

**Colmos de caule de bambu e da cana-de-açúcar para a fabricação de compósitos poliméricos****Bamboo and sugar cane culms of stalks for manufacturing polymeric composites**

DOI:10.34117/bjdv5n6-140

Recebimento dos originais: 27/04/2019

Aceitação para publicação: 06/05/2019

**Carlos Eduardo Pinto Lopes**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: carlosengmec30@gmail.com

**Igor dos Santos Gomes**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: igorgomes-@live.com

**Edil Silva de Vilhena**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade do Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: edilsilva8@hotmail.com

**Léo César de Oliveira Pereira**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: leocesaroliveria@hotmail.com

**Edielson Silva de Vilhena**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade do Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: edielson284@gmail.com

**Rodrigo da Silva Magalhães Dias**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: rodrigo.ma.galhaes@hotmail.com

**Antonio Bruno da Silva Oliveira**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: brunosilva5aa@gmail.com

**Álvaro Arthur Soares Cintra**

Graduando em Engenharia Mecânica  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: alvarozangs@gmail.com

**Deibson Silva da Costa**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia  
Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Ananindeua  
Endereço: Rod. Bernardo Sayão - BR, Km 07 - 590, Levilândia, 67000-000, Ananindeua - PA, Brasil  
E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

**Wassim Raja El Banna**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia  
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Tucuruí  
Endereço: Rodovia BR 422 km 13 - Canteiro de Obras UHE - Vila Permanente, CEP 68464-000, Tucuruí - PA, Brasil  
Tucuruí - PA, Brasil  
E-mail: wassim\_eng04@yahoo.com.br

**Antonio Henrique da Silva Bitencourt Júnior**

Mestre em Engenharia Mecânica  
Instituição: Instituto Federal do Pará  
Endereço: Av. Almirante Barroso – nº 1155, 66093-020 – Belém – Pará  
E-mail: antonio.bitencourt@ifpa.edu.br

**Roberto Tetsuo Fujiyama**

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: fujiyama.ufpa@gmail.com

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi confeccionar compósitos de fibras de bambu e de cana-de-açúcar utilizando matriz de poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada. Sendo as fibras obtidas a partir dos colmos dos caules das plantas. Além disso, comparar os resultados de tração mecânica e proporção mássica entre os dois tipos de compósitos. As duas fibras foram extraídas, cortadas e desfibradas manualmente. As fibras de bambu foram cortadas nos comprimentos de 5 mm e 15 mm e as fibras de cana-de-açúcar nos comprimentos de 5mm, 10 mm e 15 mm, em seguida, utilizadas para confecções dos compósitos para cada tipo de comprimento. Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual, sem pressão e a temperatura ambiente. As avaliações mecânicas foram analisadas por ensaios de tração seguindo a ASTM D638M. Portanto, os resultados de tração e fração mássica dos compósitos de bambu de 5 mm e de 15 mm, foram de 17,94 MPa - 5,41% e 24,05 MPa-

3,9%, respectivamente. Ademais, para os compósitos de cana-de-açúcar os resultados de tração e fração mássica para os comprimentos de 5 mm, 10 mm e de 15 mm, foram de 17,05MPa-3,06%, 21,26 MPa- 2,45% e 23,17MPa-1,58%, respectivamente. Além disto, foram feitas análises factográficas na fratura dos compósitos de 5 mm e 15mm, de cada fibra natural

**Palavras-chave:** Compósitos. Fibras de bambu. Fibras de cana-de-açúcar. Tração mecânica. Fração mássica.

## ABSTRACT

The objective of this work was to make bamboo and sugarcane fiber composites using pre-accelerated and unsaturated terephthalic polyester matrix. Also, compare the results of mechanical traction and mass ratio between the two types of composites. The two fibers were extracted, cut and defibrated manually. The bamboo fibers were cut in the lengths of 5 mm and 15 mm and the sugarcane fibers in the lengths of 5 mm, 10 mm and 15 mm, then used for confection of the composites for each type of length. The specimens were manufactured by manual molding, without pressure and at room temperature. Mechanical evaluations were analyzed by tensile tests following ASTM D638M. Therefore, the tensile and mass fraction results of 5 mm and 15 mm bamboo composites were 17.94 MPa - 5.41% and 24.05 MPa - 3.9%, respectively. In addition, for the sugarcane composites the results of traction and mass fraction for the 5 mm, 10 mm and 15 mm lengths were 17.05 MPa-3.06%, 21.26 MPa-2, 45% and 23.17MPa-1.58%, respectively. In addition, the fracture of composites of 5 mm and 15 mm of each natural fiber was analyzed

**Keywords:** Composites, fibers made of bamboo, fibers from sugarcane, mechanical traction, mass fraction.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem amplo potencial para produzir e comercializar diferentes fibras naturais. Porém, muitas fibras, como as de coco e cana-de-açúcar são majoritariamente descartadas, ou seja, correspondem a resíduos agrícolas, sendo que a sua utilização proporcionaria benefícios não só econômicos e sociais, como educacionais, a exemplo das fibras do pecíolo de miriti (*Mauritia flexuosa*), que além de serem utilizadas no artesanato desenvolvido por comunidades paraenses, são ferramentas didáticas no ensino da engenharia, tal como foi apurado por Rocha *et al.* (2019).

Além disso, as fibras de origem vegetais, como juta (DIAS *et al.*, 2019), sisal (MOTA *et al.*, 2019), piaçava (PANTOJA *et al.*, 2019), palha da costa (COSTA *et al.*, 2013), são alternativas de reforço em compósitos poliméricos em substituição aos materiais tradicionais e os compósitos reforçados por fibras sintéticas, devido em muitos casos, não só ao seu baixo custo, mas por ser matéria-prima proveniente de recursos renovável e produzir materiais com propriedades mecânicas diferenciadas (BAYKUS, 2015).

Souza et al. (2019), desenvolveu compósito híbrido, reforçado por tecido de vidro e tecido de juta, em diferentes configurações. O autor observou que os compósitos na combinação JVJ, ou seja, com duas camadas de juta e uma de vidro, apresentou resistência à tração semelhante ao material com duas camadas de vidro (VVJ) e somente 30% inferior em relação ao compósito com três camadas de vidro (VVV).

Ademais das fibras citadas anteriormente, as fibras do bambu, que é uma planta abundante em todo o território brasileiro, possuem um enorme potencial de utilização como reforço, mas ainda são poucos as pesquisas e ações para incorporá-lo como material efetivo de engenharia.

Já a cana-de-açúcar, cultivada no Brasil em grande escala desde período colonial, usada na fabricação de açúcar, álcool combustível e aguardente, gera resíduos de grande importância econômica, uma vez que o vinhoto é transformado em adubo e o bagaço, que pode ter vários usos, dentre eles, como biomassa solvente, para ração animal, e é alternativa reforço em compósitos de matriz poliéster, como visa mostrar este artigo.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é o desenvolvimento de compósito de matriz poliéster reforçados por fibras dos colmos do bambu e da cana de açúcar, de modo a caracterizá-los mecanicamente em tração, segundo a norma ASTM D638, analisando suas resistências à tração em função da fração mássica de fibras, bem como os tipos de fratura presentes no material após o ensaio.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. MATERIAIS UTILIZADOS PARA CONFECÇÃO DOS COMPÓSITOS COM FIBRA DE BAMBU E CANA-DE-AÇÚCAR**

Dentre os materiais utilizados no trabalho podemos destacar a matriz polimérica feita de resina poliéster teraftálica insaturada, fabricada pela empresa Royal Polímeros sob a denominação comercial de Denverpoly 754. O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0.33% (v/v).

As fibras de bambu foram adquiridas através da extração manual dos bambus plantados no campus da Universidade Federal do Pará. As fibras foram cortadas manualmente (com tesoura) nos comprimentos de 5 mm e 15 mm. As fibras foram utilizadas sem tratamento superficial e em condições ambiente.

As fibras de cana-de-açúcar usadas na confecção dos corpos de prova dos compósitos foram obtidas através de bagaços que seriam despejados ao lixo oriundos de pequenos vendedores ambulantes da feira do ver-o-peso em Belém-PA.

## 2.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA CONFECÇÃO DOS COMPÓSITOS COM FIBRA DE BAMBU

Na extração das fibras de bambu não se utilizou aparato tecnológico, sendo a extração puramente manual, simplesmente com auxílio de uma faca e recipiente com água. A Figura 1 mostra o processo de extração da fibra de Bambu.

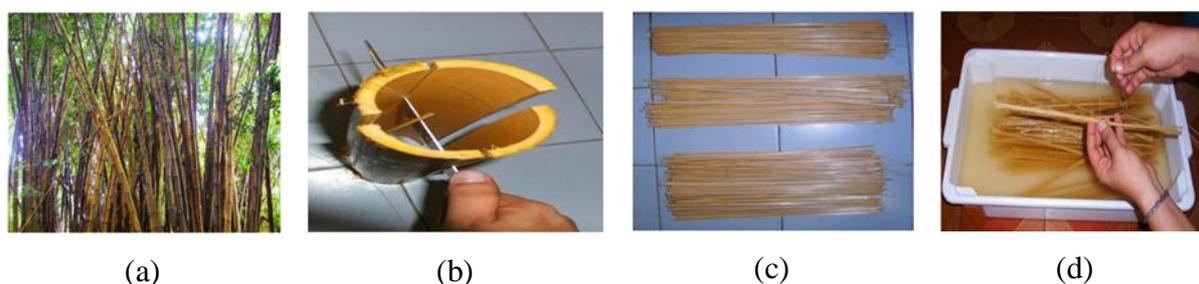


Figura 1. Extração das fibras de bambu ao corte dos colmos, filetes de bambu e desfibramento manual.

Os corpos de prova foram fabricados por moldagem manual utilizando-se moldes de silicone, sem desmoldante e sem pressão. Os comprimentos e a frações mássicas de fibras dos compósitos de bambu foram baseados na literatura pesquisada. A determinação das frações mássicas se deu pelo enchimento total dos moldes vazios com as fibras de 5 mm e 15 mm, sem compactação ou pressão das fibras nos moldes, depois pesadas e determinadas as frações para cada comprimento de fibra.

Foram fabricados corpos de prova (CP's) para cada comprimento de fibras de 5 mm e 5,41% de fração mássica de fibras e para o comprimento de fibras de 15 mm e 3,90% de fração mássica de fibras, para ensaio de tração com as proporções de agente de cura/resina de 0,33% (v/v), misturando as quantidades pré-pesadas de resina, agente de cura e fibras de bambu, em um becker, sendo a mistura homogeneizada por cerca de 5 minutos e vazadas à temperatura ambiente nos moldes. Os compósitos de bambu foram caracterizados mecanicamente através de ensaios de tração de acordo com a norma ASTM D 638M.

## 2.3 MÉTODOS UTILIZADOS PARA CONFECÇÃO DOS COMPÓSITOS COM FIBRA DA CANA-DE-AÇÚCAR

No processo de extração das fibras foram realizados de modo manual, foram cortadas em filetes, desfibradas em uma vasilha com água, secas e cortada em comprimentos de 5 mm, 10 mm e 15 mm. Em seguida, para a confecções dos corpos de prova foram utilizados moldes de silicone confeccionados para essa finalidade.

Os corpos de prova foram fabricados de acordo com a norma para ensaio de tração ASTM D 638M, o processo de confecção dos corpos de prova pode ser dividido em quatro etapas: a primeira consiste na pesagem da quantidade de resina e fibra, na segunda etapa o catalisador é misturado à resina durante 30 segundos para a homogeneização, por terceiro é feito a mistura da fibra a resina com o a gente de cura por cerca 5 minutos para que toda a fibra seja solubilizada com a resina e por último ocorre o despejo ou vazamento da mistura nos moldes, e organizando o máximo que se consegue as fibras. A Fig. 2 mostra os moldes utilizados para o processo de fabricação dos corpos de prova e as suas medidas esquemáticas.

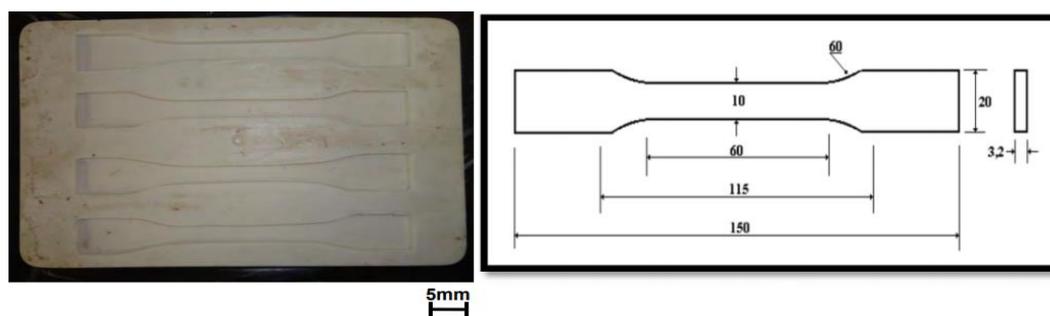


Figura 2. Moldes (esquerda) e dimensão do corpo de provas fabricados(direita).

## 2.4 ENSAIOS DOS CORPOS DE PROVA

Os ensaios de tração dos compósitos foram realizados segundo a norma ASTM D 638M em máquina universal marca EMIC, modelo DL500 com sistema de aquisição de dados, com carga máxima de 5kN, adotando velocidade de 5 mm/min e comprimento útil para medição entre garras de 60 mm.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E ANÁLISE FRACTOGRÁFICA DA FIBRA DE BAMBU

A Tabela 1 mostra os resultados da caracterização mecânica dos compósitos de bambu com seus comprimentos do reforço e suas frações mássicas.

Tabela 1. Resultados da caracterização mecânica dos compósitos de bambu.

<b>Reforço</b>	<b>Fração Mássica do Reforço (FM)%</b>	<b>Resistência a Tração (<math>\sigma</math>)(MPa)</b>
Sem reforço	0	35,25 ( $\pm$ 3,65)
Bambu 5 mm	5,41	17,94 ( $\pm$ 1,98)
Bambu 15 mm	3,9	24,05 ( $\pm$ 1,86)

Os dados indicam que a resistência do compósito produzido aumentou com o aumento do comprimento da fibra, confirmando o que tem sido reportado por outros pesquisadores.

Apesar da melhoria das propriedades do compósito com o aumento do comprimento da fibra, o compósito reforçado com fibras de 15 mm obteve desempenho mecânico 26% superior ao compósito reforçado com fibras de 5 mm, o que provavelmente ocorreu pela concentração de tensão que ocorre nas pontas das fibras, nucleando trincas.

Nos compósitos com fibras curtas (5 mm), a maior concentração de tensão ao longo da interface fibra/matriz ocorre nas extremidades das fibras e quanto menor o comprimento das fibras, maior o número destas extremidades, o que causa a depreciação das propriedades mecânicas de tração do compósito. As variáveis (comprimento e fração mássica das fibras) são de grande influência nas propriedades mecânicas dos compósitos fabricados. Porque quando se aumenta o comprimento das fibras nos compósitos, há um aumento em sua resistência mecânica. Já a fração mássica foi determinada através do enchimento dos moldes vazios. Mas, o aumento ou diminuição da fração mássica de fibras nos compósitos irão incrementar sua resistência mecânica. O que se busca é o melhor balanceamento dessas duas variáveis (comprimento e fração mássica) para obter-se a sinergia das propriedades dos compósitos.

Na Figura 3 temos os aspectos das regiões fraturas dos compósitos reforçados por fibras de bambu (5 mm e 15 mm) com suas respectivas frações mássicas e seus mecanismos de falhas predominantes.

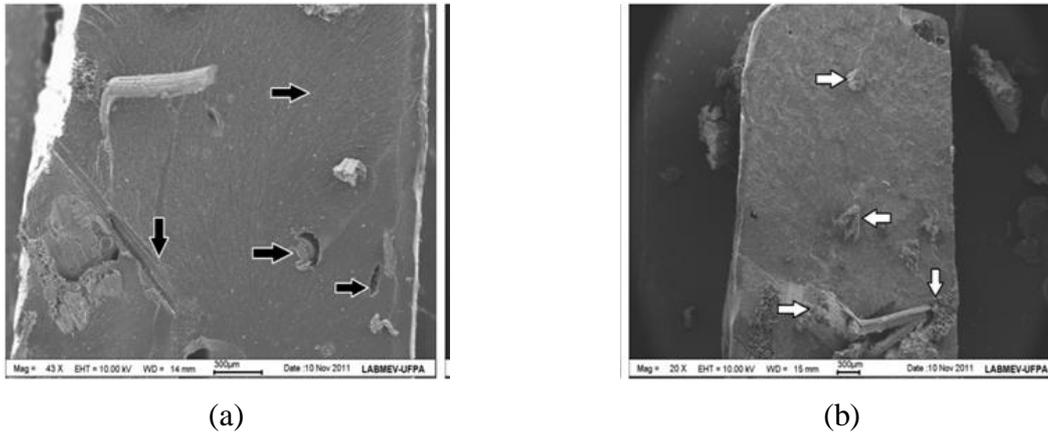


Figura 3. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) superfície de fratura do compósito de bambu de 5 mm (a) e de 15 mm (b).

A Figura 3 mostra o compósito com fibras de bambu de 5 mm e 5,41% de fração mássica de fibras, onde podemos observar que o mecanismo de falhas predominantes foram o pull out (sacaram) das fibras da matriz e estrias na superfície do compósitos (setas pretas) evidenciando nucleação de trincas, mostrando uma ineficiência da adesão na interface fibra/matriz, o que resultou na diminuição da resistência mecânica dos compósitos com relação aos compósitos de bambu de 15 mm. Além disso, na Fig. 3 apresenta o compósito com fibras de bambu de 15 mm e 3,90% de fração mássica de fibra, onde verificamos uma predominância da presença de fibras rompidas (setas brancas), evidenciando a eficiência da adesão fibra/matriz. O que resultou no aumento da resistência mecânica dos compósitos.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E ANÁLISE FACTOGRÁFICA DA FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR

A Tabela 2 mostra a resistência a tração dos compósitos reforçados com fibras de 5 mm, 10 mm e 15 mm. Os compósitos reforçados com fibras de 5 mm obtiveram menor resistência mecânica do que os compósitos com fibras de 10 mm e 15 mm.

A Tabela 2. Mostra os resultados dos ensaios de tração dos compósitos de cana-de-açúcar.

Reforço	Fração Mássica do Reforço (FM)%	Resistência a Tração ( $\sigma$ )(MPa)
Cana de Açúcar 5 mm	3,06	17,05 ( $\pm$ 1,41)
Cana de Açúcar 10 mm	2,45	21,26 ( $\pm$ 2,70)
Cana de Açúcar 15 mm	1,58	23,17 ( $\pm$ 2,15)

Corroborando o aumento da resistência dos compósitos com o aumento do comprimento de fibras dentro dos compósitos. Isso ocorre por diversos fatores, desde o método de fabricação, passando pela disposição das fibras nos compósitos, pela maior área de contato entre a interface fibra/matriz que nos compósitos de 15 mm essa área de contato é muito maior do que os compósitos de fibras de 5 mm, o que intervém nas resistências dos compósitos.

É importante ressaltar que os resultados conseguidos para os compósitos de cana-de-açúcar são semelhantes ou superiores a outros compósitos de fibras de cana-de-açúcar pesquisados. Mesmo o processamento sendo simples e manual, os desvios padrão ficou na ordem de 10%, demonstrando a eficiência da propriedade mecânica de tração desses compósitos. A Figura 4 mostra as fraturas dos compósitos de cana de açúcar de 5 mm e 15 mm.

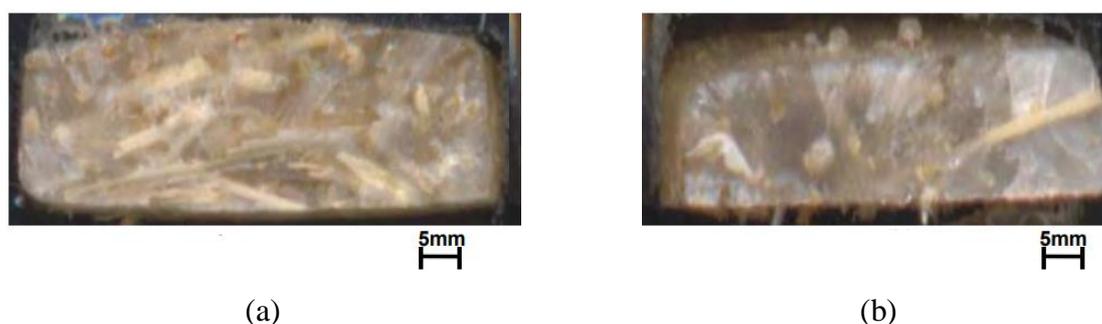


Figura 4. Superfície de fratura dos compósitos de cana-de-açúcar para comprimentos de 5 mm (a) e de 15 mm (b).

Pelas análises das fraturas pode-se observar a disposição das fibras dentro dos compósitos e identificar as falhas que ocorrem nos compósitos. Nos compósitos de fibras de 5 mm (Fig. 4; esquerda) identifica-se as fibras arranjadas transversalmente no sentido do carregamento dos compósitos. Nos compósitos de fibras de 15 mm (Fig. 4; direita) mostra-se a presença das fibras uniformemente na superfície fraturadas e melhor acabamento. Pelas análises das fraturas dos compósitos nota-se que os compósitos reforçados por fibras de 5 mm apresentaram descolamento de fibras e crateras em sua superfície, contribuindo para diminuição de sua resistência mecânica. Já as fraturas dos compósitos reforçados por fibras de 15 mm têm-se as fibras rompidas junto a matriz, observa-se que estas fibras rompidas estão na direção do carregamento a que foram submetidos os compósitos, resultando no aumento de sua resistência mecânica.

#### 4 CONCLUSÃO

Dessa forma, os compósitos de fibras vegetais com matriz polimérica apresentam diferentes propriedades entre as fibras de bambu e as fibras de cana-de-açúcar. Além disso, o comprimento das fibras vegetais também alteram as características dos compósitos.

Os compósitos de bambu de 5 mm e 5,41% apresentaram resultados de resistência mecânica superior comparados com os da cana-de-açúcar e o de bambu de 5 mm. Porém, o maior valor do compósito de cana-de-açúcar, o qual apresenta também um comprimento de 15 mm e fração mássica de 1,58% ficou próximo com o de bambu, com uma tração mecânica de 23,17 MPa e com uma fração mássica baixa de 1,58%, comparados com o de bambu para o mesmo seguimento. Demonstrando assim a influência dos comprimentos e do tipo das fibras nas propriedades mecânicas dos compósitos.

Na análise das superfícies fraturadas dos compósitos; nos compósitos de menores resistências mecânicas os mecanismos de falhas predominantes foram o pull out (sacaram as fibras) e a irradiação de trincas. Nos compósitos de maiores resistências mecânica os mecanismos de falhas foi o rompimento das fibras. E ainda, verifica-se a fração mássica das fibras nos corpos de prova, por fim, os resultados encontrados para ambos os compósitos de bambu e cana-de-açúcar foram bastante aceitáveis, tornando-os os mesmos como uma opção de materiais ecologicamente corretos e uma vertente para materiais usualmente utilizados.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES, CNPq e Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará.

#### REFERÊNCIAS

ASTM D 638 - 1989, "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (metric)", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 1989.

George, J.; Sreekala, M.S.; Thomas, S., 2001. "A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites", Polymer Engineering and Science, v. 41, n. 9, p. 1471-1485.

Razera, I. A. T., 2006. Fibras Lignocelulósicas como Agente de Reforço de Compósitos de Matriz Fenólica e Lignofenólica. 189 f. Tese (Doutorado em Ciências – (Físicoquímica)) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

Rodrigues, J. da S., 2008. Comportamento Mecânico de Material Compósito de Matriz Poliéster Reforçado por Sistema Híbrido Fibras Naturais e Resíduos da Indústria Madeireira. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém.

Sanchez, E.M.S, Cavani, C.S. Leal, C.V. Sanchez, C.G., 2010. “Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana de Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades”, *Polímeros*, vol. 20, nº 3, p. 194-200.

Savastano Junior, H., 2000. Materiais à Base de Cimento Reforçados com Fibra Vegetal: Reciclagem de Resíduo Para a Construção de Baixo Custo. 152 f. Tese (Livre Docência em Engenharia Civil – Materiais e Componentes de Construção) - Universidade de São Paulo.

Silva pinto, C. E., 007. Estudo do efeito da pressão e incorporação de fibras de cana de açúcar nas propriedades do PHB. Curitiba. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – PIPE – Setor Tecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Silva, R.V., 2003. Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) -Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

Rocha, T. O. S., Gomes, I. S., Silva, D. S., Andrade, J. S., Silva, F. X. L., Vilhena, E. S., Pereira, L. C. O., Fujiyama, R. T. “Uso sustentável da palmeira de miriti como matéria prima e ferramenta didática no ensino/aprendizagem na disciplina de usinagem de materiais na engenharia mecânica”. *Brazilian Applied Science Review*, vol. 3, n. 1, pp 608-619, jan/fev 2019.

Dias, R. S. M., Andrade, J. S., Silva, D. S., Silva, F. X. L., Rocha, T. O. S., Edileia Pereira da Silva, E. P., Honorato, P. A., Silva, I. S., Gomes, I. S., Miranda, G. F., Nascimento, A. S., Fujiyama, R. T. “Metodologia de ensino didático no laboratório para fabricação de placas de poliéster reforçados por fibras naturais de juta de 5mm.” *Brazilian Applied Science Review*, vol. 3, n. 1, pp 212-226, jan/fev 2019.

Mota, C. L. P., Gomes, I. S., Vilhena, E. S., Pereira, L. C. O., Rocha, T. O. S., Nascimento, A. S., Cardoso, R. L. B., Fujiyama, R. T. “Influência da adição de pigmento em materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras de sisal (*Agave sisalana*) e de piaçava (*Attaleafunifera*).” *Brazilian Applied Science Review*, vol. 3, n. 2, pp 805-819, mar/abr 2019.

Pantoja, J. R. C., Gomes, I. S., Andrade, J. S., Rocha, T. O. S., Silva, D. S., Silva, F. X. L., Honorato, P. A., Silva, I. S., Silva, E. P., Dias, R. S. M., Miranda, G. F., Fujiyama, R. T. “Laboratório de materiais compósitos: apresentação de um método artesanal na fabricação de compósitos com fibras naturais como recurso didático em aulas práticas.” *Brazilian Applied Science Review*, vol. 3, n. 1, pp 198-211, jan/fev 2019.

Costa, D. S.; Banna, W. R.; Almeida, D. F.; Santos, E. J. S.; Lopes, C. E. P.; Fujiyama, R. T. Características de compósitos de fibras de palha da costa (*raphiavinifera*) com resina poliéster. In: 68° ABM International Annual Congress, 2013, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2013.

Baykus, O.; Aysenur, M.; Mehmet, D. “The effect of pre-impregnation with maleated coupling agents on mechanical and water absorption properties of jute fabric reinforced polypropylene and polyethylene biocomposites.” *Journal of Composite Materials*, v. 50, p.257–267, 2015.

Souza, J. H. S., Rocha, T. O. S., Gomes, I. S., Nascimento, A. S., Silva, D. S., Nascimento, E. S., Fujiyama, R. T. “Materiais compósitos de matriz poliéster com reforço híbrido de tecido de fibras de juta e mantas de fibra de vidro.” *Brazilian Applied Science Review*, vol. 3, n. 1, pp 777-790, jan/fev 2019.