

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ EPÓXI REFORÇADOS COM FIBRAS NATURAIS DE CURAUÁ DE ALTO DESEMPENHO*

Noan Tonini Simonassí¹
Artur Camposo Pereira²
Sergio Neves Monteiro³

Resumo

Devido à facilidade de serem processadas, baixo custo e sua abundante disponibilidade, as fibras naturais são utilizadas pelo homem na confecção de objetos simples, tais como, cordas e cestas desde tempos remotos. Recentemente, vem crescendo o número de pesquisas sugerindo fibras naturais, em especial as do tipo lignocelulósicas extraídas de plantas, como possíveis substitutos de fibras sintéticas na confecção de materiais compósitos devido as vantagens técnicas, ambientais e socioeconômicas que estas apresentam. Assim, o presente trabalho, tem como objetivo confeccionar compósitos de matriz epóxi reforçados com fibras de curauá para se obter materiais de alto desempenho. As fibras utilizadas nos compósitos estudados neste trabalho são extraídas das folhas da planta. As fibras foram selecionadas com relação ao seu diâmetro e os resultados mostram que os compósitos apresentam resistência a tração comparável aos maiores resultados publicados na literatura.

Palavras-chave: Ensaios de tração; Epóxi; Curauá; Alto desempenho

TENSILE STRENGTH OF EPOXY MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH CURAUÁ NATURAL FIBERS OF HIGH PERFORMANCE

Abstract

Since ancient times, humans, in the making of simple objects, such as ropes and baskets use natural fibers due to the ease of being processed, low cost and abundant availability. Recently, the number of researches suggesting natural fibers as possible substitutes for synthetic fibers, especially those lignocellulosic extracted from plants, in the manufacture of composite materials thanks to the technical, environmental and socio-economic advantages they present. Therefore, the present work, aims the preparation of epoxy matrix composites reinforced with curauá fibers to obtain high performance materials. The fibers used in the composites studied in this work were extracted from the leaves of the curauá plant. The fibers were selected according to their diameter and the results show that the composites presents tensile strength comparable to the higher results published in the literature.

Keywords: Tensile strength; Epoxy; Curauá; High performance

¹ Engenheiro Metalúrgico, Mestre em Ciências, em Ciências dos Materiais. Doutorando em Ciências, em Ciências dos Materiais, Subdivisão de Engenharia de Materiais. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgico, Mestre em Ciências, em Ciências dos Materiais. Doutorando em Ciências, em Ciências dos Materiais, Subdivisão de Engenharia de Materiais. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Engenheiro de Materiais, PhD em Engenharia dos Materiais, Professor. Subdivisão de Engenharia de Materiais. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Comumente encontradas na natureza, e de fácil extração, fibras naturais vem sendo utilizadas como matérias primas para confecção de cordas, cestas, vestuário, redes de pesca ou até mesmo como material de construção civil por gerações desde os primórdios da humanidade [1].

Com o avanço contínuo do desenvolvimento de novas tecnologias no último século, as fibras naturais perderam espaço para fibras sintéticas em setores tradicionalmente ocupados por estas como o da indústria têxtil. Entretanto, devido à necessidade de se encontrar materiais que combinem o alto desempenho com o baixo impacto ambiental fez com que, nas últimas décadas, aumentasse o número de pesquisas propondo fibras naturais, em especial as do tipo lignocelulósicas, extraída de plantas, tais como: juta, sisal, coco, algodão, cânhamo, rami, bambu, curauá entre muitas outras, como materiais de engenharia na confecção de compósitos em substituição das tradicionalmente utilizadas fibras sintéticas [2-14].

Em comparação com as fibras sintéticas, as fibras naturais apresentam vantagens, não só do ponto de vista ambiental, como também do ponto de vista econômico, social e técnicos o que levanta uma série de questões sobre o uso destas como material de engenharia apesar de algumas desvantagens em relação às fibras sintéticas [8]. Como desvantagens pode-se citar a alta variação em relação as propriedades mecânicas e sua baixa temperatura de degradação que limitam a utilização destes materiais.

Os compósitos reforçados com FNL são utilizadas nas mais variadas aplicações como na indústria automobilística [15-17] e, particularmente como reforço em blindagens balísticas [18,19].

O curauá (*Ananas erectifolius*) é uma planta bromeliácea cultivada na Amazônia paraense. Em regiões, como a do Vale do Jarí, esta planta é uma importante fonte de renda, pois se apresenta como uma alternativa economicamente viável de cultivo em terrenos semiáridos e degradados. O cultivo desta planta nessas regiões cumpre ainda um fator social importante que é o resgate da identidade cultural local e também promove o sustento de pequenas aldeias que carecem de outras fontes de renda [20]. As folhas desta planta, de onde são extraídas, se apresentam, em média, com 1,5 m de comprimento e 4 cm de largura. Cada planta produz entre 12 a 15 folhas de onde é retirado cerca de 2 quilos de fibras que são coletados até duas vezes ao ano segundo Ramalho [21]. A figura 1 mostra uma plantação familiar de curauá, e as fibras sendo utilizadas na fabricação de papel para pintura.



Figura 1: Plantação familiar de curauá (a) e utilização de suas fibras na fabricação de papel (b) [21].

O curauá apresenta, como em outras fibras lignocelulósicas, uma variação de propriedades inversamente proporcional ao diâmetro [22]. A figura 2 mostra como o

diâmetro médio influência no Módulo de Elasticidade e na densidade da fibra de curauá.

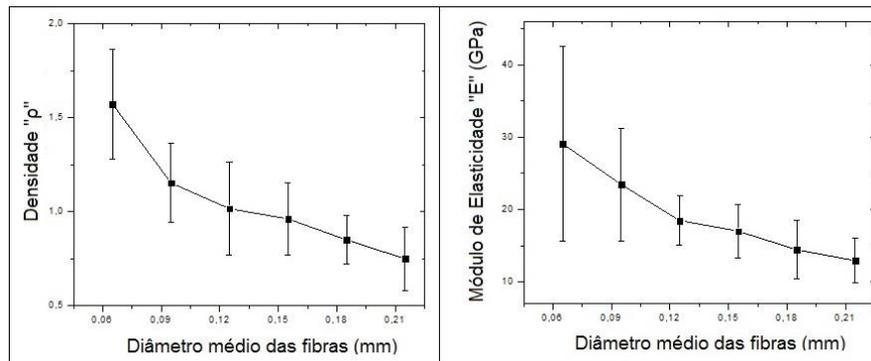


Figura 2: Densidade e Módulo de Elasticidade da fibra de curauá em função do diâmetro médio da fibra [22].

Da mesma maneira como ocorre com as demais FNL, com o aumento da quantidade de fibra de curauá incorporado na matriz do compósito, o material tende a aumentar a resistência à tração. A tabela 1 mostra as propriedades de resistência a tração da fibra de curauá quando incorporada em diferentes quantidades, matrizes poliméricas e tratamentos de fibra.

Tabela 1: Propriedades da fibra de curauá quando incorporada em diferentes quantidades, matrizes e tratamentos. Adaptado de Santos¹ et al. [23]; Lopes² [24] Da Luz e Lenz³ [25], Gomes⁴ et al.[26].

Matriz	Fração de fibra (%)	Resistência à Tração (MPa)	Tratamento
Poliamida-6 ¹	20 (%Mas) *	80	N/A ^{***}
Poliéster ²	30 (%Vol) **	86,9	N/A
Poliéster ²	40 (%Vol)	103,2	N/A
Epóxi ²	30 (%Vol)	89,5	N/A
Epóxi ²	35 (%Vol)	95,2	N/A
Polipropileno ³	10 (%Mas)	27	N/A
Resina à base de Amido ⁴	78 (%Mas)	216	N/A
Resina à base de Amido ⁴	70 (%Mas)	275	“Pre-forming” e Mercerização
Resina à base de Amido ⁴	70 (%Mas)	327	“Prepreg” e Mercerização

*Fração volumétrica de fibras. **Fração mássica de fibras. ***Não aplicado.

Assim, o objetivo deste trabalho foi o de desenvolver compósitos de matriz epóxi reforçados com fibras naturais de curauá de alto desempenho. Os parâmetros de processamento dos compósitos foram levados em consideração para que se pudessem ser obtidos os maiores valores de resistência a tração sem que nenhum tipo de tratamento de superfície fosse realizada na fibra. Os resultados obtidos foram discutidos e comparados com os registrados na literatura baseado na tabela 1 que representa um resumo coletivo destes resultados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de curauá utilizadas neste trabalho foram fornecidas pela empresa PEMATEC TRIANGEL na forma de cachos. Para este trabalho, as fibras de curauá foram escovadas para, posteriormente, serem selecionadas em diâmetros mais finos e cortadas do tamanho do molde.

Conforme mostrado na figura 3, os cachos fornecidos estão limpos das impurezas residuais do processo de extração das fibras e podem ser facilmente escovadas para que estas fiquem desembaraçadas. O processo de escovação torna mais fácil a etapa de seleção das fibras finas que será realizado pela remoção manual das fibras mais grossas. Posteriormente, estas fibras foram cortadas no tamanho do molde do corpo de prova, lavadas com água destilada e postas a secar em estufa a 60° C por 24h.

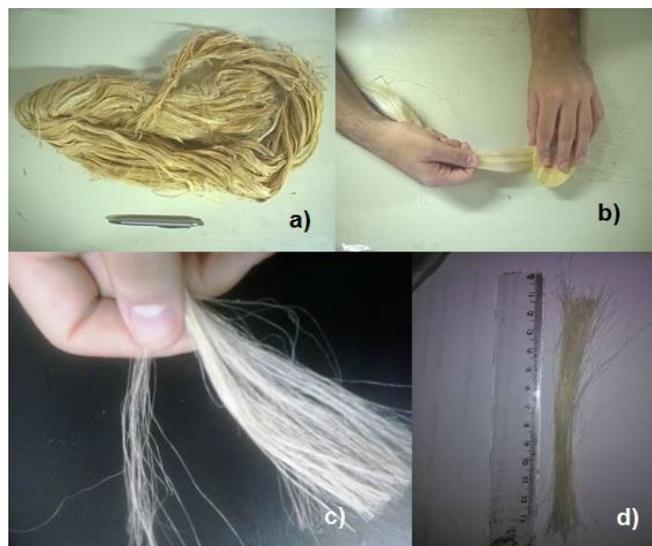


Figura 3: Os cachos da fibra como fornecidos (a) processo de escovação (b), separação manual (c) e fibras cortadas no tamanho do molde (d).

As fibras utilizadas nos compósitos foram retiradas diretamente da estufa na confecção dos compósitos. Estas, já limpas, cortadas, separadas e pesadas, ficaram em estufa e foram utilizadas ainda quentes. Dessa maneira a umidade impregnada na superfície da fibra é minimizada, melhorando o nível de interações entre reforço e matriz do compósito.

A resina utilizada na confecção dos corpos de prova é a resina epóxi DGEBA misturada ao endurecedor TETA que atua como matriz dos compósitos. Essa resina é fornecida da empresa EPOXYFIBER. A resina se apresenta em estado líquido, e irá curar na presença do iniciador. A quantidade de 13% em massa de TETA foi utilizada, segundo especificação do fabricante.

Para que possa ser inserida pressão durante a confecção dos corpos de prova, foi usinado em aço, no Laboratório de Ensaio não Destrutivos, Corrosão e Soldagem (LNDC) da COPPE/UFRJ, um molde baseado na norma ASTM D638. O projeto da ferramenta foi desenvolvido de modo que após a retirada do compósito de dentro do molde, este já tem suas dimensões finais de acordo com os padrões da norma necessitando apenas de um acabamento com lixa para melhorar a superfície.

As fibras selecionadas, então, foram postas no molde juntamente com a mistura de resina e endurecedor. Uma vez que a resina esteja uniformemente impregnada na

fibra e distribuída pelo volume do molde, a ferramenta foi fechada e se aplicou uma pressão de 5 toneladas com o auxílio da prensa hidráulica SKAY. Por fim, Os ensaios de tração foram realizados em temperatura controlada de 25° C em uma máquina INSTRON modelo 3365 a uma taxa de deformação de 0,75 mm/min nos corpos de prova no LNDC da COPPE/UFRJ.

Foram confeccionados corpos de prova reforçados com fibras finas com 60% em fração volumétrica. Nesse caso as fibras foram secas em estufas em 3 temperaturas distintas 60, 100 e 140 °C por dois dias. Também foram confeccionados corpos de prova reforçados com 80% em fração volumétrica de fibras de diâmetro aleatório, ou seja não houve seleção das fibras finas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 2 mostra os resultados para os compósitos reforçados com fibras de curauá. Os resultados mostram um aumento na resistência a tração para as fibras secas na estufa a menores temperaturas. Esse resultado indica uma degradação parcial da fibra com o aumento da temperatura.

Tabela 2: Resistência a tração para os compósitos reforçados com fibra de curauá.

Fração volumétrica de fibra (%)	Temperatura de secagem das fibras (°C)	Resistência a tração (MPa)	Tipo de fibras
60	60 °C	294,1 ± 21,0	Finas
	100 °C	236,0 ± 5,8	Finas
	140 °C	154,1 ± 17,5	Finas
80	60 °C	251,1 ± 7,4	Aleatórias

Os melhores resultados, como esperado são para os corpos de prova reforçadas cm fibras finas. Porém, os resultados dos compósitos com 80% de fibras aleatórias são estatisticamente iguais aos compósitos com fibras finas de melhores resultados.

Por fim, estes resultados mostram que é possível confeccionar corpos de prova com 80% em fração volumétrica sem que haja regiões de vazios entre as fibras.

Quando comparados com os dados fornecidos pela tabela 1, os resultados mostrados neste trabalho apresentam resultados de resistência a tração que podem ser comparados com os maiores obtidos pela literatura. Ainda, os resultados são os mais elevados quando não há nenhum tipo de tratamento com relação a fibra.

4 CONCLUSÃO

- Foi possível confeccionar compósitos de alto desempenho em resistência a tração.
- A combinação de epóxi com a fibras finas de curauá promoveram um aumento de resistência a tração.
- As fibras finas de curauá são reforços tão eficientes que os compósitos reforçados com 60% puderam ser comparados com os resultados obtidos por corpos de prova reforçados com 80% em fração volumétrica de fibras com diâmetros aleatórios.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer as agências de fomento, CAPES CNPq e Faperj.

REFERÊNCIAS

1. Bledzki AK, Gassan J. Composites reinforced with cellulose-based fibers. *Progress in Polymer Science*. Vol. 4, p. 221-274. 1999.
2. Crocker J. Natural materials innovative natural composites. *Mater. Technol.* 2-3 p. 174-178. 2008.
3. Faruk O, Bledzki AK, Fink HP, Sain M. Biocomposites reinforced with natural fibers. *Progr. Polym. Sci.* Vol. 37, p. 1555-1596. 2012.
4. Güven O, Monteiro SN, Moura EAB, Drelich J.W. Re-emerging field of lignocellulosic fiber – Polymer composites and ionizing radiation technology in their formulation. *Polym. Reviews*. Vol. 56, p.702-536. 2016.
5. John MJ, Thomas S. Biofibers and biocomposites. *Carbohydr. Polym.* Vol. 71, p. 343-364. 2008.
6. Mohanty AK, Misra M, Drzal LT. Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world. *J. Polym. Environ.* Vol. 10, p. 19-26. 2002.
7. Monteiro SN, Lopes FPD, Ferreira AS, Nascimento DCO. Natural fiber polymer matrix composites: cheaper, tougher and environmentally friendly. *JOM*. Vol. 61, p.17-22. 2009.
8. Monteiro SN, Lopes FPD, Barbosa AP, Bevitori AB, Silva IL, Costa LL. Natural Lignocellulosic Fibers as engineering materials: an overview. *Metallurgical and Materials Transactions. A*. Vol. 42, p. 2963-2974. 2011a.
9. Nascimento DCO, Lopes FPD, Monteiro SN. Tensile behavior of lignocellulosic fiber reinforced polymer composites: Part I piassava/epoxy. *Revista Matéria*. Vol. 15, n. 2, p. 189-194. 2010.
10. Netravali AN, Chabba S. Composites get greener. *Mater Today*. Vol. 6, p. 22-29. 2003.
11. Pappu A, Patil V, Jain S, Mahidrakar A, Haque R, Thakur VK. Advances in industrial prospective cellulosic macromolecules enriched banana biofibre resources: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* Vol. 79, p. 449-458. 2015.
12. Sahed DN, Jong JP. Natural fiber polymer composites: a review. *Advances in polymer technology*. Vol. 18, p. 351-363. 1999.
13. Satyanarayana KG, Arizaga GC, Wypych F. Biodegradable composites based on lignocellulosic fiber: an overview. *Progress in Polymer Science*. Vol. 34, p. 982-1021. 2009.
14. Thakur VK, Thakur MK, Gupta RK. Review: Raw natural fibers based polymer composites. *Intl. J. Polym Anal. Charact.* Vol. 19, p. 256-271. 2014.
15. Holbery J, Houston D. Natural-fiber-reinforced polymer composites applications in automotive. *JOM*. Vol. 58(11), p. 80-86. 2006.
16. Zah R, Hischer R, Leal AL, Braun I. Curaua fibers in automobile industry – a sustainability assessment. *J. Clean. Prod.* Vol. 15(11-12), p. 1032-1040. 2007.
17. Thomas N, Paul SA, Pothan LA, Deepa B. Natural fibers: structure, properties and applications. In: Kalia S, Kaith BS, Kaur I. eds. *Cellulose fibers: Bio and Nano-polymer composites*. Berlin-Heidelberg, Germany: Springer – Verlag, 2011, p. 3-42.

18. Da Cruz RB, Lima Jr. EP, Monteiro SN, Louro LHL. Giant bamboo fiber reinforced epoxy composite in multilayered ballistic armor. Mater. Res. Vol. 18, p. 70-75. 2015.
19. Monteiro SN, Louro LHL, Trindade W, Elias CN, Ferreira, CL, Lima ES, Weber RP, Suarez JM, Figueiredo ABS, Pinheiro WA, Da Silva LC, Lima Jr. EP. Natural curaua fiber- reinforced epoxy composite in multilayered ballistic armor. Metal. Mater Trans. A. Vol. 46, p. 4567-4577. 2015.
20. EcoDebate: Projeto de cultivo do curauá (*Ananas erectifolius*) transforma realidade da agricultura familiar na Amazônia. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2008/08/12/projeto-de-cultivo-do-curaua-ananas-erectifolius-transforma-realidade-da-agricultura-familiar-na-amazonia/>>. Acesso em 18 de março de 2018.
21. Ramalho E. A folha amazônica que virou arte. [S.l.: s.n.], 2005 Disponível em: <http://www1.rfi.fr/actubr/articles/068/article_124.asp>. Acesso em 18 de março de 2018.
22. Simonassi NT, Carreiro RS, Loyola RL, Margem FM, Monteiro SN. Weibull analysis of the density and elastic modulus of curaua fibers with different diameters. In: 67º Congresso Internacional da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2012, Rio de Janeiro, RJ. Anais do 67º Congresso Internacional ABM, Vol. 1. p. 2342-2351. 2012.
23. Santos PA, Spinacé MAS, Feroselli KKG, De Paoli MA. Efeito da forma de processamento e do tratamento da fibra de curauá nas propriedades de compósitos com poliamida-6. Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol. 19, nº 1, p. 31- 39, 2009.
24. Lopes FPD. Estudos adicionais dos compósitos poliméricos reforçados por fibras de curauá. Dissertação de Mestrado, UENF- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ. 2011.
25. Da Luz JF, Lenz DM. Compósitos de polipropileno virgem e reprocessado com fibra de curauá obtidos por injeção. Revista de Iniciação Científica da ULBRA. Vol. 9, p. 217-223. 2011.
26. Gomes A, Matsuo T, Goda K, Ohgi J. Development and effect of alkali treatment on tensile properties of curaua fiber green composites. Comp. Part A. Vol. 38, p. 1811–1820. 2007.