

# RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRAS ALINHADAS DE BURITI<sup>1</sup>

Tammy Godinho Rodrigues Portela<sup>2</sup>

Lucas Lopes da Costa<sup>3</sup>

Sergio Neves Monteiro<sup>4</sup>

## Resumo

Dentre as fibras naturais, a obtida da palmeira de buriti está entre as menos conhecidas, no entanto, suas propriedades mecânicas superam em vários aspectos outras fibras lignocelulósicas. Com o objetivo de melhor avaliar suas propriedades e possíveis aplicações, fibras extraídas do pecíolo da palmeira de buriti foram utilizadas como reforço de compósitos por incorporação em diferentes frações volumétricas à matriz epóxi DGEBA/TETA. Compósitos epoxídicos com 0, 10%, 20% e 30% em volume de fibras contínuas e alinhadas de buriti foram então confeccionados e curados à temperatura ambiente. Em seguida os compósitos foram pós-curados à 60°C e ensaiados em tração. Superfícies fraturadas foram então metalizadas com ouro e observadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados revelaram um incremento tanto na resistência à tração dos compósitos quanto no módulo de elasticidade com o aumento da percentagem de fibras incorporadas. A análise por MEV mostrou evidências de uma boa interação entre as fibras de buriti e a matriz epóxi. Por outro lado a interface fibra/matriz aparenta ser um local preferencial de nucleação de trincas que podem comprometer o desempenho mecânico dos compósitos.

**Palavra-chave:** Fibras de buriti; Ensaio de tração; Resistência mecânica; Módulo de elasticidade.

## TENSILE STRENGTH OF POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED WITH ALIGNED BURITI FIBERS

### Abstract

Among the natural fibers, buriti palm tree is one of the less known. However, its mechanical properties are superior than other lignocellulosic fibers. With the aim of a better evaluation of the properties for possible applications, fibers extracted from the petiole of the buriti palm tree were used as composite reinforcement by incorporation with different volume fraction to a DGEBA/TETA epoxy matrix. Epoxy composites with 0, 10, 20 and 30% in volume of continuous and aligned buriti fibers were fabricated and cured at room temperature. Specimens of these composites were then post-cured at 60°C and tensile tested. Fracture surfaces were gold sputtered and observed by scanning electron microscopy (SEM). The results revealed an increase in both of the composites tensile strength and elastic modulus with increasing percentage of incorporated fibers. The SEM analysis showed evidences of a good interaction between the buriti fiber and the epoxy matrix. By contrast the fiber/matrix interface appears to be a preferential site for crack nucleation. This could impair the mechanical performance of the composites.

**Keywords:** Buriti fiber; Tensile test; Mechanical strength; Elastic modulus.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 65° Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Graduando, CCT/UENF, tammygodinho@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Graduando, CCT/UENF,

<sup>4</sup> PhD, Professor Titular, LAMAV – CCT/UENF.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente buscam-se materiais que não agridam o meio ambiente, para isso, há estudos de pesquisa em áreas científicas e tecnológicas com o objetivo de minimizar esse impacto ambiental. Assim esforço vem sendo realizado visando o desenvolvimento de materiais ecologicamente corretos.<sup>(1)</sup>

Os compósitos, em toda sua variedade, são comumente usados como materiais em diversos setores industriais. Um dos tipos de compósitos mais utilizados é o reforçado com fibra de vidro, que como qualquer outro material sintético, está associado a problemas ambientais, tanto nos processos de fabricação, quanto ao seu descarte na natureza, poluindo o solo, águas e atmosfera.<sup>(2)</sup> Por outro lado, as fibras naturais lignocelulósicas estão sendo estudadas por serem de fácil acesso, baixo custo, leves e biodegradáveis.<sup>(3)</sup> Isto tem motivado uma crescente aplicação de fibras lignocelulósicas tradicionalmente cultivadas como sisal, juta, coco, linho, cânhamo, rami, algodão e outras, como reforço destes compósitos mais simples.<sup>(4)</sup> Outras fibras lignocelulósicas menos reconhecidas para uso em compósitos, como piaçava,<sup>(5)</sup> curauá,<sup>(6)</sup> bucha<sup>(7)</sup> e buriti<sup>(8)</sup> estão também sendo investigadas por seu potencial de reforço.

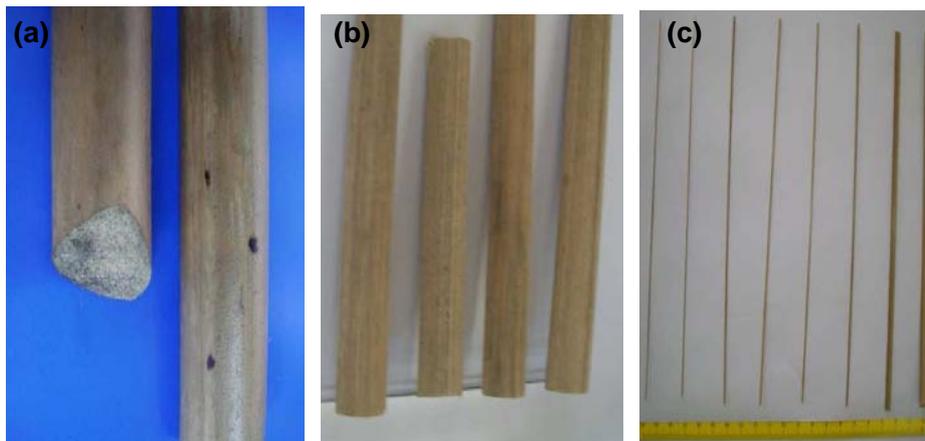
O buriti, também chamado de miriti, cientificamente conhecido por *Flexuosa Mauritia*, é uma palmeira muito encontrada no norte e nordeste do Brasil. Fibras podem ser extraídas das folhas e dos pecíolos da palmeira de buriti. Estas fibras de buriti são muito conhecidas no nordeste e norte do país, onde são muito utilizadas na confecção de artesanatos.

Cientificamente a fibra de buriti é uma das fibras menos conhecidas. Mesmo os trabalhos de revisão sobre aplicação de fibras naturais em compósitos<sup>(4,9-11)</sup> deixam de mencionar a de buriti. Assim o presente trabalho tem o objetivo de caracterizar compósitos dessa fibra por suas propriedades mecânicas.

Foi realizado neste trabalho ensaios de tração de corpos de prova de compósitos com matriz epóxi DGEBA/TETA, reforçados com fibras de buriti alinhadas com diferentes porcentagens em volume de 0 a 30%, objetivando avaliar suas propriedades mecânicas.

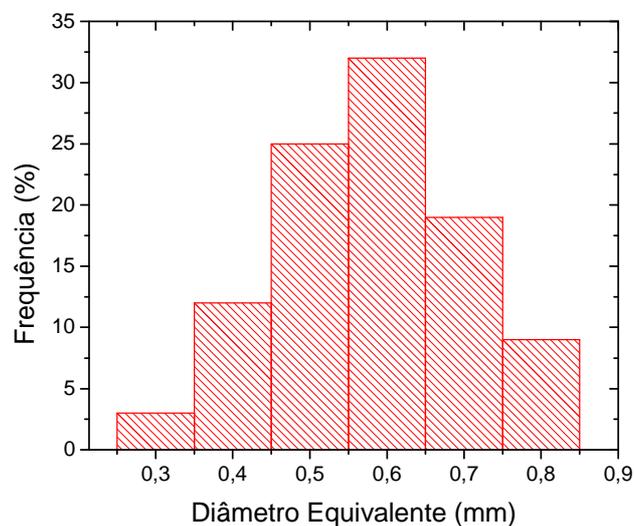
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Fibras de buriti foram retiradas manualmente do pecíolo, uma por uma, através de cortes longitudinais seguindo a orientação lignocelulósica. Estas fibras foram secas em estufa a 60°C por duas horas, sem nenhum tratamento aplicado à superfície das mesmas. A Figura 1 ilustra o aspecto do pecíolo e das fibras extraídas manualmente através de cortes longitudinais.



**Figura 1.** Fibras de Buriti retiradas do pecíolo: (a) pecíolo verde, (b) pecíolo seco e (c) fibras.

Aleatoriamente foram escolhidas com fibras que tiveram seus diâmetros medidos em projetor de perfil modelo 6C Nikon. As medidas foram realizadas em cinco pontos equidistantes de largura, girando a fibra a 90° para as cinco medidas de espessura da fibra. Com a média da largura e espessura, obteve-se o diâmetro equivalente.<sup>(12,13)</sup> O histograma mostrado na Figura 2, corresponde à distribuição do diâmetro equivalente, com seis faixas de intervalo de 0,1 mm, variando de 0,25 a 0,85 mm, com diâmetro médio de 0,58 mm. Essa dispersão do diâmetro é uma característica das fibras lignocelulósicas.<sup>(2,10)</sup>



**Figura 2.** Histograma dos diâmetros equivalentes das fibras de buriti.

As fibras de buriti utilizadas na confecção dos compósitos, pertencem à segunda faixa do histograma da Fig.2, com diâmetro variando entre 0,35 mm a 0,45 mm e com resistência variando entre 150 MPa a 350 MPa.<sup>(14)</sup>

Os compósitos foram feitos em molde de silicone medindo 5.8x4.5 mm de largura e espessura bem como 76,7 mm de comprimento.

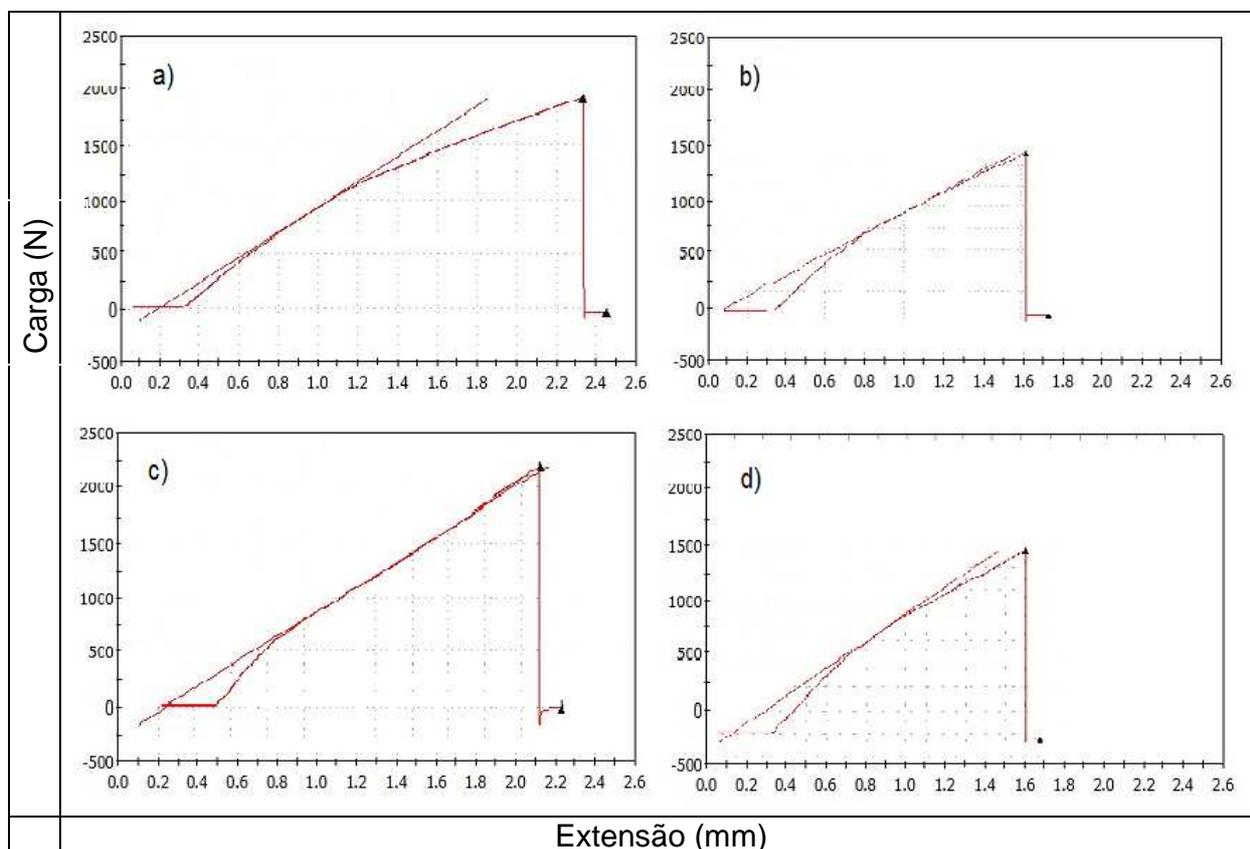


Corpos de prova dos compósitos foram fabricados misturando-se resina epóxi DGEBA/TETA com porcentagens em volume de 0, 10%, 20% e 30% de fibras de buriti alinhadas. Os compósitos ficaram no molde durante 24 horas, a temperatura ambiente. Após retirados do molde, os corpos de provas sofreram pós-cura a 60°C por 4 horas em forno tipo mufla. Estes corpos de prova foram então submetidos a ensaio de tração em máquina Instron modelo 5582. Para cada condição, cinco corpos de prova foram ensaiados e os resultados estatisticamente analisados.

Alguns corpos de provas fraturados por tração, foram metalizados com ouro e analisados por MEV em um microscópio modelo SSX-550 da Shimadzu.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

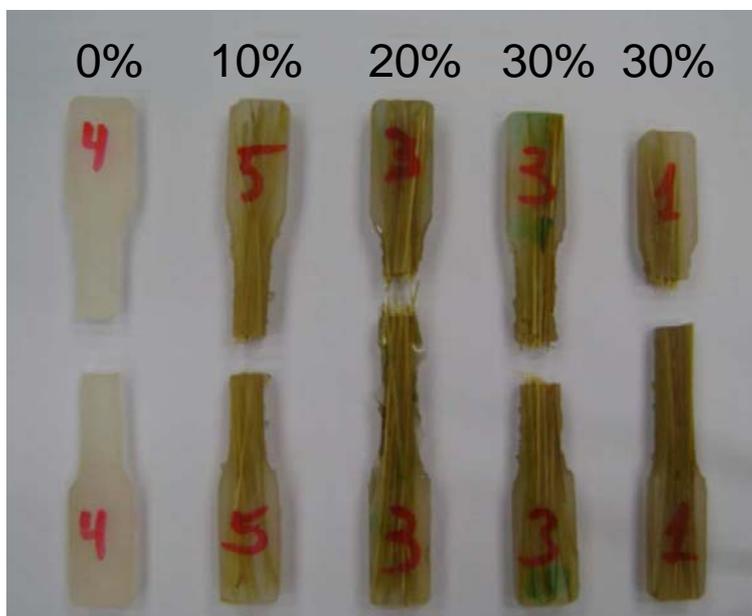
A Figura 3 ilustra curvas típicas de carga versus extensão dos compósitos de epóxi reforçados com fibras alinhadas de buriti com 0, 10%, 20% e 30% em volume de fibras, através de gráficos gerados pela máquina Instron modelo 5582.



**Figura 3.** Curvas de carga vs. extensão de matriz epoxídica reforçadas com: (a) 0%, (b) 10%, (c) 20% e (d) 30% em volume de fibra de buriti.

A Figura 4, apresenta exemplos de corpos de prova rompidos, após o ensaio de tração de matriz epóxi, reforçados com fibras de buriti, com 0, 10%, 20% e 30% em volume. Nota-se que a medida que aumenta a quantidade de fibra incorporada, a ruptura tende a se tornar mais heterogênea, inclusive com a fratura ocorrendo próxima a cabeça do corpo de prova, como no caso do compósito com 30% de fibra. Esta

heterogeneidade é característica de compósitos com fibras lignocelulósicas e responsável pela elevada imprecisão, ou seja, desvio padrão na média estatística dos resultados.



**Figura 4.** Corpos de prova com matriz epoxídica reforçados com 0%, 10%, 20% e 30% (fraturado no centro e próximo à cabeça) em volume de fibra de buriti, ensaiado em tração.

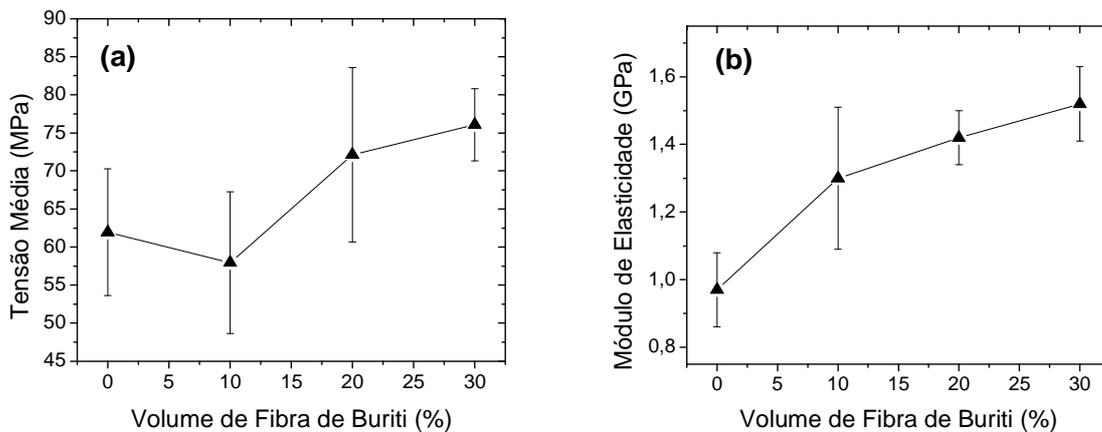
Baseado nos resultados dos gráficos da Figura 3, gerados após o ensaio de tração, obtiveram-se as propriedades mecânicas, mostradas na Tabela 1. Nesta tabela estão apresentadas a tensão máxima em MPa, o módulo de elasticidade em GPa e a deformação média em porcentagem, com seus respectivos desvios padrões.

**Tabela 1.** Propriedades dos compósitos epoxídicos reforçados com fibras de buriti

<b>Volume de Fibra de Buriti (%)</b>	<b>Tensão Máxima (MPa)</b>	<b>Módulo de Elasticidade (GPa)</b>	<b>Deformação Média (%)</b>
0	$61,94 \pm 8,32$	$0,97 \pm 0,11$	$0,07 \pm 0,01$
10	$57,95 \pm 9,32$	$1,30 \pm 0,21$	$0,04 \pm 0,00$
20	$72,11 \pm 11,43$	$1,42 \pm 0,08$	$0,05 \pm 0,01$
30	$76,07 \pm 4,73$	$1,52 \pm 0,11$	$0,05 \pm 0,01$

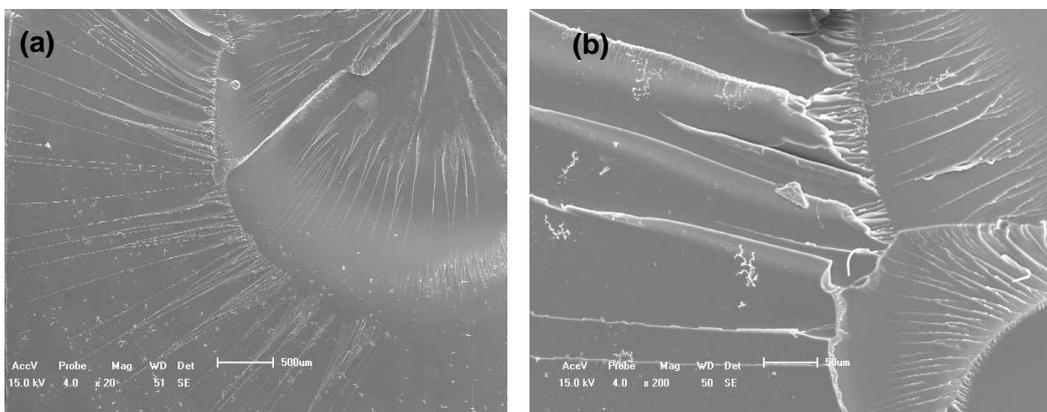
Baseado na Tabela 1 foram gerados os gráficos da Figura 5, correspondentes: (a) tensão máxima versus volume de fibras de buriti e (b) módulo de elasticidade versus volume de fibras de buriti.

Na Figura 5, (a) pode se observar 76 MPa de resistência à tração para o corpo de prova com 30% em volume de fibra e (b) 1,5 GPa para o módulo de elasticidade para o corpo de com 30% em volume de fibra. Isto indica ter havido, em média, um aumento tanto na resistência à tração quanto na rigidez com a incorporação das fibras de buriti. Ou seja, estas fibras extraídas do pecíolo provocam um reforço na matriz de epóxi DGEBA/TETA. As razões para este efeito de reforço podem ser entendidas pela análise da fratura dos compósitos.



**Figura 5.** Gráficos de volume de fibras de buriti em compósitos epoxídicos versus (a) tensão média e (b) módulo de elasticidade.

A Figura 6 mostra as micrografias por MEV da superfície do corpo de prova fraturado, matriz epóxi com 0% em volume de fibras de buriti, para diferentes aumentos. Nesta figura observa-se com menor aumento (Figura 6a), as marcas resultantes da propagação de trincas através da frágil resina epóxi. Com maior aumento (Figura 6b), observam-se detalhes das marcas de rio (*river patterns*) bem como a lisa superfície frágil rompida em tração.



**Figura 6.** Micrografias por MEV de epóxi puro: (a) 20x e (b) 200x.

A Figura 7 apresenta as micrografias por MEV da superfície dos corpos de provas fraturados, com matriz epóxi com 30% em volume de fibras de buriti, para aumentos distintos. Nesta figura com maior aumento (Figura 7b), observa-se uma fibra de buriti bem aderida à matriz epóxi. Com menor aumento (Figura 7a), notam-se algumas fibras descoladas da matriz, o que sugere uma baixa tensão cisalhante interfacial. Notam-se também evidências de trinca nucleada na interface entre a fibra de buriti e a matriz epóxi.

A propagação da trinca é bloqueada pela fibra, abrindo um espaço entre a fibra e a matriz. Mesmo após a fratura da matriz epóxi, as fibras continuam resistindo ao esforço de tração, acarretando valores maiores de resistência ao compósito do que com a matriz pura.

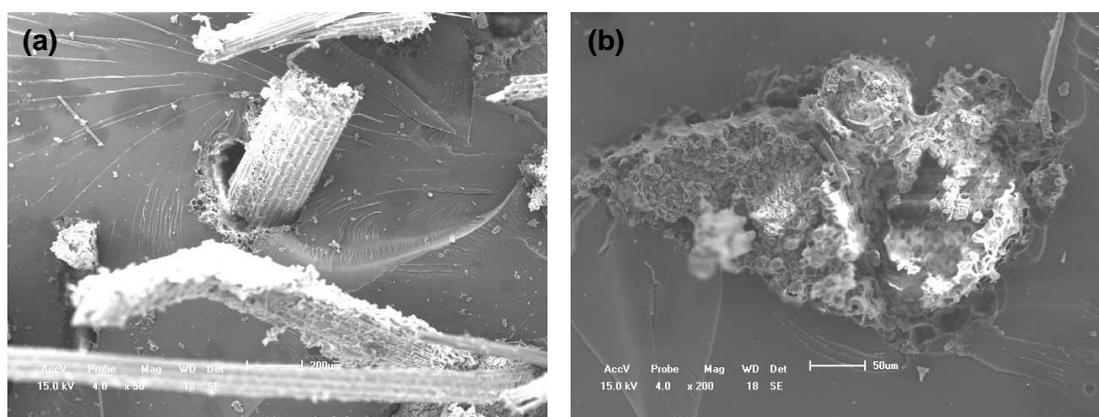


Figura 7. Micrografias por MEV de epóxi com 30% de volume de fibras buriti: (a) 50x e (b) 200x.

#### 4 CONCLUSÕES

Os compósitos epoxídicos incorporados com fibras contínuas e alinhadas de buriti apresentam incremento na resistência à tração, assim como no módulo de elasticidade. Isto indica que estas fibras acarretam um efetivo reforço à matriz epoxídica. As fibras de buriti adicionadas aos compósitos embora sirvam como locais preferenciais de nucleação de trincas na interface com a matriz epóxi, também agem como uma barreira à propagação da trinca na matriz. Evidências de MEV indicam também que as fibras de buriti possuem boa interação com a matriz epóxi.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ, CNPq e CAPES o suporte através de bolsas e recursos para pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- 1 GORE, A. An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It. **Emmaus**, Pennsylvania, USA: Rodale Press, 2006.
- 2 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.



- 3 WAMBUA P.; IVENS I.; VERPOEST I. Natural fibers: can they replace glass and fiber reinforced plastics?" **Composites Science and Technology**, v. 63, p. 1259-1264, 2003.
- 4 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.
- 5 D'ALMEIDA, J.R.M.; AQUINO, R.C.M.P.; MONTEIRO S.N. Tensile Mechanical Properties, Morphological Aspects and Chemical Characterization of Piassava (*Attalea funifera*) Fibers. **Composites. Part A**, v. 37, p. 1473-1479, 2006.
- 6 MONTEIRO, S.N.; AQUINO, R.C.M.P.; LOPES, F.P.D.; CARVALHO, E.A.; D'ALMEIDA, J.R.M. Comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá. **Revista Matéria**, v. 11, n. 3, p. 197-203, 2006.
- 7 BOYNARD, C.A.; MONTEIRO, S.N.; D'ALMEIDA, J.R.M. Aspects of Alkali Treatment of Sponge Gourd (*Luffa cylindrica*) Fibers on the Flexural Properties of Polyester Matrix Composites. **J. Appl. Polym. Sci.** v. 87 p.1927-1932, 2003.
- 8 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. 2007.
- 9 NABI SAHEB, D.; JOG, J.P. Natural fiber polymer composites: A review. **Advances in Polymer Technology**, v. 18, p. 351-363, 1999.
- 10 BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose-based fibres. **Prog. Polym. Sci**, v. 24, p. 221-274, 1999.
- 11 MOHANTY, A.K.; MISRA, M.; HINRICHSEN, G. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. **Macromolecular Mater. and Eng.**, v. 276, p.1-24, 2000.
- 12 PORTELA, T.G.R.; LOPES, F.P.D.; LOIOLA, R.L.; MONTEIRO, S.N.; CARVALHO, E.A. Avaliação da influência do diâmetro na resistência à tração das fibras de buriti pelo método de Weibull. **64º Congresso Anual da ABM**. Belo Horizonte, MG, Brasil, p.1-10. Julho 2009.
- 13 MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D.; MOTTA, L.C.; MARQUES, L.S.; PORTELA, T.G.R.; Statistical analysis to characterize the uniformity of mechanical properties of buriti fibers. **Proceedings of TMS 2009**. San Francisco, CA, USA, v. 1, p. 1-8. 2009.
- 14 PORTELA, T.G.R.; COSTA, L.L.; LOPES F.P.D.; Monteiro S.N.; Characterization of fibers from different parts of the buriti palm tree, **Proceedings of TMS 2010**. Seattle, USA. p.1-8. February 2010.