

ENSAIOS DE IMPACTO IZOD DE COMPÓSITOS COM MATRIZ EPÓXI REFORÇADAS COM FIBRAS CONTINUAS DE BURITI (*Mauritia flexuosa*)¹

Anderson de Paula Barbosa²
Núbia Suely Silva Santos³
Michel Picanço Oliveira⁴
Frederico Muylaert Margem⁵
Giulio Rodrigues Altoé⁴
Sergio Neves Monteiro⁶

Resumo

Fibras de buriti (*Mauritia flexuosa*) estão entre as lignocelulósicas naturais com grande potencial para utilização em compósitos poliméricos. O presente trabalho avalia a resistência ao impacto deste tipo de compósito com matriz epoxídica reforçada com diferentes percentuais de fibras de buriti. As fibras foram embutidas sob pressão em mistura com resina epóxi DGEBA/TETA curada à temperatura ambiente por 24 horas. Os corpos de prova normalizados foram confeccionados com percentuais de até 30% em volume de fibras de buriti alinhadas ao longo de todo o comprimento, estes corpos de prova foram então ensaiados em pêndulo de impacto Izod e as superfícies de fratura analisadas por microscopia eletrônica de varredura, MEV. A resistência ao impacto aumentou substancialmente com a quantidade relativa de fibra de buriti reforçando o compósito. Este desempenho foi associado à dificuldade de ruptura imposta pelas fibras bem como ao tipo de trincas resultantes da interação fibra de buriti/matriz epoxídica que ajuda a absorver a energia do impacto.

Palavras-chave: Fibra de buriti; Ensaios de Izod; Compósito epoxídicos; Fotografia por MEV.

IZOD IMPACT TEST MATRIX COMPOSITE WITH CONTINUOUS FIBER REINFORCED EPOXY OF BURITI (*Mauritia flexuosa*)

Abstract

Buriti Fibers (*Mauritia flexuosa*) are among the lignocellulosic natural with great potential for use in polymer composites. This study evaluates the impact resistance of this type of epoxy matrix composite reinforced with different percentages of buriti fibers. The fibers were embedded under pressure mixed with DGEBA / TETA epoxy resin cured at room temperature for 24 hours. Standard samples were prepared up to 30% by volume of buriti fibers aligned along its entire length, these specimens were then tested in Izod pendulum impact and the fracture surfaces examined by scanning electron microscopy, SEM. The impact resistance increased substantially with the relative amount of buriti fiber reinforcing the composite. This performance was associated with the rupture difficulty imposed by the fibers and by the type of cracks resulting from the interaction of buriti fiber / epoxy matrix that help absorb impact energy.

Keywords: Buriti fibers; Impact Izod; Epoxy composites; Photography by SEM.

¹ *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Doutorando, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil. apbarbosa12@yahoo.com.br*

³ *DS.c, Professora, Universidade Estadual do Pará, UEPA.*

⁴ *Graduando, LAMAV – CCT/UENF.*

⁵ *DS.c, pós doutorando – LAMAV – CCT/UENF.*

⁶ *PhD, Professor Titular, LAMAV – CCT/UENF.*

1 INTRODUÇÃO

Os compósitos, atualmente, pertencem à classe de materiais que mais crescem, visto que possuem uma vasta combinação de propriedades aplicáveis, que podem ser “escolhidas” pelos projetistas de acordo com sua necessidade. Tais características não são vistas em materiais monolíticos convencionais a base de cerâmicas, polímeros e ligas metálicas.⁽¹⁻³⁾

Compósitos reforçados com fibras sintéticas, em especial, podem atingir propriedades mecânicas superiores a quaisquer outros materiais.^(4,5) Exemplo disso são os modernos aviões, tanto militares quanto comerciais, que possuem leves estruturas, com as mais elevadas resistência e rigidez mecânicas, somente obtidas com o emprego de compósitos gráfiticos reforçados com fibras de carbono.⁽⁶⁾

Fibras de vidro, hoje, são as mais utilizadas, em compósitos mais baratos para inúmeros produtos. Entretanto, questionamentos relacionados com a utilização das formas não renováveis de energia, estão aumentando o interesse de se introduzir ao mercado, materiais naturais em substituição aos sintéticos. Embora ainda não seja viável substituir compósitos de alto desempenho reforçados com fibra de carbono por outra fibra com propriedades comparáveis, as fibras naturais estão obtendo sucesso ao substituir, em compósitos mais simples, a fibra de vidro, sobretudo na indústria automobilística.^(7,8) Dessa forma os compósitos de fibras lignocelulósicas englobam bem as necessidades do mercado, pois são reutilizáveis e não consomem tanta energia em seu processamento, em relação à fibra de vidro, além de serem mais leves e menos abrasivas do que a fibra de vidro, agregando assim vantagens tanto técnicas como ambientais e econômicas.

Isso tem motivado uma crescente utilização de fibras lignocelulósicas tradicionalmente cultivadas como sisal, juta, coco, linho, cânhamo, rami, algodão e outras, como reforço destes compósitos mais simples.⁽⁹⁾ Outras fibras lignocelulósicas menos reconhecidas para uso em compósitos estão hoje sendo investigadas por seu potencial de reforço.

Entre estas fibras, em especial, uma fibra lignocelulósica investigada⁽¹⁰⁾ recentemente devido seus resultados de resistência mecânica, compatível com seu uso em reforço de compósitos é aquela extraída do pecíolo da palmeira de buriti (*Mauritia flexuosa*). Pelo fato da palmeira ser uma planta abundante na região norte do Brasil sua fibra não é muito utilizada na produção nacional total das fibras naturais. Nos estados produtores a exploração dos buritizeiros é uma atividade puramente extrativista, gerando dessa forma, desenvolvimento regional por meio de um manejo racional garantindo sua sobrevivência.⁽¹¹⁻¹³⁾

Apesar de possuir potencial para ser utilizada como reforço de compósitos, a fibra de buriti ainda não foi avaliada quanto a sua resistência interfacial em matrizes poliméricas. Dessa forma o atual trabalho teve por objetivo realizar uma análise preliminar do desempenho desta fibra em matriz epoxídica ensaiadas em pêndulo de impacto Izod.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de fibras de buriti foram extraídas de pecíolos da palmeira, foram adquiridas como um feixe de uma empresa brasileira especializada em fibras naturais. A Figura 1 ilustra o aspecto das fibras de buriti utilizadas.



Figura 1. Pecíolo (a) e (b), fibras de buriti (c).

Para os ensaios foram confeccionados corpos de prova normalizados de 0%, 10%, 20% e 30% em volume de fibra de buriti em matriz epoxídica, sendo utilizada resina epóxi comercial quimicamente chamada de éter diglicidílico do bisfenol (DGEBA) e endurecida com trietileno tetramina (TETA), utilizando a proporção estequiométrica de 100 partes de DGEBA para 13 de TETA e curada à temperatura ambiente durante 24 horas. Os Corpos de prova foram ensaiados mecanicamente por um pendulo de impacto Izod da marca PANTEC, Modelo XC-50, 1 x 220V x 60Hz, pertencente ao LAMAV/UENF. Após os ensaios a superfície de fraturas dos corpos de prova foram caracterizadas por um MEV modelo Jeol modelo JSM 6460 operando a 15kV para o feixe de elétrons.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra o aspecto típico da ruptura de compósitos em matriz epóxi com diferentes frações incorporadas de fibras de buriti. Os corpos de prova com 10%, 20% e 30% de fibras de buriti não foram separados em duas partes após o ensaio, como observado para matriz pura. Isto indica que a matriz epoxídica sem adição de fibra de buriti é frágil e sua trinca propaga-se transversalmente pela matriz. Já as amostras com as percentagens 10%, 20% e 30% de fibra de buriti, a trinca é bloqueada pelas fibras e a ruptura passa a ocorrer longitudinalmente pela interface fibra/matriz. O corpo de prova, então se curva, mas não se separa devido à flexibilidade das fibras que não são rompidas.

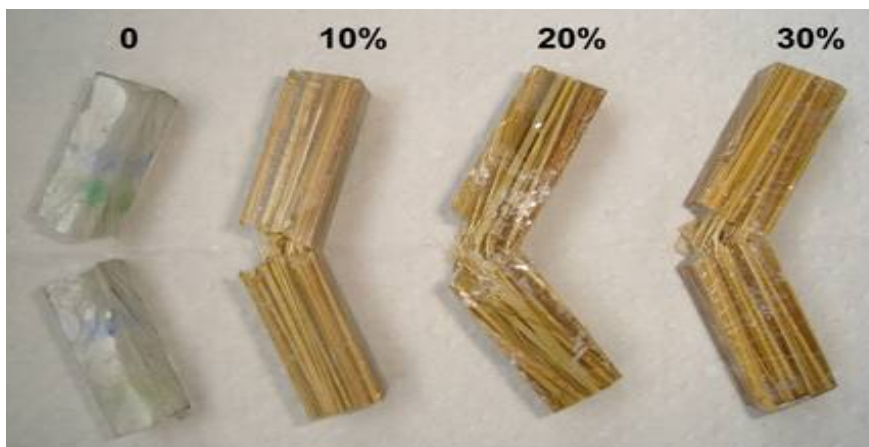


Figura 3. Corpos de prova típicos de compósitos de matriz epóxi com diferentes frações volumétricas de fibra de buriti, rompidos por impacto Izod.

Pelo fato de não ocorrer ruptura total, visto na Figura 2, os corpos de prova com 20% e 30% de fibra é subestimada a tenacidade do compósito. Caso todas as fibras fossem rompidas, levando o corpo de prova a separar-se em duas partes, a energia absorvida pela fibra seria ainda maior.

Os resultados obtidos nos ensaios de impacto Izod dos compósitos de matriz epoxídica reforçados com diferentes frações volumétricas de fibras de buriti estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Energias de impacto Izod para compósitos com fibra de buriti

Porcentagem de Fibra de Buriti	Energia (J/m)
0	13,48 ± 2,03
10	121,26 ± 1,07
20	231,49 ± 47,23
30	297,95 ± 55,09

A partir dos dados da Tabela 1 construiu-se a curva de variação da energia absorvida no impacto Izod em função do volume relativo de fibras de buriti em matriz epoxídica mostrada, como mostrado na Figura 4.

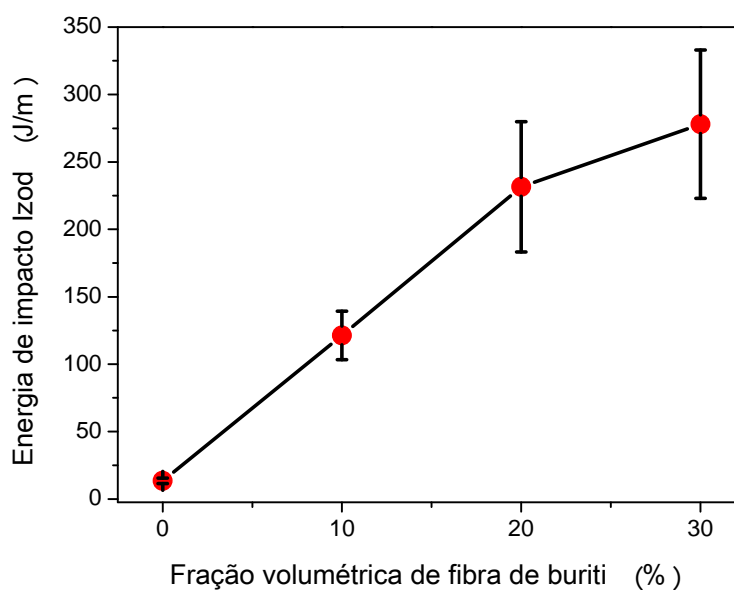


Figura 4. Variação da energia de impacto Izod de compósitos de epóxi com fração em volume de fibras de Buriti.

Na Figura 4 observa-se o aumento significativo na energia de impacto Izod com a fração volumétrica de fibras de buriti. A interpretação matemática para este crescimento pode ser obtida através de uma relação hiperbólica, mostrada na equação (1):

$$E_e = - 2291/v_e + 350 \quad (1)$$

Onde E_e é a energia absorvida pelo compósito com matriz epoxídica no impacto Izod em J/m e v_e é a fração volumétrica de fibras de buriti, em percentagem.

A Figura 5 ilustra a típica superfície de fratura por impacto Izod de um corpo de prova epoxídico com 30% de fibras de buriti contínuas e alinhadas. Com baixo aumento (Figura 5a), observa-se a região da superfície do entalhe na parte superior horizontal com fibras amassadas no sentido do corte da fresa ilustrado pela seta escura. Na parte inferior, observa-se a superfície transversal de fratura, com fibras de buriti projetando-se da matriz epoxídica, ilustrado pela seta branca. Em todas essas fibras são visíveis os filamentos que as constituem e que foram individualmente separados, devido ao processo de ruptura por impacto.

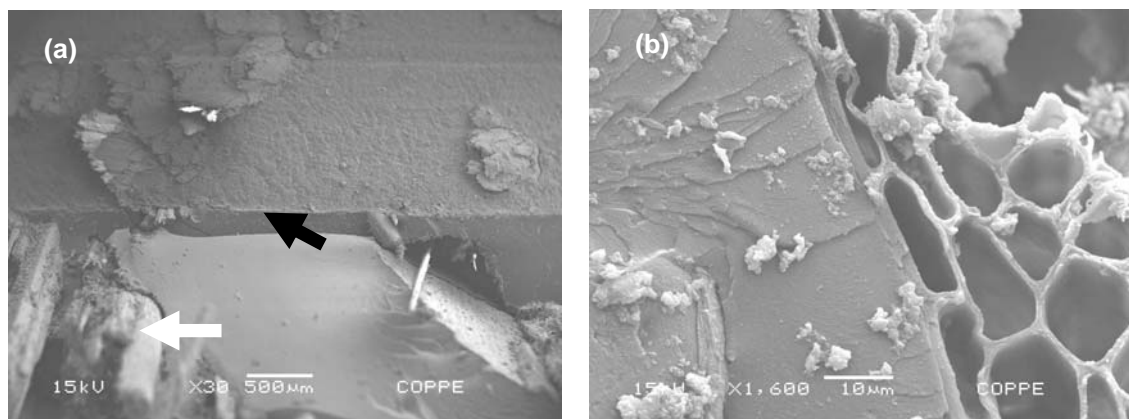


Figura 5. Micrografia MEV da fratura do corpo de prova com 10% de buriti. (a) 30 x; (b) 1.600 x.

A Figura 5 (b) mostra um detalhe da interface entre a matriz epoxídica e uma fibra de buriti, destacando sinais de adesão entre elas. Algumas trincas podem ser observadas, entretanto, elas se propagam até a interface fibra/matriz. Nota-se uma tendência de ruptura longitudinal através da interface fibra/matriz. Este comportamento confirma o mecanismo de ruptura entre a fibra de buriti e a matriz epoxídica associado à fraca resistência interfacial.

4 CONCLUSÕES

- A incorporação de fibras contínuas e alinhadas de buriti aumenta significativamente a resistência à impacto e rigidez de compósitos de matriz epoxídica.
- A macro e microestrutura indicam que a fibra de buriti age como barreira eficaz para a propagação da ruptura na frágil matriz epóxi, sendo de grande importância para a melhoria das propriedades mecânicas do compósito.

REFERÊNCIAS

- 1 CHAWLA, K. K. Composite Materials, Nova York: Springer-Verlag, 1993.
- 2 MATTEWS, F.L.; RAWLINGS, R.D. Composite Materials: Engineering and Science, Londres: Chapman & Hall, 1994.
- 3 HULL, D.; CLYNE, T. W. An Introduction to Composite Materials, 2a ed., Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1996.
- 4 AGARWAL, B.D.; BROUTMAN, L.J. Analysis and Performance of Fiber Composites, Nova York: John Wiley & Sons, 1990.
- 5 ASHBEE, K.H.G. Fundamentals Principles of Fiber Reinforced Composite, 2a Edição, Lancaster : Thecnomic Pub. Comp. Inc., 1993.

- 6 CALLISTER Jr., W.D. Materials Science and Engineering – An Introduction, 5a Edição, Nova York : John Wiley & Sons, 2000, p. 358.
- 7 ZAH, R.; HISCHIER, R.; LEÃO, A.L.; BROWN, I. Curaua fibers in automobile industry – A sustainability assessment. *J. Cleaner Production*, v. 15, p. 1032-1040, 2007.
- 8 CROCKER, J. Natural materials innovative natural composites. *Materials technology*, v. 2-3 n. 3 p. 174-178, 2008.
- 9 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.
- 10 SANTOS, S.; SILVEIRA, E.L.C.; SOUZA, C.M.L. Study of the mechanical properties of thermoset polymeric matrix composites reinforced wit buriti fibers” In: 30TH ANNUAL MEETING OF THE BRAZILIAN CHEMISTRY SOCIETY, 2007, Aguas de Lindoia, Brasil. p. 1.
- 11 PORTELA, T.G.R., COSTA, L.L., SANTOS, N.S.S., LOPES F.P.D., MONTEIRO, S.N., “Tensile behavior of lignocellulosic fiber reinforced polymer composites: Part II buriti petiole/polyester”. *Revista Materia*, v. 15, n. 2, pp. 216-222, 2010.
- 12 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, n. 1, p. 17-22, 2009.
- 13 D’ALMEIDA, J.R.M., MONTEIRO, S.N., Compósitos Reforçados por Fibras Naturais – Oportunidades e Desafios, In: 58° Congresso Anual da ABM, pp. 1725–1734, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.