

# PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE POLIÉSTER ISOFTÁLICO COM FIBRAS DE CURAUÁ CARDADA COM E SEM TRATAMENTO<sup>1</sup>

*Edinaldo José de Sousa Cunha<sup>2</sup>*

*Mauro Junior Aires de Oliveira<sup>3</sup>*

*Clerys Rodrigues Pereira<sup>4</sup>*

*Jamily da Silva Amorim<sup>5</sup>*

*Carmen Gilda Barroso Tavares Dias<sup>6</sup>*

*José Antônio da Silva Souza<sup>7</sup>*

## Resumo

O presente artigo apresenta as propriedades mecânicas de resistência à tração em compósitos de matrizes poliméricas termofixas reforçadas com fibras de curauá (*Ananas erectifolius* Smith) cardada sem tratamento superficial e fibras cardadas tratadas com a lixívia alcalina da suspensão aquosa após decantação do resíduo da indústria de alumina (Lama Vermelha). O alto pH proveniente do rejeito é utilizado como componente de hidrólise, promovendo a dissolução das substâncias gomosas presente nos feixes de fibra, propondo-se a melhoria da adesão mecânica na interface fibra/matriz e o aumento da relação de aspecto dos feixes de fibra, visando a utilização destes compósitos na indústria da construção civil e naval. Justifica-se o uso deste resíduo pelo baixo custo e sua grande disponibilidade, sendo um material com grande potencial para uso no processo de desgumagem de fibra de curauá para utilização em compósitos de matrizes poliméricas. Nota-se resposta positiva referente a tendência de aumento das propriedades mecânicas dos compósitos com a elevação do conteúdo de fibra de 5%, 10% e 15 %, sendo que a melhor resposta foi do compósito com adição de fibra sem tratamento alcalino com valores dos módulos de elasticidade de 1,69 GPa, 2,00GPa e 2,25 GPA respectivamente.

**Palavras-chave:** Fibras naturais; Lama vermelha; Fibrila.

## MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE ISOPHTHALIC POLYESTER FIBER CURAUÁ CARDED WITH AND WITHOUT TREATMENT

### Abstract

This paper studies the mechanical properties such as tensile strength in thermoset polymer matrix composites reinforced with fibers curauá (*Ananas erectifolius* Smith) carded without surface treatment and carded fibers treated with bleach alkaline aqueous suspension after decanting, the residue of alumina industry (Red Mud). The high pH of the waste arising is used as component hydrolysis, promoting dissolution of gummy substances present in the fiber bundles, purports to improve the mechanical adhesion at fiber / matrix interface and increasing the aspect ratio of the fiber bundles, in order the use of composites in the construction industry and shipbuilding. Justified the use of this residue by its low cost and wide availability, and a material with great potential for use in the degumming process of curauá fiber for use in composites of polymer matrices.

**Key words:** Natural fiber; Red mud; Fibrils; Mycro fibrils.

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

<sup>2</sup> *Engenheiro Químico, M.Sc, Doutorando, PRODERNA, ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil; cunhaed@ufpa.br.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Químico, Mestrando, PPEQ, ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil; mauroeq@gmail.com.*

<sup>4</sup> *Graduanda, Dep. de Eng. Química, ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil; clerysrodrigues@hotmail.com.*

<sup>5</sup> *Graduanda, Dep. de Eng. Química, ITEC, UFPA, Belém, PA, Brasil; jamily.amorim@itec.ufpa.br.*

<sup>6</sup> *Eng. Química, Prof. Dr., Dep. de Eng. Mecânica, UFPA, Belém, PA, Brasil; cgbtd@ufpa.br.*

<sup>7</sup> *Engenheiro Químico, Prof. Dr., Dep. de Eng. Química, UFPA, Belém, PA, Brasil; jass@ufpa.br.*

## 1 INTRODUÇÃO

O início do século XXI foi marcado por notável conquista nas chamadas “tecnologias verdes” no campo dos materiais de engenharia. Dentre os fatores mais importantes no uso das fibras naturais, destacam-se as condições ambientais (origem), os métodos de beneficiamento e as modificações efetuadas nas fibras, com reflexos nas propriedades dos “biocompósitos” formados. A partir da crise do petróleo os “biocompósitos” ganharam significativa importância dentre os materiais de engenharia com uma gama muito ampla de propriedades.<sup>(1)</sup>

As fibras vegetais são bastante solicitadas para reforço de matrizes poliméricas, as quais são classificadas como primária e secundária em função da sua utilização, sendo que as Plantas primárias são aquelas cultivadas por seu conteúdo de fibras, enquanto plantas secundárias são plantas em que as fibras são produzidas como um subproduto.<sup>(2)</sup>

A fibra de curauá Figura 1 é uma fibra primária intensamente estudada e que ainda desperta o interesse da indústria e da ciência. Planta de composição química média de 73,6% de celulose, 9,9% de hemicelulose, 7,5 de lignina e 0,9% de cinzas.<sup>(3)</sup>



**Figura 1.** Planta de Curauá (*Ananas erectifolius* Smith). Fonte: Diamantino, Lago Grande da Franca, PA.

A partir da grande demanda de fibra de curauá em meados da primeira década deste século e do limitado número de publicações referente as características físicas e mecânicas. Inúmeros estudos sobre a caracterização destas para produção de compósitos foram realizados.<sup>(4)</sup> Dentre os quais o tratamento químico é significativo, visto que apresenta melhorias das propriedades mecânicas e estabilidade dimensional dos compósitos produzidos, em comparação com a utilização de materiais da mesma espécie sem tratamento. O pré-tratamento, altera a estrutura e morfologia da superfície das fibras naturais. Grupos hidroxilo Hidrófilos são removidos pela ação de produtos químicos diferentes. Mas, grupos hidroxilos reactivos fazem um acoplamento eficaz com a matriz. São reportadas melhorias significativas nas propriedades mecânicas dos compósitos usando diferentes processos de tratamentos químicos, nas fibras utilizadas como reforço.<sup>(5)</sup>

O acumulo de lama vermelha nas lagoas de armazenamento das indústrias de alumina no mundo cresce a cada ano por não haver demanda que proporcione o equilíbrio com a geração deste até o momento. A ampla geração deste resíduo ainda é um problema mundial. Na tecnologia atual e os níveis de prática, a capacidade de utilização e consumo secundário é gravemente insuficiente.<sup>(6)</sup>

A lama vermelha gerada do processo Bayer da produção de alumina. É um produto insolúvel após a digestão da bauxita com hidróxido de sódio à temperatura e pressão elevadas.

O presente artigo aborda a utilização das fibras de curauá (*Ananas Erectifolius*, Smith) como reforço de compósitos em matrizes de poliéster isoftálico e as fibras tratadas pelo processo Alcalino, a partir da utilização da solução obtida da suspensão aquosa da lama vermelha. O processo foi conduzido em condições de tempo e temperatura constante de 1 hora a 80°C respectivamente. E após a lavagem e a secagem das fibras, foram utilizadas como reforço em compósito com a referida matriz. Em seguida foram submetidas aos ensaios de tração as tratadas e não tratadas, visando avaliar o comportamento mecânico após o tratamento e o uso da lama vermelha como alternativa de aproveitamento.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Utilizou-se para o presente trabalho, Lama Vermelha, fornecida por Hydro Alunorte S.A, a qual foi submetida à secagem a 105°C por 4 h, desintegrada manualmente e armazenada em recipiente de vidro fechado hermeticamente. Fibras de curauá (*Ananas erectifolius*, Smith) fornecidas por Inpar Industrial Ltda. Poliéster insaturado Isoftálico, acelerador a base de cobalto (solução de 1,5% em peso), peróxido de metil etil cetona (MEK-P) como catalizador, fornecido por Inpar Industrial Ltda.

### 2.2 Preparo da Lixívia Alcalina

A lama vermelha seca foi adicionada em água bi destilada na proporção de 1/3 (Lama vermelha/água bi destilada) agitada manualmente por 30 minutos, mantendo-se o material em repouso por 12 h, em seguida retirou-se a solução sobrenadante de lixívia alcalina e destinada ao tratamento das fibras.

### 2.3 Tratamento Alcalino

As fibras de curauá (*Ananas erectifolius*, Smith) foram imersas na lixívia alcalina, na proporção de (1/10 Fibra/lixívia) em recipiente de aço inoxidável, e aquecida em chapa de aço carbono através de resistência elétrica com controle eletrônico de temperatura, estabilizada a temperatura em 80°C por um período de 1 h. O material aquecido foi exposto a vibração, utilizando-se equipamento de ultrassom Hielscher modelo UP 400S, com amplitude de 50% e ciclo de 0,5. Sendo a estrutura apresentada na Figura 2. Após o processo de desgomagem as fibras foram submetidas à secagem a 60°C por 12 h, climatizadas em ambiente a 25°C e umidade relativa de 60%.



Figura 2. Estrutura utilizada para o tratamento superficial nas fibras de curauá.

## 2.4 Processamento do Compósito

As fibras tratadas e não tratadas foram cardadas (Figura 3), dispostas manualmente em molde de aço inoxidável, em sentido longitudinal, alinhadas unidirecionalmente a 0° (fibras contínuas), como reforço da matriz polimérica, nas proporções de 0%, 5%, 10% e 15%. A matriz utilizada foi Poliéster insaturado Isoftálico, com adição de acelerador a base de cobalto (solução de 1,5% em peso) e peróxido de metil etil cetona (MEK-P) como catalizador. E em seguida o compósito foi submetido à pressão de 0,5 MPa para formação da placa dos corpos de prova.

## 2.5 Ensaio de Tração

Após a cura, as placas foram retiradas do molde e cortados os corpos de prova para ensaio de tração, segundo norma ASTM 3039. Os ensaios são efetuados em máquina universal de ensaio EMIC linha DL 500 com célula de carga de 5 KN a velocidade de ensaio de 2 mm/min.

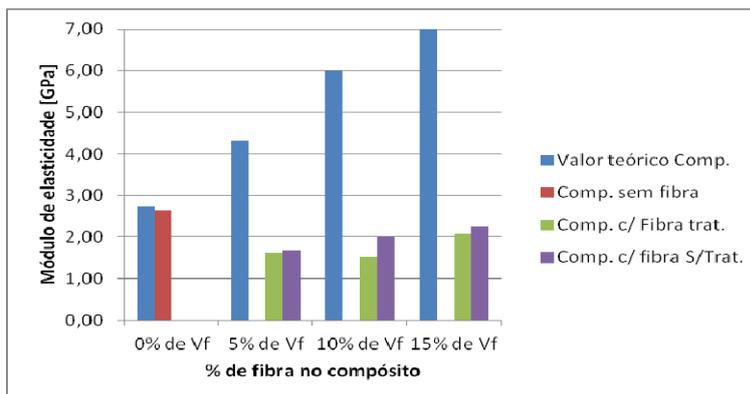
## 2.6 Análises da Secção Transversal da Fratura

Após o ensaio de tração foram realizadas análises nas secções transversais dos corpos de prova, em estereoscópio binocular marca Panambra com zoom de 7x à 225X, luz transmitida e refletida, visando identificar o mecanismo de falha na fratura e a relação com os defeitos de formação do compósito.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Propriedades Sobre Tensão

Os efeitos do aumento da fração volumétrica das fibras de curauá como reforço em matriz de poliéster isoftálico estão representados pelos resultados de tensão x deformação Experimental e teórica, através dos valores dos módulos de elasticidade, utilizando-se fibras longas alinhadas unidirecionalmente a 0° (fibras contínuas). Os valores teóricos dos Módulos de elasticidade dos compósitos nas várias frações 0, 5, 10 e 15 % de fibra de curauá são superiores aos resultados obtidos experimentalmente nos ensaios de tração, com exceção do valor médio experimental da matriz de poliéster isoftálico isoladamente, que apresenta resultado equivalente ao teórico. Foi observado também, que o tratamento alcalino na superfície das fibras promoveu a redução das propriedades mecânicas em comparação com as fibras não tratadas. Nota-se a redução do modulo de elasticidade de 1,61 [GPa] para 1,51 [GPa] nas frações de 5 e 10% respectivamente de fibras tratadas Figura 3.



**Figura 3.** Módulo de elasticidade x variação da fração volumétrica de fibra de curauá com e sem tratamento.

O módulo de elasticidade dos compósitos com a variação da fração de fibra tratadas e não tratadas são maiores nos compósitos com fibra não tratada Tabela 1.

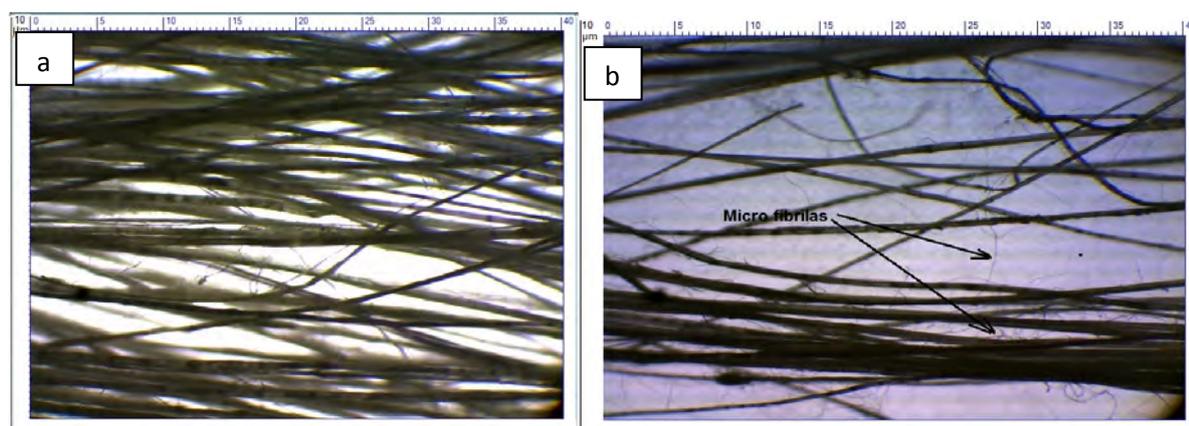
**Tabela 1.** Modulo de elasticidade [E GPa] de compósitos de poliéster isoftálico com e sem adição de fibra de curauá, utilizando fibras tratadas e não tratadas

%V de fibra	Comp. Valor Teórico E[Gpa]	Ensaio Tração s/Fibra E[Gpa]	Ensaio c/Fibra TR* E[Gpa]	Ensaio c/Fibra NTR** E[Gpa]
0	2,73	2,64	-	-
5	4,32	-	1,61	1,69
10	6,00	-	1,51	2,00
15	7,68	-	2,09	2,25

\*Fibras de curauá Cardada e Tratadas com solução alcalina da lixívia de lama Vermelha

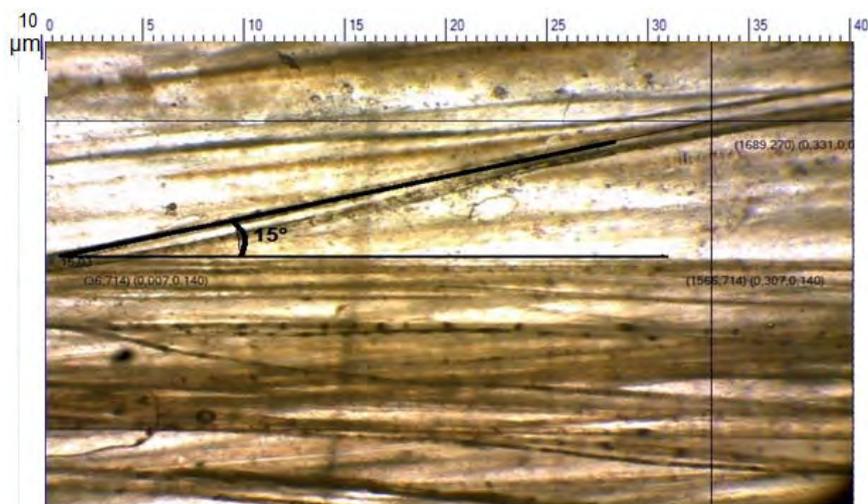
\*\*Fibra de curauá Cardada não tratadas

Isto se deve as falhas na elaboração do compósito, como o desalinhamento das fibras em relação à direção longitudinal de 15° a 45° principalmente a 10% Vf (Fração Volumétrica) Figura 4.



**Figura 4.** Espectrografia de a) fibras e microfibrilas de curauá tratadas 10%Vf e b) fibras não tratadas 10% Vf. Fonte: Laboratório de inspeção do IFPA.

Assim como, a desagregação dos feixes de fibra em fibrilas e micro fibrilas após o tratamento alcalino das fibras de curauá Figura 5.



**Figura 5.** Espectrografia de compósito de poliéster com fibras de curauá tratadas com 10%Vf. **Fonte:** Laboratório de inspeção do IFPA

#### 4 CONCLUSÃO

O tratamento alcalino das fibras de curauá foi eficaz na remoção das gomas, permitindo o desfibramento dos feixes, expondo as fibrilas e microfibrilas, que contribuem com a aderência da matriz sobre a fibra. Entretanto, outros fatores relacionados com a formação do compósito são necessários. O desvio da orientação das fibras resulta na redução de mais de 50% nas propriedades mecânicas dos compósitos, fato este evidenciado na redução do módulo de elasticidade dos compósitos tratados e não tratados, pela dificuldade em manter a orientação das fibras durante a formação do material. Entretanto, nota-se resposta positiva referente a tendência de aumento das propriedades mecânicas dos compósito com a elevação do conteúdo de fibra nas proporções de 5%, 10% e 15%, sendo que a melhor resposta no presente trabalho foi demonstrada com reforço de fibra sem tratamento alcalino com valores dos módulos de elasticidade na ordem de 1,69 GPa, 2,00GPa e 2,25 GPA respectivamente. Mas, a melhoria da orientação das fibras e a condução adequada do processo de cura da resina possibilitarão resultados compatíveis com o sinergismo esperado entre a fibra e a matriz de poliéster isoftálico, referente ao comportamento mecânico do material.

#### Agradecimentos

Agradecemos a Capes Pelo apoio Financeiro e a todos os alunos do Laboratório de Eco-compósito da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFPA em especial ao Engenheiro Mecânico Isael, a Engenheira Química Márcia, e aos colaboradores do Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Pará – IFPA em nome do Prof. Jean. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste.

#### REFERÊNCIAS

- 1 FARUK, Omar; BLEDZKIA, Andrzej k; FINF, Hans-Peter end SAIN, Mohini. **Biocomposites reinforced with natural fibers**, Progress in Polymer Science 37 (2012) 1552– 1596

- 2 STAIGER MP, TUCKER N. **Natural-fibre composites in structural applications**. In: Pickering K, editor. Properties and performance of natural-fibre composites. Cambridge, UK: Woodhead Publishing; 2008. p. 269–300
- 3 SPINACÉ A.S., LAMBERT Carlos S., FERMOSELLI Karen K.G., PAOLI Marco-A. De **Characterization of lignocellulosic curaua fibres**, Carbohydrate Polymers 77(2009) 47-53.
- 4 TOMCZAK, Fábio; SATYANARAYANA, Gundappa Kestur; SYDENSTRICKER, Thais Helena Deme´trio, **Studies on lignocellulosic fibers of Brazil: Part III – Morphology and properties of Brazilian curauá fibers** Composites: Part A 38 (2007) 2227–2236
- 5 KABIR M.M., WANG H., LAU K.T, CARDONA F., **Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer** composites Composites: Part B 43 (2012) 2883–2892
- 6 LIU Dong-Yan and WU Chuan-Sheng, "Stockpiling and comprehensive utilization of red mud research progress", Materials, 5 (7) (2012), 1232-1246.