

EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PA6/FIBRAS DE CARBONO E DO IONÔMERO SURLYN® EM PA6

Bárbara Badaró Ramos¹, Adriana M. Catelli de Souza²
^{1, 2} Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI
 ba.badaro2@gmail.com; amcsouza@fei.edu.br

Resumo: Este estudo avaliou a viabilidade de reaproveitamento de resíduos de compósito de Poliamida 6 com Fibra de Carbono (PAFC) e do ionômero Surlyn®. Os resíduos de PAFC foram incorporados à PA6 virgem e à uma blenda de PA6/Surlyn® (80/20) na concentrações de 30% em massa. Os compósitos PA6/(PAFC) e PA6/(PAFC)/Surlyn® foram obtidos por meio de duas sequencias de misturas diferentes: por extrusão seguida de injeção de corpos de prova ou por injeção direta. Os compósitos foram analisados quanto às suas propriedades mecânicas e térmicas através de testes de tração, impacto e HDT. A incorporação de resíduo de PAFC e Surlyn® na matriz de PA6 afeta significativamente suas propriedades mecânicas e térmicas.

1. Introdução

O uso de polímeros é fundamental em diversos setores como industrial, médico e tecnológico, dada sua ampla aplicabilidade e capacidade de substituir materiais como papel e metais. No entanto, o aumento da produção de polímeros resulta num aumento significativo na geração de resíduos poliméricos, que são difíceis de reciclar e podem ser poluentes devido à sua resistência à degradação [1].

Pesquisas recentes realizadas na FEI, indicam que resíduos de polímeros, como o ionômero Surlyn®, podem ser reaproveitados em blendas com Poliamida 6 (PA6) [2]. Esses estudos mostraram que, apesar de algumas propriedades do ionômero, a mistura com PA6 pode resultar em materiais com elevada resistência ao impacto. Em outra pesquisa, foram desenvolvidos compósitos de PA6 reforçados com fibras curtas de carbono (FC) que mostraram a efetividade de reforço da fibra de carbono em PA6 [3]. Este trabalho gerou resíduos no processo de injeção dos corpos de prova.

O objetivo deste projeto foi investigar a viabilidade de utilizar resíduos do processo de injeção de compósitos PAFC como reforço em PA6 pura e em blendas de PA6 com resíduos de ionômero Surlyn®. A pesquisa visa contribuir para a preservação ambiental e promover a economia circular, oferecendo soluções para a reciclagem e reutilização de resíduos poliméricos.

2. Metodologia

Foram utilizados três materiais principais: Poliamida 6 virgem (PA6) em grânulos, resíduo do compósito de PA6 com 7,5% de fibras curtas de carbono (PAFC) e o ionômero Surlyn® grade PC2000 em forma de resíduo triturado. Inicialmente, o resíduo do compósito foi moído em moinho de facas Mecanofor MF230 R. Tanto a PA6

virgem quanto o resíduo PAFC moído foram secos em estufa a vácuo a 100°C por 12 horas. O Surlyn® foi seco separadamente a 58°C por 12 horas. Os compósitos PA6/(PAFC) – 70/30 e PA6/(PAFC)/Surlyn® – 50/30/20 foram obtidos por meio de duas sequencias de misturas diferentes: por extrusão seguida de injeção de corpos de prova ou por injeção direta.

A extrusão dos compostos foi realizada utilizando uma extrusora de rosca dupla corrotacional Thermocientific Haake Rheomex modelo PTW 6, com temperatura de 235 a 240°C ao longo do cilindro e rotação da rosca de 200 rpm. O filamento foi resfriado em tanque de água, granulado e seco à vácuo a 100°C por 12 horas. Os corpos de prova foram então injetados utilizando uma injetora Battenfeld HM 60/350 (perfil de temperatura no cilindro: 190-250°C; pressão de injeção: 700 bar; temperatura do molde: 50°C).

Os ensaios de tração foram realizados numa Máquina Universal de Ensaio Instron 5567 seguindo a norma ASTM D-638. Os ensaios de impacto Charpy foram realizados em corpos de prova entalhados utilizando o equipamento Instron Ceast Italy Modelo 9050 seguindo a norma ASTM D 6110 e com pêndulo de 1 Joule. Para o ensaio térmico HDT foi utilizado o equipamento HDT-VICAT Ceast Italy seguindo a norma ASTM D-64.

3. Resultados

Os resultados referente aos ensaios de tração, impacto e HDT estão apresentados nas figuras de 1 a 6.

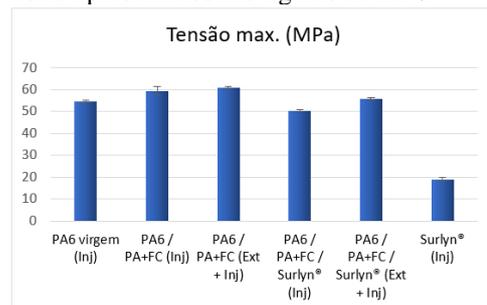


Figura 1 – Gráfico tensão máxima em tração.

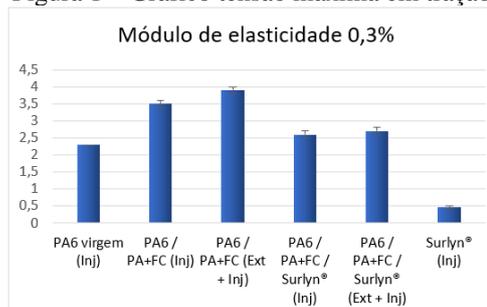


Figura 2 – Gráfico módulo de elasticidade em tração.

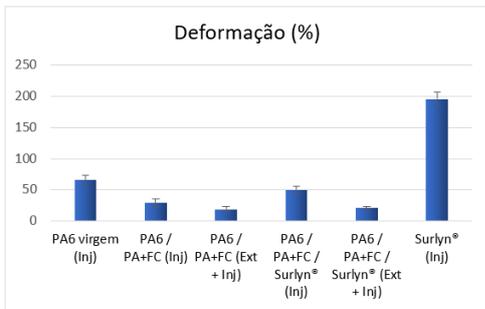


Figura 3 – Gráfico deformação em tração.

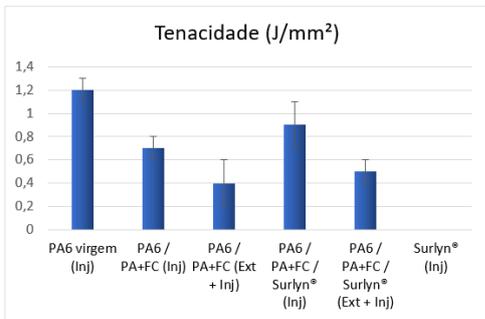


Figura 4 – Gráfico tenacidade em tração.

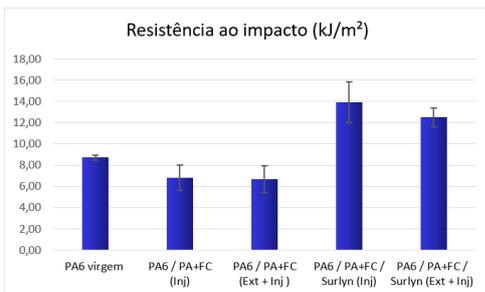


Figura 5 – Gráfico resistência ao impacto.

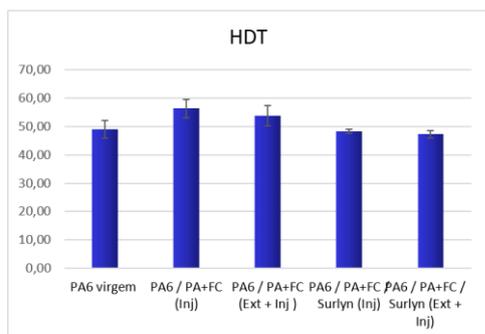


Figura 6 – Gráfico de HDT.

No ensaio de tração, observou-se que a adição do resíduo do compósito de PACF em PA6 pura aumentou a tensão máxima e a rigidez em comparação à PA6 pura. No entanto, diminuiu a deformação na ruptura e a tenacidade em tração. A inclusão de Surlyn® diminuiu a tensão máxima, a rigidez em comparação ao compósito PA6/PACF devido à sua maior flexibilidade e menor resistência.

O processamento teve uma influência significativa nos resultados. As amostras que passaram por extrusão antes da injeção apresentaram maior resistência à tração e módulo de elasticidade em comparação às que foram

injetadas diretamente, provavelmente por promover uma mistura mais homogênea.

Referente aos resultados de impacto observa-se que a resistência ao impacto dos compósitos diminuiu quando o resíduo de PAFC é adicionado à PA6, pois a fibra rígida reduz o movimento das cadeias poliméricas. O Surlyn® atua como modificador de impacto, aumentando a resistência ao impacto do compósito devido à sua ductilidade e tenacidade. Materiais que absorvem mais energia antes de romper demonstram maior resistência ao impacto. No caso da resistência ao impacto, a extrusão prévia reduziu a resistência ao impacto do compósito.

No teste de HDT, nota-se que a adição do resíduo de PAFC à PA6 resulta em um aumento no HDT da PA6. Em contrapartida, a adição de Surlyn® induz a uma diminuição no HDT, indicando que este material é menos resistente à deflexão térmica quando comparado ao resíduo de PAFC. A extrusão prévia não afetou os dados de HDT.

Vale ressaltar que a validação dos testes foi realizada por meio da análise estatística ANOVA, que confirmou, com significância estatística, a existência de diferenças entre os resultados das composições.

4. Conclusão

A introdução de resíduo de PAFC e Surlyn® na matriz de PA6 afeta significativamente suas propriedades mecânicas, incluindo resistência ao impacto, tensão máxima, módulo de elasticidade e tenacidade. A fibra de carbono aumenta a rigidez, resistência à tração e reduz a deformação e resistência ao impacto. O Surlyn® proporciona aumento de flexibilidade, tenacidade e permite maior deformação.

Portanto, a introdução de resíduos em matriz de PA6 pode ser altamente benéfica para melhorar as propriedades do material final. A escolha do aditivo ideal depende dos requisitos específicos e do desempenho desejado. Além disso, a utilização de resíduos como o PAFC e o ionômero Surlyn® não só contribui para a melhoria das propriedades do compósito, mas também representa uma estratégia sustentável ao permitir a reciclagem e o reaproveitamento de materiais, reduzindo o desperdício e promovendo a economia circular.

5. Referências

- [1] ALVES, R. Incorporação de nanopartículas em blenda de PA6/ionômero Surlyn®. **Centro Universitário FEI**, 2019.
- [2] ALMEIDA, L.J.; SOUZA, A.M.C. Journal of Polymer and the Environment, 28: 3129, 2020.
- [3] DAMACENA, L.H.C. et al., Polymer Composites, v. 44 (6), p.3387-3400, 2023.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo apoio financeiro à pesquisa e pela disponibilização de professores, técnicos, laboratórios e materiais. À Silgan Dispensing pela doação do Surlyn®. Ao CNPq pela bolsa concedida e pelo financiamento da pesquisa (Processo: 405522/2021-5).

¹ Aluna de IC do CNPq. Projeto com vigência de 09/2024 a 08/2024.