

CARACTERIZAÇÃO POR ANÁLISE TÉRMICA DE FIBRAS DE BAMBU DA ESPÉCIE *DENDROCALMUS GIGANTEUS*¹

Lucas Barbosa de Souza Martins²

Frederico Muylaert Margem³

Sergio Neves Monteiro⁴

Veronica Maria de Araujo Calado⁵

Resumo

Fibras extraídas do caule da planta de bambu da espécie *Dendrocalmus giganteus* (bambu gigante) estão sendo estudadas como um potencial reforço para compósitos poliméricos devido à sua relativa resistência mecânica. Recentemente, foram conduzidos ensaios de tração para caracterização das propriedades mecânicas de fibras desta espécie de bambu. Entretanto, o efeito da temperatura no comportamento destas fibras ainda não foi investigado. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise térmica em fibras de bambu gigante. A análise foi conduzida pela técnica termogravimétrica de TGA, obtendo-se também sua derivada DTG, em um intervalo de temperatura de 25°C a 800°C. Verificou-se que as fibras de bambu gigante apresentam acentuada degradação a partir de 200°C, mostrando picos de DTG referentes à perda de massa da fibra associados não só à liberação de umidade, mas também à decomposição da celulose, hemicelulose e lignina.

Palavras-chave: Fibras de bambu gigante; Análise térmica; TGA/DTG.

CHARACTERIZATION BY THERMAL ANALYSIS OF GIANT BAMBOO FIBERS

Abstract

Fibers extracted from the stem of the bamboo of the plant species *Dendrocalmus giganteus* plant (giant bamboo) have been studied as a potential reinforcement of polymer composites due to their relative tensile strength. Recently, tensile tests have been conducted to characterize the mechanical properties of this species of bamboo fibers. However, the effect of increasing temperature on the behavior of these fibers has not yet been investigated. Therefore, the objective of this work was to perform a thermal analysis on bamboo fibers with different diameters. The analysis has been conducted by thermogravimetric, TGA, technique and its derivative, DTG, and obtained in a temperature interval from 25°C to 800°C. It was found that the bamboo fibers present accentuated degradation, starting from 200°C, showing peaks related to the weight loss associated with not only the release of moisture but also to the cellulose, hemicellulose and lignin decomposition.

Key words: Giant bamboo fibers; Thermal analysis; TGA/DTG.

¹ Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Graduando Eng. Metalúrgica e de Materiais, Laboratório de Materiais Avançados (Lamav), Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, lucasmartinsuenf@hotmail.com.

³ Eng. Eletricista. Pós-Doutorando em Eng. Metalúrgica, Lamav, CCT, UENF, Brasil. Eng. Metalúrgico. PhD, Professor Titular, Lamav, CCT, UENF, Brasil.

⁴ Eng. Metalúrgico. PhD, Professor Titular, Lamav, CCT, UENF, Brasil.

⁵ Eng. Química. PhD, Professora, Escola de Química (EQ), CT, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Fibras lignocelulósicas, também conhecidas como fibras naturais de plantas, estão apresentando crescente interesse devido à possibilidade de substituir as fibras sintéticas, principalmente as fibras de vidro, em compósitos poliméricos.⁽¹⁻⁵⁾ Este interesse é baseado não só em vantagens técnicas, tais como baixa densidade e flexibilidade, mas também baixo custo e abundância. Além disto, tais fibras são ambientalmente corretas por serem renováveis, biodegradáveis e neutras com relação à emissão de CO₂,⁽⁵⁾ umas das principais causas do efeito estufa.

Por outro lado, as fibras lignocelulósicas, apresentam desvantagens se comparada as fibras sintéticas, tais como dificuldade em acoplar-se à matriz polimérica e heterogeneidades dimensionais.⁽¹⁻⁵⁾ O primeiro problema de acoplamento se deve ao fato da fibra natural ser hidrofílica e a matriz polimérica ser hidrofóbica.^(6,7) Já a heterogeneidade dimensional é uma característica intrínseca deste tipo de fibra, mostrando-se como um fator limitante a sua aplicabilidade em compósitos poliméricos se comparada a fibras sintéticas que apresentam grande homogeneidade dimensional.⁽⁵⁻⁷⁾ Ainda outra limitação das fibras lignocelulósicas, em termos de seu emprego como reforço de compósitos poliméricos, é a resistência térmica relativamente baixa.⁽²⁾ Esta foi a motivação para o presente trabalho.

Diversas fibras lignocelulósicas existentes no Brasil são hoje objeto de investigação como material para engenharia.⁽⁸⁾ Uma destas fibras que se apresenta como potencial reforço de compósitos poliméricos é a fibra do bambu gigante extraída do caule da planta *Dendrocalmus giganteus*. Estudos estão sendo realizados com objetivo de investigar as propriedades mecânicas da fibra de diversas espécies de bambu,^(9,10) bem como seu comportamento como reforço de compósitos poliméricos.⁽¹¹⁻²⁰⁾ Entretanto, nenhum trabalho até então avaliou o comportamento da fibra de bambu gigante em temperaturas superiores à ambiente. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo estudar o comportamento termogravimétrico e calorimétrico das fibras extraídas do caule da planta de bambu gigante, investigando sua variação de massa em função da temperatura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de bambu gigante foram obtidas de caules de plantas *Dendrocalmus giganteus* (Figura 1), existentes na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio e cedidas pelo Prof. Khosrow Ghavami.



Figura 1. Plantas de bambu gigante.

Dos caules de bambu foram retirados gomos, entre os nós típicos do bambu (Figura 1) para extração das fibras. A Figura 2 mostra um dos gomos utilizados se extrair as fibras. Esses gomos, com diâmetro médio entre 15 cm e 30 cm, foram deixados secar ao ar por um ano antes de serem desfibrilados.



Figura 2. Gomo de bambu gigante.

A Figura 3 mostra fibras extraídas manualmente, com ajuda de um estilete no sentido longitudinal, de gomos como os apresentados na Figura 2. Estas fibras foram secas ao sol durante uma semana.



Figura 3. Fibras de bambu gigante extraídas longitudinalmente de seus gomos.

A estabilidade térmica de fibras de bambu foi avaliada através de análises termogravimétrica (TG) e térmica diferencial (DTA) tendo como objetivo a medição da variação de massa de uma amostra em função da temperatura.

Para execução das análises termogravimétricas, as fibras de bambu foram moídas e peneiradas até a obtenção de partículas em torno de 1 mm. Foi utilizado o equipamento da Perkin–Elmer com os seguintes parâmetros: taxa de aquecimento de 10°C/min, partindo da temperatura ambiente até ao máximo de 770°C, sob

atmosfera de nitrogênio. Curvas de TG e sua derivada, DTG, foram registradas simultaneamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva termogravimétrica de TGA da fibra de bambu está apresentada na Figura 4. Nesta curva notam-se três estágios distintos no comportamento da fibra de bambu gigante com a temperatura. Estes estágios são similares aos obtidos com outras fibras de bambu de outras espécies como a de *Bambusa vulgaris*,⁽²¹⁾ *Water bamboo*⁽²²⁾ e *Madake bamboo*.⁽²³⁾ Inicialmente, em baixas temperaturas de 20°C a 200°C ocorre uma perda de massa de cerca de 8% que pode ser atribuída à liberação de umidade naturalmente adsorvida na superfície da fibra de bambu gigante que, como todas as fibras lignocelulósicas,⁽¹⁻⁷⁾ possui característica hidrofílica. Na verdade esta perda de massa é comparável aos valores de cerca de 10% encontrados para fibras de rami com diferentes diâmetros.⁽²⁴⁾

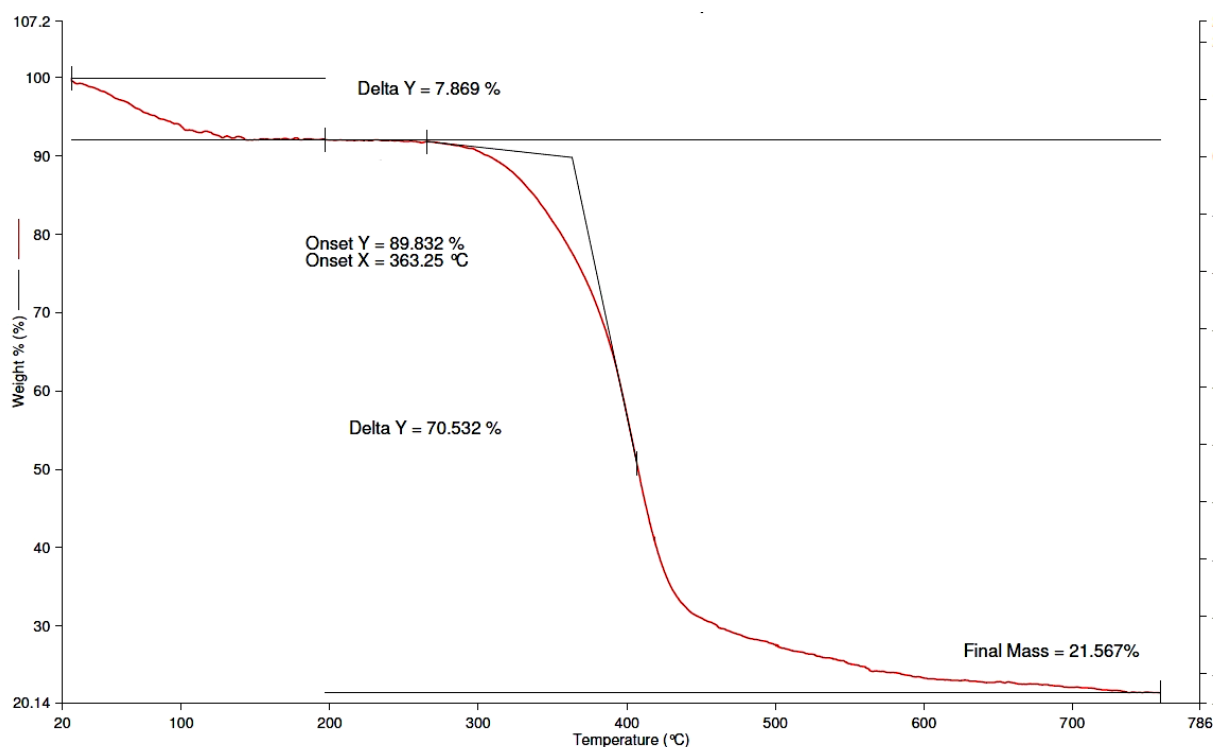


Figura 4. Curva de TGA para fibras de bambu gigante.

A partir de 200°C ocorre uma acentuada perda de massa de cerca de 70% (Figura 4) até 370°C. Este estágio está associado à degradação dos constituintes principais das fibras lignocelulósicas, ou seja, a celulose e a lignina,⁽²⁵⁾ como será melhor caracterizada pela curva de DTG apresentada mais adiante neste trabalho. Segue-se então um terceiro e último estágio de perda de massa de cerca de 22%, não tão acentuado, e que, em princípio, poderia estar associada a outras reações de decomposição com formação de compostos mais estáveis de alcatrão/piche ou formação de inorgânicos a partir de cálcio, potássio e sílica existentes na estrutura das fibras de bambu.

A derivada, DTG, da curva de TGA da fibra de bambu gigante está apresentada na Figura 5. Nesta curva observa-se um pico principal bem delineado a 405°C. Além disto, ocorre outra distorção deste pico na curva de DTG que poderia ser

interpretada como um “pico-ombro”, particularmente por volta de 346°C. Vale também notar a existência de outro pequeno pico inicial a cerca de 68°C coincidindo com oscilações.

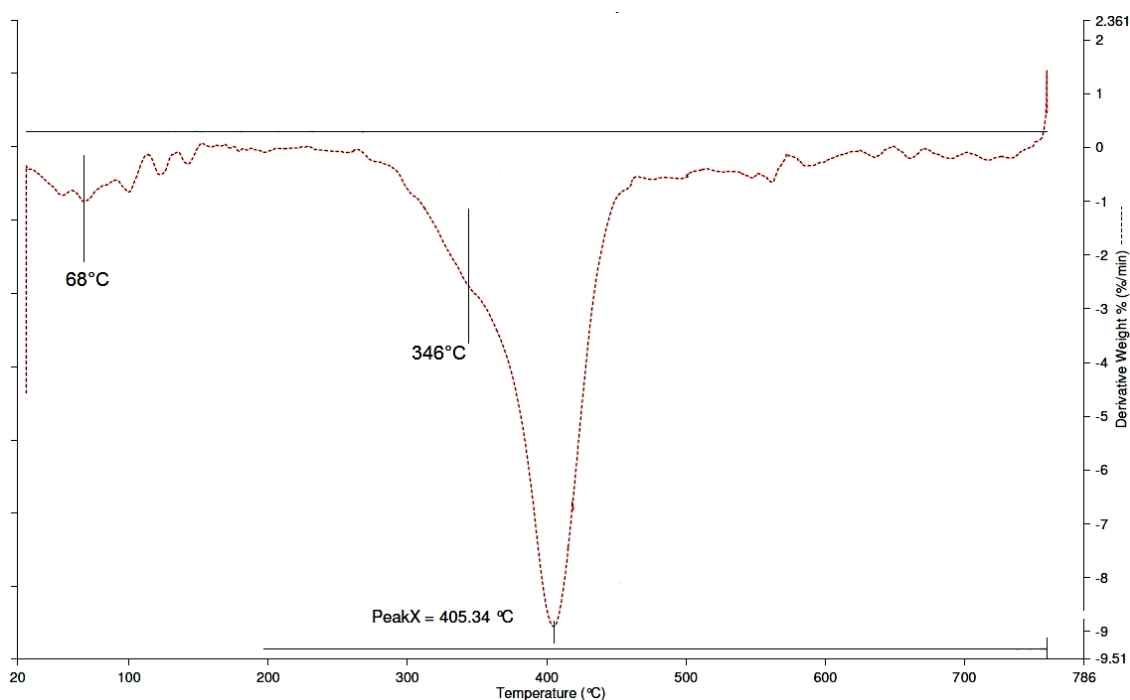


Figura 5. Curva de DTG para fibras de bambu gigante.

As temperaturas dos picos na Figura 5 se assemelham àquelas encontradas para outras fibras lignocelulósicas.^(24,25) A baixa temperatura, o primeiro pico, 68°C, certamente corresponde à liberação da umidade adsorvida na superfície da fibra de bambu gigante. Em outras fibras^(26,27) esta temperatura é de cerca de 60°C. Para o pico principal, 405°C, a interpretação é de que corresponda a condição de maior taxa de degradação térmica da estrutura lignocelulósica. Em princípio, o pico secundário (ombro) por volta de 346°C corresponderia à decomposição da lignina e hemicelulose e o pico principal a 405°C, à degradação da celulose. No caso da fibra de piassava,⁽²⁷⁾ estes picos estão bem separados em temperaturas de 288°C e 357°C, respectivamente. No caso do curauá,⁽²⁶⁾ os picos ocorrem por volta de 220°C e 350°C.

4 CONCLUSÕES

- A análise termogravimétrica da fibra de bambu gigante permitiu identificar três estágios de perdas de massa com a temperatura na curva TG;
- um primeiro estágio até 200°C, com pico de DTG a 68°C, corresponde a liberação de água, tanto da umidade adsorvida na superfície hidrofílica da fibra quanto a água de constituição da estrutura lignocelulósica;
- um segundo estágio de queda acentuada de 200° até 600°C identifica-se com a decomposição tanto de celulose quanto da lignina e hemicelulose; e
- um terceiro estágio de queda menos acentuada até o fim do ensaio a 770°C, aparentemente relaciona-se à decomposição de outros componentes da estrutura ou reações de compostos inorgânicos, formando alcatrão/piche e cinzas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Faperj, CNPq e Capes. Um agradecimento especial é estendido a Rosana Gouvêa Maurício, pela colaboração no uso do equipamento de TG do Ladeq da Escola de química da UFRJ.

REFERÊNCIAS

- 1 BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose-based fibres. **Prog. Polym. Sci.**, v. 24, p. 221-274, 1999.
- 2 NABI SAHED, D.; JOG J.P. Natural fiber polymer composites: a review, **Adv. in Polymer Technol.**, v.18, p. 221-274, 1999.
- 3 MOHANTY, A.K.; MISRA, M.; HINRICHSSEN, G. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. **Macromol. Mater. and Eng.**, v. 276, p.1-24, 2000.
- 4 WAMBUA, P.; IVENS, I.; VERPOEST, I. Natural fibers: how they replace glass and fiber reinforced plastics? **Compos. Sci. and Technol.** v.63, p. 1259-1264; 2003.
- 5 MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D.; FERREIRA, A.S.; NASCIMENTO, D.C.O. Natural fiber polymer matrix composites: cheaper, tougher and environmentally friendly. **JOM**, v. 61, n. 1, p. 17-22, 2009.
- 6 GASSAN, J.; BLEDZKI, A.K. Effect of cyclic moisture absorption/desorption on the mechanical properties of silanized jute-epoxy composites. **Polymer Composites**, v. 20, n. 4, p. 604-611, 1999.
- 7 ROUT, J.; MISRA, M.; TRIPATHY, S.S.; NAYAK, S.K.; MOHANTY, A.K. The influence of fiber treatment on the performance of coir-polyester composites. **Comp. Sci. Technol.** v. 61, p. 1303 – 1310, 2001.
- 8 SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. **Composites: Part A**, v. 38, p. 1694-1705, 2007.
- 9 COSTA, L. L.; LOIOLA, R.L.; MONTEIRO, S.N. Diameter dependence of tensile strength by Weibull analysis: Part I Bamboo fiber", **Revista Materia**, v. 15, n. 2, p. 97-102, 2010.
- 10 MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D.; BARBOSA, A.P.; BEVITORI, A.B.; SILVA, I.L.A.; COSTA, L.L. Natural lignocellulosic fibers as engineering materials – An overview. **Met. Mat. Trans. A**. v.42, p. 2963-2974.
- 11 SHIN, F.G.; XIAN, X.J.; ZHENA, W.P.; YIPP, M.W. Analysis of the mechanical properties and microstructure of bamboo epoxy composites, **J. Mater. Sci.** v. 24, p. 3483-3490, 1989.
- 12 JAIN, S.; KUMAR, R.; JINDAL, U.C. Mechanical behavior of bamboo and bamboo composites.", **J. Mater. Sci.** v. 27, p. 4598-4604, 1992.
- 13 JAIN, S.; KUMAR, R.; JINDAL, U.C. Development and fracture mechanism of the bamboo/polyester resin composite, **J. Mater. Sci. Lett.** v. 12, p 558-560, 1993.
- 14 CHEN, X.; GUO, Q.; MI, Y. Bamboo fiber reinforced polypropylene composites: a study of the mechanical propertie, **J. Appl. Polym. Sci.** v. 69, p. 1891-1899, 1998.
- 15 THWE, M.M.; LIAO, K. Effects of environmental aging on the mechanical properties of bamboo glass fiber reinforced polymer matrix hybrid composites **Composites Part A**, v. 33, p. 43-52, 2002.
- 16 OKUBO, K.; FUJII, T.; YAMAMOTO, Y. Development of bamboo based polymer composites and their mechanical properties. **Composites Part A**, v. 35, p. 377-383, 2004.
- 17 OKUBO, K.; FUJII, T.; YAMASHITA, N. Improvement of interfacial adhesion in bamboo polymer composite enhanced with micro-fibrillated cellulose. **JSME Int. J. A. Solid M.** v. 48, p. 199-204, 2005.
- 18 LEE, S.H.; SIQUN WANG, Biodegradable polymer/bamboo fiber biocomposite with bio-based coupling agent. **Composites Part A**, v. 37, p. 80-91, 2006.

- 19 SHIBATA, S.; YONG, C.; FUKUMOTO, I. Flexural modulus of the unidirectional and random composites made from biodegradable resin and bamboo and kenaf fibres, **Composites Part A**, v. 39, p. 640-646, 2008.
- 20 HUANG, X.; NETRAVALI, A. Biodegradable green composites made using bamboo micro/nano-fibrils and chemically modified soy protein resin. **Composites Sci. & Tech.** v. 69, p. 1009-1015, 2009...
- 21 LEE, S.H.; WANG, S. Biodegradable polymer/bamboo fiber biocomposite with bio-based coupling agent. **Compos. Part. A**, v. 37, p. 80-91, 2006.
- 22 SHIH, Y.-F. Mechanical and thermal properties of waste water bamboo husk fiber reinforced epoxy composites. **Mater. Sci. Eng. A**. v. 445-446, p. 289-395, 2007.
- 23 SINGH, S.; MOHANTY, A.K.; SUGIE, T.; TAKAI, Y.; HMADA, H. Renewable resource biocomposites from material fiber and polyhydroxybutyrate-co-valerate (PHBV) bioblastic. **Compos. Part A**. v. 39, p.875-886, 2008.
- 24 RODRIGUEZ, R.J.S.; BEVITORI, A.B.; SILVA, I.L.A; LOPES, F.P.D.; MONTEIRO, S.N. Thermal analysis characterization of ramie fibers with different diameters In. Proceedings of the characterization of Minerals, Metals & Materials Symposium – TMS Annual Conference, San Diego, EUA, p.1-6, 2011.
- 25 TOMCZAK, F; SATYANARAYANA, K.G.; SYDENSTRICKER, T.H.D. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part III: Morphology and properties of Brazilian curaua fibers. **Composites: Part A**, v. 38, n 10, p. 2227-2236, 2007.
- 26 CARASCHI, J.C.; LEÃO, A.L. Chemical and thermal characterization of curaua fiber. In: International conference on frontiers of polymers and advanced materials, Poznan, Polônia, 1999, p.13-14.
- 27 NASCIMENTO, D.C.O.; FERREIRA, A.S.; MONTEIRO, S.N.; R.J.S. RODRIGUEZ, R.J.S.; CASTILLO, T.E; SILVA, I.L.A. Thermal behavior of piassava fibers (*Attalea funifera*) by TG/DTG and DSC tests. (in Portuguese), In: Brazilian Congress on Materials Science and Engineering – **CBECIMAT**, Campos de Jordão, Brasil, 2010, p. 1-8.