

Ensaio para produção de vergalhões poliméricos, derivados de polímeros oriundos de resíduos sólidos com aplicação de grafeno e outros compostos

Gabriel de Lima Ferreira (IFPB, Campus Patos), Marcos Cordeiro Mamede Filho (IFPB, Campus Patos), Autor 3 Vinicius da Silva Vieira (IFPB, Campus Patos), Emerson Medeiros Roberto (IFPB, Campus Patos), Iuri Kauã Simão de Oliveira (IFPB, Campus Patos), Sóstenes Fernandes dos Santos (IFPB, Campus Patos)

E-mails: gabriel.ferreira.1@academico.ifpb.edu.br, marcos.mamede@academico.ifpb.edu.br, silva.vinicius@academico.ifpb.edu.br, emerson.noberto@academico.ifpb.edu.br, oliveira.iuri@academico.ifpb.edu.br, sostenes.santos@ifpb.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.01-8 Materiais e Componentes de Construção

Palavras-chave: vergalhões poliméricos. reciclagem de plásticos. nanocompósitos. nanotubos de carbono. construção sustentável.

1. Introdução

A indústria da construção civil, grande consumidora de recursos naturais e geradora de impacto ambiental, necessita de materiais alternativos mais sustentáveis (Smith et al., 2020). Vergalhões de aço, embora resistentes, são propensos à corrosão e sua produção consome muita energia (Jones & Brown, 2019). Compósitos poliméricos reforçados (FRP) surgem como alternativa vantajosa pela leveza e resistência à corrosão (Ferreira, 2021). A utilização de termoplásticos reciclados como PET ou PEAD na produção desses compósitos agrega valor ambiental, promovendo a economia circular e mitigando resíduos sólidos (Oliveira & Silva, 2022). A incorporação de nanomateriais como grafeno e nanotubos de carbono otimiza o desempenho mecânico desses polímeros, melhorando resistência, condutividade e propriedades de barreira (Chen et al., 2018).

Este estudo foca na produção e caracterização de vergalhões de alta resistência a partir de polímeros termoplásticos reciclados, adicionados de nanotubos de carbono de múltiplas paredes e outros possíveis compostos sinérgicos. O objetivo é avaliar como a concentração do nanomaterial e os parâmetros de processamento afetam as propriedades mecânicas e microestruturais dos vergalhões, visando sua aplicação como reforço na construção civil.

2. Materiais e Métodos

A presente pesquisa foi conduzida mediante uma abordagem metodológica multifacetada, iniciando-se com uma extensa revisão bibliográfica, abrangendo a utilização de polímeros termoplásticos, grafeno, óxido de tungstênio, nanotubos de carbono e resíduos sólidos na construção civil. Esta etapa inicial permitiu consolidar o conhecimento existente e identificar lacunas e oportunidades de pesquisa. Subsequentemente, procedeu-se à seleção criteriosa dos polímeros termoplásticos, com destaque para o polietileno tereftalato (PET) reciclado, escolhido devido à sua ampla disponibilidade como resíduo sólido e suas propriedades mecânicas e térmicas satisfatórias para aplicações estruturais.

Figura 1 – Pallets de PET após secagem



Fonte: Imagem do autor (2023).

Para o estudo, foram preparadas 28 formulações distintas, cada uma com 10 g de PET triturado e variações (0,1 g a 0,3 g) de óxido de tungstênio, óxido de alumínio, grafite e grafeno. Adicionou-se 0,5 g de glicerina por amostra, atuando como plastificante para aumentar a flexibilidade e reduzir a rigidez dos polímeros, e como dispersante, conforme descrito por Seixas (2023). O processo de mistura ocorreu em duas fases: primeiramente, os compostos em pó foram combinados com glicerina e solventes para garantir uma dispersão uniforme e prevenir a aglomeração; em seguida, o PET triturado foi adicionado a essa pasta e homogeneizado manualmente por 60 segundos. A uniformidade da mistura foi avaliada visualmente. As 28 amostras, mais uma de controle (PET puro), foram extrudadas para produzir corpos de prova padronizados.

Os ensaios de tração por compressão seguiram a norma ABNT NBR 7222, utilizando uma prensa hidráulica elétrica digital de 200 toneladas no laboratório de concreto do IFPB - Campus Patos. Antes dos testes, as dimensões e massas dos corpos de prova foram precisamente medidas. Cada amostra foi centralizada na prensa para garantir a aplicação uniforme da carga compressiva até a ruptura, registrando-se a carga máxima para o cálculo da tensão de compressão. A pesquisa sobre o uso de grafeno na construção civil foi fundamentada em trabalhos sobre propriedades e processamento de polímeros termoplásticos, baseadas em estudos de Silva (2020) e Nunes (2019).

3. Resultados E Discussão

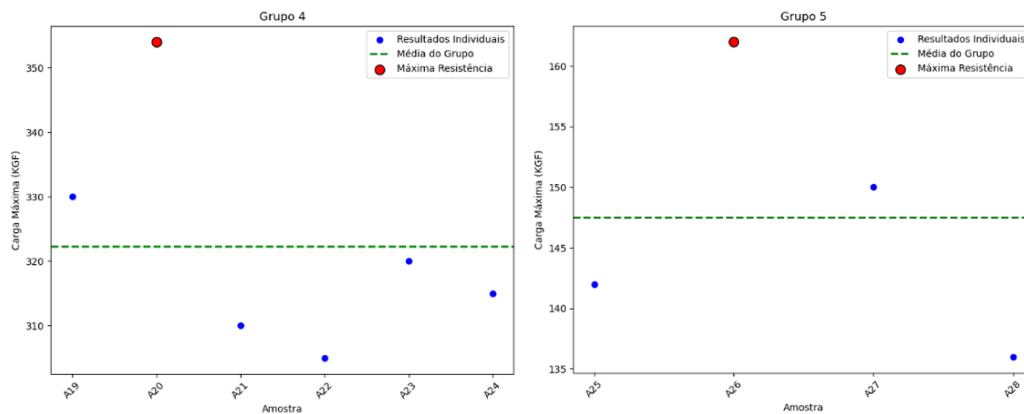
A investigação avaliou o potencial de compósitos de PET reciclado, reforçados com distintos aditivos, como alternativa sustentável ao aço na construção civil. Ensaios de compressão, conduzidos conforme a ABNT NBR 7222, em 28 amostras e um controle de PET puro, revelaram que a adição de grafeno (Grupo 4) promoveu o incremento mais significativo na resistência mecânica. Destaca-se a amostra A20, que atingiu 354 kgf, valor substancialmente superior aos 115 kgf do PET puro, evidenciando a notável capacidade do grafeno em otimizar a coesão e rigidez da matriz polimérica devido à eficiente interação interfacial. Este resultado corrobora estudos como os de Nunes et al. (2019) sobre o potencial de nanomateriais na melhoria de propriedades de compósitos.

Figura 2 – Amostra A20 do Grupo 4



Fonte: Imagem do autor (2023).

Figura 3 – Grupos de amostras com maiores resistências



Fonte: Imagem do autor (2023).

A análise dos demais aditivos demonstrou contribuições variadas: o óxido de tungstênio (Grupo 1, amostra A4 com 92 kgf) e o óxido de alumínio (Grupo 2, amostra A11 com 74 kgf) também elevaram a resistência do PET, embora com menor expressividade que o grafeno, indicando uma atuação como reforços que melhoram a transferência de carga, mas com interações distintas com a matriz polimérica. O grafite (Grupo 3, amostra A14 com 62 kgf) apresentou o menor incremento entre os aditivos testados individualmente. As amostras com combinações de todos os compostos (Grupo 5), como a A26 que alcançou 162 kgf, sugeriram um efeito sinérgico entre os reforços; contudo, não superaram o desempenho do grafeno isolado, apontando para um limite na incorporação de múltiplos aditivos sem comprometer a homogeneidade da mistura, um aspecto crucial no processamento de compósitos poliméricos (NUNES, 2020).

O processo de preparação das amostras, incluindo a trituração, secagem (CORREIA, 2015) e a utilização de glicerina como plastificante e dispersante (SEIXAS, 2023), mostrou-se fundamental para a obtenção de compósitos com boa distribuição dos aditivos, refletida na homogeneidade visual e nas texturas mais densas dos corpos de prova reforçados. O método proposto, focado no reaproveitamento de PET e na incorporação de aditivos de alto desempenho, caracteriza-se como uma inovação com potencial para desenvolver materiais de construção mais sustentáveis e com propriedades mecânicas competitivas. No entanto, a otimização da dispersão em misturas complexas permanece um desafio. Pesquisas futuras devem focar em técnicas avançadas de dispersão, na otimização das concentrações dos aditivos e da glicerina, e na avaliação de propriedades térmicas e de durabilidade em condições de serviço, visando consolidar a aplicação destes compósitos na construção civil.

4. Considerações Finais

A incorporação de nanotubos de carbono de múltiplas paredes e outros aditivos em matrizes de polímeros termoplásticos, como o PET reciclado, surge como uma abordagem promissora para desenvolver vergalhões com propriedades mecânicas aprimoradas para a construção civil. Os resultados experimentais demonstraram que, embora todos os aditivos tenham impactado positivamente a resistência mecânica, o grafeno se destacou, com a amostra A20 atingindo 354 kgf de carga máxima, evidenciando sua superioridade em otimizar a rigidez e coesão da matriz polimérica em comparação ao óxido de tungstênio, óxido de alumínio e grafite. Formulações combinadas, como a A26 (162 kgf), mostraram sinergia, mas não superaram o grafeno individualmente. A metodologia com glicerina como plastificante foi eficaz para a homogeneização, mas há espaço para melhorias em misturas complexas. Este estudo contribui para um material sustentável, alternativo ao aço, com vantagens ambientais, de custo e peso, fomentando a economia circular. Recomenda-se investigações futuras em técnicas de dispersão, propriedades térmicas, durabilidade e otimização das concentrações dos componentes

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – Campus Patos, pela infraestrutura e apoio concedidos e a Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (PRPIPG) do IFPB, pelo fomento à pesquisa através da Chamada 07/2023 - Interconecta, que viabilizou a execução deste projeto.

Referências

- CHEN, L.; LIU, Y.; ZHANG, X. Mechanical properties of multi-walled carbon nanotube reinforced polymer composites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, v. 115, p. 151-175, 2018.
- CORREA, Priscila Marques. Estudo comparativo da influência da adição de PET e PP pós-consumo na produção do concreto estrutural. 2015.
- FERREIRA, A. B. *Compósitos poliméricos reforçados com fibras para aplicação na construção civil*. São Paulo: Editora Blucher, 2021.
- JONES, D.; BROWN, P. Corrosion of steel in concrete: causes and prevention. *Construction and Building Materials*, v. 205, p. 450-465, 2019.
- NUNES, José Alessandro dos Santos. Influência da adição de óxido de grafeno nas propriedades mecânicas e reológicas do copolímero abs (acrilonitrila butadieno estireno). 2019.
- OLIVEIRA, M. J.; SILVA, R. C. Reciclagem de PET para aplicações em engenharia: uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 8, n. 2, p. 34-50, 2022.
- SMITH, J.; DOE, A.; CLARK, B. *Sustainable construction materials and technologies*. London: Routledge, 2020.
- SEIXAS, Ana Amélia Aragão et al. Influence of the addition of glycerol-derived polymers on the properties of post consumer recycled PET. *Journal of Polymer Research*, v. 30, n. 10, p. 372, 2023.
- SILVA, C. O. et al. Aproveitamento de resíduos plásticos na produção de materiais compósitos para a construção civil. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 15, n. 1, p. 1-9, 2020.