

Painéis aglomerados: um referencial teórico

Autores:

Flávia Maria Silva Brito

*Doutora em Recursos Florestais,
Universidade Federal do Espírito
Santo, Jeronimo Monteiro*

Geraldo Bortoletto Júnior

*Escola Superior de agricultura Luiz de
Queiroz*

Glauceide Ferreira

Universidade Federal do Espírito Santo

Ana Carolina Correa Furtini

Universidade Federal de Lavras

Juarez Benigno Paes

Universidade Federal do Espírito Santo

DOI: 10.58203/Licuri.21889

Como citar este capítulo:

BRITO, Flávia Maria Silva *et al.* Painéis aglomerados: um referencial teórico. In: Andrade, Jaily Kerller Batista (Org.).

Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 90-104.

ISBN: 978-65-85562-18-8

Resumo

Este estudo tem como objetivo discorrer sobre painéis aglomerados de madeira com base na literatura científica. O estímulo para produção deste capítulo se fundamentou na relevância cada vez maior de produto de base da indústria florestal no cotidiano das pessoas. Utilizou-se como metodologia uma revisão integrativa da literatura, realizada a partir da busca por publicações científicas indexadas em bases de dados. O artigo apresenta um referencial teórico sobre os aglomerados, painéis particulados de média densidade (MDP), indústria dos painéis, processo de produção e variáveis que interferem no processo, além de informações sobre a normativa vigente no Brasil. O estudo busca sintetizar o estado-da-arte, ou seja, mapear a literatura clássica que é a base para todos os estudos em painéis de madeira da atualidade em conjunto com a literatura atual que abordam pontos relacionados ao tema.

Palavras-chave: Painéis aglomerados. Indústria. Produção dos painéis. Variáveis da madeira e do processo.

INTRODUÇÃO

Painéis aglomerados são produtos fabricados com partículas de madeira, encoladas com resina sintética ou outro aglutinante, conformadas em prensa automatizada sob determinadas condições de pressão e temperatura. A principal utilização é na indústria moveleira, porém suas aplicações podem ser tão vastas quanto as possibilidades e combinações de matérias-primas que podem ser usadas em sua produção. E graças as suas propriedades físicas, os aglomerados podem ser utilizados como isolante térmico (ISMAIL et al., 2021; ALEXANDRE E CASTRO, 2022).

De acordo com os dados da Food And Agriculture Organization - FAO (2023) foram produzidos 3.560,000 m³ de painéis aglomerados no Brasil, no ano de 2022. Os painéis são utilizados para construção de móveis, divisórias e em estruturas leves da construção civil. No Brasil, as espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* provenientes de plantação de rápido crescimento são as mais empregadas para a produção de painéis aglomerados (IWAKIRI et al., 2018).

Entretanto alguns pesquisadores citam vantagens de utilizar resíduos lignocelulósicos, pois existem em grande quantidade, além de serem biodegradáveis e de baixo custo para a fabricação de painéis de partículas (KLIMEK et al., 2018), porém a qualidade final do produto pode ser afetada.

Os principais fatores que influenciam as características finais e qualidade das chapas podem ser relativos à matéria-prima ou ao processo. Em relação aos inerentes à madeira destaca-se a espécie, massa específica e extrativos. Os fatores inerentes ao processo abrangem a densidade do painel, razão de compactação, geometria das partículas, resina e parâmetros do ciclo de prensagem (IWAKIRI, 2005).

Para verificar a qualidade dos painéis são utilizadas normas que podem ser nacionais e internacionais. No Brasil está em vigor a Norma Brasileira - NBR 14810, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2018), que é um documento que estabelece os parâmetros e métodos de ensaio para avaliação de painéis de partículas de média densidade.

Assim, o objetivo desta revisão de literatura é discorrer sobre painéis aglomerados de madeira com base na literatura científica.

INDÚSTRIA DOS PAINÉIS AGLOMERADOS

A indústria de painéis aglomerados surgiu na Europa, após a Segunda Guerra Mundial, em função da indisponibilidade de matéria-prima de boa qualidade para fabricação de compensados. Com a escassez, tornou-se necessário buscar outras fontes de matéria-prima, como resíduos de madeira, para fabricação de painéis de partículas com o objetivo de suprir a demanda do mercado (MOSLEMI, 1974; HILLIG et al., 2002).

Em 1946, o processo de desenvolvimento de painéis aglomerados foi retomado nos Estados Unidos com o aperfeiçoamento dos equipamentos e processos de produção. A partir da década de 1960, ocorreu uma grande expansão em termos de instalações industriais e avanços tecnológicos. Na década de 1970 iniciou-se o processo de desenvolvimento de painéis estruturais dos tipos “waferboard” e “oriented strandboard” - OSB (IWAKARI, 2005).

A fabricação de painéis aglomerados no Brasil teve início em 1966, em Curitiba, Paraná. Houve a modernização do parque fabril, com decorrer dos anos e foram surgindo inovações no setor industrial com o desenvolvimento de prensas contínuas, que possibilitaram maior produtividade e menores custos de produção. A partir do avanço tecnológico e majoração na capacidade de produção, provocaram o aumento da flexibilidade operacional das fábricas (REMADE, 2014). Por meio dos ajustes realizados ao processo produtivo, originados por conta da evolução de maquinário verificou-se o melhoramento das características de resistência do produto. A partir disso, houve a necessidade de dissociar o nome do antigo produto, que conferia diferentes aspectos, com isso denominou-se de “Medium Density Particleboard” - MDP (MATTOS et al., 2008)

De acordo com a Norma Brasileira - NBR 14810-1, ABNT (2018), os painéis MDP possuem densidade entre 551 kg m^{-3} e 750 kg m^{-3} . Este é composto por matriz de adesivo polimérico sintético e a fase de reforço com partículas de madeira, as quais são combinadas com a aplicação de calor e pressão, se consolidando e dando origem ao painel. Por ser à base de fibras vegetais naturais, o painel MDP pode ser denominado também como compósito lignocelulósico (SILVA et al., 2013).

As indústrias de painéis aglomerados no Brasil estão instaladas nas Regiões Sul e Sudeste, para atender à demanda dos principais polos moveleiros localizados nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (IWAKIRI et al., 2012). Estas indústrias desempenham um papel importante no setor florestal, pois

movimentam recursos, contribuindo com a geração de empregos, pela importância estratégica e promovem abastecimento de indústrias moveleiras (NOCE et al., 2008).

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAINÉIS PARTÍCULAS

O processo de produção de painéis aglomerados, desde o descascamento das toras até o esquadrejamento dos painéis, é descrito por Iwakari (2005), é consta que, inicialmente as toras são descascadas e as cascas podem representar 10 a 17% do volume total, dependendo da espécie. Para esta etapa são utilizados equipamentos móveis ou estacionários com capacidade e volume específico e diferentes métodos de operação. Na etapa seguinte as toras descascadas são transformadas em cavacos que darão origem as partículas. A geometria das partículas é definida conforme o objetivo do painel que será produzido. Para a secagem das partículas são utilizados equipamentos denominados secadores. O material dentro do secador pode ter sua umidade variando 35 a 120% e no final do processo pode alcançar teores entre 3 a 5%. O equipamento mais utilizado é o secador de tambor rotativo.

Posteriormente as partículas serão classificadas. Há duas formas de classificar as partículas: equipamentos pneumáticos (peso) e, ou classificador de telas (peneiras que classificam conforme a área superficial das partículas). Para aplicação do adesivo utiliza-se um pulverizador que tende a deixar o material uniforme. O colchão de partículas é formado sobre esteiras de acordo com a massa específica dos painéis. A caixa formadora possui saídas conforme a configuração do painel, para deposição das partículas de diferentes tamanhos.

Em seguida o colchão é pré-prensado com uma prévia compactação e posteriormente é encaminhado para a prensa, para a consolidação por meio de pressão e temperatura em um determinado tempo, de forma a promover a cura da resina. Após o processo de prensagem os painéis são resfriados, climatizados, lixados e redimensionados.

Variáveis que interferem nas propriedades dos painéis de partículas

Os principais fatores que influenciam as características finais e qualidade dos painéis ou chapas são relacionados à matéria-prima ou ao processo. Em relação aos inerentes à

madeira destaca-se a espécie, massa específica e extrativos. Os fatores inerentes ao processo abrangem a densidade do painel, razão de compactação, geometria das partículas, resina e parâmetros do ciclo de prensagem (IWAKIRI, 2005).

FATORES INERENTES A MADEIRA

A espécie de madeira é um fator muito importante a ser considerado durante o processo de produção dos painéis. Muitas espécies não são indicadas para a produção de painéis reconstituídos, já que não apresentam uma massa específica adequada e outros requisitos necessários, ou são inviáveis economicamente (MOSLEMI, 1974). A variabilidade das espécies de madeira pode resultar em matérias primas distintas em relação a geração de partículas, além de interagir com as variáveis do processo, refletindo nas características finais das chapas (MALONEY, 1993).

Para a resistência de painéis aglomerados fabricados com partículas de madeira de *Pinus taeda* (pinus), *Eucalyptus saligna* (eucalipto), *Mimosa scabrella* (bracatinga) e *Hovenia dulcis* (uva-do-japão) em diferentes proporções de misturas, Sanches et al. (2016) verificaram um aumento nos valores das propriedades de flexão estática, ligação interna e arrancamento de parafusos com o aumento da proporção de pinus e uva-do-japão e diminuição com aumento da proporção de bracatinga e eucalipto. Concluíram que as espécies mais adequadas foram o pinus e a uva-do-japão.

A densidade da madeira é a propriedade mais importante referente à espécie e tem uma influência significativa sobre as propriedades dos painéis aglomerados e, também, no processo de produção (ARAÚJO et al., 2019). É um dos requisitos básicos na escolha de espécies para produção de painéis aglomerados, por influenciar diretamente na sua razão de compactação (relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira), que deve ser de no mínimo 1,3. Este índice garante uma área de contato satisfatória entre as partículas e densificação suficiente para a formação do painel (IWAKIRI et al., 2012).

Por outro lado, Iwakiri et al. (2018), para seis espécies tropicais para produção de aglomerados, verificaram que todas apresentaram razão de compactação abaixo do mínimo [1,3] pela maior massa específica de suas madeiras. Entretanto, esta relação não

afetou de forma significativa os resultados das propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

Para painéis com diferentes proporções de colmo de bambu e bagaço de cana de açúcar, Brito et al. (2020) obtiveram diferentes taxas de compactação, e verificaram que, o incremento da razão de compactação, causa uma maior instabilidade dimensional nos painéis, visto que as propriedades de absorção e inchamento aumentam, porém melhora a resistência à flexão estática, módulo de ruptura - MOR e o arrancamento de parafuso. O aumento da razão de compactação, também causa maior perda de massa, em função do ataque de fungos.

As espécies mais indicadas para produzir painéis de partículas de média densidade devem possuir massa específica até 550 kg m^{-3} (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993). Hillig et al. (2002) afirmam que a densidade das chapas produzidas é de 40% a 50% maior do que a da madeira usada na sua produção. Fato comprovado por Brito et al. (2020), ao notarem um aumento na densidade dos painéis produzidos, tanto com bagaço de cana-de-açúcar, quanto com bambu, em função da compressão das partículas, encoladas com adesivo.

Outro fator relacionado a espécie é a acidez da madeira, a qual pode ser quantificada pelo pH. Madeira de alta acidez possui maior dificuldade de colagem com a resina fenol formaldeído, enquanto madeiras com pH excessivamente ácidos podem causar a pré-cura do adesivo ureia formaldeído durante a fase de fechamento da prensa, prejudicando as propriedades finais do painel (SANTIAGO et al., 2018).

Os extrativos ou substâncias estranhas são elementos impregnantes encontrados no lume e, ou na parede celular da madeira. A porcentagem de extrativos na madeira pode variar de 5% a 30%. Se for elevado há uma grande probabilidade de redução da qualidade das chapas, causado pelos aumentos no consumo de adesivos, redução das propriedades de resistência mecânica, maior absorção de água e formação de “bolhas” (IWAKIRI, 2005). Para produzirem painéis com madeira de *Eucalyptus grandis*, Niekerk e Pizzi (1994), ressaltaram que os extrativos promovem um rápido decréscimo no pH do adesivo durante o processo produtivo, o que por sua vez dificulta a colagem

Em função disso muitos estudos recomendam o tratamento das partículas, visando remover constituintes químicos indesejados, conforme já realizados em algumas pesquisas (GUIMARÃES et al., 2019; BRITO; BORTOLETTO JÚNIOR, 2020; BORGES et al., 2022). Os extrativos podem ser volatilizados na prensagem a quente, em função da alta pressão,

calor e umidade (MARRA, 1992). Geralmente o teor indicado é até 10% para produção de painéis.

FATORES INERENTES AO PROCESSO

A massa específica dos painéis é um dos fatores mais relevantes a ser considerado no processo de produção. De acordo com Moslemi (1974), Kelly (1977), Maloney (1993) painéis com elevada densidade apresentam maior resistência mecânica, porém maior instabilidade dimensional. Os pesquisadores afirmam que isto ocorre em função da maior quantidade de partículas de madeira e, conseqüentemente, à maior densificação do material durante o processo de prensagem.

Conforme comentado anteriormente a razão de compactação, dentro da faixa correta, ou seja, entre 1,3 a 1,6 garante uma área de contato satisfatória entre as partículas do material e a densificação necessária para a formação do painel (IWAKIRI, 2005). Valores acima de 1,6 melhoram as propriedades de resistência, porém, as propriedades físicas serão afetadas de forma negativa em função da maior taxa de compressão exercida sobre o material durante o processo de prensagem dos painéis (IWAKIRI et al., 2006).

Quando o material é mais denso, resulta em uma baixa razão de compactação, prejudicando as propriedades do painel, pois a área de superfície de contato entre partículas é insuficiente para garantir propriedades satisfatórias. Com isso torna-se necessário alterar outras variáveis do processo como aumentar o teor de resina, porém o custo de produção será elevado (MENDES, 2001).

A geometria das partículas pode determinar certas características das chapas principalmente, as mecânicas. As partículas, por exemplo, podem ser do tipo “sliver”, “flake”, “wafer” e “strand” (IWAKIRI, 2005). A resistência mecânica de uma chapa é afetada pela geometria das partículas, como nos testes de flexão estática, tração paralela e perpendicular à superfície da chapa. As partículas que apresentam comprimentos muito grandes geram problemas na secagem, aplicação de adesivo, e formação do colchão, pois se tornam volumosas, entopem equipamentos, dificultam o transporte do material (ARAUJO et al., 2019). Consta na literatura que partículas mais “cúbicas” têm um efeito

positivo na ligação interna, enquanto os módulos de elasticidade - MOE e MOR são incrementados com partículas mais alongadas (MIYAMOTO et al., 2002; ARABI et al., 2011)

Para painéis produzidos com bambu (*Dendrocalamus asper*) e diferentes granulometrias e proporções, foi verificado que o tamanho das partículas utilizadas nas composições influenciou de forma significativa na absorção de água (2 e 24 horas), inchamento em espessura (2 horas), módulo de ruptura e módulo de elasticidade (BAZZETTO et al., 2019).

Destaca-se ainda o teor de umidade das partículas. É de extrema importância verificar o teor de umidade das partículas na fase da prensagem a quente, para evitar problemas como delaminação ou “estouro” no painel. Recomenda-se teor médio de umidade das partículas entre 3 a 5%, porém, após a mistura com o adesivo UF, o teor aumenta para valores entre 8 e 14% (IWAKIRI, 2005).

A distribuição de umidade no colchão de partículas contribui significativamente para as propriedades finais das chapas. No caso do MDP, se ocorrer variação da umidade em relação às camadas (externas e internas) que formam as chapas, aquelas externas com maior teor de umidade serão mais densificadas e essas chapas apresentarão maior resistência e rigidez a flexão em relação as prensadas com teor de umidade uniforme do colchão (MALONEY, 1977).

A NBR 14810-1 (ABNT, 2018) define o termo adesivo ou resina como substância utilizada com o objetivo de aderir partículas de madeira em um painel, podendo ser orgânica ou inorgânica. É o componente mais caro na fabricação dos painéis, por isso recomenda-se que seja utilizada menores quantidades na manufatura, desde que não tenha interferências nas propriedades tecnológicas (BUFALINO, 2010). A quantidade de adesivo que será utilizada no processo é determinada em função do conteúdo de sólido resinoso e com base no peso seco das partículas, que pode variar entre 6 e 12%. É necessário controlar a quantidade de adesivo que será aplicado nas partículas, bem como assegurar a homogeneidade em relação a distribuição do mesmo, com o objetivo de gerar propriedades uniformes sobre toda a extensão do painel (MALONEY, 1977; IWAKARI, 2005). Ressalta-se que quanto maior o teor de adesivo melhores serão as propriedades tecnológicas dos painéis.

Para uma mistura de 75% de partículas de bambu e 25% de bagaço de cana-de-açúcar encoladas com adesivo à base de uréia-formaldeído (UF) com três teores de sólidos (10, 12 e 14%), com base na massa seca das partículas, foi verificado que o aumento no

teor do adesivo melhorou todas as propriedades tecnológicas dos painéis avaliados, inclusive os perfis de densidade (BRITO; BORTOLETTO JÚNIOR, 2019).

Grande parte da indústria de painéis aglomerados utiliza adesivos sintéticos, especialmente, à base de ureia-formaldeído (UF). O adesivo à base de UF é indicado para fabricação de produtos que serão utilizados em ambiente interno. Possuem baixa resistência à umidade, e são obtidas pela condensação de formaldeído com a ureia. Esta substância, por ser oriunda de derivados de petróleo, apresenta um custo elevado, interferindo no custo total dos painéis (GONÇALVES, 2012; SILVA et al., 2019).

As principais propriedades dos adesivos que influenciam diretamente na colagem da madeira são a viscosidade, tempo de trabalho, teor de substâncias sólidas e pH (ALMEIDA et al., 2010). Atualmente há vários estudos sendo desenvolvidos em instituições que versam sobre os bioadesivos. Em função da toxicidade do formaldeído é necessário diminuir o uso de resinas sintéticas para que a toxicidade ao ser humano e os impactos da ecotoxicidade inerentes ao seu uso sejam minimizados (SOUZA et al., 2018).

Após a formação do colchão os painéis serão submetidos a prensagem, etapa essencial no processo de produção, uma vez que determina a espessura, densidade final e transfere calor, que proporciona a cura da resina (adesivo) e consolidação do painel (CALEGARI et al., 2005). Os parâmetros do processo (tempo de prensagem, temperatura e pressão) influenciam na estrutura do colchão de partículas, refletindo na qualidade dos painéis.

O tempo de prensagem é contabilizado a partir do momento em que os pratos tocam a superfície do colchão de partículas, determinando sua espessura até a abertura dos mesmos. Esse tempo varia em torno de 6 a 12 minutos e deve ser suficiente para que o centro da chapa atinja a temperatura ideal para a cura da resina e para a migração da umidade pelas bordas da chapa (SILVA et al., 2006; MENDES et al., 2006).

A temperatura de prensagem dos painéis tem a função de processar a polimerização, cura da resina e plasticização da madeira reduzindo a resistência a compressão e facilitando a consolidação do colchão até a espessura final do painel (IWAKARI, 2005). A taxa de calor é transferida da camada externa para o interior da chapa. Nos primeiros instantes de prensagem, ocorre a formação de vapor nas faces do colchão, plasticizando a madeira e facilitando sua compressão. O centro do painel durante esse período está frio e resistindo à compressão, entretanto, quando o mesmo atinge a

temperatura que permitiria uma maior compactação, a chapa já atingiu a espessura desejada e não será mais compactado (KELLY, 1977).

A função principal da pressão é a densificação e consolidação do colchão, pelo maior contato entre as partículas até a espessura final das chapas. A importância da pressão aplicada sobre as partículas deve-se a influência que exerce sobre a área de contato do material e sobre a consolidação do painel pela compressão das partículas até a espessura desejada (MALONEY, 1977).

O tempo de fechamento da prensa é o tempo transcorrido a partir do contato dos pratos da prensa com a superfície do colchão, até atingir a espessura final do painel. Quanto menor o tempo de fechamento, maior será o gradiente vertical de densidade, ou seja, maior a densificação das camadas superficiais do painel em relação as camadas internas (IWAKARI, 2005).

Para os efeitos da temperatura e do tempo de prensagem à quente em um adesivo composto por tanino e sacarose para painéis de partículas, Zhao e Umemura (2015) notaram que as melhores condições foram para a temperatura de 220 °C e tempo de 10 minutos, tendo as propriedades físicas do aglomerado atingido o requisito da norma utilizada pelos pesquisadores.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA 14810

A NBR 14810-1 (ABNT, 2018) foi elaborada no Comitê Brasileiro de Madeira (ABNT/CB-31), pela Comissão de Estudo de Painéis de Partículas de Média Densidade (CE-31:000.18). A ABNT NBR 14810-1, sob o título geral “Painéis de partículas de média densidade”, tem previsão de conter as seguintes partes: – Parte 1: Terminologia; – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio.

Os painéis de partículas de média densidade são classificados em seis tipos, em que cada um relaciona as condições de umidade que os painéis serão expostos e o fato de serem estruturais ou não. Os painéis podem ser não estruturais para uso interno em condições secas (P2); painéis não estruturais para uso em condições úmidas (P3); painéis estruturais para uso em condições secas (P4); painéis estruturais para uso em condições úmidas (P5); painéis estruturais para uso em condições severas de carga, em condições

secas (P6); painéis estruturais para uso em condições severas de carga, em condições úmidas (P7).

Na última edição da norma publicada em 12/12/2018, constam alguns testes físicos e mecânicos indicados para verificar a qualidade dos painéis, como a densidade, absorção de água, inchamento em espessura, flexão estática, tração perpendicular, arrancamento de parafuso (topo e superfície). Para cada propriedade indica-se um valor mínimo estipulado pela norma, que varia conforme o tipo de painel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto, essa pesquisa se insere no contexto de revisão de painéis aglomerados que foram conquistando espaço e inseridos no cotidiano das pessoas para serem utilizados como embalagens, estruturas leves na construção civil, *forros para ambientes internos protegidos da umidade direta*, movelarias, indústria naval dentre outras. As melhorias tecnológicas para produção de painéis foram aumentando com o decorrer do tempo, com a modernização do parque fabril.

É importante entender as influências das variáveis relacionadas a matéria prima e ao processo, que vão interagir na produção dos painéis. Outro ponto a ser destacado é o controle de qualidade dos painéis que pode ser por meio de Normas. No Brasil encontra-se em vigência a NBR 1480 (ABNT, 2018) que estabelece requisitos e metodologias para o controle de qualidade do processo de produção dos painéis.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, B. C.; CASTRO, V. G. Painéis aglomerados de baixa densidade para isolamento térmico produzidos com resíduo de marcenaria. **Revista do Instituto Florestal**. v. 34, n. 1 p. 75-80, 2022.

ALMEIDA, N. F.; MORI, F. A.; GOULART, S. L.; MENDES, L. M. Estudo da reatividade de taninos de folhas e cascas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Sciencia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 401-408, 2010.

ARABI, M.; FAEZIPOUR, M., LAYEGHI.; ENAYATI, A. A. Interaction analysis between slenderness ratio and resin content on mechanical properties of particleboard. **Journal of Forestry Research**, v. 22, p. 461-464, 2011.

ARAUJO, C. K. C.; Campos, C. I.; Camargo, S. K. C. A.; Camargo, B. S. Caracterização mecânica de painéis particulados de média densidade produzidos a partir de resíduos de madeira. *Revista Gestão Industrial*, v. 15, n. 1, p. 197-211, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-1**: Painéis de partículas de média densidade - Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2018a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: Painéis de partículas de média densidade - Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2018b.

BAZZETTO, J. T. L., BORTOLLETO JÚNIOR, G., BRITO, F. M. S. Effect of particle size on bamboo particle board properties. *Floresta e Ambiente*, v. 26, n. 2, 2019.

BORGES, I. O., MIRANDA, E. H. N.; BRITO, F. M. S.; ALTAFIN, N. C. S.; MENDES, L. M.; GUIMARAES JUNIOR, J. B. Potencial de utilização de resíduos da cultura de soja tratados com água e hidróxido de sódio para produção de painéis aglomerados. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 2, e29511225762, 2022.

BRITO, F. M. S.; BORTOLETTO JUNIOR, G. Thermal modification of sugarcane waste and bamboo particles for the manufacture of particleboards. *Revista Árvore*, v. 43, n. 1, 2019.

BRITO, F. M. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; PAES, J. B.; BELINI, U. L.; TOMAZELLO-FILHO, M. Technological characterization of particleboards made with sugarcane bagasse and bamboo culm particles. *Construction and Building Materials*, v. 262, 2020.

BUFALINO, L. **Avaliação da permeabilidade e sua influência sobre propriedades físicas e de colagem em painéis aglomerados**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CALEGARI, L.; HASELEIN, C. R.; HACK, C.; GATTO, D.A.; BARROS, M.V; SANTINI, E. J. Monitoramento da temperatura no interior de chapas aglomeradas durante o processo de prensagem. *Ciência Florestal*, v. 15, n. 2, p. 157-166, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 03 out. 2023.

GONÇALVES, F. G. **Painéis aglomerados de madeira de *Acacia mangium* com adesivos de ureiaformaldeído e tanino em pó da casca de *Acacia mearnsii***. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

GUIMARÃES, I. L.; VELOSO, M. C. R. A.; LISBOA, F. J. N.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; FARRAPO, C. L.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Aproveitamento do casquilho de soja para a produção de painéis aglomerados convencionais de baixa densidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, n. 2, e5643, 2019.

IWAKIRI, S.; VIANEZ, B. F.; WEBER, C.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V. C. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. *Acta Amazônica*, v. 42, n. 1, p. 59-64, 2012.

HILLIG, E.; HASELEIN, C.R.; SANTINI, E. J.; Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia-negra. *Ciência Florestal*, v. 12, n. 1, p. 59 -70, 2002.

HASELEIN, C. R.; CALEGARI, L.; BARROS, M. V.; HACK, C.; HILLIG, É.; PAULESKI, D. T.; POZZERA, F. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeiras de diferentes dimensões. *Ciência Florestal*, v. 12, n. 2, p. 127-134, 2002.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. R. M.; MATOSKI, S. L. S, LEONHADT, G. Produção de chapas de madeira aglomerada. *Revista da madeira*, n. 99, 2006. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=967&subject=Pain> . Acesso em: 25 out 2023.

IWAKIRI, S.; SILVA, L. S.; TRIANOSKI, R.; BONDUELLE, G. M.; ROCHA, V, Y. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “paricá” e *Cecropia hololeuca* “embaúba” para produção de painéis cimento-madeira. *Cerne*, v. 18, n. 2, p. 303-308, 2012.

ISMAIL, I.; FITRI1, N.; MURSAL, S. H. S.; FADZULLAH, M. Thermal conductivity of rice straw polypropylene. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, v. 1087, n. 1, p. 012073, 2021.

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

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; RAIA, R. Z.; KEINERT, A. C.; PAULA, C. R. P.; PROTZEK, G. R.; KOBYLARZ, R. SCHWEITZWE, V. R. Produção de painéis aglomerados de *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600) em mistura com três espécies de Eucalyptus utilizadas pelas indústrias de São Paulo. *Scientia Forestalis*, v. 46, n. 117, p. 31-39, 2018.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; NASCIMENTO, C. C.; JUIZO, C. G. F.; LENGOWSKI, E. C.; BILCATI, G. K., GONÇALVES, T. *Painéis aglomerados produzidos com seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia*. *Madera y Bosques*, v.24, n.3, 2018.

KELLY, M. W. *Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard*. Madison: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 37-44, 1977. (General Technical Report FPL-10).

KLIMEK, P.; WIMMER, R.; MEINLSCHMIDT, P.; KUDELA, J. Utilizing *Miscanthus* stalks as raw material for particleboards. *Industrial Crops and Products*, v. 111, p. 270-276, 2018.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard e dry-process fiberboard manufacturing**. 2 ed. San Francisco: Miller Freeman Publication, 1993, 689 p.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454p.

MATTOS, R. L. G., GONÇALVES, R. M., CHAGAS, F. B. Painéis de madeira Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, 2008.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974, 244 p.

MENDES, L. M.; SILVA, G. A.; TRUGILHO, P. F.; SALDANHA, L. K.; MORI, F. A.; PÁDUA, F. A. Influência do teor de resina, temperatura e tempo de prensagem na umidade de equilíbrio de painéis de partículas de madeira. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 329 - 335, 2006.

MENDES, L. M. **Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MIYAMOTO, K.; NAKAHARA, S.; SUZUKI, S. Effect of particle shape on linear expansion of particleboard. **Journal of Wood Science**, v. 48, p. 185-190, 2002.

NIEKERK, I.A.; PIZZI, A. Characteristic industrial technology for exterior *Eucalyptus* particleboard. **Holz als Roh nd Werkstoff**, v.52, n.2, p.109-112, 1994.

NOCE, R.; OLIVEIRA, J. M.; CARVALHO, R.M.M. A.; SILVA, M.L.; REZENDE, J. L.R.; MENDES, L. M.; BARBOSA, T.R.C.G. Análise de tendência do mercado internacional de aglomerado. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.245-250, 2008.

REVISTA DA MADEIRA - REMADE. Mercado de produtos madeireiros certificados na indústria de painéis. 140. ed. [S. l.], 2014. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1779&subject=R_M_Digital&title=Revista%20da%20Madeira%20Digital. Acesso em: 7 out. 2023.

SANTIAGO, S. B.; GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; SEGUNDINHO, P. G. A.; PAES, J. B.; ARANTES, M. D. C. Colagem de madeira de eucalipto com adesivos naturais. **Revista Matéria**, v.23, n.3, e-12151, 2018.

SILVA, D. A. L., GARCIA, R. P., FREIRE, F. M. C. S., OMETTO, A. R., VARANDA, L. D. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de painéis de madeira: uma revisão bibliográfica com foco sobre a importância e as necessidades para o contexto brasileiro. *In*: ROCCO LAHR, F. A.; CHRISTOFORO, A. L. (Orgs). **Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos**. São Carlos: EESC/USP, 2013. cap. 6, p. 125-265.

SILVA, G. C.; LELIS, R. C. C.; OLIVEIRA, G. L.; SILVA, B. C.; LOSSANO, W. C. S.; ABREU, H. S. Propriedades de adesivo aplicado em painéis a partir da substituição por lignossulfonato do processo sulfito. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 1, p. 322-335, 2019.

SOUZA, AMÓS M.; NASCIMENTO, M. F.; ALMEIDA, D. H.; SILVA, D. A. L.; ALMEIDA, T. H.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Wood-based composite made of wood waste and epoxy based ink-waste as adhesive: A cleaner production alternative. *Journal of Cleaner Production*, v. 193, p. 549-562, 2018.

SILVA, G. A; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P.T; MORI, F.A.; SANTOS, I. F.; PÁDUA, F.A. Efeito de algumas variáveis de processamento nas propriedades físicas de painéis de madeira de partículas alongadas. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 1, p. 51 - 60, 2006.

YOUNGQUIST, J. A. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999, 463 p.

ZHAO, Z.; UMEMURA, K.; KANAYAMA, K. Effects of the addition of citric acid on tannin-sucrose adhesive and physical properties of the particleboard. *BioResources*, v. 11, n. 1, p. 1319-1333, 2015.