

## EFEITO DO ÂNGULO DE ENTRAÇAMENTO NA RESISTÊNCIA DOS COMPÓSITOS DE FIOS TRANÇADOS BIDIMENSIONAIS EM VIDRO/EPÓXI

Jasmine Vitória Santos Rosa(IC), Renata Neves Penha(PQ)  
Universidade Federal de Itajubá.

**Palavras-chave:** Compósitos. *Braiding*. Fibra de vidro. Simulação

### Introdução

“O uso de compósitos de fios trançados bidimensionais em vidro/epóxi é uma escolha promissora em várias aplicações industriais devido à sua combinação única de resistência, leveza e durabilidade.” (FOGAÇA, 2010). No entanto, otimizar esses materiais é um desafio contínuo que requer compreensão detalhada dos fatores que afetam suas propriedades mecânicas. “Um desses fatores cruciais é o ângulo de entrançamento dos fios, que desempenha um papel fundamental na determinação da resistência e no comportamento desses compósitos.” (POTLURI, 2006). Este documento mostra o efeito do ângulo de entrançamento na resistência desses materiais, considerando implicações práticas e de engenharia.

O projeto desses materiais requer a otimização do ângulo de entrançamento para atender aos requisitos específicos de cada aplicação. Isso envolve estudos experimentais, análises de elementos finitos e modelagem para determinar a melhor configuração de fios trançados. Em resumo, compreender e controlar o ângulo de entrançamento é essencial para melhorar o desempenho mecânico e a resistência desses materiais compósitos.

### Metodologia

O programa *Altair Multiscale Design* foi utilizado para fazer a célula unitária do compósito trançado. Esse *software* fornece informações precisas e eficientes sobre as propriedades dos materiais, facilitando

simulações estruturais. O modelo de materiais gerado com o *Altair Multiscale Design* pode ser integrado com solucionadores padrão da indústria, possibilitando a melhoria do projeto de materiais avançados por meio de simulações estruturais em escala múltipla. Nas Tabelas 1 e 2 é possível observar as propriedades utilizadas na fibra de vidro (E-Glass) e também da resina epóxi SM.

Tabela 1: Resina Epóxi-SM

Módulo de Elasticidade (E)	3561 Mpa
Coefficiente de Poisson ( $\nu$ )	0.34
Módulo de Compressão (E_C)	3917 Mpa
Coefficiente de expansão Térmica ( $\alpha$ )	5.60E-05
Massa específica	1.28000000E-03

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

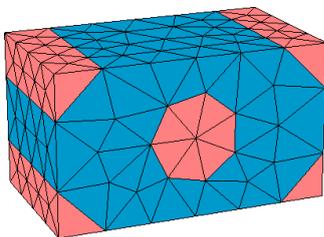
Tabela 2: Fibra de vidro (E-glass)

Módulo de Elasticidade (E)	3561 Mpa
Coefficiente de Poisson ( $\nu$ )	0.34
Módulo de Compressão (E_C)	3917 Mpa
Coefficiente de expansão Térmica ( $\alpha$ )	5.60E-05
Massa específica	1.28000000E-03

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

No contexto desta pesquisa, foi escolhido um modelo de célula unitária hexagonal com 30% de fibra para ser utilizado nas análises. Essa escolha é relevante, pois o modelo de célula unitária e sua geometria fornece uma boa eficiência numérica para a investigação em questão, e a imagem correspondente a essa célula unitária para iniciar a simulação do compósito é apresentada na Figura 1.

Figura 1- Célula Unitária



Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

Neste estudo, foram desenvolvidas análises através de simulações utilizando camadas com espessura de 0.3 mm para a execução de testes de tração e flexão em três pontos em um total de dez compósitos, variando de [40/-40] a [50/-50] graus de ângulo de entrelaçamento. O objetivo é comparar a resistência do material e avaliar como o ângulo de entrelaçamento afeta suas propriedades mecânicas. A tensão de flexão máxima foi calculada usando a equação (1).

$$(1) \sigma_R = 3PL / 2bh^2$$

Os dados foram organizados e calculados no Excel para criar gráficos das tensões exercidas durante os ensaios de flexão em três pontos.

### Resultados e discussão

De acordo com os resultados da simulação como mostrado nas Figuras 2 e 3, nota-se que a variação do ângulo interfere nas propriedades dos materiais. Com o ensaio de tração, observa-se que do conjunto [41/-41] para o conjunto [42/-42], houve uma mudança notável no gráfico, mostrando a diferença no módulo de elasticidade e na tensão máxima aplicada. No

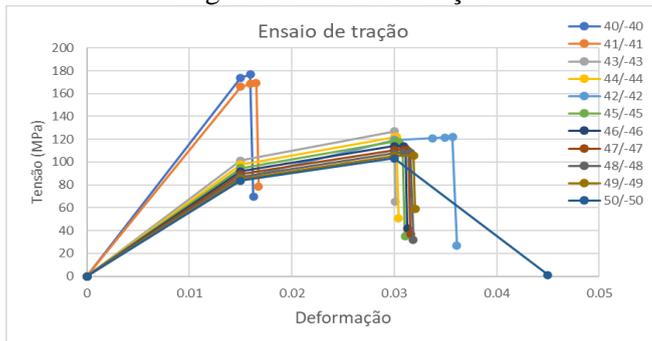
conjunto [42/-42], nota-se que ao aumentar um grau, o módulo de elasticidade triplicou em relação ao conjunto [41/-41]. Essa variação pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3- Módulo de Elasticidade e Resistência à Flexão.

	Módulo de Elasticidade	Tensão de flexão máxima
Braiding 40/-40	1080.597484	270.64875
Braiding 41/-41	1026.569697	267.68
Braiding 42/-42	3480.514286	204.16375
Braiding 43/-43	4226.333333	212.55625
Braiding 44/-44	4069.5	210.3275
Braiding 45/-45	5927.766667	208.2
Braiding 46/-46	3804.333333	209.81
Braiding 47/-47	3577.419355	204.23875
Braiding 48/-48	3377.28125	202.4
Braiding 49/-49	3407.935484	200.65375
Braiding 50/-50	3445.133333	95.5875

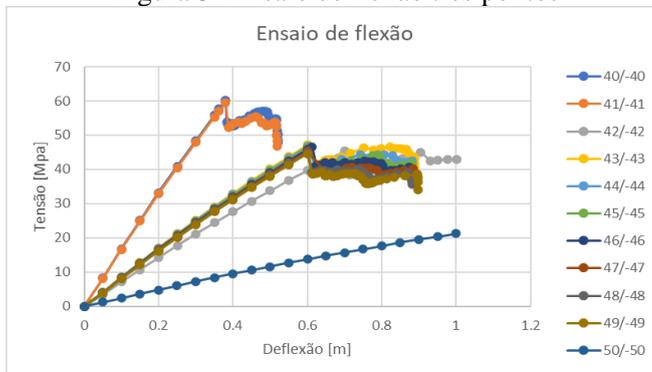
Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

Figura 2- Ensaio de tração



Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

Figura 3- Ensaio de flexão três pontos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

No ensaio de flexão em três pontos, nota-se que ao variar o ângulo, também ocorre variação na resistência do *Braiding*, isso acontece devido a tensão máxima aplicada no material. Ao analisar de maneira geral, quando aumenta um grau no ângulo de entrançamento a tensão máxima de flexão aplicada no material diminui. Dessa forma, observa-se mudanças na resistência do material.

## Conclusões

Com os resultados obtidos, conclui-se que o ângulo de entrançamento possui uma forte influência em materiais compósitos trançados bidimensionais. Com isso, nota-se que a principal propriedade mecânica que ele afeta é a rigidez do material, uma vez que, ao variar cinco graus no ângulo o material pode perder ou aumentar seu módulo de elasticidade, que é o responsável pela rigidez do mesmo. Além disso, nota-se que as melhores condições foram mostrada no conjunto [45/-45], onde o compósito obteve uma boa rigidez e também uma boa resistência a flexão,

essas duas propriedades é possível observar no módulo de elasticidade e na tensão de flexão máxima.

## Agradecimento

Primeiramente agradeço a minha orientadora Renata Neves Penha, pelo auxílio e dedicação em tirar minhas dúvidas de maneira eficaz e também por toda paciência durante todo esse processo. Agradeço também a diretoria de pesquisa da Universidade Federal de Itajubá pelo auxílio financeiro e também quero agradecer pelo apoio dos meus familiares e amigos que me motivou nos dias mais difíceis durante esse período.

## Referências

ABDELKADER, E.; NASSAR, K.; SALMAN, A. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License Braided Composite Configurations for Dental Applications. *International Design Journal*, v. 11, n. 4, p. 399-411, 2021. Disponível em: <<https://digitalcommons.aaru.edu.jo/cgi/viewcontent.cgi?article=1470&context=faa-design>> Acesso em: 19 mai. 2023.

ASTM. **Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure**, 2020. Disponível em: <[https://www.astm.org/c0393\\_c0393m-20.html](https://www.astm.org/c0393_c0393m-20.html)> Acesso em: 7 mai. 2023.

FREITAS, A. A. L. **Simulação numérica de um compósito de fibra de vidro e híbrido de kevlar e vidro pós ensaio de impacto de baixa velocidade**. Orientador: Avelino Manuel da Silva Dias. 70p. Trabalho de diplomação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/46177>> Acesso em: 03 jun. 2023.

LI, D; LU, Z; CHEN, L; LI, J. Microstructure and mechanical properties of three-dimensional five-directional braided composites. *International Journal of Solids and Structures*, v. 46, n. 18-19, p. 3422–3432, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768309002200>> Acesso em: 27 mai. 2023.

POLLET, A. A. **Tenacidade à fratura de laminados curvos envelhecidos fabricados por enrolamento filantar**. Orientador: Dr. Sandro Campos Amico. 75p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/258375>> Acesso em: 19 mai. 2023.

OGIN, S. L.; POTLURI, P. Textile-reinforced composite materials. *Handbook of Technical Textiles*, v. 2, n. 1, p. 1-26,

2016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978178242465900001X>> Acesso em: 04 mai. 2023.

**V Simpósio de Iniciação Científica**  
*Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*

**2022**

# V Simpósio de Iniciação Científica

*Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*

**2022**