

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta Tese
será disponibilizado somente a partir
de 20/05/2024

FELIPE OLIVEIRA LIMA

**Influência da adição de nanopartículas de óxido de alumínio na transferência de calor
durante a prensagem de painéis OSB**

Felipe Oliveira Lima

**Influência da adição de nanopartículas de óxido de alumínio na transferência de calor
durante a prensagem de painéis OSB**

Defesa apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual
Paulista, para obtenção do título de Doutor em
Engenharia Mecânica na área de materiais.

Orientador: Prof^a.Dr^a Cristiane Inácio de Campos
Coorientador: Prof. Dr. Higor Rogério Favarim

Guaratinguetá
2022

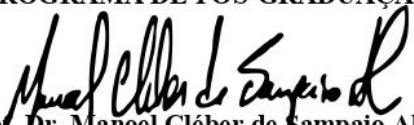
L732i	Lima, Felipe Oliveira Influência da adição de nanopartículas de óxido de alumínio na transferência de calor durante a prensagem de painéis OSB / Felipe Oliveira Lima – Guaratinguetá, 2022. 99 f : il. Bibliografia: f. 92-99 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristiane Inácio de Campos Coorientador: Prof. Dr. Higor Rogério Favarim 1. Nanopartículas. 2. Nanotecnologia. 3. Óxido de alumínio. I. Título. CDU 620.1(043)
-------	--

FELIPE OLIVEIRA LIMA

**ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO: DOUTORADO**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª Dr.ª. CRISTIANE INACIO DE CAMPOS

Orientador - UNESP

participou por videoconferência



Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

participou por videoconferência



Prof. Dr. ANDRÉ LUIS CHRISTOFORO

UFSCar

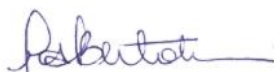
participou por videoconferência



Prof. Dr. MAXIMILIANO DOS ANJOS AZAMBUJA

UNESP Bauru

participou por videoconferência



Prof.ª Dr.ª. MARILIA DA SILVA BERTOLINI

UNESP Itapeva

participou por videoconferência

ABRIL de 2022

DADOS CURRICULARES

Felipe Oliveira Lima

NASCIMENTO 21 de agosto de 1992 – Itapeva/SP

FILIAÇÃO André Luiz Rodrigues de Lima
Jessumara de Oliveira Lima

2020/2022 Especialização em Engenharia de Produção – Pós-graduação em Engenharia de Produção – Unimais

2019/2020 Especialista em Docência no Ensino Superior – Pós-graduação em Docência no Ensino Superior com Metodologias Ativas de Aprendizagem - Centro Universitário União das Américas – UniAmérica

2016/2018 Mestre em Engenharia Mecânica – Mestrado em Eng Mecânica, área de materiais – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP/FEG, campus de Guaratinguetá/SP

2015/2016 Especialista em Gestão de Pessoas – Pós-graduação MBA em Gestão de Pessoas – Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

2010/2014 Engenheiro Industrial - Madeira – Graduação em engenharia industrial madeireira – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, campus de Itapeva/SP

2013/2014 Técnico em Administração – Curso técnico de administração - Escola Técnica Estadual Dr. Demétrio Azevedo Jr. - Centro Paula Souza

2009/2010 Técnico em Eletrotécnica – Curso técnico de eletrotécnica - Escola Técnica Estadual Dr. Demétrio Azevedo Jr. - Centro Paula Souza

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de produzir e avaliar as propriedades físico-mecânicas dos painéis OSB (*Oriented Strand Board*), produzidos com lascas de madeira de pinus e distribuídas em três camadas, com a adição de nanopartículas de óxido de alumínio (Al_2O_3). As nanopartículas de alumina foram produzidas e sintetizadas de forma simples e menos poluente, através do método sol-gel-proteico, e adicionadas na resina utilizada nos painéis na proporção de 0,5% em relação a massa das partículas. Durante a fabricação, os painéis OSB produzidos foram caracterizados quanto a transferência e distribuição do calor durante o processo de fabricação, e avaliadas propriedades físicas e mecânicas, como: inchamento em espessura, absorção de água, teor de umidade, densidade, módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) na flexão e adesão interna. Também foi avaliada a durabilidade dos painéis expostos as intempéries nos períodos de 90 e 180 dias. Todos os resultados foram devidamente comparados com especificações normativas e estudos encontrados na literatura. Dentre as variáveis avaliadas, pode-se concluir que a temperatura de prensagem foi quem mais influenciou o desempenho dos painéis. Entretanto, o tempo de prensagem também interfere nas propriedades avaliadas. Quanto a adição das nanopartículas, pode-se afirmar que embora o óxido de alumínio não apresente a melhor interação com o painel OSB tendo em vista o efeito refratário observado durante a transferência de calor durante o processo de prensagem, a adição de 0,5% de nano Al_2O_3 pode gerar efeito positivo nas chapas, desde que a temperatura e o tempo de prensagem sejam 180 °C e 600 segundos.

PALAVRAS-CHAVE: Painéis OSB. Nanopartículas de alumina. Variação de Temperatura. Propriedades Físico-Mecânicas.

ABSTRACT

This work aims to produce and evaluate the properties of OSB panels (Oriented Strand Board), produced with pine wood chips and distributed in three layers, with the addition of aluminum oxide nanoparticles (Al_2O_3). The alumina nanoparticles were produced and synthesized in a simple and less polluting way, using the sol-gel-protein method, and added to the resin used in the panels in a proportion of 0.5% of the mass of the particles. After manufacturing, the OSB panels produced were characterized in terms of heat transfer and distribution during the manufacturing process, and physical and mechanical properties were evaluated, such as thickness swelling, water absorption, moisture content, evaluate density, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) in bending and internal adhesion. The durability of the panels exposed to the weather in the periods of 90 and 180 days was also evaluated. All results were compared with normative specifications and studies found in the literature. Among the variables evaluated, it can be concluded that the pressing temperature was the one that most influenced the performance of the panels. However, the pressing time also interferes with the properties evaluated. As for the addition of nanoparticles, it can be said that although the aluminum oxide does not show the best interaction with the OSB panel given the refractory effect observed during the heat transfer during the pressing process, the addition of 0.5% of nano Al_2O_3 can generate a positive effect on the sheets, as long as the temperature and pressing time are 180 °C and 600 seconds.

KEYWORDS: OSB panels. Alumina nanoparticles. Temperature variation. Physical-Mechanical Properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pesquisas referentes à “OSB”	15
Figura 2 – Pesquisas referentes a “ <i>Nanoparticles</i> + Al_2O_3 ”	16
Figura 3 – Pesquisas referentes a “ <i>nanoparticle</i> + <i>pressing temperature</i> ”	16
Figura 4 - Pesquisas referentes a “OSB + <i>pressing temperature</i> ”	17
Figura 5 - Pannel OSB e as lascas de madeira.	18
Figura 6 - Distribuição das camadas do Pannel OSB.....	19
Figura 7 - Aplicações do Pannel OSB	21
Figura 8 - Aplicações do OSB no Brasil.	22
Figura 9 – Utilização Final do pannel OSB na Europa em 2019.	23
Figura 10 – Etapas de Fabricação do pannel OSB.	24
Figura 11 - Rotas de síntese de nanomateriais pelo método sol-gel.....	31
Figura 12 - Rota de formação de nanopartícula pelo método sol-gel-proteico.	33
Figura 13– Produção de nanopartículas: Dissolução da gelatina e nitrato de alumínio	38
Figura 14– Produção de nanopartículas: Formação da estrutura esponjosa (a); Cinzas após a queima (b); Calcinação (c).....	38
Figura 15– Preparo do material: Lascas (a); Processo de secagem (b)	39
Figura 16– Aplicação do adesivo: Dosagem do adesivo (a); Aspersão pela encoladeira rotativa (b)	40
Figura 17- Etapas de fabricação: Formação do colchão (a); Colchão antes da pré-prensagem (b); Colchão após a pré-prensagem (c)	41
Figura 18 – Pannel produzido após a prensagem e esquadrejamento	42
Figura 19 – Análise da temperatura: Inserção do termopar (a); Dispositivo de aquisição de dados (b)	42
Figura 20 – Ensaio de flexão	45
Figura 21- Ensaio de tração perpendicular	46
Figura 22 - Ensaio de intemperismo.....	48
Figura 23 - Ensaio de viscosidade do adesivo	49
Figura 24 - Gráfico difração de raio-X.....	51
Figura 25 – Micrografia das nanopartículas: Ampliação 2000x (a); Ampliação 5000x (b). ..	52
Figura 26 – Micrografia das nanopartículas: Ampliação 20000 x (a); Ampliação 50000x (b)	53

Figura 27– Micrografia das nanopartículas: Ampliação 50000 x (a); Ampliação 120000x (b)	53
Figura 28 - Determinação da viscosidade do adesivo: Fenol-formaldeído sem nanopartículas (a); Fenol-formaldeído com nanopartículas (b)	55
Figura 29 – Gráfico de efeito para densidade.....	57
Figura 30 – Gráfico de efeito para teor de umidade frente as três variáveis estudadas.....	59
Figura 31– Diferenças de médias obtidas para inchamento	61
Figura 32 – Gráfico de efeito para inchamento em espessura após imersão por 24 horas..	62
Figura 33 – Gráfico de interação para inchamento após imersão por 24 horas.....	63
Figura 34 – Diferenças de médias obtidas para absorção após imersão por 24 horas.....	64
Figura 35 – Gráfico de efeito para absorção após imersão por 24 horas.....	65
Figura 36 – Gráfico de interação para absorção após imersão por 24 horas.	66
Figura 37 – Diferenças de médias obtidas para módulo de elasticidade paralelo	68
Figura 38 – Gráfico de efeito para módulo de elasticidade paralelo	69
Figura 39 – Gráfico de interação para módulo de elasticidade paralelo	70
Figura 40 – Diferenças de médias obtidas para módulo de elasticidade perpendicular	71
Figura 41 – Gráfico de efeito para módulo de elasticidade perpendicular	72
Figura 42 – Gráfico de interação para módulo de elasticidade perpendicular	73
Figura 43 – Diferenças de médias obtidas para tensão de ruptura paralela.....	74
Figura 44 – Gráfico de efeito para tensão de ruptura paralela.....	75
Figura 45 – Gráfico de interação para tensão de ruptura paralela	76
Figura 46 – Diferenças de médias obtidas para tensão de ruptura perpendicular	77
Figura 47 – Gráfico de efeito para tensão de ruptura perpendicular	78
Figura 48 – Gráfico de interação para tensão de ruptura perpendicular.....	79
Figura 49 - Gráfico de efeito para adesão interna	80
Figura 50 - Gráfico de efeitos principais para adesão interna após o intemperismo.....	82
Figura 51 - Efeitos principais considerando o intemperismo	83
Figura 52 - Ensaio de intemperismo: a) Sem intemperismo; b) 90 dias de exposição; c) 180 dias de exposição	84
Figura 53- Gráfico de variação de temperatura de prensagem: 180 °C e 420 s.....	86
Figura 54 - Gráfico de variação de temperatura de prensagem: 180 °C e 600 s.....	87
Figura 55 - Gráfico de variação de temperatura de prensagem: 200°C e 420s.....	88
Figura 56 - Gráfico de variação de temperatura de prensagem: 200 °C e 600 s.....	88
Figura 57 - Condutividade térmica	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos analisados	40
Tabela 2 - Condições meteorológicas do período de intemperismo.....	47
Tabela 3 – Resultados médios obtidos para o ensaio de densidade básica.....	56
Tabela 4 – Resultados obtidos para o ensaio de teor de umidade	58
Tabela 5 – Resultados obtidos para o ensaio de inchamento em espessura 24h	60
Tabela 6 – Resultados obtidos para o ensaio de absorção após imersão por 24 horas.....	64
Tabela 7 – Resultados obtidos para os valores médios de módulo de elasticidade paralelo	67
Tabela 8 – Resultados obtidos para os valores médios de módulo de elasticidade perpendicular.	70
Tabela 9 – Resultados obtidos para os valores médios de tensão de ruptura paralela	73
Tabela 10 – Resultados obtidos para os valores médios de tensão de ruptura perpendicular	76
Tabela 11 - Resultados obtidos para os valores médios de adesão interna	80
Tabela 12 - Resultados obtidos para adesão interna após o intemperismo	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivos específicos.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	PAINEL OSB	17
2.1.1	Histórico e aplicações	20
2.1.2	Processo de Fabricação	24
2.1.3	Propriedades do painel OSB	26
2.2	NANOPARTÍCULAS.....	28
2.2.1	Métodos para Produção de Nanopartículas.....	30
2.2.1.1	Método Sol-Gel Proteico.....	32
2.2.2	Nanopartículas em painéis de madeira	34
2.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	PRODUÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS.....	37
3.2	PRODUÇÃO DOS PAINÉIS.....	39
3.3	ANÁLISE DA TEMPERATURA DE PRENSAGEM.....	42
3.4	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO	43
3.4.1	Ensaio Físicos	43
3.4.2	Ensaio Mecânicos.....	44
3.5	INTEMPERISMO NATURAL	46
3.6	VISCOSIDADE DO ADESIVO	48
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA NANOPARTÍCULA.....	51
4.2	DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE DO ADESIVO	54
4.3	RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICOS	55
4.3.1	Densidade básica.....	55
4.3.2	Teor de umidade.....	58
4.3.3	Inchamento.....	60
4.3.4	Absorção.....	63
4.4	RESULTADOS DOS ENSAIOS MECÂNICOS.....	66
4.4.1	Módulo de elasticidade na direção paralelo às fibras	66

4.4.2	Módulo de elasticidade na direção perpendicular às fibras	70
4.4.3	Módulo de ruptura na direção paralelo às fibras.....	73
4.4.4	Módulo de ruptura na direção perpendicular às fibras	76
4.4.5	Adesão interna	79
4.5	INTEMPERISMO	81
4.6	ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DE PRENSAGEM	85
5	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS.....	92

1 INTRODUÇÃO

É inegável dizer que o Brasil é um dos países com maior diversidade geoclimática do mundo, o que, aliado a investimentos tecnológicos e disponibilidade de florestas de rápido crescimento, faz com que o segmento madeireiro apresente um destacado potencial econômico. Com uma vasta gama de produtos e nichos de mercados, segundo o Ibá (2015), o setor atua hoje, desde a área de fornecimento de insumos e máquinas, até a prestação de serviços e transformação da madeira em bens intermediários e finais. Destaca-se que, mesmo com a atual instabilidade da economia nacional, o setor madeireiro ainda apresenta bons índices econômicos.

Historicamente, a madeira é utilizada na forma maciça, como vigas e tábuas de grandes dimensões, porém, com a diminuição da disponibilidade de árvores de grandes diâmetros, e a fim de minimizar algumas limitações e defeitos naturais, surgiram 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).

Estes produtos são os painéis de madeira reconstituída, que por suas características de evolução constante e variedades de forma e tamanho, possuem destacado papel no mercado interno e externo. Os painéis de madeira nada mais são do que elementos fabricados com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação (partículas e fibras), unidas por meio de um adesivo sintético sob ação de temperatura e pressão. (GONÇALVES, MATTOS e CHAGAS, 2008).

Segundo Lima (2014), existe uma variada gama de painéis comercializados, dentre eles: o compensado (lâminas); o MDP e o OSB (partículas); o MDF e o HDF (fibras). Em busca constante de evolução tecnológica e melhora da qualidade, características como a variação das dimensões, controle e melhora das propriedades físico-mecânicas, acabamentos superfícies, uniformidade e versatilidade de uso são essenciais. Dentre esses produtos, pode-se destacar o painel OSB (*Oriented Strand Board*), painel composto por lascas de madeira parcialmente orientadas em camadas defasadas em 90°.

Com notório mercado nas indústrias moveleira e da construção civil, há a necessidade de desenvolver um material mais sustentável e racional que atenda tanto às necessidades do segmento industrial como possam garantir a mesma durabilidade e características apresentadas pelos materiais concorrentes. Com base nisso e nas novas tendências tecnológicas, onde de acordo com Durán *et al.* (2006), os materiais em escala nanométrica podem apresentar novos comportamentos e propriedades comparadas as de escala

macroscópica, as nanopartículas surgem de forma promissora e podem facilmente ser implantada nesse setor.

Avaliar, portanto, a aplicação de nanopartículas metálicas na produção de painéis OSB, poderá permitir uma melhora no inchamento nos painéis, além de afetar outras propriedades físicas como a absorção de água, tornando o produto mais adequado para ambientes úmidos, ainda visando potencial para uso em ambientes externos observados a partir da exposição às intempéries.

Além disso, ter a possibilidade de melhora das propriedades mecânicas e, principalmente, otimizar o processo de transferência de calor durante a produção, abre a possibilidade de redução dos gastos energéticos, gerando assim menor impacto ambiental e ganhos econômicos.

Poucos estudos aplicando compostos nanotecnológicos em painéis OSB foram encontrados, não existindo nenhum estudo avaliando todas as propriedades físicas, mecânicas e térmicas, o que permite dizer que o tema é extremamente inovador e segue um ramo promissor dos estudos científicos.

É preciso entender como ocorre a interação do material nanoparticulado nos painéis de madeira, além do tipo, característica, forma de sintetização, quantidade e/ou forma que melhor se adequa as etapas de produção e variáveis necessárias para formação das chapas, dentre elas o OSB.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a influência da adição de nanopartículas de óxido de alumínio durante o processo de prensagem a quente em painéis OSB variando o tempo e a temperatura de prensagem.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar as nanopartículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) quanto as dimensões do material e análise microestrutural;
- Analisar o efeito da temperatura de prensagem em painéis produzidos com (0,5 %) e sem (0 %) adição de nanopartículas de óxido de alumínio (180 °C e 200 °C);
- Analisar o efeito do tempo de prensagem nos painéis produzidos com (0,5 %) e sem (0 %) nanopartículas de óxido de alumínio (420 e 600 segundos);

- Avaliar as propriedades físico-mecânicas dos painéis para todas as variáveis estudadas a partir de documentos normativos;
- Analisar o comportamento visual e mecânico dos painéis expostos as intempéries por 90 e 180 dias.

5 CONCLUSÃO

A caracterização das nanopartículas, com análise de suas dimensões, permitiu afirmar que o material produzido, mesmo que por meio de uma rota diferenciada a partir da sintetização de um sal e com a gelatina como base proteica, enquadrou-se na escala nanométrica. Assim, mesmo apresentando partículas heterogêneas, podem causar novos efeitos e interações, já esperados pelos materiais em nano escala.

O método sol-gel proteico atualmente é utilizado apenas em escala laboratorial, para experimentação e a maior parte dos resultados encontrados na literatura utilizam nanopartículas comerciais, dessa forma, foi possível dizer que a heterogeneidade do material produzido pode ter influenciado alguns resultados, especialmente quanto à viscosidade do adesivo, quando adicionado o nano material, influenciando no desempenho mais dos tratamentos.

Para os resultados físicos, tanto para a densidade, quanto para o teor de umidade a adição das nanopartículas de alumina não proporcionou diferença estatística, sendo a temperatura a variável de maior influência. Para o inchamento e absorção, a adição da nanopartícula proporcionou melhora na propriedade, porém quando associados maior temperatura de prensagem, essa propriedade sofre consequência negativa.

Comportamentos semelhantes foram observados para os resultados mecânicos tanto na flexão estática quanto na adesão interna. As nanopartículas apresentaram potencial para melhorar o desempenho na flexão estática para as direções paralela e perpendicular, desde que utilizado a temperatura de 180 °C e 600 segundos para a prensagem. Para a adesão interna, a temperatura também foi a variável de maior influência, principalmente quando o painel foi submetido ao intemperismo.

Com relação à análise visual as amostras do teste de intemperismo, foi possível concluir que a presença de nanopartículas proporcionou corpos-de-prova com menor empenamento, porém sem diferença estatística para o desempenho mecânico.

Pela análise da temperatura de prensagem, foi possível concluir ainda que maiores temperaturas, bem como maiores tempos de prensagem contribuem para o ganho de temperatura interna do painel. Entretanto, as nanopartículas de óxido de alumínio apresentaram maior eficiência quando utilizadas em menores temperaturas (180 °C).

Portanto, é possível afirmar ainda que a temperatura de 180 °C se destacou tanto para as propriedades físico-mecânicas, para evitar a despolimerização do adesivo, quanto para transferência de calor, evitando a perda de condutividade térmica à altas temperaturas,

característica da alumina. Já com relação ao tempo de prensagem, 600 s se mostrou mais adequado, pois os ganhos em propriedade sobressaíram-se ao demais comportamentos observados durante a análise da temperatura de prensagem.

Assim, foi possível concluir que a adição de nanopartículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) podem influenciar positivamente as propriedades físico-mecânicas dos painéis OSB, desde que controladas a temperatura e o tempo de prensagem, sendo a combinação mais adequada a temperatura de 180 °C, associada ao tempo de 600 s.

Para estudos futuros que corroborem às afirmações apresentadas anteriormente, sugere-se a realização de estudos termogravimétricos que indiquem melhores tempos e temperaturas de prensagem, que não provoquem degradação e/ou despolimerização dos materiais. Sugere-se ainda estudos com uso de nanopartículas em solução aquosa ou materiais com maior condutividade térmica.

REFERÊNCIAS

ABIPA - Associação Brasileira de Indústrias de Painéis de Madeira. **OSB: Oriented Strand Board**. 2014 (a) Disponível em: <http://www.abipa.org.br/deOlhoNoMercado.php> Acesso em: 20 mar. 2019.

ABIPA - Associação Brasileira de Indústrias de Painéis de Madeira. **OSB: Oriented Strand Board**. 2014 (b). Disponível em: <http://www.abipa.org.br/produtosOSB.php> Acesso em: 20 mar. 2019.

BARRERO, N. M. G. **Estudo da durabilidade de painéis de partículas de bagaço de cana de açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona para aplicação na construção civil**. 2015. 229p. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

BARROS FILHO, R. M. de. **Painéis aglomerado a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas ureia formaldeído e melamina formaldeído**. 2009. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais, Ouro Preto, 2009.

BERGNA, H.E.; ROBERTS, W.O. **Colloidal Silica: fundamentals and applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.

BLASCO, C.; PICO, Y. Determining nanomaterials in food. **Trac Trends in Analytical Chemistry**, v. 30, n.1, p.84-99, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2010.08.010>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BROCHMANN, C.; BRYSTING, A. K.; ALSOS, I. G.; BORGEN, L.; GRUNDT, H. H.; SCHEEN, A. C.; ELVEN, R. Polyploidy in arctic plants, **Biological Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 82, n. 4, p. 521–536, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00337.x> Jin et al. Acesso em: 8 ago. 2021.

BROCHMANN, J.; EDWARDSON, C.; SHMULSKY, R. Influence of resin type and flake thickness on properties of OSB. **Forest Products Journal**. Peachtree Corners. v. 54. p. 51-55, 2004.

CABRAL, C.P.T. Propriedades de chapas tipo OSB, fabricadas com partículas acetiladas de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 659-668, 2006.

CARDOSO, G. V.; TEIXEIRA, F. P.; FERREIRA, E S. Nanocelulose como catalisador de ureia-formaldeído para produção de painéis aglomerados. *In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS*, 15., 2016, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2016.

CARVALHO, L.H.; COSTA, M.R.N.; COSTA, C.A.V. Modeling Rheology in the Hot-Pressing of MDF. **Comparison of Mechanical Models Wood and Fiber Science**, Madison, v. 33, p. 395-411, 2001.

CASANOVA, M. C. R. **Síntese, caracterização e estudo da estabilidade de nanopartículas metálicas estabilizadas com polieletrólitos e tióis**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CASSANDRO-CAJIAO, R. Structural thermal panel wall composed of guadua and cardboard. Experimental model applied to the climate of the Coffee Region. **Revista de Arquitetura**, Bogotá, v.20, n.2, p.90-109. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2116>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CHIROMITO, E.M.S; CAMPOS, C.I.D; FERREIRA, B.S; CHRISTOFORO, A.L; LAHR, F.A.R. Mechanical properties of wood panels produced with wood strands with three different lengths. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.44, n. 109, p. 175-180, 2016.

CIOBANU, V.D.; ZELENIU, O.; DUMITRASCU, A.E.; LEPADATESCU, B.; IANCU, B. The influence of speed and press factor on oriented strand board performance in continuous press. **Bioresources**, Raleigh, v. 9, n. 4, p. 6804-6816, 2014. Disponível em: https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_09_4_6805_Ciobanu_Speed_Press_Factor_Board/3079. Acesso em: 15 jul. 2019.

CLOUTIER, A. Oriented strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of woodbase fiber and particle materials. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1998, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte. p. 173-185. 1998.

DUNKY, M.; PIZZI, A. Wood adhesives. In: CHAUDHURY, M.; POCIUS, A.V. (ed.). **Adhesive science and engineering: chemistry and applications**. Amsterdam: Elsevier, 2002. p. 1039–1103.

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. **Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanopartículas e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber, 2006. 208 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 300**: oriented strand boards (OSB): definitions, classification and specifications. Brussels: EN, 2006.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: wood-based panels: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Brussels: EN, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 322**: wood-based panels: determination of moisture content, Brussels: EN, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 323**: Wood-based panels – Determination of density. Brussels: EN, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 326**: wood-based panels: sampling, cutting and inspection. Brussels: EN, 2002.

FAVARIM, H. R.; LEITE, L. O. Performance of ZnO nanoparticles for fire retardant and UV protection of pine wood. **BioResources**, Raleigh, v. 13, n. 3, p. 6963-6969, 2018.

FERRO, F.S.; ALMEIDA, T.H.; SOUZA, A.M. Painel híbrido OSB/MDP de madeira *Pinus taeda* e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 7–14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300320>. Acesso em: 25 maio 2019.

GAGLIARDO, J. C.; GAGLIARDO, D. P.; BASTOS, E. F. **Alvenaria**: consequências da má execução da alvenaria de vedação e estrutural, e soluções para tais patologias. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo, 2008.

GAO W.; DU, G. Physico-mechanical properties of plywood bonded by nano cupric oxide (CuO) modified PF resins against subterranean termites. **Maderas Ciencia y Tecnologia**, Concepción, v. 17, p. 129–138, 2015.

GARCIA, M. V. D. **Síntese, caracterização e estabilização de nanopartículas de prata para aplicações bactericidas em têxteis**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

GLEITER, H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructures. **Acta Mater**, [s.l.], v. 48, p. 1-29, 2000.

GONÇALVES, R. M.; MATTOS, R. L. G.; CHAGAS F. B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES**, São Paulo, v. 27, p. 121-156, 2008.

GORSKI, L. **Painéis de partículas orientadas (OSB) da madeira de Pinus spp. e Eucalyptus benthamii**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal - Área:Tecnologia da Madeira) – Universidade do Estado de SantaCatarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

HAQ, M.; BURGUENO, R.; MOHANTY, A.K.; MISRA, M. Hybrid bio-based composites from blends of unsaturated polyester and soybean oil reinforced with nanoclay and natural fibers. **Composites Science and Technology**, Cambridge, v. 68, p. 3344–3351, 2008.

HOSOKAWA, M.; NOGI, K.; NAITO, M.; YOKOYAMA, T. **Nanoparticle technology handbook**. 3.ed. Amsterdã: Elsevier, 2007. 877 p.

HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. The influence of particle composition in a three-layer particleboard on its physical and mechanical properties. **Journal of Forest Science**, Chunchon, v. 49, p. 83-93, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.17221/4683-JFS>. Acesso em: 13 jul. 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Cenários Ibá**. Relatório Ibá 2015: IBÁ, [2015]. Disponível em: http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 22 abr. 2019.

IRLE, M. A.; BARBU, M. C.; REH, R.; BERGLAND, L.; ROWELL, R. M. In: ROWELL, R. M. **Wood composites**: handbook of wood chemistry and wood composites. Boca Raton: CRC Press, 2012. cap. 10.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, p. 247, 2005.

JIN, J.; DAI, C.; HSU, W.; YU, C. Properties of strand boards with uniform and conventional vertical density profiles. **Wood Science and Technology**, Heidelberg, v. 43, p. 559-574, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00226-009-0248-3>. Acesso em: 20 abr. 2021.

KOLI, D.K.; AGNIHOTRI, G.; PUROHIT, R. A review on properties, behaviour and processing methods for Al-nano Al₂O₃ composites. **Procedia Mater Science**, Amsterdam, v. 6, p. 567-89, 2014.

KUMAR, A.; GUPTA, A.; SHARMA, K. V.; GAZALI, S. B. Influence of aluminum oxide nanoparticles on the physical and mechanical properties of wood composites. **BioResources**, Raleigh, v. 8, n. 4, p. 6231-6241. 2013.

KUMAR, A.; GUPTA, A.; SHARMA, K. V.; GAZALI, S. B. Influence of aluminum oxide nanoparticles on the physical and mechanical properties of wood composites. **BioResources**, Raleigh, v. 8, n. 4, p. 6231-6241. 2013.

KUMAR, A.; GUPTA, A.; SHARMA, K.; NASIR, M. Use of aluminum oxide nanoparticles in wood composites to enhance the heat transfer during hot-pressing. **European Journal of Wood Products**, Cedar Rapids, v. 71, p. 193-8, 2013.

LIMA, E. A.; SILVA, H. D.; LAVORANTI, O. J. Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31. n. 65, p. 09-17, 2011.

LIMA, F. O. **Análise da influência do tempo de prensagem na produção de chapas de partículas produzidas com resíduos de madeira**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Campus Experimental de Itapeva, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2014.

LIMA, F. O.; SILVA, L. C. L.; CAMPOS, C. I.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Pressing time influence on physical and mechanical properties of MDP panels, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, p. 387-393, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v46n119.06>. Acesso em: 15 nov. 2021.

LIMA, F. O.; SILVA, L. C. L.; FAVARIM, H. R.; CAMPOS, C. I. Adição de nanopartículas em painéis engenheirados de madeira, **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 2659-2667, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-173>. Acesso em: 10 mar. 2022.

LP BUILDING PRODUCTS. **LP Brasil**: indústria de painéis OSB. 2014. Disponível em: <http://www.lpbrasil.com.br/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

LP BUILDING PRODUCTS. **LP Brasil:** produtos. 2014. Disponível em: <http://www.lpbrasil.com.br/produtos/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

MACEDO, L. B.; ALMEIDA, D. H.; FERRO, F. S.; CÉSAR, A. A. S.; ROCCO LAHR, F. A. Avaliação de painéis OSB de Eucalyptus sp. impermeabilizados. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., 2013, Petrópolis. **Anais [...]**. Petrópolis, 2013. p. 416-417.

MACEDO, M. A. **Processo de fabricação de camadas finas óxidas utilizando a água de coco processada (ACP)**. Depositante: Universidade Federal de Sergipe. BRPI9804719 B05D 7/24. Depósito: 19 nov. 1998. Concessão: 06 jun. 2000.

MAIA, A. O. G. **Sinterização de nanopartículas de NiO por gelatina comestível**. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MAIA, A. O. G. **Sinterização de nanopartículas de NiO por gelatina comestível**. 2005. 121f. Dissertação (Mestrado em - Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MALONEY, T.M. **Moderm particleboard & dry process fiberboard manufacturing**, Updated Edition. San Francisco: Miller Freeman Inc, 1993.

MAMANI, J. B. **Estrutura e propriedades de nanopartículas preparadas via solgel**. 2009. 184f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2009.

MANTANIS, G.I.; PAPADOPOULOS, A.N. The sorption of water vapour of wood treated with a nanotechnology compound. **Wood Science Technology**, Heidelberg, v. 44, p. 515–522, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00226-010-0326-6>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; KEINERT JR.S.; SALDANHA, L. K. Efeitos da densidade, composição dos painéis e teor de resina nas propriedades de painéis OSB. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 01-17, 2003.

MENDES, L.M. **Pinus spp, na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 103f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MENDES, S. A. **Estudo das variáveis de produção de painéis OSB manufaturados com misturas de madeiras de clones de Eucalyptus spp**. 2005. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PORTO, L. C. **Filmes formados por gelatina e poli(acrilamida-co-ácido acrílico): efeito da composição, do plastificante e agente reticulante nas propriedades térmicas, mecânicas e absorção de água**. 2007. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

POUBEL, D. da S. **Estabilidade da cor da madeira de Pinus modificada termicamente e tratada com nanopartículas**. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

RANGAVAR, H.; HOSEINY F, M.S. The effect of nanocopper additions in a urea-formaldehyde adhesive on the physical and mechanical properties of particleboard manufactured from date palm waste. **Mechanic of Composite Materials**, New York, v. 51, p. 119–126. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11029-015-9482-y>. Acesso em: 19 jul. 2019.

RAZERA, D. **Estudo sobre as interações entre as variáveis do processo de produção de painéis aglomerados e produtos moldados de madeira**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Florestais - Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

REMADE. OSB opção de mercado. **Revista da Madeira**, Curitiba, ed. 71, 2003. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=333&subject=OSB&title=OSB-opçãoomercado. Acesso em: 10 mar. 2020.

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**, Amsterdam, v. 527, n. 1, p. 33-39, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2011.10.007>. Acesso em: 9 jul. 2019.

SABDIN, S. B. **Use of nanoparticle in the wood composite to enhance the heat transfer**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Malaysia, Pahang, 2010.

SALARI, A.; TABARSA, T.; KHAZAEIAN, A.; SARAEIAN, A. Improving some of applied properties of oriented strand board (OSB) made from underutilized low quality paulownia (*Paulownia fortunei*) wood employing nano-SiO₂, **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 1-9, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.010>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SALDANHA, L.L.; IWAKIRI, S. Influência da densidade e do tipo de resina nas propriedades tecnológicas de painéis OSB de Pinus Taeda L. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 3, p. 571-576, 2009.

SHATKIN, J.A. Informing Environmental Decision Making by Combining Life Cycle Assessment and Risk Analysis. **Journal of Industrial Ecology**, Hoboken, v. 12, p.278–281, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00031.x>. Acesso em: 16 maio 2019.

SILVA, L. C. L.; LIMA, F. O.; CAMPOS, C. I.; FAVARIM, H. R. Influence of the AL₂O₃ and CUO nanoparticles addition on the particleboard physical properties, **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5, p.52535-52543, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-588>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SILVA, L. C. L.; LIMA, F. O.; CHAHUD, E.; CHRISTOFORO, AL.; LAHR, F. A. R., FAVARIM, H. R.; CAMPOS, C.I. Heat transfer and physical-mechanical properties analysis of particleboard produced with ZnO nanoparticles addition, **BioResources**, Raleigh, v. 14, n. 4, p. 9904-9915. Disponível em: <https://doi.org/10.15376/biores.14.4.9904-9915>. Acesso em: 08 jun. 2021.

SOUZA, A. M. de. **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de Pinus sp. com inclusão de telas metálicas**. 2012. 118p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOUZA, A. M. Mechanical properties of OSB wood composites with resin derived from a renewable natural resource. **International Journal of Composite Materials**, Rosemead, v. 4, n. 3, p. 157-161, 2014.

SOZER, N.; KONINI, J. L. Nanotechnology and its applications in the food sector. **Trends in Biotechnology**, Oxford, v. 27, n.2, p. 82-89, 2009.

SURDI, P.G.; BORTOLETTO, G.; CASTRO, V.R.; MENDES, R.F.; ALMEIDA, N.F.; TOMAZELLO, M. Relação entre perfil de densidade e ligação interna de painéis OSB de Pinus spp. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 349-357, 2014.

SUZUKI, S.; TAKEDA, K. Production and properties of Japanese oriented strand board I: effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board. **Japan Wood Science**, Tokyo, v. 46, p. 289-295. 2000.

TAGHIYARI, H. R.; NOURI, P. Effects of nano-wollastonite on physical and mechanical properties of medium-density fiberboard, **Maderas, Ciencia y tecnología**, Concepción, v. 17, n. 4, p. 833-842, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000072>. Acesso em: 15 set. 2020.

TAGHIYARI, H. R.; MORADI-MALEK, B.; KOOKANDEH, M. G.; BIBALAN, O. F. Effects of silver and copper nanoparticles in particleboard to control *Trametes versicolor* fungus. **International Biodeterioration & Biodegradation**, London, v. 94, p. 69-72, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.05.029>. Acesso em: 23 set. 2020.

TAGHIYARI, H. R.; NORTON, J. Effect of silver nanoparticles on hardness in medium-density fiberboard (MDF). **Iforest: Biogeosciences and Forestry**, v. 8, p.677-680, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3832/ifer1188-007>. Acesso em: 08 ago. 2021.

TAGHIYARI, H. R.; NOURI, P. Effects of nano-wollastonite on physical and mechanical properties of medium-density fiberboard. **Maderas, Ciencia y tecnología**, Concepción, v. 17, n. 4, p. 833-842, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000072>. Acesso em: 25 mar. 2021.

TANGERINO, C. M. B. **Síntese e aplicação de partículas de vidro alumino-boro-silicato em resinas fotocuráveis**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências em Materiais para Engenharia) – Departamento de Materiais para Engenharia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

WEI, C.; ZENG, M.; XIONG, X.; LIU, H.; LUO, K.; LIU, T. Friction properties of sisal fiber/nano-silica reinforced phenol formaldehyde composites. **Polymer Composite**, [s.l], v. 36, p. 433–8, 2015.

YU, W.; FRANCE, D. M.; ROUTBORT, J.L; CHOL, S.U.S, Review and comparison of nanofluid conductivity and heat transfer enhancements. **Heat Transfer Engineering**, New York, v. 29, p. 432-460, 2008.

ZHAN, J.; JIANG, J.; LU, Y.; ZHANG, J. C. Temperature-humidity-time equivalence and relaxation in dynamic viscoelastic response of Chinese fir wood, **Construction Building Materials**, Amsterdam, v. 227, p. 116637, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.08.018>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ZHANG, M.; WONG, E. D.; KAWAI, S.; KNON, J. H. Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strands. **Japan Wood Science**, Tokyo, v. 44, p. 191-197, 1998.

ZHANG, R.; JIN, X.; WEN, X.; CHEN, Q.; QIN, D. Alumina nanoparticle modified phenol-formaldehyde resin as a wood adhesive. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, London, v. 81, p. 79-82, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.11.013>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ZHANG, W.; LEI, J.; SUI, Z.; ZHU, KA-KE, ZHU, Y.; ZHOU, X. Thermal stability of nanoparticle supported on Al₂O₃ with different morphologies. **Materials Research Express**, Bristol, v. 6, n. 9, 2019.

ZHAO, L.; LU, L.; WANG, A.; ZHANG, H.; HUANG, M.; WU, H., et al. Nano-biotechnology in agriculture: use of nanomaterials to promote plant growth and stress tolerance. **Journal of Agriculture Food Chemical**, Koforidua, v. 68, p. 1935–1947, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06615>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ZHAO, S.; ZHAN, K.; LU, Q. Fabrication of nano-cupric oxide in phenol–formaldehyde resin adhesive: effect of cupric chloride concentration on resin performance. **Wood Science Technology**, Heidelberg, v. 54, p. 1551–1567, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01219-9>. Acesso em: 10 ago. 2019.