

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE NANOPRODUTO EM PAINÉIS COMPENSADOS DE PARICÁ

**VIRNA SANTOS DA SILVA¹, JOABEL RAABE¹, JÚLIO CÉSAR DO ESPIRÍTO
SANTO SANTOS¹, DANIELLY OLIVEIRA DE GOIS¹, WESLAINE GALVÃO
RODRIGUES¹, GABRIELE SILVA GOMES¹, RAILTON MORAIS OLIVEIRA¹,
MARCO ANTONIO SIVIERO², SABRINA BENMUYAL VIEIRA², AGUST SALES²**

AFILIAÇÃO

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Centro de Ciências Agrárias – Av Agrária, 100/ Residencial Colina Park, Imperatriz -MA, 65900-001; ²Grupo Arboris, Departamento de Pesquisa e Inovação – Dom Eliseu 68633-000, PA, Brasil.

RESUMO

Com a crescente demanda do setor florestal se faz necessário buscar novas tecnologias para o uso eficiente e sustentável dos recursos florestais. Diante disso, os painéis a base de madeira, atrelados a tratamentos da superfície podem ser uma alternativa em oferecer alta resistência e diversas possibilidades de aplicações, substituindo o uso da madeira maciça. Nesse contexto, tratamentos com nanoproductos podem ser promissores na expansão desta indústria, garantindo maior durabilidade e qualidade aos painéis a base madeira. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo, avaliar os efeitos da aplicação de nanoproducto antes e após o envelhecimento natural de painéis compensados de Paricá. Foram utilizados 12 painéis compensados comerciais de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), com melhor qualidade, classificado como painel para exportação, de onde os corpos de prova (CP's) foram extraídos. A aplicação sobre a superfície de ambas as faces dos corpos de prova CP's, por meio da pulverização. Após secos foi iniciado a primeira etapa, os ensaios de densidade aparente, absorção de água, inchamento em espessura e umidade. Posteriormente, os CP's de densidade aparente, absorção de água e inchamento em espessura foram submetidos ao envelhecimento natural por 120 dias, após esse período foi realizado novamente os ensaios. Ao aplicar a análise de variância, constatou-se que houve diferença significativa somente para variável umidade que apresentou valores de 12,0% nos CP's não tratados e 10,1% nos CP's tratados com nanoproducto. As demais variáveis físicas não apresentaram diferença significativa entre os painéis não tratados e tratados com nanoproducto, mesmo antes e após o envelhecimento natural. No entanto, observou-se uma tendência de melhorias nas propriedades físicas avaliadas após aplicação do nanoproducto. Portanto, o nanoproducto pode ser indicado para aplicação em painéis compensado de paricá, pois apresentou melhorias nas propriedades físicas, principalmente após o envelhecimento natural.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia; Madeira reconstituída, Espécie Nativa.

INTRODUÇÃO

O setor da indústria de base florestal possui uma grande importância na economia brasileira, sendo caracterizado por uma variedade de cadeias produtivas, sejam elas, madeireiros ou não-madeireiras. Dentre os vários produtos que são produzidos a partir da madeira, o segmento de madeira reconstituída vem ganhando cada vez mais relevância, tendo uma ampla gama de produtos, com destaque para os painéis compensado (Rodrigues, 2021; Indústria Brasileira de Árvores, 2021).

A espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá), nativa da floresta Amazônica, é uma espécie amplamente cultivada na região da Amazônia Legal por possuir características fisiológicas e silviculturais que satisfazem à fabricação de compensados, tornando-o cada vez mais destaque na produção de painéis compensado (Almeida, et al., 2013).

Embora a produção de painéis compensados com Paricá tenha se consolidado, sua alta capacidade de interação com a água e a forte tendência a biodeterioração da madeira de Paricá, são desafios que prejudicam consideravelmente a expansão da indústria de compensados produzidos a partir dessa madeira (Silva, et al., 2020).

Nesse contexto, a utilização de tratamentos preservativos são essenciais para garantir maior durabilidade e qualidade do produto. No entanto, embora os tratamentos existentes demonstrem eficácia, há uma preocupação sobre os impactos que podem causar ao meio ambiente. Assim, se faz necessário buscar novas formas de tratamento preservativo da madeira que visem não somente ser eficientes, mas também que gerem menos impactos ambientais, e que possibilitem a inserção no mercado de produtos diferenciados (Borges et al., 2018).

Nessa ótica, os nanoprodutos vem ganhando cada vez mais espaço no segmento madeireiro do setor florestal, seu uso em revestimento de produtos a partir da madeira podem aumentar a durabilidade, diminuir a absorção de água e de radiação, e aumentar a resistência ao fogo, prevenir a presença e a ação de agentes bióticos (Borges et al., 2018; Jasmani et al., 2020).

Diante disso, painéis compensado de Paricá tratados com nanoproduto podem apresentar propriedades e qualidades diferenciadas, que possibilitem agregar valor técnico e econômico a este tipo de produto madeireiro. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da aplicação do nanoproduto nas propriedades físicas de painéis compensado de Paricá.

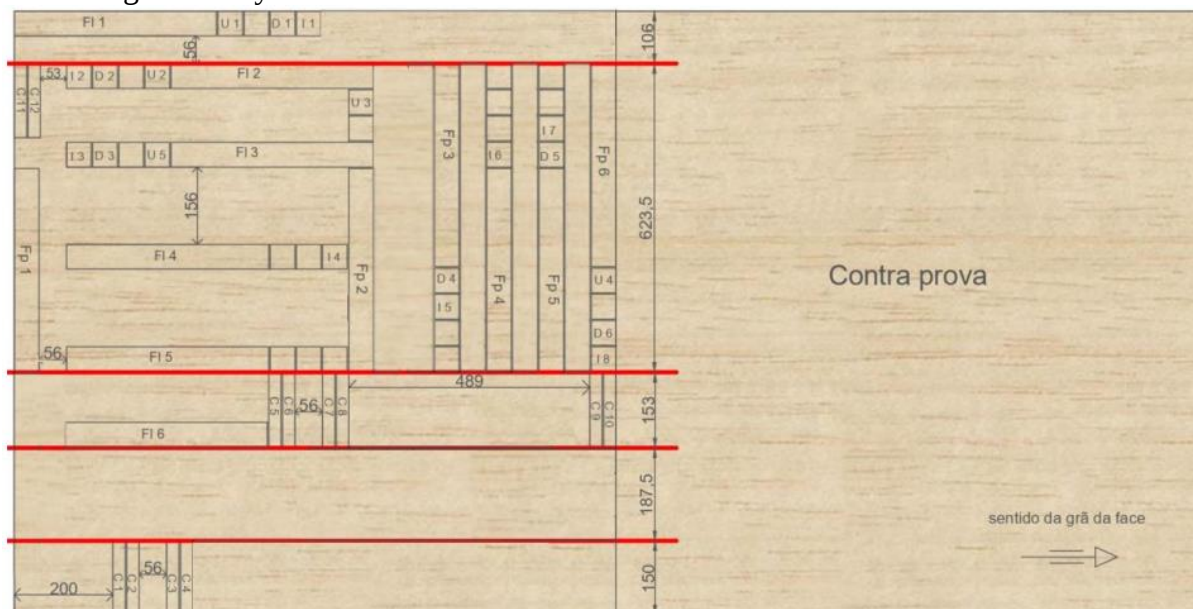
VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Laboratório de Anatomia e Tecnologia da Madeira da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMSUL) em parceria com a empresa ADECO Indústria e Comercio de compensados Ltda., pertencente ao Grupo Arboris. Foram utilizados 12 painéis compensados comerciais de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), 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 ADECO com auxílio de serras circulares.

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 nanoproduto.

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 de pulverização (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

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

européias EN 323(European Committee for Standardization, 1993), EN 322 (European Committee for Standardization, 1993) e EN 317 (European Committee for Standardization, 1993).

Densidade

O cálculo da determinação da densidade aparente foi realizado através da Equação (1).

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

Onde: ρ = densidade aparente á 0% de umidade (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).

Absorção de água

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).

Inchamento

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).

Umidade

Para o cálculo da determinação da umidade utilizou-se a Equação (4).

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

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Onde: U= Umidade (%); M_u = massa úmida (inicial) do corpo de prova (g); M_s = massa seca (final) do corpo de prova em gramas.

Envelhecimento natural

Após a realização dos ensaios anteriormente descritos, os CP's foram submetidos ao envelhecimento natural, onde foram expostos a 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.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). Foi realizado análise de variância a 5% de significância para as variáveis estudadas. A análise de variância foi realizada em duas etapas: uma considerando 2 tratamentos (não tratados e tratados com nanoproduto, sem envelhecimento) e a outra considerando o envelhecimento natural dos CP's (não tratados e tratados com nanoproduto). Foi realizada uma estatística descritiva quando não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da primeira etapa (não tratados e tratados com nanoproduto sem envelhecimento) indicou que não houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis físicas estudadas, com exceção da variável umidade, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Análise de variância da primeira				
Tratamentos	ρ 0% (g.m ³)	Ab _s (%)	I (%)	U (%)
Sem Nanoproduto	0,43a	143,7a	8,1a	12,0b
Com Nanoproduto	0,43a	147,3a	5,9a	10,1a

Legenda: ρ 0% - densidade aparente 0%, Ab_s – absorção de água, I- inchamento em espessura, U - umidade. Fonte: Elaborada pela autora (2023).

De acordo com a Tabela 1 e 2, a média encontrada para densidade aparente 0% dos CP's (não tratados e tratados com nanoproduto) não se diferiram antes e após o envelhecimento

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

natural, sendo respectivamente, $0,43 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,45 \text{ g.cm}^{-3}$ para ambos, estes valores são próximos do valor encontrado por Matos et al. (2019), o qual foi $0,40 \text{ g.cm}^{-3}$.

A umidade foi a única variável que indicou diferença significativa entre os CP's não tratados e tratados com nanoprotudo, com médias de 12% e 10,1%, respectivamente (Tabela 1). Para Mantanis e Papadopoulos (2010), por se tratar de nano partículas, existe uma facilidade do nanoproduto penetrar no painel, preenchendo os poros, e consequentemente, ocorrendo sua diminuição, o que permite uma maior proteção em relação a umidade.

Ainda nesse contexto, Costa et al. (2020) cita que a redução da porosidade está relacionada diretamente com a diminuição da umidade, pois possibilita uma menor absorção de água, algo positivo na qualidade dos painéis, proporcionando painéis mais estáveis quando exposto a intempéries.

Embora isso, as variáveis de absorção de água e inchamento em espessura não apresentaram diferença significativa, apresentando valores superiores aos trabalhos consultados na literatura. No estudo realizado por Costa et al. (2020), com painéis compensados de Paricá, os percentuais de absorção de água e inchamento em espessura com 2h, 24h e 96h, indicou que à medida que o tempo de imersão dos CP's em água aumenta, ocorre um aumento gradativo da absorção e do inchamento dos painéis.

Isso explica os valores encontrados para os painéis tratados com nanoproduto superiores a maioria dos trabalhos consultados na literatura, uma vez que o ensaio foi realizado até a saturação dos CP's, contrariamente ao que é realizado corriqueiramente, em que o ensaio é conduzido em média até 24h de imersão em água.

A análise de variância da segunda etapa (após envelhecimento natural) também indicou que não houve diferença significativa para as variáveis físicas avaliadas. A Tabela 2 mostra a estatística descritiva das variáveis determinadas após o envelhecimento natural.

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

Não Tratado com Nanoproduto					
Propriedades	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
ρ 0% (g.m^{-3})	0,42	0,45	0,47	0,02	3,6
Ab _s (%)	132,3	143,7	158,3	9,2	6,4

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

I (%)	3,7	5,0	6,4	0,8	16,6
Tratado com Nanoproduto					
ρ 0% (g.m ³)	0,42	0,45	0,52	0,03	5,7
Ab _s (%)	127,3	140,5	157,0	8,9	6,4
I (%)	3,3	4,5	5,6	0,8	17,7

Legenda: ρ 0% - densidade aparente 0%, Ab_s – absorção de água, I- inchamento em espessura. Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Observando a tabela 2, percebe-se uma tendência na melhoria das propriedades físicas dos painéis que receberam o nanoproduto, mesmo não apresentando diferença significativa em relação aos painéis não tratados. Esse resultado pode estar associado a concentração de nanoproduto aplicado sobre as faces dos painéis compensados.

Segundo o estudo realizado por Nouri e Taghiyari (2015) utilizando tratamento superficial de nano-wollastonita com diferentes concentrações em painéis MDF, indicou que os teores aplicados interferem consideravelmente na melhoria das propriedades do painel, onde o teor de 5% aplicado demonstrou ser insuficiente para melhorar as propriedades físicas de absorção de água e inchamento.

Diante disso, os resultados indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos, antes ou após o envelhecimento natural, isso sugere que a um curto período, o nanoproduto teve um impacto limitado nas propriedades avaliadas. Adicionalmente, é notável a qualidade dos painéis compensados de Paricá produzidos pela indústria apresentaram excelentes propriedades físicas, mesmo após serem submetidos ao envelhecimento natural.

CONCLUSÕES

Portanto, a variável umidade foi a única que apresentou diferença significativa entre os CP's não tratados e tratados com nanoproduto. Apesar de não haver uma diferença significativa entre a maioria das variáveis, observou-se uma tendência na melhoria das propriedades quando o nanoproduto foi aplicado, especialmente após o envelhecimento natural. Isso sugere que a utilização de tratamentos com nanoproduto tem potencial para ser aplicado em painéis compensados de Paricá, sendo necessário aplicação de novos estudos em maior tempo e com outros painéis compensados de paricá.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

APOIO FINANCEIRO

Apoiado financeiramente pela FAPEMA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR14725-2: Produtos químicos- Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. 2009.
- Almeida, D. H.; Scaliante, R. M.; Macedo, L. B.; Macêdo, A. N.; Dias, A. A.; Christoforo, A. L.; Junior, C. C. Caracterização completa da madeira de espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) em peças de dimensões estruturais. Revista Árvore, Viçosa- MG, v. 37, n.6. p. 1175 -1181, 2013.
- Borges, C. C.; Tonoli, G. H. D.; Cruz, T. M.; Duarte, P. J.; Junqueira, T. A. Nanoparticles – based wood preservatives: the next generation of wood protection. Cerne, v. 24, n. 4, p. 397 – 407. 2018.
- Costa, A. A.; Mascarenhas, A. R. P.; Santos, C. M. M.; Faria, C. E. T.; Duarte, P. J.; Cruz, T. M. 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.
- Indústria Brasileira de Árvores. Relatório técnico 2022. Brasília, DF: IBÁ, 2022.
- Jasmani, L.; Rusli, R.; Khadiran, T.; Jalil, R.; Adnan S. Application of nanotechnology in wood based products industry: A review. Nanoscale Research Letters. 2020.
- Mantanis, G. I., PAPADOPOULOS, A. N. Reducing the thickness swelling of wood based panels by applying a nanotechnology compound. European Journal of Wood and Wood Products. maio 2010.
- Matos, A. C.; Júnior, J. B. C.; Borges, C. C.; Matos, L. C.; Ferreira, C. J.; Mendes, L. M. 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.
- Nouri, P.; Taghiyari, H. R. Effects of Nano-wollastonite on Physical and Mechanical Properties of Medium Density Fiberboard. Maderas. jul. 2015.
- Rodrigues, V. O. Comparativo entre as técnicas nacionais 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. G. M.; Neto, P. N. M.; Soranso, D. R.; Tinti, V. P.; Oliveira, J. T. S.; Oliveira, J. G. L. Influência da anatomia no desempenho da adesão de quatro espécies madeireiras. Reseach, Society and Developmet. v.9, n. 8. 2020.