

# CARACTERIZAÇÃO POR ANÁLISE TÉRMICA DE FIBRAS DE BANANEIRA<sup>1</sup>

*Nathalia Carneiro Garcia Rosa<sup>2</sup>  
Lucas Barbosa de Souza Martins<sup>3</sup>  
Frederico Muylaert Margem<sup>4</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>5</sup>  
Veronica Calado<sup>6</sup>*

## Resumo

Fibras extraídas do caule da bananeira 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 destas fibras. 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 bananeira. A análise foi conduzida pela técnica termogravimétrica, TG, obtendo-se também a derivada DTG, em um intervalo de temperatura de 25 a 800°C. Verificou-se que as fibras de bananeira apresentam acentuada degradação a partir de 150°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 bananeira; Análise térmica; TGA/DTG.

## CHARACTERIZATION BY THERMAL ANALYSIS OF BANANA FIBERS

### Abstract

Fibers extracted from the stem of the banana plant 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 type of lignocellulosic 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 banana fibers. The analysis has been conducted by thermogravimetric, TG, technique and its derivative, DTG, obtained in a temperature interval from 25 to 800°C. It was found that the banana fibers present accentuated degradation, starting from 200°C, showing peaks related to the weight loss due not only to the release of moisture but also to the cellulose, hemicellulose and lignin decomposition.

**Keywords:** Banana fibers; Thermal analysis; TG/DTG.

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

<sup>2</sup> *Graduando, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil, nathalia\_cgr@yahoo.com.br*

<sup>3</sup> *Graduando, CCT/UENF,*

<sup>4</sup> *Pós-Doutorando, LAMAV – CCT/UENF.*

<sup>5</sup> *PhD, Professor Titular, LAMAV – CCT/UENF,*

<sup>6</sup> *PhD, Professora, Escola de Química, EQ/CT/UFRJ.*

## 1 INTRODUÇÃO

Fibras lignocelulósicas, também conhecidas como fibras naturais obtidas de plantas, estão apresentando crescente interesse devido à possibilidade de substituir as fibras sintéticas, principalmente as fibras de vidro, em compósitos poliméricos.<sup>(1-5)</sup> Este interesse é baseado não só em vantagens técnicas, tais como baixa densidade e boa 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 CO<sub>2</sub><sup>(5)</sup>, 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.<sup>(1-5)</sup> O primeiro problema de acoplamento se deve ao fato da fibra natural ser hidrofílica e a matriz polimérica ser hidrofóbica.<sup>(6,7)</sup> 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.<sup>(5-7)</sup> Ainda outra limitação das fibras lignocelulósicas, em termos de seu emprego como reforço de compósitos poliméricos, é a resistência térmica relativamente baixa.<sup>(2)</sup> Esta foi a motivação para o presente trabalho.

Diversas fibras lignocelulósicas existentes no Brasil são hoje objeto de investigação como material para engenharia.<sup>(8)</sup> Uma destas fibras que se apresenta como potencial reforço de compósitos poliméricos é a fibra extraída do caule da bananeira.

Estudos estão sendo realizados com objetivo de investigar as propriedades mecânicas de fibras de diversas espécies e tipos,<sup>(9,10)</sup> bem como seus comportamentos como reforço de compósitos poliméricos.<sup>(11-23)</sup> Entretanto, nenhum trabalho até então avaliou o comportamento da fibra de bananeira 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, investigando sua variação de massa em função da temperatura, bem como as máximas taxas de degradação através da derivada desta curva termogravimétrica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As fibras de bananeira foram obtidas de caules de plantas como a ilustrada na Figura 1, fornecidas por um produtor local.



**Figura 1.** Plantas de bananeira.

Do caule da bananeira foram retiradas as fibras para a análise termogravimétrica presente no trabalho. A Figura 2 mostra uma das estruturas do pseudocaule utilizadas para se extrair as fibras. Essa parte da planta possui diâmetro médio entre 15 e 30 cm e foi deixada secar a temperatura ambiente antes de ser desfibrilada.



**Figura 2 -** Corte do caule da Bananeira.

A Figura 3 mostra fibras extraídas manualmente de estruturas como o apresentado na Fig 2. Estas fibras foram secas a temperatura ambiente por 24 horas após extração.



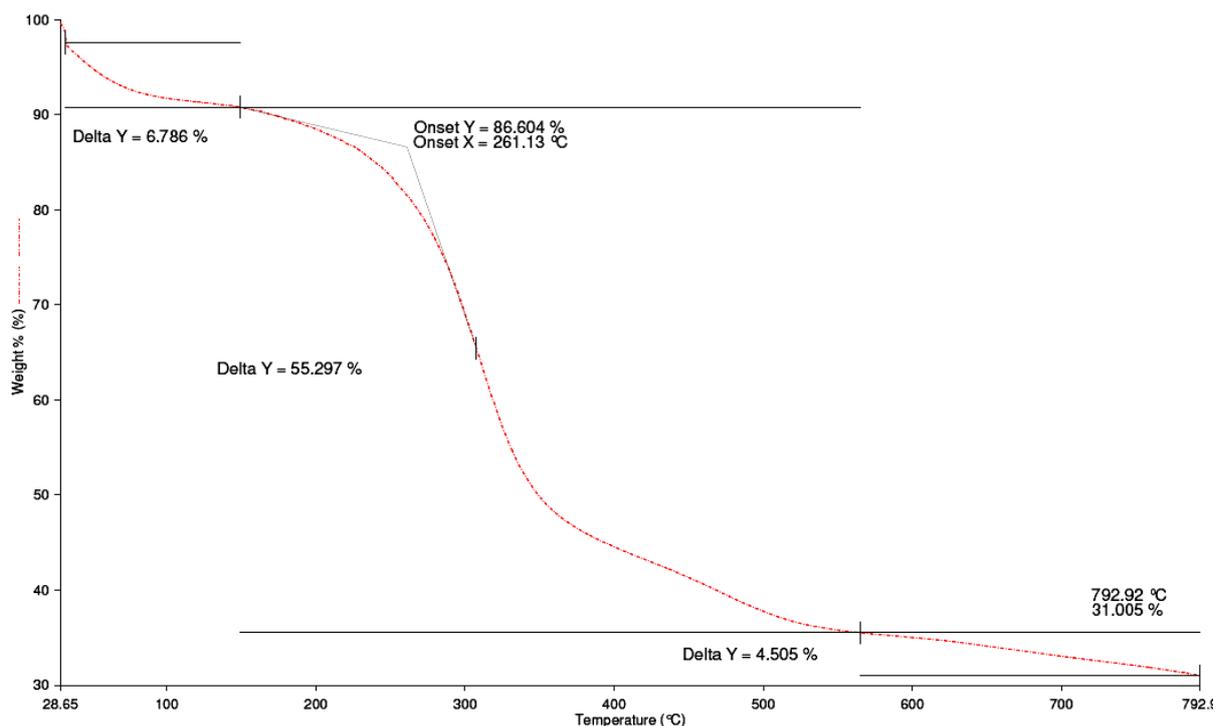
**Figura 3.** Lâminas do caule da bananeira e fibras de bananeira dispostas para secagem.

A estabilidade térmica de fibras de bananeira foi avaliada através de análises termogravimétrica (TG) tendo como objetivo a medição da variação de massa de uma amostra em função da temperatura. Para execução das análises termogravimétricas, as fibras de bananeira 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

Os resultados preliminares obtidos na análise térmica das fibras de bananeira estão apresentados e discutidos a seguir. A Figura 4 mostra a curva termogravimétrica, TG, de variação da perda de massa com a temperatura para a fibra de bananeira. O principal aspecto desta curva TG, similar ao que se obtêm para as outras fibras lignocelulósicas, é a existência de três estágios distintos. O primeiro estágio a baixas temperaturas, até cerca de 200°C, é caracterizado por uma perda relativamente pequena de massa, da ordem de 7%. Esta perda inicial de massa está associada a evaporação de água adsorvida na superfície da fibra devido à natureza hidrofílica de todas as fibras lignocelulósicas.<sup>(1-7)</sup> Os valores desta perda de umidade em geral não ultrapassa 10% nas fibras lignocelulósicas o que está coerente com os 7% encontrados para a fibra de bananeira na Fig. 4.

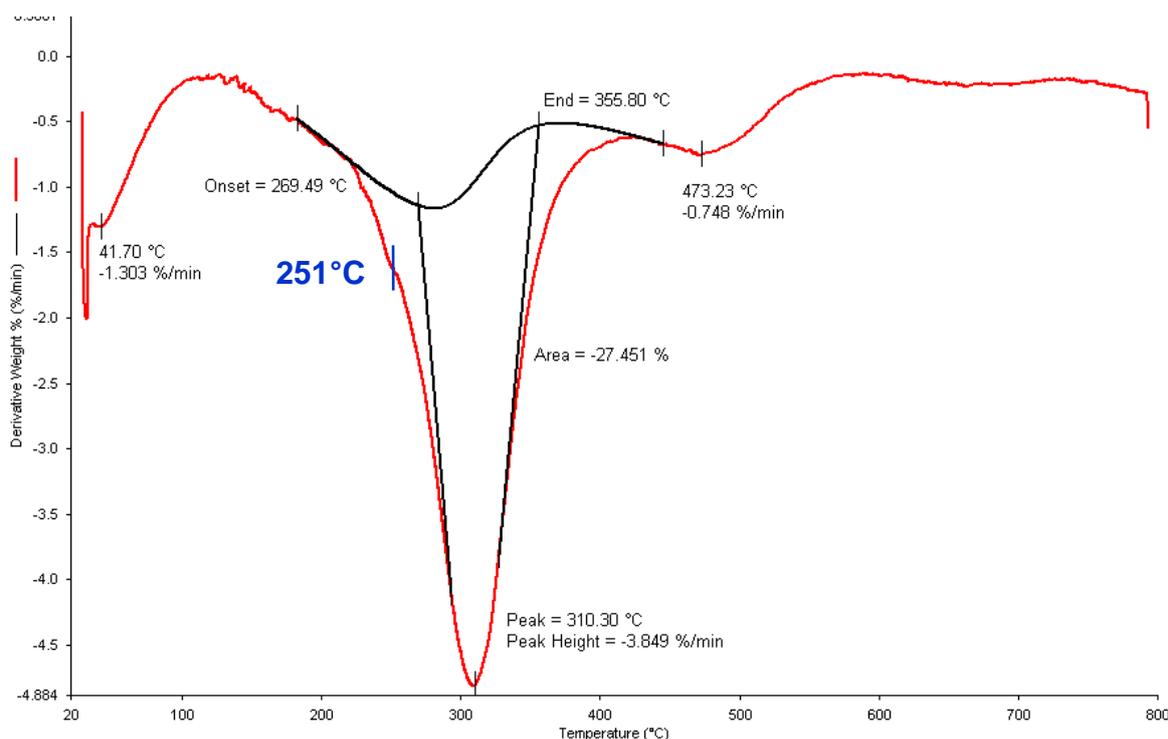
Um segundo estágio com acentuada perda de massa ocorre a partir de 150°C e se estende até por volta de 500°C, como pode ser observado na Fig. 4. Segundo Nabi Sared e Jog<sup>(2)</sup> este estágio com acentuada perda de massa está associado à decomposição térmica dos principais constituintes das fibras lignocelulósicas, ou seja, hemicelulose e lignina. No presente caso da fibra de bananeira, a perda de massa no segundo estágio é de 56%. Entretanto a caráter preliminar desta investigação não permite discriminar as quantitativamente quanto desta perda corresponde a cada um dos constituintes da fibra de bananeira.



**Figura 4** - Curva de TG para a fibra de bananeira

Um terceiro e último estágio com perda de massa da ordem de 36% estende-se aproximadamente de 500°C até o final do ensaio em 770°C. Este estágio também é semelhante ao que se observa em outras fibras lignocelulósicas. Sugere-se que esta perda de massa a altas temperaturas possa estar relacionada com outras reações de degradação térmica de subprodutos de decomposição de constituintes no segundo estágio com formação de compostos mais estáveis de alcatrão/piche ou então oxidação de elementos tais como cálcio, potássio, sílica existentes na fibra de bananeira.

A Figura 5 mostra a curva DTG, derivada da curva TG na Fig. 4, para a fibra de bananeira. Nesta figura tem-se um pico proeminente centrado na temperatura de 310°C. Além deste pico principal, observa-se também uma pequena distorção em suas laterais que poderia ser considerada como um "ombro" na própria curva do pico. Este "ombro" é observado por volta da temperatura de 251°C, como assinalado em azul na Fig. 5. Outro pico bem delineado, embora menor, é visto a 473°C na parte denominada de "cauda" do pico principal. Vale também registrar um pequeno pico por volta de 42°C, coincidindo com as oscilações iniciais na curva de DTG.



**Figura 5 - Curva de DTG para a fibra de bananeira**

As temperaturas dos picos vistos na Fig. 5 possuem similares em outras fibras lignocelulósicas.<sup>(24-27)</sup> Na realidade, o pequeno pico inicial a cerca de 40°C certamente corresponde à liberação da umidade adsorvida na superfície da fibra de bananeira. Outras fibras lignocelulósicas apresentam este pico inicial em temperaturas que variam de 40 a 100°C.<sup>(24-27)</sup> Em relação ao pico proeminente, a 310°C, sugere-se que corresponda à condição de maior taxa de degradação da estrutura da fibra de bananeira. Em princípio, o “ombro” a 251°C poderia ser associado à decomposição da hemicelulose e início da degradação da lignina. Por sua vez, o pico proeminente a 310°C estaria relacionado com a decomposição da celulose, o principal constituinte da fibra de bananeira. No caso da fibra de piaçava<sup>(27)</sup>, estes picos ocorrem em temperaturas de 288 e 357°C, respectivamente, enquanto que, para a fibra de curauá ocorrem por volta de 220 e 350°C.<sup>(26)</sup>

Finalmente, o pico a 473°C na Fig. 5 e que estaria relacionado à perda de massa de 31% na Fig. 4, poderia estar associado ao final da decomposição de lignina. Esta possibilidade tem por base os resultados obtidos por Caraschi e Leão<sup>(26)</sup> com fibras de curauá.

#### 4 CONCLUSÕES

- O comportamento termogravimétrico da fibra de bananeira revelou três estágios de perda de massa na variação da curva de TG com a temperatura, similar ao observado com outras fibras lignocelulósicas.
- O primeiro estágio até 150°C com perda de massa de cerca de 7% e pico de DTG a 42°C, está relacionado à liberação da umidade adsorvida na superfície da fibra de bananeira.
- O segundo estágio correspondente a uma acentuada perda de massa, entre 150 e 500°C, pode ser associado à decomposição dos constituintes,

hemicelulose, lignina e celulose, da estrutura da fibra de bananeira, como em outras fibras lignocelulósicas.

- Além de um proeminente pico DTG no segundo estágio, típico da decomposição de celulose, observam-se não só um pico “ombro”, possivelmente relacionado à hemicelulose e início da degradação da lignina, mas também a um pico “cauda”, atribuído ao fim da degradação da lignina.
- O terceiro estágio de perda de massa menos acentuada, entre 500 e 800°C, relaciona-se à decomposição de outros componentes da estrutura ou reações de compostos inorgânicos, formando alcatrão/piche, bem como 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.; HINRICHSEN, 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 Banana 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 banana epoxy composites, **J. Mater. Sci.** v. 24, p. 3483-3490, 1989.
- 12 JAIN, S.; KUMAR, R.; JINDAL, U.C. Mechanical behavior of banana and banana composites.”, **J. Mater. Sci.** v. 27, p. 4598-4604, 1992.
- 13 JAIN, S.; KUMAR, R.; JINDAL, U.C. Development and fracture mechanism of the banana/polyester resin composite, **J. Mater. Sci. Lett.** v. 12, p 558-560, 1993.

- 14 CHEN, X.; GUO, Q.; MI, Y. Banana 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 banana 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 banana 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 banana 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/banana 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 banana and kenaf fibres, **Composites Part A**, v. 39, p. 640-646, 2008.
- 20 HUANG, X.; NETRAVALI, A. Biodegradable green composites made using banana 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/banana 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 banana 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.