

MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADO COM RESÍDUOS DE MADEIRA E FIBRAS DE SISAL DE COMPRIMENTO HÍBRIDO COM VARIAÇÃO DE 5 A 15 mm¹

Jhonatan de Almeida dos Santos²

Moacir Kuwahara³

Izael Pinho dos Santos⁴

Charles Aran Sabel dos Santos³

Leo Cesar de Oliveira Pereira⁵

Carlos Eduardo Pinto Lopes⁵

Eduardo Jesus Siva dos Santos⁵

Deibson Silva da Costa⁶

Wassim Raja El Banna⁶

Roberto Tetsuo Fujiyama⁷

Resumo

O presente trabalho emprega materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal e resíduo de madeira dispostos aleatoriamente. Utilizando, para isto, o menor nível possível de processamento tecnológico nas etapas produtivas. A matriz utilizada foi a resina poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, sob a denominação comercial de Deverlopy 754, tendo como agente de cura o Butanox M-50, obedecendo à proporção de 0,33% (v/v). As fibras de sisal foram cortadas com uso de um moinho granulador produzindo comprimentos que variam de 5 a 15 mm. O resíduo de madeira utilizado foi o de Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum*), obtido no mercado local e submetido a processo de peneiramento. As propriedades mecânicas analisadas por ensaios de tração e as superfícies de fratura geradas avaliadas por microscopia estereoscópica de modo a se correlacionar os aspectos de fratura com as propriedades mecânicas.

Palavras-chave: Fibras de sisal; Resíduos de madeira; Materiais compósitos.

MATRIX COMPOSITE MATERIALS REINFORCED POLYESTER WASTE WOOD AND FIBER LENGTH OF SISAL HYBRID WITH VARIATION OF 5 TO 15 mm

Abstract

This study employs polyester matrix composites reinforced with short fibers of sisal, wood waste randomly arranged. Using, for this, the lowest possible level of technological processes in the production stages. The matrix used was tereftálica unsaturated polyester resin and pre-accelerated under the tradename Deverlopy 754, having as the curing agent Butanox M-50, according to the proportion of 0.33% (v / v). The sisal fibers were cut using a granulator mill producing lengths ranging from 5 to 15 mm. The wood waste was used Angelim Stone (*Hymenolobium petraeum*) obtained in the local market and subjected to screening process. The mechanical properties by tensile and fracture surfaces generated evaluated by stereoscopic microscopy to correlate with aspects of fracture mechanical properties.

Keywords: Sisal fibers; Wood waste; Composite materials.

¹ Contribuição técnica ao 68^o Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Matemático. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial – PPGEI – ITEC / UFPA. Belém, PA, Brasil.

³ Físico. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM – ITEC / UFPA. Belém, PA, Brasil.

⁴ Engenheiro mecânico. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM – ITEC / UFPA. Belém, PA, Brasil.

⁵ Graduando em Engenharia Mecânica – ITEC / UFPA. Belém, PA, Brasil.

⁶ Engenheiro mecânico. Me, Professor, Faculdade de Engenharia Mecânica - ITEC / UFPA. Belém, PA, Brasil.

⁷ Engenheiro mecânico. Dr, Professor Associado, PPGEM – ITEC / UFPA. Belém, PA, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As fibras naturais apresentam grande potencial, em particular a fibra de sisal. No semi-árido nordestino, englobando a parte árida mais seca, que corresponde a pouco mais de 10% da área da região, praticamente não existem opções fitotécnicas, tendo somente o sisal como elemento básico de produção e de distribuição de renda no campo.⁽¹⁾ Outro importante aspecto da fibra de sisal são suas propriedades mecânicas. Atualmente numerosos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de incorporar fibras de sisal em matrizes poliméricas, gerando compósitos fibrosos. Dentre os mais abundantes rejeitos gerados pelas indústrias de processamento primário estão os resíduos de madeira,⁽²⁾ avaliando o rendimento do processamento de toras em serrarias da Amazônia Oriental chegou a rendimentos médios de 39% para laminadoras, 36% para as serrarias que processam para o mercado interno e 32% para as exportadoras. Dados do Anuário Estatístico do Estado do Pará dão conta que somente no ano de 2005 foram gerados no estado cerca de 9,9 milhões de metros cúbicos de madeira em tora. Levando em conta um rendimento médio de 36%, teríamos um valor em torno de 6,3 milhões de m³/ano de resíduos gerados somente nas etapas primárias de processamento da madeira no estado do Pará. Objetivo principal deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica da obtenção de compósitos usando resina poliéster reforçada com fibras de sisal e resíduo de madeira dispostos aleatoriamente, utilizando cortes de sisal com um equipamento moinho granulador, analisando suas características mecânicas e microestrutural, através de ensaio mecânicos e microscopia estereoscópica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O polímero usado no decorrer deste trabalho foi a resina poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, comprada na empresa Netfiber Fiberglass sob a denominação comercial de Deverlopy 754, tendo como agente de cura o Butanox M-50, obedecendo a proporção de 0,33% (v/v).

Para base dos estudos foi utilizado o resíduo da madeira Angelim Pedra bastante empregada em confecções de móveis. Tais resíduos foram colhidos em uma indústria madeireira (serraria) na cidade de Ananindeua-PA, onde se trabalha apenas com este tipo de madeira. De tal forma a obter a integridade e homogeneidade dos resíduos.

As fibras de sisal da espécie *Agave Sisalana* foram obtidas no comércio da cidade de Belém-Pa, as fibras utilizadas na forma como foram adquiridas, sem tratamento superficial e em condições ambientais. As fibras de sisal com comprimentos variando entre 5 a 15 mm cortada em um equipamento moinho granulador 20 HP/5W da marca Rone e Modelo R-20. Foram fabricados 8 (oito) corpos de prova para cada fração mássica definida com as seguintes proporções; 75% de fibras de sisal por 25% de resíduo de Angelim Pedra, 50% de fibras de sisal por 50% de resíduo de Angelim Pedra e 25% de fibras de sisal por 75% de resíduo de Angelim Pedra; a fabricação foi realizada por moldagem manual, sem pressão ou compactação.

Os ensaios de tração nos compósitos foram realizados de acordo com a norma ASTM D 638M⁽³⁾ em uma máquina de ensaio universal Kratos Cof modelo MKCA-KE – com célula de carga de 5 kN, a uma velocidade de ensaio de 5 mm/min. Após a realização dos ensaios mecânicos, a superfície de fratura dos corpos de prova foi

analisada de forma a se estudar os mecanismos de falha de cada composição fabricada. A morfologia da superfície de fratura foi analisada por microscopia estereoscópica.

Os resíduos de madeira foram caracterizados quanto à sua granulometria. Os resíduos foram submetidos a peneiramento em um conjunto de peneiras padronizado, equipado com peneiras de Mesh's 20, 40, 60, 100 e mais bandeja coletora (BC). A amostra permaneceu sobre vibração mecânica por um período de 20 minutos a uma frequência de 1,5 Hz. De posse do valor das massas retidas em cada peneira, foi determinado o diâmetro médio representativo da amostra.

A Figura 1 mostra os equipamentos; moinho granulador onde foi cortado as fibras de comprimento variando entre 5 a 15 mm, conjunto de peneiras padronizado utilizado para a caracterização granulométrica dos resíduos de Angelim Pedra e o equipamento para ensaios de tração dos compósitos.

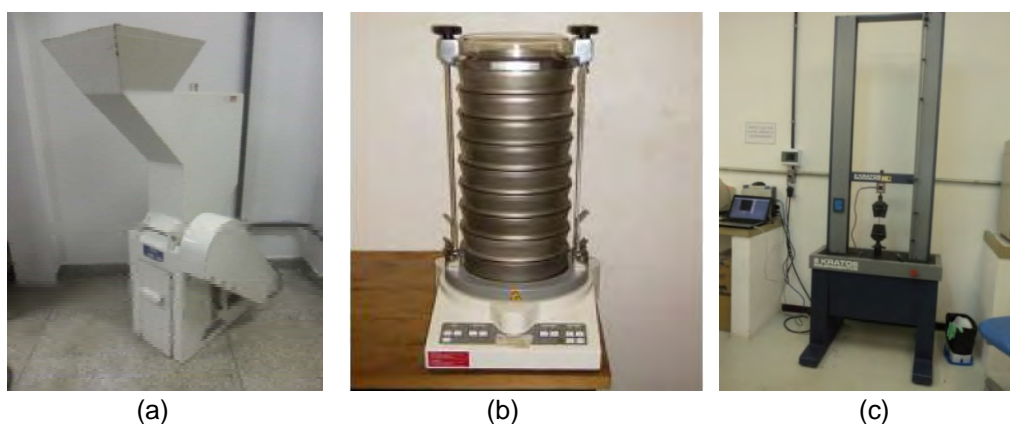


Figura 1 – (a) Equipamento para corte das fibras; (b) Peneiras utilizadas para classificar os resíduos por granulometria e (c) Máquina de ensaio de tração dos compósitos.

A Figura 2 mostra a fibra de sisal após serem submetidas ao moinho granulador e Resíduos de madeira depois de peneirado.

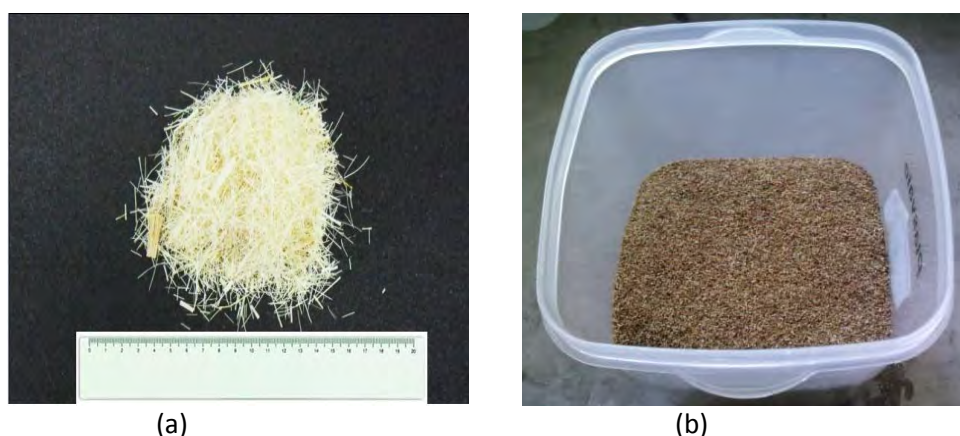


Figura 2 – (a) Fibras de sisal; (b) Resíduos de Angelim Pedra.

A Figura 3 mostra os compósitos híbridos fibras de sisal / resíduo de Angelim Pedra vazadas nos molde de silicone prontas para serem curadas.

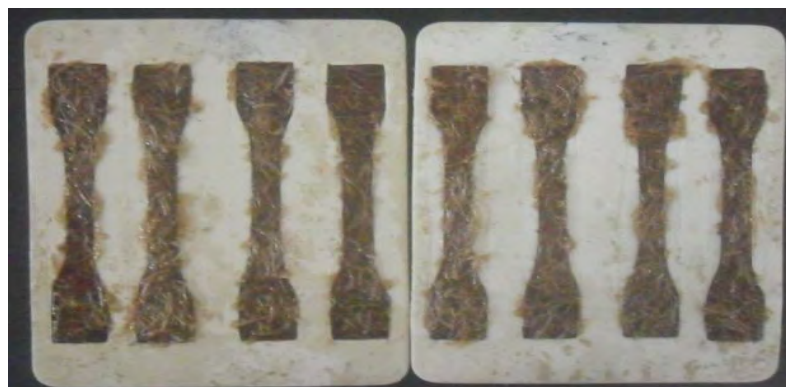


Figura 3: Compósito híbrido Fibras de sisal / resíduo de Angelim Pedra.

3 RESULTADOS

As fibras de sisal já foram caracterizadas quanto à sua tração, alongamento, comprimento, diâmetro, massa específica, teor de umidade, aspecto superficial e a sua microestrutura segundo Costa.⁽⁴⁾ E os resultados estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da caracterização das fibras de sisal não tratadas

Resist. Tração (MPa)	Alongamento (%)	Compr. (mm)	Diâmetro (mm)	Massa Específica (g/cm ³)	Teor de Umidade (base úmida) (%)
453,62 (±91,98)	5,5 (± 2,02)	1000,16 (± 50)	0,245 (± 0,032)	1,42 (± 0,01)	13,10 (± 0,5)

A Tabela 2 mostra os resultados da caracterização mecânica dos compósitos híbrido de fibras de sisal com comprimentos variando entre 5 a 15 mm e resíduo de Angelim Pedra.

Tabela 2: Resultados da caracterização mecânica dos compósitos híbridos de Fibras de Sisal e resíduo de Angelim Pedra

Tipo Amostra	Proporção entre Reforços (%)		Fração Mássica Reforço (P _i)		Resist. Tração (σ) (MPa) (Média / Desvio Padrão)
	Fibra	Resíduo de madeira	Sisal	Resíduo	
Compósito Híbrido Sisal variando entre 5 e 15 mm / Resíduo de Angelim Pedra	75	25	2,64	1,13	18,99(±3,83)
	50	50	1,76	2,27	17,74(±2,46)
	25	75	0,88	3,4	19,19(±4,79)

Após a realização dos ensaios de tração nos compósitos, foi feita uma avaliação do comportamento das fibras na matriz após a fratura. As Figuras 4, 5 e 6 mostram a região fraturada, onde se pode notar esse comportamento, através da microscopia estereoscópica.



Figura 4: Superfície de fratura de compósitos híbridos nas proporções de 75% Fibras de Sisal por 25% de resíduo de Angelim.



Figura 5: Superfície de fratura de compósitos híbridos nas proporções de 50% Fibras de Sisal por 50% de resíduo de Angelim.



Figura 6: Superfície de fratura de compósitos híbridos nas proporções de 25% Fibras de Sisal por 75% de resíduo de Angelim.

4 DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos com as proporções; 75% de fibras de sisal por 25% de resíduo de Angelim Pedra, 50% de fibras de sisal por 50% de resíduo de Angelim Pedra e 25% de fibras de sisal por 75% de resíduo de Angelim Pedra. De acordo com as informações a resistência do compósito que obteve melhor desempenho foi a proporção de 25% de fibras de sisal por 75% de resíduo de Angelim Pedra. Considerado como bom para fabricação de compósitos. E comprovando assim, o que tem sido reportado por diversos autores sobre a variabilidade das propriedades das fibras naturais.⁽⁵⁾

Na Figura 4 mostra a fratura do compósito, onde observa-se pelas setas amarelas as fibras transversalmente dispostas na matriz.

Na Figura 5 mostra a caracterização superficial de fratura analisada por microscopia estereoscópica, onde as setas amarelas indicam algumas fibras rompidas e a seta vermelha resíduos de madeira presentes na matriz.

E na Figura 6 mostra a fratura do compósito, onde observa-se pelas setas vermelhas o melhor acabamento da superfície fraturada e pelas setas amarelas a presença de poucas fibras na matriz.

5 CONCLUSÕES

A metodologia empregada na fabricação dos compósitos foi satisfatória, mas a ausência de pressão diminui a quantidade de reforço. Os compósitos híbridos reforçados com fibras de sisal e resíduos de angelim pedra apresentam desempenho mecânico bastante satisfatório. O método de microscopia estereoscópica foi satisfatório indicando falhas dominantes em cada compósito

fabricado. E mostrando as características das superfícies de fraturas dos compósitos.

O trabalho proporcionou uma nova opção de materiais compósitos de reforçados por fibras vegetais com resíduo de madeira, os quais podem substituir parcialmente compósitos de fibras de vidro, além do que podem gerar renda para população local de onde as fibras são extraídas e madeiras que não tem destino para seus resíduos, além de ser um material que preserva o meio ambiente.

Agradecimentos

Ao laboratório de Materiais compósitos do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós-Graduação da Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, O. R. R. F.; BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999.
- 2 GERWING, J.; VIDAL, E.; VERÍSSIMO, A.; UHL, C. **Rendimento no Processamento de Madeira no Estado do Pará**. Série Amazônia No. 18. Belém: Imazon, 38 p., 2001.
- 3 ASTM D 638 - 89, "**Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (Metric)**", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials.
- 4 COSTA, D. S. **Caracterização de Materiais Compósitos de Matriz Poliéster e fibras de bambu, sisal e vidro e híbridos bambu/sisal, bambu/vidro e sisal/vidro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- 5 A. T. C. Sales, Retração, fluência e fratura em compósitos cimentícios reforçados com polpa de bambu. Tese de Doutorado, Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.