de 1% e 5% em massa.

Cada traço foi preparado para um total de 2500 g de massa. As composições foram determinadas em proporção mássica, conforme a Tabela 1. Os materiais secos (solo e cimento) foram homogeneizados manualmente. Em seguida, para os grupos com adição, as fibras de celulose foram incorporadas à mistura seca. Posteriormente, a água foi adicionada e a mistura transferida para um agitador mecânico, assegurando uma homogeneização adequada até atingir consistência pastosa.

Tabela 1 – Composição das misturas.

| Grupo | Solo (%) | Cimento (%) | Água (%) | Celulose (%) |
|-------------|----------|-------------|----------|--------------|
| Controle | 65 | 15 | 20 | 0 |
| 1% Celulose | 64,19 | 14,81 | 20 | 1 |
| 5% Celulose | 61 | 14 | 20 | 5 |

A massa foi moldada em formas metálicas padronizadas ($25 \times 12 \times 3,5$ cm) para tijolos maciços e submetida à prensagem manual. Após a desmoldagem, os corpos de prova passaram por cura úmida durante 7 dias, visando garantir o adequado desenvolvimento das propriedades mecânicas. Após esse período, foram preparados para os ensaios laboratoriais.

Foram realizadas medições de massa e dimensões dos corpos de prova a fim de calcular a massa específica aparente ($\rho = m/V$), com volume determinado a partir das dimensões reais de cada amostra. A resistência à compressão foi avaliada em prensa hidráulica calibrada, com aplicação de carga crescente à razão de 500 N/s até a ruptura total do tijolo. A área de carregamento foi determinada individualmente para cada corpo de prova. Durante o ensaio, foram registrados os valores de força máxima aplicada e a deformação correspondente, permitindo a posterior análise do comportamento mecânico.

Os dados obtidos foram tratados com base em equações clássicas de propriedades físicas e mecânicas. Calculou-se a massa específica aparente (kg/m^3), bem como retracções dimensionais. Adicionalmente, foram plotados gráficos de força versus encurtamento para avaliar a rigidez e o comportamento elasto-plástico de cada amostra durante o carregamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as curvas de força versus encurtamento para os três grupos estudados (controle, 1% e 5% de fibras de celulose). Observa-se que os corpos de prova do grupo controle exibiram comportamento típico de materiais frágeis, com crescimento linear da força até o pico de resistência, seguido de ruptura abrupta. A adição de 1% de fibras manteve valores de força máxima próximos ao controle (redução de ~1,9%), porém com redução de ~35% no encurtamento máximo, indicando menor capacidade de deformação. Já o grupo com 5% de fibras apresentou queda drástica na força máxima (~54% inferior ao controle) e comportamento irregular entre réplicas, sugerindo heterogeneidade na distribuição das fibras e formação de zonas de fraqueza na matriz. Este comportamento está alinhado com observações de (ANDRÉS-VALERI et al., 2018),

que relataram que excesso de fibras vegetais pode comprometer a compactação e induzir descontinuidades na matriz cerâmica.

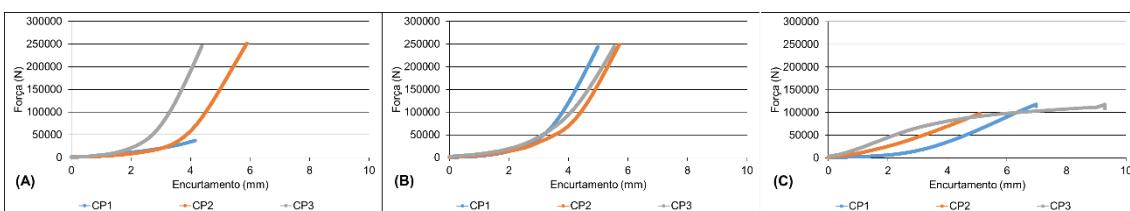


Figura 1 – Curvas força vs. encurtamento obtidos em compressão.

A massa específica aparente (Figura 2) diminuiu progressivamente com a adição de fibras de celulose. O grupo controle apresentou valor médio de 1966,0 kg/m³, enquanto os grupos com 1% e 5% de fibras exibiram valores médios de 1633,8 kg/m³ (~17% de redução) e 1442,1 kg/m³ (~27% de redução), respectivamente. Essa redução é atribuída à menor densidade das fibras celulósicas em comparação com os componentes da matriz (solo e cimento), bem como à possível formação de vazios interfibras que reduzem a compactação efetiva do compósito (INSAURRIAGA et al., 2024).

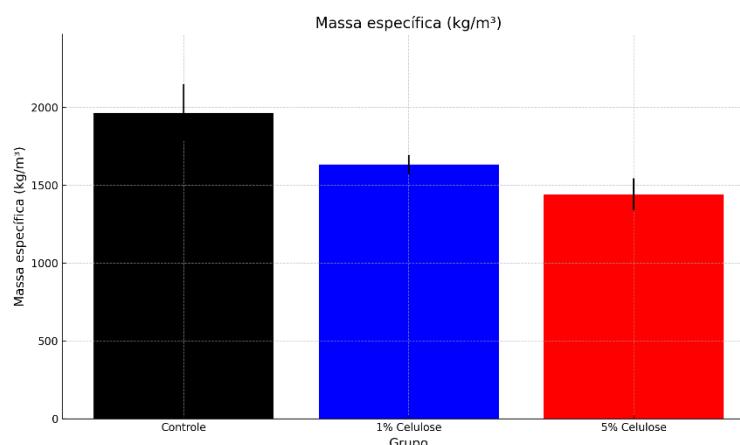


Figura 2 – Níveis médios de massa específica aparente.

Os valores de retração linear e volumétrica (Figura 3) variaram significativamente entre os grupos, mas sem uma tendência clara relacionada ao teor de fibras. O grupo controle apresentou retração linear média de 1,34% e volumétrica de 4,10%. Para 1% de fibras, os valores foram 1,05% (linear) e 3,36% (volumétrica), enquanto para 5% de fibras observou-se 1,74% (linear) e 5,31% (volumétrica). A maior variabilidade nos grupos com fibras sugere influência da distribuição não uniforme das fibras no processo de secagem e contração.

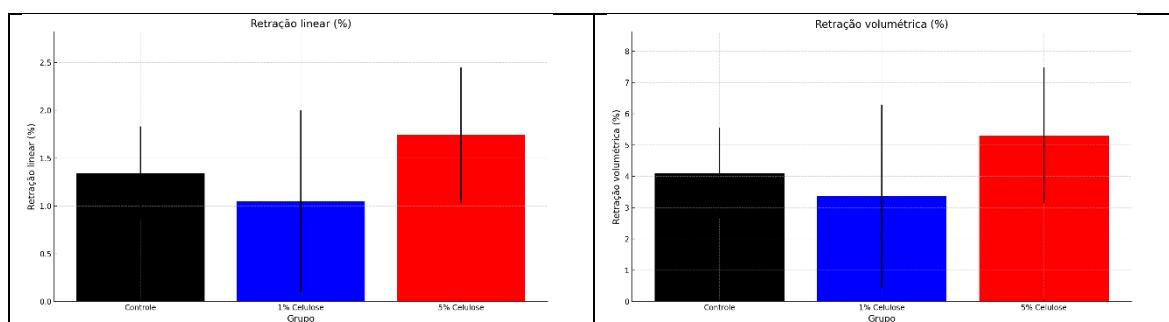


Figura 3 – Níveis médios de retração linear (A) e retração volumétrica (B).

A resistência à compressão (Figura 4A) foi severamente afetada pelo aumento do teor de fibras. O grupo controle apresentou resistência média de 61,57 MPa, enquanto o grupo com 1% de fibras manteve valor próximo (59,58 MPa, -3,2%). Já o grupo com 5% de fibras exibiu queda drástica para 27,99 MPa (-54,6%). O módulo de elasticidade (Figura 4B) seguiu tendência similar, com redução de ~50% no grupo com 5% de fibras em relação ao controle. Esses resultados indicam que teores elevados de fibras comprometem significativamente a rigidez e a capacidade de carga do compósito, possivelmente devido à redução da densidade e à formação de interfaces fracas entre as fibras e a matriz, conforme reportado em estudos anteriores com materiais lignocelulósicos (ARDANUY; CLARAMUNT; TOLEDO FILHO, 2015).

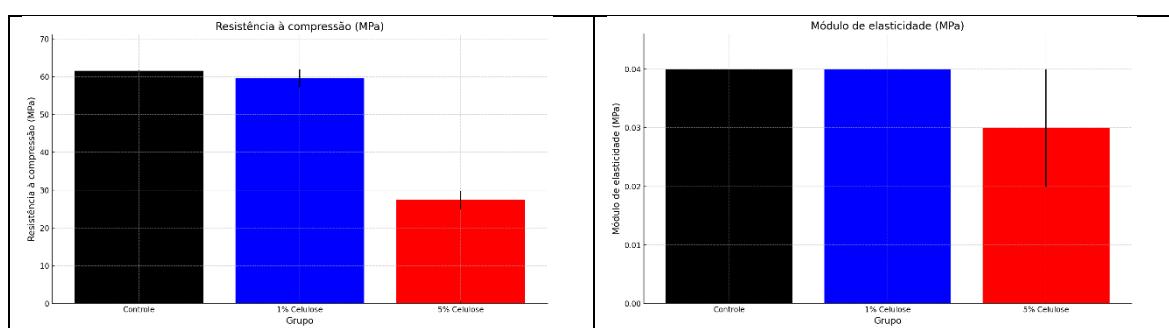


Figura 4 – Níveis médios de resistência à compressão (A) e módulo de elasticidade (B).

4. CONCLUSÕES

A adição de fibras de celulose em tijolos de solo-cimento promoveu redução progressiva da massa específica e, em teores elevados (5%), causou queda drástica na resistência à compressão e no módulo de elasticidade. O teor de 1% manteve propriedades mecânicas próximas ao controle, mas reduziu a deformabilidade. A heterogeneidade dos resultados com 5% de fibras indica desafios na distribuição uniforme e compatibilidade com a matriz, limitando sua aplicação em elementos estruturais. Em um futuro trabalho seria possível estudar métodos de tratamento superficial das fibras de celulose para melhorar a interface fibra-matriz e mitigar a perda de resistência mecânica em tijolos de solo-cimento com adições fibras.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS-VALERI, V. C. et al. Exploratory study of porous asphalt mixtures with additions of reclaimed tetra pak material. **Construction and Building Materials**, v. 160, p. 233–239, 2018.
- ARAMBURU, A. B. et al. Cement matrix reinforced with microfibrillated cellulose treated with furfuryl alcohol. **Cellulose**, 19 set. 2023.
- ARDANUY, M.; CLARAMUNT, J.; TOLEDO FILHO, R. D. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: A review of recent research. **Construction and Building Materials**, v. 79, p. 115–128, 2015.
- INSAURRIAGA, G. L. et al. Effect of Hybridization of Carbon Fibers on Mechanical

Properties of Cellulose Fiber–Cement Composites: A Response Surface Methodology Study. **C**, v. 10, n. 2, p. 41, 30 abr. 2024.