

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE ESTRUTURAS DE MATERIAL COMPÓSITO VISANDO A DETECÇÃO DE DANO¹

Gustavo Zucco², Ricardo de Medeiros³

¹ Vinculado ao projeto “Modelagem Computacional e Experimental de Material Compósito”

² Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – PROBITI/UDESC

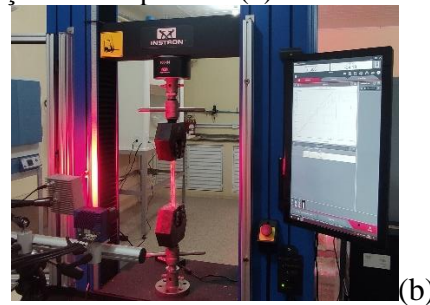
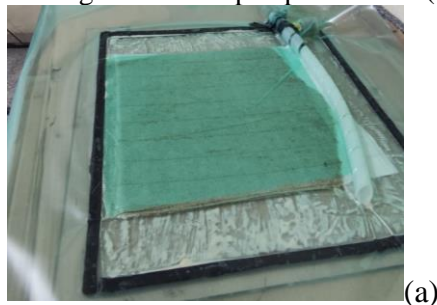
³ Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – CCT – ricardo.medeiros@udesc.br

Os materiais compósitos são classificados como substâncias que incorporam, no mínimo, duas fases distintas, cada uma contribuindo de forma única para suas propriedades. Um dos atributos mais notáveis desses materiais é a sua capacidade de combinar alta rigidez com baixo peso, resultando em uma ótima relação de rigidez/peso quando comparado aos materiais metálicos tradicionais. O objetivo deste trabalho é apresentar a caracterização mecânica de um compósito, fabricado através do método de Moldagem por Transferência de Resina Assistida por Vácuo (VARTM), utilizando fibras de vidro unidirecional embebida em uma matriz epóxi, quando submetido a ensaios de tração.

Para a fabricação dos corpos de prova, foram utilizadas fibras de vidro unidirecionais adquiridas na empresa Texiglass, juntamente com a matriz epóxi AR720/AH723 adquirida da empresa E-composites. De acordo com o fabricante, a proporção de mistura em peso entre resina e endurecedor é de 100:31, o que significa que a cada 100 gramas de resina adicionados, eram incorporados 31 gramas de endurecedor à mistura. Além disso, de acordo com as especificações do fabricante, o tempo de *gel-time* da matriz epóxi é de 55 minutos. O processo de caracterização mecânica do compósito segue as normas ASTM D3039 para as fibras a 0° e 90°, e a norma ASTM D3518 para as fibras orientadas a +/- 45°.

O processo VARTM envolve a aplicação da fibra em conjunto com a matriz em um molde de vidro, o qual tem sua base revestida com desmoldante. Esses elementos são então envolvidos pelo *peel ply* e *flow media*. A bolsa de vácuo é posicionada sobre os componentes mencionados e, por meio de fitas, os materiais são isolados, mantendo uma pressão de aproximadamente -600mmHg no sistema (Figura 1a). Essa condição a vácuo é mantida por 6 horas. Após decorrido um período de 24 a 48 horas a partir da conclusão do processo, o compósito é retirado do molde, adquirindo assim sua forma final.

Figura 1 – Setup experimental: (a) fabricação do compósito e (b) ensaio de tração.



Após a etapa de desmoldagem, segue-se a pós-cura do material, uma fase essencial do processo. O propósito desse procedimento é estabelecer ligações cruzadas, resultando numa estrutura altamente reticulada e reduzindo a presença de monômeros residuais. Para alcançar a

vitrificação do material, é importante atingir um valor crítico de temperatura que promove a formação máxima de interconexões. Para tal fim, mantém-se o material numa estufa a uma temperatura superior à sua temperatura de transição vítrea, conforme indicado pelo fabricante. No caso da matriz AR720/AH723, a temperatura é aumentada a uma taxa de 1°C por minuto até atingir 80°C, permanecendo nesse nível por um período de 4 horas. Ao final, a temperatura é decrescida gradualmente a 1°C por minuto até atingir 20°C. Esse processo abrange um total de 6 horas.

A partir da placa compósita, procede-se ao corte das vigas para fins de estudo, sendo utilizado 5 corpos-de-prova para cada orientação. As dimensões dos corpos de prova seguem as diretrizes estabelecidas pelas normas ASTM D3039 e ASTM D3518. Com o objetivo de capturar as deformações das vigas de maneira precisa durante os ensaios, emprega-se o método de Correlação de Imagem Digital (DIC) (Figura 1b). A frequência de captura das imagens é sincronizada com a coleta dos dados de força de tração, realizada pela Máquina Universal de Ensaios INSTRON EMIC 23-100. Esses dados são posteriormente extraídos e processados individualmente. A partir dos valores de força, deformação ao longo do tempo e das medidas da área da seção transversal de cada viga (sendo a largura e espessura medidas três vezes para obtenção de valores médios), é possível determinar as propriedades dos materiais fabricados em cada direção. O estudo abrangeu a análise das propriedades mecânicas dos compósitos, incorporando também a investigação das variações decorrentes da realização ou não da pós-cura. Foram coletados dados, como o módulo de elasticidade longitudinal (E_1) e transversal (E_2), bem como o módulo de cisalhamento (G_{12}). Além desses, outras propriedades, como o coeficiente de Poisson (ν_{12} e ν_{21}), resistência máxima tanto em direção longitudinal (X_t), quanto transversal (Y_t), e a resistência ao cisalhante no plano 1-2 (S_{12}), foram determinadas. Além disso, as deformações máximas na direção longitudinal (X'_t), transversal (Y'_t) e angular (S'_{12}) foram analisadas para as vigas sujeitas e não sujeitas à etapa de pós-tratamento, visando a análise de falha de estruturas em material compósito. Os resultados podem ser encontrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedade experimentais do compósito

	0°				45°			90°			
	E_1 [GPa]	X_t [MPa]	X'_t [%]	ν_{12}	G_{12} [GPa]	S_{12} [MPa]	S'_t [%]	E_2 [GPa]	Y_t [MPa]	Y'_t [%]	ν_{21}
Sem pós-cura	22,75	488,98	2,49	0,46	1,60	18,31	0,13	2,81	7,67	1,10	0,22
Com pós-cura	21,66	360,28	1,71	0,32	2,03	25,80	0,12	5,84	12,52	0,17	0,12

Os resultados, uma vez processados, evidenciam que a etapa de pós-cura teve um efeito geral de incremento na rigidez do material, levando a um aumento das resistências e a uma redução das deformações. A determinação precisa e abrangente das propriedades mecânicas proporciona uma avaliação confiável desses atributos cruciais, o que, por sua vez, desempenha um papel fundamental na análise e compreensão das possíveis falhas em estruturas. Esta abordagem não apenas contribui para a otimização dos projetos e para a previsão de falhas, mas também serve como base para a validação de modelos teóricos e simulações.

Palavras-chave: Compósito. Fibra. Propriedades. Ensaios experimentais.