

# PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO DE MATRIZ EPOXÍDICA E FIBRA DE BANANEIRA<sup>1</sup>

Cynthia Ferreira Alves<sup>2</sup>  
Simone dos Santos Afonso<sup>3</sup>  
George Jackson de Moraes Rocha<sup>4</sup>  
Carlos Alberto Baldan<sup>5</sup>  
Carlos Yujiro Shigue<sup>6</sup>

## Resumo

Neste trabalho foram preparados e caracterizados compósitos de matriz epoxídica com fibra de bananeira objetivando determinar a influência das condições do tratamento químico da fibra do pseudocaule da bananeira e das geometrias das fibras na preparação dos compósitos. Foram preparados três tipos de compósitos: compósitos de fibra curta, compósitos de fibra longa alinhadas transversal e longitudinalmente. As técnicas de caracterização foram: microscopia ótica, análises térmicas por calorimetria exploratória diferencial (DSC) e análise dinâmico-mecânica (DMTA), ensaios de tração da fibra e de flexão em três pontos para os compósitos. Observou-se nos termogramas de DSC a maior estabilidade térmica da fibra com tratamento. A microestrutura das fibras sem tratamento revelou a ocorrência de pontos de ruptura parcial e não uniforme; nas amostras de fibra tratadas observou-se maior uniformidade. Nos ensaios de DMTA dos compósitos observou-se incremento de até 50% no módulo de armazenamento no patamar vítreo em comparação ao da resina epoxídica pura. Os ensaios de flexão de três pontos mostraram maior valor no módulo de Young dos compósitos com fibras longas em comparação aos compósitos de fibra curta.

**Palavras-chave:** Fibra de Bananeira; Resina epoxídica; Compósito.

## PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF EPOXY MATRIX COMPOSITE REINFORCED WITH BANANA TREE FIBER

### Abstract

In this work were prepared and characterized epoxy matrix composites reinforced with banana tree fiber aiming to determine the influence of the chemical treatment and the geometry of the banana tree fiber stem. We prepared three types of composites: short fiber composite, and long fiber composites aligned transversely and longitudinally. The analytical techniques were: optical microscopy, thermal analysis by differential scanning calorimetry (DSC) and dynamic mechanical thermal analysis (DMTA), tensile test and three-points bending for the mechanical characterization of fiber and composite materials. The banana-tree fiber DSC thermograms have shown the thermal stability of the fiber with treatment is greater than the untreated fiber. The optical micrograph of untreated fiber samples showed occurrence of points of partial and non-uniform breaking. The DMTA tests of composites showed an increase of storage modulus in the glassy state compared to the neat epoxy resin. The Young's modulus measured by the bending tests showed the highest values for the longitudinal fiber composite.

**Key words:** Banana tree fiber; Epoxy resin; Composite.

<sup>1</sup> 65<sup>o</sup> Congresso Anual ABM.

<sup>2</sup> Estudante de Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP.

<sup>3</sup> Estudante de Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP.

<sup>4</sup> Doutor, Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP.

<sup>5</sup> Doutor, Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP.

<sup>6</sup> Doutor, Escola de Engenharia de Lorena EEL-USP.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as fibras naturais, a fibra de bananeira vem despertando renovado interesse por causa da sua ampla disponibilidade em países de clima tropical e por causa do problema ambiental causado pela disposição em aterro dos resíduos da produção comercial de banana [1]-[2]. Também foi reportado na literatura que a adição de fibra de bananeira curta sem tratamento em compósitos de matriz de poliéster [3] apresentou um aumento de 20% na resistência à tração e de 341% na resistência ao impacto. A fibra tratada com silano apresentou um aumento de 28% na resistência à tração e de 13% na resistência à flexão. Por outro lado, na adição de fibra do pseudocaule da bananeira em compósitos termoplásticos de PVC [4] também se observou aumento na resistência à tração e ao impacto e ligeira redução no alongamento na ruptura. JOSEPH, SREEKALA e THOMAS [5] mostraram que o pré-tratamento químico de fibra de bananeira com NaOH melhora a sua adesão com matriz de fenol-formaldeído (PF) e, conseqüentemente, a estabilidade térmica do compósito.

O objetivo deste trabalho é a preparação e caracterização de compósitos de matriz epoxídica reforçados com fibra extraída do pseudocaule da bananeira. Devido às suas características estruturais, o pseudocaule da bananeira permite a obtenção de fibras longas com elevada resistência mecânica, sendo por isso atraente na preparação de compósitos unidirecionais empregando resina epoxídica de cura a temperatura ambiente.

Neste trabalho foi realizada a caracterização térmica e mecânica das fibras de bananeira com e sem tratamento com solução alcalina de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Usando a fibra tratada foram preparadas e caracterizadas por ensaios de flexão em três pontos e por análise dinâmico-mecânica na faixa de temperatura entre 30 e 280°C de compósitos de matriz epoxídica com fibra curta e fibras longas dispostas nas direções transversal e longitudinal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAIS

A seguir é feita uma breve descrição dos componentes do compósito.

#### 2.1.1. RESINA EPOXÍDICA (MATRIZ DO COMPÓSITO)

O sistema bicomponente Royapox 5050, comercializado pela empresa RVD Materiais Dielétricos (Valinhos, SP), é constituído pela resina epóxi à base de éter diglicidílico de bisfenol A (DGEBA) e endurecedor a base de amina alifática, de cura a temperatura ambiente. A proporção de mistura utilizada foi de 100 partes de Royapox 5050 para 40 partes de endurecedor 5050 em massa, conforme recomendado pelo fabricante [6]. O tempo de cura é de 4 a 8 horas à temperatura ambiente.

#### 2.1.2. FIBRA DO PSEUDOCAULE DE BANANEIRA

A fibra do pseudocaule de bananeira foi estudada sob duas formas: a fibra seca (sem tratamento) e a fibra tratada quimicamente com  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , através de ensaios



mecânicos de tração. O material foi extraído na região de Lorena e não possui classificação do tipo de bananeira do qual foi feita a extração das fibras.

O tratamento com  $\text{Ca(OH)}_2$  (pH = 13) foi realizado num reator cilíndrico com capacidade de 20,0 L e agitação externa por rotação de modo a assegurar a integridade estrutural da fibra extraída por este processo. O reator foi mantido a 115°C por 4 horas, sendo que o tempo para aquecimento foi de duas horas e mais duas horas para resfriamento até a temperatura ambiente.

Após o tratamento químico, a fibra foi seca ao ar a temperatura ambiente. Nenhum outro tratamento das fibras foi feito antes da preparação dos compósitos.

### 2.1.3. COMPÓSITOS COM FIBRA DE BANANEIRA

Foram preparados três tipos de compósitos de resina epoxídica com fibra de bananeira tratada quimicamente:

#### i. COMPÓSITO COM FIBRA CURTA

A fibra da bananeira foi cortada manualmente em pedaços de 5 mm de comprimento. Em um béquer contendo 95 partes de resina epoxídica foi adicionada uma quantidade de 5 partes em volume de fibra. Misturou-se com um bastão a resina com a fibra manualmente. Essa mistura foi despejada em um molde de aço com o desmoldante a base de óleo de silicone. A mistura foi curada em temperatura ambiente durante dois dias.

#### ii. COMPÓSITOS COM FIBRAS LONGAS ALINHADAS TRANSVERSAL E LONGITUDINALMENTE

Os compósitos com fibras longas alinhadas nas direções transversal e longitudinal foram preparados no mesmo molde, como descrito a seguir.

As fibras de bananeira de diâmetro variável e comprimento aproximado de 25 cm foram dispostas paralelamente sobre o molde de aço, onde suas extremidades foram fixadas com uma lâmina metálica parafusada no molde para evitar sua movimentação e mantê-las esticadas. Em seguida, foi despejada sobre a fibra a resina previamente preparada, de forma a cobrir totalmente a fibra e não formar bolhas de ar. Posteriormente, foi curada em temperatura ambiente por dois dias. Após a cura o compósito foi retirado do molde, cortado e usinado em corpos de prova com fibras alinhadas na direção longitudinal e transversal, conforme mostrado no esquema da Fig. 1.

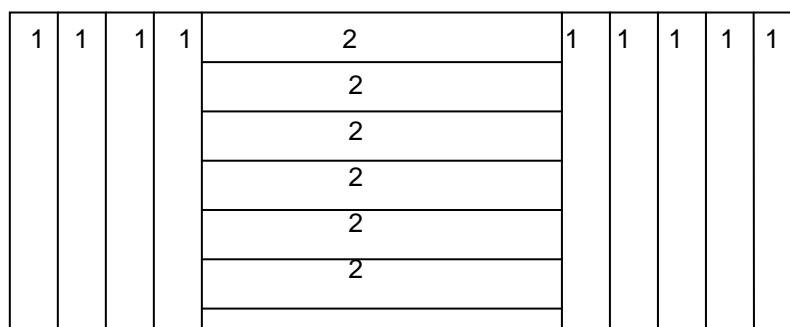


Figura 1. Esquema de usinagem dos corpos de prova com fibras alinhadas longitudinal e transversalmente.

As posições número 1 são os compósitos com fibra alinhada na direção transversal e as posições 2 são os compósitos com fibra alinhada na direção longitudinal. As dimensões dos dois tipos de compósitos são idênticas e iguais a 76 x 10 x 4,5 mm.

## 2.2. MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO

Neste item procurou-se fazer uma breve descrição das técnicas empregadas na caracterização dos materiais compósitos realizados neste trabalho.

### 2.2.1. ANÁLISE TÉRMICA DINÂMICO-MECÂNICA (DMTA)

O ensaio de análise térmica dinâmico-mecânica foi realizado sob flexão em três pontos (modo *dual cantilever*) no equipamento *TA Instruments* modelo 2980, submetido a amplitude de deformação controlada de 10  $\mu\text{m}$  a 1 Hz. A taxa de aquecimento foi de 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  na faixa de temperatura de 30 a 250  $^{\circ}\text{C}$ .

### 2.2.2. ANÁLISE POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

O equipamento de análise por DSC utilizado é o SETARAM modelo Setsys. As condições do ensaio foram as seguintes:.

- Cadinho: alumina
- Gás de arraste: argônio ultrapuro, vazão: 100 mL/min
- Taxa de aquecimento: 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$
- Faixa de temperatura: 30 $^{\circ}\text{C}$  a 500 $^{\circ}\text{C}$

### 2.2.3. MICROSCOPIA ÓPTICA

Utilizou-se um microscópio *Avantscope* modelo M2 USB, equipado com uma câmara CCD de 310 kB de resolução, lente de aumento de 10X e fonte de iluminação de LED branco.

### 2.2.4. ENSAIO MECÂNICO DE TRAÇÃO

A avaliação das propriedades mecânicas das fibras de bananeira seca e tratada foi realizada numa máquina universal de ensaios EMIC modelo DL3000 com 30 kN de capacidade em ensaio de tração e garras para tracionamento de amostras de fibras longas. A máquina é controlada através de interface digital com um computador; o programa TESC versão 3.04 foi usado para programar as seguintes condições de ensaio:

- Velocidade de deslocamento: 5 mm/min
- Comprimento base mínimo: 60 mm
- Limite de força: 3 kN
- Limite de deslocamento: 2000 mm

A célula de carga utilizada na medição da carga aplicada tem capacidade de 20 kN e a temperatura de realização do ensaio é 25  $^{\circ}\text{C}$ .

## 2.2.5. ENSAIO MECÂNICO DE FLEXÃO

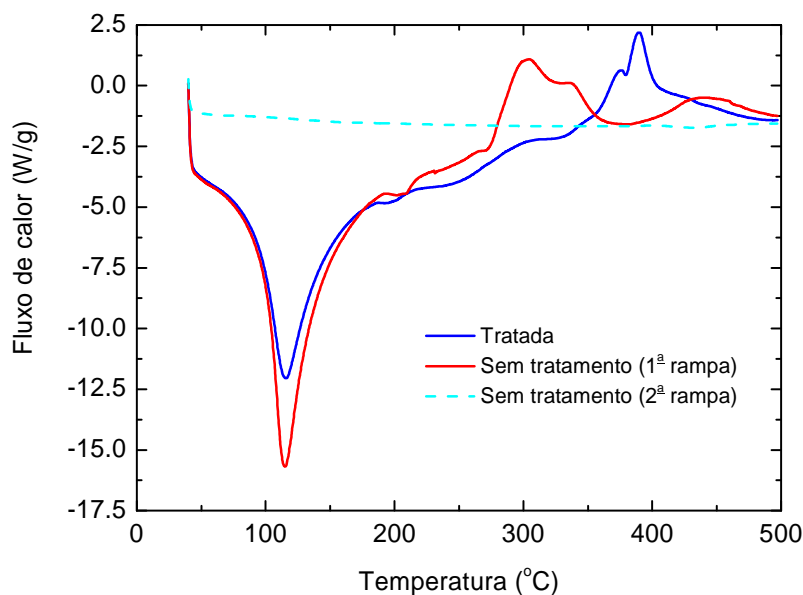
Os corpos de prova preparados com os compósitos de fibra curta e fibra longa foram ensaiados de acordo com a norma ASTM D 790. Os ensaios de flexão em três pontos foram realizados na máquina de ensaios mecânicos universal EMIC modelo DL3000, dotada de célula de carga com capacidade máxima de 5 kN e programa de aquisição TESC 3.04, através da aplicação de carga na amostra na temperatura de 25°C. As cargas foram aplicadas até a fratura das amostras. O espaçamento entre os pontos de apoio foi fixado em 48,0 mm para todas as amostras. Foi utilizado o defletômetro modelo EE05 da EMIC para medição do deslocamento do atuador.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. ENSAIOS DAS FIBRAS DE BANANEIRA

#### 3.1.1. ENSAIOS DE DSC

Os termogramas de DSC da fibra de bananeira com e sem tratamento alcalino estão mostrados na Fig. 2. Foram feitas duas rampas de aquecimento até 500°C para a amostra sem tratamento para verificação da estabilidade térmica da fibra.



**Figura 2.** Termograma de DSC da fibra de bananeira com e sem tratamento alcalino.

O termograma exibe dois picos no intervalo de medição: o primeiro pico endotérmico em torno de 100 °C corresponde à perda de água adsorvida na fibra. O segundo pico exotérmico ocorre em temperatura mais baixa para a fibra seca em comparação com o termograma da fibra tratada. Observa-se que o termograma da 2ª rampa de aquecimento não exibe fluxo de calor em toda a faixa de temperatura indicando que a cristalização da fibra foi totalmente completada no primeiro aquecimento.



### 3.1.2. MICROSCOPIA ÓTICA

A fibra vegetal é um material que apresenta baixa uniformidade morfológica. Embora tenha sido feita uma seleção manual para minimizar não uniformidades nas amostras ensaiadas, observou-se que em algumas amostras ocorreram fraturas aleatórias em regiões distintas das esperadas. Essas regiões apareceram principalmente em locais nos quais as fibras secas foram dobradas para seu armazenamento. Além disso, as fibras que não apresentam tais fragilidades acabaram rompendo nas extremidades da região útil do ensaio, ou seja, onde o corpo de prova é preso à garra metálica. Neste caso a própria pressão da garra sobre as fibras acabou fragilizando o material.

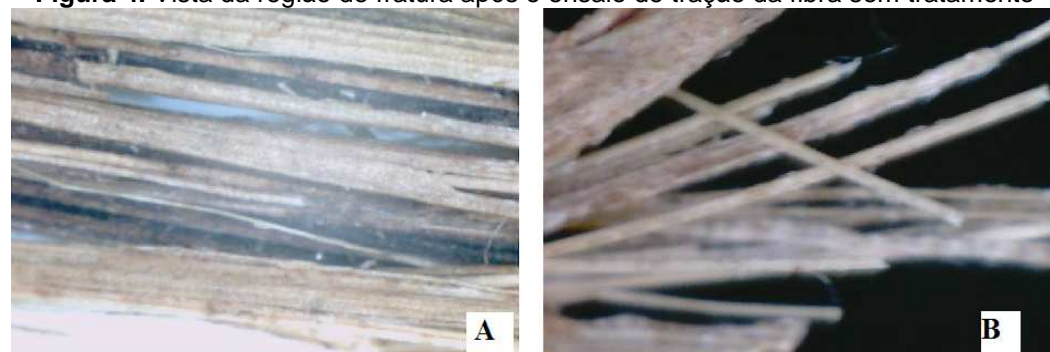
O tratamento químico conferiu maior uniformidade ao material, evitando os problemas descritos no parágrafo anterior. Essa uniformidade pode ser observada nas micrografias da figura 5, que apresenta várias amostras de fibra tratada alinhadas lado a lado. A figura 3 apresenta duas amostras de fibra seca entre as quais é possível notar grandes diferenças. No ensaio de tração, as amostras de fibra seca e de fibra tratada diferiram no local da fratura, pois a fibra tratada rompe uniformemente (Fig. 5) enquanto que as amostras de fibra seca rompem em diversas regiões da fibra (Fig. 4).



**Figura 3.** Vistas de duas amostras de fibra sem tratamento antes do ensaio de tração.



**Figura 4.** Vista da região de fratura após o ensaio de tração da fibra sem tratamento



**Figura 5.** (A) Amostras de fibra tratada; (B) pontos de fratura das amostras de fibra tratada.

### 3.1.3 ENSAIO DE TRAÇÃO DAS FIBRAS

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos das curvas de tração versus deformação para seis corpos de prova de fibra seca sem tratamento. Observa-se que os valores das dimensões, da tensão limite e do módulo de Young apresentam grande desvio, da mesma ordem de grandeza dos valores medidos. Como as amostras de fibra sem tratamento apresentaram fratura não uniforme no comprimento da fibra, influenciando significativamente na dispersão dos resultados.

**TABELA 1.** Dados referentes ao ensaio de tração da fibra seca sem tratamento.

Largura (mm)	Espessura (mm)	Comprimento base (mm)	Força max. (N)	Tensão (MPa)	Módulo de Young (GPa)
6,69	0,80	190	207,05	38,69	1,72
6,04	1,02	190	65,82	10,68	0,79
6,89	1,36	190	85,39	9,11	0,46
6,69	0,80	190	67,71	12,65	0,80
5,65	0,70	190	104,67	26,35	1,27
5,75	2,57	190	98,44	6,66	0,22
Média da tensão da força máxima =				17,36	$E_{\text{médio}} = 0,88 \text{ GPa}$
Desvio padrão da tensão na força máxima =				$\pm 12,53$	desvio = $\pm 0,54$

A Tabela 2 apresenta os dados das medições do ensaio de tração das fibras com tratamento. As amostras de fibra tratada também apresentaram dispersão nos resultados de tensão e deformação, entretanto, com menor grau. Outra característica distinta foi a elongação na ruptura, que apresentou, em geral, menores valores do que os observados nas amostras de fibra sem tratamento.

**TABELA 2.** Dados referentes ao ensaio de tração da fibra tratada.

Largura (mm)	Espessura (mm)	Comprimento base (mm)	Força max. (N)	Tensão (MPa)	Módulo de Young (GPa)
1,42	0,65	280	22,24	24,09	2,34
1,31	0,78	280	39,66	38,81	1,92
1,44	0,92	280	42,24	31,89	1,86
0,99	0,6	280	20,69	34,83	2,73
1,96	0,57	280	31,56	43,94	2,43
Média da tensão da força máxima =				34,71	$E_{\text{médio}} = 2,26 \text{ GPa}$
Desvio padrão da tensão na força máxima =				$\pm 7,46$	desvio = $\pm 0,36$

As propriedades mecânicas da fibra tratada são melhores do que as da fibra sem tratamento, indicando a efetividade do tratamento alcalino sobre as características morfológicas e mecânicas da fibra.

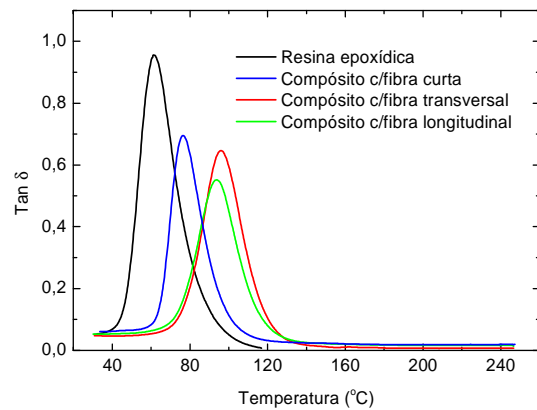
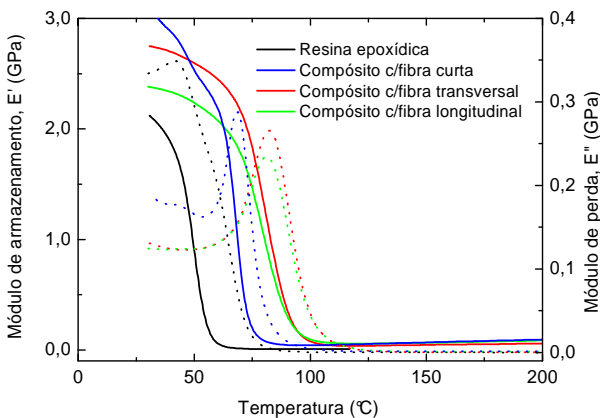
Ambas as análises, pelo aspecto visual e pelo desvio padrão, mostram que é preferível utilizar a fibra tratada no compósito em vez da fibra seca, pois assim será obtido um material mais uniforme e com um comportamento mecânico com menor dispersão.

## 3.2. COMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA E FIBRA DE BANANEIRA

### 3.2.1. ENSAIOS DE DTMA

Os resultados dos ensaios dinâmico mecânicos em função da temperatura estão apresentados na Fig. 6 (módulo de armazenamento,  $E'$  e módulo de perda,  $E''$ ) e na Fig. 8 (tangente de perda,  $\tan \delta$ ).

O patamar vítreo nas curvas do módulo de armazenamento apresenta um incremento para os compósitos em comparação ao da resina epoxídica. Dentre os compósitos, o da fibra curta apresenta o maior incremento. Esse incremento indica o efeito reforçante da fibra sobre a resistência mecânica da matriz epoxídica. Os picos do módulo de perda na Fig. 7 apresentam deslocamento para temperatura mais alta da resina epoxídica ( $T_p = 42^\circ\text{C}$ ), para o compósito de fibra curta ( $T_p = 68^\circ\text{C}$ ) e para os compósitos de fibra longa, transversal e longitudinal ( $T_p = 82^\circ\text{C}$ ). As intensidades do módulo de perda apresentam valores uma ordem de grandeza inferior em relação ao módulo de armazenamento indicando aumento da rigidez na componente viscoelástica. Isto pode ser verificado na curva de  $\tan \delta$ , que apresenta comportamento semelhante; o valor do pico na curva aumenta da resina epoxídica ( $T_p = 61^\circ\text{C}$ ) para o compósito de fibra curta ( $T_p = 77^\circ\text{C}$ ) e para os compósitos de fibra longa, transversal ( $T_p = 96^\circ\text{C}$ ) e longitudinal ( $T_p = 94^\circ\text{C}$ ) concomitante à redução no valor de  $E''$ . Esses resultados mostram que a fibra de bananeira aumenta a estabilidade térmica do compósito e que o tamanho da fibra afeta a temperatura de pico na curva de  $\tan \delta$ .



**Figura 6.** Gráfico comparativo do módulo de armazenamento  $E'$  e do módulo de perda  $E''$  em função da temperatura para os compósitos e para a resina epoxídica pura.

**Figura 7.** Gráfico comparativo da tangente de perda  $\tan \delta$  em função da temperatura para os compósitos e para a resina epoxídica pura.

### 3.2.2. ENSAIOS DE FLEXÃO

Os resultados dos ensaios de flexão em três pontos estão apresentados na Tabelas: 3 (resina epoxídica), 4 (compósito de fibra curta), 5 (compósito de fibra transversal) e 6 (compósito de fibra longitudinal).

**TABELA 3.** Resultados do ensaio de flexão da resina epoxídica.





	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{\max}$ (mm/mm)	Módulo de Young (GPa)
CP1	13,85	0,047	0,8899
CP2	14,09	0,064	0,8744
CP3	14,13	0,064	0,8816
CP4	14,69	0,064	0,8775
CP5	14,29	0,046	0,8923
Média	14,21	0,057	0,8831
Desvio	$\pm 0,31$	$\pm 0,010$	$\pm 0,0077$

**TABELA 4.** Resultados do ensaio de flexão do compósito de fibra curta.

	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{\max}$ (mm/mm)	Módulo de Young (GPa)
CP1	25,29	0,016	1,863
CP2	19,62	0,014	1,697
CP3	21,75	0,014	1,968
CP4	23,61	0,016	1,807
CP5	26,49	0,019	1,918
Média	23,35	0,016	1,851
Desvio	$\pm 2,75$	$\pm 0,002$	$\pm 0,105$

**TABELA 5.** Resultados do ensaio de flexão do compósito de fibra transversal.

	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{\max}$ (mm/mm)	Módulo de Young (GPa)
CP1	30,35	0,012	2,439
CP2	33,21	0,015	2,218
CP3	13,02	0,012	1,711
CP4	47,38	0,020	2,658
Média	30,99	0,015	2,257
Desvio	$\pm 14,10$	$\pm 0,003$	$\pm 0,406$

**TABELA 6.** Resultados do ensaio de flexão do compósito de fibra longitudinal.

	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\epsilon_{\max}$ (mm/mm)	Módulo de Young (GPa)
CP1	34,03	0,016	2,209
CP2	49,44	0,019	2,605
CP3	40,07	0,015	2,610
CP4	46,87	0,019	2,605
Média	42,73	0,017	2,507
Desvio	$\pm 6,02$	$\pm 0,002$	$\pm 0,199$

A incorporação da fibra melhora significativamente todas as propriedades mecânicas analisadas nas Tabelas 4 a 6 para os compósitos epoxídicos em relação à resina epoxídica pura. Por se tratar de resina epoxídica de baixo  $T_g$  (65 °C), a fibra aumenta a resistência à flexão em até 200% no melhor caso (fibra longitudinal) e no pior caso aumento de até 63% (fibra curta). Por outro lado, as fibras reduzem a



máxima deformação em até 73% da deformação máxima da resina epoxídica pura. O incremento no módulo de Young exibe tendência semelhante à resistência à flexão, variando de 110% para o compósito de fibra curta até 184% de aumento para o compósito de fibras longas alinhadas longitudinalmente. Na comparação entre os compósitos observa-se que os resultados da resistência à flexão e o módulo de Young para os compósitos de fibras longas alinhadas longitudinalmente são superiores.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na caracterização da fibra de bananeira mostraram que o tratamento alcalino resultou em maior resistência mecânica e menor variação dimensional e morfológica em relação à fibra sem tratamento.

Os compósitos preparados com a fibra tratada apresentaram um significativo aumento na estabilidade térmica em comparação com a resina epoxídica, verificado no ensaio de DMTA. Com relação aos ensaios de flexão, todos os compósitos com fibra apresentaram melhores propriedades mecânicas, sendo que o compósito de fibra longa apresentou dentre todos os compósitos estudados as melhores propriedades mecânicas e térmicas.

Desta forma, este trabalho mostrou o potencial de aproveitamento tecnológico da fibra de bananeira tratada como reforço de matriz polimérica de baixa resistência mecânica.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ms. Eng<sup>o</sup> Bento Ferreira pelas análises de DSC das fibras de bananeira, ao Sr. Francisco Paiva pelo auxílio nos ensaios mecânicos de tração e flexão e à Eliane Bassaneli e ao Prof. Dr. Amilton Martins dos Santos pelas análises de DMTA. Cynthia F. Alves e Simone S. Afonso agradecem à Reitoria da USP pela bolsa de estudos de iniciação científica.

#### REFERÊNCIAS

- 1 FARIA, H. *et al.* Dwarf Cavendish as a source of natural fibers in poly(propylene)-based composites. *Macromol. Mater. Eng.*, v. 291, p. 16-26, 2006.
- 2 GAÑAN, P. *et al.* Stem and bunch banana fibers from cultivation wastes. *J. Appl. Polym. Sci.*, v. 94, p. 1489-1495, 2004.
- 3 POTHAN, L. A.; THOMAS, S.; NEELAKANTAN, N. R. Short banana fiber reinforced polyester composites: mechanical, failure and aging characteristics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, v. 16, n. 8, p. 744-765, 1997.
- 4 BALZER, P. S. *et al.* Estudo das propriedades mecânicas de um composto de PVC modificado com fibras de bananeira. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 17, n. 1, p. 1-4, 2007.
- 5 JOSEPH, S; SREEKALA, M. S.; THOMAS, S. Effect of chemical modifications on the thermal stability and degradation of banana fiber and banana fiber-reinforced phenol formaldehyde composites. *J. Appl. Polym. Sci.*, v. 110, p. 2305–2314, 2008.
- 6 ROYAPOX 5050. RVD Materiais Dielétricos. Disponível em <<http://www.rvd.com.br/rvd/boletim.php?lg=pt&id=358&cp=dw&codigo=42>>. Acesso em 30 Nov. 2009.