

COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADA COM FIBRAS DE RAMI¹

Caroline Gomes de Oliveira²
Alice Barreto Bevtori³
Isabela Leão Amaral da Silva³
Rômulo Leite Loiola⁴
Frederico Muyleart Margem⁵
Sérgio Neves Monteiro⁶

Resumo

Nos últimos anos vem crescendo a quantidade de estudos feitos com materiais naturais, a fim de se encontrar alternativas ao uso de materiais sintéticos. Dentre estes materiais, encontram-se as fibras lignocelulósicas, grupo ao qual pertence à fibra de rami (*Boehmeria nivea*). Ensaio mecânicos de compósitos da referida fibra, realizados anteriormente, apresentaram bons resultados. Neste trabalho, avaliou-se o comportamento mecânico de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras aleatórias de rami. As porcentagens em volume de fibra variaram de 0% a 30%, sendo estas contínuas e dispostas de forma alinhada. Os resultados encontrados foram satisfatórios, pois conferiram um aumento significativo na resistência à tração da matriz polimérica.

Palavras-chave: Tração; Fibra de rami; Poliéster.

TENSILE MECHANICAL BEHAVIOR OF POLYESTER COMPOSITES REINFORCED WITH RAMIE FIBERS

Abstract

In last few years has increased the numbers of studies made with natural materials, aiming to find useable alternatives for synthetic materials. Among these materials, there are lignocellulosic fibers like the ramie fiber (*Boehmeria nivea*). Mechanical tests of composites reinforced with this fiber, previously made, showed good results. In this study, we evaluated the mechanical behavior of polyester matrix composites reinforced with of random ramie fibers. The percentages of continuous and aligned fiber goes from 0% to 30% in volume. The results were satisfactory, because was conferred a significant increase of the polymer matrix tensile strength.

Key words: Tensile; Ramie fiber; Polyester.

¹ Contribuição técnica ao 68^o Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Graduanda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Bolsista de Iniciação Científica, Laboratório de Materiais Avançados (Lamav), Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Campos dos Goytacazes. RJ, Brasil.

³ Química. Doutoranda CCT, UENF. Campos dos Goytacazes. RJ, Brasil.

⁴ Técnico em mecânica. Técnico do Lamav, CCT, UENF. Campos dos Goytacazes. RJ, Brasil.

⁵ Engenheiro de Produção/Elétrico. Pós-doutorando, UENF. Campos dos Goytacazes. RJ, Brasil.
⁶ Engenheiro metalúrgico. Ph.D, Professor titular, Instituto Militar de Engenharia (IME). Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento acelerado do nosso planeta traz a conseqüente realidade da degradação ambiental, o que gera cada vez mais a necessidade de aumentar o número de organizações e de atitudes ambientalmente corretas. Fibras naturais, tanto de origem animal como a seda, quanto de origem vegetal lignocelulósicas, atendem a estes requisitos. Ou seja, suas utilizações as caracterizam como ambientalmente corretas em comparação com as fibras sintéticas como o náilon, vidro e carbono.

Fibras naturais lignocelulósicas como o algodão, linho, juta e rami foram utilizadas durante muito tempo para fabricação de tecidos. Entretanto, o desenvolvimento das fibras sintéticas trouxe novas opções para a indústria têxtil e passou a competir vantajosamente com as fibras naturais. A fibra de rami foi particularmente afetada e seu uso em tecidos está em franco declínio o que afeta sua produção agrícola trazendo incertezas para aqueles que vivem desta cultura. Uma possível alternativa para a fibra de rami seria sua aplicação como reforço em compósitos poliméricos, já que sua resistência mecânica é das mais elevadas entre as fibras lignocelulósicas, podendo atingir 870 MPa,⁽¹⁾ superior até a das fibras de sisal e juta.⁽¹⁻³⁾

Além dos aspectos científicos e ambientais existem ainda aspectos sociais que contribuem para o uso de compósitos de fibras naturais: o cultivo destas é fonte de geração de renda em comunidades do norte e nordeste do Brasil, entre outras.⁽⁴⁻⁷⁾

Por estas razões, compósitos reforçados com fibras naturais, sobretudo as lignocelulósicas facilmente cultivadas, têm sido objeto de recentes investigações. A utilização da fibra de rami incorporada à matriz de compósitos poliméricos apresenta diversas vantagens quando comparada a outras fibras sintéticas. Tais vantagens estão relacionadas tanto às propriedades quanto às características das fibras lignocelulósicas.⁽⁷⁻¹⁰⁾ Destacam-se o baixo custo e a baixa densidade destas fibras naturais. Além disto, o fato de não serem abrasivas preserva os equipamentos que as processam, são renováveis, biodegradáveis e neutras em relação à emissão de gases que estão causando o aquecimento global.^(4,6) Potencialmente compósitos com fibras de rami poderiam ser usados para fabricar painéis para construção civil e mobiliário, reforçando a matriz polimérica com fibras longas e alinhadas de rami.⁽¹¹⁾

Para que se tenha um compósito com propriedades capazes de competir com produtos sintéticos convencionais, deve-se incorporar apenas um percentual limitado de fibras à matriz polimérica. Por outro lado as fibras de rami destacam-se devido à sua resistência específica relativamente alta. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades mecânicas de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras de rami.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de rami (*Boehmeria nivea*) foram adquiridas da firma Sisalsul Indústria de Fibras, que comercializa o produto cultivado no Estado do São Paulo. Após separação, limpeza e secagem à temperatura ambiente, as fibras foram misturadas em quantidades de 0%, 10%, 20% e 30% em volume com resina poliéster ortoftálica misturada com 0,5% peso do catalisador metil-etil-cetona. Corpos de prova de tração foram preparados individualmente, organizando as fibras em molde de silicone com 5,8 mm x 4,5 mm de seção transversal reduzida e 35 mm de comprimento. As frações volumétricas de até 30% de fibras contínuas de rami foram alinhadas ao longo do comprimento do molde, que corresponde ao eixo de tração, e

a resina foi derramada sobre as fibras dentro do molde e curadas por 24 horas à temperatura ambiente.

A Figura 1 mostra uma planta típica de rami e as fibras, extraídas do caule da planta.



Figura 1. (a) planta típica de rami; (b) fibras extraídas do caule da planta.

A análise estatística do lote recebido, efetuada aleatoriamente em 100 fibras, mostrou as distribuições de comprimento e diâmetro. Destas distribuições obteve-se o comprimento médio de 155 mm e o diâmetro médio de 0,096 mm. Seis amostras de compósito foram confeccionadas para cada fração de volume de fibras de rami. Cada amostra foi testada individualmente à tração em uma máquina Instron, modelo 5582, a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. A superfície de fratura dos corpos de prova foi caracterizada por microscopia eletrônica de varredura, MEV, em microscópio Shimadzu, modelo SSX-550 operando em uma voltagem de 15 kV para o feixe de elétrons.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 estão ilustradas curvas típicas de força versus alongamento de cada ensaio. As curvas são representativas, ilustradas para cada fração de volume de fibras de rami. Essas curvas foram obtidas diretamente a partir dos dados da máquina Instron. O aspecto comum a todas as curvas é de que o compósito apresenta pouca ou praticamente nenhuma deformação plástica. Existe um pequena instabilidade no início da região linear, que representa o ajustamento dos corpos de prova às garras de tração. A queda brusca no final desta região linear indica que os compósitos de fibras de rami são materiais relativamente frágeis.

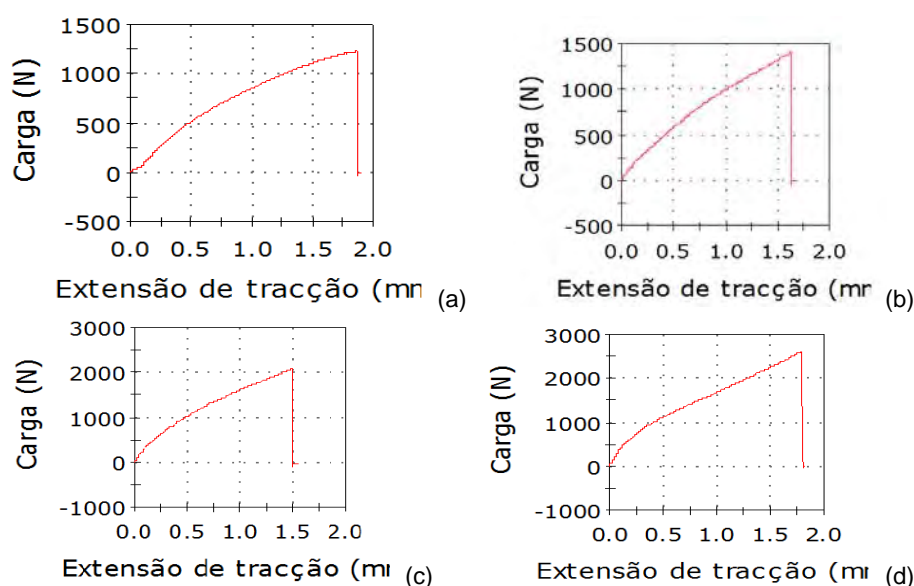


Figura 2. Curvas típicas de tração, força (N) versus alongamento (mm). (a) 0%; (b) 10%; (c) 20% e (d) 30% de volume de fibras.

Com base nos dados das curvas de força versus alongamento, calculou-se a tensão máxima e o módulo de elasticidade. A Tabela 1 mostra os valores médios para essas propriedades para as diferentes frações volumétricas de fibras de rami.

Tabela 1. Propriedades de tensão de compósitos de poliéster reforçados com fibras de rami

Volume de fibras de rami (%)	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação total (mm)
0	47,45 ± 14,46	0,86 ± 0,26	0,061 ± 0,014
10	58,40 ± 9,79	1,28 ± 0,07	0,055 ± 0,010
20	80,71 ± 12,10	1,50 ± 0,36	0,047 ± 0,010
30	86,43 ± 12,97	1,78 ± 0,18	0,045 ± 0,010

A Figura 4 mostra os gráficos de tensão máxima e módulo de elasticidade em função das diferentes frações volumétricas de fibras de rami. Nestas figuras pode-se notar que a resistência do compósito à tração aumenta consideravelmente com a incorporação de fibra à matriz de poliéster. No entanto, a rigidez aumenta quando comparada à resina pura, porém o compósito de 20% de volume de fibra apresentou maior módulo de elasticidade em relação às demais frações volumétricas. Levando em consideração o erro experimental, pode-se adotar que tanto a tensão máxima quanto o módulo de elasticidade variam de forma aproximadamente linear em função da fração volumétrica de fibras.

Estes resultados indicam que a utilização de fibras de rami em compósitos de resina poliéster proporciona um reforço considerável na resistência à tração destes materiais.

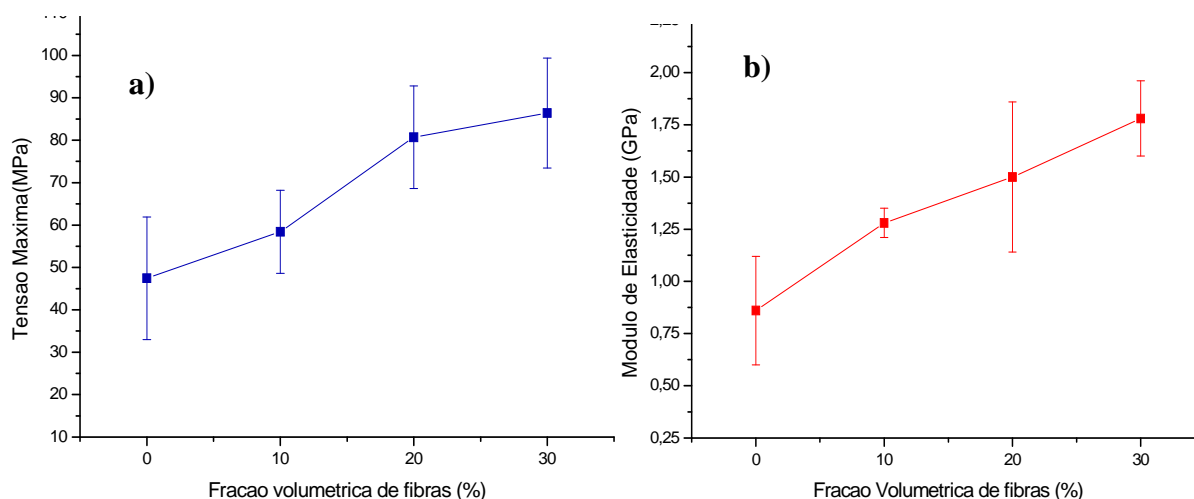


Figura 3. Variação da tensão máxima (a) e do módulo de elasticidade (b) em função da fração volumétrica de fibra de rami.

A análise da fratura dos corpos de prova foi realizada tanto por observação macroscópica quanto por microscopia eletrônica de varredura (MEV). A Figura 5 ilustra o aspecto macroscópico das fraturas dos diferentes corpos de prova (0%, 10%, 20% e 30%).

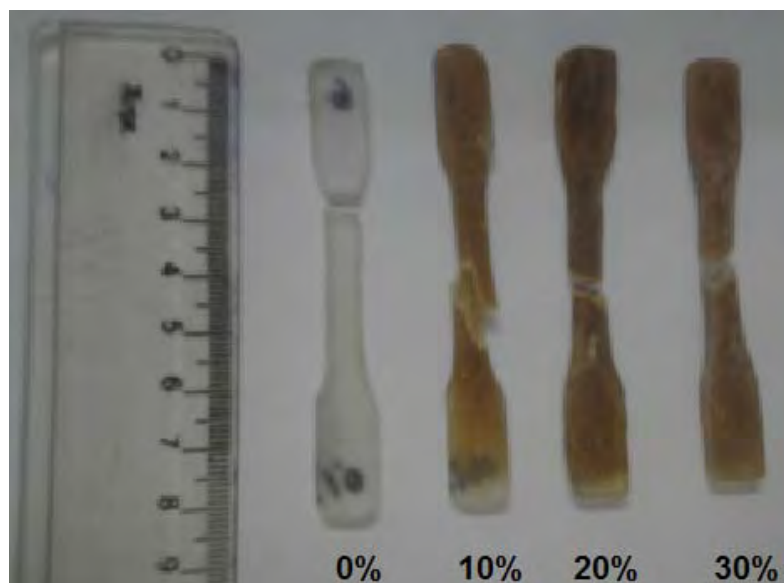


Figura 4. Corpos de prova após o ensaio de tração para cada fração volumétrica de fibra de rami incorporada à matriz poliéster

A Figura 5 mostra micrografias obtidas por MEV da resina pura e de um compósito reforçado com uma fração de 30% de fibra. Nesta figura, pode-se observar que para o corpo de prova com 0% de fibra ocorre propagação de poucas trincas, fazendo com que o corpo de prova rompa de maneira frágil. Para o compósito com 30% de fibra observa-se a propagação de trincas pela superfície da fibra, estando estas aderidas à matriz, o que justifica um aumento considerável sobre a resistência e rigidez dos compósitos.

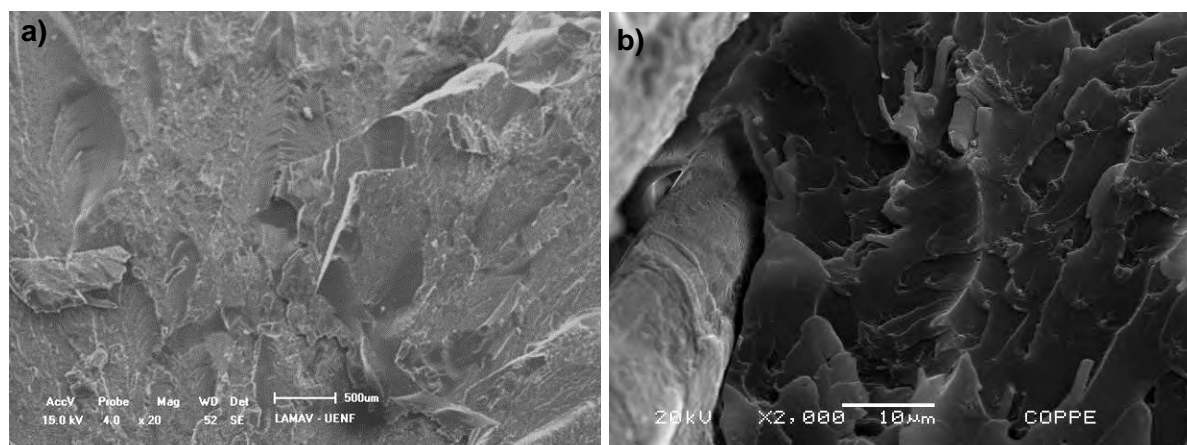


Figura 5. Micrografias obtidas em MEV: (a) Superfície da resina pura; (b) Superfície do compósito de 30%

4 CONCLUSÕES

- Os testes com compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras de rami mostram um aumento significativo tanto na tensão máxima quanto no módulo de elasticidade em comparação à resina pura; e
- as micrografias obtidas em MEV mostram que as fibras de rami têm boa aderência à matriz poliéster e que servem de forma eficiente como barreira para a propagação de trincas. Isso justifica o aumento significativo na tensão máxima do compósito em relação à resina pura.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das instituições de pesquisa brasileira: CNPq, Capes e Feperj.

REFERÊNCIAS

- 1 SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. *Composites: Part A*, v. 38, p. 1694-1709, 2007.
- 2 KUMAR, A.P.; SINGH, R.P.; SARWADE, B.D. Degradability of composites prepared from ethylene-polypropylene copolymer and jute fiber under accelerated aging and biotic environments. *Mater. Chem. and Phys.*, v. 92, p. 458-469, 2005.
- 3 FUNG, K.L.; LI, R.K.Y.; TJONG, S.C. Interface modification on the properties of sisal fiber-reinforced polypropylene composites. *J. Appl. Polym. Sci.*, v. 85, p. 169-176, 2002.
- 4 MOHANTY, A.K.; MISRA M.; DRZAL, L.T. Sustainable biocomposites from renewable resources: opportunities and challenges in the green material world, *J. Polym. Environ.*, v.10, p.19-26, 2002.
- 5 NETRAVALI, A.N.; CHABBA, S. Composites get greener, *Material Today*, v.6, p. 22-29, 2003.
- 6 MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D.; Ferreira, A.S.; NASCIMENTO, D.C.O. Natural fiber polymer matrix composites: cheaper, tougher and environmentally friendly, *JOM*, v.61, p.17-22, 2009.
- 7 WAMBUA, P.; IVENS, I.; VERPOEST, I. Natural fibers: can they replace glass and fibre reinforced plastics?, *Composites Science and Technology*, v.63, p. 1259-1264, 2003.
- 8 SATYANARAYANA, K.G. et al. Fabrication and properties of natural fibre-reinforced polyester composites. *Composites*. v. 17, p. 329-333, 1986.
- 9 BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose-based fibres. *Prog. Polym. Sci*, v. 24, p. 221-274, 1999.
- 10 PEIJS, T. Natural Fiber Base Composites. *Mater. Technol.*, v. 15, p.281-285, 2000.
- 11 PAIVA JÚNIOR, C. Z.; CARVALHO, L. H.; FONSECA, V. M.; MONTEIRO, S. N.; D'ALMEIDA, J. R. M. Analysis of the tensile strength of polyester/hybrid ramie-cotton fabric composites, *Polymer Testing*, v. 23(2), p. 131-135, 2004.