

Preparação de espuma compósita reforçada com madeira e retardante de chamas.

Preparation of composite foam reinforced with wood and flame retardant.

RESUMO

Júlia Camargos Ferreira de Aguiar
juliacaquiar18@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Romeu Rony Cavalcante da Costa

romeu@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Guilherme Pereira Bacil

gbacil@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Moisei Kaluã Oliveira Lima

moiseiskalu@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Ana Paula de Moura

apdemoura@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

Este trabalho teve como objetivo apresentar e realizar um processo de produção de espuma rígida compósita de poliuretano de óleos vegetais reforçada com madeira *Eucalyptus spp.* e óxido de alumínio (ATH), além de realizar a caracterização do mesmo para determinação de sua eficiência em uso na construção civil. O reforço foi utilizado de duas maneiras diferentes. Uma sem processamento adicional e uma com lavagem anterior a moldagem. Os ensaios previstos foram os de flexão, de compressão, de inflamabilidade vertical, e de inflamabilidade horizontal. Os ensaios de flexão foram realizados, os quais apresentaram nos resultados do compósito com madeira lavada um aumento no módulo de elasticidade e na tensão máxima de flexão acompanhado de uma diminuição na deformação máxima em comparação com a espuma rígida com madeira sem o processo de lavagem.

PALAVRAS-CHAVE: Compósito. Madeira. Biopolímero.

ABSTRACT

This work aimed to present and perform a production process of a polymeric rigid foam composite bio-based reinforced with *Eucalyptus spp.* and alumina trihydrate (ATH), and characterize it to determine its efficiency for civil construction uses. The reinforcement has been used in two different ways. The first with no additional processing, and the second with previous washing. The predicted tests were flexural test, compression test, vertical flammability test, and horizontal flammability test. The Flexural tests have been done showing in the results for the washed wood composite an increase in the modulus of elasticity and in the maximum bending stress and a decrease in the maximum deformation in comparison to the non-washed wood composite.

KEYWORDS: Composite. Wood. Biopolymer.



INTRODUÇÃO

O trabalho desenvolvido durante a iniciação científica teve como objetivo o processo de preparo do reforço para a produção de um compósito polimérico reforçado com madeira e dopado com hidróxido de alumínio (ATH) e a caracterização mecânica e de resistência a chama do mesmo.

O tipo de madeira escolhido para o desenvolvimento do compósito foi o *Eucalyptus spp*, devido a sua extensa utilização na indústria de papel e celulose. Essas indústrias geram rejeitos de madeira que, na maioria das vezes são utilizados como comburente em caldeiras para a produção de energia. Portanto, a escolha dessa espécie de madeira foi feita para propor uma outra finalidade para esses rejeitos.

Para a moldagem do material a madeira foi processada de duas maneiras diferentes: uma lavada e uma sem nenhum tipo de processamento adicional. Isso foi feito para identificar se ocorreriam significativas alterações nas propriedades mecânicas e de resistência a chama do material antes e após a remoção de resíduos superficiais da madeira.

O polímero utilizado foi o poliuretano, derivado de óleo vegetais, o ATH foi utilizado como agente antichama e os ensaios previstos para realização foram: flexão; compressão; inflamabilidade horizontal; e inflamabilidade vertical.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o ensaio de flexão, inicialmente, a madeira foi processada. Ela já foi recebida no formato de lascas. Uma parte delas foi lavada em um agitador magnético com água deionizada a 105°C por 30 minutos. Em seguida as lascas de madeira foram retiradas da água e passaram por um processo de secagem em estufa a 80°C como mostrado na Figura 1.

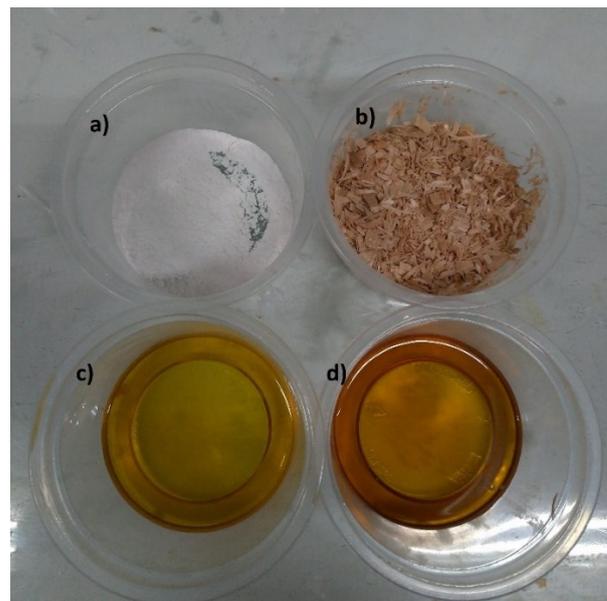
Figura 1 – a) Lavagem da madeira no misturador magnético; b) Preparação da madeira para secagem em estufa.



Fonte: Autoria própria (2019).

Depois do processamento da madeira se passou a moldagem da placa de onde foram retirados os corpos de prova. A composição do compósito foi estabelecida como tendo a matriz de poliuretano com adição de 30% em massa de *Eucalyptus spp.* e 30% em massa de ATH como feito por Silva (2020).

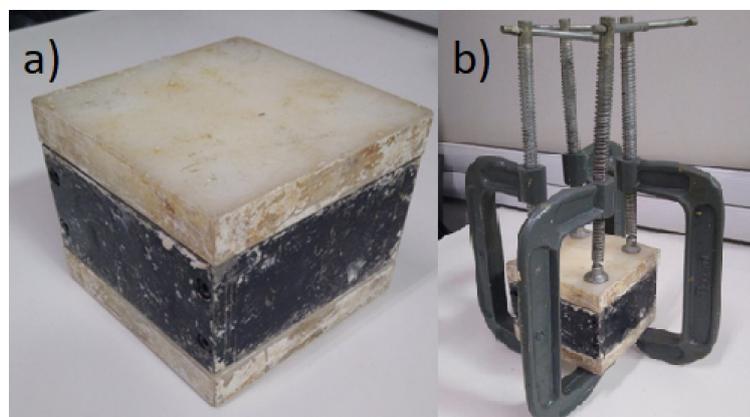
Figura 2 - Reagentes utilizados na moldagem do compósito: a) ATH; b) Lascas de *Eucalyptus spp.*; c) Polioliol; d) Isocianato.



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a mistura dos reagentes mostrados na Figura 2, tudo foi colocado no molde devidamente impermeabilizado com desmoldante (Figura 3.a) e fechado como mostrado na Figura 3.b.

Figura 3 – a) Molde para ensaio de flexão; b) Molde para ensaio de flexão flechado

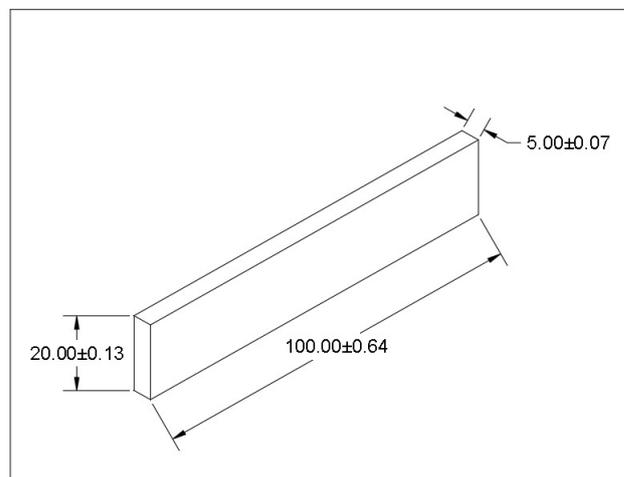


Fonte: Autoria própria (2019).

Após o tempo de cura do polímero a placa de compósito foi retirada do molde e devidamente nomeada com as indicações 'L' e 'NL' para diferenciar a placa na qual foi usada madeira lavada da que foi usada madeira não lavada. Essa identificação foi usada até o final do trabalho.

Em seguida da identificação das placas, estas foram cortadas para obtenção dos corpos de prova (CDP) seguindo a ASTM – D3039 “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials” (2017) e identificados com numeração de 1 a 6 e as indicações 'L' e 'NL' como explicado acima. Os corpos de prova tinham as dimensões mostradas abaixo.

Figura 4 – Dimensões dos CDPs



Fonte: Autoria própria (2019).

Após a identificação os CDPs foram ensaiados, também seguindo a ASTM – D3039 “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials” (2017). Os dados de deslocamento foram extraídos utilizando o método de correlação de imagens pelo software GOM Correlate, e os dados de tensão foram calculados pela teoria de flexão de vigas elásticas. Após a extração dos dados brutos foram utilizadas as formulas fornecidas pela norma para a obtenção do gráfico tensão deformação, sendo elas:

$$\sigma = \frac{(3PL)}{(2bd^2)} \quad (1)$$

Onde:

σ é a tensão no CDP [MPa]

P é a carga aplicada [N]

L é a distância entre os suportes do CDP [mm]

b é a largura do CDP [mm]

d é a espessura do CDP [mm]

$$\epsilon = \frac{(6Dd)}{(L^2)} \quad (2)$$

Onde:

ϵ é a deformação do CDP [mm/mm]

D é a deflexão do CDP [mm]

d é a espessura do CDP [mm]

L é a distância entre os suportes do CDP [mm]

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados obtidos foram analisadas as tensões e deformações máximas de cada CDP, suas médias e os desvios padrão, tendo os resultados apresentados abaixo.

Tabela 1 – Tensão e deformação máxima dos CDP manufacturados com madeira não lavada

CDP	$\sigma_{M\acute{a}x}$ [Mpa]	$\delta_{M\acute{a}x}$ [mm/mm]
1	1,350	0,026
2	1,459	0,024
3	1,028	0,027
4	0,944	0,026
5	0,921	0,024
6	1,230	0,029
MÉDIA	1,155 ± 0,2235	0,033 ± 0,0020

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 2 – Tensão e deformação máxima dos CDP manufacturados com madeira lavada

CDP	$\sigma_{M\acute{a}x}$ [Mpa]	$\delta_{M\acute{a}x}$ [mm/mm]
1	1,195	0,033
2	1,535	0,037
3	1,110	0,025
4	1,360	0,023
5	1,220	0,028
6	0,916	0,029
MÉDIA	1,223 ± 0,2117	0,029 ± 0,0050

Fonte: Autoria própria (2019).

A diferença percentual de tensão e deformação entre o material manufaturado com a madeira não lavada e o manufaturado com a madeira lavada foram apresentados na tabela 3.

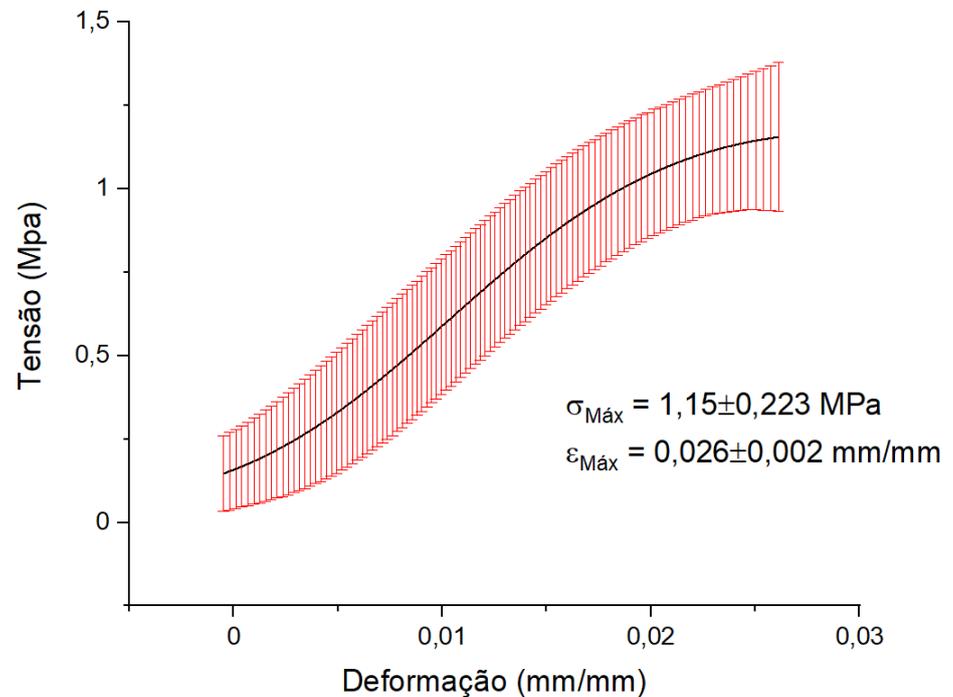
Tabela 3 – Diferença percentual entre o não lavado (NL) e o lavado (L)

Diferença	Percentual (%)
Tensão máxima ($\sigma_{M\acute{a}x}$)	5,88%
Deformação máxima ($\delta_{M\acute{a}x}$)	-12,12%

Fonte: Autoria própria (2019).

Com os dados dos ensaios foram gerados gráficos de tensão-deformação (Figuras 6 e 7) e a partir desses foram extraídos os módulos de elasticidade (Tabela 4) apresentados abaixo.

Figura 6 – Gráfico de Tensão-deformação CDP - NL



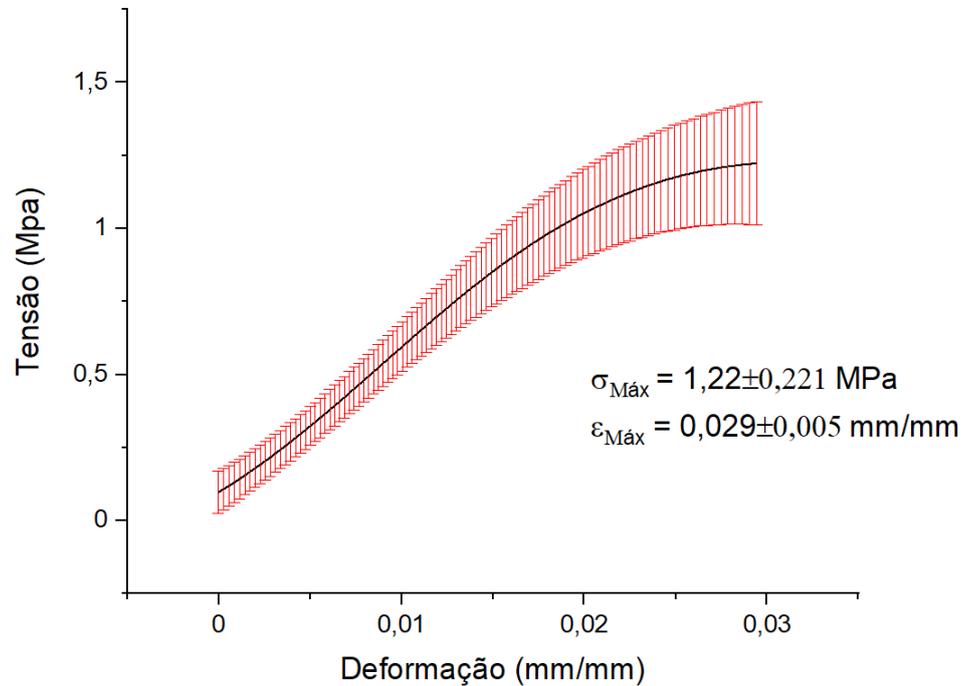
Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 4 – Módulos de elasticidade

CDPS	Módulo de Elasticidade [Mpa]
Não Lavados	52,85
Lavados	53,39

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 7 – Gráfico de Tensão-deformação CDP - L



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados pode-se inferir que o processo de lavagem da madeira promove um aumento do módulo de elasticidade e, conseqüentemente na tensão máxima. Contudo proporciona uma diminuição na deformação máxima do material. Assim, como não houve uma piora nas propriedades mecânicas do material o mesmo pode ser considerado adequado para a continuação do estudo e caracterização, realizando os outros ensaios previstos, que não foram realizados devido a pandemia da Covid-19, para que se possa definir se o material é adequado ou não para a utilização proposta. Bem como outros fatores devem ser ponderados no processo de lavagem da madeira, como a água utilizada, mão-de-obra empregada, processo de secagem. Ponderando isso deve-se verificar se esse processo promove uma melhora considerável no compósito que valha a pena financeiramente no desenvolvimento do produto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR por ter dado todo o suporte para que a pesquisa pudesse ser desenvolvida, a KEHL® por ter fornecido os reagentes para a preparação da matriz do compósito e a Marcenaria Pérola por ter fornecido a madeira usada como reforço.

REFERÊNCIAS

ASTM. D790 - **Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials.** West Conshohocken: ASTM - American Standard Test Method, 2017.

SILVA, Ênio Henrique Pires. **Síntese e caracterizações da espuma rígida de poliuretano derivada de óleos vegetais dopada com hidróxido de alumínio.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2020.