

# APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA COMPÓSITOS POLIMÉRICOS DE MANTAS DE FIBRA DE COCO <sup>(1)</sup>

*Sergio Neves Monteiro<sup>(2)</sup>  
Luiz Augusto Hernandez Terrones<sup>(2)</sup>  
José Roberto Moraes d'Almeida<sup>(3)</sup>  
Luciano Basto Oliveira<sup>(4)</sup>*

## **Resumo**

Através de ensaios técnicos específicos e análise econômica comparativa, avaliou-se a viabilidade prática para o uso de compósitos de matriz poliéster reforçados com mantas de fibras de coco. Foram fabricados compósitos com diferentes frações em peso: 20, 40, 60 e 80% de mantas de fibra de coco. Inicialmente foi caracterizada a fibra como recebida na manta através de microscopia eletrônica de varredura acoplada com analisador por dispersão de raios-X. Os compósitos foram fabricados com aplicação de pressão durante a cura de 5 ou 10 ton e então ensaiados mecanicamente em flexão. Os resultados obtidos permitiram comparar o desempenho destes compósitos com outros convencionais. Tendo em vista a análise econômica associada aos resultados obtidos, são discutidas possíveis aplicações práticas, confrontando os compósitos de mantas de fibra de coco com outros materiais convencionais.

**Palavras-chave:** Compósitos, Matriz poliéster; Fibra de coco; Aplicações tecnológicas; Análise econômica.

(1) *Submetido ao 60º Congresso Anual – ABM, Belo Horizonte, MG, 25-28 de julho de 2005.*

(2) *Laboratório de Materiais Avançados, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.*

(3) *Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, Rua Marques de São Vicente, 225, 22453-900, Rio de Janeiro, RJ – Brasil.*

(4) *Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21945-970, Rio de Janeiro, RJ – Brasil.*

## INTRODUÇÃO

Fibras vegetais formadas por uma estrutura celulósica consolidada por lignina são recursos naturais comumente encontrados em todas as regiões tropicais e temperadas do nosso planeta. Muitas destas fibras como o algodão, linho, cânhamo, sisal e juta são itens de grande importância na economia mundial, sobretudo para os chamados países do terceiro mundo como Brasil. Em particular, o fato das fibras naturais serem renováveis e biodegradáveis, elas se constituem em exemplo de material ambientalmente correto e cada vez mais valorizado por sociedades com consciência ecológica. Assim, as fibras naturais, que foram dos primeiros materiais utilizados por nossos antepassados, podem vir a representar no futuro um relevante fator para o bem estar da humanidade.

Materiais lignocelulósicos que são extraídos de florestas, como a madeira obrigando o sacrifício de árvores sem preocupação com a reposição natural, constituem-se, por outro lado, em sério problema ambiental. A não ser que técnicas de manejo florestal e desenvolvimento sustentável sejam postas em vigor, este tipo de coleta indiscriminada resulta em devastação de ecossistemas e aceleração do efeito estufa. Eventualmente esses materiais poderiam ser substituídos por fibras.

Além de fibras cultivadas como aquelas acima referidas, outras fibras naturais são produtos residuais de grandes plantações como o bagaço da cana de açúcar e a casca do coco. No caso do bagaço, a prática agroindustrial permite sua utilização como combustível dos fornos da usina de produção de açúcar e álcool, ou então como condicionador do solo para plantio da própria cana. Por sua vez, a casca do coco que sobra após uso da água e da polpa é um resíduo que só agora começa a ter interesse tecnológico. Um exemplo moderno, que vem ocorrendo no Brasil desde 1994, corresponde ao uso da fibra de coco na fabricação de estofamento de veículos. A Figura 1 ilustra esse exemplo (MERCEDES-BENZ, 2004) onde os encostos para a cabeça e assentos apresentados são compósitos de fibra de coco com látex. Na avaliação da empresa, este material “não causa impacto ambiental, dá mais conforto e aumenta espaço interno dos veículos. Como a espessura das almofadas é menor em relação à de espuma de poliuretano, os bancos ficam menos volumosos”. Atualmente a Mercedes-Benz consome 1 ton de fibra/mês e passará a partir de julho de 2005 a consumir 2,2 ton/mês (36.000 cocos). Outras montadoras também estão implementando o uso de estofamentos em fibras de coco.



**Figura 1.** Estofamentos para veículos da Mercedes-Benz (2004) fabricados com fibra de coco.

Existe, entretanto, uma enorme quantidade de cascas de coco que não são aproveitadas e acabam sendo queimadas ou descartadas no meio ambiente. Estas cascas que poderiam gerar fibras aproveitáveis acabam se constituindo em um grande problema ambiental já que estão associadas a um longo tempo de degradação (VILHENA e BONELLI, 1998).

Por essas razões, trabalhos vêm sendo dedicados ao aproveitamento das fibras de coco como um novo material (SATYANARAYANA et alli, 1982, VENKATASAWAMY et alli, 1987, CALADO et alii, 2000). Em particular, o uso destas fibras como reforço de compósitos com matriz polimérica surge como uma interessante alternativa para a substituição de outros materiais convencionais (PRASAD et alli, 1983, BAILEY et alii, 1997, KAZ et alii, 2004, AQUINO et alii, 2004). Esta seria, em especial, uma alternativa para substituir a madeira em móveis e painéis, o que contribuiria para a preservação das florestas. Apesar das informações técnicas reportadas nestes trabalhos, ainda não existe uma avaliação conjunta com os aspectos econômicos. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi, através de ensaios específicos e análise econômica, avaliar a viabilidade prática para o uso de compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a parte técnica deste trabalho, foram fabricados e ensaiados compósitos de resina poliéster reforçados com fibras de coco. As fibras de coco foram obtidas na forma de mantas com aproximadamente 1 cm de espessura. Nenhum tratamento especial foi dispensado a estas mantas a não ser a simples secagem ao ar..

Compósitos de matriz poliéster reforçados com 20, 40, 60 e 80% em peso das mantas de fibra de coco foram confeccionados sob pressão à temperatura ambiente e curados por 24 horas. A resina poliéster utilizada como matriz era do tipo ortoftálica, curada com 0,5% de catalisador à base de metil-etil cetona.

Placas dos compósitos foram fabricadas usando-se um molde retangular de aço com dimensões de 152 x 122 mm. As mantas foram cortadas exatamente nestas dimensões e encaixadas no molde em conjunto com a quantidade complementar de resina ainda líquida mas já misturada com o catalisador. Durante a cura, aplicou-se pressões de 5 ou 10 ton sobre a tampa do molde para facilitar a impregnação da resina por entre as fibras. Esta pressão foi aplicada através de uma prensa Schwing Siwa, mod. PHMA, de 30 ton. Uma vez que as fibras na manta formavam um emaranhado, os compósitos produzidos no presente trabalho são do tipo reforçado por fibras não alinhadas. Cada placa já curada, foi então cortada em 6 corpos de prova com 122 x 25 x 10 mm.

Os corpos de prova foram ensaiados em flexão de 3 pontos, utilizando-se máquina Instron mod. 5582, com capacidade de 100 kN, a uma velocidade de 5mm/min, correspondendo a uma taxa de deformação de  $1,6 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Do valor da carga máxima,  $Q_m$ , obteve-se a tensão máxima associada à resistência do compósito através da equação

$$\sigma_m = \frac{3Q_m L}{2bd} \quad (1)$$

sendo L a distância entre os suportes, igual a 90 mm, b a largura, igual a 25 mm, e d a espessura, igual a 10 mm, do corpo de prova. Assim, a relação de abertura para

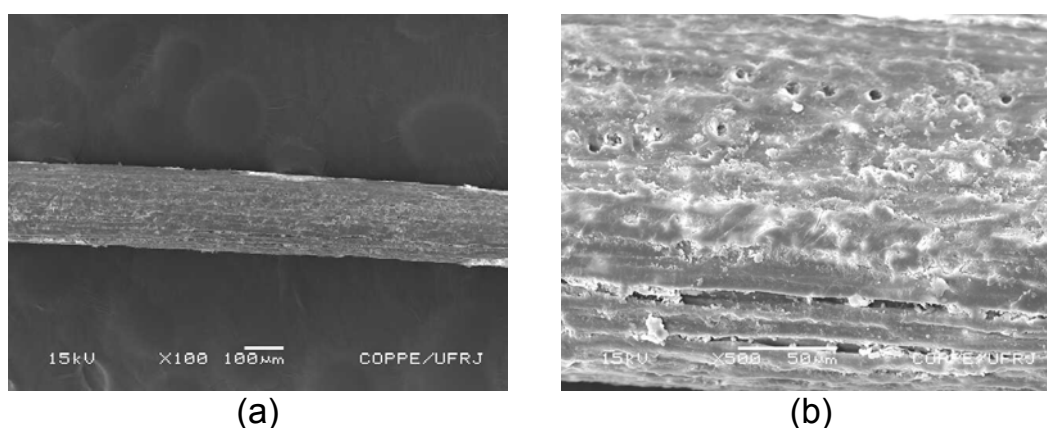
profundidade (span-to-depth ratio) foi de 9, o que está dentro do intervalo exigido por norma para ensaios de flexão de três pontos.

As fibras de coco da manta, montadas em suporte e metalizadas com ouro, foram observadas por microscopia eletrônica de varredura, MEV, em um microscópio Jeol acoplado com EDS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

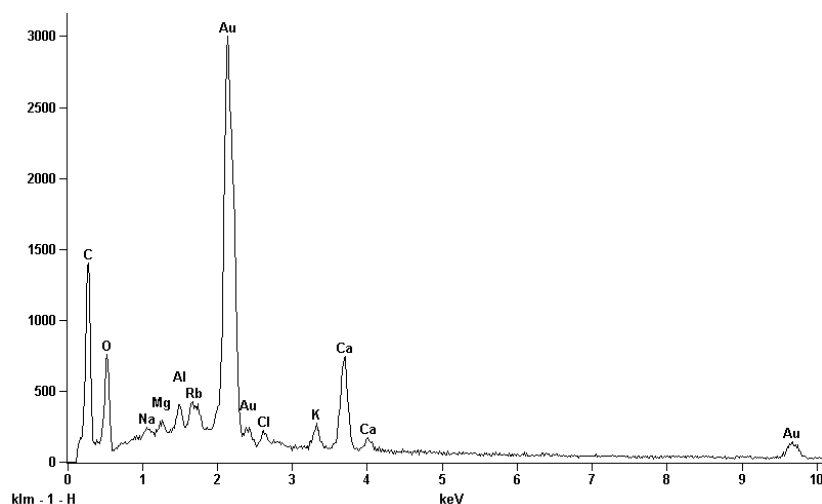
### Aspectos Técnicos

A Figura 2 ilustra o aspecto da fibra de coco observada por MEV com diferentes aumentos. Nesta figura observa-se que a superfície da fibra é coberta por reentrâncias e saliências. Isto, em princípio, facilita a impregnação pela resina.



**Figura 2.** Imagens de MEV de uma fibra de coco com (a) 100x e (b) 500x de aumento.

A Figura 3 apresenta um espectro de dispersão de raios-X, EDS, realizada em uma microregião da fibra apresentada na Figura 2. Observa-se que a fibra de coco é formada essencialmente por carbono, oxigênio e cálcio. Os picos de ouro da figura correspondem à metalização da amostra.



**Figura 3.** Espectro de EDS de microregião da fibra de coco.

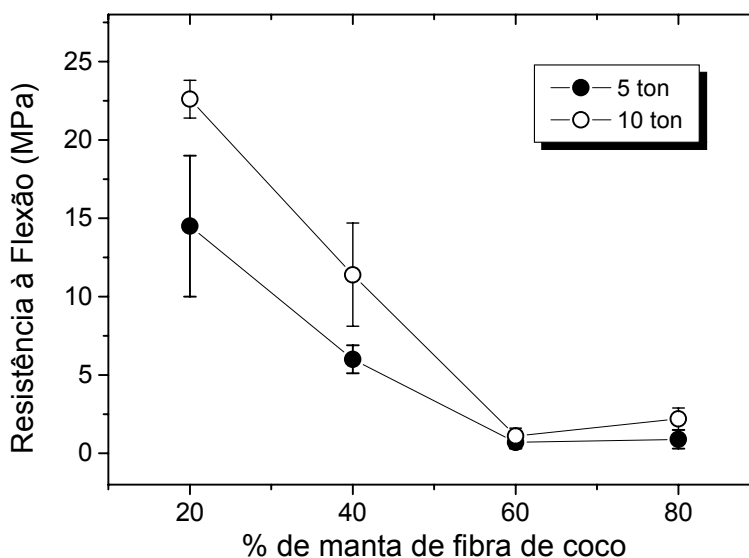
A Tabela 1 apresenta os valores médios, com respectivos desvios padrão, obtidos para a resistência máxima em flexão dos compósitos com matriz poliéster reforçados com 20, 40, 60 e 80% de fibras de coco, na forma de manta, e curados sob pressão de 5 e 10 ton.

**Tabela 1.** Módulo de ruptura (MPa) dos compósitos com fibras tratadas de piaçava.

Porcentagem em peso de fibras	Pressão de compactação	
	5 ton	10 ton
20	14,5 ± 4,5	22,6 ± 1,2
40	6,0 ± 0,9	11,4 ± 3,3
60	0,7 ± 0,4	1,1 ± 0,5
80	0,9 ± 0,6	2,2 ± 0,7

É importante mencionar que os compósitos fabricados com 20 e 40% de manta de fibra de coco são rígidos e relativamente duros enquanto que aqueles com 60 e 80% são moles e fáceis de serem deformados plasticamente. Assim, em termos de propriedades mecânicas, aparentemente têm-se dois tipos de compósitos. Até 40% de manta, um comportamento rígido e mais resistente. Acima de 50% de manta, a resina não parece conseguir envolver totalmente as fibras de coco na manta, mesmo para 10 ton de pressão de compactação aplicada durante a cura. Em consequência, a placa de compósito fica flexível e fácil de ser deformada.

A Figura 2 apresenta os gráficos da variação da resistência à flexão dos compósitos em função do percentual de manta de fibra de coco para os dois níveis de pressão de compactação durante a cura.



**Figura 2.** Variação da resistência à flexão de compósitos com a porcentagem de manta de fibra de coco em função da pressão aplicada durante a cura.

Observa-se na Figura 2 que a incorporação de 20% de manta na matriz poliéster resulta em compósitos com resistência à flexão comparável com o encontrado na literatura (PRASAD et alli, 1983) para 30% de fibras de coco. Com o aumento da quantidade de manta incorporada para 40% ocorre um sensível decréscimo na resistência. Entretanto, o compósito ainda se mantém rígido e sua resistência é até superior à das placas de madeira aglomerada, que se situa entre 5 e 10 MPa (CARTER e PAUL, 1991).

Para o compósito com 60 a 80% de manta, Figura 2, os níveis de resistência são bem baixos, da ordem de 1 MPa. Isto, em combinação com sua flexibilidade mecânica e a facilidade de deformação plástica, impede que estes compósitos, nos quais a manta constitui a maior parte da estrutura, sejam utilizados para fins estruturais. Contudo, compósitos desse tipo poderiam ser usados como painéis de fechamento ou vedação em substituição ao gesso ou sanduíches, como as divisórias de Eucatex. O fato destes compósitos com 60 e 80% de manta de fibra de coco serem flexíveis e suportarem deformações plásticas, têm a vantagem da acomodação. Por exemplo, painéis de gesso trincam com facilidade quando sofrem tensões provocadas pelo deslocamento da estrutura a que estão articulados. Além disso, os compósitos de manta de fibra de coco são razoavelmente impermeáveis e resistentes à umidade. Então outro possível uso para esses compósitos seria em coberturas externas, pelo menos para servir como camada de vedação.

### **Análise Econômica**

A análise econômica que se pretende efetuar no presente trabalho é bem simplificada e serve tão somente como indicador para fins de avaliar, comparativamente, as possibilidades de uso de compósitos de matriz poliéster reforçada com mantas de fibra de coco. Inicialmente, é importante enfatizar que os preços apresentados correspondem a valores encontrados no comércio e não aqueles diretamente praticados pela indústria, os quais seriam menores. Além disto, estimou-se em cerca de 20% do preço dos compósitos o gasto com mão de obra e processamento. Nenhum outro gasto, como transporte, impostos, amortização de equipamentos, etc., foi levado em consideração.

A Tabela 2 apresenta os custos para placas com 1 m<sup>2</sup> de área e espessura de 1 cm dos diversos materiais comparados. A escolha dessa dimensão foi meramente arbitrária para efeito de comparação entre os materiais.

Tendo em vista os valores apresentados na Tabela 2, fica evidente que os compósitos de matriz poliéster reforçada com mantas de fibra de coco, são consideravelmente mais caros que seus competidores. Isto não significa que estes compósitos, embora apresentem viabilidade técnica, não competem economicamente com os materiais convencionais. Uma importante vantagem dos compósitos é a sua impermeabilidade natural e resistência à umidade, em confronto com os outros materiais da Tabela II. Entretanto, mesmo isto sendo vantajoso para uso externo, como em coberturas e moveis colocados ao ar livre, ainda assim o diferencial de preço não competiria com o adicional pago para a impermeabilização dos materiais convencionais, como a madeira.

**Tabela 2.** Preço comercial correspondente a uma placa com 1m<sup>2</sup> de área e 1cm de espessura.

MATERIAL	PREÇO (R\$)
Manta de Fibra de Coco	20
Resina Poliéster	75
Compósito com 20%	72 <sup>(a)</sup>
Compósito com 40%	64 <sup>(a)</sup>
Compósito com 60%	50 <sup>(a)</sup>
Compósito com 80%	37 <sup>(a)</sup>
Compensado de Madeira	24
Aglomerado de Madeira	15
Gesso	13
Divisória Sanduíche	21 <sup>(b)</sup>

(a) Valores incluem adicional de 20% correspondente à mão de obra e processamento.

(b) Placa com 1m<sup>2</sup> de área mas espessura padrão de 3,5 cm.

## CONCLUSÕES

- Compósitos com matriz poliéster reforçada com mantas de fibra de coco apresentam propriedades mecânicas distintas, dependendo da percentagem de manta incorporada.
- Até 40% de manta, os compósitos são rígidos e com resistência à flexão comparável à madeira e seus aglomerados.
- Acima de 50% de manta, os compósitos tornam-se mecanicamente flexíveis e com baixa resistência à flexão, menor que a dos materiais convencionalmente usados como vedação e divisórias. A vantagem dos compósitos é a sua impermeabilidade natural que evita deterioração em contato com a umidade.
- Uma análise econômica preliminar revelou serem os compósitos de matriz poliéster reforçada com mantas de fibra de coco muito mais caros que os materiais convencionais que seriam seus competidores.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio a esta pesquisa, na forma de recursos e bolsas, concedidos pelo CNPq, CAPES e FAPERJ. É também motivo de agradecimento a colaboração prestada pelos bolsistas Felipe Perissé Duarte Lopes do LAMAV/UENF e Luiz Guilherme as Costa Marques do IVIG/COPPE/UFRJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AQUINO, R. C. M. P., DE DEUS, J. F., MONTEIRO, S. N., D'ALMEIDA, J. R. M. Use of Recycled Natural Fiber Wastes as Reinforcement for Polymeric Composites, **Global Symposium on Recycling Waste Treatment and Clean Technology – REWAS'2004**, vol. 1, p. 475-482, San Sebastian, Espanha, setembro de 2004.
- 2 BALEY, C., D'ANSELME, T., GUYADER, J., **Composites**, vol. 37, p. 28, 1997.
- 3 CALADO, V., BARRETO, D. W., D'ALMEIDA, J. R. M. **J. Mater. Sci. Letters**, vol. 19, p. 2151, 2000.
- 4 CARTER, G. F., PAUL, D. E. **Materials Science and Engineering**, p. 23, pub. ASTM International, Metals Park, USA, 1991.
- 5 D'ALMEIDA, J. R. M., MONTEIRO, S. N. Compósitos Reforçados por Fibras Naturais – Oportunidades e Desafios, **Anais do 58º Congresso Anual da ABM**, p. 1725-1734, Rio de Janeiro, julho de 2003, 1CD.
- 6 KAZ, L., D'ALMEIDA, J. R. M., BARRETO, D. W., CALADO, V., INASPOL, 2004.
- 7 MERCEDES-BENZ, [www.mercedes-benz.com.br](http://www.mercedes-benz.com.br), 2004.
- 8 PRASAD, S. V., PAVITHRAM, C., ROHATGI, P. K. **J. Mater. Sci.**, vol. 18, p. 1443, 1983.
- 9 SATYANARAYANA, K., PILLAI, C. K. S., SUKUMARAN, K., PILLAI, S. G. K, ROHATGI, P. K., VIJAYAN, K., **J. Mater. Sci.**, vol. 17, p. 2453, 1982
- 10 VENKATASWAMY, K. G., PILLAI, C. K. S., PRASAD, V. S., SATYANARAYANA, K. G., **J. Mater. Sci.**, Vol. 22, p. 3167-3173, 1987.
- 11 VILHENA, A., BONELLI, C. M. C. “Perfil de Recicladora de Fibras de Coco” CEMPRE, p.1-4, 1998.



# TECHNOLOGICAL APPLICATIONS FOR COIR MAT REINFORCED POLYMERIC COMPOSITES <sup>(1)</sup>

*Sergio Neves Monteiro<sup>(2)</sup>  
Luiz Augusto Hernandez Terrones<sup>(2)</sup>  
José Roberto Moraes d'Almeida<sup>(3)</sup>  
Luciano Basto Oliveira<sup>(4)</sup>*

## **Abstract**

The practical feasibility for the use of polyester matrix composites reinforced with coconut fruit fibers (also known as coir fibers) in the form of mat was evaluated. This evaluation was performed through technical tests and a comparative economical analysis. Composites with different amounts of coir mats: 20, 40, 60 and 80 wt.% were fabricated. Initially, the as received coir fiber was characterized by scanning electron microscopy coupled with X-ray dispersion analyzer. The composites were prepared with an applied pressure of 5 or 10 ton during the resin cure. The results obtained permitted to compare the technical performance of these composites with other conventional materials. By considering an economical analysis in association with the technical results, possible practical applications for the composites were discussed in confront with the other conventional materials

**Key-words:** Composites; Polyester matrix; Coir mat; Technological applications; Economical analysis.

- (1) *Submitted for the 60<sup>th</sup> Annual Congress – ABM, Belo Horizonte, MG, July 25-28, 2005.*
- (2) *Laboratory for Advanced Materials, Center of Science and Technology, State University of the Northern Rio de Janeiro, UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brazil.*
- (3) *Department of Materials Science and Metallurgy, Catholic University of Rio de Janeiro, PUC-Rio, Rua Marques de São Vicente, 225, 22453-900, Rio de Janeiro, RJ – Brazil.*
- (4) *Virtual International Institute for Global Changes - Center of Tecnology, Federal University of Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21945-970, Rio de Janeiro, RJ – Brazil.*