

## MATRIZ DE LAMA VERMELHA COM REFORÇO DE FIBRAS VEGETAIS DE MALVA E BAMBU

D. S. da Costa <sup>(1)</sup>; W. R. El Banna <sup>(1)</sup>; E. J. S. Cunha <sup>(1)</sup>; J. A. da S. Souza <sup>(1)</sup>; M. L. P. Antunes <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal do Pará

<sup>(2)</sup> Universidade Estadual Paulista - Sorocaba

deibsonsc@yahoo.com.br

### RESUMO

*Os problemas ambientais provenientes da disposição não adequada da lama vermelha vão da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação do solo, danos à flora e à fauna, corrosão de equipamentos metálicos até o impacto visual sobre extensas áreas. Os custos associados ao manejo e disposição da lama vermelha representam grande parte dos custos de produção da alumina. O desenvolvimento e a aplicação de materiais renováveis de baixo custo e de reduzido consumo de energia na engenharia tornam-se exigências básicas. O artigo mostra resultados de compósitos de matriz poliéster preenchida com lama vermelha e reforçada com fibras vegetais de malva e bambu. As fibras de comprimento de 15 mm foram homogeneizadas juntamente com a resina poliéster e carga de lama vermelha. A caracterização mecânica e microestrutural dos compósitos foram efetuadas por ensaio de tração e microscopia eletrônica de varredura (MEV), respectivamente. Os resultados se demonstraram satisfatórios com relação à literatura pesquisada.*

*Palavras-chave: Lama Vermelha, Matriz, Fibras.*

### INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais provenientes da disposição não adequada da lama vermelha vão da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação do solo, danos à flora e à fauna, corrosão de equipamentos metálicos até o impacto visual sobre extensas áreas. Os custos associados ao manejo e

disposição da lama vermelha representam grande parte dos custos de produção da alumina. O desenvolvimento e a aplicação de materiais renováveis de baixo custo e de reduzido consumo de energia na engenharia tornam-se exigências básicas.

O óxido de alumínio (conhecido como alumina), na sua forma calcinada (como é obtido pelo processo Bayer), tem seu uso mundial estimado em 50% para produção de refratários, 20% para produção de abrasivos e 25% para a produção de cerâmica. Aluminas calcinadas são usadas tanto em cerâmicas eletrônicas (que constitui componentes integrais de dispositivos eletrônicos como computadores e etc.) como em estruturais. Esmaltes, porcelanas e isolantes elétricos cerâmicos contém de 5 a 25% de alumina para aumentar a força e a resistência a impacto <sup>(1)</sup>.

Em se tratando de compósitos de matrizes poliméricas, como a lama vermelha apresenta uma compatibilidade razoavelmente boa com resinas poliéster, esse resíduo pode ser utilizado como potencial carga para produzir compósitos de matriz de poliéster de custo efetivo <sup>(2)</sup>. Foi evidenciado que a adição de lama vermelha em resina termofixa de poliéster insaturado reduz as resistências à tração e à flexão, provocando um aumento significativo na densidade <sup>(3)</sup>. O mesmo foi observado para compósito de poliéster insaturado reforçado com fibra de vidro (PRFV), porém, com aumento significativo não só da densidade, mas também da resistência à abrasão <sup>(4)</sup>. Essa mesma redução de resistência à tração foi observada comparando compósito híbrido de fibras de juta e de vidro em matriz de resina epóxi, com e sem lama vermelha <sup>(5)</sup>.

Nesse contexto, as fibras de bambu possuem características e propriedades adequadas para sua aplicação como material compósito. Dentre as fibras naturais vegetais mais resistentes encontradas na natureza, estão as fibras de bambu, ainda não comercializadas no Brasil e por isso pouco estudada. Essas fibras são provenientes de uma das mais perfeitas estruturas encontradas na natureza, pois combina elevada dureza, resistência e leveza. O bambu (*Bambusa vulgaris*) é uma fonte renovável de crescimento rápido (três vezes mais que o *Pinus (Elliotti)*), atualmente utilizado em reflorestamento para suprir a demanda de matéria prima para indústria madeireira <sup>(6)</sup>.

A malva (*Urena lobata* L.) é uma planta dicotiledônea pertencente a família Malvaceae. É uma planta anual, tropical, produtora de fibras liberianas, que são extraídas de suas hastes após a colheita e desfibramento mecânico. A colheita é feita quando as plantas estão com cerca de 80% florada, isso porque nessa fase,

as plantas oferecem uma fibra de melhor qualidade (mais fina, sedosa e macia) e também por facilitar a sua degradação do lenho por ocasião da maceração biológica. Os feixes fibrosos de malva são utilizados juntamente com os de juta no preparo de sacos de aniagem e telas. Como subproduto citam-se cordas, tapetes e peças artesanais <sup>(7)</sup>.

O artigo mostra resultados de compósitos de matriz poliéster preenchida com lama vermelha e reforçada com fibras vegetais de malva e bambu. As fibras de comprimento de 15 mm foram homogeneizadas juntamente com a resina poliéster e carga de lama vermelha. A caracterização mecânica e microestrutural dos compósitos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para realizar os ensaios de tração foram produzidas placas de compósitos de poliéster insaturado preenchido com carga de lama vermelha e reforçado com fibras de malva e bambu dispersas randomicamente. A resina utilizada, assim como o acelerador de cobalto e o iniciador MEK-P (Butanox M-50).

A lama vermelha utilizada foi fornecida pela empresa Hydro-Alunorte. Esse material sofreu secagem em estufa de recirculação por aproximadamente 8 (oito) horas. Após a secagem, a lama sofreu cominuição e peneiramento manuais em peneira 28 mesh da série Tyler.

As fibras de bambu foram adquiridas da extração manual do campus I (Belém) da Universidade Federal do Pará. As fibras de malva foram oriundas da região de Castanhal cedidas pela empresa Companhia Castanhal Têxtil. As quais vieram após o processo de extração e foram mantidas em temperatura e umidade ambiente. Tais fibras foram utilizadas in natura sem qualquer tipo de tratamento superficial. As fibras foram cortadas manualmente com auxílio de tesoura nos comprimentos de 15 mm.

O compósito de poliéster insaturado com carga de lama vermelha e reforçado com fibras de malva e bambu foi produzido na forma de placas retangulares através do método manual de Hand Lay-up, nas dimensões de 16,7 centímetros de largura e 31,4 centímetros de comprimento e 4,475 milímetros de espessura média. As placas foram produzidas em um molde metálico (Figura 1), possui forma retangular. A fração mássica de fibras de bambu foi fixada em 5% nos compósitos produzidos. A proporção de lama vermelha nos compósitos foi de 10%.



Figura 1. Molde metálico para produção das placas de compósitos.

Os corpos de prova foram cortados conforme as dimensões de largura de comprimento descritas na norma ASTM D 3039. Os ensaios foram executados na máquina de ensaio universal KRATOS, modelo KE 2000 MP (Figura 2), com célula de carga de 5 kN, e velocidade de ensaio de 5 mm/min.



Figura 2. Máquina de ensaio universal KRATOS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mecânicos dos compósitos laminados preenchidos com carga de lama vermelha e fibras de malva estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos compósitos laminados de lama vermelha e fibras de malva e bambu

Reforço	Fração Mássica Reforço ( $F_M$ ) %	Resist. Tração ( $\sigma$ ) (MPa) Média (Desvio Padrão)
Malva	5	70,26 ( $\pm 5,6$ )
Lama Vermelha	10	
Bambu	5	85,14 ( $\pm 4,1$ )
Lama Vermelha	10	

É conhecido que compósitos reforçados com fibras de orientação longitudinal oferecem maiores resistências à tração do que os reforçados com fibras de orientação randômica. Outra informação importante que os compósitos preenchidos por cargas (resíduos) suas propriedades, principalmente mecânicas são fortemente influenciados pela quantidade de carga dentro dos compósitos.

Os resultados encontrados na Tabela 1 mostram que os compósitos laminados com fibras de bambu e carga de lama vermelha de 10% apresentaram melhores valores de resistência mecânica, sendo em média 20% superior aos compósitos de lama vermelha e malva com as mesmas proporções de lama vermelha e fibras.

Vários fatores podem ter influenciado essa variação nos resultados dos compósitos com carga de lama vermelha e fibras de bambu e malva, dentre os quais se podem evidenciar a resistência a tração das fibras, sendo que as fibras de bambu tem resistência superior as fibras de malva. Outro fator é a rugosidade ou asperezas das fibras de bambu e malva, novamente as fibras de bambu apresentam rugosidade e asperezas mais acentuadas do que as fibras de malva. Melhorando a ancoragem na interface fibras/matriz/carga. Esses fatores irão ter influencia direta nas propriedades mecânicas de resistência a tração dos compósitos fabricados. O que pode evidenciar as melhores propriedades de resistência mecânica dos compósitos de carga de lama vermelha e fibras de bambu em relação aos compósitos de lama vermelha e fibras de malva <sup>(6)</sup>.

A Figura 3 mostra a análise microestrutural dos compósitos de fibras malva e bambu com carga de lama vermelha.

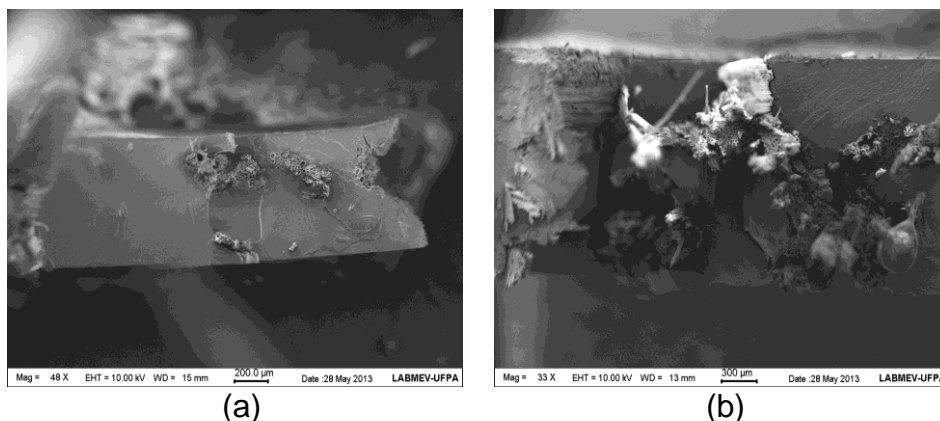


Figura 3. Superfícies fraturadas dos compósitos: (a) Compósitos bambu com lama vermelha; (b) Compósitos malva com lama vermelha.

As fraturas 3 (a) dos compósitos de bambu (5%) com 10% de lama vermelha nota-se uma melhor distribuição e acomodação das fibras e da carga. Tem-se também um melhor acabamento da superfície fraturada, confirmando a melhor disposição dos constituintes dos compósitos. Resultando em melhor ancoragem do sistema fibra/carga/matriz, resultando em melhor desempenho mecânico dos compósitos.

As fraturas 3 (b) dos compósitos de malva (5%) com 10% de lama vermelha mostram-se uma desordenação das fibras e carga de lama vermelha. Além de apresentarem superfícies fraturadas não uniformes, o que pode ter dificultado a ancoragem entre o sistema fibra/carga/matriz, depreciando suas propriedades mecânicas dos compósitos.

## CONCLUSÃO

Com base nos dados mostrados e discutidos, podem-se concluir os seguintes itens:

- ✓ A orientação das fibras influencia as propriedades mecânicas de resistência à tração dos compósitos de poliéster insaturado reforçados com fibra de malva e bambu carregados com lama vermelha.
- ✓ Para os compósitos de fibras de bambu com lama vermelha obtiveram-se os melhores resultados de caracterização mecânica.
- ✓ Para os compósitos de malva, apresentaram uma diminuição de suas propriedades mecânicas.
- ✓ As propriedades mecânicas e microestruturais das fibras influenciaram diretamente nas propriedades mecânicas dos compósitos fabricados.
- ✓ Na análise de fratura dos compósitos de bambu com lama vermelha notou-se melhor distribuição e acomodação das fibras e uniformidade da carga de lama vermelha, melhoramento de ancoragem entre as fibra/carga/matriz.
- ✓ Nas análises de fraturas dos compósitos de malva com lama vermelha mostrou-se uma desordenação das fibras, dificuldade de ancoragem entre fibra/carga/matriz.

## REFERÊNCIAS

- 1 SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C. M.; DA MOTTA, M.. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas. **Revista Matéria**, vol. 12, nº 2, p.322-338, 2007.

- 2 MAHAPATRA, S. S.; DATTA, S.. A grey-based Taguchi method for wear assessment of red mud filled polyester composites. **International Journal of Modeling and Optimization**, vol. 1, nº 1, p. 80-88, 2011.
- 3 CUNHA, E. J. S. **Desgomagem de feixes de fibras de curauá (Ananas erectifolius S.): Influência das variáveis de processo na solubilidade do material péctico e nas propriedades mecânicas**. 1998, 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Pará, Belém.
- 4 JENA, H.; SATAPHATY, A. K. Fabrication, mechanical characterization and wear response of hybrid composites filled with red mud: an alumina plant waste. **Proceedings of International Conference on Advances in Mechanical Engineering**, 2011.
- 5 DASH, A.K.; THATOI, D.N.; SARANGI, M. K. Analysis of the mechanical characteristics of red mud filled hybridized composites. **Frontiers in Automobile and Mechanical Engineering (FAME)**, p. 8-11, 2010.
- 6 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**. 2012, 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Pará, Belém.
- 7 MESQUITA, R. G. A. **Inclusão de materiais lignocelulósicos na produção de compósitos plásticos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013.

## **MATRIX OF RED MUD WITH REINFORC OF FIBERS VEGETABLE OF MAUVE AND BAMBOO**

### **ABSTRACT**

*The inadequate environmental problems arising from the disposal of red mud will the contamination of surface and groundwater, soil contamination, damage to flora and fauna, corrosion of metallic equipment to the visual impact of large areas. The costs associated with handling and disposal of red mud represent most of the cost of production of alumina. The development and application of renewable materials for low cost and reduced power engineering become basic requirements. The article shows results of polyester matrix composites filled with red mud and reinforced with vegetable fibers of bamboo and mauve. The fiber length of 15 mm were homogenized with a polyester resin and a load of red mud. Mechanical and microstructural characterization of the composites were performed by tensile test and scanning electron microscopy (SEM), respectively. The results showed satisfactory with respect to the literature.*

**Keywords:** Red Mud, Matrix, Fibers.