

Caracterização Física De Painéis Particulados De Madeira Produzidos Com Adição De Nanopartículas De Óxido De Zinco

F.O. Lima; L.C.L Silva; C.I. Campos; B.S. Ferreira
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Campus de Itapeva. Rua Geraldo Alckmin, 519 – Itapeva/SP
felipeoliveira_fol@hotmail.com

RESUMO

Tendo em vista a potencialidade do mercado de painéis à base de madeira no Brasil, em constante crescimento nos últimos anos, busca-se cada vez mais encontrar métodos mais eficientes e melhorias nas diversas etapas de fabricação desses produtos engenheirados de madeira. Com isso, este trabalho teve como objetivo produzir e avaliar as propriedades físicas segundo especificações normativas da NBR 14810:2013, de chapas de madeira particulada de três camadas (MDP) adicionando nanopartículas de óxido de zinco. O objetivo da adição foi aperfeiçoar as propriedades hidro-repelentes das chapas, bem como promover uma melhora em suas demais propriedades e verificar o impacto do possível uso futuro contra agentes xilófagos. As propriedades físicas avaliadas foram inchamento em espessura, absorção de água, teor de umidade e densidade. Os resultados foram submetidos a análise estatística, comparados com estudos encontrados na literatura e especificações normativas, indicando que a adição de nanopartículas não compromete o desempenho do painel.

Palavras-chave: MDP, Nanopartícula, Caracterização física.

INTRODUÇÃO

Devido à grande diversidade das características geográficas e climáticas do Brasil, além da abundante quantidade de matéria-prima e de florestas de rápido crescimento, o segmento madeireiro é sem dúvida um setor de grande potencial econômico. Conforme consta no Relatório Anual do IBÁ (2015) o país conta hoje com uma área ocupada de aproximadamente 7,74 milhões de hectares, 0,9% do território nacional, sendo responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no País.

No entanto, a estrutura heterogênea da madeira é um fator limitante para uma série de utilizações, principalmente, quanto a dimensões, anisotropia e defeitos naturais. O primeiro deve-se ao fato de as dimensões estarem limitadas ao diâmetro e altura das árvores. O segundo, devido à variação das propriedades ao longo das direções longitudinal, radial e tangencial. E por fim, defeitos como nós, inclinação de grãos, entre outros, são fatores que irão afetar diretamente o uso da madeira (MADEIRA TOTAL, 2009).

Procurando minimizar as limitações apontadas anteriormente, surgiram os painéis de madeira reconstituída. Estes novos produtos procuram a cada dia mais suprir as necessidades do mercado como: produção em grandes e pequenas dimensões, controle e melhora das propriedades físico-mecânicas, acabamentos com superfícies cada vez mais lisas e com diferentes materiais, uniformidade nas propriedades criando um produto mais homogêneo, maior controle dos defeitos e melhor versatilidade de uso. Fato que, alguns painéis conferem vantagem significativa até mesmo em relação à madeira maciça.

O grande crescimento das indústrias de painéis no Brasil é algo notável no mercado mundial, tornando-se um dos segmentos mais importantes no âmbito florestal. Além disso, destaca-se o avanço tecnológico para a fabricação dos mais diversos tipos de painéis para os mais variados usos. O fato de a madeira ser uma matéria-prima renovável e requerer um baixo consumo de energia para ser processada representam uma vantagem comparativa em relação a outros produtos de mesma aplicação (MENDES, 2001).

Com a tendência da substituição do uso de madeira maciça por produtos de madeira reconstituída produzidos através da utilização de árvores de pequeno diâmetro e de resíduos do processamento primário da madeira (IRLE et al., 2012),

um produto de grande destaque devido a viabilidade de utilização em diversos setores, são os painéis particulados de madeira.

Os painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação, que são aglutinadas através de adesivo sintético sob ação de temperatura e pressão. Destacando-se sua utilização para a fabricação de móveis e pisos (GONÇALVES, R. M.; MATTOS, R. L. G.; CHAGAS F. B. 2008).

Existe uma gama enorme de painéis como as chapas de lâmina de madeira (compensados e painéis de lâminas paralelas), as chapas de partículas (MDP, OSB, waferboard) e as chapas de fibras de madeira (chapa dura, MDF e HDF). Mattos et al. (2008) utilizando dados da FAO, afirmam que os painéis compensados, MDP, MDF e outras chapas de fibras somam 97,0% do volume total de painéis de madeira consumidos mundialmente.

O MDP (Medium Density Particleboard) é um painel considerado uma evolução do aglomerado, devido aspectos do processo produtivo e qualidade do produto final. As partículas são posicionadas de forma diferenciada, com as maiores dispostas na região central do painel e as mais finas nas superfícies externas formando três camadas. As partículas são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética através da ação conjunta de pressão e calor em prensa contínua (MACIEL et al., 2004).

Os painéis MDP produzidos industrialmente no Brasil são constituídos basicamente de partículas de madeira, podendo ser usado resíduos, adesivo termofixo (principalmente a Uréia e Melamina - Formaldeído) e aditivos químicos como parafina e catalisador, que tem a função de acelerar o processo de cura do adesivo. Dentre as espécies de destaque na indústria estão o *Pinus spp* e o *Eucalyptus spp*.

Lima (2014) destaca que são muitos os fatores que afetam as propriedades dos painéis de partículas, principalmente, os relacionados à matéria-prima e o processo de produção. Dentre estes fatores pode-se citar a densidade da madeira e do painel, a acidez, o teor de extrativos, teor de umidade e a geometria das partículas.

Há diversos materiais sendo estudados para a substituição total ou parcial da madeira nos painéis. Estes materiais normalmente são obtidos de resíduos de

processos industriais, florestais ou agrários, possibilitando um destino adequado e maior valor agregado (FERREIRA, 2013).

Além da matéria-prima principal, também existem estudos para utilizar adesivos, preservantes ou qualquer outro aditivo alternativo, porém que não afete negativamente as propriedades. Uma inovação que pode ser aproveitada nesse setor é a utilização de nanopartículas, pois uma revolução vem acontecendo na ciência e tecnologia desde o entendimento que os materiais em escala nanométrica podem apresentar novos comportamentos e/ou propriedades comparadas as de escala macroscópica (DURÁN et al., 2006).

Uma nanopartícula possui tamanho de 1 a 100 nm (nanômetros), existindo em grande diversidade, ligada à sua forma e tamanho, ao estado e o meio de dispersão, a superfície e a sua natureza química (metais, polímeros, etc). Todas as propriedades do material estão diretamente ligadas a essas características, principalmente, o tamanho das mesmas. (MIGUEL, 2012)

Segundo Park (2007) e Sabdin (2010) a nanotecnologia recebeu significativos investimentos em diversos países, chegando a um valor próximo dos 18 bilhões de dólares entre 1997 e 2005. Graças a esses investimentos, hoje o mercado possui diversos produtos que possuem nanomateriais. Alguns destaques dessas aplicações, de acordo com Miguel (2012), são na medicina em diagnósticos, na engenharia de tecidos, na redução de consumo energético, na reciclagem de baterias entre outros.

Sabdin (2010) também cita pesquisas realizadas por Hanz Joachim Denzer e Oliver Frederik Klæusler envolvendo uma película composta por nanopartículas, uma resina, um material de superfície ativa e um polimérico dispersante. Nesse caso a película era usada em objetos de madeira, como portas, móveis e pisos, afim de melhorar a resistência a arranhões. Outros tipos de nanopartículas mostrado por eles, são as nanopartículas de sílica, óxido de titânio e óxido de zinco que podem modificar a superfície das paredes da madeira melhorando a resistência à estabilidade química e a capacidade de repelir e dispersar a água, óleo, bactérias, poeira orgânica, eletricidade, magnetismo e luz.

Alguns estudos apresentam a adição de nanopartículas de sílica em resinas ureia-formaldeído, relatando melhoras nas propriedades mecânicas da resina, afetando diretamente o inchamento dos painéis quando em contato com água (ROUMELI et al. 2012). De acordo com Mantanis & Papadopoulos (2010) o tamanho

reduzido das nanopartículas dos compostos nanotecnológicos faz com que elas penetrem profundamente na madeira, alterando efetivamente a química da superfície, resultando em uma elevada proteção contra a umidade.

Uma boa opção é o uso de nanopartículas metálicas, já que esses possuem grandes áreas de superfície e podem incorporar novas propriedades ou até mesmo modificar propriedades importantes das chapas de MDP nas quais forem introduzidas. A maioria dos metais, pela sua estrutura atômica, são bons condutores de calor. As propriedades térmicas das nanopartículas metálicas podem, portanto, melhorar a transferência de calor quando adicionadas à chapa. *Karimi (2013)* relata que parte da mudança estrutural causada por tratamento térmico por alguns materiais em nano-escala, afetam propriedades fungicidas, melhorando a durabilidade biológica da madeira e materiais de madeira-compósito.

Quando a condutividade térmica do painel de madeira aumenta, o tempo de prensagem tende a diminuir e propriedades finais do painel podem ser melhoradas (KUMAR et al., 2012). Além disso, especificamente o óxido de zinco, segundo Akhtari et al (2013) aumenta a resistência da madeira e seus derivados á agente manchadores, como o fungo branco.

Com base no exposto é que surgiu a proposta do presente estudo que foi caracterizar fisicamente painéis particulados de madeira produzidos com madeira de eucalipto, resina melamínica e adição de nanopartículas de óxido de zinco produzidas pelo processo sol-gel.

MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir estão descritos os materiais utilizados, bem como a metodologia adotada para a produção tanto das nanopartículas de ZnO como dos painéis, e para a realização dos ensaios físicos mais importantes.

Materiais

As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram: partículas processadas de *Eucalyptus* sp, doadas por uma empresa do setor; adesivo melamina-formaldeído usado comercialmente; sulfato de amônia, utilizado em solução com a água como catalisador, afim de acelerar a cura do adesivo; emulsão de parafina, para melhora

das propriedades higroscópicas das partículas de madeira; gelatina comestível e Nitrato de Zinco ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$), para preparação das nanopartículas.

Os equipamentos utilizados para a preparação das matérias-primas e fabricação dos painéis foram: agitador de peneiras elétrico (BERTEL 50x50cm), encoladeira rotativa (MARCONI – MA 686, pré-prensa hidráulica e uma prensa hidráulica termo aquecida (Hidral-Mac PHH 80T).

Métodos

Preparação das Nanopartículas

A preparação das nanopartículas foi realizada pelo processo sol-gel protéico, considerada por Maia (2005) uma variação do processo sol-gel que usa um precursor proteico diferente do método convencional, a gelatina.

Pelo fato da gelatina possuir uma grande capacidade de biodegradabilidade e biocompatibilidade em ambientes fisiológicos, assim como suas propriedades, faz com que o uso desse produto no preparo de algumas sínteses, seja de grande interesse científico (PORTO, 2007).

De forma simplificada pode-se dizer que após a gelatina ser dissolvida em água destilada a uma temperatura de 30°C, foi feita a adição do nitrato de zinco, nas mesmas proporções da gelatina, e submetidos a agitação constante com temperatura de 70°C, até a formação do gel. Em uma estufa à 103 °C foi realizada a etapa de secagem do material, resultando na formação de uma estrutura com aspecto esponjoso, decorrente da eliminação de água e carbonização da estrutura polimérica da gelatina. O mesmo, já seco, foi queimado em um forno mufla, seguido do último passo, a calcinação, onde ocorre a formação das estruturas cristalinas, o material nano-particulado.

Produção dos Painéis

Para a formação do colchão utilizou-se 2000g de partículas, sendo 1200g na camada interna e 800g divididos em 2 camadas externas (400g cada). Já a proporção dos demais constituintes foram de 128,94g de resina; 14,23g de parafina; 4,69g de catalisador; e 19,73g de água para a camada externa. E 193,41g de resina; 21,34 de parafina; 7,1g de catalisador; e 29,60g de água para a camada interna.

Para os painéis com adição de nanopartículas de ZnO usou-se a relação de 1% da massa de partículas de madeira seca.

Para a mistura e homogeneização dos aditivos citados, com as partículas de madeira e as nanopartículas, utilizou-se uma encoladeira rotativa equipada com uma pistola a ar (tipo gravidade), por cerca de dez minutos. Logo após a mistura e uniformização das camadas, as partículas já encoladas foram levadas à uma caixa formadora para melhor distribuição e acomodação das mesmas na proporção de 20:60:20 em porcentagem.

Iniciando a etapa de compactação dos painéis, o colchão passou por uma pré-prensagem a frio, aplicando-se uma pressão de 2,83 kgf/cm². Logo em seguida, após aproximadamente 5 minutos, seguiu-se para a prensagem à quente, realizada de forma descontínua, com dois intervalos para alívio da pressão em cada um dos ciclos. A temperatura aplicada em ambos os pratos da prensa (inferior e superior) foi de 170 °C, com uma pressão aplicada de 40 kgf/cm² durante 600 segundos.

Após a retirada da prensa os painéis confeccionados passaram por um acondicionamento para a cura total da resina e resfriamento das chapas por cerca de 72 horas, sendo posteriormente preparados para retirada dos corpos de prova.

Caracterização dos Painéis

Os ensaios realizados para a caracterização física dos painéis foram: inchamento em espessura, absorção de água, teor de umidade e densidade aparente. Todos os testes seguiram as especificações da norma ABNT NBR 14810/2013, a qual determina o uso de 12 corpos de prova com dimensões de 50x50 mm para cada um dos testes.

Vale ressaltar também, que a norma ABNT NBR 14810/2013 não especifica os testes de inchamento 2h e absorção 2h e 24h, porém para melhor avaliação dos resultados esses testes foram realizados e comparados as literaturas encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados obtidos para os testes físicos bem como os devidos valores referencias da norma ABNT NBR 14810/2013 estão apresentados na Tabela1.

A norma ABNT NBR 14810-2/2013 especifica que as chapas não estruturais indicadas para o uso em ambientes secos devem ter umidade mínima de 5% e máxima de 11%. Pode-se observar que todos os valores médios obtidos no teste para a determinação do teor de umidade atenderam as especificações normativas mesmo após a análise estatística dos resultados. Assim como ficaram próximos de outros valores encontrados na literatura, como caso de Iwakiri (2002) que obteve valores de teor de umidade variando entre 7 e 11% para painéis particulados de eucalipto.

Tabela 1: Resultado dos testes mecânicos realizados

	PAINEL MDP		ABNT
	COMUM	COM NANOPARTÍCULA	
DENSIDADE (kg/m³)	733,66 (43,73)	730,72 (45,97)	551 a 750
UMIDADE (%)	6,17 (1,09)	6,57 (0,28)	5 a 13
INCHAMENTO 2H (%)	3,36 (0,6)	5,65 (3,16)	-
INCHAMENTO 24H (%)	15,21 (3,29)	18,71 (6,10)	18
ABSORÇÃO 2H (%)	8,87 (1,27)	8,50 (3,10)	-
ABSORÇÃO 24H (%)	36,52 (9,36)	36,84 (7,95)	-

*Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrões.

Cai et al. (2004) cita a densidade como um dos fatores de maior influência nas propriedades dos painéis de partículas produzidos em seu estudo. O que reitera a qualidade das chapas produzidas, visto que foram obtidos bons resultados de densidade dos painéis e sem diferença estatística entre os tratamentos. Segundo a NBR 14.810 (2013) especifica painéis de média densidade com valores de 551 a 750 kg/m³, indicando que os dois tratamentos estão nessa faixa de valores.

Quanto ao inchamento, a norma prevê valores apenas para o tempo de 24 horas, ficando ambos os testes dentro desse valor, que é máximo de 18%. Além disso, comparado com outros resultados encontrados na literatura, também para 2 horas, vê-se que Valle (2015) utilizando resina ureia-formaldeído e 4% de nanoSiO₂

encontrou inchamento 24hr de 36,46%; Lima (2014) obteve valores médios de 25,6% e 10,26% respectivamente para inchamento 24 e 2 horas.

É importante lembrar que as normas vigentes sobre painéis de partículas aglomeradas propõem e descrevem a metodologia de testes para a determinação da absorção de água após duas e vinte e quatro horas, porém não apresentam valores referenciais. Analisando-se então valores de outras pesquisas realizadas com MDP de eucalipto como Surdi et al. (2014) com médias gerais, de 66,55% e 83,77% e Bertolini (2014) com médias de 34,76% e 64,71% para absorção 2 e 24 horas respectivamente, verifica-se que os valores encontrados para ambos os tratamentos foram menores, sendo assim os painéis podem ser considerados mais resistentes.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos testes realizados permitiram concluir que os resultados para os painéis MDP sem nanopartículas e com 1% de nano-ZnO não diferiram estatisticamente em nenhum dos testes e, continuaram atendendo os parâmetros estabelecidos pela norma. Assim como, quando comparados com outros valores na literatura, apresentaram excelentes resultados como descrito anteriormente.

Outro fato importante é que como as propriedades físicas, que são pontos críticos dos painéis MDP (especialmente os relacionados com a água), não foram comprometidas com a adição das nanopartículas de Óxido de Zinco (ZnO) fabricadas pelo ainda recente método do *sol-gel protéico*, o mesmo poderá continuar a ser executado para futuras pesquisas relacionadas tanto com as propriedades físico-mecânicas das chapas, como, especialmente, as propriedades fungicidas, antibacterianas e de resistência à agentes xilófagos como brocas e cupins.

REFERÊNCIAS

- AKHTARI M, Taghiyari HR, Ghorbani Kokandeh M (2013) Effect of some metal nanoparticles on the spectroscopy analysis of Paulownia wood exposed to white-rot fungus. *Euro J Wood Prod* 71: 283-285.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA). **Olho no crescimento**. Março de 2007. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-1**: Chapas de madeira aglomerada: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: Chapas de madeira aglomerada: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-3**: Chapas de madeira aglomerada: métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- GONÇALVES, R. M.; MATTOS, R. L. G.; CHAGAS F. B. **Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas**, São Paulo, número do volume, n. 27, p.121-156, mar. 2008.
- IWAKIRI, S. et al. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. *Scientia Agraria*, Piracicaba, v. 1, n. 1-2, p. 23-28, 2000a.
- IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba/PR. 2005.
- JUVENAL, T. L.; MATTOS, L. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3 - 30, 2002.
- KARIMI A, Taghiyari HR, Fattahi A, Karimi S, Ebrahimi Gh, Tarmian T (2013) Effects of wollastonite nanofibers on biological durability of poplar wood (*Populus nigra*) against *Trametes versicolor*. *BioResources* 8: 4134-4141.
- KUMAR, A.; GUPTA, A.; SHARMA, K. V.; NASIR, M. Use of aluminum oxide nanoparticles in wood composites to enhance the heat transfer during hot-pressing. *Eur. J. Wood Prod.*, April 2012.
- LIMA, A.M. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 645-650, ago. 2006.

LIMA, Felipe Oliveira. Análise da influência do tempo de prensagem na produção de chapas de partículas produzidas com resíduos de madeira. 2014. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2014.

MACHADO, J. S. Placas de derivados de madeira: tipos de placas e sua especificação. Lisboa: LNEC Divisão de edições e Artes Gráficas, 2005.

MAIA, A.O.G. Sintetização de nanopartículas de NiO por gelatina comestível. 2005, 121p. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Física) – Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B C. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. Rio de Janeiro: BNDES setorial. n 27, p.121-156, 2008.

NP EN 312-2: 2000, “Aglomerado de partículas – Especificações – Parte 2: Requisitos para placas de uso geral ambiente seco”.

NP EN 317: 2002, “Aglomerado de partículas e aglomerado de fibras – Determinação do inchamento em espessura após imersão em água”.

NP EN 322: 2002, “Placas de derivados de madeira – Determinação do teor em água”.

ROUMELI, E.; PAPADOPOULOU, E.; PAVLIDOU, E.; VOURLIAS, G.; BIKIARIS, D.; PARASKEVOPOULOS, K. M.; CHRISSAFIS, K. Synthesis, characterization and thermal analysis of urea-formaldehyde/nanoSiO₂ resins. *Thermochimica Acta* 527, p. 33-39, 2012.

SABDIN, S. B. Use of nanoparticle in the wood composite to enhance the heat transfer. Universiti Malaysia Pahang. 2010.

SANCHEZ, L.F.; Qualidade de painéis aglomerados produzidos com mistura de madeiras de quatro espécies florestais. 2012. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Universidade Estadual do Centro- Oeste. Irati – PR 2012.

TAGHIYARI, H. R.; BIBALAN, O. F. Effect of copper nanoparticles on permeability, physical and mechanical properties of particleboard. *Eur. J. Wood. Prod.*, 2012.

Physical Characterization Of Particles Wood Panels Produced With Nanoparticles Of Zinc Oxide Addition

ABSTRACT

Owing to the potential of the wood panels market in Brazil, in constant growth recently, its constant to find more efficient methods and improvements in the various stages of manufacture of these engineered wood products. Thereby, this study aimed to produce and evaluate the physical propriates according to normative specifications of the NBR 14810:2013 of médium density particleboards (MDP) with the nanoparticles of zinc oxide addition. The objective of the addition was perfecting the water-repellent fabric properties, and to promote an improvement in others properties and check the impact of the use of the nanomaterials in the future with biological agents of wood deteriorating. The physical properties evaluated were The physical properties evaluated were swelling in thickness, water absorption, moisture content and density. All results were subjected to statistical analysis and duly compared with studies found in the literature and standard specifications, indicating that the addition of nanoparticles doesn't compromise the panels performance

Keywords: MDP, Nanoparticles, Physical Characterization.