



COMUNICADO
TÉCNICO

461

Colombo, PR
Novembro, 2020

Embrapa

Produção de compósitos a partir dos resíduos da agroindústria do palmito de pupunha

Washington Luiz Esteves Magalhães
Francielen Paola de Sá
Caroline Rodrigues Pereira de Paula
Mirela Angelita Artner
Matheus Samponi Tucunduva Arantes

Produção de compósitos a partir dos resíduos da agroindústria do palmito de pupunha

Washington Luiz Esteves Magalhães, Engenheiro Químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Francielen Paola de Sá**, Engenheira Florestal, doutora em Engenharia Florestal, bolsista do CNPq na Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Caroline Rodrigues Pereira de Paula**, Engenheira Florestal, doutoranda em Engenharia e Ciência dos Materiais na UTFPR, **Mirela Angelita Artner**, Química, doutoranda na NC State University, **Matheus Samponi Tucunduva Arantes**, Engenheiro Químico, mestrando em Engenharia de Alimentos na UFPR

O desenvolvimento de produtos ecológicos tem sido uma necessidade frente à crescente conscientização ambiental da população e ao aumento da demanda por produtos sustentáveis. Nesse contexto, os biocompósitos têm ganhado notoriedade como uma forma de promover o uso de matérias-primas renováveis e por contribuir para o gerenciamento de resíduos.

Os biocompósitos caracterizam-se como um composto formado por dois ou mais materiais, sendo um deles de base biológica, tais como as fibras naturais provenientes da agroindústria ou do processamento de madeira (Leão et al., 2010; Rudin; Choi, 2013). As fibras naturais, além de serem biodegradáveis, renováveis e abundantemente disponíveis, apresentam vantagens econômicas e sociais em relação às fibras sintéticas (e.g. fibras de vidro, aramida e carbono) (Naglis; Almeida, 1998; Silva et al., 2008; principalmente no setor automotivo. No entanto, suas aplicações são limitadas pelo seu baixo desempenho mecânico

e alta absorção de umidade, comparado aos compósitos com fibras sintéticas. Buscando minimizar estes problemas e ampliar o leque de aplicações, propõe-se neste trabalho desenvolver um compósito laminado híbrido associando fibras naturais (Muthuraj et al., 2017).

Os benefícios sociais estão associados ao fato de que muitas regiões produtoras de fibras naturais estão em áreas degradadas e, ou em condições econômicas frágeis (Adekomaya et al., 2016; Kotik, 2019). Como é o caso do litoral do Paraná que, apesar de ser considerado um dos polos de produção de pupunha, destinado principalmente à extração de palmito, apresenta um dos menores índices de desenvolvimento humano (IDH), com valores inferiores à média brasileira de 0,75.

Durante o processamento do palmito, partes como estipe, folhas e bainhas são retiradas e permanecem no local da colheita, mas grandes quantidades (cerca de 70% da biomassa total) tornam-se resíduos que, sem uma destinação

adequada, podem ocasionar problemas ambientais. Uma oportunidade interessante para o aproveitamento destes resíduos agroindustriais é a sua utilização na produção de compósitos, os quais podem se tornar uma alternativa de renda para os pequenos produtores de palmito, por meio da comercialização desses subprodutos.

Estudos indicam o potencial de compósitos formados por matriz polimérica de origem renovável ou não que, reforçados com fibras de origem natural, podem apresentar melhoras no seu desempenho, promovendo alta qualidade, principalmente no que se refere às propriedades mecânicas, acústicas e de isolamento térmico (Kuranska; Prociak, 2012; Demiroğlu et al., 2017; Azahari et al., 2018).

No presente estudo uma matriz polimérica de espuma rígida de poliuretano (PU), um polímero de baixo custo e que possui inúmeras aplicações em peças estruturais de alto desempenho no ramo de mineração, laminados e aviação (Lopes et al., 2016), foi reforçada com fibras naturais de pupunha. Além de avaliar a absorção de água e inchamento dos compósitos produzidos com as bainhas da pupunha, o propósito deste trabalho foi propor uma destinação ambientalmente adequada para os resíduos da pupunheira, por meio da produção de compósitos e agregar valor à cadeia produtiva do setor.

Material e métodos

Produção dos compósitos

- Resíduos formados pelas bainhas interna - BI (Figura 1A) e externa - BE (Figura 1B) do palmito foram coletados na agroindústria Geiri, localizada em Antonina, PR. Os resíduos foram secos no secador solar da Embrapa Florestas (Figura 1C), triturados em moinho tipo *Wiley* e peneirados em malha 35 (500 μ m) (Figura 1D e 1E, respectivamente).
- O material foi mantido em estufa a 65-70 °C, por 72 horas, até que fosse incorporado ao polímero. O polímero utilizado foi a espuma rígida de poliuretano (PU) derivado de óleo vegetal da marca Kehl, referência KT1106, na proporção pré-polímero: polioliol 1: 1. Foram utilizadas diferentes proporções do resíduo (50%, 55% e 60%, m/m) para uma massa total de 120 g.
- Os resíduos secos e triturados da pupunha foram misturados com o polímero em uma batadeira tradicional até obter mistura homogênea, uniformemente distribuídos sobre um molde de 120 mm x 120 mm x 3 mm formando um colchão e inseridos em uma prensa hidráulica pré-aquecida à temperatura de 60 °C, durante 25 minutos, com pressão de 60 MPa (Figura 1F e 1G, respectivamente).

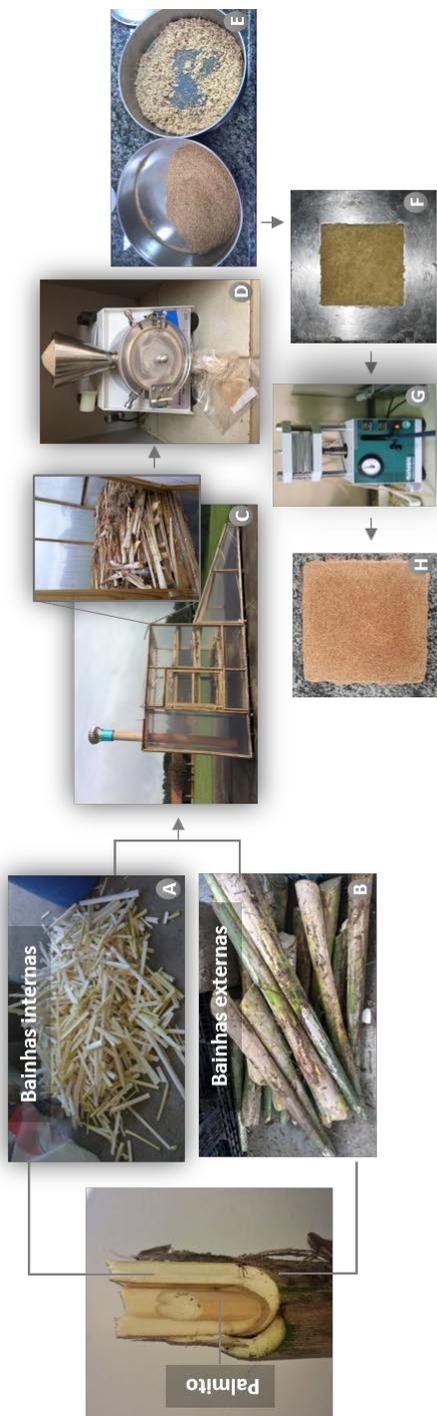


Figura 1. Esquema de produção dos compósitos. (A) Resíduos formados pela bainha interna; (B) Resíduos formados pela bainha externa; (C) Secador solar; (D) Moinho tipo Wiley; (E) Peneiras; (F) Formação do colchão para prensagem; (G) Prensagem; (H) Compósito pronto. Não se consegue observar diferença a olho nu entre as duas frações (externa e interna) da bainha após trituração e secagem e confecção dos compósitos.

- Em seguida, resfriou-se a prensa hidráulica até a temperatura de 30 °C e retirou-se o compósito do molde (Figura 1H).
- O material foi mantido em câmara climática TE-4001 da Tecnal (20 °C de temperatura e 65% de umidade relativa) até atingir uma massa constante para as análises posteriores.

Análise de absorção de água e inchamento em espessura

A degradação de compósitos provocada pela absorção de água traz limitações quanto ao uso estrutural, seja em ambientes externos ou internos (Magalhães et al., 2017). Portanto, ensaios de absorção e inchamento de água são essenciais para a avaliação destes, pois tais técnicas são simples e permitem uma observação preliminar quanto à influência da água nas propriedades físicas do material.

O efeito da absorção de água nos compósitos feitos a partir dos diferentes tipos de resíduos (BE e BI) foi analisado em corpos de prova de 2 cm x 2 cm x 0,3 cm (largura x altura x espessura, Figura 1F e 1H). Todas as amostras foram secas em estufa à temperatura de 60 °C, por 24 horas, resfriadas em dessecadores com sílica granulada, pesadas e tiveram sua espessura medida com auxílio de um paquímetro.

O teste de absorção foi realizado imergindo os corpos de prova (cinco corpos de prova para cada tipo de amostra) em água deionizada, por diferentes

tempos (2 horas, 24 horas, 48 horas e 72 horas). Após imersos nos tempos pré-determinados, os corpos de prova foram retirados da água, secos superficialmente com papel absorvente e foram obtidos o seu peso e a sua espessura.

A curva de absorção de água foi calculada pela equação:

$$\text{Absorção de água (\%)} = \frac{\text{Massa úmida} - \text{Massa seca}}{\text{Massa seca}} \times 100$$

Onde:

- Massa seca → massa do compósito no tempo zero (antes dos testes).

- Massa úmida → massa do compósito úmido nos tempos 2 horas, 24 horas, 48 horas e 72 horas (após os testes).

Na Figura 2 observa-se a variação da absorção de água em diferentes tempos de imersão dos compósitos produzidos com diferentes quantidades de bainha externa misturados com poliuretano.

É possível observar o aumento da absorção com o decorrer do tempo de imersão em água, sendo que os compósitos formados pela composição 50% e 55% de resíduo apresentaram resultados semelhantes ao da espuma pura.

Na Figura 3 observa-se a variação da absorção de água em diferentes tempos de imersão dos compósitos produzidos com bainha interna.

A curva de absorção de água dos compósitos utilizando BE (Figura 2) apresentou comportamento semelhante à curva dos compósitos formados com BI (Figura 3).

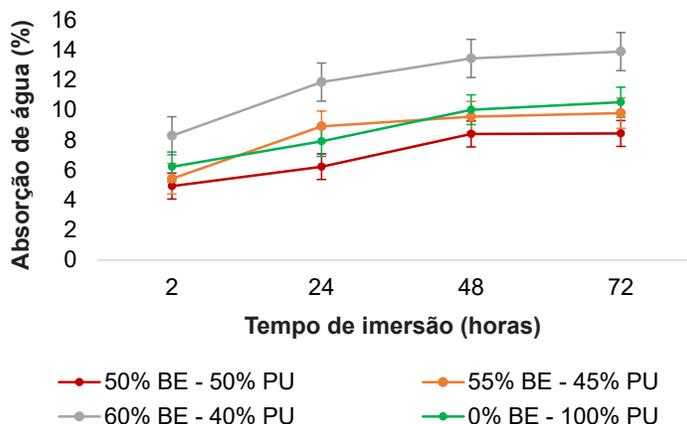


Figura 2. Cinética de absorção de água em relação ao tempo de imersão para compósitos formados com diferentes proporções (50%, 55% e 60%) de BE (bainha externa da pupunha) e espuma pura de PU (100% poliuretano).

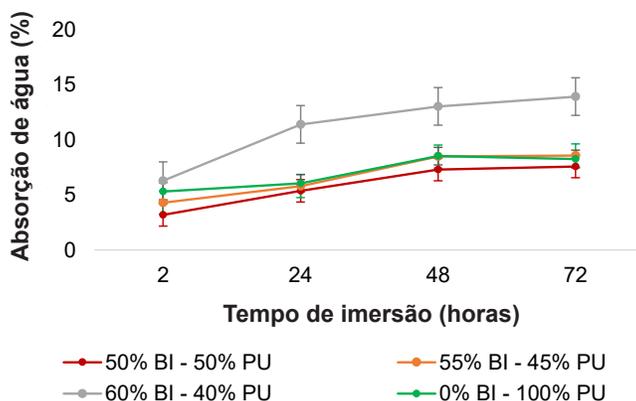


Figura 3. Cinética de absorção de água em relação ao tempo de imersão, para compósitos formados com diferentes proporções (50%, 55% e 60%) de bainha interna (BI) da pupunha, e espuma pura (100% PU).

A proporção 60% resíduo e 40% de PU, tanto para os compósitos formados com BI quanto para os formados com BE, absorveram mais água em relação aos demais tratamentos, sugerindo que o recobrimento das fibras pela espuma

foi inferior aos outros compósitos, favorecendo a absorção de água pelas fibras e confirmando o caráter hidrofílico das fibras naturais.

Apesar da grande variação de massa ocasionada pela absorção de água, a

espessura dos materiais não apresentou mudanças substanciais com aumento médio máximo de 1,81% e 1,34% para os compósitos formados com BE e BI, respectivamente, sugerindo que a água não foi absorvida intensamente pelas fibras, mas sim pelas células vazias da espuma, não afetando significativamente a característica física dos compósitos.

A espuma de poliuretano produzida sem a adição de fibras apresentou um inchamento de 1,16%. No caso do poliuretano puro, a água absorvida fica principalmente nas células vazias do polímero.

Como alguns compósitos apresentaram um inchamento menor que o poliuretano puro, isto sugere que, em alguns casos, as fibras nos compósitos agiram como um reforço na matriz impedindo o inchamento do compósito com a absorção de água. Principalmente se for observado que, com 60% de adição de fibras, a porcentagem de absorção de água é mais que o dobro da absorção do poliuretano puro.

Na Tabela 1 são apresentados os percentuais de inchamento dos compósitos após 72 horas de imersão.

Tabela 1. Inchamento em espessura de compósitos após 72 horas de imersão em água.

Proporção resíduo/ polímero	Inchamento em espessura
	Média ± desvio (%)
50% BE - 50% PU	1,81 ± 0,24
55% BE - 45% PU	1,03 ± 0,45
60% BE - 40% PU	1,00 ± 0,39
50% BI - 50% PU	1,22 ± 0,21
55% BI - 45% PU	1,02 ± 0,17
60% BI - 40% PU	1,34 ± 0,28
0% - BE/BI 100% PU	1,16 ± 0,36

Conclusão

Compósitos formados com as bainhas da pupunha e a espuma de poliuretano são passíveis de serem produzidos. A proporção 50% e 55% de resíduo, independentemente de ser bainha interna ou externa, apresentam absorção de água semelhante àquela da amostra formada somente com a espuma de poliuretano.

A taxa de inchamento não apresentou mudanças substanciais, independentemente do tempo de imersão, quantidade (50%, 55% ou 60%) e tipo de resíduo (bainha interna ou externa).

O desenvolvimento de biocompósitos apresenta-se como uma alternativa promissora para o aproveitamento de resíduos da agroindústria do palmito. Tais biocompósitos podem ser utilizados na produção de objetos de decoração e peças utilitárias e comercializados em feiras artesanais ou em lojas de design, assim contribuindo para agregação de valor à cadeia produtiva da pupunha e geração de renda aos pequenos agricultores.

Referências

ADEKOMAYA, O.; JAMIRU, T.; SADIKU, R.; HUAN, Z. A review on the sustainability of natural fiber in matrix reinforcement: a practical perspective. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, v. 35, n. 1, p. 3–7, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1177/0731684415611974>>.

AZAHARI, M.; RUZ, A.; ZALIRAN, M.; KORMIN, S. Sound absorption properties of polyurethane foams derived from waste cooking oil incorporated with waste wood fiber filler. **Advances in**

Natural and Applied Sciences, v. 12, n. 1, p. 42–46, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.22587/anas.2018.12.1.10>>.

SILVA, R. V. da; AQUINO, E. M. F.; RODRIGUES, L. P. S.; BARROS, A. R. F. Desenvolvimento de um compósito laminado híbrido com fibras natural e sintética. **Revista Matéria**, v. 13, p. 154–161, 2008. DOI: <<https://doi.org/10.1590/s1517-70762008000100019>>.

DEMIROĞLU, S.; ERDOĞAN, F.; AKIN, E.; KARAVANA, H. A.; SEYDIBEYOĞLU, M. Ö. Natural fiber reinforced polyurethane rigid foam. **Gazi University Journal of Science**, v. 30, n. 2, p. 97–109, 2017.

KOTIK, H. G. Natural fibers and composite materials reinforced with natural fibers: the motivation for their research and development. **Revista Matéria**, v. 24, n. 3, p. 15–17, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0801>>.

KURANSKA, M.; PROCIAK, A. Porous polyurethane composites with natural fibres. **Composites Science and Technology**, v. 72, n. 2, p. 299–304, 2012. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2011.11.016>>.

LEAO, A. L.; SOUZA, S. F.; CHERIAN, B. M.; FROLLINI, E.; THOMAS, S.; POTHAN, L. A. KOTTAISAMY, M. Agro-based biocomposites for industrial applications. **Molecular Crystals and Liquid Crystals**, v. 522, p.

18/[318]-27/[327], 2010. DOI: <<https://doi.org/10.1080/15421401003719852>>.

LOPES, M. C.; TRIGUEIRO, J. P. C.; CASTRO, V. G. de LAVALL, R. L.; SILVA, G. G. Otimização do processo de dispersão de nanotubos de carbono em poliuretano termorrígido. **Polímeros**, v. 26, n. 1, p. 81–91, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1590/0104-1428.2087>>.

MAGALHAES, W. L. E.; ZANONI, P. R. S.; CLARO, F. C.; CADEMARTORI, P. H. G. de. **Produção de compósitos a partir do resíduo sólido da hidrólise enzimática de lodo de papel**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 399).

MUTHURAJ, R.; MISRA, M.; MOHANTY, A. K. Biocomposite consisting of miscanthus fiber and biodegradable binary blend matrix: compatibilization and performance evaluation. **RSC Advanced**, v. 7, n. 44, p. 27538–27548, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1039/c6ra27987b>>.

NAGLIS, M. M. M.; ALMEIDA, J. R. M. d' Avaliação dos modos de falha sob impacto de compósitos de matriz polimérica reforçados por fibras. **Polímeros**, v. 8, p. 54–60, 1998. DOI: <<https://doi.org/10.1590/s0104-14281998000100008>>.

RUDIN, A.; CHOI, P. Biopolymers. In: _____. **The elements of polymer science & engineering**. 3rd ed. Oxford: Elsevier, 2013. p. 521–535. DOI: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382178-2.00013-4>>.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2020)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



GOVERNO FEDERAL

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Elisabete Marques Oaida

Membros

Annete Bonnet

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Guilherme Schnell e Schühli

Krisle da Silva

Marcelo Francia Arco-Verde

Marcia Toffani Simão Soares

Marilice Cordeiro Garrastazu

Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Elizabeth Denise Roskamp Camara

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Fotos capa e texto:

Francielen Paola de Sá