

ANÁLISE DO COMPÓSITO PIAÇAVA / RESINA POLIESTER COMO SUBSTITUTIVO DA MADEIRA ⁽¹⁾

Regina Coeli Martins Paes Aquino⁽²⁾

José Roberto Moraes d'Almeida⁽³⁾

Sergio Neves Monteiro⁽⁴⁾

Resumo

A tendência mundial, atualmente é buscar novos materiais mais compatíveis com o meio ambiente, evitando o impacto ambiental. Compósitos foram fabricados a partir da fibra da piaçava (*Attalea funifera* Mart) como fase reforçadora em matriz polimérica. O seu objetivo foi avaliar as propriedades mecânicas do compósito formado pela resina poliéster e fibras de piaçava distribuídas longitudinalmente. Placas do compósito variando de 10 a 40% em peso de fibras foram obtidas. Foi observado um aumento gradual da resistência à flexão com o aumento do percentual de fibras. O compósito apresentou um desempenho comparável a outros compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais, podendo potencialmente substituir materiais tradicionais fabricados a base de madeira. Tendo em vista a análise econômica associada aos resultados obtidos, são discutidas possíveis aplicações práticas, confrontando os compósitos de piaçava com outros materiais convencionais.

Palavras-chave: Compósitos; Piaçava; Matriz poliéster; Análise econômica.

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

(2) D.Sc., Arquiteta, Professora e Pesquisadora do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Arquitetura e Construção Civil, do Centro Federal de Educação Tecnológica, CEFET, Rua Doutor Siqueira, 273, Parque Dom Bosco, Campos dos Goitacazes, Rio de Janeiro, cep 28030230.

(3) D.Sc., Professor do 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) Ph.D., Professor Titular do 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.

1 INTRODUÇÃO

Por mais simples que seja uma peça, o material que a constitui é elemento fundamental para a definição de sua utilidade. A necessidade de se conseguir materiais adequados tem sido uma preocupação constante para os pesquisadores que se dedicam a desenvolver um produto específico.

Nas sociedades primitivas, este esforço era direcionado para a obtenção de madeiras fortes e flexíveis para a construção de barcos e cestos, ou de pedras resistentes para instrumentos de corte. Com o domínio do fogo pelo ser humano, novos processos puderam ser explorados, como por exemplo, os potes de barro que após o cozimento apresentavam características de resistência muito superiores à da matéria-prima argilosa (FREITAS, 1985).

A variedade de matérias-primas disponíveis aumentou consideravelmente a possibilidade de obtenção de materiais não encontrados na natureza. Houve então a necessidade de conseguir materiais que atendessem a uma quantidade maior de características. Surgiu assim, a idéia de unir dois ou mais materiais, visando obter um novo material com propriedades não exibidas em seus componentes. As ligas metálicas e os produtos químicos são exemplos desse conceito. Entretanto a idéia principal é manter cada componente com suas características originais, gerando os materiais denominados compósitos. (FREITAS, 1985; JUNIOR, 1989).

Os materiais compósitos com matriz polimérica, além de aliarem uma boa resistência mecânica com boa ductilidade, oferecem a possibilidade de se obter materiais com boas combinações de propriedades desejadas (MONTEIRO, 1998).

A tendência em se obter ligas poliméricas, misturas e compósitos existe devido a alguns fatores: elevado custo no desenvolvimento de novos polímeros; aplicações específicas de compósitos e ligas; aperfeiçoamento de propriedades e redução de custos através da combinação de materiais caros com materiais mais baratos; entre outros (ASKELAND, 1985).

Os reforços aplicados aos compósitos poliméricos propiciam melhorias em suas propriedades físicas e térmicas modificam sua aparência superficial e características de processamento, além de reduzir o custo do material (FREIRE, 1992).

As cargas conferem aos compósitos poliméricos as seguintes vantagens: boa resistência térmica e mecânica, boa condutividade térmica, boa resistência à abrasão, boa resistência superficial, baixo custo e baixa contração. Como desvantagens têm-se limites no processo de fabricação e inibição de cura de algumas resinas termorrígidas.

O tipo, o tamanho e a forma das partículas influenciam diretamente nas propriedades mecânicas sendo as partículas mais finas difíceis de molhar e dispersar. Os tipos de cargas também influenciam no consumo de energia para o processamento (HULL, 1985).

Os compósitos com cargas unidimensionais demandam um consumo maior de energia, seguido em escala decrescente pelos compósitos com cargas bidimensionais e tridimensionais (MACK, 1990). As cargas fibrosas têm como finalidade, melhorar a rigidez, a resistência mecânica, a estabilidade dimensional e o bom desempenho à temperaturas elevadas (FREIRE, 1992).

Os materiais termorrígidos apresentam algumas vantagens sobre os termoplásticos, tais como: a incorporação (molhabilidade) de cargas ou

componentes reforçadores, pois antes da cura se encontram numa viscosidade mais baixa, isto é, sob a forma de monômeros ou oligômeros, no caso do poliéster e outros mais comuns. Devido a isso, geralmente são usados na confecção de compósitos de fibras contínuas. Esses monômeros devem ser mantidos em ambientes refrigerados durante um curto espaço de tempo, senão apresentam modificações químicas (LEACH, 1988).

Os polímeros termorrígidos alcançam sua estabilidade durante a moldagem, fazendo com que as propriedades do produto final estejam sujeitas as variáveis do processo. O processamento dos termorrígidos é caracterizado por períodos de tempo para a cura. Já os polímeros termoplásticos não necessitam de cura, têm possibilidade de reprocessamento e apresentam menor risco à saúde devido à ausência de produtos químicos reativos (MIJOVIC, 1989).

As matrizes poliméricas em compósitos poliméricos reforçados por fibras são utilizadas para proteger, alinhar e estabilizar as fibras, bem como para assegurar a transferência de tensão de uma fibra para outra. Em geral, tanto a rigidez quanto a resistência da matriz são inferiores as das fibras reforçadoras (MIJOVIC, 1989).

De modo simples, compósitos poliméricos reforçados por fibras são compostos por três constituintes: fibra, matriz e interface. Esta última é responsável por assegurar a ligação entre a matriz e a fibra (ROWELL, 1997). O modo com que os compósitos se deformam e fraturam irá depender das propriedades químicas e mecânicas desses três constituintes.

A força de ligação entre a matriz e a fibra reforçadora é um fator determinante na performance de muitos compósitos poliméricos. Compósitos com baixa força de ligação matriz/fibra irão falhar a tensões relativamente baixas quando ensaiados transversalmente as fibras. Existe atualmente uma série de tratamentos feitos nas superfícies das fibras com a finalidade de se aumentar a força de ligação entre a matriz/fibra. O nível de tratamento aplicado na superfície das fibras em um material compósito pode ter um grande efeito sobre sua resistência mecânica (GATENHOLM, 1997)

A piaçava é uma fibra natural extraída de várias palmeiras. No Brasil é explorada desde o período colonial e a Bahia é responsável por 95% do total da produção nacional. A exploração das piaçaveiras na Bahia, Amazonas e Pará é uma atividade puramente extrativista, por isso existe a necessidade de um manejo racional para que sua sobrevivência seja garantida.

A importância econômica da fibra da piaçava pode ser avaliada a partir da exportação do produto. Em 1997, 2000 toneladas foram exportadas, equivalendo a mais de dois milhões de dólares. Os principais países compradores foram: Portugal, Alemanha, Holanda, Estados Unidos, Inglaterra e Bélgica (CAMPANA, 1997).

A Tabela 1 apresenta dados da quantidade produzida na extração vegetal no Brasil de 1992 a 1997 (IBGE, 2000). Pode-se observar o grande destaque da piaçava diante das outras fibras relacionadas e um crescimento progressivo da quantidade produzida.

Tabela 1. Quantidade produzida na extração vegetal no Brasil entre 1992 e 1997.

Tipo de produto extrativo	Ano					
	1997	1996	1995	1994	1993	1992
Alimentícios (Ton)	372.350	341.753	396.694	391.322	404.670	415.242
Aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes (Ton)	3.484	3.183	4.634	5.669	6.177	4.624
Borrachas (Ton)	6.699	7.580	14.385	15.652	18.826	19.580
Ceras (Ton)	10.143	10.374	17.392	17.053	16.726	19.392
Fibras (Ton)	Buriti	396	399	387	383	899
	Carnauba	2.488	1.820	2.078	1.938	2.121
	Piaçava	95.380	93.965	84.990	81.348	77.716
	Outros	79	520	99	198	388
Gomas não-elásticas (Ton)	58	54	170	157	172	333
Carvão vegetal (Ton)	1.650.835	1.461.363	1.805.151	1.886.782	1.937.930	2.318.321
Lenha (m ³)	62.461.750	67.377.486	84.795.387	89.747.722	94.154.132	95.610.742
Madeira em tora (m ³)	26.303.849	49.855.821	61.588.270	62.526.820	62.840.016	53.067.737
Oleaginosos (Ton)	135.210	138.752	124.727	121.171	142.135	193.654

2 MATERIAIS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Para a parte técnica deste trabalho, foram fabricados e ensaiados compósitos de resina poliéster reforçados com piaçava. As fibras de piaçava foram obtidas em fábricas de vassouras. Nenhum tratamento especial foi dispensado a estas fibras a não ser a simples secagem ao ar.

Compósitos de matriz poliéster reforçados com 10, 20, 30 e 40% em fração volumétrica de fibra de piaçava foram confeccionados sem pressão, a 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 122 x 25 x 10 mm. As fibras 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.

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

$$\sigma_m = \frac{3Q_m L}{2bd}$$

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.

Foi realizada uma análise da viabilidade econômica econômica do compósito comparado a outros materiais convencionais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios, com respectivos desvios padrão, obtidos para a resistência máxima em flexão dos compósitos com matriz poliéster reforçados com 10, 20, 30 e 40% de piaçava (AQUINO, 2003; AQUINO, 2004).

Tabela 2. Módulo de ruptura (MPa) dos compósitos com fibras de piaçava.

Porcentagem em fração volumétrica de fibras	Módulo de ruptura (MPa)
10	62,84 ± 19,16
20	64,75 ± 12,64
30	73,20 ± 13,90
40	90,56 ± 8,12

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 piaçava. 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 disso, 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 3 apresenta os custos para placas com 1 m² 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 3, fica evidente que os compósitos de matriz poliéster reforçada com piaçava, são consideravelmente mais caros que seus competidores. Isto não significa que estes compósitos, embora apresentem viabilidade técnica, não possam vir a competir economicamente com os materiais convencionais.

Tabela 3. Preço comercial correspondente a uma placa com 1m² de área e 1cm de espessura.

MATERIAL	PREÇO (R\$)
Piaçava	-
Resina Poliéster	75
Compósito com 20%	72^(a)
Compósito com 40%	54^(a)
Compensado de Madeira	24
Aglomerado de Madeira	15
Gesso	13
Divisória Sanduíche	21 ^(b)

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

(b) Placa com 1m² de área, espessura padrão de 3,5 cm.

A Tabela 4 apresenta os dados da resistência à flexão de painéis retangulares, similares aos dos compósitos poliméricos de piaçava, confeccionados a partir de materiais convencionalmente utilizados na construção civil.

Tabela 4. Tensão de ruptura em flexão de painéis em materiais convencionais.

Material empregado como painel	Tensão de ruptura $\sigma_m \pm \Delta$ (MPa)
Compósito piaçava + poliester	90,56 $\pm$ 8,12
Cimento	7,47 $\pm$ 0,51
Cimento c/ tela	14,81 $\pm$ 5,56
Gesso	8,69 $\pm$ 0,82
Gesso c/ tela	10,46 $\pm$ 0,87
Madeira	9,71 $\pm$ 2,28
Sanduíche	1,68 $\pm$ 0,69

4 CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que a fibra da piaçava tem um grande potencial a ser desenvolvido, sendo, viável como reforço para compósitos poliméricos.

Uma análise econômica preliminar revelou serem os compósitos de matriz poliéster reforçada com piaçava 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 CEFET Campos, CNPq, CAPES e FAPERJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AQUINO, R.C.M.P., D'ALMEIDA, J.R.M., MONTEIRO, S.N., **Comportamento Mecânico e Morfologia da Fratura do Compósito Piaçava/Resina Poliéster**, 58º Congresso Anual da Associação Brasileira de Materiais e Metalurgia, Rio de Janeiro , 2003.
- 2 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.
- 3 ASKELAND, D. R. **The Science and Engineering of Materials**, 1985; 3 edition, Publishing Company.
- 4 CAMPANA Filho, S.P., FROLLINI, E., CURVELO, A.A.S., **Organosolo Delignification of Lignocellulose Materials: Preparation and Characterization of Lignin and Cellulose Derivates**, 1997;Inst. De Quim, São Carlos – USP.
- 5 FREIRE, E. **Caracterização e Análise Estrutural de Polipropileno Reforçado com Fibra de Vidro Através do Método de Elementos Finitos**. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros), Rio de Janeiro- RJ, 1992, Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano/ Universidade Federal do Rio de Janeiro- IMA/UFRJ, 1-27p.
- 6 GATENHOLM, P, **“Interfacial Adhesion and Dispersion in Composites. Molecular Interations Between Cellulose and Other Polymers.**, 1997.
- 7 HULL, D. **“An Introduction to Composite Materials”**, 1985; pp 1-32

- 8 IBGE;<http://www1.ibge.gov.br/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>
- 9 JÚNIOR, E. H. **Materiais Compósitos**. Engenharia de Materiais, Campinas, 1989.
- 10 LEACH, D.. **Developments and Applications of Continuous Fibre Reinforced Thermoplastics**, New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1988; 576-588p.
- 11 MACK, M. H. **Split-feed Compounding of Highly Filled Polymers**. *Plast. Eng.*, 1990; 46:31-36.
- 12 MIJOVIC, J. **Thermoplastics Matrices for Advanced Composites**. *Polym. News*, 1989; 14:177-186.
- 13 MONTEIRO, S.N., RODRIGUES, R.J.S.; SOUZA, M.V. E D'ALMEIDA, J.R.M.; **Adv. Performance Materials**, 1998, 5, p.1.
- 14 ROWELL, R; SANADE A.R; CAULFRELD, D.F e JACOLSON, R.E, **Utilization of Natural Fibers in Plastic Composites: Problems and Opportunities**, 1997.

AN ANALYSIS OF PIASSAVA/ POLYESTER RESIN COMPOSITES AS A SUBSTITUTE FOR WOOD ⁽¹⁾

Regina Coeli Martins Paes Aquino⁽²⁾

José Roberto Moraes d'Almeida⁽³⁾

Sergio Neves Monteiro⁽⁴⁾

Abstract

The world tendency nowadays is to look for new materials that are more compatible with the environment to avoid an environmental impact. Composites were fabricated with piassava fibers (*Atallea funifera* Mart) as reinforcement phase of polymeric matrix. The objective was to evaluate the mechanical properties of longitudinally distributed piassava fibers reinforcing a polyester matrix. Composite plates with 10 to 40 wt. % of piassava fibers were prepared. A gradual increase in the flexural resistance with the increase in the fiber percentage was observed. This type of composite presented a performance comparable to those of other natural fibers composites. They could also, potentially, replace wood based traditional 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; Piassava, Economical analysis.

(1) Submitted for the 60th Annual Congress – ABM, Belo Horizonte, MG, July 25-28, 2005.

(2) Federal Center of Technological Education, CEFET, Av. Dr. Siqueira, 273, 28030-130, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

(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) 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.