

AVALIAÇÃO MECÂNICA DE MATERIAIS COMPÓSITOS DE REFORÇOS VEGETAIS PARA APLICAÇÃO VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Antônio B. S. Oliveira^{1*}, Amanda C. F. Carvalho¹, Antônio S. C. N. Júnior¹, Leilane M. R. Nogueira¹, Igor dos S. Gomes², Roberto T. Fujiyama³

1. Estudante da Faculdade de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal do Pará (FEM-UFPA)
2. Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA/UFPA
3. Professor da FEM-PRODERNA-UFPA - Departamento Engenharia Mecânica/Orientador

Resumo

A realização de pesquisas voltadas para a redução da degradação do meio ambiente (gerada pelo descarte de materiais poluentes) se tornaram uns dos principais pilares para a conservação de fauna e da flora. A partir dessa temática/problema foram realizadas pesquisas com fibras naturais de bambu (*Bambusoideae*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), fabricando assim compósitos de matriz polimérica e reforço vegetal.

Os compósitos objeto de estudo deste trabalho foram fabricados por moldagem manual, sem pressão e a temperatura ambiente. Através de ensaios mecânicos foi possível obter a resistência à tração e os fatores que influenciaram na falha do material. A partir desses dados buscou-se verificar se o material compósito estudado tem potencial aplicação na fabricação de componentes internos de carros, sendo esses: porta, painel e caixa de marcha, na fabricação de telhas e outros, possibilitando, assim, a substituição de materiais não renováveis e de elevado impacto ambiental.

Palavras-chave: Fibras naturais, sustentabilidade, propriedades mecânicas.

Introdução

O desenvolvimento científico é indispensável para o crescimento econômico e tecnológico de um país, contudo a necessidade de reduzir o impacto ao meio ambiente gerado pelos resíduos e produtos oriundos das industriais é uma constante dos grandes centros científicos e tecnológicos de todo o mundo. A ONU (2015) a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável lança 17 metas para o desenvolvimento sustentável sendo adotadas por mais 190 países.

No decorrer dos anos os surgimentos de centros de pesquisas voltados para as áreas de materiais naturais cresceram consideravelmente no Brasil, instituições como a UFSC (2020) e a UFPA (2020) desenvolvem pesquisas nesta área, corroborando assim a inclusão da educação, pesquisa e tecnologia no desenvolvimento de materiais compósito natural e sustentáveis. Fortificando essa linha de pesquisa, o trabalho realizado por Júnior et al. (2017), descreve o estudo comparativo do processo de infusão sob ação de um retardante de fluxo de resina, aplicado a fabricação de materiais compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.

Seguindo esse contexto, temos o trabalho intitulado "Análise experimental e teórica do comportamento mecânico sob carregamento quase-estático de compósitos reforçados com fibras vegetais" que aborda o processo de fabricação de materiais compósitos e suas aplicações, realizado por Santos (2010).

Segundo Kotik (2019), a motivação para o uso de materiais compósitos reforçados por fibras naturais é justificada por vários argumentos entre os quais pode se enfatizar: materiais ecológicos, custo e peso relativamente baixos, benefícios sociais e boas propriedades mecânicas, entre outros.

Sendo assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de fomentar o estudo e pesquisa de materiais compósitos reforçados com fibras naturais encontradas na Amazônia, as fibras aqui utilizadas foram as de bambu (*Bambusoideae*) e cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), ambas com os comprimentos de 5 mm e 15 mm, buscando a fabricação de compósitos de reforço vegetal de acordo com a norma ASTM D638M e submetendo os mesmos a ensaios de tração de modo a analisar os resultados de tensões máximas e também os fatores de falha apresentados a partir da superfície de fratura dos compósitos.

O uso de materiais compósitos vegetais vem como opção para a substituição de materiais não renováveis, a aplicação destes pode se estender em diversos setores industriais, acoplando areias do setor automotivo, automação, de equipamentos de uso e outras, que normalmente fazem o uso de materiais de origem mineral ou fosseis.

Deste modo, a empregabilidade de compósitos vegetais como substituintes desses materiais gera a possibilidade que reduzir o impacto ambiental no momento do descarte e aumento da sustentabilidade. Segundo Calegari e Oliveira (2016) podem ser produzidos com materiais compósitos vegetais itens como vasos de plantas, embalagens para ovos, pás para jardinagens, equipamentos para carros, entre outros.

Metodologia

Os materiais utilizados para confecção dos compósitos vegetais foram as fibras de bambu e cana-de-açúcar, representados respectivamente pelas Figuras 1 (a) e (b). O bambu foi obtido *in natura* de touceiras de bambus presentes no campus da Universidade Federal do Pará. A extração das fibras de bambu se deu a

partir de método manual, sendo essas fibras retiradas do colmo do bambu com o auxílio de uma faca e um recipiente com água.

Já as fibras de cana-de-açúcar foram adquiridas através dos bagaços que seriam descartados por feirantes da feira do Ver-o-Peso, em Belém do Pará. O processo de retirada das fibras foi caracterizado pela submersão do bagaço em água e em seguida a separação das fibras.

Para ambos os compósitos foram utilizados como matriz a resina poliéster insaturada e o agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butano M-50), na proporção de 0,33% (v/v) ambos fornecidos pela fabricante Royal Polímeros.



Figura 1 – (a) Fibra de bambu (a) e (b) fibra de cana de açúcar.

O método de fabricação para os compósitos se deu por moldagem manual, tanto para as fibras de bambu quanto para as fibras de cana-de-açúcar. Este processo se dividiu em etapas dependentes umas das outras. A primeira etapa teve início com os cortes das fibras, com auxílio de gabaritos de papel com comprimento de 5 mm e 15 mm, determinados com base na literatura pesquisada. A segunda etapa foi a aferição das frações mássicas de fibra se deu pelo enchimento total dos moldes vazios com as fibras de 5 mm e 15 mm separadamente, em seguida pesando as fibras e a resina pode-se mensurar as frações de cada comprimento de fibra.

A terceira etapa correspondeu à mistura da resina ao catalisador por 30 segundos objetivando a homogeneização da solução. Já na quarta etapa foi feita a mistura das fibras à resina mais o catalisador por 5 minutos. A quinta etapa consistiu no vazamento da mistura no molde de silicone. A cura foi realizada a temperatura ambiente por sete dias. Logo após o processo de cura, os corpos de provas foram lixados para atingir as dimensões determinadas pela norma.

Os corpos de provas foram confeccionados segundo a norma de ensaio de tração ASTM D 638M. Para isso, utilizou-se moldes de silicone com dimensões determinadas pela norma supracitada. O molde e as dimensões do corpo de prova estão representados pela Figuras 2.

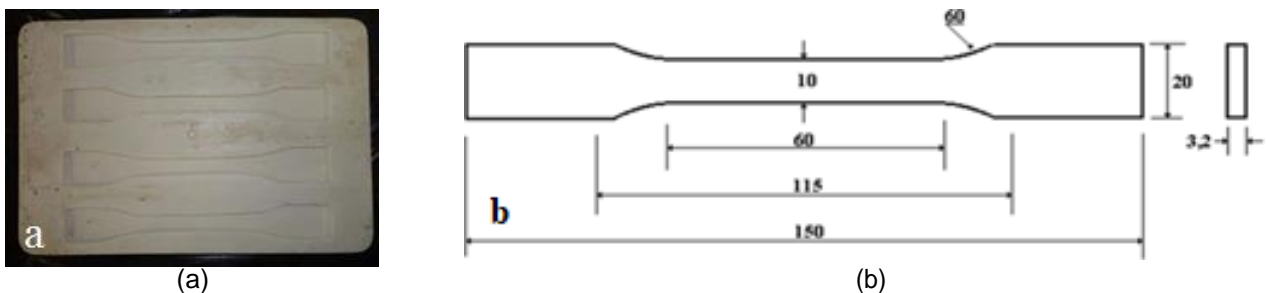


Figura 2 – (a) Molde de silicone e (b) as dimensões da norma ASTM D 638M.

Os resultados mecânicos de tração foram obtidos segundo a norma ASTM D 638M. Em seguida foi realizada a avaliação da superfície de fratura através de captura de imagem.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 mostra os resultados dos ensaios da caracterização mecânica em tração para os compósitos fabricados com fibras de bambu e cana-de-açúcar, estes com dimensões de 5 mm e 15 mm. As Figuras 3 e 4 mostram o aspecto da fratura dos compósitos de bambu e cana-de-açúcar, respetivamente.

Tabela 2 – Resultados para o ensaio de tração dos compósitos de bambu e cana de açúcar.

Materiais	Resistencia a tração (Mpa)
Fibra de bambu 5 mm	17,94 ($\pm 1,98$)
Fibra de bambu 15 mm	24,05 ($\pm 1,86$)
Fibra de cana de açúcar 5 mm	17,05 ($\pm 1,41$)
Fibra de cana de açúcar 15 mm	23,17 ($\pm 2,15$)

Analisando os resultados para os ensaios de tração realizados nos compósitos de fibra de bambu e cana-de-açúcar, podemos observar que o valor de resistência à tração é superior para as fibras de 15 milímetros.

Isto indica que a resistência dos compósitos aumenta com o comprimento das fibras dentro do compósito. Outros fatores como o método de fabricação, a disposição das fibras no compósito, a interação da interface matriz/fibra também contribuem para a melhora nas propriedades mecânica do material.

Correlacionando os resultados obtidos neste trabalho com os apresentados por Benini (2011), vemos que os compósitos de fibras vegetais por ele estudados apresentaram um valor médio de resistência a tração de 20,9 MPa, valor esse que se equipara com os deste trabalho.

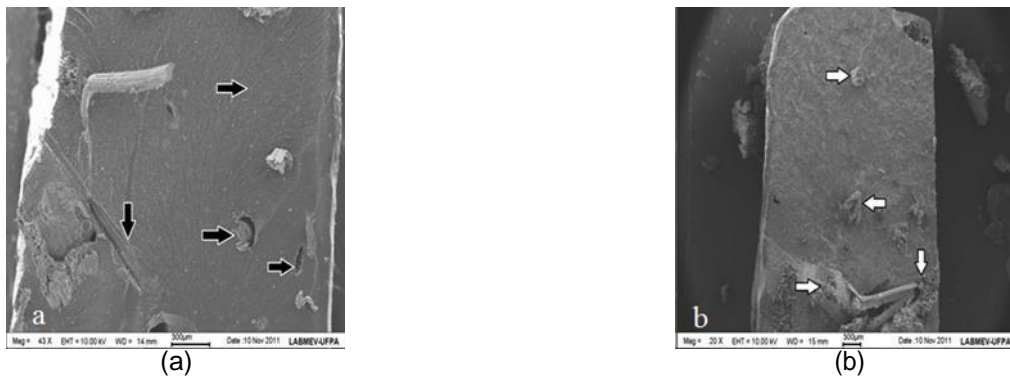


Figura 3 – Aspecto da fratura do compósito de bambu: de (a) 5 mm e (b) 15 mm.

A Figura 3 apresenta duas imagens correspondentes aos compósitos fabricados com fibras de bambu. Analisando a Figura 3 (a) temos o compósito de 5 mm, onde podemos observar que o mecanismo de falha predominante foram os *pull out* das fibras na matriz e a formação de estrias na superfície do compósito (indicadas pelas setas pretas).

Analisando a formação das estrias, pode-se observar a nucleação de trincas, mostrando assim a ineficiência da adesão fibra/matriz e gerando menor resistência mecânica. Já a Figura 4 (b) mostra o compósito de bambu fabricado com fibras de 15 mm, onde verificamos uma predominância da presença de fibras rompidas (setas brancas), evidenciando a eficiência da adesão fibra/matriz, no que resultou no aumento da resistência mecânica dos compósitos em 34,05% em relação ao compósito de 5 mm.



Figura 4 – Aspecto da fratura do compósito de cana de açúcar: de (a) 5 mm e (b) 15 mm.

Na Figura 4 (a) na análise de fratura observamos as posições das fibras dentro da matriz, verificando-se os motivos que levaram os valores no ensaio de tração do compósito de cana-de-açúcar com fibras de 5 mm, o qual apresentou maior volume de fibras e sendo estas dispostas no sentido do carregamento do compósito. Observou-se também que nos compósitos de 5 mm apareceram crateras e apresentaram descolagens das fibras, comprometendo assim a sua resistência mecânica.

Já na Figura 4 (b), as fraturas nos compósitos reforçados por fibras de 15 mm têm-se as fibras rompidas junto a matriz, observa-se que as fibras rompidas estão na direção do carregamento a que foram submetidos os compósitos, resultando no aumento de sua resistência mecânica.

Relacionando os resultados obtidos neste trabalho com os desenvolvidos por Barros et al. (2012), que fabricou compósitos de híbridos com mantas de fibras de vidro e tecidos de sisal, observamos que os compósitos de fibra bambu e cana-de-açúcar apresentaram valores de resistência a tração menores que os compósitos híbridos, sendo estes com valor médio de tração de 64 MPa. Os menores valores de tração é decorrente da menor resistência mecânica das fibras naturais quando comparadas as fibras sintéticas.

Ainda que as fibras de vidro tornem os compósitos mais resistentes, as vantagens dos compósitos fabricados inteiramente de matriz polimérica e fibras vegetais são o baixo custo, valores de resistência mecânica satisfatórios e a sua fonte renovável. A partir destes aspectos, temos a possibilidade de empregar este material para a substituição de compósitos híbridos ou plenamente sintéticos.

Conclusões

Este estudo está inserido na perspectiva crescente das pesquisas voltadas para fabricação de compósitos de reforços vegetais, uma vez que os grandes centros universitários e de pesquisa tem se envolvido nesse ramo de pesquisa, fomentando, assim, o estudo e o desenvolvimento científico.

O desenvolvimento dos compósitos de fibra de bambu e cana-de-açúcar se mostrou satisfatório nos quesitos: trabalhabilidade, aplicações e a grande disponibilidade de fibras vegetais presente na região Amazônica. Mesmo que ainda exista a necessidade de um estudo mais detalhado acerca das propriedades destes materiais e seus constituintes, sua aplicação pode ser direcionada para a fabricação de vasos, pá para jardinagem, recipientes para ovos e itens de revestimento interno para veículos.

As aplicações desses materiais como substituintes de materiais não ecológicos se tornam uma possibilidade cada vez maior, visando à redução da degradação do meio ambiente a partir do uso de materiais biodegradáveis e de fontes renováveis.

Analisando a resistência mecânica dos compósitos de bambu e cana-de-açúcar podemos destinar esses materiais para a fabricação de equipamentos ou peças que sejam submetidas a baixo esforços mecânicos.

Referências bibliográficas

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.

Kotik, H. G. Fibras naturais e compósitas reforçados com fibras naturais: a motivação para sua pesquisa e desenvolvimento. **Revista Matéria**, v. 24. n. 03. 2019.

CALEGARI, E. P., OLIVEIRA, B. F.. **Compósitos a partir de materiais de fontes renováveis como alternativa para o desenvolvimento de produtos**. Universidade Federal do rio grande do sul. 2016

BARROS, C. C.; LACERDA, T. S. P.; LISBOA, V. S.; GOULART, S. A.; MULINARI, D. R. **Propriedades mecânicas dos compósitos Vidro/Sisal**. Cadernos UniFOA. v. 7. n. 18. p. 33-38. 2012.

Organização das Nações Unidas Brasil. 2015. **Transformando Nosso Mundo: A agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 15 de março 2020.

Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Pará (UFPA). **Grupo de pesquisa: Grupo de Pesquisa em materiais Compósitos**. Disponível em: <http://www.fem.ufpa.br/novofem/index.php/grupos-de-pesquisa>. Acessado em: 17/03/2020.

Laboratório de Materiais-Labmat – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Linhas de pesquisas. Disponível em: <<https://labmat.ufsc.br/linhas/>>. Acessado em: 17/03/2020.

JUNIOR, J., SOUSA, M., MIRANDA, J., MOREIRA, T.. **Estudo comparativo do processo de infusão sob a ação de um retardante de fluxo de resina, aplicado a fabricação de compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Fabricação. IX, 2017, Joinville , Anais COBEF 2017.

SANTOS, N. S. S. **Análise Experimental e Teórica do Comportamento Mecânico sob Carregamentos Quase-estáticos de Compósitos Reforçados com Fibras Vegetais**. 2010. 123 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Campinas, 2010.

BENINI, K. C. C. C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HISP/Fibra de casca de coco verde e bagaço de cana de açúcar**. p.125 (Mestrado em engenharia mecânica na área de materiais) – Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade estadual Paulista. 2011.