

# DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA E PIAÇAVA, COMO SUBSTITUTIVO DE PRODUTOS DE MADEIRA

**Regina Coeli Martins Paes Aquino**

*M. Sc. Engenharia de Materiais, Arquiteta, licenciada em construção civil, especialista em educação, professora do CEFET- Campos e Doutoranda do Laboratório de Materiais Avançados do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense – coeli@uenf.br*

**José Roberto Moraes d'Almeida**

*D. Sc. Engenharia de Materiais, Professor Titular do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – dalmeida@dcm.puc-rio.br*

**Sérgio Neves Monteiro**

*Ph. D., Engenharia dos Materiais, Professor Titular do Laboratório de Materiais Avançados- LAMAV e Diretor do Centro de Ciência e Tecnologia –CCT, da Universidade Estadual do Norte Fluminense – sergioneves@ig.com.br*

ARTIGO

## Resumo

*O presente trabalho teve como objetivo realizar um investigação relativa ao emprego de resíduos de fibra natural: piaçava, como fase reforçadora em compósitos de matriz polimérica.*

*Utilizando-se a resina poliéster, como matriz, foram confeccionados corpos de prova com percentuais de piaçava variando de 30 a 50% em peso. Além disso, caracterizou-se por microscopia eletrônica de varredura, após ensaio de flexão, a microestrutura na região de fratura nos compósitos fabricados. A fibra natural foi também caracterizada microestruturalmente.*

*Os resultados obtidos mostram que o reforço acarretado pelas fibras de piaçava tende a melhorar a resistência mecânica dos compósitos à base de matriz polimérica. A tenacidade relativamente boa das fibras de piaçava tem um papel de dificultar a fratura dos compósitos desde que haja boa adesão entre as fibras e a matriz polimérica.*

## 1 Introdução

O estudo dos compósitos lignocelulósicos corresponde à uma área da ciência dos materiais em crescente expansão.

As fibras naturais, em abundância no Brasil, se forem direcionadas para investimentos em novos materiais compósitos, podem conter o êxodo rural e impulsionar o

crescimento econômico no setor agrícola. A ISO 14000 dá a esses compósitos a chance de serem considerados não somente como uma alternativa isolada, mas também uma estratégia para reduzir problemas ambientais [1].

Além disso os resíduos de fibras naturais, resultantes de processos agro-industriais vêm indicando uma grande potencialidade para fabricação desses compósitos. O principal

elemento gerador desses resíduos é a pouca informação disponível de como transformá-los em sub-produtos mais valorizados [1].

A piaçava é uma fibra natural extraída de várias palmeiras. No Brasil, a Bahia é responsável por 95% do total da produção nacional. A exploração das piaçaveiras é uma atividade puramente extrativista, por isso existe a necessidade de um manejo racional para que sua sobrevivência seja garantida [2].

O tipo de piaçava cientificamente conhecida como *Attalea funifera* Mart, encontrada na Bahia, desenvolve-se bem em climas quentes (24°C) e sempre úmidos (umidade relativa do ar acima de 80%), pertencendo à espécie das palmáceas e tendo a vantagem de ser impermeável, de conservar sua elasticidade quando umedecida e de formar fibras longas [2]. Este tipo de piaçava será objeto do presente trabalho.

Uma das principais características da piaçava é sua adaptação a solos de baixa fertilidade, considerados impróprios para outras culturas. A coleta da fibra é feita uma única vez, em qualquer época do ano. Cada pé rende até 8 a 10 quilos de fibra por ano. O tempo de vida de uma piaçaveira é de até 20 anos. Depois de colhidas, as fibras são estendidas e postas para secarem em terreiros, sendo reviradas com frequência para obter uma secagem uniforme. Quando secas, elas são limpas e batidas para que resíduos sejam retirados. O produto é amarrado em molhos, podendo depois ser cortado quando destinado à indústria específica. As fibras alcançam até 4 metros de comprimento e têm cerca de 1,1 milímetro de espessura [3].

No sul da Bahia, encontram-se em média até 1670 piaçaveiras por hectare [3].

Atualmente, a piaçava encontra utilização na fabricação de vassouras, escovas, cordas para navios, cestos, capachos e coberturas. Estima-se que o percentual de desperdício nas indústrias, que trabalham com esta fibra, é da ordem de 20% [3].

A proposta do presente trabalho é, através da disponibilidade e seleção prévia de fibras da piaçava, preferencialmente resíduos e subprodutos de usos comerciais, desenvolver um compósito polimérico de piaçava a um baixo

custo, haja vista que estes resíduos atualmente são queimados ou jogados no lixo.

Observaram-se, numa amostragem proveniente de resíduos gerados por uma fábrica de vassouras de piaçava localizada no município de Campos dos Goitacazes, Rio de Janeiro, fibras de diversos comprimentos, destacando-se uma maior concentração de fibras na faixa de 10 a 15 cm [4].

A fibra da piaçava tem aproximadamente 14% de umidade, contém 0,8% de resíduo mineral, 0,7% de extrativos, 45% de lignina e 28,6% de celulose. A análise dos elementos presentes nas fibras mostra 54,5% de carbono, 5,84% de oxigênio e 0,52% de nitrogênio. Por estas características, a piaçava poderia ser utilizada como reforço em compósitos[4].

Compósitos fabricados em fase preliminar de estudo [5] dispuseram as fibras de piaçava longitudinalmente e transversalmente na matriz polimérica, onde percebeu-se uma forte influência desta disposição das fibras sobre a tensão de ruptura em flexão dos compósitos. Os resultados conforme mostra a Tabela 1, indicaram, como esperado, que as fibras dispostas longitudinalmente ao eixo do compósito atuam efetivamente como reforço para a matriz.

É interessante notar que o valor obtido para a tensão de ruptura no compósito com as fibras longitudinais é bastante promissor. Este valor é superior ao de diversos compósitos reforçados por outros resíduos naturais, tal como os compósitos poliéster-bagaço de cana-de-açúcar[6,7], também superior a produtos comerciais de madeira largamente empregados na indústria de móveis, tais como aglomerados e compensados[8,9].

**TABELA 1**

QUADRO COMPARATIVO DA INFLUÊNCIA DA DISPOSIÇÃO DAS FIBRAS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS COMPÓSITOS FABRICADOS SEM PRESSÃO DE MOLDAGEM COM CARGA DE PIAÇAVA E MATRIZ POLIMÉRICA

Propriedade do compósito	Disposição das fibras no compósito	
	Longitudinal	Transversal
Tensão (MPa)	40,8 ± 8,3	6,75 ± 2,1

## 2 Materiais e Métodos Experimentais

Para que se tenha uma idéia geral das alternativas de produção de materiais compósitos a partir de resíduos de fibras de piaçava, a Figura 1 mostra o diagrama com o fluxo de processamento que serviu de base para a metodologia empregada neste trabalho

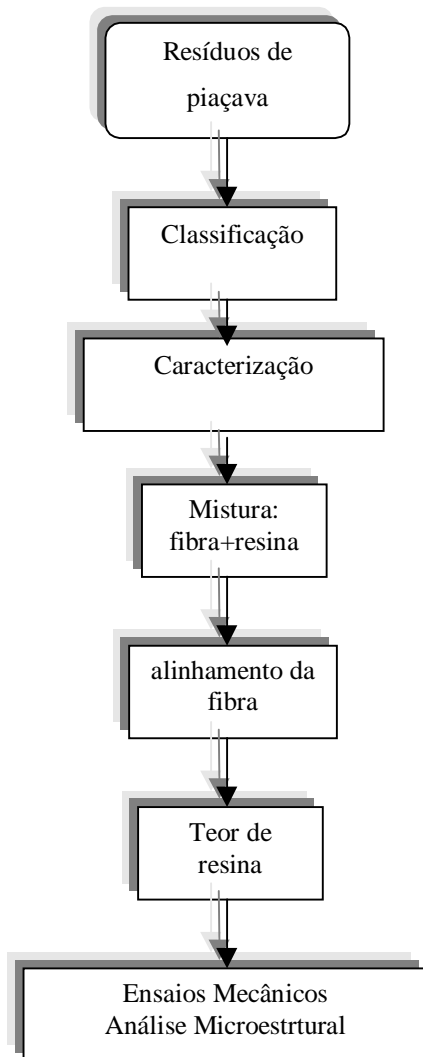


Figura 1 – Fluxo de processamento do compósito de piaçava.

Os produtos primários que se constituíram na matéria prima para produção dos compósitos foram:

- como carga: **piaçava**
- como matriz: **resina poliéster**.

As fibras de piaçava empregadas neste trabalho foram coletadas de indústrias da região Norte Fluminense, e são provenientes do sul da Bahia. Este material tinha como destino final ser jogado no lixo.

Como etapa inicial de caracterização deste material foi feita uma análise qualitativa da superfície das fibras, que foram analisadas através de microscopia eletrônica de varredura. Foi empregada uma voltagem de feixe de elétrons de 10-20kV e usou-se o modo de elétrons secundários. O equipamento utilizado foi um microscópio eletrônico da marca Zeiss DSM 960.

Os resíduos da piaçava foram ensaiados à tração. Para execução dos ensaios, foi utilizada a norma ASTM D3379, com auxílio de uma máquina de ensaio Instron, com pressão nas garras de 0,3 MPa, velocidade da máquina de 0,1cm/min, velocidade do papel de 0,5 cm/min, temperatura de 26° C e umidade de 19%.

A resina poliéster encontra-se no grupo das resinas termorrígidas, que uma vez aquecidas atingem um estado de rigidez irreversível. A resina em questão não é solúvel em água e sua formulação se dá na razão de 10 partes em peso de resina para 0,5 partes de endurecedor.

Os compósitos foram preparados vertendo-se a resina poliéster sobre as fibras dispostas no molde. Inicialmente, foram fabricados compósitos com fração de fibras variando de 30 a 50%, em peso, sem pressão de moldagem e com fibras nos sentidos longitudinal ao molde.

Os materiais fabricados foram, então, testados em flexão em três pontos para determinação da tensão de ruptura,  $T_r$ , empregando-se uma máquina de ensaios Instron com 100kN de capacidade. A velocidade de ensaio utilizada foi de 1mm/min e, em média, 6 corpos de prova foram testados para cada situação analisada.

A tensão de ruptura à flexão estática é determinada a partir da relação:

$$T_r = \frac{F_{max} L}{2 I e^2}$$

sendo:

$T_r$  = tensão de ruptura à flexão estática, em N/mm<sup>2</sup>

$F_{max}$  = carga de ruptura em N

$L$  = distância entre os centros dos apoios, em mm

$I$  = largura do corpo de prova, em mm

$e$  = espessura do corpo de prova, em mm.

Os corpos de prova fraturados e a superfície de fratura foram caracterizados

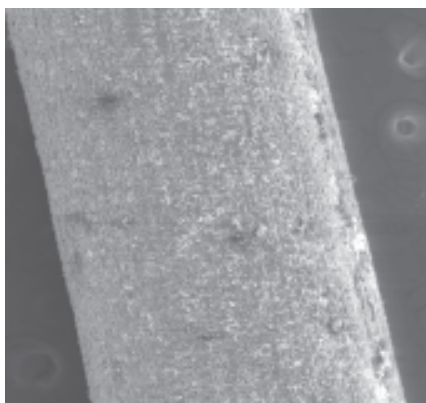
microestruturalmente através de microscopia eletrônica de varredura. Foi utilizado para a referida análise um microscópio eletrônico de varredura, marca Zeiss, modelo DSM 962. A preparação das amostras foi feita fixando-se as superfícies de fratura e a fibra com fita de carbono e cola à base de prata em suportes específicos. As amostras foram em seguida metalizadas com ouro.

### 3 Resultados e Discussões

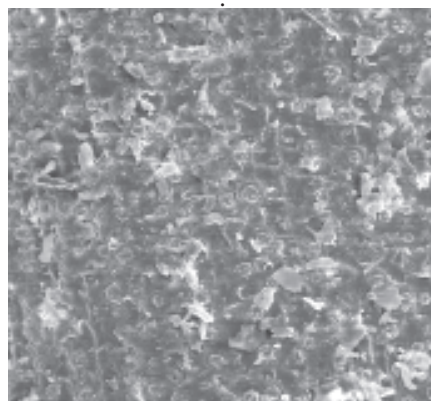
Para se determinar a morfologia da fibra da piaçava empregada neste trabalho, o material in natura teve sua microestrutura analisada.

Nas figuras 2(a) e 2(b) e 3(a) e 3(b) estão mostrados os aspectos da superfície longitudinal da fibra, onde pode-se observar uma morfologia homogênea com a presença de estruturas lineares longitudinais e “tyloses”, s ricas em Si, com extrusões.

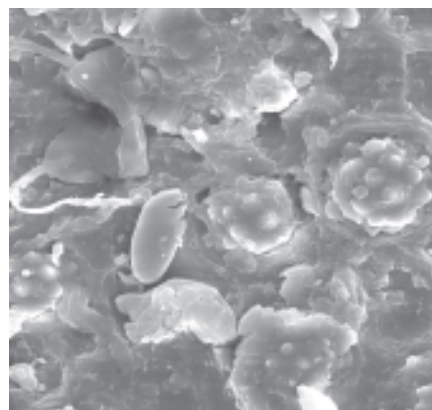
Essas protusões podem agir como pontos de aderência entre a resina e a matriz.



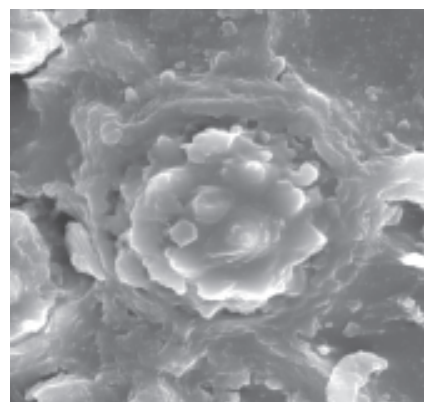
**Figura 2 – (a)** Aspecto geral da superfície longitudinal da piaçava, aumento 50x.



**Figura 2 – (b)** Presença de estruturas lineares longitudinais, aumento 200x .

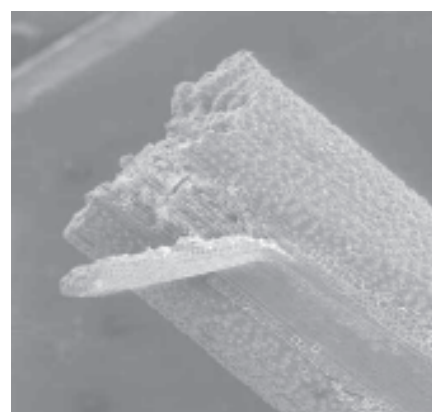


**Figura 3 – (a)** Presença de estruturas lineares, com destaque para os “tyloses”, aumento 1000x



**Figura 3 - (b)** Detalhe da protusão, aumento 2000x

Nas Figuras 4 (a) e 4 (b), analisam-se os aspectos fractográficos da região da fibra fraturada à tração, onde pode-se observar que se trata de um composto natural de fibrilas formando a fibra da piaçava. Esta apresenta uma superfície irregular o que, a princípio, facilitaria sua aderência à matriz.



**Figura 4 – (a)** Superfície da fibra com pequena fibrila sendo arrancada após fratura em tração,

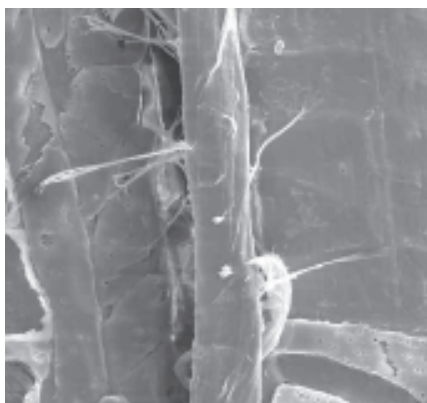


Figura 4 – (b) Detalhe do desprendimento da fibrila, aumento 500x

Na Figura 5 está mostrada a variação da tensão de flexão em função do percentual da carga (piaçava) utilizada no compósito. Pode-se observar que, de acordo com o esperado a partir das equações de micromecânica de materiais compósitos[10], há um aumento da resistência com o aumento da fração de piaçava empregada.

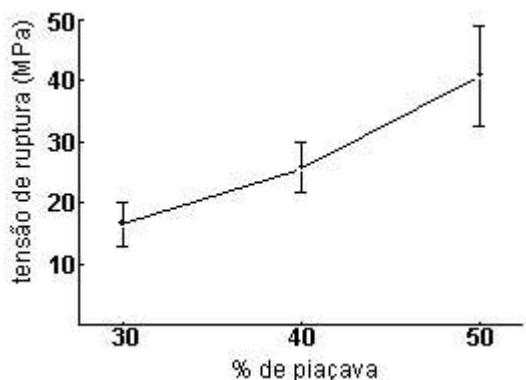


Figura 5 - Variação da tensão de flexão em função do percentual de piaçava como carga.

É interessante notar que o valor obtido para a tensão de ruptura no compósito com as fibras longitudinais é bastante promissor, sendo superior a produtos comerciais de madeira largamente empregados na indústria de móveis, tais como aglomerados e compensados.

As Figuras 6 e 7 mostram os aspectos fractográficos do compósito com fração volumétrica de resina de 30% ensaiados à flexão.

Nas Figuras 6(a) e 6(b), pode-se observar uma aparente adesão da fibra da piaçava à matriz polimérica, evidenciando a presença do polímero recobrindo a superfície da fibra.

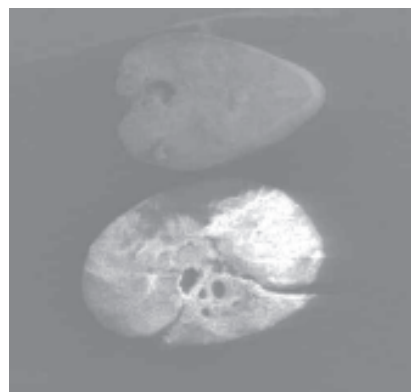


Figura 6 – (a) Aspecto geral da superfície de fratura com a presença da matriz polimérica e as fibras rompidas, destacando-se a região do lúmen, aumento 50x.

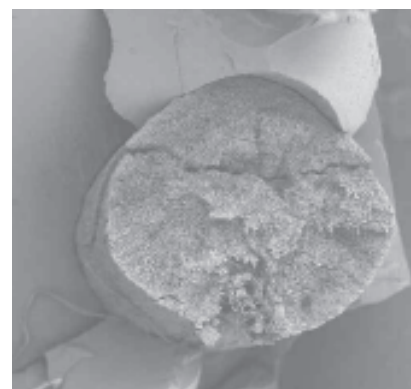


Figura 6 - (b) Aspecto da interface matriz/fibra, aumento 50x.

Nas Figuras 7(a) e 7(b), destaca-se na região de fratura o lúmen da fibra e seu entorno com aspecto de renda, sempre localizado na mesma posição nas fibras.

Notam-se evidências, no compósito após flexão, da fibra rompida, porém ainda fixada à matriz, o que demonstra a ocorrência de um mecanismo de aderência entre o polímero e a fibra.

Esses resultados são promissores em relação à possibilidade de se utilizar as fibras de piaçava como reforçador em compósitos poliméricos.

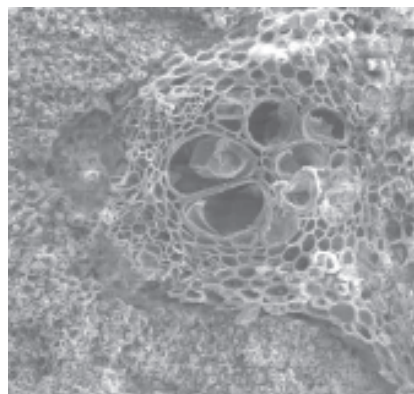


Figura 7– (a) Aspecto da região de fratura, exibindo região do lúmen e seu entorno, aumento

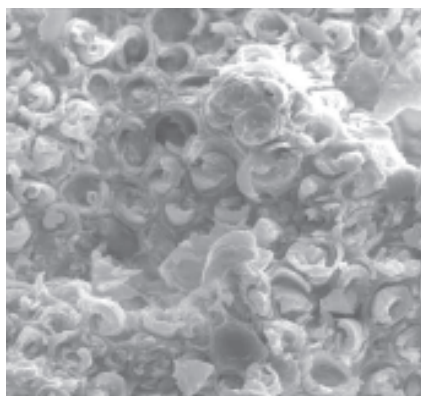


Figura 7 – (b) Detalhe da região do lúmen na fibra rompida, aumento 1000x.

## 4 Conclusões

Os resultados demonstram que as sobras geradas pelas indústrias que trabalham com a fibra da piaçava têm um grande potencial a ser desenvolvido. Este material pode ser empregado como fase reforçadora em compósitos de matriz polimérica. Os resultados preliminares obtidos neste trabalho mostram que compósitos piaçava-poliéster podem, potencialmente, substituir materiais tradicionais fabricados à base de madeira.

## 5 Referências Bibliográficas

- [1] Young, R. A., Utilization of Natural Fibers: Characterization, Modification and Applications. USA : Madison, 1997.
- [2] Vinha, S. G. A piaçaveira e a vegetação associada no sul da Bahia, 1997.
- [3] Moreau, M.S. Ocorrência, manejo, produtividade e canais de comercialização da piaçaveira na Bahia. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, Ba, 1997.
- [4] Aquino, R. C. M. P.; Monteiro, S. N.; d'Almeida, J. R. M. Propriedades de Compósitos de Piaçava com Matriz Polimérica. Anais... Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 55 , 2000.(CDROM)
- [5] Aquino, R. C. M. P.; Monteiro, S. N.; d'Almeida, J. R. M. Desenvolvimento de Compósitos de Matriz Polimérica e Piaçava. CBECIMAT, 14, 2000.
- [6] Cabo, O.C.; Ortega, M.M. e López, M.S. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 2<sup>nd</sup> ed., H.N. Silverio (ed.). GEPLACEA, México, 2000. p.143.
- [7] Souza, M.V.; Monteiro, S.N. e d'Almeida, J.R.M. Comportamento Mecânico de Compósitos de Resina Poliéster e Bagaço de Cana de Açúcar. Anais... Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica e de Materiais, 2, São Paulo (SP), out 1997. (CD-ROM)
- [8] Monteiro, S.N.; Rodrigues, R.J.S.; Souza, M.V. e d'Almeida, J.R.M. Adv. Performance Materials, 5, p.1, 1998.
- [9] Youngquist, J.A. M. Grayson (ed.) Encyclopedia of Composite Materials and Components, New York : John Wiley & Sons, 1983. p.661.
- [10] Gibson, R. F. Principles of Composite Material Mechanics, New York : McGraw-Hill, 1994.
- [11] Aquino, R. C. M. P.; Monteiro, S. N.; d'Almeida, J. R. M. Analysis and Characterization of Piassava Fibers, MICROMAT, 7, 2000.

### Abstract

*The present work had, as objective, to carry out an investigation on the use of residues of a natural fiber: piassava, as reinforcement in composite materials with polymeric matrix.*

*Using resin polyester, as matrix, specimens were made with composition of piassava varying from 30 to 50% in weight. The microstructure in the fracture surface of the composite specimens was characterized by scanning electron microscopy, after rupture. The microstructure of natural fiber was also characterized.*

*The results obtained show that the reinforcement provided by the piassava fibers tends to improve the mechanical resistance of the composites with polymeric matrix. The relatively good toughness of the piassava fibers has a role of hindering the fracture of the composites as long as there is good adhesion between the fibers and the polymeric matrix.*