



CARACTERIZAÇÃO POR ANÁLISE TÉRMICA DE FIBRAS DE BANANEIRA¹

*Nathalia Carneiro Garcia Rosa²
Lucas Barbosa de Souza Martins³
Ruben Sanchez Rodriguez⁴
Sergio Neves Monteiro⁵
Tereza Elidio de Castillo⁶*

Resumo

Fibras de bananeira estão sendo estudadas como um potencial reforço para compósitos poliméricos devido à relativa resistência mecânica. Entretanto, o efeito da elevação de temperatura no comportamento das fibras ainda não foi investigado. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise térmica em fibras de bananeira com diferentes diâmetros. Para realização desta análise, as fibras de bananeira foram moídas, e então a análise foi conduzida pelas técnicas termo-gravimétrica de TGA e DTG, assim como calorimetria exploratória diferencial, DSC. Foi encontrado que as fibras de bananeira apresentam acentuada degradação a partir de 200°C, mostrando picos referentes à perda de massa.

Palavras-chave: Fibras de bananeira; Análise térmica; TGA/DTG; DSC.

CHARACTERIZATION BY THERMAL ANALYSIS OF BANANA FIBERS

Abstract

Banana fibers have been studied as a potential reinforcement for polymer composites due to the relative tensile strength. However, the effect of increasing temperature on the fibers behavior has not yet been investigated. Therefore, the objective of this work was to perform a thermal analysis on banana fibers with different diameters. To perform this analysis, the banana fibers were ground, and subsequently submitted to thermo-gravimetric, TGA and DTG, as well as differential scanning calorimetric, DSC, analysis. The banana fibers showed pronounced degradation with onset on 200°C, showing thermal peaks related to the loss of mass.

Key words: Banana fibers, thermal analysis, TGA/DTG; DSC.

¹ *Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.*

² *Graduando, CCT/UENF, nathalia_cgr@yahoo.com.br*

³ *Graduando, CCT/UENF,*

⁴ *D.Sc, Professor, LAMAV – CCT/UENF,*

⁵ *PhD, Professor Titular, LAMAV – CCT/UENF,*

⁶ *D.Sc, LAMAV – CCT/UENF.*

1 INTRODUÇÃO

Fibras lignocelulósicas, também conhecidas como fibras naturais de plantas, estão apresentando crescente interesse devido à possibilidade de substituir fibras sintéticas, principalmente às 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 a matriz polimérica e heterogeneidades dimensionais.⁽¹⁻⁵⁾ O primeiro problema apresentado deve-se 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⁾

Uma das fibras naturais que se apresentam como potencial reforço de compósitos poliméricos é a fibra de bananeira (*specie Musacea*) extraída do caule da planta de bananeira.⁽⁸⁻¹¹⁾ Estudos estão sendo realizados com objetivo de investigar as propriedades mecânicas da fibra de bananeira,^(12,13) bem como seu comportamento como reforço de compósitos poliméricos,⁽¹⁴⁾ 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 de bananeira, investigando sua variação de massa e calorimétrica em função da temperatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Fibras extraídas do pseudocaule de uma bananeira da família das *Musacea*, ilustrada na Figura 1, foram adquiridas como um feixe através de um grupo de coletores com sede na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UNF). As características dimensionais bem como algumas propriedades físicas e mecânicas foram recentemente apresentadas.^(12,13)

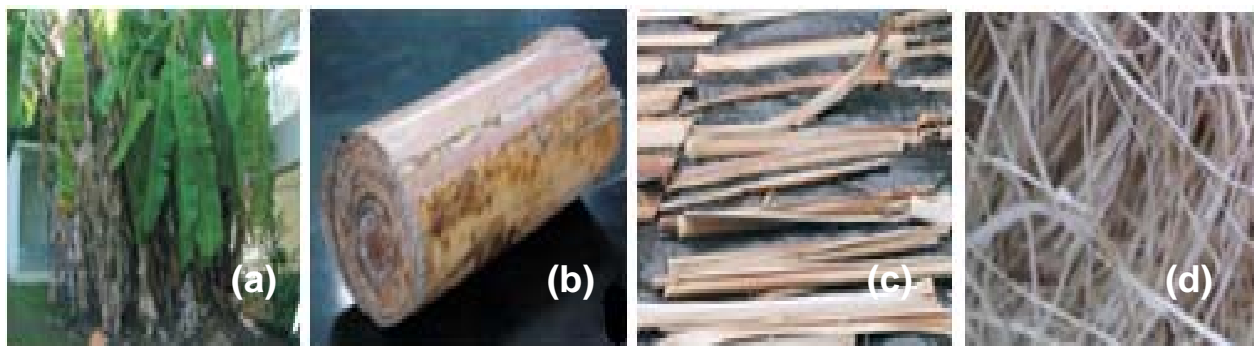


Figura 1. (a) Pseudocaule de uma bananeira, (b) com diâmetro médio de 15-30 cm, (c) secos ao sol por uma semana e (d) grupo de fibras após o desfibrilamento.

A estabilidade térmica de fibras de bananeira 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. Além disso, foi efetuada uma análise calorimétrica diferencial (DSC) para avaliar a variação do fluxo térmico com a 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 TA Instruments Systems DSC 2910, mostrado na Figura 1 (a). Os parâmetros utilizados foram: taxa de aquecimento de 10°C/min e a temperatura partiu da ambiente até ao máximo de 850°C, sob atmosfera de nitrogênio.

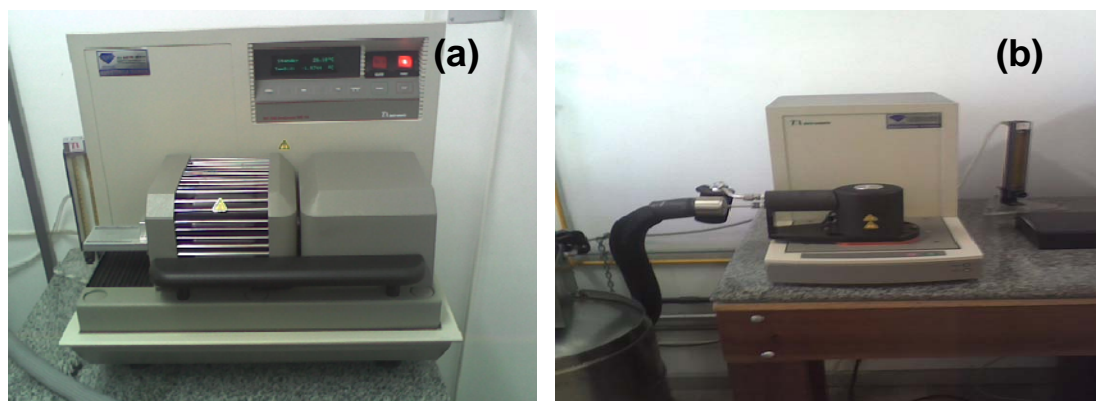


Figura 2. Equipamentos de Ensaios: (a) termogravimétrico e (b) calorimétrico.

Já os ensaios de DSC foram conduzidos em amostras moídas de fibras de bananeira utilizando outro equipamento da TA Instrument. A Figura 1(b) ilustra o equipamento de DSC da TA Instruments modelo 2910 do Laboratório de Materiais avançados (LAMAV/UENF). Os parâmetros de ensaio usados para a realização do ensaio foram os seguintes: A temperatura máxima dos ensaios variou entre 25°C e 190°C. Taxa de aquecimento de 10°C/min.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva termogravimétrica de TGA da fibra de bananeira está apresentada na Fig.3. Nesta curva notam-se três estágios distintos no comportamento da fibra de bananeira. Com a temperatura e sob atmosfera de nitrogênio. Estes estágios são similares aos obtidos com outras fibras lignocelulósicas como a de curauá,⁽¹⁵⁾ piaçava⁽¹⁶⁾ e rami.⁽¹⁷⁾ Inicialmente, em baixas temperaturas de 25°C a 200°C ocorre uma perda de massa de cerca de 11% que pode ser atribuída à liberação de umidade naturalmente adsorvida na superfície da fibra de bananeira 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.⁽¹⁷⁾

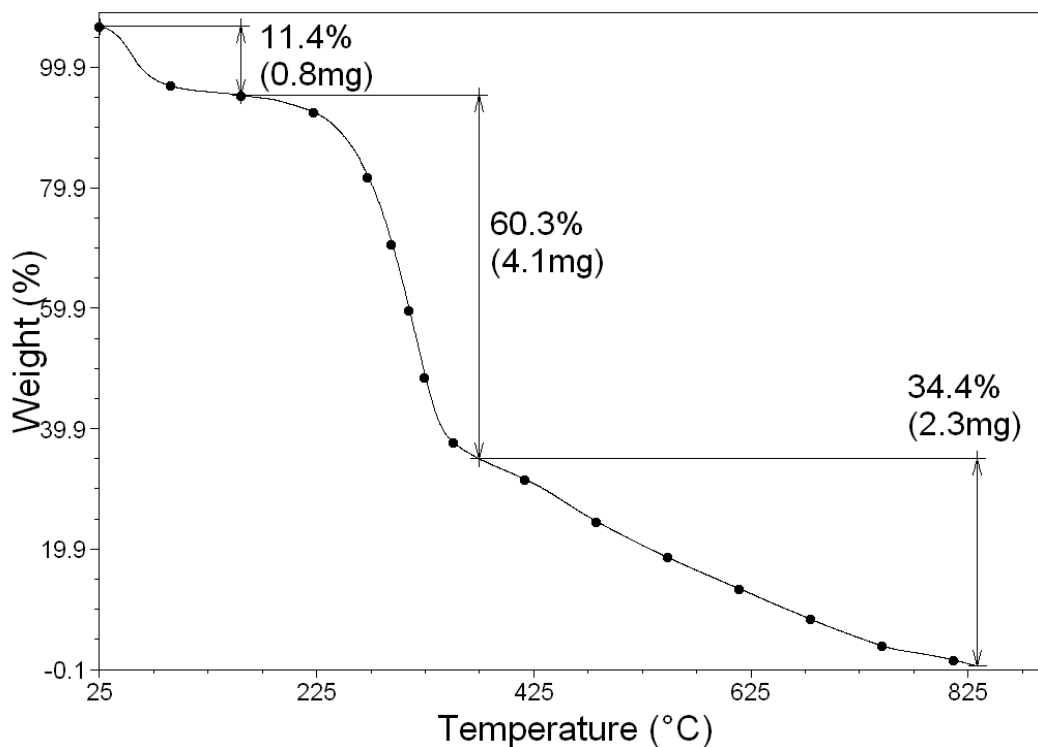


Figura 3. Curva de TGA para fibras de bananeira.

A partir de 200°C ocorre uma acentuada perda de massa de cerca de 60%, Figura 3, até 370°C. Este estágio está associado à degradação dos constituintes principais das fibras lignocelulósicas, ou seja, a celulose e a lignina,⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ 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 34%, não tão acentuado, e que, em princípio, poderia estar associada a outras reações de decomposição de compostos mais estáveis ou formação de inorgânicos a partir de cálcio, potássio e sílica existentes na estrutura da fibra de bananeira.

A derivada, DTG, da curva de TGA da fibra de bananeira está apresentada na Figura 4. Nesta curva observam-se dois picos bem delineados, a 54,1°C e 316,3°C. Além disto, ocorrem outras oscilações na curva de DTG que poderiam ser interpretadas como picos, particularmente por volta de 460°C. Vale também notar que o principal pico possui uma ligeira distorção ou ombro na sua parte esquerda que pode ser interpretada como outro pequeno pico, superposto ao principal, por volta de 270°C.

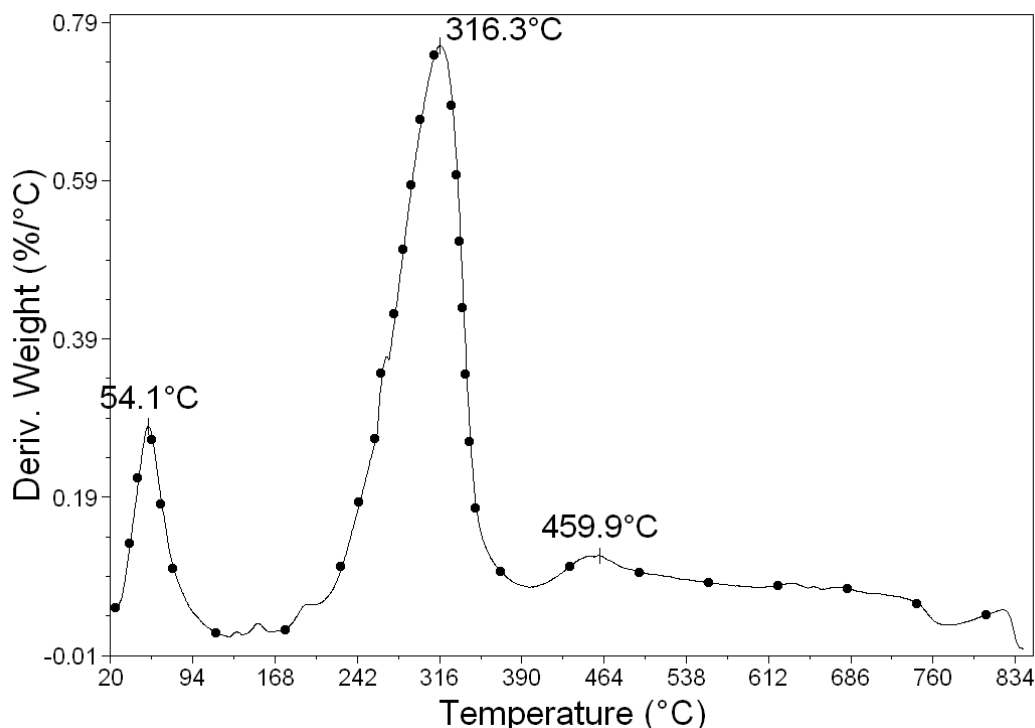


Figura 4. Curva de DTG para fibras de bananeira.

As temperaturas dos picos na Fig 4 se assemelham às encontradas para outras fibras lignocelulósicas.⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ A baixa temperatura, o primeiro pico, 54,1°C, certamente corresponde a liberação da umidade adsorvida na superfície da fibra de bananeira. Em outras fibras⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ esta temperatura é de cerca de 60°C. Para o pico principal, 316,3°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 270°C corresponderia à decomposição da celulose e o principal da lignina. No caso da fibra de piaçava,⁽¹⁶⁾ estes picos estão bem separados em temperaturas de 288°C e 357°C, respectivamente. No caso do curauá,⁽¹⁵⁾ os picos ocorrem por volta de 220°C e 350°C. Picos secundários à maiores temperaturas, como o de 460°C na Figura 4, poderia eventualmente estar associada à decomposição da hemicelulose com base nos resultados discutidos por Caraschi e Leão.⁽¹⁸⁾

A curva de escoamento de calor com a temperatura obtidas por ensaios calorimétrico, DSC, em amostra de fibra de bananeira está apresentada na Fig 5. Tal ensaio é realizado até 190°C, pois este é o valor máximo suportado para compósitos reforçados com fibra naturais, além disso, não há interesse que neste ensaio ocorra a deterioração da fibra de bananeira. Nesta figura observa-se uma grande absorção de calor entre, aproximadamente, 60°C e 200°C, caracterizando um pico endotérmico por volta de 128°C. Este pico é semelhante a outros obtidos para fibra de piaçava⁽¹⁶⁾ a 125°C e fibras de rami com diferentes diâmetros⁽¹⁷⁾, por volta de 120°C. Resultado também comparável foi obtido para a fibra de curauá.^(15,18)

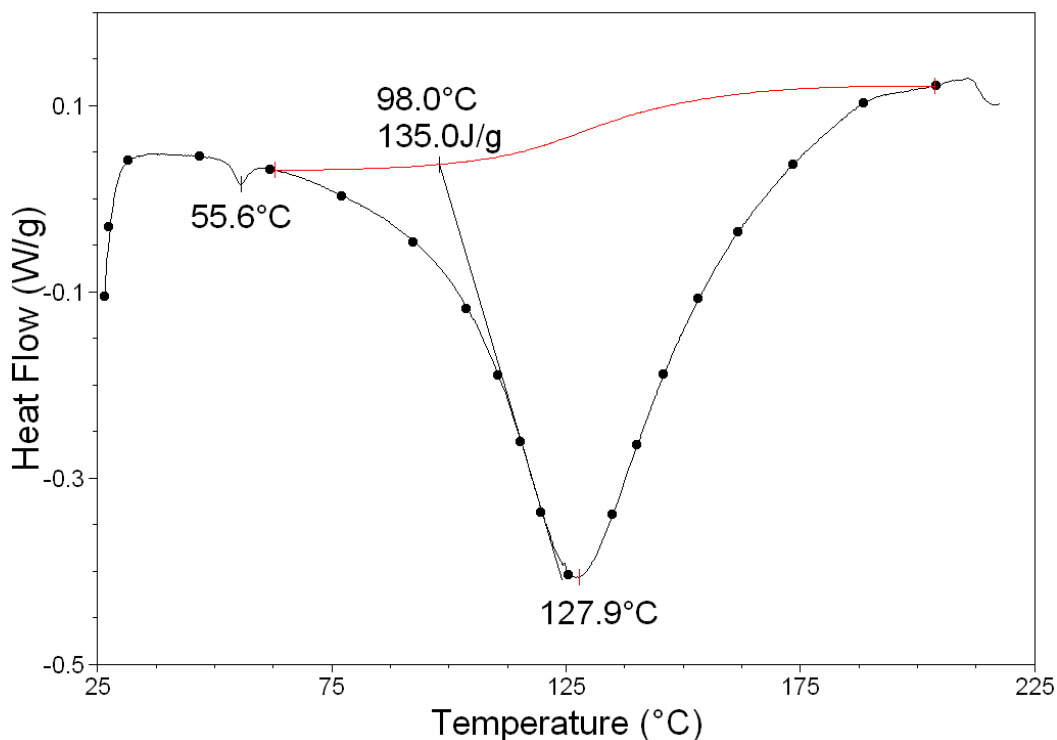


Figura 5. Curva de DSC para fibra de bananeira.

Aparentemente, os picos na curva de DSC encontrados no entorno destas temperaturas, 110°C a 130°C, estão associados à liberação da água de formação da estrutura lignocelulósica das fibras naturais. Em princípio este evento estaria superpondo-se ao intervalo de temperatura (Figura 3), em que também ocorreria a perda de água adsorvida na superfície da fibra. Contudo, a medida da entalpia, 135J/g na Figura 4, relativa ao fluxo térmico do pico endotérmico é muito superior ao da simples perda de umidade. Provavelmente, o pequeno pico a 55,6°C, quase coincidindo com o pico DTG de 54,1°C na Figura 4, estaria relacionado exclusivamente com a perda de umidade. Em recente trabalho⁽¹⁹⁾ verificou-se que a celulose de fibra de bagaço de cana apresenta valores de entalpia medidos em ensaios de DSC, variando entre 71,9 J/g e 381,9 J/g. Em princípio, isto justificaria o valor encontrado no presente trabalho, pois o pico da celulose de bagaço acontece a 126°C.⁽¹⁹⁾

4 CONCLUSÕES

- A análise termogravimétrica da fibra de bananeira permitiu identificar três estágios de perdas de massa com a temperatura.
- Um primeiro estágio até 200°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°C até 370°C identifica-se com a decomposição tanto de celulose quanto da lignina.
- Um terceiro estágio de queda menos acentuada até o fim do ensaio a 825°C, aparentemente relaciona-se à decomposição de outros componentes da estrutura ou reações de compostos inorgânicos.
- As curvas de DTG e DSC corroboram estas interpretações indicando, adicionalmente que ocorreria decomposição de hemicelulose a 460°C e



liberação de água da cristalização da estrutura celulignina da fibra de bananeira a 128°C.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ, CNPq, CAPES e FENORTE/TECNORTE o suporte a esta investigação na forma de recursos à pesquisa e bolsas.

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 J. GASSAN, A.K. BLEDZKI, "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 KULKARNI, A. G.; SATYANARAYANA, K. G.; ROHATGI, P. K.; VIJAYAN, K. Mechanical properties of banana fibers. Journal of Material Science, v.18, p. 2290-2296, 1983.
- 9 MUKHERJEE, P. S.; SATYANARAYANA, K. G. An empirical evaluation of structure-property relationship in natural fibers and their fracture behavior. Journal of Material Science, v.21, p. 4162-4168, 1986.
- 10 NOLASCO, A. M.; SOFFNER, M. L. A. P.; NOLASCO, A. C. Physical-mechanical characterization of banana fiber, Musa Cavendish – nanicao variety. 2nd International Symposium on natural polymers and composites, ISNaPol, São Paulo, p. 191-193, 1998.
- 11 SATYANARAYANA, K. G.; GUIMARÃES, J. L.; WYPWCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. Composites: Part A, v.38, p. 1694-1705, 2007.
- 12 LOPES, F.P.D.; ROSA, N.C.G.; MARTINS, L.B. de S.; MONTEIRO, S.N. Análise de Weibull do comportamento em tração de fibras de bananeira, 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, CBECIMat, Campos do Jordão, 2010.
- 13 ROSA, N.C.G.; MARTINS, L.B.S.; LOPES, F.P.D, COSTA, L.L.; MONTEIRO, S.N. Dynamic –mechanical characterization of polyester matrix composites reinforced with banana fibers, Proceeding of the Mineral, Metals & Materials Symposium – TMS Conference, San Diego – EUA, p. 1-8, 2011.
- 14 CALLISTER Jr., W.D. Materials Science and Engineering – An Introduction, 5ª Edição, Nova York : John Wiley & Sons, 2000.
- 15 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, 38, 2007.



- 16 NASCIMENTO, D.C.O.; FERREIRA, A.S.; MONTEIRO, S.N.; R.J.S. RODRIGUEZ, R.J.S.; CASTILLO, T.E; SILVA, I.L.A. Comportamento térmico de fibras de Piassava (*Attalea funifera*) por TG/DTG e DSC testes, Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – *CBECIMAT*, Campos de Jordão, Brasil, p. 1-8, 2010.
- 17 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.
- 18 J.C. Caraschi, A.L. Leão, 'Chemical and thermal characterization of curaua fiber'. Proceedings of the international conference on frontiers of polymers and advanced materials, Poznan, Polônia, p.13-14, 1999.
- 19 D.R. Mulinari, "Comportamento térmico, mecânico e morfológico dos compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar", Tese de Doutorado, Programa Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá, Brasil, 2009.