

CARACTERIZAÇÃO COMPÓSITOS DE PLA/FIBRA DE BAMBU

Rafael S. Bueno^{1*}, Leila F. de Miranda²

1. Estudante da Escola de Engenharia- Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
2. Pesquisadora da da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)/Orientadora

Resumo

Devido à variedade de fibras existentes em território nacional, tem crescido o interesse por pesquisas científicas e tecnológicas que utilizem além das fibras tradicionais, outros tipos de fibras, como a do bambu, que apresenta elevada resistência mecânica, e o seu uso associado a outros materiais pode resultar em produtos mais resistentes, com baixa densidade, boas propriedades térmicas e tenaz. Nesta pesquisa foi desenvolvido um compósito à base de poli(ácido láctico)-PLA contendo fibras de bambu picadas nas proporções de 0, 3, 5 e 10m%. O material obtido foi caracterizado por análises termomecânicas e microestruturais. As análises mostraram que as fibras não atuam como reforço, apresentando uma baixa adesão interfacial com a matriz polimérica. Os resultados indicam que os compósitos formulados possam atender nichos específicos de mercados que não demandem alto desempenho de seus produtos, viabilizando o uso de fibras vegetais devido à redução de custo do produto final.

Palavras-chave: Biopolímero; Poli(ácido láctico)-PLA; Compósitos poliméricos.

Apoio financeiro: PIBIC Mackenzie CNPq

Trabalho selecionado para a JNIC: Universidade Presbiteriana Mackenzie-UPM.

Introdução

Polímeros biodegradáveis são materiais em que a degradação resulta primariamente da ação de microrganismos, tais como fungos, bactérias e algas de ocorrência natural, gerando CO₂, CH₄, componentes celulares e outros produtos (ROSA et al, 2004). Estes materiais têm uma participação mínima no mercado internacional, pois apesar das vantagens quanto à preservação ambiental, são mais caros, e tem propriedades mecânicas mais pobres (KORNER; REDEMANN; STEGMANN, 2005)).

A aplicação destes polímeros apresenta um enorme potencial, como em filmes comestíveis e para recobrimentos de alimentos, em tubetes biodegradáveis na formação de mudas para plantas, em filmes biodegradáveis para agricultura, hidrogéis bioabsorvíveis além de outras formulações como a de polímeros biodegradáveis com fármacos veterinários.

Entre os polímeros biodegradáveis destaca-se o poli(ácido láctico)-PLA, que é um polímero de grande interesse tecnológico devido às suas aplicações no campo ambiental, como plástico biodegradável, e na área biomédica, como material biocompatível (CHEN, 2003).

A combinação de matrizes poliméricas com materiais de reforços leva à obtenção de estruturas com propriedades mecânicas muito superiores às das matrizes poliméricas, os compósitos, os quais têm sido amplamente explorados como substitutivos dos materiais tradicionais (OSTWALD, 2010).

As fibras naturais, tais como resíduos agrícolas e agroindustriais, madeira, polpa de celulose e amido, têm sido amplamente empregadas como reforço ou carga de enchimento em compósitos poliméricos, com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas dos mesmos, e por serem materiais compostos de substâncias biodegradáveis, abundantes e não tóxicas, contribuindo para a redução de custos do material final.

Uma forma de modificar as propriedades do PLA, que é duro e quebradiço, é a incorporação de cargas e fibras na preparação de compósitos, utilizadas para melhorar a rigidez e a resistência mecânica da matriz.

Uma destas fibras pode ser a fibra de bambu que é um complexo polimérico natural biodegradável, de baixo custo, com grande facilidade de obtenção como subproduto de sua industrialização (MARINHO, 2012).

O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades termomecânicas do poli(ácido láctico) (PLA) reforçado com fibras de bambu.

Metodologia

Materiais: poli(ácido láctico) (PLA), produzido pela empresa Cargill com o nome comercial INGENEO 3051D na forma de grânulos (pellets); fibra de bambu, fornecido pela China Bambro Textile Co.; octadecilamina, fornecida pela Merck; NaOH fornecido pela Merck.

Métodos:

• **Tratamento da Fibra de Bambu:** Inicialmente a fibra de bambu sofreu um branqueamento com NaOH 10m%, por 2 horas e posteriormente a fibra foi seca em estufa a 65°C. Após resfriamento a fibra de bambu, pré tratada com NaOH, foi tratada com octadecilamina de acordo com método desenvolvido por Zapata e outros (2008).

• **Obtenção dos Compósitos:** Os compósitos PLA/FB, foram obtidos pela incorporação da fibra à matriz polimérica em um misturador fechado MIX, TH equipamentos. Posteriormente, os compostos obtidos foram moídos em um moinho de facas SEIBT e processados por injeção, em uma injetora ROMI, PRIMAX 65 R, para obter os diferentes corpos de prova de acordo com as respectivas normas. Foram obtidos 4: **Compósito 1 – C1** (PLA100%); **Compósito 2 – C2** (97%PLA/ 3% fibra de bambu); **Compósito 3 – C3** (95%PLA/ 5% fibra de bambu) e **Compósito 4 – C4** (90%PLA/ 10% fibra de bambu)

• **Caracterização dos compósitos:** As amostras foram caracterizadas por meio de ensaios reométricos (índice de fluidez), ensaios mecânicos (de tração, flexão, compressão, impacto e dureza) e morfológicos por microscopia eletrônica de varredura (MEV):

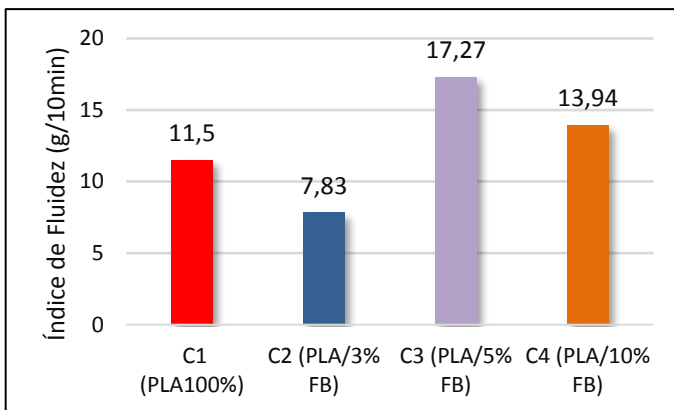
- **Índice de fluidez (MFI):** Os ensaios de índice de fluidez foram realizados de acordo com a norma ASTM D 1238, a 190°C, com pressão exercida por um peso com massa de 2,160kg;
- **Impacto:** A resistência ao impacto das amostras será determinada de acordo com a norma ASTM D256-93a;
- **Tração:** A resistência à tração das amostras foi determinada de acordo com a norma ASTM D-638-94;
- **Dureza:** A dureza das amostras foi obtida por meio de durômetro Shore A, de acordo com a norma ASTM D 2240;
- **Temperatura de deflexão ao calor – HDT:** A HDT foi determinada de acordo com a norma ASTM D 648-96.
- **Temperatura de amolecimento Vicat:** Será determinada pela ASTM D1525.
- **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV):** A morfologia das amostras foi observada por meio de microscopia eletrônica de varredura. Neste ensaio são avaliadas as propriedades de adesão carga/matriz no nanocompósito estudado.

Resultados e Discussão

Análise Visual: Foram obtidos compósitos com boa qualidade superficial.

Índice de Fluidez: A Figura 1 apresenta os resultados para os ensaios de índice de fluidez dos compósitos obtidos.

Figura 1: Índice de fluidez dos compósitos obtidos.



Por meio dos resultados obtidos observou-se que a adição de fibra de bambu à matriz de PLA na concentração de 3m% provoca um decréscimo no índice de fluidez da matriz de PLA, enquanto que a adição das fibras de bambu nas concentrações de 5 e 10m% provoca um aumento no índice de fluidez. Provavelmente, para estas concentrações (5 e 10m%) ocorre um cisalhamento nas moléculas da matriz, diminuindo sua massa molar. Observa-se também, que o efeito do cisalhamento aumenta com o aumento da concentração da fibra de bambu.

Resistência ao Impacto: Foram obtidos os seguintes resultados para os ensaios de impacto: C1 (PLA100%) = 384,7±30,2 J/m; C2 (PLA/ 3% FB) = 222,3±25,0 J/m; C3 (PLA/ 5% FB) = 214,7±44,33 J/m e C4 (PLA/ 10% FB) = 224,3±31,0 J/m.

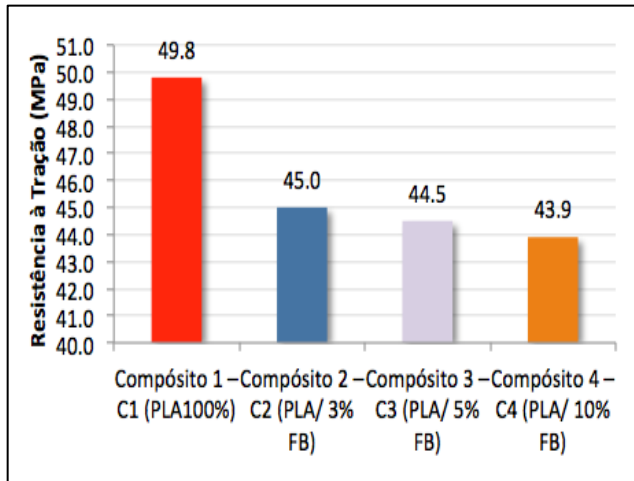
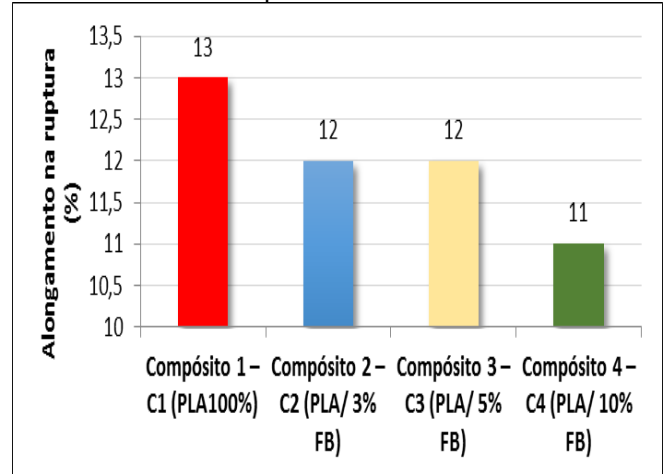
Por meio dos resultados obtidos pode-se observar que a adição de fibra de bambu provoca um decréscimo na resistência ao impacto dos compósitos. Provavelmente a fibra de bambu enrijece a matriz de PLA;

- Para as concentrações estudadas, levando-se em conta a média e o desvio padrão dos resultados obtidos, o decréscimo é praticamente o mesmo.

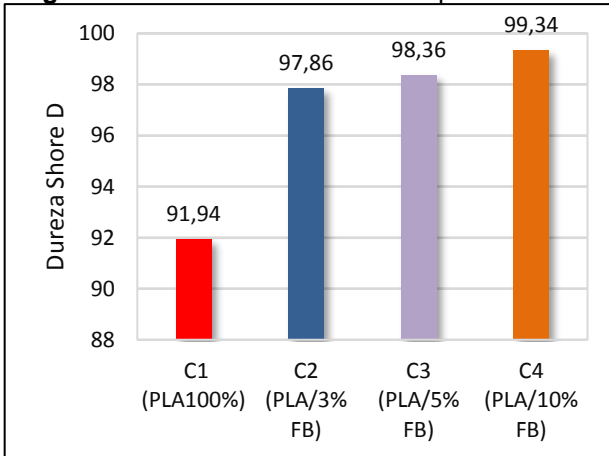
Resistência à Tração: As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados para os ensaios de resistência à tração dos compósitos obtidos.

Por meio dos resultados obtidos observou-se que: quanto maior a concentração de fibras de bambu composto PLA/FB menor a resistência à tração e menor é o alongamento na ruptura sob tração;

-Comparando os valores de resistência à tração dos compósitos de PLA/FB observa-se que nos compósitos PLA/3%FB houve um decréscimo da ordem de 9,6% da tensão em relação ao composto PLA puro. Já no compósito PLA/5%FB o decréscimo foi da ordem de 10,6% em relação ao nanocompósito PLA puro e no compósito PLA/10%FB este decréscimo foi de 11,8% em relação ao compósito PLA puro, mostrando que a fibra de bambu atua como uma carga de enchimento no compósito. Comparando os valores de alongamento máximo sob tração dos compósitos de PLA contendo fibra de bambu observa-se que no compósito PLA puro houve um alongamento de 13%. No nanocompósito PLA/3%FB o alongamento foi de 12%, sendo este mesmo valor determinado para o compósito PLA/5%FB. No compósito PLA/10% o alongamento foi de 11%.

Figura 2: Resistência à tração dos compósitos obtidos.**Figura 3:** Alongamento na ruptura sob tração dos compósitos obtidos.

Dureza: A Figura 4 apresenta os resultados para os ensaios de dureza dos compósitos obtidos.

Figura 4: Dureza Shore D dos compósitos obtidos.

Por meio dos resultados obtidos observa-se que a adição de fibra de bambu provoca um aumento na dureza dos compósitos, e quanto maior a concentração de fibras maior a dureza dos compostos obtidos. Embora, durante o processamento, a adição das fibras provoque um cisalhamento na matriz polimérica, a presença das fibras enrijece a matriz.

-Comparando os valores de dureza dos compósitos de PLA/FB observa-se que nos compósitos PLA/3%FB houve um aumento da ordem de 6,4% em relação ao composto PLA puro. Já no compósito PLA/5%FB o aumento foi da ordem de 7,0% em relação ao nanocompósito PLA puro e no compósito PLA/10%FB este aumento foi de 8,0% em relação ao compósito PLA puro.

HDT e Ponto de Amolecimento Vicat: A Tabela 2 apresenta os resultados para os ensaios de HDT e temperatura de amolecimento Vicat dos compostos obtidos.

Tabela 2: Resultados para os ensaios de HDT e temperatura de amolecimento Vicat dos compostos obtidos.

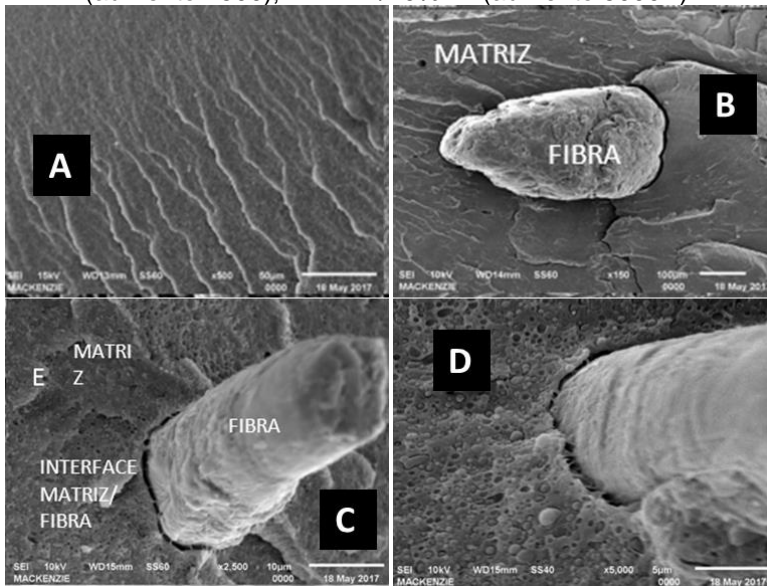
Compósito	Temperatura de Distorção Térmica (HDT) - (°C)	Temperatura de amolecimento Vicat (°C)
Compósito 1 – C1 (PLA100%)	54,4± 0,2	68,8±1,7
Compósito 2 – C2 (PLA/ 3% FB)	53,9±0,2	68,5±0,5
Compósito 3 – C3 (PLA/ 5% FB)	53,8±0,3	67,8±2,2
Compósito 4 – C4 (PLA/ 10% FB)	54,5±0,3	69,7±0,8

Por meio dos resultados obtidos pode-se observar que a adição de fibra de bambu na matriz de PLA, para as concentrações estudadas, praticamente, não altera a temperatura de distorção térmica (HDT) e a temperatura de amolecimento Vicat, embora para as concentrações de 3% e 5% a adição de fibra de bambu diminua a temperatura de distorção térmica (HDT) e a temperatura de amolecimento Vicat dos compósitos. Provavelmente, o decréscimo é devido ao cisalhamento provocado pela adição da fibra à matriz.

Observa-se que para a concentração de 10% de fibra de bambu presente na matriz há uma tendência de aumento tanto da temperatura de amolecimento Vicat quanto da temperatura de distorção térmica HDT.

Microscopia Eletrônica de Varredura- MEV: O Quadro 1 apresentam as MEVs dos compostos obtidos.

Quadro 1: MEV dos compostos obtidos: A= 100% de PLA puro (aumento 500X); B= PLA/3%FB (aumento 150X); C= PLA/5%FB (aumento 2500); D= PLA/10%FB (aumento 5000X).



Por meio das micrografias obtidas pode-se observar que a incorporação de fibra de bambu proporciona a formação de vazios na matriz polimérica. Provavelmente, devido a incorporação de ar durante o processamento;

- Para os compostos contendo 3% e 5% de fibra, praticamente, não houve adesão da fibra à matriz polimérica, e para os compostos contendo 10% de fibra pode-se notar uma maior adesão da fibra à matriz à matriz polimérica;

- Quanto maior a concentração de fibras de bambu maior o tamanho dos espaços vazios deixados pelas fibras, mostrando que quanto maior a concentração de fibras maior a dificuldade da dispersão das fibras na matriz polimérica

Conclusões

Por meio dos resultados é possível concluir que:

- É possível obter compostos a base de poli(ácido láctico) (PLA) contendo fibras picadas de bambu com boa qualidade superficial.

- Por meio das micrografias obtidas pode-se observar que não houve uma boa dispersão das fibras de bambu nos compostos obtidos. A incorporação de fibras à matriz de PLA gera a formação de espaços vazios na matriz polimérica, provavelmente devido à incorporação de ar durante o processamento;

- Quanto maior a concentração de fibras de bambu composto PLA/FB menor a resistência à tração, menor a resistência ao impacto, e menor é o alongamento na ruptura sob tração;

- Quanto maior a concentração de fibras maior a dureza dos compostos obtidos. Provavelmente durante o processamento, a adição das fibras provoque um cisalhamento na matriz polimérica e um enrijecimento na matriz.

- Praticamente, a adição de fibra de bambu na matriz de PLA, para as concentrações estudadas, não altera o a temperatura de distorção térmica (HDT) e a temperatura de amolecimento Vicat, embora para as concentrações de 3% e 5% a adição de fibra de bambu diminua a HDT e a temperatura de amolecimento Vicat dos compostos. Provavelmente, o decréscimo é devido ao cisalhamento das macromoléculas provocado pela adição da fibra à matriz.

De um modo geral, as análises mostraram evidências bastante conclusivas sobre a baixa adesão interfacial entre a blenda polimérica e as fibras vegetais. Portanto, os resultados indicam que os compostos formulados possam atender à necessidade de nichos específicos de mercados populares, como o de decoração, os quais não demandam alto desempenho de seus produtos, viabilizando o uso de fibras vegetais devido à redução de custo do compósito final.

Referências bibliográficas

CHEN, C.C. Preparation and characterization of biodegradable PLA polymeric blends. *Biomaterials*, v.24, p.1167-1173, 2003.

KORNER, I.; REDEMANN, K.; STEGMANN, R. Behaviour of biodegradable plastics in composting facilities. *Waste Manag.* v. 25, n. 4, p. 409-415, 2005.

MARINHO, N.P, Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) E potencial de aplicação em painéis de fibra de média densidade (MDF). Dissertação apresentada programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Área de concentração Engenharia de Materiais, Da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil, 2012.

OSTWALD, T. *Materials Science of Polymers for Engineer*. Hanser Publisher, N.Y., 2010.

ROSA, D.S.; LOTTO, N.T.; LOPES, D.R.; GUEDES, C.G.F. The use of roughness for evaluating the biodegradation of poly- β -(hydroxybutyrate) and poly- β -(hydroxybutyrate-co- β -valerate). *Polymer Testing*. v. 3, n. 1, p. 3-8, 2004.