

## PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS VERDES POLIMÉRICOS REFORÇADOS POR PARTÍCULAS TERMORRETIFICADAS DE SERRAGEM DE *PINUS ELLIOTTII* E CASCA DE NOZ-PECÃ

MARLON BENDER BUENO RODRIGUES<sup>1</sup>; BRUNA BICCA FERNANDES<sup>2</sup>;  
DÉBORA DA SILVA RODRIGUES<sup>3</sup>; ANDRÉ LUIZ MISSIO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marlonbueno50@gmail.com](mailto:marlonbueno50@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [deborar999@gmail.com](mailto:deborar999@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [bbiccafernandes@gmail.com](mailto:bbiccafernandes@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [missio08@gmail.com](mailto:missio08@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

O modo de vida da sociedade humana na contemporaneidade é marcado por hábitos de consumo excessivo, caracterizado pela exarcebada geração de resíduos sem qualquer valor agregado. Por esse ângulo, empreitadas e pesquisas direcionadas para a reutilização desses insumos têm, exponencialmente, ganhado importância no âmbito científico. Nessa perspectiva, materiais lignocelulósicos representam grande parcela dos descartados como subprodutos de grandes cadeias produtivas — tendo poucas possibilidades de reaproveitamento — como os resíduos de casca de noz-pecã (RIBEIRO et al., 2020) e as serragens de madeira de *pinus eliottii* (FLORIANO et al., 2009), produtos amplamente gerados no estado do RS.

Compósitos de matrizes poliméricas reforçados por partículas de madeira, nomeadamente *wood-plastic composites*, são vistos como uma alternativa sustentável no sentido de reincorporação dos resíduos supracitados a novas cadeias produtivas (GUPTA et al., 2020). Além de um WPC apresentar o benefício de maior durabilidade da madeira), as partículas lignocelulósicas podem servir como enchimento — ou *filler* — mantendo propriedades semelhantes ao polímero puro, senão superiores, enquanto o custo de processamento é reduzido (ZAABA E ISMAIL, 2019).

Isto posto, múltiplos tratamentos orientados para a modificação das fibras lignocelulósicas são estudados, tal qual a furfurilação, a mercerização, o congelamento e a termorretificação. Este último baseia-se na deposição das fibras em temperatura elevada, uma modificação térmica que confere diferentes propriedades ao tratado através de alterações em sua estrutura química, proporcionando variações colorimétricas, morfológicas e tecnológicas sem a necessidade do uso de reagentes químicos (BRITO et al., 2006).

Por conseguinte, o objetivo do trabalho desenvolvido foi produzir compósitos polímero-madeira, prensados a quente, com matriz polimérica de polietileno verde de baixa densidade (PEVBD) reforçados por partículas termorretificadas de casca de noz-pecã e serragem proveniente da madeira de *Pinus eliottii*.

### 2. METODOLOGIA

O polímero utilizado para matriz do compósito foi o polietileno verde de baixa densidade, grade SLD4004, cedido pela empresa Braskem. Os resíduos de casca de noz-pecã foram doados pela empresa Divinut, localizada em Cachoeira do Sul

(RS), enquanto a serragem de *pinus eliotti* é proveniente de doação da empresa Sena Madeiras, estabelecida em Rio Grande (RS).

Os materiais foram moídos em um moinho de facas Marconi, modelo MA 340, e as partículas lignocelulósicas peneiradas em sistema 40-60 mesh (MISSIO, 2019). Para as formulações com enchimento termorretificado, a noz e o pinus foram submetidos a termorretificação em estufa de secagem Quimis, modelo Q317M-52, a  $180 \pm 2^\circ\text{C}$  por duas horas, com posterior armazenamento em câmara climatizada, nas condições de  $25^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60%, durante uma semana.

As composições das amostras produzidas foram 6. Os compósitos foram então moldados em prensa termohidráulica Marconi, modelo MA 098/AR15, a  $175^\circ\text{C}$  com molde retangular (150mm X 150mm X 3mm) por 10 minutos na pressão de 8 T (MISSIO, 2014).

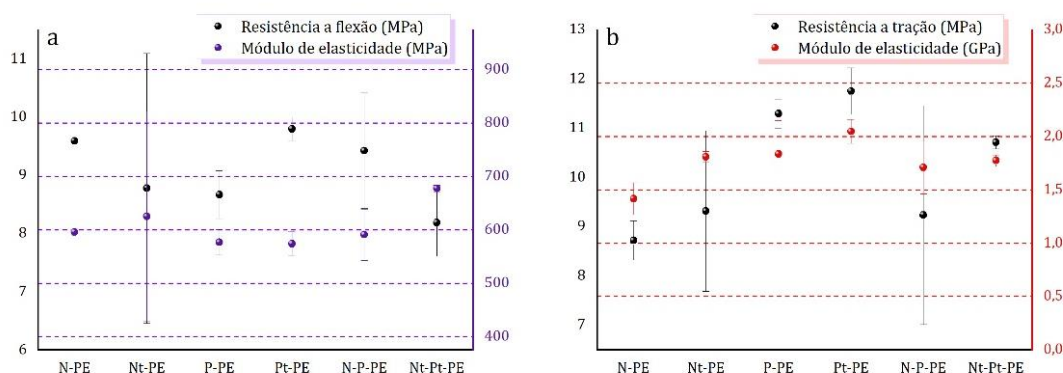
| Teor da matéria-prima (%) |          |                   |                                   |                   |                                   |
|---------------------------|----------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
|                           |          | Sem tratamento    |                                   | Termorretificação |                                   |
| Compósito                 | PE verde | Casca de noz-pecã | Serragem de <i>pinus eliottii</i> | Casca de noz-pecã | Serragem de <i>pinus eliottii</i> |
| N-PE                      | 45       | 45                | —                                 | —                 | —                                 |
| Nt-PE                     | 45       | —                 | —                                 | 45                | —                                 |
| P-PE                      | 45       | —                 | 45                                | —                 | —                                 |
| Pt-PE                     | 45       | —                 | —                                 | —                 | 45                                |
| N-P-PE                    | 45       | 22,5              | 22,5                              | —                 | —                                 |
| Nt-Pt-PE                  | 45       | —                 | —                                 | 22,5              | 22,5                              |

Tabela 1: Composição das amostras produzidas. Fonte: AUTOR

Os compósitos obtidos foram caracterizados quimicamente, fisicamente e morfologicamente. As caracterizações aqui discutidas serão centradas nas técnicas de análise termogravimétrica (TGA) (ASTM E1131-20), absorção de água (AA) (ASTM D570), análise de tração (ASTM D638) e flexão (ASTM D790-98) — conforme o ditado pelas devidas normas ASTM.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

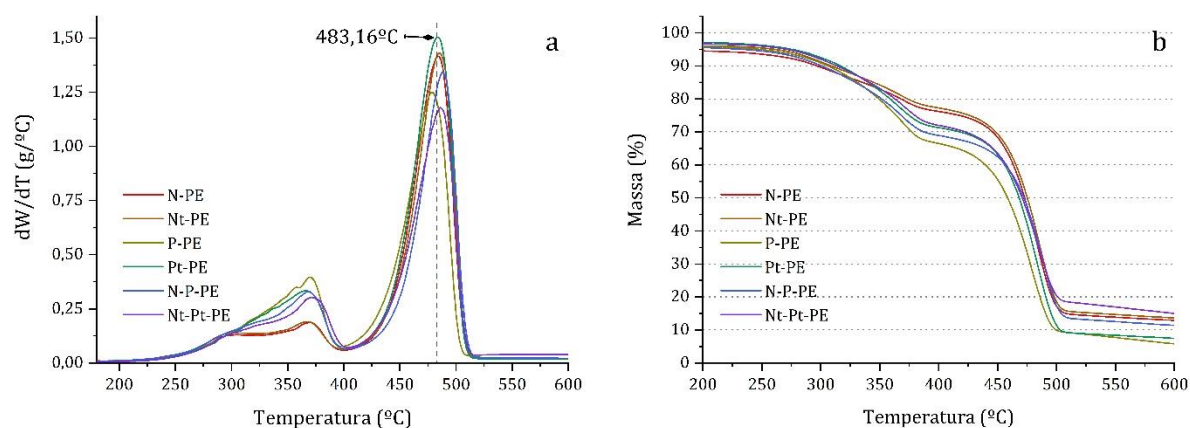
Gráfico 1: a) Resistência a flexão e seu módulo de elasticidade e b) resistência a tração e módulo de elasticidade oriundo. Fonte: AUTOR.



A resistência a flexão do compósito N-PE e N-P-PE foi maior em comparação aos seus equivalentes termorretificados. A tendência não foi a mesma para a amostra funcionalizada com serragem de *Pinus*, que apresentou melhora nessa propriedade. As partículas de casca de noz apresentaram maior impacto nessa propriedade no compósito Nt-Pt-PE, visto que, assim como o compósito com adição apenas de noz, a resistência a flexão foi prejudicada.

Em contraponto, a análise de tração apresenta resultados satisfatórios quanto a tensão de ruptura. O tratamento térmico nas partículas *filler* conseguiu provocar melhora na resistência do material, fator possivelmente possibilitado por melhor aderência das fibras à matriz e uma interface mais compatibilizada. Esteves e Pereira (2009) associam melhoras na resistência mecânica após termorretificação em função de alterações químicas no material que provocam maior estabilidade dimensional e decréscimo da higroscopicidade. É passível de observação, nesse mesmo ensaio, aumento do módulo de elasticidade ocasionado pelo tratamento de termorretificação, significativo de material menos elástico, mais frágil.

Gráfico 2: a) DTG e b) TGA dos 6 compósitos produzidos. Fonte: AUTOR.



A análise termogravimétrica estabelece as temperaturas em que os materiais tendem a sofrer eventos de perda de massa. Para os compósitos aqui analisados, o ensaio de DTG, conforme gráfico 2, item 'a', informa que os eventos de maior perda de massa ocorreram em temperaturas próximas a 483,1°C. Menores eventos sucederam-se no intervalo 250°C-400°C, atrelados a degradação de compostos menos estáveis quimicamente, como a decomposição das ligninas através de reações endotérmicas e de hemiceluloses (SUNDQVIST, 2004). Por meio do ensaio de TGA, verifica-se maior estabilidade térmica dos compósitos de formulação N-PE e Nt-PE. A termorretificação das partículas provou-se efetiva em aumentar a estabilidade térmica de todas as formulações testadas, se comparadas às amostras sem tratamento térmico.

#### 4. CONCLUSÕES

Os compósitos polímero-madeira tratados por termorretificação mostraram boas propriedades mecânicas e térmicas. Ambas partículas lignocelulósicas, cascas de noz-pecã e serragens de *Pinus elliotii*, compuseram de forma plena e bem sucedida o objetivo estabelecido no início do trabalho. Demais caracterizações químicas e físicas podem comprovar o benefício, ou não, do processo térmico empregue, embora as análises já realizadas e aqui brevemente discutidas apontem

materiais de características interessantes, passíveis de aplicações que exijam boa estabilidade térmica e tenham seus requisitos mecânicos atendidos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, José Otávio et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

FLORIANO, Eduardo Pagel et al. Análise econômica da produção de *Pinus elliottii* na serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 19, p. 393-406, 2009.

GUPTA, Abhishek et al. Comparative study of mechanical properties of orange peel filled epoxy composites joined by a mechanical fastener. **Materials Today: Proceedings**, v. 44, p. 4671-4676, 2021.

MISSIO, André Luiz. **Propriedades tecnológicas da madeira de Eucalyptus submetida a tratamentos de congelamento e termorretificação**. 2014. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – UFSM, Santa Maria.

MISSIO, A. L.; GATTO, D. A.; TONDI, G.. Exploring tannin extracts: Introduction to new bio-based materials. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 10, n. 1, 2019.

PEREIRA, H.; ESTEVES, B. Novos métodos de protecção da madeira. **Congresso Florestal Nacional - A floresta num mundo globalizado**, 2009, Ponta Delgada. p.421-428.

RIBEIRO, S. R. et al. Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in southern Brazil. **Food Research International**, v. 136, p. 109596, 2020.

SUNDQVIST, B. **Colour changes and acid formation in wood during heating**. 2004. 154p. (Doutorado). Division of Wood Material Science, Lulea University of Technology, Skellefteå.

ZAABA, Nor Fasihah; ISMAIL, Hanafi. Thermoplastic/Natural Filler Composites: A Short Review. **Journal of Physical Science**, v. 30, 2019.