



## **Caracterização físico-química de fibras de curauá e sua aplicação em compósitos poliméricos**

Luzia Soares Leal Neta<sup>1</sup>, Ângela Mari dos Santos Costella<sup>2</sup>, João de Almeida Melo Filho<sup>3</sup>, Virginia Mansanares Giacon<sup>4</sup>

*Submetido 27/03/2014 – Aceito 22/12/2014 – Publicado on-line 24/03/2015*

### **Resumo**

Este trabalho teve como principal objetivo investigar a viabilidade técnica da utilização de fibras de curauá na produção de compósitos poliméricos, uma vez que as fibras vegetais apresentam grande potencial como agente de reforço devido a sua baixa densidade, biodegradabilidade e custo acessível. Além disso, são provenientes de fontes renováveis e apresentam boas propriedades mecânicas. No entanto, devido a sua natureza hidrofílica é possível inferir propriedades de baixa resistência à umidade, o que compromete a interação interfacial entre as fases do compósito formado. Assim, o tratamento alcalino surge como uma alternativa viável para modificar a superfície das fibras e reduzir o processo de absorção à umidade. Neste trabalho, as propriedades das fibras foram analisadas através da determinação da composição química, da análise de termogravimetria (TG/DTG), de análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV), resistência à tração e medidas de densidade. Os compósitos foram produzidos utilizando resina poliuretano derivada do óleo da mamona e fibras de curauá tratadas e não tratadas e, avaliados os níveis de inchamento e absorção em água de acordo com a norma NBR 14810-2 (ABNT, 2006). As propriedades analisadas certificaram o potencial dessas fibras para aplicação como reforço em compósito polimérico. Os resultados mostraram que o tratamento alcalino aumentou significativamente a resistência da absorção à umidade em relação às fibras não tratadas nos compósitos.

**Palavras-Chave:** Compósito polimérico, fibras de curauá, caracterização e tratamento alcalino.

**Physico-chemical characterization of curauá fibers and their application in polymer composites.** The main purpose of this work was to investigate the technical viability of curaua fibers to be used in the composition of polymer composites. Due to their high biodegradability, low density and cost the vegetal fibers present high potential to be used as reinforcement agents in composites. Besides, the natural fibers are originated from renewed sources and presents suitable thermal and mechanical properties. However, the hydrophilicity of these materials furthers their low moisture resistance, decreasing the interfacial adhesion and reducing the phase's interaction in the obtained composites.

The caustic treatment offers an alternative route to modify the fiber surface and decreasing the water absorption. The natural fibers properties were investigated by chemical analysis, thermal analysis (TG/DTG), Scanning Electronic Microscopy (SEM), strength resistance and density analysis. The composites were obtained by mixtures of castor oil polyurethane adhesive and curaua fibers, with or without caustic treatment. The levels of water uptake and swelling were evaluated according to standard NBR 14810-2 (ABNT, 2006). The properties evaluated showed that curaua fibers are suitable to be used as reinforcement material in polymer composites. The caustic treatment increased significantly the moisture absorption resistance of the fibers in the composites.

**Key-words:** Polymeric composites, curaua fibers, characterization and Alkali Treatment.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, 69077-000 Manaus - AM, Brasil. E-mail: [luzi\\_leal@hotmail.com](mailto:luzi_leal@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestre, Professora do Depto de Engenharia Química da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, 69077-000 Manaus - AM, Brasil. E-mail: [angela.costella@gmail.com](mailto:angela.costella@gmail.com).

<sup>3</sup> Doutor, Professor do Depto de Construção-Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, 69077-000 Manaus - AM, Brasil. E-mail: [jalmeida16179@gmail.com](mailto:jalmeida16179@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutora, Professora do Depto de Engenharia de Materiais, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, 69077-000 Manaus - AM, Brasil. E-mail: [giacon@ufam.edu.br](mailto:giacon@ufam.edu.br).

## 1. Introdução

O interesse pelo desenvolvimento de materiais compósitos formados por matriz polimérica e fibra vegetal vem aumentando significativamente nos últimos anos. Esse interesse deve-se, entre outros fatores, à intensa preocupação ambiental, que vem impulsionando pesquisas direcionadas para materiais provenientes de fontes renováveis, biodegradáveis e que tenham potencial na substituição de derivados do petróleo, como as fibras tradicionais (ex. fibra de vidro) (MARTINS et al., 2009; JOSHI et al., 2004). Esses compósitos vêm sendo empregados em diversos ramos da indústria, em especial na indústria moveleira (CORTEZ et al., 2013). Nesse tipo de indústria, os painéis são produzidos utilizando resinas à base de formaldeído, provenientes de materiais fósseis como o gás natural e o óleo cru, causando graves problemas à saúde devido à emissão de formol (SALEM et al., 2012). Visando a diminuição desse problema, é possível utilizar uma resina alternativa, a poliuretano à base de mamona, que é um polímero termorrígido, cuja cura é obtida em temperatura ambiente podendo ser acelerada com temperaturas de 60 a 90°C. Essa resina apresenta caráter atóxico, além de ser parcialmente proveniente de fonte renovável (DIAS & LAHR, 2004).

Esses compósitos podem ser produzidos com madeira ou fibras vegetais. Comparadas às fibras sintéticas, as fibras vegetais possuem características como custo acessível e baixa densidade. Além disso, apresentam biodegradabilidade e boas propriedades mecânicas e térmicas. (MARTINS et al., 2009; BLEDZKI & GASSAN, 1999).

Dentre as fibras usadas, pode-se citar o curauá, que é uma planta nativa da Amazônia cujas fibras são de natureza lignocelulósica, apresentam bom desempenho mecânico, além de ser de fácil cultivo e processamento (MACIEL et al., 2009; CORDEIRO et al., 2009). Porém, as fibras lignocelulósicas apresentam caráter hidrofílico causando baixa compatibilidade com as matrizes poliméricas hidrofóbicas e ocasionando uma fraca interação entre as fases fibra-matriz do compósito (Li et al., 2007). Isso dificulta a transferência de carga da matriz para as fibras e, conseqüentemente, compromete as propriedades mecânicas e físicas do compósito.

Dessa forma, para modificar a estrutura das fibras e aumentar a adesão interfacial são necessários tratamentos químicos ou físicos. Um dos tratamentos químicos mais utilizados é o tratamento alcalino, que atua quebrando os grupos de hidroxilas (OH) presentes na parte amorfa das fibras e reduzindo sua natureza hidrofílica. Além disso, o tratamento alcalino atua na retirada parcial da hemicelulose e da lignina, expondo a estrutura da celulose e, conseqüentemente, aumentando a rugosidade superficial (KABIR et al., 2012; KABIR et al., 2013).

O objetivo do presente trabalho é conhecer as propriedades físicas e químicas das fibras de curauá e verificar a sua viabilidade técnica na produção de compósitos poliméricos.

## 2. Material e Método

As matérias primas utilizadas foram às fibras de curauá beneficiadas, doadas pela empresa PEMATEC (Figura 1), e resina de poliuretano sintetizada à base de óleo de mamona doada pela Plural Indústria e Comercio de Produtos Químicos Ltda.

A resina de poliuretano à base da mamona é constituída de dois componentes: um polioli sintetizado a partir do óleo da mamona e um pré-polímero derivado do petróleo, ambos foram homogeneizados a frio.



Figura 1. Fibras de curauá.

### Caracterização das fibras

Os principais componentes estruturais das fibras foram determinados através de análises do teor de extrativos (TAPPI T264 om-88), teor de celulose (ABTCP – TAPPI 2000 - método do ácido nítrico), teor de lignina (TAPPI T222 m-88 - método de Klasson) e de cinzas (TAPPI T15 m-58).

A densidade da fibra de curauá foi determinada por picnometria a gás, utilizando-se um multi-picnômetro (Ultrapycnometer 1000) com gás Hélio. No procedimento as amostras

foram previamente secas em estufa em temperatura de 60°C por 24h.

As análises térmicas foram realizadas em equipamento TG/DTA simultâneo da TA Instruments, modelo 2960. Utilizou-se uma vazão de 100 ml/min de ar, como gás de purga, e taxa de aquecimento de 10°C/min.

O ensaio mecânico de tração direta foi realizado em uma Máquina de Ensaio Universal modelo SHIMADZU AGX 100 kN com célula de carga com capacidade de 1 kN e controle de deslocamento a uma taxa de 2 mm/min. O procedimento foi realizado de acordo com a norma ASTM C1557. As fibras foram coladas em um molde de papel, com o intuito de melhorar a fixação da fibra nas garras da máquina e garantir um melhor alinhamento (Figura 2a e 2b). Foram ensaiadas 40 fibras, na condição *in natura*, cortadas no comprimento de 30 mm. A área da seção transversal das fibras foi medida com auxílio do microscópio estereoscópico da marca Leica, modelo EZ4 e do software Image J.

A morfologia da fibra foi analisada através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), no equipamento da marca FEI Quanta 250.

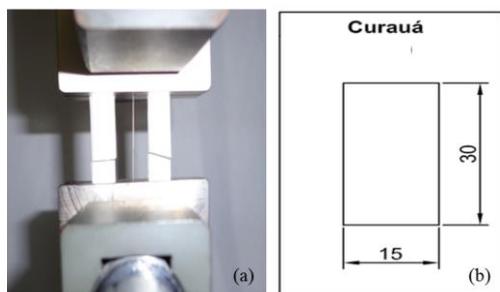


Figura 2. (a) Arranjo de ensaio mecânico de tração direta; (b) Molde de papel para fixação da fibra.

### Tratamento alcalino das fibras

Com o intuito de melhorar a adesão fibra/matriz na produção do compósito, optou-se por fazer um tratamento alcalino nas fibras de curauá. Para isso utilizou-se uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 15% em massa por um período de 2 horas em temperatura ambiente. Em seguida, as fibras foram lavadas com água destilada até que o pH da água de lavagem fosse neutralizado, de acordo com Gomes et al. (2004).

### Produção e Caracterização dos compósitos

Os compósitos poliméricos com fibras tratadas e não tratadas foram produzidos em uma prensa hidráulica da marca HIDRALMAC, com

capacidade de carga 100 toneladas, utilizando a norma NBR 14810-3 (ABNT, 2006) para painéis de madeira aglomerada. A proporção de resina/fibra foi de 1:7 em massa. O processo de beneficiamento das fibras tratadas e não tratadas foi o mesmo, com exceção do tratamento alcalino (NaOH). Assim as fibras foram cortadas em comprimento de aproximadamente 1 cm, tratadas com NaOH (apenas fibras tratadas), lavadas, secas e desfibriladas. Em seguida foram misturadas manualmente com a resina de poliuretano à base de óleo de mamona (Figura 3a). Após a mistura, o material foi inserido em um molde de madeira (28x28x1cm<sup>3</sup>) e pré-prensado para formação do colchão (Figura 3b). Posteriormente, com a utilização da prensa hidráulica, o colchão foi submetido à pressão de 3,5 MPa e temperatura 100 ± 5 ° C durante 10 minutos (Figura 3c), em seguida, armazenados por 48 horas visando a pós cura da resina.

Os compósitos foram caracterizados através de ensaios de inchamento e absorção em água, utilizando-se a norma NBR 14810-2 (ABNT, 2006).



Figura 3. (a) Mistura da resina nas fibras; (b) Formação do Colchão; (c) Prensagem a quente.

### 3. Resultados e Discussões

Os resultados da análise química são apresentados na Tabela 1, em que pode ser observada que as fibras apresentaram alta porcentagem de celulose em concordância com valores disponíveis na literatura (TRINDADE et al., 2008). Elevado teor de celulose confere boas propriedades mecânicas, implicando em aumento de resistência à tração e rigidez (SATYANARAYANA et al., 1982).

Tabela 1. Composição da fibra.

Componente %	Curauá
Extrativos	17,30 ± 2,70
Celulose	71,03 ± 0,89
Lignina	9,53 ± 1,01
Cinzas	1,86 ± 0,12

O teor de cinzas obtido apresentou-se superior ao encontrado na literatura. Isso é possível, uma vez que este é dependente das características do solo (TRINDADE et al., 2008).

O teor de extrativos das fibras, incluindo resinas ácidas, ácidos graxos e ceras, obtidos para o curauá foi próximo ao encontrado nas fibras de bambu (13,5%) e superior ao teor das fibras de banana (4,6%), da palmeira de coco (3,1%) e de juta (3,7%) (JUNIOR et al., 2013; MAHESWARI et al., 2012; CORDEIRO et al. 2004; SAHIN & YOUNG, 2008). De acordo com a literatura as fibras com alto percentual de extrativos, cinzas e lignina reduzem as propriedades mecânicas do compósito, afetando a aderência entre as fases (fibra-matriz), além de interferir na cura da resina durante a prensagem (JUNIOR et al., 2013). Assim, pode-se fazer o tratamento das fibras, visando melhorar a aderência entre fibra/matriz.

A Figura 4 apresenta as curvas TG, DTG e DTA da fibra de curauá, onde se verifica que a amostra perdeu 10,45% de umidade, caracterizada essa perda pelo primeiro pico DTG e pico endotérmico DTA respectivo. A perda de massa a seguir processa-se em duas etapas conforme respectivos picos DTG, sendo que, após queima, que ocorre evidenciada pelos dois picos exotérmicos respectivos na curva DTA, apresentou 4,03% de cinzas. Cabe notar que, enquanto a primeira etapa de perda de massa por decomposição térmica do material orgânico fica mais evidente a partir de 200°C, pelo pico DTG respectivo, o primeiro pico DTA exotérmico fica mais evidente apenas a partir de 250°C. Este fato indica que o processo de decomposição inicia-se por um processo de pirólise endotérmico seguido

de combustão. A primeira etapa de perda de massa de materiais orgânicos ocorrida entre 200 e 400°C seria devida à pirólise e combustão da hemi-celulose e da celulose e a segunda devido à combustão da lignina.

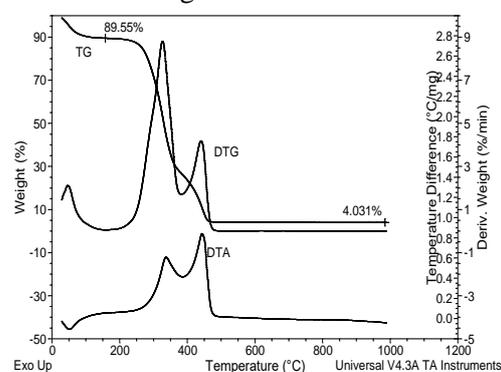


Figura 4. Curvas TG, DTG e DTA da fibra curauá em atmosfera de ar a 10°C/min.

A fibra de curauá apresentou densidade de  $1,40 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$ . Esse valor de densidade é próximo aos valores encontrados para outras fibras lignocelulósicas como de sisal ( $1,5 \text{ g/cm}^3$ ), de coco ( $1,2 \text{ g/cm}^3$ ), de bambu ( $1,3 \text{ g/cm}^3$ ) e de juta ( $1,3 \text{ g/cm}^3$ ) (SPINACÉ et al., 2010; DEFOIRDT et al., 2010).

Os resultados de tração direta são apresentados na Figura 5 e sumariados na Tabela 2.

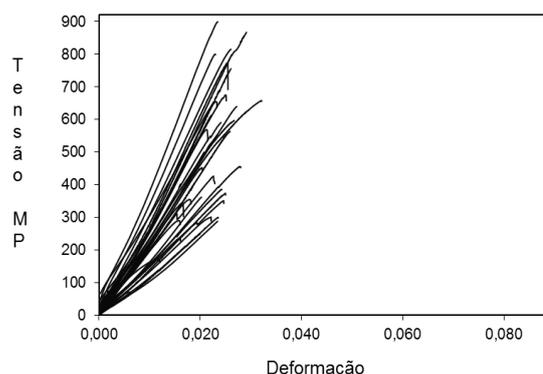


Figura 5. Curvas tensão-deformação das fibras de curauá

De acordo com o diagrama tensão-deformação, Figura 5, observa-se que as propriedades mecânicas das fibras de curauá apresentam um comportamento elástico.

Tabela 2. Propriedades físicas e mecânicas da fibra de curauá.

Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
151,27 ± 36,36	515,54 ± 202,45	22,14 ± 7,10

65 <sup>(b)</sup>	509 ± 109 <sup>(b)</sup>	19 ± 4 <sup>(b)</sup>
–	543 ± 260 <sup>(c)</sup>	63,7 ± 32,5 <sup>(c)</sup>

Fonte: <sup>b</sup> (SPINACÉ et al., 2010); <sup>c</sup> (FIDELIS et al., 2013).

Analisando os resultados da Tabela 2, verificam-se valores com altos desvios padrão. Isto se deve às diferenças naturais observadas nas fibras vegetais e estão de acordo com a literatura. Também devido aos valores elevados de resistência à tração e módulo de elasticidade, o curauá pode ser classificado como uma fibra de alto desempenho.

As micrografias (Figura 6) evidenciam a modificação na superfície após o tratamento alcalino, com aumento da rugosidade, o que provavelmente possibilitará uma melhor penetração da resina polimérica e, conseqüentemente, o aumento da adesão interfacial fibra/matriz (KABIR et al., 2013).

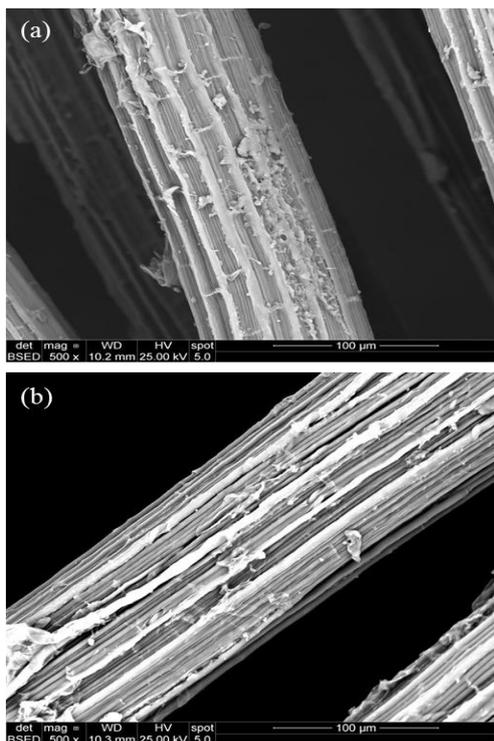


Figura 6. Micrografia eletrônica de varredura da superfície da fibra de curauá (a) sem tratamento (b) com tratamento alcalino.

Os resultados de inchamento e absorção dos compósitos poliméricos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Inchamento e Absorção em água após o período de 2 horas.

Compósito	Inchamento (%)	Absorção (%)
Fibra com tratamento	12,96 ± 4,30	36,07 ± 8,60
Fibra sem tratamento	40,91 ± 7,30	54,01 ± 13,30

É possível observar (Tabela 3) que após o tratamento alcalino o compósito apresentou redução no valor de inchamento. Isso pode estar relacionado à diminuição do caráter hidrofílico das fibras por meio da eliminação de grupos de hidroxilas presentes na parte amorfa e, da retirada parcial de hemicelulose e lignina (KABIR et al., 2012). Desta forma, os resultados obtidos nos levam a inferir que o tratamento alcalino melhora a aderência interfacial, embora não tenha sido suficiente para obter o valor recomendado pela norma (8%).

### Conclusão

As fibras de curauá apresentaram alta concentração de celulose inferindo em boas propriedades mecânicas.

Com base em análises físicas e mecânica é possível inferir sobre características promissoras do uso dessas fibras como reforço em compósitos.

O processo de tratamento químico modificou as superfícies das fibras, inferindo uma melhor interação fibra/matriz e, conseqüentemente, um compósito com melhores características físicas, comprovadas pelas propriedades de absorção e inchamento e, provavelmente, melhores características mecânicas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEAM pelo suporte financeiro, à Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) pelo ensaio mecânico e em especial ao Professor Dr. Jo Dweck pela análise térmica.

### Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão



dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-1 – Chapas de madeira aglomerada, Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

\_\_\_\_\_. NBR 14810-2 – Chapas de madeira aglomerada, Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

\_\_\_\_\_. NBR 14810-3 – Chapas de madeira aglomerada, Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASTM. ASTM C1557, Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus of Fibers. West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials; 2008.

BLEDZKI, A. K., GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose based fibres. **Progress in Polymer Science**, v. 24, n. 2, p. 221-274, 1999. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6700\(98\)00018-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6700(98)00018-5)

CORDEIRO, I. M. C. C., SANTANA, A. C., LAMEIRA, O. A., SILVA, I. M. Análise econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá) E *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (Curauá) no município de Aurora do Pará (pa), Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 26, n. 2, p. 243-265, 2009.

CORDEIRO, N., BELGACEM, M. N., TORRES, I. C., MOURA, J. C. V. P. Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems. **Industrial Crops and Products**, v. 19, n. 2, p. 147-154, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.09.001>

CORTEZ, A. M. S., HERVA, M., DIÉGUEZ, C. G., ROCA, E. Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p. 301-308, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.006>

DEFOIRDT, N., BISWAS, S., VRIESE, L., TRAN, L. Q. N., ACKER, V. J., AHSAN, Q., GORBATIKH, L., VUURE, A. V., VERPOEST, I. Assessment of the tensile properties of coir, bamboo and jute fibre. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 41, n. 5, p. 588-595, 2010. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.01.005>

DIAS, F. M., LAHR, F. A. R. Alternative castor oil-based polyurethane adhesive used in the production of plywood. **Materials Research**, v. 7, n. 3, p. 413-420, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392004000300007>

FIDELIS, M. E. A., PEREIRA, T. V. C., GOMES, O. F. M., SILVA, F. A., FILHO, R. D. T. The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 2, n. 2, p. 149-157, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.02.003>

GOMES, A., GODA, K., OHGI, J. Effects of Alkali Treatment to Reinforcement on Tensile Properties of Curaua Fiber Green Composites. **JSME International Journal**, v. 47, n. 4, 2004.

JOSHI, S. V., DRZAL L. T., MOHANTY A. K. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 35, n. 3, p. 371-376, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2003.09.016>

JUNIOR, M. G., NOVACK, K. M., BOTARO, V. R., PROTÁSIO, T. P. Caracterização de polpas de bambu modificadas quimicamente visando melhorias em suas interações interfaciais para aplicações em **compósitos**. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 3, n 3, p. 89-102, 2012.

KABIR, M. M., WANG, H., CARDONA, F. Effects of chemical treatments on hemp fibre structure. **Applied Surface Science**, v. 276, p. 13-23, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.086>

KABIR, M. M., WANG, H., CARDONA, F. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. **Composites Part B: Engineering**, v. 43, n. 7, p. 2883-2892, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.04.053>

LI, X., TABIL, L. G., PANIGRAHI, S. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. **J Polym Ambiente**, v.15, p. 25-33, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-006-0042-3>

MACIEL, C.D., VELINI, E.D., SANTOS, R.F., VIANA, A.G.P. Crescimento do curauá branco sob



efeito de subdoses de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2009.

MAHESWARI, C. U., REDDY, K. O., MUZENDA, E., GUDURI, B. R., RAJULU, A. V. Extraction and characterization of cellulose microfibrils from agricultural residue – Cocos nucifera L. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, p. 555-563, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.06.039>

MARTINS, M. A., MATTOSO, L. H. C, PESSOA, J.D.C. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço de açai (Euterpe oleracea Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1150-1157, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400032>

MERLINI, C., SOLDI, V., BARRA, G. M.O. Influence of fiber surface treatment and length on physico-chemical properties of short random banana fiber-reinforced castor oil polyurethane composites. **Polymer Testing**, v. 30, n. 8, p. 833-840, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2011.08.008>

SAHIN, H. T., YOUNG, R. A. Auto-catalyzed acetic acid pulping of jute. **Industrial Crops and Products**, v. 28, n. 1, p. 24-28, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.12.008>

SATYANARAYANA, K. G., PILLAI, C. K. S., SUKUMARAN, K. Structure property studies of fibres from various parts of the coconut tree. **JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE**, v. 17, p. 2453- 2462, 1982.

SALEM, Z. M. M., BÖHM, M., SRBA, J., BERÁNKOVÁ, J. Evaluation of formaldehyde emission from different types of wood-based panels and flooring materials using different standard test methods. **Building and Environment**, v. 49, p. 86-96, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.09.011>

SPINACE, M. A. S., JANEIRO, L. G., BERNADINHO, F. C., GROSSI, T. A., PAOLI, M. A. Poliolefinas Reforçadas com Fibras Vegetais Curtas: Sisal × Curauá. **Polímeros**, v. 21, n. 3, p 168-174, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000036>

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Ash in Wood and Pulp: T15 om-58. Atlanta, 1991.

\_\_\_\_\_. Acid-insoluble Lignin in Wood and Pulp: T222 om-88. Atlanta, 1998/1999.

\_\_\_\_\_. Total Extractive Content in Wood: T264 om-88. Atlanta, 1966.

\_\_\_\_\_. Tappi standard methods: TAPPI 2000. Atlanta, 2000.

TRINDADE, W. G., PAIVA, J. M. F., LEAO, A. L., FROLLINI, E. Ionized-Air-Treated Curaua Fibers as Reinforcement for Phenolic Matrices. **Macromolecular Materials and Engineering**, v. 293, n. 6, p. 521-528, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mame.200800016>.