

LAMINADOS COMPÓSITOS A BASE DE TECIDOS DE MECHAS HÍBRIDAS: INFLUÊNCIA DO TIPO DE RESINA.

T. G. Targino^a; E. P. C. Ferreira^b; R. S. Fontes^a; E. M. F. de Aquino^a.

^aPrograma de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, Campus
Universitário - Centro de Tecnologia, Lagoa Nova, Natal – RN/Brasil, CEP: 59072-
970.

^bDepartamento de Engenharia Mecânica – UFRN.

E-mail: talitagtargino@gmail.com

Resumo

Nos últimos anos, a crescente utilização dos plásticos reforçados com fibras sintéticas vem sendo acompanhada da necessidade de aprimoramento das propriedades e otimização da relação custo/benefício desses materiais. Assim, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um laminado compósito com resina Poliéster, reforçado com quatro camadas de tecidos de mecha híbrida de fibras Kevlar e de vidro, cujos teores em volume obtidos foram respectivamente: 50,5%; 27,9% e 18,6%. Um estudo comparativo é realizado baseado em dados de um laminado já publicado na literatura constituído pelo mesmo tipo de reforço e resina Epóxi. As propriedades mecânicas, além das características da fratura final foram analisadas, obtendo pouca perda nas propriedades do laminado desenvolvido em relação ao laminado com resina epóxi, principalmente com relação a resistência última, cerca de 15,7%, o que proporciona melhoria na relação custo/benefício do material. Os resultados foram obtidos através de ensaios de tração uniaxial, densidade volumétrica e calcinação.

Palavras-Chave: Compósitos Híbridos, Fibras de Vidro/E, Fibras Kevlar, Propriedades Mecânicas.

INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico crescente dos últimos anos, a utilização dos materiais convencionais vem dividindo seu espaço com os materiais compósitos, uma vez que o campo industrial tem apresentado a necessidade de materiais de alto desempenho com propriedades bastante específicas no que diz respeito às áreas mecânica, térmica, química, entre outras; além de precisar melhorar sua relação custo/benefício. Diante das exigências do mercado, as pesquisas envolvendo novos materiais compósitos, principalmente os Plásticos Reforçados por Fibras (PRF), tem ganhado maior importância tecnológica^(1,2).

As pesquisas envolvendo novos materiais compósitos tem o desafio de criar um material que apresente boas propriedades e baixo custo, para que sua utilização tenha uma maior abrangência^(3,4).

Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um laminado com essas características, utilizando como matriz a resina poliéster ortoftálica e como reforço o tecido de mecha híbrida do tipo sarja, constituído de fibras kevlar/vidro, sendo definido LCMH/RP. Em seguida, se expõe a realização de um estudo comparativo, a partir de um outro trabalho (da equipe de pesquisa) e já publicado literatura⁽⁵⁾, que apresenta o mesmo tipo de tecido de reforço, porém nesse trabalho o laminado é impregnado com resina epóxi de alto desempenho e é definido como LCMH/RE. O estudo comparativo tem como objetivo o de observar a influência do tipo de resina no comportamento mecânico (resistência, rigidez e fratura mecânica) desses laminados.

Os estudos da caracterização mecânica e da característica da fratura foram realizados para os ensaios de tração uniaxial, e as propriedades físicas como densidade volumétrica, percentuais de fibras, resina e vazios, também foram determinadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na confecção do Laminado Compósito a base de tecido de Mecha Híbrida e impregnado com Resina de Poliéster (LCMH/RP), foi utilizado como reforço quatro camadas de um tecido de mecha híbrida de fibras Kevlar/49 e fibras de vidro/E com tecelagem do tipo sarja (gramatura: 480g/m²), ver figura 1. O processo de fabricação utilizado foi o de laminação manual (*Hand Lay Up*), no qual foi obtida uma placa com

uma área de $(1,30 \times 0,80)\text{m}^2$ e espessura de aproximadamente 2,65mm, sendo utilizada como matriz a resina poliéster ortoftálica PolyLite 10316-10.

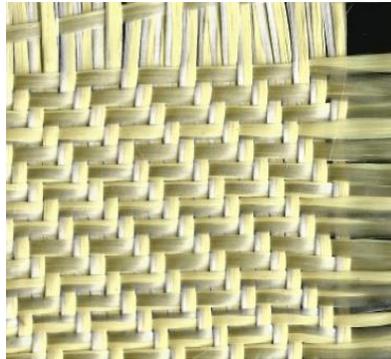


Figura 1 – Tecido de reforço híbrido de fibras Kevlar/Vidro.

As dimensões dos corpos de prova do ensaio de tração uniaxial seguiram a norma ASTM D3039-14⁽⁶⁾, com comprimento útil (*gage*) de 127mm e largura de 25mm, como pode ser observado na Figura 2. O valor da velocidade dos ensaios foi de 2,0mm/min, e os ensaios foram feitos à temperatura ambiente determinando valores de: resistência à tração (MPa), módulo de elasticidade longitudinal (GPa) e deformação de ruptura (%).

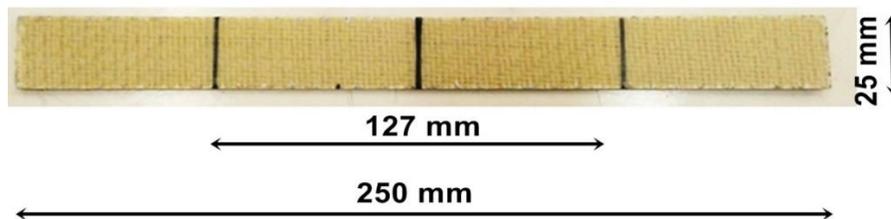


Figura 2 - Dimensões dos corpos de prova para o ensaio de tração uniaxial.

O ensaio de densidade volumétrica seguiu a norma ASTM D792-08⁽⁷⁾ e o ensaio de calcinação foi de acordo com a norma ASTM D3171-04⁽⁸⁾, para os dois ensaios foram utilizados corpos de prova com mesmas dimensões: 25mm x 25mm.

Para a realização de um estudo comparativo com ênfase na análise do comportamento mecânico dos laminados compósitos frente a variação de um de seus constituintes, no caso a mudança da matriz (tipo de resina), faz-se necessário a descrição do estudo baseado no trabalho desenvolvido por Oliveira⁽⁵⁾. No mesmo, o laminado é constituído por quatro camadas do mesmo tecido híbrido utilizado no

laminado LCMH/RP, impregnadas com a resina de alto desempenho Epóxi Éster Vinílica, DERA KANE 411-350. Ressalva se faz que ambos os laminados possuem o mesmo número de camadas e foram obtidos pelo mesmo processo de fabricação, ou seja, o de laminação manual (*Hand Lay Up*). Este laminado foi aqui denominado como LCMH/RE – Laminado Compósito Reforçado por tecido de Mecha Híbrida, com tecelagem do tipo Sarja, impregnado com Resina Epóxi.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de Densidade Volumétrica e Calcinação

No que se refere aos ensaios de densidade volumétrica e calcinação, os valores médios obtidos para o laminado desenvolvido, bem como para o laminado da literatura⁽⁵⁾, estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros microestruturais - Percentuais volumétricos.

| Configuração | Densidade (g/cm ³) | Resina (%) | Fibras de Vidro/E (%) | Fibra Kevlar (%) | Volume de Vazios (%) |
|------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| LCMH/RP | 1,15 | 50,5 | 18,6 | 27,9 | 3,0 |
| LCMH/RE ⁽⁵⁾ | 1,35 | 46,0 | 22,3 | 27,5 | 4,2 |

O menor teor de resina no laminado LCMH/RE pode ser explicado pela melhor impregnação do tecido com a resina Derakane. Esse fato ocasionando, também, a necessidade de uma maior quantidade de resina Poliéster para impregnação do mesmo tecido. Observa-se que a utilização dos diferentes tipos de resina, porém com a utilização do mesmo processo de fabricação, resulta em percentuais muito próximos dos demais constituintes como vazios e fibras.

Ensaio de Tração Uniaxial

Os comportamentos mecânicos obtidos para os laminados LCMH/RP e LCMH/RE no ensaio de tração uniaxial são apresentados nos gráficos Tensão x Deformação da Figura 3.

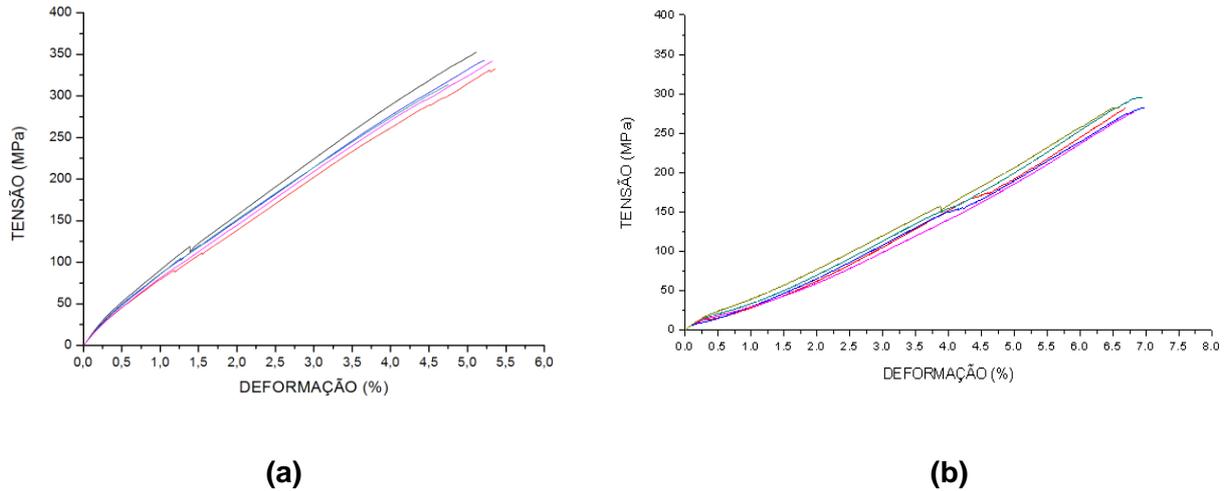


Figura 3 – Comportamento Mecânico dos Laminados submetidos ao ensaio de Tração Uniaxial: (a) LCMH/RE ⁽⁵⁾ e (b) LCMH/RP.

Os mesmos apresentam características intrínsecas a cada laminado, em termos de capacidades de suporte de cargas e de deformação (rigidez), mas ambos apresentam perfil linear elástico até a fratura final. A Tabela 2 mostra os valores médios das propriedades mecânicas obtidas para os dois laminados e suas respectivas dispersões caracterizadas pelas diferenças percentuais absolutas obtidas nos resultados.

Tabela 2 – Propriedades Mecânicas.

| | Resistência à Tração (MPa) | Dispersão (%) | Módulo de Elasticidade (GPa) | Dispersão (%) | Deformação de Ruptura (%) | Dispersão (%) |
|------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| LCMH/RP | 284,12 | 5,56 | 3,67 | 15,43 | 6,80 | 5,51 |
| LCMH/RE ⁽⁵⁾ | 337,05 | 11,81 | 8,06 | 16,81 | 5,16 | 11,35 |

Com o objetivo de melhorar a visualização da influência da mudança de resina nas propriedades mecânicas dos laminados, um estudo comparativo é mostrado na figura 4 (a), (b) e (c). Na figura 4(a), verifica-se o comportamento mecânico dos laminados quanto à resistência do material, enquanto a figura 4(b) apresenta para o módulo de elasticidade (medido na direção da carga aplicada) e antes do início do dano nos laminados. Diante dos valores obtidos, é possível notar que houve uma perda na resistência e no módulo de elasticidade do laminado LCMH/RP quando comparada às obtidas para o laminado LCMH/RE de respectivamente: 15,7% e 54,47%. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da resina Epóxi Éster

Vinílica (Derakane) apresentar melhores propriedades para estes parâmetros que a resina Poliéster Ortoftálica, sendo o valor da resistência à tração praticamente duas vezes maior.

Em relação à capacidade de deformação até a ruptura, verifica-se a partir da Figura 4(c) que o laminado LCMH/RP apresentou um ganho em relação ao laminado LCMH/RE de 24,12%.

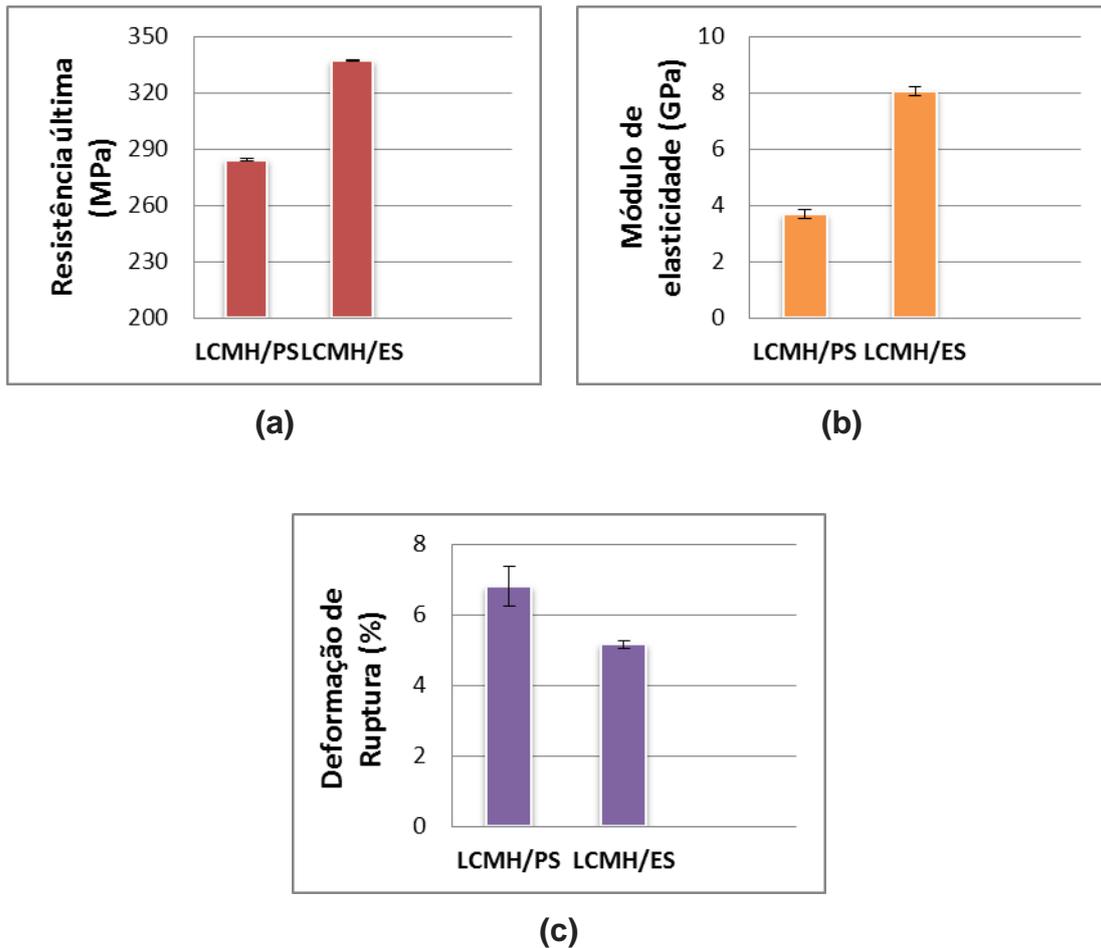


Figura 4 – Comparativo LCMH/RP x LCMH/RE. (a) Resistência à tração; (b) Módulo de Elasticidade e (c) Deformação de Ruptura.

Caracterização da Fratura

As figuras 5 e 6 mostram as características de fratura final de corpos de prova dos laminados LCMH/RP e LCMH/RE, respectivamente, com o intuito de classificar macroscopicamente os modos de fraturas ocorridos.

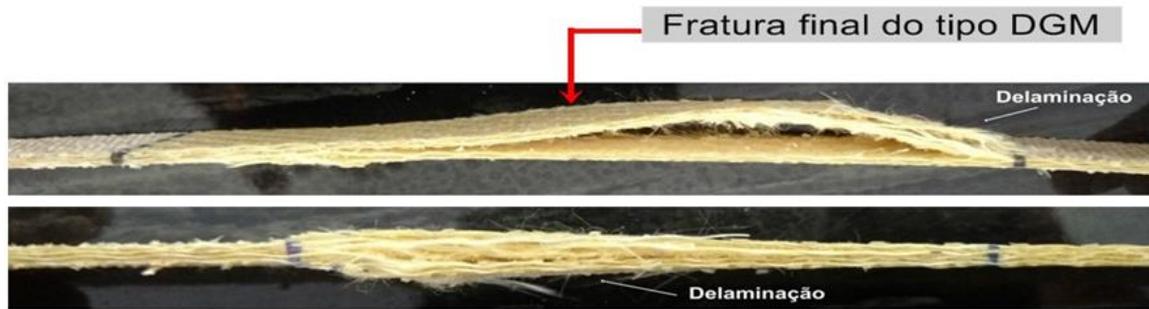


Figura 5 – Característica da fratura do laminado LCMH/RP.

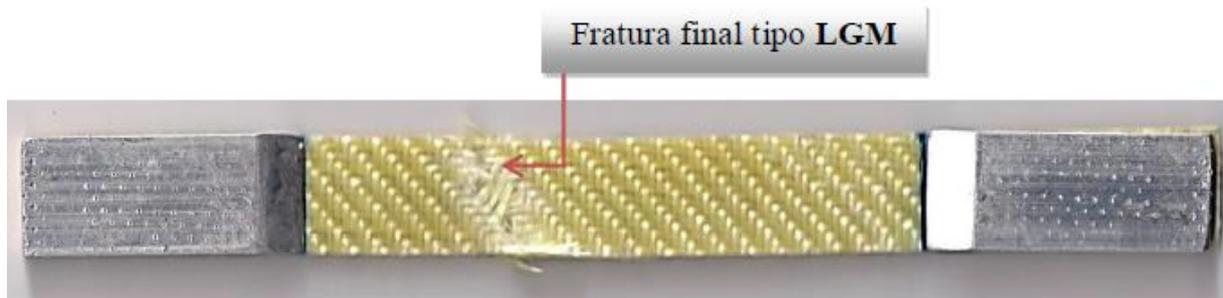


Figura 6 – Característica da fratura do laminado LCMH/RE⁽⁵⁾.

O laminado LCMH/RP apresentou uma fratura do tipo DGM (Edge delamination gage middle), ou seja, delaminação entre as camadas e no meio do galgo, conforme a norma ASTM D3039-14(3), enquanto que o laminado LCMH/RE apresentou o modo de fratura do tipo LGM (Lateral gage middle), ou seja, fratura dentro do comprimento útil (galgo) do corpo de prova.

Diante dos diferentes modos de fratura macroscópicas, observa-se que os laminados compósitos, apesar de terem o mesmo tipo de tecido de reforço, os diferentes tipos de resinas originaram forças adesões de diferentes intensidades em suas interfaces fibra/matriz. Ressalva se faz que o laminado compósito LCMH/RE não apresentou o fenômeno da delaminação entre suas camadas, evidenciando uma melhor compatibilidade entre a resina e o tecido híbrido, neste laminado, o que resultou em uma maior resistência e rigidez.

CONCLUSÕES

No que se refere aos percentuais volumétricos, o laminado compósito LCMH/RP se mostrou com resultados coerentes de acordo com outros valores contidos na literatura, com relação à proporção de resina, fibras e vazios;

Na composição volumétrica, o laminado LCMH/RP apresenta um maior percentual de resina e menor percentual de vazios, em comparação com o laminado LCMH/RE, mostrando uma influência do processo de impregnação do tecido do tipo sarja pela resina poliéster;

O laminado LCMH/RP apresentou uma menor resistência à tração e um menor módulo de elasticidade que o laminado LCMH/RE, resultado esse, em grande parte, devido as diferentes propriedades entre a resina poliéster e a resina epóxi (alto desempenho);

As fraturas finais dos corpos de prova do laminado LCMH/RP, analisados macroscopicamente, foram do tipo DGM, enquanto os corpos de prova do laminado LCMH/RE apresentaram fratura do tipo LGM, ressaltando-se a predominância do tipo de resina no modo da fratura final;

Em comparação com o material compósito exposto na literatura (LCMH/RE), o laminado LCMH/RP apresentou valores satisfatórios, principalmente com relação a resistência, sabendo que a resina Poliéster é uma resina de menor custo, apresentando, portanto, uma melhoria na relação custo/benefício do material.

REFERÊNCIAS

- (1) CALLISTER Jr, W. D. Materials Science and Engineering – An Introduction. John Wiley & Sons, 2007.
- (2) HERAKOVICH, C. T. Mechanics of fibrous composites. New york: Wiley, p.129-167. 1997.
- (3) BATISTA, A. C. M. C.; OLIVEIRA, J. F. S.; AQUINO, E. M. F. Structural Degradation and Mechanical Fracture of Hybrid Fabric Reinforced Composites. Polymer Engineering and Science. v.56, n.6, p.657-668, 2016.
- (4) BEJAN, L.; TARANU, N.; SIRBU, A. Effect of Hybridization on Stiffness Properties of Woven Textile Composites. Appl Compos Mater, v.20, p.185-194, 2013.
- (5) OLIVEIRA, J. F. S. Plásticos reforçados a base de tecidos híbridos: efeitos da anisotropia e geometria normativa na caracterização mecânica e da fratura. 2013, 180p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal.

- (6) ASTM D3039-14: Standard Test Methods for Tensile Properties of Polymer Matrix Composites, 2014.
- (7) ASTM D792-08: Specific Gravity and Density of Plastics by Displacement, 2008.
- (8) ASTM D3171-04: Standard Test Methods for Constituent Content of Composite Materials, 2004.

LAMINATED COMPOSITES REINFORCED BY HYBRID FABRICS: INFLUENCE OF RESIN TYPE

ABSTRACT

In recent years, the increasing use of reinforced plastics with synthetic fibers has been accompanied by the need to improve the properties and optimization of the cost-benefit ratio of these materials. Thus, this study aims to develop a laminate composite based on polyester resin reinforced by four layers of hybrid yarn fabric containing Kevlar and glass fibers whose volume fractions obtained were: 50.5% resin; 27.9% Kevlar fibers and 18.6% glass fibers. A comparative study is done based on data from a laminate published in the literature containing the same type of reinforcement and epoxy resin. The mechanical properties, in addition to the final fracture characteristics were analyzed, resulting in little loss laminate properties developed in relation to the laminated with epoxy resin, particularly with respect to ultimate strength, about 15.7%, which provides enhanced cost-benefit ratio of the material. The results were obtained by uniaxial tensile tests, the volumetric density and calcination.

Key-words: Hybrid Composites, E-Glass fibers, Kevlar fibers, Mechanical Properties.