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

Purificação e Funcionalização Superficial de SiCp com APTES para aplicação em compósitos PLA-SiC

Marcéia Rocha de Paula[1]; Dalmarino Setti[1]; Silvana Patricia Verona Alves[1] ; Maria Nalu Verona Gomes[1]
[1]Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) *campus* Pato Branco, DAMEC-PB.

Introdução

O ácido polilático (PLA) é um polímero biodegradável amplamente aplicado na impressão 3D, mas apresenta limitações de resistência mecânica e térmica [1]. A adição de carbeto de silício (SiC) busca elevar a dureza e a estabilidade térmica da matriz [2]. Contudo, a incompatibilidade entre a matriz e o reforço gera aglomerações e pontos de tensão. A modificação superficial do SiC com o agente de acoplamento 3-aminopropiltrietoxissilano (APTES) tem sido utilizada para superar essa barreira e promover a adesão interfacial[3].

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protocolo sequencial de purificação do SiC comercial e funcionalização superficial com APTES, visando formar pontes siloxano e expor grupos aminas para garantir a compatibilidade interfacial entre matriz e reforço e a dispersão homogênea no PLA.

Metodologia

A purificação do SiC comercial (granulometria 1200#) envolveu calcinação a 700 °C por 1 h, lixiviação básica com NaOH (10%) a 60 °C por 60 min e lixiviação ácida com HCl (10%) por 60 min, visando a remoção de carbono livre, sílica e impurezas metálicas, respectivamente. Para a funcionalização, as partículas foram hidroxiladas com HNO_3 (10%) por 30 min e imersas em solução de APTES em etanol (1:500 v/v) sob agitação por 4 h. A cura térmica foi realizada a 60 °C por 12 h, para evaporação do solvente, e a 100 °C por 2 h, para estabilização das ligações superficiais. A caracterização da modificação superficial foi feita por análise EDS e por FTIR.

Resultados e Discussão

A calcinação resultou em 1,23% de perda de massa por eliminação de carbono livre. A análise por EDS comprovou a remoção total do ferro (de 0,36 wt% para não detectável) , a redução do alumínio de 4,16 wt% para 0,61 wt% e do oxigênio de 17,94 wt% para 6,64 wt%.

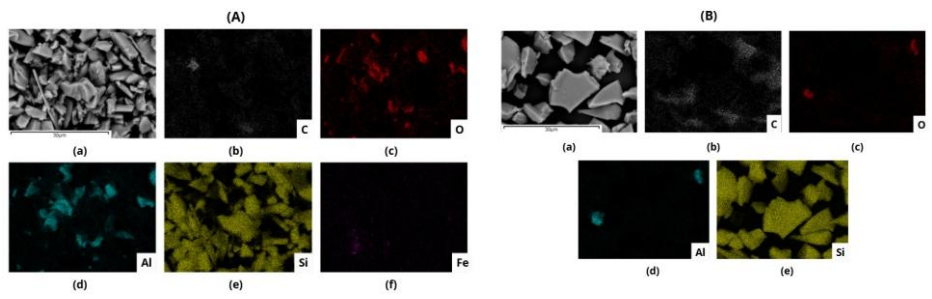


Figura 1. Composição elementar do SiC por EDS *mapping*.(A) antes da purificação; (B) Após purificação.

Elemento	Antes da purificação (wt%)	Depois da purificação (wt%)	Variação
Carbono (C)	41,42	61,48	20,06%
Silício (Si)	36,12	31,26	4,86%
Oxigénio (O)	17,94	6,64	11,30%
Alumínio (Al)	4,16	0,61	3,55%
Ferro (Fe)	0,36	0,00 (Abaixo do limite de deteção)	Remoção Total

Tabela 1. Composição elementar do SiC por EDS *mapping*.

Para a funcionalização com APTES, os espectros de FTIR evidenciaram a formação da camada orgânica pelo surgimento de bandas C–H dos grupos metileno (2800–3000 cm^{-1}), a modificação da faixa de 1000–1150 cm^{-1} (ligações siloxano Si–O–Si) e a banda em 3000–3500 cm^{-1} (grupos -NH_2), o que confere melhor dispersão e adesão no PLA para impressão 3D

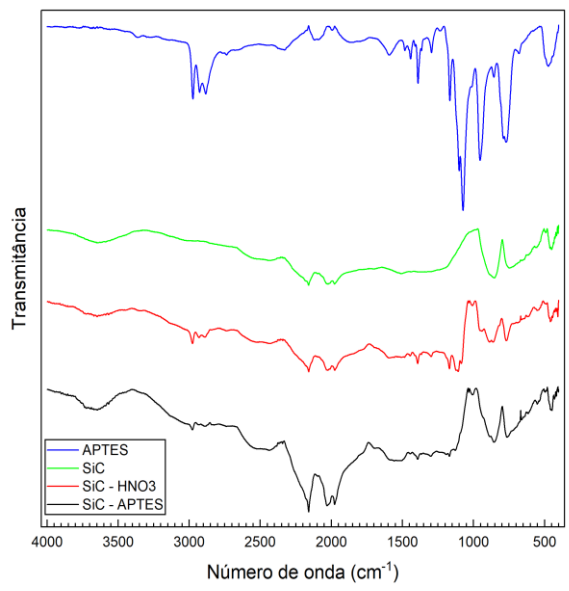


Figura 2. Espectros de FTIR para o SiC.

Conclusões

A lixiviação química eliminou parte dos contaminantes metálicos e oxidados do SiC, enquanto a silanização com APTES garantiu a ancoragem de grupos funcionais, proporcionando a compatibilidade interfacial necessária para compósitos de PLA aplicados à impressão 3D

Referências e Agradecimentos

[1] BHAYANA, Mohit et al. A review on optimized FDM 3D printed Wood/PLA bio composite material characteristics. **Materials Today: Proceedings** (2023). [2] ISMAEL, M.N.; HASSAN, H.F. Mechanical Behaviour of Polymer Matrix Composite Reinforced by Silicon Carbide Particles**. Journal of Techniques**, v. 5, n. 2, p. 108-113 (2023). [3] EBADI, S. E. et al. Tuning APTES Silanization Window in PLA/Cellulose Nanofiber Biocomposites: Optimizing Interfacial Adhesion, Mechanical Strength, and Thermal Stability. **Bio Resources**, v. 21, n.1, p. 1172-1191 (2025).

Agradecemos o apoio do CNPq, Fundação Araucária, UTFPR-campus Pato Branco (bolsa científica), LaEMSE-UTFPR PB, Central Análise UTFPR-PB, Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM)-UTFPR-CT, LCTM-UTFPR-PB.