

## Influência da modificação química nas propriedades das lâminas de *Eucalyptus grandis*

Maria Fernanda Felipe Silva<sup>1</sup>; João Vítor Felipe Silva<sup>2</sup>; Gustavo Ventorim<sup>3</sup>; Higor Rogério Favarim<sup>3</sup>; Cristiane Inácio de Campos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Guaratinguetá/SP, Brasil; <sup>2</sup> Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Quebec/QC, Canadá; <sup>3</sup> Instituto de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Itapeva/SP, Brasil – [mff.silva@unesp.br](mailto:mff.silva@unesp.br)

**Resumo:** Muitos métodos são avaliados para a melhoria do desempenho da madeira e seus derivados, porém, pouco foi visto quanto à modificação química de branqueamento. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da modificação química nas propriedades físicas e ópticas de lâminas de *Eucalyptus grandis*. O branqueamento foi realizado com peróxido de hidrogênio e os testes foram realizados conforme normas internacionais. Ao final dos ensaios foi realizada análise estatística com nível de significância de 5%. A modificação química não influenciou nas propriedades de densidade, brancura e amarelamento. Porém aumentou a alvura e CIE L\* das lâminas e mudou a tonalidade. O branqueamento se mostrou um processo viável, com destaque ao tratamento realizado a 50°C durante 30 minutos, devido ao menor consumo de tempo e energia e propriedades semelhantes.

**Palavras-chave:** Tratamento químico, Branqueamento, Propriedades físicas, Propriedades ópticas.

### Influence of chemical modification on the properties of *Eucalyptus grandis* veneers

**Abstract:** Many methods are evaluated for improving the performance of wood and wood products; however, little has been studied about chemical bleaching modification. The aim of this study was to evaluate the influence of chemical modification on the physical and optical properties of *Eucalyptus grandis* veneers. Bleaching was performed with hydrogen peroxide and the tests were conducted according to international standards. At the end of the tests, statistical analysis was performed with a significance level of 5%. Chemical modification did not influence density, brightness, or yellowness properties. However, it increased the whiteness and CIE L\* of the veneers and changed the hue. Bleaching proved to be a viable process, with emphasis on the treatment performed at 50°C for 30 minutes, due to lower time and energy consumption and similar properties.

**Keywords:** Chemical treatment, Bleaching, Physical properties, Optical properties.



## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação ambiental tem impulsionado a busca por materiais de construção mais sustentáveis e ecologicamente corretos. Nesse contexto, os produtos à base de madeira têm se destacado como uma opção altamente viável e benéfica para o meio ambiente.

Além da vantagem de ser um produto renovável, a madeira e seus produtos apresentam bom desempenho mecânico e densidade baixa, apresentando potencial para uso estrutural (Hadiji *et al.*, 2024). Os painéis compensados, formados por lâminas de madeira, possuem aplicação na construção civil e naval, indústria moveleira e de embalagens. (Sá *et al.*, 2010; Athanázio-Heliodoro, 2021).

Para aumentar o valor agregado dos painéis à base de madeira, como o compensado, e melhorar seu desempenho, muitos métodos estão sendo avaliados, como remoção da lignina, tratamento térmico, tratamento termo vácuo, tratamento ácido, tratamento alcalino, tratamento superficial, modificação química e impregnação das lâminas por transferência de resina (Ferreira; Campos; Rangel, 2018; Zanuttini *et al.*, 2019; Bekhta, 2020; Lou *et al.*, 2020; Xia *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021; Ferreira *et al.*, 2022; Zuo *et al.*, 2023).

Porém, pouco foi estudado quanto ao tratamento de branqueamento em lâminas de madeira para produção de painéis. Esse processo, geralmente realizado em polpas celulósicas, tem como objetivo o aumento de alvura, onde o peróxido de hidrogênio, utilizado em um dos estágios, apresenta ação deslignificante e alvejante (Colodette; Gomes, 2015; Sharma; Bhardwaj; Singh, 2020).

Quando avaliado em painéis de bambu, o tratamento químico com peróxido de hidrogênio conferiu maior durabilidade, melhor qualidade de colagem, devido a melhor penetração do adesivo, e desempenho mecânico igual ou superior ao painel sem lâminas tratadas (Sharma; Gatóo; Ramage, 2015; Shah; Sharma; Ramage, 2018; Reynolds *et al.*, 2019; Guan; Huang; Zhu, 2022).

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da modificação química com peróxido de hidrogênio em diferentes tempos e temperaturas nas propriedades físicas e ópticas de lâminas de *Eucalyptus grandis* para produção de painéis compensados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Modificação química das lâminas

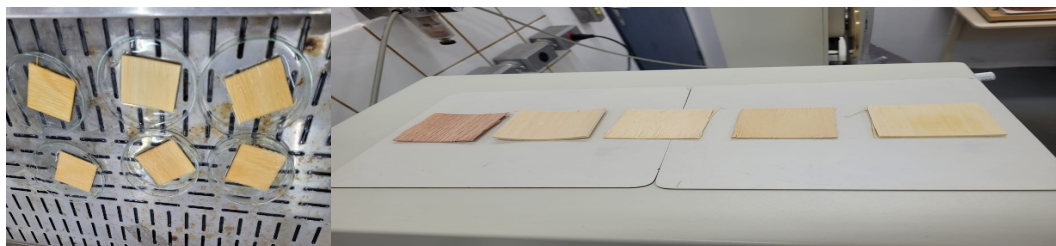
Para a realização da modificação química, as lâminas de *Eucalyptus grandis* foram cortadas com auxílio da serra seccionadora nas dimensões de 50 mm x 50 mm. Foram avaliados cinco diferentes tratamentos, variando o tempo e temperatura, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos avaliados

	Temperatura (°C)	Tempo (min)
<b>Controle</b>	-	-
<b>T30/50</b>	50	30
<b>T60/50</b>	50	60
<b>T30/75</b>	75	30
<b>T60/75</b>	75	60

As lâminas foram imersas no reagente peróxido de hidrogênio 30% 100v de peso molar 34,01 g \* mol<sup>-1</sup>, conforme utilizado por Xia *et al.* (2021). A placa de petri com a lâmina e o reagente foram colocadas no banho-maria conforme a temperatura do tratamento e rotacionada a cada 15 minutos até o final do tempo proposto, conforme Figura 1a. Ao final do tratamento, as lâminas foram lavadas com água deionizada para retirada do excedente de reagente e colocadas em ambiente climatizado até a realização dos ensaios. A Figura 1b apresenta as lâminas após o tratamento.

**Figura 1.** Modificação química das lâminas de *Eucalyptus grandis*, onde, à esquerda branqueamento e, à direita, lâminas após o tratamento



Fonte: (Autor)

## 2.2 *Ensaio de densidade*

Para o ensaio de densidade, as lâminas foram pesadas em balança semianalítica com resolução de 0,01 g e medidas com o auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

A densidade foi determinada conforme a razão entre massa e volume. A Figura 2 apresenta as etapas de realização do ensaio.

**Figura 2.** Ensaio de densidade, onde, à esquerda, pesagem em balança semianalítica e, à direita, medição com o paquímetro digital



Fonte: (Autor)

## 2.3 *Ensaios ópticos*

Os ensaios ópticos realizados foram de alvura (TAPPI T452 om-08, 2008), brancura (TAPPI T525 om-22, 2022), escala de cor pelo método CIELab e amarelamento (DIN 6167, 1980). Para isto foi utilizado o espectrofotômetro Datacolor ELREPHO© 1000, conforme Figura 3.

**Figura 3.** Realização dos ensaios ópticos no espectrofotômetro



Fonte: (Autor)

No método escala de cor CIELab, o  $L^*$  faz referência à luminosidade, onde 0 é negro e 100, branco. O  $a^*$  varia de positivo a negativo, quanto mais positivo, mais vermelha é a cor e, quanto mais negativo, mais verde é a cor da lâmina. O  $b^*$  varia de positivo a negativo, quanto mais positivo, mais amarela é a cor e, quanto mais negativo, mais azul é a cor da lâmina.

## 2.4 *Análise estatística*

Após a realização dos ensaios, foi realizada a análise estatística, através do software R versão 4.4.0, para verificar se houve diferença estatística entre as médias, ao nível de 5% de significância, por meio da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados de densidade e dos ensaios ópticos, contendo a média, desvio padrão e análise estatística, onde letras iguais na horizontal não apresentam diferente estatística ao nível de 5% de significância.

**Tabela 2.** Resultados do ensaio de densidade e ópticos

	<b>Controle</b>	<b>T30/50</b>	<b>T60/50</b>	<b>T30/75</b>	<b>T60/75</b>
<b>Densidade (kg * m<sup>-3</sup>)</b>	582 A (105)	551 A (131)	565 A (107)	508 A (107)	637 A (94)
<b>Alvura (%)</b>	24,81 B (3,50)	36,41 A (4,03)	35,58 A (7,70)	36,75 A (4,30)	35,56 A (5,08)
<b>Brancura (%)</b>	24,78 A (3,49)	36,37 A (4,03)	35,56 A (7,70)	36,73 A (4,30)	35,54 A (5,08)
<b>CIE L*</b>	68,21 B (2,30)	80,28 A (2,92)	81,59 A (4,42)	80,79 A (2,51)	82,42 A (2,51)
<b>CIE a*</b>	13,79 A (0,96)	7,57 B (1,65)	7,26 B (3,05)	7,54 B (6,68)	6,68 B (1,88)
<b>CIE b*</b>	20,48 C (2,82)	24,72 BC (1,23)	29,01 AB (3,88)	25,22 B (1,70)	29,91 A (2,66)
<b>Amarelamento (%)</b>	59,89 A (6,88)	54,22 A (3,59)	60,07 A (10,64)	54,77 A (5,38)	60,38 A (6,66)

A realização do tratamento não influenciou na densidade das lâminas, não apresentando diferença significativa entre o tratamento de controle e os tratamentos com modificação química.

A propriedade de densidade apresenta uma forte relação positiva com as propriedades mecânicas da madeira (Missanjo; Matsumura, 2016). Desta forma, a modificação química, não causaria tanto impacto nas propriedades de resistência e rigidez do painel acabado.

A modificação química também não influenciou significativamente nas propriedades de brancura e amarelamento. Em relação há alvura e ao CIE L\*, houve um aumento significativo, devido a ação alvejante do reagente que modifica e remove parcialmente a lignina da madeira, atingindo o objetivo esperado.

A cor da madeira deriva principalmente da lignina e extrativos presentes e sua absorção e reflexão das fontes de luz, com a cor variando de acordo com o comprimento de onda (Lu *et al.*, 2023).

Wu *et al.* (2019) explicam que o tratamento de branqueamento é suficiente para reduzir a cor do material, porém sem colapsar os lumens das células, o que afetaria sua integridade estrutural. Essa afirmação pode ser validada com a não alteração da densidade do material.

O tratamento de controle apresentou coloração mais avermelhada, em relação aos com modificação química, porém o contrário aconteceu no CIE b\*, onde os tratamentos T30/50, T60/50, T30/75 e T60/75 apresentaram coloração mais

amarelada.

O uso do peróxido de hidrogênio no branqueamento de cascas de aveia apresentou altos níveis de  $L^*$ , superior a 80, valores próximos ao encontrado no presente trabalho, sem alterar a composição química global (Schmitz *et al.*, 2021).

#### 4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- O branqueamento de lâminas de eucalipto para produção de painéis compensado é um processo viável;
- A realização da modificação química não alterou a propriedade de densidade da madeira, e aumentou a alvura e  $L^*$  do material;
- Destaque para o tratamento realizado durante 30 min a 50°C, que apresentou propriedades semelhantes aos demais com menor consumo de tempo e temperatura.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento deste estudo.

#### 6. REFERÊNCIAS

ATHANÁZIO-HELIODORO, J. C. **Preservação de painéis compensados: estudo comparativo de processos, produtos e desempenhos**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2021.

BEKHTA, P. Effect of heat treatment on some physical and mechanical properties of birch plywood. **European Journal Of Wood And Wood Products**. p. 683-691, 2020.

COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. **Branqueamento de polpa celulósica: da produção da polpa marrom ao produto acabado**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2015.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 6167**, description of yellowness of near-white or near-colourless materials. Berlin: DIN, 1980.

FERREIRA, B. S.; CAMPOS, C. I.; RANGEL, E. C. Efeito da termorretificação na

qualidade de colagem de lâminas de madeira para a produção de compensado. **Ciência Florestal**. p. 274-282, 2018.

FERREIRA, B. S.; ARROYO, F. N.; KONDO, M. Y. *et al.* Physical and Mechanical Properties of Plywood Produced with Thermally Treated Pinus taeda Veneers. **Forests**. p. 1-10, 2022.

GUAN, M.; HUANG, Z. ZHU, D. The effect of ultrasonic process on the shear strength and the microstructure of the bonding interface of laminated bamboo lumber. **European Journal Of Wood And Wood Products**. p. 1401-1411, 2022.

HADIJI, H.; SERRA, J.; CURTI, R. *et al.* Characterization of mode II delamination behaviour of poplar plywood and LVL. **Theoretical And Applied Fracture Mechanics**. p. 1-11, 2024.

LOU, Z.; YUAN, C.; LI, Y. *et al.* Effect of saturated steam treatment on the chemical composition and crystallinity properties of bamboo bundles. **Journal of Forestry Engineering**. p. 29-35, 2020.

LU, D.; XIONG, X.; LU, G. *et al.* Effects of NaOH/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> bleaching pretreatment method on wood dyeing properties. **Coatings**. p. 1-13, 2023.

MISSANJO, E.; MATSUMURA, J. Wood Density and Mechanical Properties of *Pinus kesiya* Royle ex Gordon in Malawi. **Ciência Florestal**. p. 274-282, 2018.

REYNOLDS, T. P. S.; SHARMA, B.; SERRANO, E. *et al.* Fracture of laminated bamboo and the influence of preservative treatments. **Composites Part B: Engineering**. p. 1-9, 2018.

SÁ, V. A.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; BUFALINO, L. *et al.* Absorção de superfície de painéis compensados. **Cerne**. p. 53-57, 2010.

SCHMITZ, E.; FRANCIS, J.; GUTKE, K. *et al.* Chemical and biochemical bleaching of oat hulls: The effect of hydrogen peroxide, laccase, xylanase and sonication on optical properties and chemical composition. **Biotechnology Reports**. p. 1-12, 2021.

SHAH, D. U.; SHARMA, B.; RAMAGE, M. H. Processing bamboo for structural composites: influence of preservative treatments on surface and interface properties. **International Journal Of Adhesion And Adhesives**. p. 15-22, 201p.

SHARMA, B.; GATÓO, A; RAMAGE, M. H. Effect of processing methods on the mechanical properties of engineered bamboo. **Construction And Building Materials**. p. 1-11, 2020.

SHARMA, N.; BHARDWAJ, N. K.; SINGH, R. B. P. Environmental issues of pulp bleaching and prospects of peracetic acid pulp bleaching: a review. **Journal of Cleaner Production**. p. 95-101, 2015.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI T452**



**om-08:** Brightness Of Pulp, Paper And Paperboard (Directional Reflectance At 457 Nm). Atlanta: TAPPI, 2008.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI T525 om-22:** Diffuse Brightness of Paper, Paperboard and Pulp. Atlanta: TAPPI, 2022.

WU, Y.; WU, J.; YANG, F. *et al.* Effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bleaching treatment on the properties of finished transparent wood. **Polymers**. p. 1-13, 2019.

XIA, Q.; CHEN, C.; LI, T. *et al.* Solar-assisted fabrication of large-scale, patternable transparent wood. **Science Advances**. v.7, n. 5, p. 1-8, 2021.

XIA, Z.; LI, J.; ZHANG, J. *et al.* Processing and valorization of cellulose, lignin and lignocellulose using ionic liquids. **Journal of Bioresources and Bioproducts**. p. 79-95, 2020.

YANG, X., FAN, W.; GE, S. *et al.* Advanced textile technology for fabrication of ramie fiber PLA composites with enhanced mechanical properties. **Industrial Crops and Products**. p. 1-11, 2021.

ZANUTTINI, R.; CASTRO, G.; CREMONINI, C. *et al.* Thermo-vacuum treatment of poplar (*Populus spp.*) plywood. **Holzforschung**. p. 60-67, 2019.

ZHOU, Y. Q.; XUE, Z. Q.; HUANG, Q. T. *et al.* Physical and mechanical properties of *Aucoumea klaineana* wood after vacuum heat treatment for furniture components. **Journal of Forestry Engineering**. p. 73-78, 2020.

ZUO, S.; LIANG, Y.; WU, Y. *et al.* Using environmentally friendly technology for fabricating special plywood with ultra-high strength. **Journal of Cleaner Production**. p. 1-11, 2023.