

Comportamento mecânico e reológico de compósitos de polipropileno e fibras de bananeira: Influência do teor de fibra

E. J. Padilha Jr.^{1*}, C. L. Zard²

¹Engenharia de Plásticos – Universidade Luterana do Brasil, Rua Miguel Tostes , 101, CEP 92420-280,
Canoas – RS

²Instituto de Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(Recebido em 13/10/2009; revisado em 11/02/2010; aceito em 20/03/2010)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Neste trabalho foi avaliado o comportamento mecânico e reológico de compósitos de polipropileno e fibra de bananeira. As fibras de bananeira foram extraídas manualmente do pseudocaule de bananeira e incorporadas, na forma in natura, na proporção de 5, 10 e 15% em massa dos compósitos. A utilização das fibras de bananeira na forma in natura demonstrou-se viável e com incremento satisfatório no módulo elástico, aumento discreto da viscosidade, mas com perda de resistência a tração dos compósitos.

Palavras-chave: Compósitos; polipropileno; fibra de bananeira.

Abstract:

The purpose of this article was to study rheology and mechanical properties of polypropylene/banana tree fibers composites. Fibers were extracted manually from pseudostem of the banana tree and used in the natural form. It was jumble with polypropylene in the proportions of 5, 10 and 15% in mass in a Haake chamber. Utilization of banana fibers in nature showed as a satisfactory increment of elastic modulus, discrete increase of viscosity, however presented loss of tensile strength of composites.

Keywords: Composites; polypropylene; banana tree fiber.

* E-mail: erlipadilha@gmail.com (E. J. Padilha Jr)

1. Introdução

Nos últimos anos, há uma crescente preocupação em relação às questões ambientais, o que está acarretando aumento de pesquisas na área de compósitos utilizando fibras naturais como cargas reforçantes. As fibras celulósicas apresentam baixo custo, baixa densidade e reduzem o desgaste em equipamentos de processamento se comparadas às fibras sintéticas, além de serem de fonte renovável, biodegradáveis, atóxicas e serem facilmente modificadas por agentes químicos [1,2]. Diversos estudos demonstram que o emprego de fibras naturais em matrizes poliméricas proporciona aumento das propriedades mecânicas desses compósitos [3-6].

Uma fibra de fácil cultivo em países tropicais é a de bananeira, o que traz vantagens na sua obtenção para ser usada como reforço em polímeros [4,7]. No Brasil, a banana possui um alto índice de produção e produtividade [7,8]. O Brasil é o segundo maior produtor, perdendo apenas para a Índia, detendo cerca de 10 % do total mundial [8,9].

O pseudocaule da bananeira, após oferecer o fruto, pode proliferar fungos com difícil controle de tratamento, devido à alta umidade incidente nas plantações. Sendo assim, a extração do pseudocaule pode ser uma alternativa de renda interessante para a mão de obra rural, além de ser uma alternativa viável para confecção de artesanatos e reforço de resinas termoplásticas [4].

Uma das resinas termoplásticas mais empregadas como matriz em compósitos é o polipropileno (PP), pois é um polímero *commodity* com boas propriedades mecânicas, facilidade de processamento, baixo custo e formulado de modo a se manter termicamente estável sob condições regulares de processamento [10, 11].

A incorporação de fibra natural em matrizes poliméricas vem apresentando vantagens econômicas e enriquecendo as propriedades dos materiais produzidos. As condições adequadas de mistura, tempo, temperatura e velocidade de rotação devem ser satisfatórias para que haja uma homogeneização correta do compósito, sem que ocorra degradação e/ou redução acentuada no comprimento final das fibras naturais, principalmente ao utilizar fibras de vegetais que são muito sensíveis ao calor [3,12].

O percentual, as dimensões, a dispersão e a forma de orientação da fibra adicionada ao polímero devem ser os que possibilitem maiores ganhos nas propriedades deste, tais como mecânicas [13].

2. Metodologia

2.1. Materiais

O polímero empregado foi o polipropileno homopolímero (H 201) fornecido pela Braskem S/A, com densidade 0,905 g/cm³ e MFI (230°C/2,16 kg) 20 g/10 min. As fibras utilizadas foram as fibras de bananeira extraídas do pseudocaule da bananeira de qualidade terra, cultivada no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul.

2.2. Tratamento das Fibras

As fibras de bananeira foram empregadas de forma in natura. As fibras foram extraídas do pseudocaule de bananeiras de qualidade terra e secas ao sol por 14 dias. Após, sofreram processo de moagem e peneiramento manual empregando peneira de 16 mesh.

2.3. Obtenção dos Compósitos

A obtenção dos compósitos foi efetuada em uma câmara de mistura Haake, modelo Rheomix 600p, com rotores do tipo Roller. As misturas foram preparadas durante 8 minutos, com velocidade do rotor de 60 rpm e temperatura de 170°C. Foram preparados compósitos com 5, 10 e 15% em massa de fibras de bananeira.

2.4. Obtenção dos Corpos de Prova

Para a obtenção dos corpos de prova foi utilizada uma prensa Carver e moldes nas dimensões da norma ASTM D 638-03 (corpos de prova tipo IV) [14]. Foram moldados à temperatura de 190°C sob pressão de 6,5 MPa durante 5 minutos.

2.5. Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas dos compósitos foram determinadas através do teste de tração, conforme norma ASTM D 638-03 [14]. Foi realizado em uma máquina universal de ensaio

marca Emic, modelo DL 10000, com velocidade de teste de 5 mm/min e célula de carga de 5 kN.

2.6. Propriedades Reológicas

As propriedades reológicas foram analisadas através do gráfico (torque em função do tempo e temperatura da massa) obtido do reômetro de torque Haake empregado para a mistura dos compósitos.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização Mecânica dos Compósitos

A determinação das propriedades mecânicas dos materiais é uma das considerações necessárias para selecionar materiais para o projeto de um produto. Os resultados obtidos através dos testes mecânicos podem servir como base de comparação do desempenho mecânico dos diferentes polímeros, assim como para a avaliação dos efeitos decorrentes da modificação do polímero, como, por exemplo, a adição de fibras vegetais.

No ensaio de tração foram analisados os resultados de módulo de elasticidade, resistência à tração e deformação na ruptura. O módulo elástico foi obtido através da inclinação da curva de tração a baixas deformações (até 0,2%), conforme sugerido pela literatura [15-17], sendo este geralmente relacionado à rigidez do material.

A Figura 1 mostra o comportamento do módulo de elasticidade dos compósitos de polipropileno e fibra de bananeira com diferentes concentrações de fibras. O gráfico demonstra que o módulo elástico é influenciado satisfatoriamente pelo aumento do teor de fibra, devido ao alto módulo das mesmas, refletindo na rigidez dos compósitos. Este comportamento também pode ser atribuído à diminuição na mobilidade das cadeias da matriz devido a presença das fibras, levando ao aumento do módulo de elasticidade [18-20].

A resistência à tração (Figura 2) sofreu redução com o aumento de fibra de bananeira nos compósitos. Esse comportamento é devido às fibras curtas produzirem descontinuidades na matriz polimérica, impedindo a distribuição e a transferência da carga aplicada, e assim, diminuindo a resistência dos compósitos. Esse efeito também pode ser conferido à falhas na

interface, geradas pela fraca interação entre o polipropileno e as fibras, devido a característica hidrofóbica da matriz e hidrofílica do reforço. Além disso, não houve nenhum tipo de tratamento químico nas fibras e não foi utilizado compatibilizante. A aglomeração das cargas em grandes quantidades, causada pela fraca interação entre as fases, também impossibilita ou dificulta a transferências de esforços da matriz para a fibra [18-22].

A deformação na ruptura (Figura 3) apresentou um decréscimo significativo à medida que aumentou o teor de fibras no polímero. O alongamento diminuiu com o aumento do teor das fibras, devido ao aumento da rigidez e a diminuição da mobilidade das cadeias poliméricas, provocando a diminuição da capacidade de deformação plástica da matriz. Durante os testes de tração o polipropileno apresentou um comportamento dúctil, enquanto os compósitos demonstraram um comportamento semelhante a polímeros frágeis.

3.2. Caracterização Reológica dos Compósitos

Pode-se estimar através da reometria de torque a viscosidade de polímeros fundidos de forma indireta, por meio do torque necessário para manter constante a velocidade aplicada por rotores do reômetro, a uma dada temperatura [23]. Os resultados obtidos, neste estudo, estão na Tabela 1 e na Figura 4.

Pode-se verificar, na Figura 4, que há um acréscimo no torque em todas as amostras, devido à resistência dos materiais no estado sólido (polímero e fibras de bananeira). Neste início da curva, o torque é mais elevado para os sistemas contendo fibras de bananeira, advertindo um consumo primitivo de energia mais acentuado destinado a desaglomerar e dispersar as fibras. Após alcançar o pico, o torque para todos os compósitos diminui e se estabiliza, que se conserva até o término do processo de mistura, mostrando a formação de uma mistura homogênea. Pode-se observar que há um atraso no pico máximo da curva do torque dos compósitos contendo fibras de bananeira em relação ao polipropileno, ocasionado pela dificuldade de homogeneização do meio na presença das fibras.

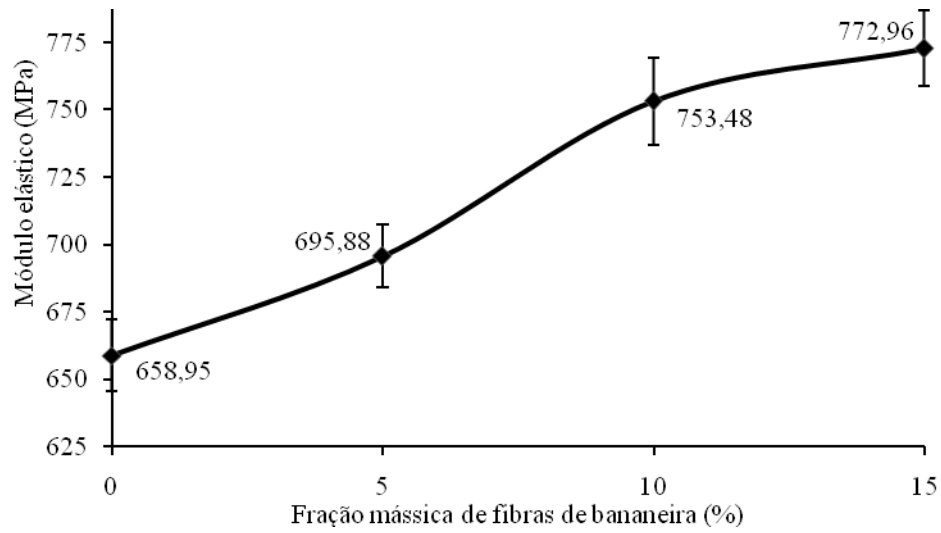


Figura 1: Módulo elástico dos compósitos

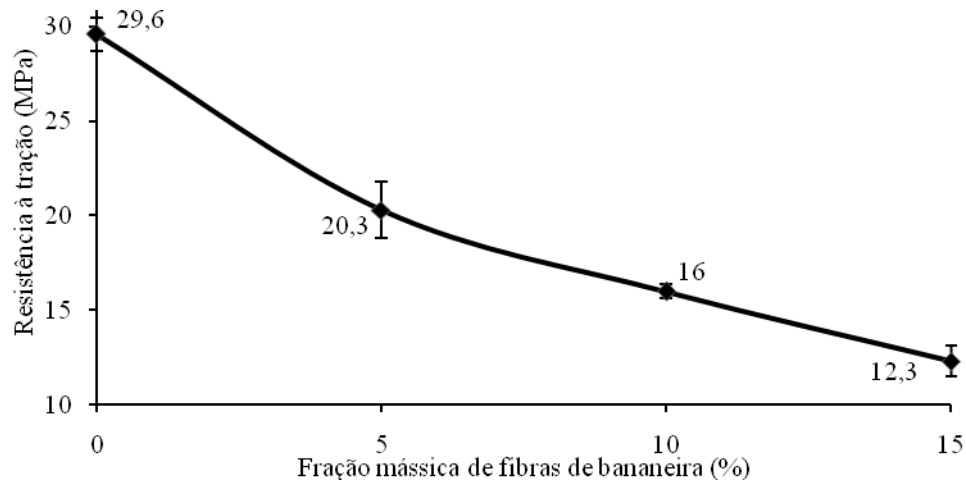


Figura 2: Resistência à tração dos compósitos

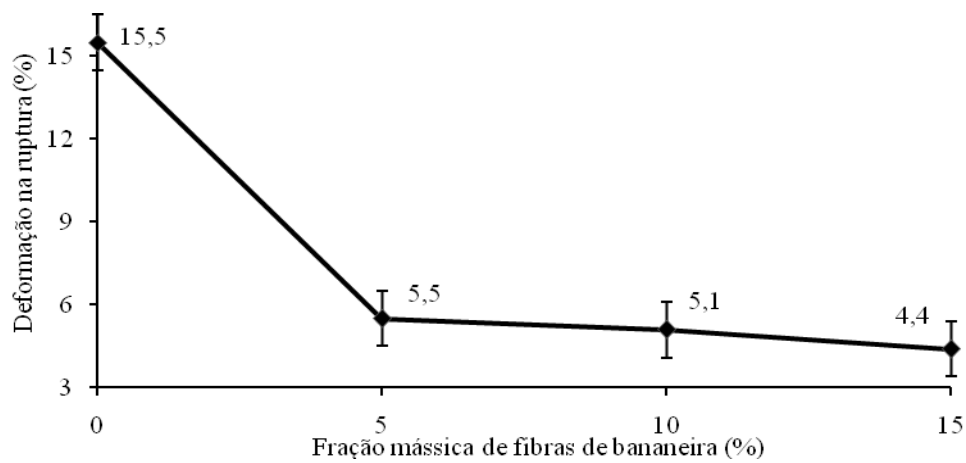


Figura 3: Deformação na ruptura dos compósitos

Com a estabilização, verifica-se um ligeiro aumento do torque para os compósitos em relação ao polímero puro, sugerindo viscosidade um pouco maior, que era esperado devido às fibras celulósicas não fundirem durante o processo. A pequena alteração na reologia devido à presença das fibras de bananeira permite sugerir que as fibras na concentração e

tamanhos empregados não deve alterar, significativamente, a processabilidade do polipropileno, além de não modificar extensivamente os níveis de atrito entre os compósitos e as ferramentas de processamento.

Tabela 1: Comportamento reológico dos compósitos

Fração mássica de fibras de bananeira (%)	Tempo (min)	Torque (N.m)	Temperatura da massa (°C)	Velocidade (rpm)
0	8	1,8	174	60
5	8	1,9	174	60
10	8	2,4	175	60
15	8	2,9	175	60

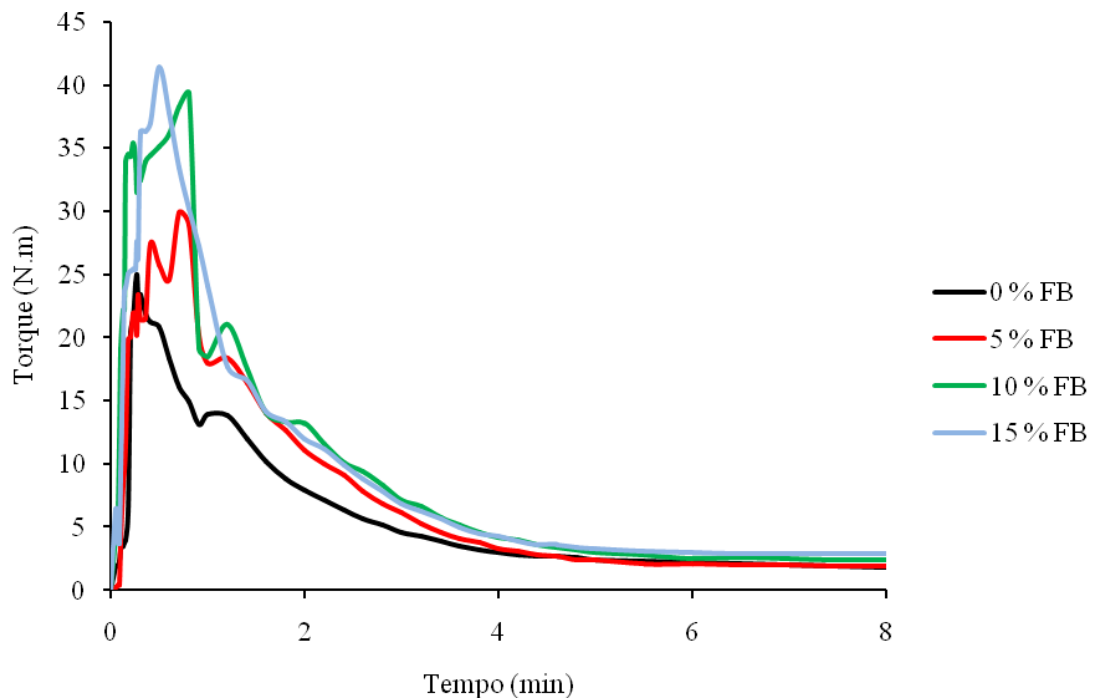


Figura 4: Curva de torque em função do tempo

4. Conclusões

A utilização das fibras de bananeira demonstrou-se viável e um incremento satisfatório no módulo elástico, mas com perda de resistência à tração dos compósitos, o que pode ser melhorado com o tratamento das fibras ou utilização de agentes de acoplamento. A viscosidade dos compósitos sofreu um ligeiro aumento com o incremento do teor das fibras.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Braskem pela doação do polipropileno e o Instituto de Química da UFRGS pelo apoio nas análises.

Referencias

- [1] Wambua, P.; Ivens, J.; Verpoest, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre

- reinforced plastics? *Composites Science and Technology*, 63, p.1259-1264, 2003.
- [2] Joshi, S.V.; Drzal, L.T.; Mohanty, A.K.; Arora, S. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? *Composites: Part A*, 35, p.371-376, 2004.
- [3] Ishizaki, M.H.; Visconte, L.L.Y.; Furtado, C.R.G.; Leite, M.C.A.M.; Leblanc, J.L. Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 16, p.182-186, 2006.
- [4] Balzer, P. S.; Vicente L.L.; Briesemeister, R., Becker, D.; Soldi, V.; Rodolfo Jr., A; Feltran, M.B. Estudo das propriedades mecânicas de um composto de PVC modificado com fibras de bananeira. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 17, p.1-4, 2007.
- [5] Arib, R.M.N.; Sapuan, S.M.; Ahmad, M.M.H.M.; Paridah, M.T.; Khairul Zaman, H.M.D. Mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polypropylene composites. *Materials and Design*, 27, p.391-396, 2006.
- [6] Takatani, M.; Ito, H.; Ohsugi, S.; Kitayama, T.; Saegusa, M.; Kawai, S.; Okamoto, T. Effect of lignocellulosic materials on the properties of thermoplastic polymer/Wood composites. *Holzforschung*, 54, p.197-200, 2000.
- [7] Satyanarayana, K.G.; Guimarães, J.L.; Wypych, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: source, production, morphology, properties and applications. *Composites: Part A*, 38, p.1694-1709, 2007.
- [8] IBGE. *PAM – Produção Agrícola Municipal*, 32, Rio de Janeiro, 2005.
- [9] IBGE. *PAM – Produção Agrícola Municipal*, 33, Rio de Janeiro, 2006.
- [10] IBGE. *PAM – Produção Agrícola Municipal*, 34, Rio de Janeiro, 2007.
- [11] Karian, G.H., Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites. New York: Marcel Dekker Inc., 2003.
- [12] Luz, S.M.; Gonçalves, A.R.; Del'arco Jr., A.P. Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno Reforçado com Celulose de Bagaço e Palha de Cana. *Revista Matéria*, 11, p.101-110, 2006.
- [13] Callister JR., W.D. *Materials Science and Engineering – An Introduction..* New York: John Wiley & Sons Inc, 2007.
- [14] American Society For Testing And Materials. *ASTM D 638-03 – Standard Test Properties of Plastics*. USA, 2002.
- [15] Canevarolo JR., S.V. *Ciência dos Polímeros*. São Paulo: Artliber Editora, 2004.
- [16] Chanda, M.; Roy, S.K. *Plastics Technology Handbook*. New York: CRC Press, 2007.
- [17] Santos, E.F. *Efeito de agentes de acoplamento em compósitos de polipropileno com fibras de coco*. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2007.
- [18] XUE, Y.; Veazie, D.R.; Glinsey, C.; Horstemeyer, M.F.; Rowell, R.M. Environmental effects on the mechanical and termomechanical properties of aspen fiber-polypropylene composites. *Composites: Part B*, 38, p.152-158, 2007.
- [19] Mutjé, P.; Lòpez, A.; Vallejos, M.E.; Lòpex, J.P.; Vilaseca, F. Full exploitation of *Cannabis sativa* as reinforcement/filler of thermoplastic composite materials. *Composites: Part A*, 38, p.369-377, 2007.
- [20] Dányádi, L.; Janecska, T.; Szabó, Z.; Nagy, G.; Móczó, J.; Pukánszky, B. Wood flour filled PP composites: Compatibilization and adhesion. *Composites Science and Technology*, 67, p.2838-2846, 2007.
- [21] Ichazo, M.N.; Albano, C.; González, J.; Perera, R.; Candal, M.V.

Polypropylene/wood flour composites: treatments and properties. *Composite Structures*, 54, p.207-214, 2001.

- [22] Yang, H.; Wolcott, M.P.; Kim, H.; Kim, S.; Kim, H. Properties of lignocellulosic material filled polypropylene bio-composites made with different manufacturing processes. *Polymer Testing*, 25, p.668-676, 2006.
- [23] Correa, C.A.; Fonseca, C.N.P.; Neves, S.; Razzino, C.A.; Hage Jr., E. Compósitos Termoplásticos com Madeira. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 13, p.154-165, 2003.