

15º Congresso Brasileiro de Polímeros
27 a 31 de outubro de 2019

ENVELHECIMENTO NATURAL DE COMPÓSITOS DE POLI ÁCIDO LÁCTICO REFORÇADO COM FIBRA *Daphnopsis racemosa Griseb*: PROPRIEDADES MECÂNICAS

Rafael G. Silvestrim^{1*}, Ruth M. C. Santana¹, Adriana da S. Moura^{1,2}

1, 2 - Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

2 - Laboratório de Processos Ambientais (LAPA), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

*rafael@silvestrim.com

Resumo: O consumo acelerado de polímeros termoplásticos está alinhado com problemas ambientais pelo acúmulo de resíduos ao meio ambiente. Buscar a sustentabilidade em um produto utilizando polímeros biodegradáveis reforçados com fibra vegetal é uma alternativa de solução para estes problemas. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi desenvolver compósitos de PLA (poli ácido lático), reforçado com fibra vegetal (F) da árvore Embira (*Daphnopsis racemosa Griseb*) e avaliar seu desempenho mecânico. Dois compósitos de PLA/F com proporção mássica de 70/30 foram preparados, variando o tamanho da fibra (curta, FC e longa, FL). Parte das amostras foram expostas ao intemperismo natural por um período de 2 meses. Os compósitos foram caracterizados por ensaios mecânicos de tração e impacto e análise química da fibra vegetal. Resultados deste estudo mostraram que os reforços contribuíram para a melhoria das propriedades mecânicas do material destacando-se o compósito PLA/FL, com módulo elástico elevado (4 GPa). A composição da fibra vegetal apresentou um alto teor de celulose, acima de 50%, o que poderia influenciar no bom desempenho mecânico.

Palavras-chave: Poli ácido lático (PLA), Embira, *Daphnopsis racemosa Griseb*, compósito biodegradável.

NATURAL AGING OF COMPOSITES OF POLYLACTIC REINFORCED WITH FIBER *DAPHNOPSIS RACEMOSA GRISEB*: MECHANICAL PROPERTIES

Abstract: The accelerated consumption of thermoplastic polymers is aligned with environmental problems due to the accumulation of waste in the environment. Finding sustainability in a product using biodegradable polymers reinforced with vegetable fiber is an alternative solution to these problems. Thus, the objective of this work was to develop PLA (polylactic acid) composites, reinforced with plant fiber (F) from the Embira tree (*Daphnopsis racemosa Griseb*) and to evaluate mechanical performance. Two PLA / F composites with a mass ratio of 70/30 were prepared, varying the size of the fiber (short, FC and long, FL). Some of the samples were exposed to natural weathering for a period of 2 months. The composites were characterized by mechanical tensile and impact tests and chemical analysis of the vegetable fiber. Results of this study showed that the reinforcement contributed to the improvement of the mechanical properties of the material, highlighting the PLA / FL composite with high elastic modulus (4 GPa). The composition of the vegetable fiber had a high content of cellulose, above 50%, which could influence the good mechanical performance.

Key words: Poly lactic acid (PLA), Embira, *Daphnopsis racemosa Griseb*, biodegradable composite.

Introdução

Os resíduos poliméricos (plásticos) encontrados na natureza são oriundos de descartes inadequados, e o volume nos lixões e aterros sanitários é cada vez maior. A geração de resíduos urbanos e a sua disposição final estão entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados pelos países em desenvolvimento [1]. Uma boa alternativa são os polímeros biodegradáveis como

substituintes aos sintéticos. Os poliésteres alifáticos, como por exemplo, o poli (ácido láctico), PLA é um material de grande interesse na área científica, por ser proveniente de fontes renováveis com grande potencial para substituir polímeros convencionais provenientes do petróleo e por apresentar um elevado módulo elástico [2]. Além disso, é um polímero ambientalmente amigável, como plástico biodegradável, de grande interesse para minimizar o problema do grande volume de resíduos [3].

Este trabalho baseia-se no estudo da fibra extraída da casca do tronco da árvore Embira. Esta curiosidade veio à tona, pois a espécie não possui estudo científico de suas propriedades, assim foi avaliado seu potencial como reforço de compósitos poliméricos. Conforme o Jardim Botânico Kew, em Londres: “[...] são árvores ou arbustos, com ramos frequentemente flexíveis, casca fibrosa e descascando em tiras longas” [4].

A quantidade mássica de cada componente tem um padrão para as seguintes composições: celulose (40 a 60%), hemicelulose (20 a 40%) e lignina (10 a 25%) [5]. A celulose é o componente de maior concentração na célula vegetal e é responsável pela resistência das fibras, devido ao seu alto grau de polimerização, orientação molecular e por suas propriedades físicas e químicas [6].

Este estudo consistiu em investigar as propriedades mecânicas do PLA virgem e os compósitos de PLA com fibra vegetal longa, PLA com fibra vegetal curta, produzidos por moldagem por injeção e também analisar a composição da fibra vegetal da árvore Embira.

Experimental

Materiais

A Fibra vegetal foi coletada da região de Canela, sul do Rio Grande do Sul, onde foi retirada a casca da árvore Embira, da espécie *Daphnopsis racemosa Griseb.* O PLA foi fornecido, em pellets, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), procedente da empresa Nature Works – USA da marca INGEO

Processamento

Os compósitos e o PLA foram processados em câmara de mistura HAAKE Rheomix OS PolyLab, a temperatura de 190°C, por 6 minutos com rotação de 50 rpm. Depois de passar pelo misturador Haake, foram então moídos e triturados, em um moinho de facas Retsch, modelo SM300, para a redução de tamanho, na forma de flakes. Depois da granulação foi utilizado a mini-injetora Thermo Scientific Haake MiniJet II para a obtenção dos corpos de prova. Um parte das amostras foram expostos ao intemperismo natural da cidade de Porto Alegre, RS, por um período de 2 meses, durante os meses de outubro a dezembro de 2017, conforme a norma ASTM D 1435.

Ensaio Mecânicos

O ensaio de tração foi realizado em uma máquina universal de ensaios Instron modelo 4200, com o auxílio da norma ASTM D638-14, utilizando célula de carga de 5000 N e velocidade de afastamento 2 mm/min, temperatura de 25°C e umidade de 50%, foram utilizados 5 corpos de prova para cada composição. O ensaio de impacto Izod foi realizado em equipamento de Impacto Izod Ceast Impactor II conforme a norma ASTM D256-10. Foram utilizados 7 corpos de prova para cada composição, sem entalhe e martelo de 2,75 J, sob temperatura ambiente.

Análise Lignocelulósica da Fibra

A fibra vegetal Embira foi preparada para determinação da composição química (lignina, hemicelulose e celulose) e o teor de cinzas. Foram utilizadas as normas ASTM 2, ASTM M e ASTM C, ABNT (NBR 6923), em triplicata.

Microscopia eletrônica de Varredura-MEV

Na superfície de fratura após ensaio tração foi avaliada a morfologia das amostras, para isto as imagens foram realizadas em um microscópio eletrônico JEOL JSM 6060, com voltagem de 10 kV previamente metalizado em ouro e ampliação de 500 vezes.

Resultados e Discussão

Propriedades mecânicas

A Fig 1 apresenta o módulo elástico das 3 amostras: compósitos de PLA/FL, PLA/FC, na proporção mássica de 70/30, os quais foram comparados com o polímero de PLA virgem, antes e após envelhecimento natural.

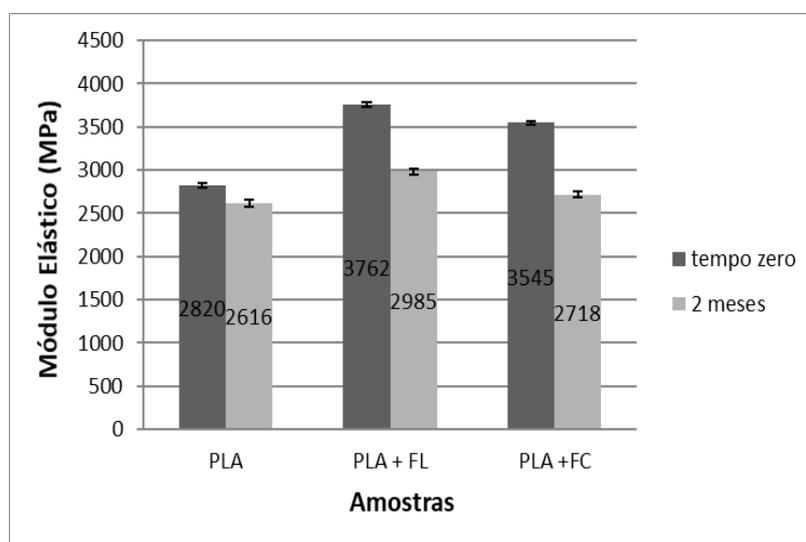


Figura 1 - Módulo elástico das amostras antes e após envelhecimento natural.

Observa-se que os compósitos apresentam um maior módulo elástico em comparação com o PLA virgem, pois a incorporação da fibra vegetal resultou em um material mais rígido. O compósito com fibra longa possui um maior módulo em comparação com o compósito de fibra curta, pois a fibra longa atua como reforço e a fibra curta como carga na matriz. As amostras que sofreram intemperismo natural apresentaram queda nos seus valores, entretanto, os compósitos apresentaram uma maior perda, mostrando que sofreram degradação por tensofissuramento ambiental (stress-cracking environment) sendo mais intenso nos compósitos do que o PLA virgem, ocasionado pelas condições climáticas e pela presença das fibras, que originou maior rugosidade na superfície dos corpos de prova. Verificou-se que o mês de outubro foi mais chuvoso do que o mês de novembro, atingindo valores altos de precipitação (70 mm). As médias dos parâmetros durante o período foram: precipitação = 6,3 mm; umidade relativa = 72,06 %; temperatura máxima = 26 °C e insolação = 7,4 horas diária.

A Fig 2 apresenta os resultados do ensaio de resistência ao impacto das amostras avaliadas antes e após envelhecimento natural. Observa-se que a resistência ao impacto diminuiu de forma pronunciada nos compósitos quando comparado ao PLA. Também é possível visualizar uma perda na resistência ao impacto nas amostras após exposição ao intemperismo natural por 2 meses.

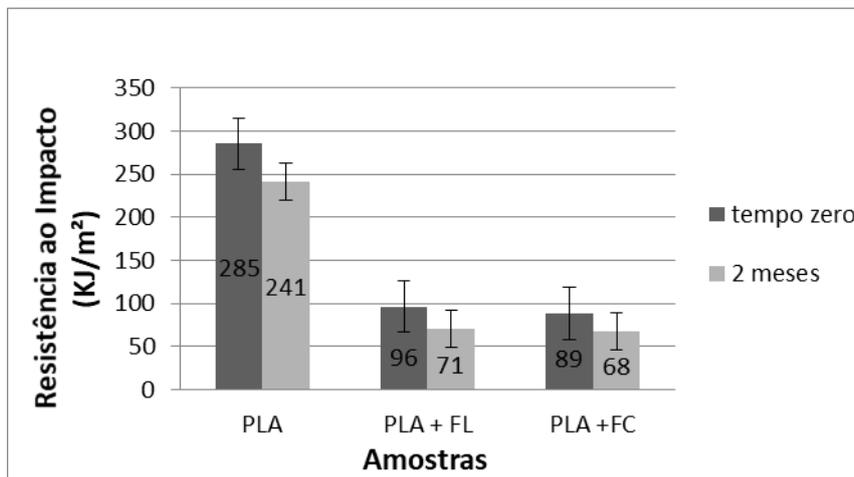


Figura 2. Resistência ao impacto das amostras avaliadas antes e após envelhecimento natural.

Análise Lignocelulósica da Fibra

Na Fig 3 apresenta a composição química da fibra vegetal, a qual foi obtida por métodos de análise lignocelulósica da utilizada na Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária) [7]. Observa-se que a fibra vegetal apresenta um alto teor de celulose, o que pode influenciar o bom desempenho mecânico, justificando sua utilização em cordas, pela sua alta resistência à tração. Santos (2012), no seu estudo faz uma comparação entre a composição de diversas fibras vegetais, dentre elas está a fibra de sisal e fibra de bananeira, em que apresentam uma alta resistência a tração em suas aplicações e também apresentam altos teores de celulose [8].

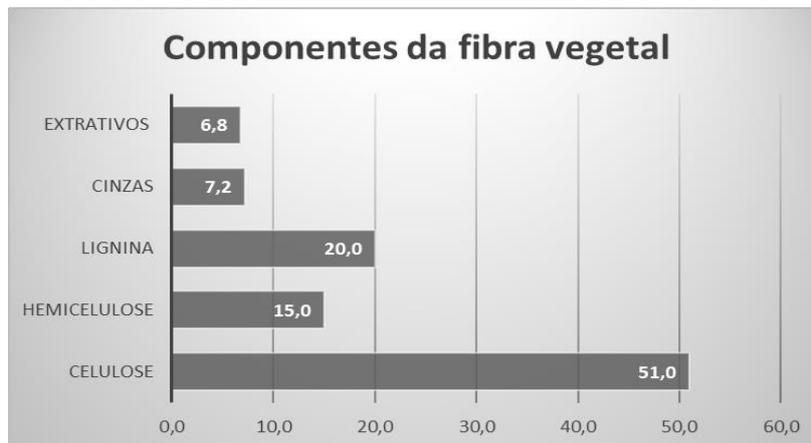


Figura 3. Resistência ao impacto das amostras avaliadas.

Análise morfológica por MEV

As imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da superfície de fratura após ensaio de tração dos compósitos, (a) PLA/FL não expostas ao intemperismo com 500x de aumento e (b) PLA/FL expostas ao intemperismo natural com 500x. Através das imagens é possível avaliar que houve boa dispersão das fibras na matriz PLA, semelhante para ambos os casos. No geral todas as imagens, aparentemente, tiveram uma boa adesão fibra-matriz. A morfologia da superfície de fratura dos compósitos, confirmam o resultado obtido do módulo elástico para o compósito de fibra longa, mesmo sem a utilização de agente de acoplamento entre fibra e matriz.

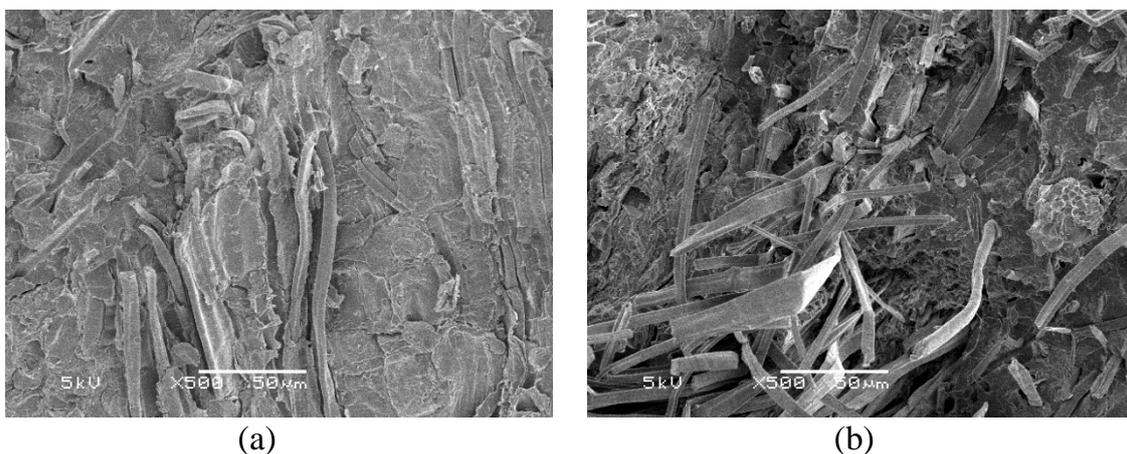


Figura 4. Imagens de MEV da superfície de fratura após ensaio de tração dos compósitos PLA/FL: (a) antes e (b) após envelhecimento natural.

Conclusões

Resultados do ensaio de tração identificou um alto módulo elástico no compósito de fibra longa de 3,8 GPa, indicando que esta fibra estudada atua como reforço em matriz termoplástica.

Com a análise química da fibra vegetal foi encontrado um valor de 51% de celulose, acima de várias outras fibras naturais já estudadas, mostrando que esse alto teor influenciou no aumento da resistência à tração do compósito. Estes resultados foram confirmados pela boa interação interfacial fibra – matriz verificada pela análise de MEV.

Agradecimentos

Ao LAPOL (UFRGS) e LAPA (PUCRS) pela realização de várias análises.

Referências

1. R. C. Santos. Usinas de Compostagem de lixo como alternativa viável à problemática dos lixões no meio urbano. Enciclopédia Biosfera, n. 2, 2006.
2. S. Moon. Synthesis and properties of high-molecular-weight poly (L-Lactic Acid) by melt/solid polycondensation under different reaction conditions. High Performance Polymers, vol. 13, n. 2, p. 189–196, 2001.
3. C. C. Chen. Preparation and characterization of biodegradable PLA polymeric blends. Biomaterials, v. 24, n. 7, p. 1167–73, 2003.
4. B.B. Klitgaard; A. Baracat. Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. 2014.
5. M. A. S. Spinace. Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal × curauá. Polímeros: ciência e tecnologia, São Carlos, vol. 21, n. 3, p. 168–174, 2011.
6. S. R. Albinante. Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas. Quim. Nova, São Paulo, vol. 36, n. 1, p. 114–122, 2013.
7. J. P. Morais S.; M. F. Rosa. Procedimentos para análise lignocelulósica. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.
8. F. A. Santos. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Quim. Nova, São Paulo, vol. 35, n. 5, p. 1004–1010, 2012.