

# REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE COMPÓSITO DE PA 6 CONTENDO FIBRAS DE CARBONO / ÓXIDO DE GRAFENO EM PA6 E EM BLENDAS DE PA6/ IONÔMERO

Alessandra Sombini da Silva<sup>1</sup>, Adriana M. Catelli de Souza<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI  
ale.sombini@gmail.com; amcsouza@fei.edu.br

**Resumo:** O objetivo desse projeto foi estudar a possibilidade de reutilizar resíduos do compósito de Poliamida 6 com fibras curtas de carbono e recobrimento de óxido de grafeno (FC) e do ionômero Surlyn®. O resíduo de FC (30% em massa) foi incorporado à Poliamida 6 (PA6) virgem por extrusão seguido de injeção ou por injeção direta. No caso da blenda PA6/Surlyn® (80/20), a incorporação foi realizada por extrusão seguido de injeção. Os compósitos foram analisados por ensaios de tração, impacto e HDT. Os resultados foram validados por comparações das médias e da análise de variância ANOVA, e indicaram que o compósito PA6 + FC com extrusão anterior à injeção apresentou maiores propriedades quando comparados ao compósito sem extrusão. A adição do Surlyn® promoveu aumento da resistência ao impacto.

## 1. Introdução

A reciclagem mecânica dos resíduos poliméricos é um tema muito importante, uma vez que circunda muitas esferas da sociedade, como a crescente poluição do ambiente devido descarte incorreto de materiais poliméricos [1].

Atrelado à reciclagem mecânica, as cargas de reforço podem ser adicionadas aos polímeros, fornecendo o aprimoramento das propriedades destes materiais reciclados [2].

Em um trabalho desenvolvido no Centro Universitário FEI, verificou-se que os compósitos de Poliamida 6 (PA6), com o ionômero Surlyn®, apresentaram uma blenda com elevada tenacidade, concomitantemente, com módulo de elasticidade reduzido [3]. Entretanto, com a presença de cargas de reforço, essas propriedades podem sofrer variação.

Em outro estudo realizado no Centro Universitário FEI, compósitos de PA6 compósito de Poliamida 6 com fibras curtas de carbono e recobrimento de óxido de grafeno mostraram melhor rigidez, resistência à tração e flexão, porém menor resistência ao impacto em comparação com PA6 virgem [4]. E os resíduos do processo de injeção gerados, como galhos e peças defeituosas, foram guardados para futuros estudos sobre o reuso de resíduos.

Neste trabalho, os compósitos foram produzidos com 30% de resíduos FC e 70% de PA6 pura por extrusão e injeção ou por injeção direta. O compósito contendo 20% de Surlyn® e 30% de resíduos FC foi obtido por extrusão e injeção. Após a fabricação, todos os corpos de prova foram submetidos a ensaios de Tração, Impacto e Temperatura de Deflexão Térmica (HDT) com a

finalidade de avaliar suas propriedades mecânicas e térmicas.

## 2. Metodologia

Os materiais utilizados nessa pesquisa foram a PA6 virgem Ultramid B27 08 fornecida pela Basf em forma de grânulos. O resíduo do compósito de Poliamida 6 com fibras curtas de carbono e recobrimento de óxido de grafeno (FC) foi oriundo de um trabalho anterior [2] e o resíduo de Surlyn® triturado foi fornecido pela empresa Silgan Dispensing.

Primeiramente, houve a moagem e trituração dos compósitos FC, seguidos de secagem em estufa a vácuo a 100°C por 12 horas juntamente com a PA6. Após essa etapa, houve o processo de extrusão seguido de injeção, e para outra amostra, apenas injeção. O compósito contendo Surlyn® foi obtido por extrusão e injeção.

A extrusão foi realizada na extrusora corrotacional de rosca dupla Thermocientific Haake Rheomex modelo PTW 6, com temperatura de 235 a 240°C ao longo do cilindro e rotação da rosca de 200rpm. A injeção dos corpos de prova foram realizadas na injetora Battenfeld modelo 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, com a norma ASTM D-638. Para os ensaios de Impacto, foram realizados entalhes nos corpos de prova, e foi utilizado o equipamento Instron Ceast Italy 9050 de acordo com a norma ASTM D611. Ensaios de HDT foram realizados segundo a norma ASTM D648 com a metodologia do tipo B, em um equipamento HDT-VICAT Ceast Italy.

## 3. Resultados

Os resultados dos ensaios de tração, impacto e HDT de cada amostra, podem ser observados nas Figuras de 1 a 5.

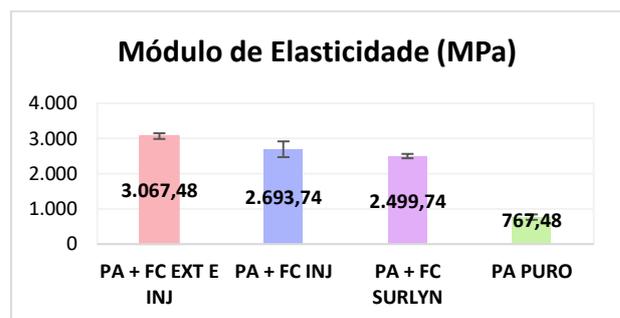


Figura 1 – Módulo de Elasticidade

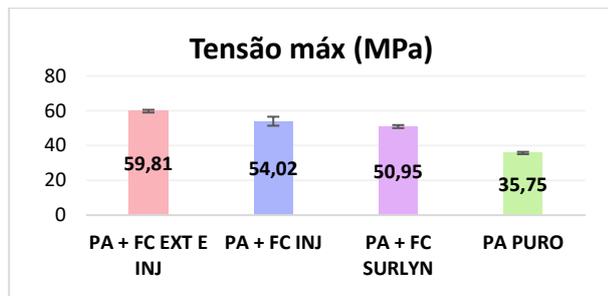


Figura 2 – Tensão Máxima

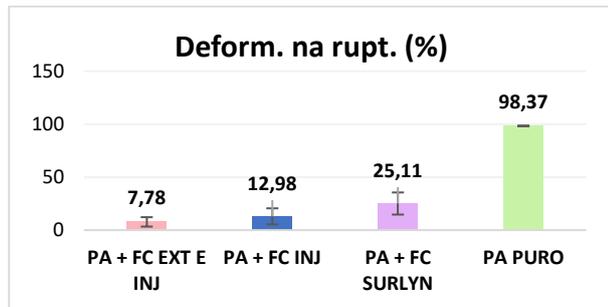


Figura 3 – Deformação na Ruptura

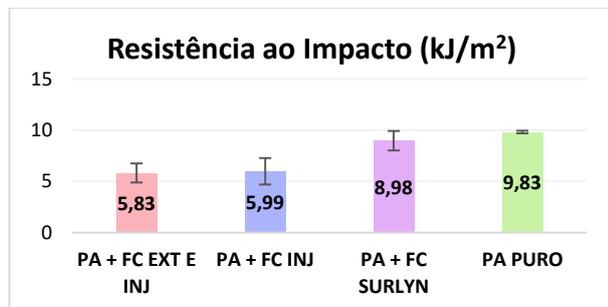


Figura 4 – Resistência ao Impacto

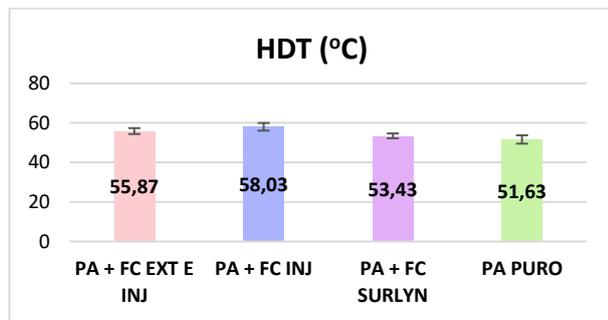


Figura 5 – Temperaturas de HDT

Por meio das análises dos gráficos representados nas Figuras de 1 a 3, é possível afirmar que o resíduo FC promoveu um aumento no módulo de elasticidade, na resistência à tração e um decréscimo na deformação na ruptura da PA6 pois a fibra de carbono e o grafeno atuaram como cargas de reforço. A deformação decresce pois as fibras dificultam o movimento das cadeias. A amostra PA + FC extrudada e injetada apresentou maiores propriedades quando comparado com PA + FC somente injetada, provavelmente pela melhor homogeneização da mistura durante a extrusão. A adição do Surlyn® resultou em diminuição da rigidez e da

resistência do compósito e aumento da deformação na ruptura.

No ensaio de Impacto, representado graficamente pela Figura 4, observa-se que o resíduo FC promoveu diminuição da resistência ao impacto e que a adição de Surlyn® aumenta a Resistência ao impacto, pois o ionômero é mais tenaz e dúctil.

As diferenças observadas nos ensaios de tração e impacto são significativas pelas análises de variância ANOVA realizadas (valor de  $p < 0,05$ )

Além disso, a Figura 5 demonstra que a temperatura de HDT aumenta quando é adicionado fibra de carbono na PA6 pois a fibra de carbono aumentou a rigidez da PA. Estas diferenças foram significativas pela análise de ANOVA ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença significativa entre as composições PA + FC Injetado e PA + FC Extrudado e Injetado ( $p > 0,05$ ), indicando que os diferentes processos não resultaram em variação desta propriedade. A adição de Surlyn® também não alterou de forma significativa a temperatura de HDT em comparação com PA + FC Extrudado e Injetado ( $p > 0,05$ ).

#### 4. Conclusões

Com o estudo realizado, foi possível concluir que as amostras de PA + FC extrudada e injetada exibiram de forma geral, os melhores resultados dos ensaios, logo, há otimização das propriedades térmicas e mecânicas, revelando que a presença da fibra de reforço e o processo de Extrusão anterior à Injeção são significativos. Além disso, a introdução do Surlyn® diminuiu algumas propriedades, como o Módulo de Elasticidade e Tensão Máxima, mas promove aumento da resistência ao impacto e na deformação na ruptura.

#### 5. Referências

- [1] KOLLURU, S. et al. Polymer Bulletin, v. 81, p. 9569, 2024.
- [2] ALVES, R. Incorporação de nanopartículas em blenda de PA6/ionômero Surlyn®. **Centro Universitário FEI**, 2019.
- [3] ALMEIDA, L.J.; SOUZA, A.M.C. Journal of Polymer and the Environment, 28: 3129, 2020.
- [4] DAMACENA, L.H.C. et al., Polymer Composites, v. 44 (6), p.3387-3400, 2023.

#### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela disponibilização do Laboratório de Polímeros, com o uso dos equipamentos necessários, técnicos e materiais. À Silgan Dispensing pela doação do resíduo de Surlyn®. Ao CNPq pela bolsa concedida e pelo financiamento da pesquisa (Processo: 405522/2021-5).

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI ou CNPq. Projeto com vigência de 09/2023 a 08/2024.