

## COMPÓSITOS LAMINADOS DE POLI(TEREFTALATO DE ETILENO) COM FIBRAS DE VIDRO PARA APLICAÇÕES EM SAE AERODESIGN

Arley da Silva Welffgranscer (\*), Vinícius Francisco do Nascimento, Antonio Carlos Barbosa Zancanella, Rômulo Maziero, Juan Carlos Campos Rubio

\* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Campus São Mateus IFES) - arleysilva\_@outlook.com

### RESUMO

Atualmente o conceito de reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos descartados, dando-lhes um novo propósito não é apenas uma opção, mas uma necessidade. O uso de materiais termoplásticos em projetos de engenharia, em especial nas estruturas laminadas são bastante usadas devido à sua elevada eficiência estrutural, não só individualmente, mas também combinadas. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi preparar e caracterizar as propriedades mecânicas de uma matriz de Poli(tereftalato de etileno) - PET laminada com fibra de vidro, visando a aplicação desse material no desenvolvimento estrutural de uma aeronave, para a competição AeroDesign SAE Brasil. Nesse desafio de engenharia os alunos de graduação devem desenvolver um projeto aeronáutico completo de uma pequena aeronave, sendo neste também contemplado o desenvolvimento e seleção de materiais. Os ensaios de tração e flexão em três pontos mostraram que a resistência mecânica do compósito laminado foi maior em relação a madeira balsa laminada. Apesar do material proposto ser mais resistente e mais dúctil, apresenta maior densidade, entretanto, o PET laminado é uma opção para confecção de pequenas peças, com a finalidade de reduzir os custos com protótipos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibras de vidro, Aeromodelismo, Poli(tereftalato de etileno), Compósitos.

### INTRODUÇÃO

O polímero Poli(tereftalato de etileno) - PET é um termoplástico, sendo um dos commodities mais reciclados em todo o mundo, devido a essa extensa quantidade de aplicações: fibras têxteis, esteiras, tapetes, não tecidos, embalagens, filmes, fitas, cordas, compostos, entre outros. O reaproveitamento desse material reduz significativamente o impacto ambiental causado no despejo, uma vez que pode levar séculos para se degradar totalmente. A reciclagem pode ser feita com a finalidade de gerar matéria-prima, compósitos ou meios energéticos (Galli et al., 2012).

O material compósito tem o propósito de combinar as melhores características de diferentes materiais, criando uma combinação que em geral poderá apresentar alto desempenho em tração, rigidez, resistência à corrosão e fadiga. Oliveira, Guimarães e Botelho (2009) realizaram estudos em compósitos termoplásticos de matriz PEI (Polieterimida) reforçada com fibra de vidro. Perceberam que a resistência à tração, cisalhamento e fadiga do laminado PEI/fibra de vidro foram superiores aos do laminado epóxi/fibra de vidro.

Neste trabalho buscou-se investigar as características de um material de baixo custo para a aplicação no projeto aeronáutico de uma pequena aeronave radio controlada, desenvolvida para competição Aerodesign SAE Brasil. Nesta competição o aluno de engenharia tem a missão anual de desenvolver um projeto aeronáutico o mais completo possível, visando a concepção de uma aeronave que carregue a maior carga e melhor relação de eficiência estrutural possíveis, dentro de requisitos impostos.

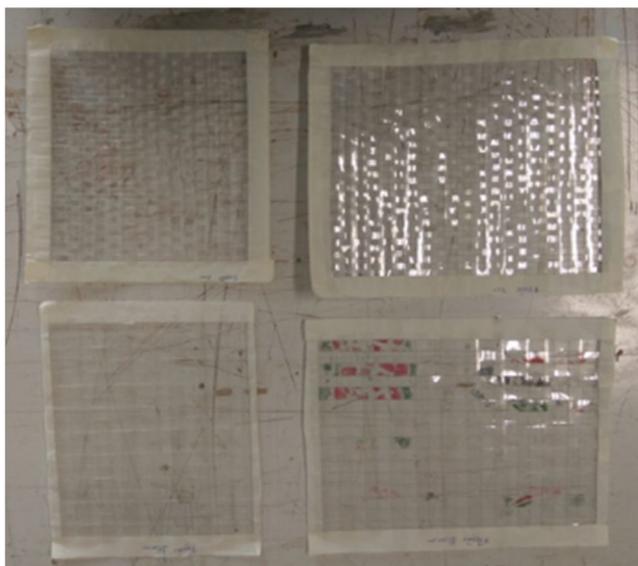
### OBJETIVOS

Investigar o comportamento mecânico de uma matriz Poli(tereftalato de etileno) laminada com fibra de vidro, para aplicações em AeroDesign SAE BRASIL.

### METODOLOGIA

Com o propósito de avaliar a possibilidade de integrar um material compósito para substituição da madeira balsa laminada com fibra de carbono em uma aeronave de AeroDesign, foi elaborado um compósito com matriz de Poli(tereftalato de etileno) - PET de duas espessuras distintas, ambas resinadas com epóxi e fibra de vidro (granulometria 200), onde os ensaios realizados foram normalizados pela ASTM C393/C393M-16 e ASTM D3039/D3039M-17.

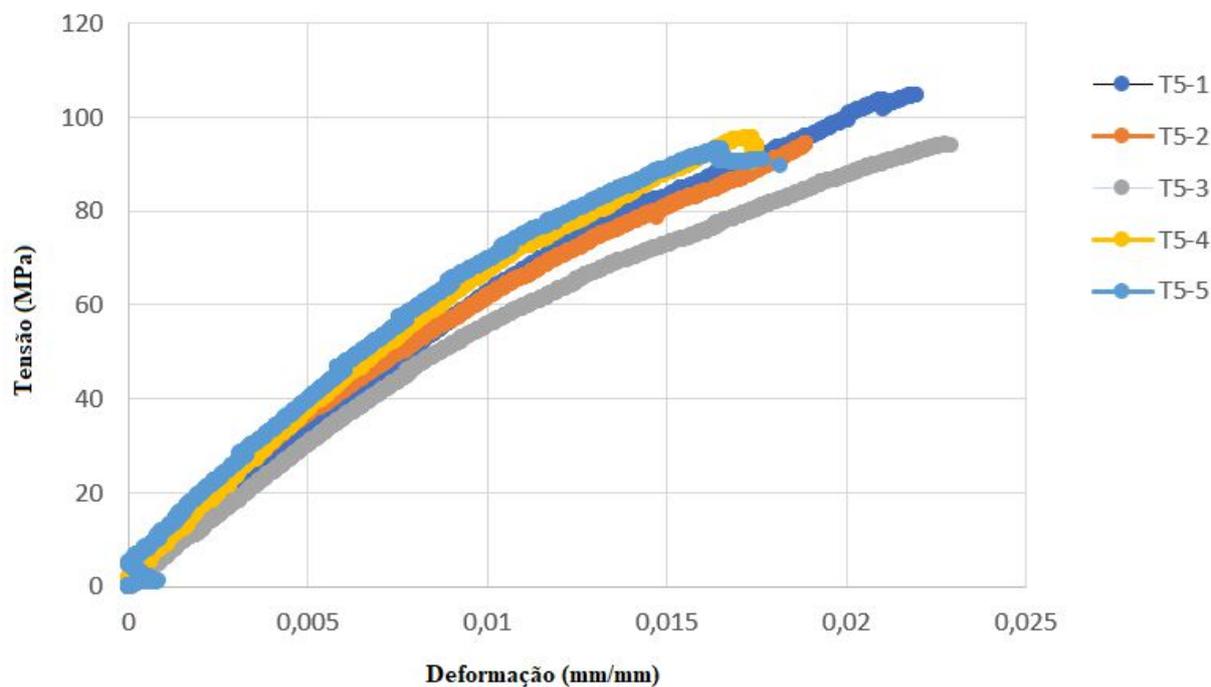
Foram realizados dois tipos de matrizes bidirecionais de PET, 5 e 10 mm de espessura para os ensaios mecânicos de tração e flexão, conforme a Figura 1.



**Figura 1: Laminados bidirecionais. Fonte: Autor do Trabalho.**

## RESULTADOS

Antes de iniciar os ensaios mecânicos, avaliou-se a densidade dos corpos de prova, onde a densidade média equivaleu a  $1233,40 \text{ kg m}^{-3}$  com desvio padrão de  $60,53 \text{ kg m}^{-3}$ . Os resultados para ensaio de tração são apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.



**Figura 2: Ensaio de tração em amostras com 5 mm de espessura. Fonte: Autor do Trabalho.**

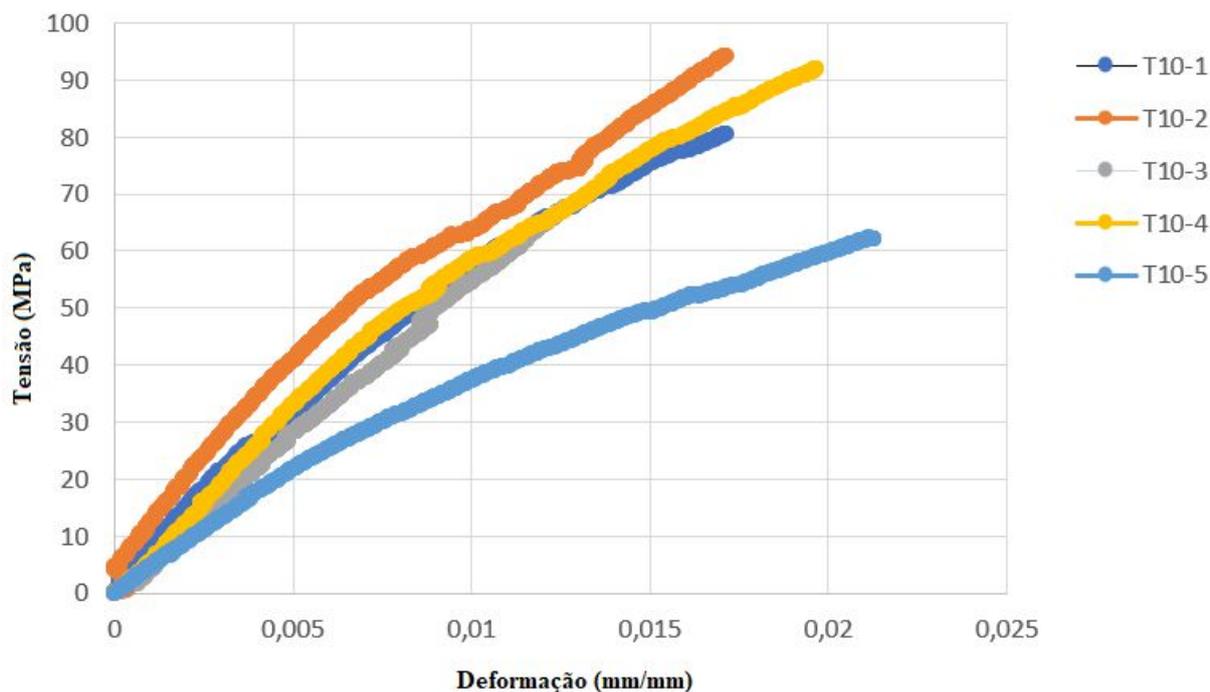


Figura 3: Ensaio de tração em amostras com 10 mm de espessura. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir dos gráficos, percebe-se uma maior aproximação entre as curvas na espessura de 5 mm. Realizando uma regressão linear na região elástica da curva, tornou-se possível determinar o módulo de elasticidade para cada espessura. Verificou então que o compósito com espessura de 5 mm possui melhores características sobre cargas tensoras. Quanto à flexão, os resultados são ilustrados nas Figuras 4 e 5.

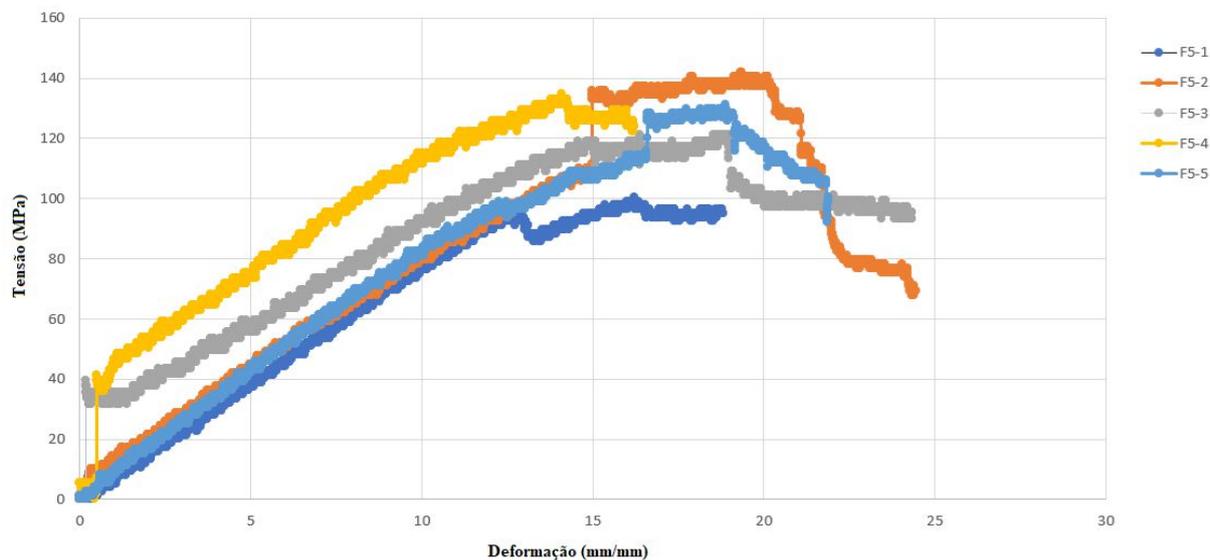
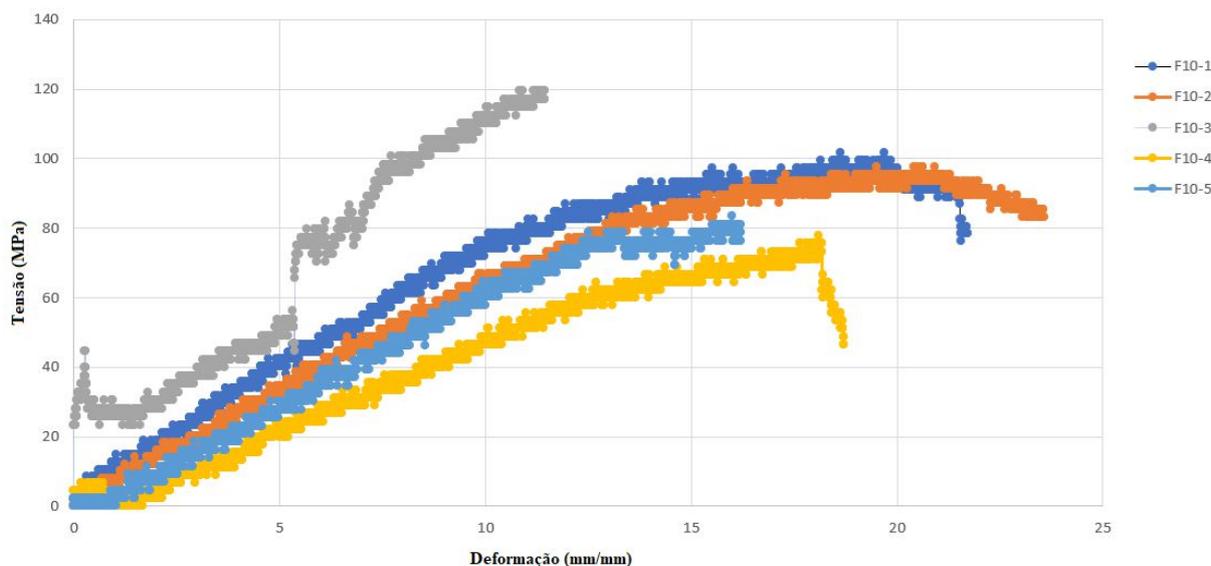


Figura 4: Ensaio de flexão em amostras com 5 mm de espessura. Fonte: Autor do Trabalho.



**Figura 5: Ensaio de flexão em amostras com 10 mm de espessura. Fonte: Autor do Trabalho.**

Observa-se que o compósito com matriz de Poli(tereftalato de etileno) com espessura de 5 mm apresenta melhores resultados de tensão máxima e módulo de elasticidade em ambos os ensaios, tornando-o mais recomendado para aplicações no AeroDesign.

Comparado a madeira balsa laminada, o material preparado possui maior módulo de elasticidade, tanto em tração quanto em flexão, no entanto o compósito de Poli(tereftalato de etileno) alcançou tensões de ruptura mais elevadas, concluindo então que esse compósito é mais dúctil, pelo fato do mesmo com módulo de elasticidade menor atingir valores superiores as tensões de ruptura da madeira balsa laminada. Embora o compósito de PET apresente características interessantes para o AeroDesign, é um material relativamente pesado quando comparado à balsa laminada ( $385,97 \text{ kg m}^{-3}$ ), com densidade de aproximadamente 3,2 vezes superior a mesma.

## CONCLUSÕES

Neste artigo foi realizada a análise do material Poli(tereftalato de etileno) laminado com fibra de vidro, a fim de estudar a possibilidade do mesmo substituir a madeira de balsa laminada com fibra de carbono, que é largamente utilizada na fabricação de aeronaves do AeroDesign. Apesar do material proposto ser mais resistente e mais dúctil, o fato de possuir densidade maior pode ser uma barreira para sua aplicação no AeroDesign SAE Brasil, visto que a utilização de materiais menos densos (e resistentes) são desejados no projeto. Em um ciclo de projeto do AeroDesign contém a fase de testes, provida da etapa de prototipagem, tornando o PET laminado uma opção para confecção de pequenas peças, com a finalidade de reduzir os custos com protótipos.

Este estudo é relevante para o aumento do conhecimento do comportamento de materiais compósitos e ampliar o número desses materiais conhecidos e disponíveis para aplicações em aeromodelismo, aumentando assim o banco de dados. Com intuito de aperfeiçoar a pesquisa, recomenda em trabalhos futuros utilizar de melhor processo de fabricação na preparação dos laminados bidirecionais, para que a resina e consequentemente a densidade no material seja minimizada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGMEC da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG pela estrutura física e suporte. Os autores agradecem às Agências Brasileiras CAPES, CNPq, FINEP, FAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C393/C393M**. Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Construction by Beam Flexure. 8 p. 2016.
2. \_\_\_\_\_. **ASTM D3039/D3039M**. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, 13 p. 2017.
3. Oliveira, G.H., Guimarães, V.A., Botelho, E.C. Influência da temperatura no desempenho mecânico de compósitos PEI/fibras de vidro. **Polímeros**, v. 19, n. 4, p. 305-312, 2009.

- 
4. Galli, B., Magina, C., Menezes, R., Perez, P., Ueno, H. Uso de garrafas de poli-tereftalato de etileno – PET como insumo alternativo na construção de edificações residenciais. 2012. **In:** 1º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis: Buscando soluções em arquitetura de interesse social - SNCS. Rio Grande do Sul, Brasil.