


**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE NANOPRODUTO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE  
PAINÉIS COMPENSADOS**

**EFFECTS OF NANOPRODUCT APPLICATION ON PHYSICAL PROPERTIES OF  
PLYWOOD PANELS**

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE NANOPRODUCTOS EN LAS PROPIEDADES  
FÍSICAS DE LOS PANELES DE MADERA CONTRACHAPADA**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-052>

**Data de submissão:** 05/05/2025

**Data de publicação:** 05/06/2025

**Virna Santos da Silva**

Graduanda em Engenharia Florestal

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

E-mail: [virnasilva.vss@gmail.com](mailto:virnasilva.vss@gmail.com)

ORCID: 0009-0002-4852-7074

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4237236043052410>

**Julio Cesar do Espirito Santo Santos**

Graduado em Engenharia Florestal

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

E-mail: [juliok235@gmail.com](mailto:juliok235@gmail.com)

ORCID: 0009-0005-9959-0067

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4078292062672489>

**Danielly Oliveira de Gois**

Graduada em Engenharia Florestal

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

E-mail: [danielly.goiss@gmail.com](mailto:danielly.goiss@gmail.com)

ORCID: 0009 0001 0623 692

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2167831258005206>

**Gabriele Silva Gomes**

Graduanda em Engenharia Florestal

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

E-mail: [gabriele.gomz@gmail.com](mailto:gabriele.gomz@gmail.com)

ORCID: 0009-0005-1108-5534

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0746588693817020>

**Joabel Raabe**

Doutor em Ciências Florestais

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

E-mail: [joabel.raabe@uemaul.edu.br](mailto:joabel.raabe@uemaul.edu.br)

ORCID: 0000-0002-6797-151X

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0691322617405457>

**Sabrina Benmuyal Vieira**

Engenheira Florestal, Msc., Pesquisa e Inovação  
Grupo Arboris  
E-mail: [sabrina.benmuyal@grupoarboris.com.br](mailto:sabrina.benmuyal@grupoarboris.com.br)  
ORCID: 0000-0001-8778-5071  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1284677114612831>

**Marco Antonio Siviero**

Engenheiro Mecânico, Diretor-Presidente  
Grupo Arboris  
E-mail: [marco.siviero@grupoarboris.com.br](mailto:marco.siviero@grupoarboris.com.br)  
ORCID: 0000-0002-7232-3066  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9849003584963758>

**Agust Sales**

Engenheiro Florestal, Doutor, Diretor-geral  
Grupo Arboris  
E-mail: [agust.sales@grupoarboris.com.br](mailto:agust.sales@grupoarboris.com.br)  
ORCID: 0000-0002-1364-9840  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9492008594208925>

---

**RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas de painéis compensados tratados com nanoproducto à base de sílica, visando analisar o desempenho do material antes e após o envelhecimento natural. Os ensaios foram realizados utilizando painéis de madeira compensada de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá), divididos em dois grupos: com e sem aplicação do nanoproducto. Foram avaliadas as propriedades de densidade aparente, absorção de água, inchamento em espessura e umidade. A análise de variância indicou ausência de diferença estatística significativa entre os tratamentos antes e após 120 dias de envelhecimento natural, exceto para a umidade, que apresentou valores médios de 12,0% nos corpos de provas não tratados e 10,1% nos tratados. Os painéis tratados apresentaram menor teor de umidade, sugerindo que o nanoproducto contribuiu para a redução da porosidade e, conseqüentemente, da absorção de água. Apesar disso, os demais parâmetros físicos não demonstraram melhorias significativas, possivelmente em função da concentração utilizada. Os resultados evidenciam o potencial do nanoproducto para aumentar a resistência à umidade dos painéis, embora estudos complementares sobre a formulação e o tempo de exposição sejam necessários para maximizar seu desempenho.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia. Madeira Reconstituída. Paricá. Envelhecimento natural.

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the physical properties of plywood panels treated with a silica-based nanoproduct, aiming to analyze the performance of the material before and after natural aging. The tests were performed using plywood panels of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá), divided into two groups: with and without application of the nanoproduct. The properties of apparent density, water absorption, thickness swelling and humidity were evaluated. The analysis of variance indicated no statistically significant difference between the treatments before and after 120 days of natural aging, except for humidity, which presented average values of 12.0% in the untreated specimens and 10.1% in the treated ones. The treated panels presented lower moisture content, suggesting that the nanoproduct contributed to the reduction of porosity and, consequently, of

water absorption. Despite this, the other physical parameters did not demonstrate significant improvements, possibly due to the concentration used. The results demonstrate the potential of the nanoproduct to increase the moisture resistance of the panels, although additional studies on the formulation and exposure time are necessary to maximize its performance.

**Keywords:** Nanotechnology. Reconstituted wood. Paricá. Natural aging.

## RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas de paneles de contrachapado tratados con un nanoproducto a base de sílice, con el objetivo de analizar el desempeño del material antes y después del envejecimiento natural. Las pruebas se realizaron utilizando paneles de contrachapado de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá), divididos en dos grupos: con y sin aplicación del nanoproducto. Se evaluaron las propiedades de densidad aparente, absorción de agua, hinchamiento por espesor y humedad. El análisis de varianza no indicó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos antes y después de 120 días de envejecimiento natural, excepto para la humedad, que presentó valores promedio de 12,0% en los especímenes sin tratar y 10,1% en los tratados. Los paneles tratados presentaron menor contenido de humedad, lo que sugiere que el nanoproducto contribuyó a la reducción de la porosidad y, consecuentemente, de la absorción de agua. A pesar de esto, los demás parámetros físicos no demostraron mejoras significativas, posiblemente debido a la concentración utilizada. Los resultados demuestran el potencial del nanoproducto para aumentar la resistencia a la humedad de los paneles, aunque se requieren estudios adicionales sobre la formulación y el tiempo de exposición para maximizar su rendimiento.

**Palabras clave:** Nanotecnología. Madera reconstituida. Paricá. Envejecimiento natural.

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades relacionadas à produção florestal no Brasil têm ganhado destaque tanto no cenário nacional quanto internacional, uma vez que o país se consolidou como um importante produtor e exportador de produtos florestais, madeireiros e não-madeireiros. Entre os diversos produtos derivados da madeira, os painéis compensados ocupam a terceira posição em exportação, representando um segmento em expansão dentro da categoria de madeiras reconstituída, com destaque para sua ampla variedade de aplicações (Sene *et al.*, 2022; IBÁ, 2024).

Os painéis à base de madeira são tradicionalmente classificados em dois grupos principais: aqueles fabricados com camadas de lâminas ou sarrafos de madeira maciça e os produzidos a partir de madeira desagregada por processos mecânicos e químicos, conhecidos como painéis de madeira reconstituída. Esta classificação permite compreender melhor as aplicações e características técnicas de cada tipo, especialmente no contexto industrial e construtivo (Iwakiri; Trianoski, 2020).

Entre os tipos de painéis de madeira reconstituída, os painéis compensados destacam-se por sua expressiva relevância comercial e funcional, sendo amplamente utilizados em setores como: a construção civil e a indústria moveleira, devido às suas propriedades físicas e mecânicas favoráveis (Gois, 2022; Rodrigues, 2021; ACR, 2022).

Quanto às matérias-primas utilizadas em sua fabricação, os painéis de madeira reconstituída podem ser classificados em dois grupos: aqueles produzidos com madeiras tropicais e os fabricados com madeiras temperadas, em especial do gênero *Pinus* spp. (Iwakiri *et al.*, 2011).

*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) (Paricá), espécie nativa da Amazônia, é amplamente reconhecida no setor florestal por suas características silviculturais, físicas e mecânicas, que a tornam adequada para fabricação de painéis compensados (Lima *et al.*, 2022). No entanto, apesar de a produção de painéis compensados com madeira de Paricá esteja consolidada, suas características anatômicas, como a elevada capacidade de absorção de água e a suscetibilidade à biodeterioração, representam desafios significativos que podem limitar na expansão da indústria de compensados (Silva, *et al.*, 2020; Amorim, Paes, Nicácio, 2021).

Nesse contexto, a utilização de tratamentos preservativos é essencial para garantir maior durabilidade e qualidade aos painéis. No entanto, embora os tratamentos existentes demonstrem eficácia, há uma crescente preocupação quanto aos seus impactos ambientais. Assim, se faz necessário buscar novas formas de tratamento que além de eficientes, apresentem menor impacto ambiental e contribuam para a inserção de produtos diferenciados no mercado (Borges *et al.*, 2018).

Nessa ótica, os nanoprodutos têm ganhando relevância no setor madeireiro, sobretudo na forma de revestimentos aplicados a produtos de madeira. Esses materiais podem aumentar a durabilidade,

diminuir a absorção de água e radiação, aumentar a resistência ao fogo e prevenir a ação de agentes bióticos (Borges *et al.*, 2018; Jasmani *et al.*, 2020).

Dessa forma, a aplicação de nanoproductos em painéis compensados produzidos com madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) (Paricá) pode conferir propriedades e qualidades diferenciadas, agregando valor técnico e econômico ao produto final. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas de painéis compensados tratados com nanoproducto à base de sílica, com foco na análise do desempenho do material antes e após o envelhecimento natural.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 LOCAL DE ESTUDO

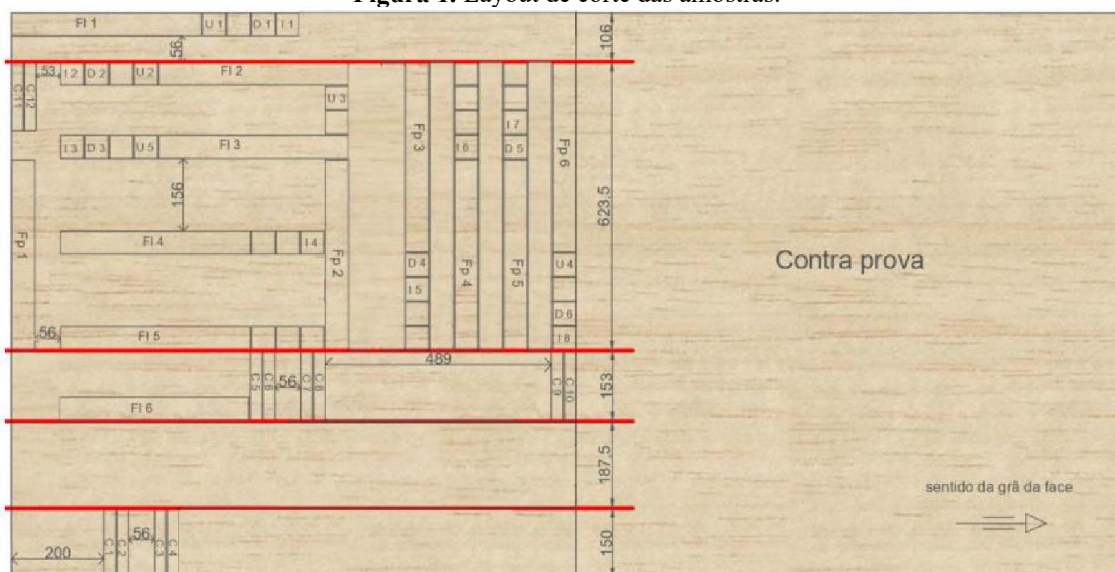
O estudo foi realizado no Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira (LATECMA) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) em parceria com a empresa ADECO Indústria e Comércio de Compensados Ltda., pertencente ao Grupo Arboris.

Foram utilizados 12 painéis compensados comerciais da espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) (Paricá), com melhor qualidade, classificado como painel para exportação, de onde os corpos de prova (CP's) foram extraídos. A confecção dos CP's foi realizada no setor de carpintaria da empresa com auxílio de serras circulares.

### 2.2 AMOSTRAGEM

A retirada dos CP's de cada painel foi realizada seguindo recomendações das normas NBR 17002 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021) e EN 13986 (European Committee for Standardization, 2004), conforme demonstra a Figura 1. Após a preparação, os CP's foram acondicionados em ambiente seco e livre de exposição solar. Em seguida foram removidas as impurezas das superfícies de ambas as faces dos CP's que receberam aplicação do nanoproducto.

**Figura 1.** Layout de corte das amostras.



**Fonte:** Adaptado de NBR 17002 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021).

A aplicação do nanoproduto foi realizada sobre a superfície de ambas as faces dos CP's por meio da aspersão (sem regulagem de volume aplicado). Posteriormente, os CP's foram armazenados em ambiente livre de exposição solar, para que as superfícies ficassem secas até o início dos ensaios. Os ensaios foram realizados seguindo recomendações contidas nas normas europeias EN 323 (European Committee for Standardization, 1993), EN 322 (European Committee for Standardization, 1993) e EN 317 (European Committee for Standardization, 1993).

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Todos os corpos de prova (CP's) foram submetidos à secagem em estufa a  $103 \pm 2$  °C antes da realização dos ensaios. Para os ensaios que exigiam a estimativa de massa e volume, foram utilizados, respectivamente, uma balança analítica com precisão de 0,01 g (modelo S2202H) e um paquímetro digital com precisão de 0,1 mm (modelo LCD Digital Vernier/Fibra de Carbono). Além disso, para o ensaio que necessitavam estimar o inchamento em espessura, foi utilizado um micrômetro com precisão de 0,01 mm. Como os ensaios realizados não foram destrutivos, os mesmos CP's puderam ser reutilizados para a realização dos ensaios novamente, após o período de envelhecimento natural.

### 2.3.1 Densidade

Inicialmente a massa seca ( $m_s$ ) dos CP's foi obtida, em seguida, foram mensurados o volume ( $b_1$  e  $b_2$ ) e a espessura ( $t$ ), utilizando um paquímetro digital. A densidade (0% de umidade) foi determinada por meio da Equação 1.

$$\rho = \frac{m_s}{b_1 \times b_2 \times t} \quad (1)$$

onde:  $\rho$  = densidade á 0% de umidade ( $\text{g.cm}^{-3}$ );  $m_s$  = massa seca do corpo de prova (g);  $b_1$  e  $b_2$  = Largura do corpo de prova (cm);  $t$  = espessura do corpo de prova (cm).

### 2.3.2 Absorção de Água

Os CP's foram pesados e imersos em água por 24h, para se obter a massa inicial ( $m_i$ ) e a massa final ( $m_s$ ), posteriormente, os CP's foram imersos em água novamente até atingirem a saturação. Para o cálculo da determinação da absorção de água utilizou-se a Equação 2.

$$Ab_s = \frac{(m_s - m_i)}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

onde:  $Ab_s$  = quantidade de água absorvida (%);  $m_s$  = é a massa final do corpo de prova, após a imersão em água por 24 h (g);  $m_i$  = é a massa inicial do corpo de prova (g).

### 2.3.3 Inchamento

No ensaio de inchamento foi utilizado um micrômetro antes de imergi-los em água e após saturados. Para o cálculo da determinação do inchamento em espessura utilizou-se a Equação 3.

$$I = \frac{(t_2 - t_1)}{t_1} \times 100 \quad (3)$$

onde:  $I$  = Inchamento em espessura (%);  $t_1$  = inchamento inicial em espessura (mm);  $t_2$  = inchamento final em espessura (mm).

### 2.3.4 Umidade

A umidade dos CP's foi determinada antes e após a secagem em estufa. Para o cálculo da determinação da umidade utilizou-se a Equação 4.



$$U = \frac{(m_u - m_s)}{m_s} \times 100 \quad (4)$$

onde: U = umidade (%);  $m_u$  = massa úmida (inicial) do corpo de prova (g);  $m_s$  = massa seca (final) do corpo de prova em (g).

## 2.4 ENVELHECIMENTO NATURAL

Após a realização dos ensaios anteriormente descritos, os CP's foram submetidos ao envelhecimento natural, onde foram expostos à radiação solar. A exposição ocorreu por um período de 120 dias, em uma bancada de madeira com inclinação de 45°, com sua face voltada para direção Oeste. A bancada foi mantida em local protegido da ação direta da chuva, entretanto, sob exposição direta do sol da tarde. Os CP's expostos na bancada foram virados em um giro de 180° a cada 30 dias. Após o período de envelhecimento natural, os CP's foram submetidos novamente aos ensaios anteriormente descritos.

## 2.5 ANÁLISE DE DADOS

O delineamento experimental utilizado foi fatorial duplo. Os dados coletados foram processados em planilha eletrônica Excel – Microsoft. Foi realizada análise de variância a 5% de significância para todas as variáveis estudadas. A análise de variância foi conduzida em duas etapas: uma considerando a presença e a ausência de nanoproducto (sem envelhecimento) e a outra considerando o envelhecimento natural dos CP's (com e sem nanoproducto).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados obtidos na primeira etapa (painéis sem envelhecimento natural) indicou ausência de diferença estatística significativa entre os tratamentos para as variáveis físicas analisadas, exceto para a umidade, que apresentou diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise de variância dos painéis compensados sem e com nanoproducto.

Tratamentos	$\rho$ 0% (g.m <sup>-3</sup> )	Abs (%)	I (%)	U (%)
Sem Nanoproducto	0,43 ± 0,02 a	143,7 ± 9,50 a	8,1 ± 1,40 a	12,1 ± 0,90 b
Com Nanoproducto	0,43 ± 0,02 a	147,3 ± 7,37 a	5,9 ± 1,98 a	10,1 ± 0,31 a

**Legenda:**  $\rho$  0% - densidade aparente 0%,  $Ab_s$  – absorção de água, I- inchamento em espessura, U - umidade.

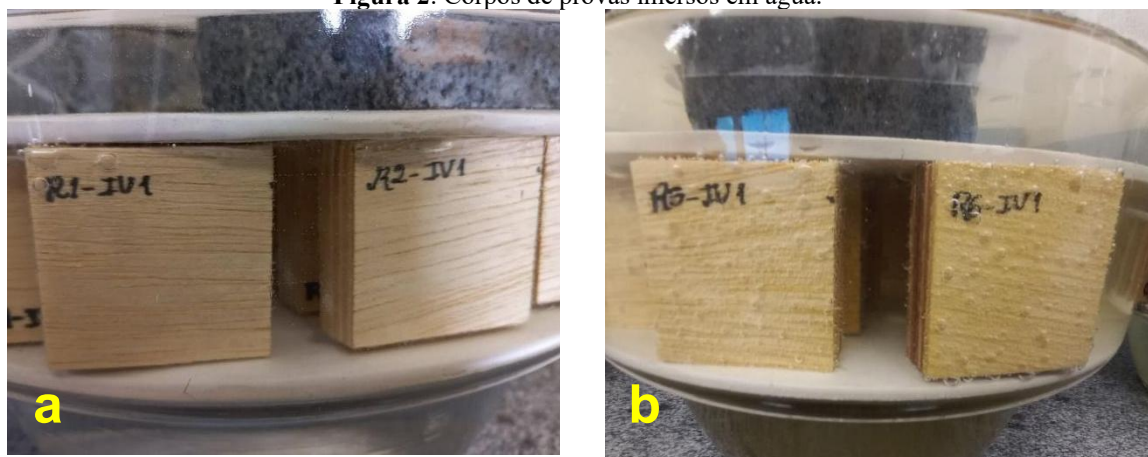
**Fonte:** Elaborada pelos autores (2025).



A densidade aparente apresentou valores médios de  $0,43 \text{ g.cm}^{-3}$  para ambos os tratamentos, compatíveis com os reportados por Matos *et al.* (2019), que encontraram valor médio de  $0,40 \text{ g.cm}^{-3}$  para painéis de Paricá. A variável umidade apresentou redução significativa nos painéis tratados (10,1%) em comparação aos não tratados (12,0%). Essa diferença pode estar associada à atuação das nanopartículas, que ao se infiltrarem nos poros do painel, promovem o preenchimento das cavidades e dificultam a penetração da água (Mantanis e Papadopoulos, 2010).

Estudo similar também relatou diminuição da umidade em madeiras tratadas com nanopartículas de sílica, atribuindo esse efeito à criação de uma barreira hidrofóbica nos microporos. Essa redução da porosidade contribui diretamente para a diminuição da absorção de água, beneficiando a durabilidade dos painéis (Bak *et al.*, 2023; Costa *et al.*, 2020). Essa tendência é visível na Figura 2, na qual se observam diferenças superficiais entre os corpos de prova imersos em água.

**Figura 2.** Corpos de provas imersos em água.



**Legenda:** a - sem nanoproducto; b - com nanoproducto.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2025).

À primeira vista, observa-se uma tendência à menor absorção de água e menor inchamento em espessura nos painéis tratados com nanoproducto (Tabela 1), indicando um possível efeito positivo dessas partículas na estabilidade dimensional. No entanto, as variáveis de absorção de água e inchamento em espessura não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Vale destacar que os valores obtidos para essas variáveis foram superiores aos encontrados na literatura. Isso pode ser atribuído ao método de ensaio adotado neste estudo, que utilizou imersão dos CP's até a saturação completa, diferindo de outros estudos que geralmente realizam os ensaios com tempos de imersão por períodos limitados, variando entre 24 e 96 horas de imersão (Costa *et al.*, 2020).

A avaliação da durabilidade da madeira por meio do envelhecimento natural envolve a exposição a fatores como radiação UV, umidade e variações de temperatura, que simulam as condições

reais de uso do produto (Lopes Junior, 2020). No presente estudo, o período de envelhecimento natural foi relativamente curto e ocorreu principalmente sob a ação dos raios solares. Dessa forma, após 120 dias de exposição, os painéis com e sem nanoproducto apresentaram comportamento físico semelhante (Tabela 2), com pouca ou nenhuma diferença entre os tratamentos.

**Tabela 2.** Estatística descritiva para caracterização física dos painéis compensados após envelhecimento natural.

Não Tratado com Nanoproducto					
Propriedades	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV (%)
$\rho$ 0% (g.m <sup>3</sup> )	0,39	0,43	0,45	0,02	4,20
Abs (%)	120,60	143,40	154,70	9,50	9,50
I (%)	2,21	6,00	8,08	1,40	23,70
Tratado com Nanoproducto					
$\rho$ 0% (g.m <sup>3</sup> )	0,40	0,43	0,47	0,02	4,07
Abs (%)	137,97	147,3	160,7	7,37	5,00
I (%)	1,82	5,89	8,28	1,98	33,52

**Legenda:**  $\rho$  0% – densidade aparente 0%; Abs – absorção de água; I – inchamento em espessura; CV – coeficiente de variação.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2025).

Esse resultado pode estar relacionado ao método utilizado para aplicação do nanoproducto (aspersão), que possivelmente resultou deposição de nanoproducto superficial e concentrações insuficientes para promover modificações significativas nas propriedades físicas dos painéis.

Taghiyari e Nouri (2015) utilizando tratamento superficial de nano-wollastonita em painéis MDF, indicou que a concentração do nanomaterial é determinante para os efeitos desejados, sendo que o teor de 5% aplicado demonstrou ser insuficiente para alterar significativamente as propriedades físicas de absorção de água e inchamento.

A literatura destaca que a aplicação de nanosilica pode proporcionar aos painéis uma superfície altamente repelente a líquidos polares, como água e café, além de conferir propriedades autolimpantes, representando um avanço significativo na durabilidade e funcionalidade do material. No entanto, as concentrações utilizadas são um fator importante para obter resultados eficientes, confirmando que a forma de aplicação interfere diretamente na eficácia do nanoproducto nos painéis compensados (Magalhães & Cademartor, 2018).

Campos *et al.* (2023), ao testarem nanopartículas de ZnO em painéis MDF, observaram que a que o teor de 0,5% proporcionou os melhores resultados físicos e mecânicos, enquanto o aumento para 1,0% não trouxe um bom desempenho, reforçando a necessidade de mais estudos que visem um equilíbrio adequado na formulação dos compósitos para se obter os melhores resultados.

Dessa forma, apesar de os resultados indicarem ausência de diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, antes ou após o envelhecimento natural, os dados sugerem que o nanoproducto, em um curto período e na forma de aplicação adotada, teve impacto limitado nas

propriedades avaliadas. Adicionalmente, ressalta-se a qualidade dos painéis compensados de Paricá, produzidos pela indústria, mantiveram excelentes propriedades físicas, mesmo após serem submetidos ao envelhecimento natural.

## **5 CONCLUSÃO**

A aplicação de nanoproduto à base de sílica em painéis compensados de Paricá resultou na redução significativa da umidade, porém não exerceu influência estatisticamente relevante sobre as demais propriedades físicas avaliadas, tanto antes quanto após o envelhecimento natural. A semelhança de desempenho sugere que, a curto prazo, o efeito do nanoproduto foi limitado, possivelmente devido ao método e à concentração utilizada.

Ainda assim, os painéis mostraram bom desempenho físico geral, evidenciando a qualidade, do material produzido. Diante desses resultados, destaca-se a importância de investigar formas mais eficientes de aplicação de nanoproduto, contribuindo para o desenvolvimento de materiais mais duráveis e sustentáveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA e ao Grupo Arboris pela colaboração com o material para o desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2022 (ano base 2021). Santa Catarina: ACR, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17002: Compensados – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2021.

AMORIM, E.; PAES, J.; NICÁCIO, M. Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades. v. 2. Guarujá: Editora Científica Digita, 2021.

BAK, M. et al. One-step process for the fabrication of hydrophobic and dimensional stable wood using functionalized silica nanoparticles. *Forests*, v. 14, n. 3, p. 651, 2023.

BORGES, C. et al. Nanoparticles – based wood preservatives: the next generation of wood protection. *Cerne*, v. 24, n. 4, p. 397 – 407. 2018.

CAMPOS, C. et al. Análise do efeito da incorporação de nanopartículas de ZnO nas propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 171-182, jan./mar. 2023.

COSTA, A. et al. Caracterização tecnológica de painéis engenheirados produzidos com madeira de paricá. *Research Society and Development*, v. 9, n. 8. 2020.

European Committee for Standardization - EN 13986: 2004: Wood – based panels for use in construction – Characteristics evaluation of conformity and marking. 2004.

European Committee for Standardization - EN 317: 1993: Particleboards and fibreboards determination of swelling in thickness after immersion in water. 1993.

European Committee for Standardization - EN 322: 1993: wood-based panels – determination of moisture content. 1993.

European Committee for Standardization - EN 323: 1993: wood-based panels – determination of density. 1993.

GOIS, D. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby). 2022. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Imperatriz, 2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual 2024. Brasília: IBÁ, 2024. Disponível em: <https://iba.org/relatorio2024.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

IWAKIRI, S. et al. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. *Floresta*, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 451-458, jul./set. 2011.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEP, v. 2. 2020.

JASMANI, L. et al. Application of nanotechnology in wood based products industry: A Review Nanoscale Research Letters. 2020.

LOPES JUNIOR, Wanley Eduardo. Estudo da durabilidade de painéis OSB de madeira Balsa residual tratados com revestimento químico e natural. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Concentração: Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais Voltados à Agroindústria) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020

LIMA, V. et al. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de paricá (*Shizolobium amazonicum*) utilizada na indústria de compensados do estado do Maranhão. Research, Society and Development, v.11, n.9. 2022.

MAGALHÃES, W.; CADERMARTORI, P. Processo para deposição de nanosílica em painéis de fibras de madeira de média densidade (MDF). Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2018. (Comunicado Técnico, 419).

MATOS, A. et al. Influência de diferentes composições de lâminas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Pinus oocarpa* var. *oocarpa* (Schiede ex Schltdl) para produção de compensados multilaminados. Scientia Forestalis, v.47. 2019.

MANTANIS, G.; PAPADOPOULOS, A. Reducing the thickness swelling of wood based panels by applying a nanotechnology compound. European Journal of Wood and Wood Products. maio 2010.

SENE, S. et al. Transformação do Setor Florestal Brasileiro entre 2006 e 2027. Revista Terceira Margem Amazônia, v.8, n. 19, p.153 – 175. 2022.

RODRIGUES, V. Comparativo entre as técnicas nacionais e internacionais e internacionais de análise de painéis de madeira. 2021. Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Química) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru – São Paulo, 2021.

SILVA, J. et al. Influência da anatomia no desempenho da adesão de quatro espécies madeireiras. Research, Society and Development. v.9, n. 8. 2020.

TAGHIYARI, H.; NOURI, P. Effects of Nano-wollastonite on Physical and Mechanical Properties of Medium Density Fiberboard. Madeiras, Ciência e Tecnologia. jul. v. 17. n.4. 2015.