

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITO COM FIBRA NATURAL ¹

Bárbara Paula Figueroa ²
Amal Elzubair ³
Eloisa Biasotto Mano ⁴
João Carlos Miguez Suarez ⁵

Resumo

Os resíduos plásticos constituem uma importante fonte de matéria prima para produção de novos materiais. O uso de fibras naturais como reforço de termoplásticos tem despertado interesse crescente devido ao baixo custo, baixa densidade e elevadas propriedades específicas, sendo biodegradáveis e não abrasivas. Todavia estas fibras apresentam baixa adesão interfacial com a matriz polimérica, o que, tendo em vista a melhoria das propriedades do produto final, torna necessário o tratamento superficial das fibras afim de se aumentar a união matriz-reforço. Este trabalho teve como objetivo desenvolver compósitos de baixo custo para estruturas de baixa resistência, não críticas, empregando-se fibras de piaçava da Amazônia (*Leopoldinia piassaba*) e polietileno reciclado, contribuindo para a despoluição ambiental e para a utilização de recursos naturais brasileiros. Um compósito com matriz de polietileno de alta densidade reciclado (HDPE-r) (80%) reforçado com fibras de piaçava da Amazônia (*Leopoldinia piassaba*), não-tratada e tratada por mercerização, acetilação e tratamento térmico (20%) foi avaliado por meio de ensaios mecânicos (tração e impacto). Foi verificado o tratamento da fibra tratada melhorou o desempenho mecânico do compósito em função do aumento da adesão interfacial entre a fibra e a matriz.

Palavras-chave: Compósito; *Leopoldinia piassaba*; Polietileno reciclado; Tratamento químico; Tratamento térmico; Comportamento mecânico.

INFLUENCE OF SUPERFICIAL TREATMENT IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL FIBERS COMPOSITES

Abstract

The plastic residues are an important source of raw materials for production of new materials. The use of natural fibers as a reinforcement in thermoplastics shows a growing interest because of the low cost, low density and excellent specific properties, being biodegradable and non abrasive. However, these fibers show low interfacial adhesion with polymer matrix. Looking forward to enhance the properties of the final product, it is important to treat the fiber surface, chemically or thermally, to increase the adhesion between the polymer matrix and the filler. The objective of the present work is to produce low cost composites for low resistance structures, non critical, utilizing Amazon piassava fiber (*Leopoldinia piassaba*) and recycled polyethylene, contributing to a healthy environment and using an available Brazilian natural resources. A composite with recycled high density polyethylene (80%) and *Leopoldinia piassaba* fiber (Amazon, Brazil) with mercerization, acetylation and thermal treatments and without treatment (20%) was evaluated by mechanical tests (tension and impact) has been studied. It was verified that the composites with treated fiber shows a better mechanical behavior as a function of increased interfacial adhesion.

Key words: Composite; *Leopoldinia piassaba*; Recycled polyethylene; Chemical treatment; Thermal treatment; Mechanical behaviors.

¹ Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil

² Engenheiro, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.

³ Físico e Doutor em Ciências, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.

⁴ Professor Emérito, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

⁵ Sócio da ABM, Engenheiro e Doutor em Ciências, Professor Emérito, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ.

1 INTRODUÇÃO

O comportamento estrutural de compósitos com matriz polimérica reforçada por fibras naturais têm despertado um grande interesse como materiais alternativos a fim de atender as exigências do mercado, visando a fabricação de placas de baixo custo para estruturas de pequena responsabilidade. O problema de falta de boa adesão entre a fibra e matriz polimérica devido à natureza hidrofílica da fibra e hidrofóbica da matriz, pode ser superada modificando-se a superfície da fibra por meio de tratamentos químicos ou térmicos. O interesse na incorporação de fibras naturais em termoplásticos tem crescido em função do baixo custo e da possibilidade de se usar recursos naturais renováveis. Adicionalmente, o uso de termoplásticos reciclados como matriz, pode contribuir para a despoluição ambiental, bem como para a criação de novos empregos.^[1,2]

As propriedades mecânicas de compósitos dependem de diversos fatores, tais como, tipo, teor, orientação e dispersão da fibra, bem como da afinidade química entre fibra e matriz. Uma melhoria nas propriedades mecânicas do compósito pode ser conseguida pela incorporação de fibras tratadas superficialmente com agentes de acoplamento com a finalidade de se aumentar a adesão entre os componentes.^[1,2]

O objetivo específico do presente trabalho é analisar as propriedades mecânicas de compósitos de matriz de polietileno de alta densidade reciclado (HDPE-r) reforçada com fibras de piaçava modificada.

2 EXPERIMENTAL

Compósitos de polietileno de alta densidade reciclado (HDPE-r) com fibra de piaçava da Amazônia (*Leopoldinia piassaba*), tratada e não tratada, nas proporções 80/20, na forma de grânulos (pellets), foram fabricados por extrusão em reômetro Haake. Placas de 15 cm de lado foram moldadas por compressão, a partir dos grânulos extrusados, em uma prensa hidráulica Carver na pressão de 5000lb e na temperatura de 190°C, por 5 minutos, seguido de resfriamento rápido por 10 minutos na temperatura de 10°C. O compósito foi caracterizado por meio de ensaios mecânicos (tração e impacto) a partir de corpos de prova extraídos das placas.

O ensaio de tração foi realizado em uma máquina universal de ensaios marca Instron, modelo 4204, com célula de carga de 1kN, segundo a norma D638M^[3] na temperatura ambiente, na velocidade de 5 mm/min. Foram determinados o módulo de elasticidade, a tensão máxima, a tensão na ruptura considerada como a resistência à tração do compósito e o alongamento na ruptura.

O ensaio de impacto IZOD foi de acordo com a norma ASTM D256,^[4] em um equipamento de impacto CEAST Resil Impact, na temperatura de 23°C. Foram utilizadas as seguintes condições do teste: martelo com massa de 0,335kg e comprimento de 0,327m, velocidade de impacto inicial 3,459m/s, energia potencial do martelo de 2J e ângulo de início de teste de 150°.

A fibra, visando melhorar a adesão interfacial matriz-reforço, foi submetida a 3 (três) tipos de tratamento: alcalino (mercerização), acetilação e térmico. Os procedimentos utilizados em cada tratamento estão descritos a seguir.

2.1 Tratamento Alcalino (Mercerização)

O tratamento alcalino, selecionado por apresentar baixo custo e ser bastante efetivo em baixas concentrações, foi realizado com soda cáustica (hidróxido de sódio, NaOH). As fibras foram imersas em uma solução aquosa com 6% de NaOH à temperatura de $19 \pm 2^\circ\text{C}$ por 48 horas. As fibras tratadas foram rinsadas e secas à temperatura ambiente e, em seguida, levadas para uma estufa a 110°C , onde permaneceram por 5 horas. [5]

2.2 Tratamento de Acetilação

A fibra fragmentada foi, inicialmente, imersa em uma solução aquosa de 18% de hidróxido de sódio, na temperatura de 25°C , por uma hora. Após este tratamento, as fibras foram lavadas diversas vezes em água corrente e secas ao ar. As fibras secas foram imersas em ácido acético glacial, na temperatura de 25°C , por uma hora, após o que foi realizada uma filtração, usando-se papel filtro, para retirada do excesso de líquido e, em seguida, foram imersas em anidrido acético contendo duas gotas de ácido sulfúrico concentrado. As fibras, após uma filtração para a retirada completa do excesso de anidrido, foram, então, lavadas com água e secas em estufa na temperatura de 70°C , por 24 horas. [6]

2.3 Tratamento Térmico

As fibras de piaçava foram aquecidas em uma estufa com circulação de ar na temperatura de 150°C , por quatro horas, e resfriadas no interior da estufa até a temperatura ambiente. [7]

3 RESULTADOS E DISCUSSAO

A Figura 1 apresenta curvas tensão-deformação representativas obtidas no ensaio de tração de compósitos com teor de fibra de 20%.

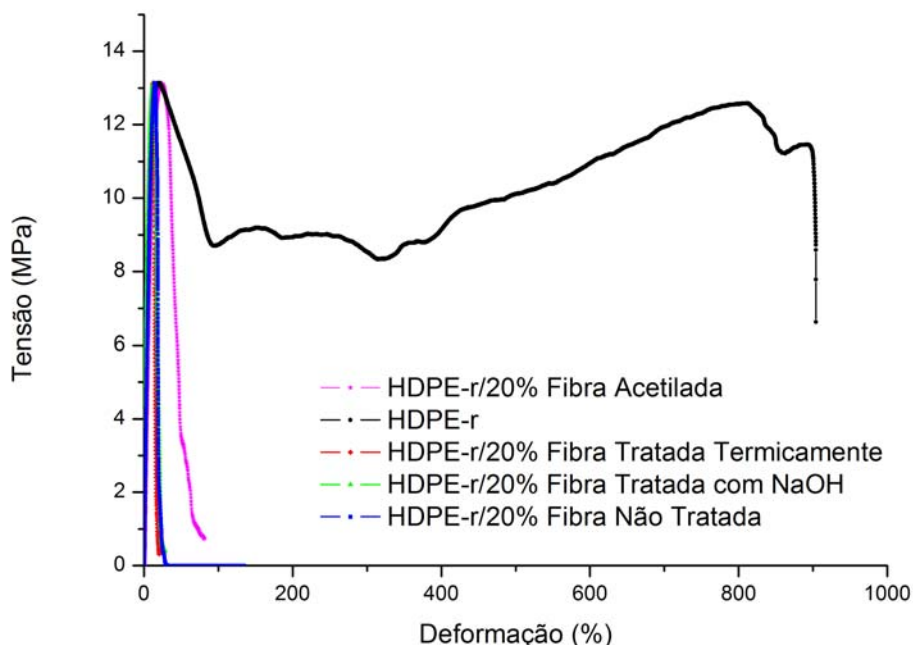


Figura 1- Curvas tensão-deformação representativas obtidas no ensaio de tração de compósitos com teor de fibra de 20%

Na Tabela 1 estão mostrados os resultados do ensaio de tração.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de tração

Amostra	Módulo de elasticidade (MPa)	Tensão de escoamento (MPa)	Alongamento na ruptura (%)
HDPE-r	203,1	11,8	904,0
HDPE-r / 20% fibra não tratada	189,9	11,3	33,9
HDPE-r / 20% fibra mercerizada	212,9	11,5	28,4
HDPE-r / 20% fibra acetilada	224,7	12,0	42,4
HDPE-r / 20% fibra trat. termicamente	223,0	12,5	30,5

Observa-se que o polietileno de alta densidade reciclado (HDPE-r) apresentou, devido ao seu alto índice de fluidez, uma alta deformação na fratura, enquanto que os compósitos com fibra, não tratada ou tratada, mostraram uma redução sensível no alongamento na ruptura.

Verifica-se que tanto o módulo de elasticidade, como a tensão de escoamento, não mostraram grandes variações (Figura 1). Todavia, comparando-se as propriedades dos compósitos com fibra tratada e não tratada pode-se afirmar que o tratamento da fibra melhorou a resistência mecânica dos mesmos.

Observa-se, em relação ao comportamento mecânico do compósito, que o tratamento térmico da fibra foi mais efetivo, pois permitiu a obtenção da maior tensão de escoamento com um alto módulo de elasticidade. Os demais tratamentos resultaram em menores valores de escoamento, maior para a acetilação e menor nos compósitos com fibra tratada com hidróxido do sódio (mercerização).

Todavia, em face da pequena diferença entre os valores obtidos, pode-se afirmar que todos os tratamentos foram efetivos para a obtenção de uma melhor adesão interfacial matriz-fibra.

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de impacto mostrando, também, que o tratamento da fibra produz um pequeno aumento na energia absorvida e na resistência ao impacto dos compósitos com fibra tratada em relação ao com fibra não tratada. As melhores propriedades sob impacto foram obtidas nas fibras tratadas termicamente, seguidas das acetiladas e das mercerizadas, nesta ordem.

Pode-se afirmar que o principal mecanismo de falha que ocorre neste tipo de compósito é a falta de adesão entre a fibra de piaçava e a matriz de HDPE-r. Assim, os resultados obtidos podem ser interpretados considerando o aumento da compatibilização entre a fibra e a matriz produzido pelos tratamentos.^[6]

Os tratamentos de acetilação e de mercerização aumentam a rugosidade superficial das fibras, facilitando a penetração do HDPE-r e produzindo um maior travamento mecânico entre a fibra e a matriz, o que, conseqüentemente, melhora a adesão interfacial das fibras tratadas em relação à da não tratada. Na mercerização, o tratamento com hidróxido de sódio remove a lignina e a hemicelulose da fibra de piaçava, aumentando a sua rugosidade superficial e a adesão interfacial. Nas fibras acetiladas a melhora na adesão interfacial resulta de 2 (dois) mecanismos: (i) o travamento mecânico, resultante do aumento na rugosidade superficial da fibra pelo pré-tratamento alcalino, e (ii) a produção de pontes de hidrogênio entre os grupos da acetila e da hidroxila. Desta maneira, pode-se afirmar que a interação interfacial nas fibras acetiladas, seja no interior ou na superfície das microfibrilas, é maior do que nas fibras mercerizadas.^[7]

O tratamento térmico da fibra em uma temperatura acima da de transição vítrea da lignina produz um amolecimento da mesma e a sua migração para a região superficial da fibra. O aquecimento, ao mesmo tempo, produz a despolimerização da lignina e, até certo ponto, da hemicelulose, produzindo a liberação de pequenas moléculas de fenol e de aldeído fazendo com que a fibra passe ser constituída, predominantemente, somente por microfibrilas de celulose. Esta condição, face as excelentes propriedades mecânicas das microfibrilas da celulose, aumenta as propriedades mecânicas do compósito.^[8]

Tabela 2 - Resultados do ensaio de impacto

Amostra	Energia absorvida (J)	Resistência ao impacto (kJ/m²)
HDPE-r	0,451	6,03
HDPE-r / 20% fibra não tratada	0,698	3,57
HDPE-r / 20% fibra mercerizada	0,743	3,15
HDPE-r / 20% fibra acetilada	0,841	3,56
HDPE-r / 20% fibra tratada termicamente	0,862	3,75

4 CONCLUSÕES

A análise dos resultados dos ensaios realizados nas amostras dos compósitos 80/20 polietileno de alta densidade / fibra de piaçava da Amazônia (*Leopoldinia piassaba*), não tratada e tratada, considerando os tratamentos empregados neste trabalho, e considerando as informações obtidas na pesquisa bibliográfica, permite concluir o seguinte:

- a remoção, pelos tratamentos químico e térmico, da lignina e da hemicelulose da fibra melhora a adesão entre a fibra de piaçava e a matriz polimérica e faz com que as microfibrilas da celulose se comportem como o material de reforço do compósito.
- os compósitos reforçados com fibra tratada apresentam, em relação aos com fibra não tratada, melhores propriedades mecânicas.
- as melhores propriedades mecânicas do compósito, tanto em tração como em impacto, foram obtidas com o tratamento térmico da fibra.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERJ, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 Marcovich N., Reboredo M.M., Aranguren M. In Lignocellulosic-Plastics Composites, Leão A.L., Carvalho F.X., Frollini E. (Eds.). São Paulo: USP/UNESP, 1997, p 223-240.
- 2 Hill C.A.S., Abdul Khalil H.P.S. J. Appl. Polym. Sci., v.78, p.1685, 2000.
- 3 Norma ASTM D638M, Tensile properties of plastics (Metric), Standard Test Methods for. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1993.
- 4 Norma ASTM D256. Determining the pendulum impact resistance of notched specimens of plastics, Standard test method for. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1993.

- 5 Mwaikambo, L. Ansell, M. Chemical modification of hemp, sisal, jute and kapok fibres by alkalization. *J. Appl. Polym. Sci.* V.84, n.12, p.2222–2234, 2002.
- 6 Zhang YB, Lu GS, Deng FY. Slight acetylation of ramie and its application. Chinese patent CN85108774, 1987.
- 7 Min Zhi Rong, Ming Qiu Zhang, Yuan Liu, Gui Cheng Yang and Han Min Zeng. The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites. *Composites Science and Technology.* V61 (10), p1437-1447, 2001.
- 8 Stamboulis, A. Baillie, C.A. Garkhil, S.K. Van Melick, H.G.H. Pejis, T. Environmental durability of flax fibres and their composite based on polypropylene matrix. *Appl. Comp. Mat.* V.7, p.273-294, 2000.