



VINÍCIUS NOGUEIRA MENDES

**DESEMPENHO DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM MADEIRA DE
PINUS OOCARPA E CIGARRO INDUSTRIALIZADO**

**LAVRAS – MG
2023**

VINÍCIUS NOGUEIRA MENDES

**DESEMPENHO DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM MADEIRA DE
PINUS OOCARPA E CIGARRO INDUSTRIALIZADO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de bacharel.

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

VINÍCIUS NOGUEIRA MENDES

**DESEMPENHO DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM MADEIRA DE
PINUS OOCARPA E CIGARRO INDUSTRIALIZADO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de bacharel.

Aprovada em 13 de julho 2023

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade de painéis produzidos com diferentes proporções de partículas de madeira de *Pinus oocarpa* e resíduos de cigarro industrializado. A madeira foi proveniente de um campo experimental e os resíduos de cigarro foram obtidos por meio de uma doação. As partículas foram misturadas em diferentes proporções (100% de partículas de pinus, 90% de partículas de pinus e 10% de partículas de cigarro, 80% de partículas de pinus e 20% de partículas de cigarro, 70% de partículas de pinus e 30% de partículas de cigarro). Os resultados demonstraram que o acréscimo de partículas de cigarro nos painéis demonstrou instabilidade dimensional e nenhum dos tratamentos atingiram o valor mínimo especificado pela NBR 14810 (ABNT, 2013) para o IE. Todas as propriedades mecânicas avaliadas demonstraram redução nos valores com a adição das partículas de resíduos de cigarro e os valores obtidos não atenderam ao mínimo especificado pela norma utilizada. Em relação a ligação interna apenas os painéis do tratamento T2 atingiram o valor mínimo requerido pela norma brasileira. A resistência térmica dos painéis aumentou com a inclusão das partículas de resíduos de cigarro, porém o efeito foi baixo em função do R2.

Palavras-chave: Propriedades físico-mecânicas, adesivo uréia-formaldeído, composição de painéis.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality of panels produced with different proportions of *Pinus oocarpa* wood particles and industrial cigarette waste. The wood came from an experimental field and the cigarette waste was obtained through a donation. The particles were mixed in different proportions (100% pine particles, 90% pine particles and 10% cigarette particles, 80% pine particles and 20% cigarette particles, 70% pine particles and 30% cigarette particles). The results showed that the addition of cigarette particles in the panels showed dimensional instability and none of the treatments reached the minimum value specified by NBR 14810 (ABNT, 2013) for TS. All the evaluated mechanical properties showed a reduction in values with the addition of cigarette waste particles and the values obtained did not meet the minimum specified by the standard used. Regarding the internal connection, only the panels of the T2 treatment reached the minimum value required by the Brazilian standard. The thermal resistance of the panels increased with the inclusion of cigarette waste particles, but the effect was low as a function of R2.

Keywords: Physical-mechanical properties, urea-formaldehyde adhesive, panel composition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Painel aglomerado constituído com 70% de partículas de madeira e 30% de resíduos de cigarro	16
Figura 2 - Imagens da estrutura interna dos painéis obtidas por análises em microscópio óptico de luz: A) Painéis compostos com 100% de partículas de pinus; B) Painéis compostos com 90% de partículas de pinus e 10% de partículas de cigarro, C) Painéis compostos por com 80% de partículas de pinus e 20% de partículas de cigarro; D) Painéis compostos por com 70% de partículas de pinus e 30% de partículas de cigarro.....	19
Figura 3 - Análise de regressão linear para densidade aparente e razão de compactação em função da percentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.....	20
Figura 4 - Análise de regressão linear para absorção de água em 2 e 24 horas, em função da percentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis	22
Figura 5 - Análise de regressão linear para inchamento em espessura em 2 e 24 horas, em função da percentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis	23
Figura 6 - Análise de regressão linear para modulo de ruptura, em função da percentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.....	25
Figura 7 - Análise de regressão linear para modulo de elasticidade, em função da percentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.....	25
Figura 8 - Análise de regressão linear para ligação interna em função da percentagem de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis	27
Figura 9 - Análise de regressão linear para condutividade térmica em função da percentagem de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento experimental para a produção dos painéis aglomerados	17
Tabela 2 - Valores médios dos componentes químicos encontrados na madeira de <i>P. oocarpa</i>	37

LISTA DE ABREVIACOES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
cm²	Centímetros Quadrados
cm³	Centímetros Cúbicos
LI	Ligação Interna
m³	Metros Cúbicos
MLCC	Madeira Laminada Colada Cruzada
MOE	Módulos de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
NBR	Norma Brasileira
RC	Ração de Compactação
SRF	Receita Federal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Origem e coleta do material	15
3.2 Processamento mecânicos do material	15
3.3 Densidade básica e Análise química das partículas de madeira	15
3.4 Produção dos painéis aglomerados	16
3.5 Análise microestrutural e propriedades físico-mecânicas dos painéis.	17
3.6 Análise experimental dos dados	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Densidade básica da madeira de pinus	18
4.2 Análise química	18
4.3 Análise microestrutural dos painéis	19
4.4 Propriedades físicas dos painéis aglomerados	20
4.5 Propriedades mecânicas e resistência térmica dos painéis aglomerados	24
5. CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

O tabagismo é responsável pela morte e adoecimento de milhões de pessoas anualmente. Aproximadamente 8 milhões de pessoas faleceram em função das doenças relacionadas ao uso de tabaco, no ano de 2017, no mundo inteiro (MORAIS *et al.*, 2022). Em 2021, foram apreendidos e destruídos cerca de 307 milhões de maços de cigarros contrabandeados, o que corresponde a um volume aproximado de 42 mil m³. A norma da SRF que regulamenta as atividades de combate ao comércio ilegal de cigarros e estabelece que sejam adotadas formas de destruição que resultem em resíduos que possam ser reutilizáveis e recicláveis e torne uma atividade economicamente viável (RECEITA FEDERAL, 2022).

Os cigarros possuem na sua composição o papel, que é constituído por fibras de origem vegetal, formadas por celulose. Logo, pode-se considerar sua utilização como matéria-prima para produção de painéis aglomerados, uma vez que qualquer material que tenha composição química semelhante a madeira pode ser utilizado para este fim. Vários materiais já foram utilizados associados, ou não, a madeira para produção de painéis, tais como: pistache (BRITO *et al.*, 2021), sabugo de milho (OLIVEIRA *et al.*, 2021), bagaço de cana de açúcar (BRITO *et al.*, 2021), casca de amendoim (BRITO *et al.*, 2022), soja (BORGES *et al.*, 2022) dentre outros.

O painel aglomerado é um produto engenheirado fabricado com partículas de madeira, encoladas com adesivo sintético ou outro aglutinante adequado e consolidado por meio de temperatura e pressão em prensas automatizadas (LEE *et al.*, 2022). A fabricação dos painéis utilizando cavacos de madeira fornecem uma distribuição homogênea de propriedades mecânicas em todos pontos do painel (ASTARI *et al.*, 2019). O aglomerado é um dos principais produtos à base de madeira no comércio mundial. Sua demanda global e produção tem apresentado uma tendência ascendente nos últimos anos (LEE *et al.*, 2022). Atualmente as matérias-primas mais utilizadas para a produção de painéis nas indústrias são madeira de pinus e eucalipto. O Brasil produziu 3,560 milhões de m³ de painéis aglomerados em 2021 (FAOSTAT, 2022), que são largamente utilizados em móveis, decoração de interiores e para construção (OWODUNNI *et al.* 2020, TASCIOGLU *et al.* 2018).

Nesta perspectiva, esta é uma pesquisa inovadora, pois propõe a utilização de cigarros industrializados que foram apreendidos ilegalmente pela polícia civil e doados a Universidade. Os cigarros foram utilizados como reforço em painéis aglomerados de pinus. O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a qualidade de painéis aglomerados produzidos com madeira de *Pinus oocarpa* e diferentes proporções de partículas de cigarro industrializado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os painéis aglomerados foram desenvolvidos na Alemanha em 1940, durante o período da Segunda Guerra Mundial, onde a escassez de madeira de boa qualidade e com diâmetros suficientes, os motivaram a desenvolver esse tipo de tecnologia. Tão logo foi concebido e iniciado sua produção, a mesma foi estagnada devido à resina utilizada se basear totalmente em matéria-prima advinda da indústria petrolífera, e essa ser prioridade de guerra. Após este período, as indústrias de aglomerado avançaram muito, principalmente em países como Alemanha e Estados Unidos; sendo que ambos respectivamente contribuem atualmente com 17% e 14% da produção Mundial.

Segundo a ABIPA (2002), no Brasil existem, atualmente, sete grandes empresas que produziram em 2001, mais de 1,8 milhões de metros cúbicos de chapas, correspondendo a cerca de 2% da produção mundial. Esse valor mostra que os painéis particulados têm muito espaço ainda para crescimento, haja vista o potencial florestal brasileiro, principalmente no que se refere à madeira advinda de reflorestamento. Na atualidade o painel aglomerado é uma das principais matérias-primas para o setor moveleiro brasileiro.

Maloney (1993) citado por Iwakiri (2005) relatam que os aglomerados convencionais apresentam as seguintes vantagens em relação à madeira maciça: Minimização dos efeitos de anisotropia; possibilidade de eliminação de fatores que diminuem a resistência da madeira; menores exigências no que se refere à matéria-prima; através do controle das variáveis de produção pode-se adequar às propriedades físico-mecânicas do painel. As desvantagens desses elementos são: Superfície e bordas grosseiras; baixa qualidade na usinagem; não se adequar à introdução de pregos; pode-se esfurelar com uso inadequado de dobradiças e parafusos e apresenta baixa resistência a umidade. Apesar dos problemas mencionados acima, com o decorrer do tempo, foram incorporadas novas tecnologias, como o uso de parafina, controle do gradiente de densidade e sistemas de parafusamento mais eficientes, visando minimizar tais problemas.

Os painéis aglomerados caracterizam-se pela transformação da madeira em pequenas partículas que secas e misturadas com resina sintética termofixa e distribuídas aleatoriamente entre si, são conformadas sob calor e pressão gerando um painel (MOSLEMI, 1974; TSOUMIS, 1991).

A espécie botânica é uma das mais importantes variáveis presentes no processamento de painéis. Ela interage com todas variáveis no processo e, determina quanto o painel pode ser

reduzido em massa específica. Em primeiro lugar é a espécie que reflete o tipo de matéria prima disponível além de controlar o tipo de partícula que pode ser produzida economicamente.

Zobel e Van Buijtenen (1989) relatam que há variação entre e dentro da espécie, tornando-a mais heterogênea. Todavia essa heterogeneidade é diminuída, em sua maior parte, quando o material é reduzido a partículas e posteriormente reconstituído.

Existe uma relação direta entre a espécie utilizada e a razão de compactação do painel. Este indica o grau de densificação das partículas de madeira na estrutura do painel, afetando a qualidade e propriedades destes.

A massa específica é considerada a propriedade física da madeira mais importante relacionada à espécie, sendo fator determinante na utilização da matéria-prima para a confecção de painéis (KELLY, 1977).

Segundo Maloney (1993), madeiras de menores densidades levam a produção de painéis dentro de uma faixa adequada de massa específica, além de apresentarem propriedades de resistência maiores que espécies de maior massa específica.

Para Lynam (1959), a massa específica da madeira tem efeitos tanto sobre o volume de matéria-prima utilizada quanto à quantidade de resina a ser aplicada. Painéis de igual massa específica podem ser feitos com menor volume de madeira densa do que madeira mais leve, em razão de permitir menor compressibilidade.

Quanto à relação do adesivo, madeiras de alta massa específica, produzem menor área de partículas, diminuindo a quantidade aplicada de adesivo, contudo, tem-se também menor área de contato entre as partículas, em razão do menor número destas para um mesmo peso, o que conduz a formação de chapas com menor resistência mecânica. Assim, deve-se aumentar a densidade da chapa ou a quantidade aplicada de adesivo. No primeiro caso, têm-se chapas muito pesadas para um mesmo volume e, no segundo, não se terá à esperada economia de adesivo.

Quimicamente pode-se destacar na madeira os extrativos, que se apresentam como fator que influenciam na produção de chapas aglomeradas. Eles não fazem parte da estrutura da madeira, e incluem taninos e outros polifenólicos, substâncias corantes, óleos essenciais, gorduras, resinas, graxas, gomas, amido etc. Os extrativos na madeira variam, em proporção quantitativa, de 5 a 30%, e podem ser removidos por solventes adequados (SJOSTRON, 1993).

Diversas pesquisas têm sido conduzidas, ao longo dos anos, sobre as variações e os tipos de extrativos nas espécies. Muito pouco dessas informações têm sido relacionadas à manufatura de painéis de partículas de madeira (MALONEY, 1993).

Nos casos onde os tipos de extrativos, e suas variações quantitativas, representam uma importante parte no processo produtivo, problemas podem ocorrer no consumo de resina e na

sua taxa de cura. Adicionalmente podem ser observadas baixas resistências à umidade em produtos acabados, bem como problemas relacionados com o estouro de painéis durante a prensagem. Tais problemas, devem ser avaliados, quando do uso de espécies que possuam extrativos que afetem negativamente o processo de composição do painel (MALONEY, 1993).

Espécies com baixo conteúdo de extrativos são as mais desejadas para a produção de aglomerados convencionais. Em geral, as espécies de alto teor de extrativos são propensas a estouros no final do ciclo de prensagem. Os extrativos podem também interferir na cura da resina, além de resultar numa linha de cola de baixa resistência entre as partículas (CLOUTIER, 1998).

A acidez da madeira é uma outra importante variável que requer atenção, sendo avaliada pelo nível de pH e capacidade compensadora. Condições químicas apropriadas devem ser determinadas na montagem do painel, para a cura da resina propriamente dita pois, isto é importante, principalmente, nas empresas que empregam resinas Uréia-Formaldeído. Essas condições são dependentes, em parte, de certa extensão de acidez no processo de cura (MALONEY, 1993).

Para a propriedade massa específica dos painéis, pode-se dizer que de modo geral os painéis aglomerados são confeccionados no intervalo de 0,4 a 0,8 g/cm³. A massa específica do painel está relacionada com a massa específica da madeira e a taxa de compressão, além da umidade do colchão e outros fatores; exercendo influencias nas propriedades mecânicas.

Alguns autores tais como Kollmann *et al.* (1975) e Haselein (1989), confirmam terem encontrado uma relação linear positiva entre a massa específica da chapa e as propriedades de resistência à flexão (MOE e MOR).

Pesquisa realizada por Albuquerque (2002), para painéis aglomerados com densidades de 0,5; 0,7 e 0,9 g/cm³, constatou aumento nos valores de ligação interna, flexão estática e inchamento em espessura, para painéis com maiores densidades. Por outro lado, os valores de absorção de água diminuíram com o aumento na densidade dos painéis.

Haselin *et al.* (2002), obtiveram MOE que ficou no intervalo de 19.006 e 30.303 kgf/cm² para as massas específicas de painéis variando de 0,68 a 0,72 g/cm³, para materiais de *Pinus ellioti*.

Uma classificação dos painéis aglomerados foi realizada com base na massa específica dos mesmos, sendo: Painéis de baixa densidade aqueles abaixo de 0,59 g/cm³; média densidade aqueles dentro do intervalo de 0,59 a 0,80 g/cm³ e os de alta massa específica, acima de 0,80 g/cm³ (IWAKIRI, 2005).

Outra variável fundamental na confecção dos particulados se refere a razão de compactação, que pode ser definida como o quociente da massa específica do painel pela da madeira. Normalmente quanto maior for essa variável, as propriedades mecânicas são melhoradas. Já as propriedades físicas são pioradas, em virtude da maior quantidade de partículas sofrendo compressão, quando a água entra nesta estrutura causa liberação dessas forças, promovendo maiores inchamento em espessura e absorção de água. Vital *et al.* (1974) concluíram que painéis com maior razão de compactação (1,6), apresentaram menor absorção de água que painéis com menor razão de compactação (1,2). Eles atribuíram à redução na porosidade e aumento na quantidade de material lenhoso, como prováveis causas da menor taxa de absorção de água.

Iwakiri *et al.* (2001) desenvolvendo pesquisa para avaliar o potencial de utilização de cinco espécies de pinus tropicais para produção de chapas de madeira aglomerada. As espécies estudadas foram *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus tecunumannii* e mistura destas. Os particulados foram produzidos com resina uréia-formaldeído, com massa específica nominal de 0,70 g/cm³. As chapas de *Pinus caribaea* apresentaram maiores valores médios de absorção de água e inchamento em espessura. O *Pinus tecunumannii* foi a espécie que apresentou maior ligação interna das chapas com 10,54kgf/cm². Para os módulos de elasticidade e ruptura não foram constatadas diferenças estatísticas entre as espécies, no entanto, a maior média absoluta para estas propriedades foi obtida para chapas de *Pinus maximinoi*, com 32148,52kgf/cm². Os autores ainda concluíram que todas as propriedades mecânicas ficaram acima daquelas exigidas em norma, sendo um bom indicativo do potencial dessas espécies na confecção de aglomerados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem e coleta do material

Foram abatidas três árvores de *Pinus oocarpa* com auxílio de um motosserra, com idades próximas de 20 anos, cultivadas no Campus universitário, sob as coordenadas 21° 14' 45" S 44° 59' 59" W e altitude de 920 m. Os resíduos de cigarro foram obtidos por meio de uma doação da Polícia Civil, resultado de uma apreensão ilegal do produto.

3.2 Processamento mecânicos do material

De cada árvore coletada, foram retirados discos nas alturas correspondentes a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial para a caracterização química. Os discos foram encaminhados ao laboratório, para serem seccionados em quatro partes, com o auxílio de uma serra fita, obtendo duas cunhas opostas para análise química. Já os toretes, ficaram imersos em um tanque com água por um período de 48 horas com temperatura de 85 °C, para promover o cozimento e consequentemente, o amolecimento da madeira para facilitar o processo de laminação.

As lâminas foram geradas em torno laminador, com espessura nominal de 2 mm e, em seguida foram secas naturalmente e em estufa, até atingirem o teor de umidade de 5%. Após a secagem, as lâminas foram moídas em moinho do tipo martelo, obtendo-se assim as partículas. A fração selecionada foi aquela que passou pela peneira de 40 e ficaram retidas na de 60 mesh.

O resíduo de cigarro foi triturado e moído utilizando-se um moinho de facas. Foram utilizadas as partículas com o mesmo tamanho das partículas da madeira de *Pinus oocarpa*. As partículas foram secas em estufa com circulação forçada de ar em temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem teor médio de umidade de 5%.

3.3 Densidade básica e Análise química das partículas de madeira

A densidade básica da madeira de *Pinus oocarpa* foi determinada conforme as designações da norma técnica NBR 11.941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas 2003). Foram utilizadas seis amostras para determinação desta propriedade.

A análise das propriedades químicas dos materiais foi realizada em triplicatas. Determinando assim, os extrativos totais (ET), a lignina insolúvel (LI) e o teor de cinzas (CI) de acordo com a NBR 14853 (ABNT, 2010), NBR 7989 (ABNT, 2010) e NBR 13999 (ABNT,

2017), respectivamente. O percentual de holocelulose será obtido por meio do somatório dos níveis de lignina (LI), extrativos (ET) e cinzas (CI), subtraídos de 100.

3.4 Produção dos painéis aglomerados

Os painéis aglomerados foram produzidos com densidade nominal de 0,75 g/cm³ e dimensões de 300 × 300 × 15 mm. As partículas foram misturadas em diferentes proporções (100% de partículas de pinus, 90% de partículas de pinus e 10% de partículas de cigarro, 80% de partículas de pinus e 20% de partículas de cigarro, 70% de partículas de pinus e 30% de partículas de cigarro). Utilizou-se o adesivo a base de uréia formaldeído com teor de sólidos de 12% em relação a massa seca das partículas. As características do adesivo foram: teor de sólidos de 64,60%, viscosidade de 480 cP, gel time de 51 segundos e pH de 8,55, descrições presentes na ficha técnica que acompanhava o produto.

Após a mistura manual do adesivo com as partículas, procedeu-se ao arranjo do material dentro de uma caixa de madeira formadora de colchão. O colchão foi pré-prensado a frio em prensa hidráulica com pressão de 4 Mpa, durante 10 minutos, para retirada de ar e pré-consolidação dos painéis. Em seguida foi transportado até a prensa automática. Os parâmetros do ciclo de prensagem foram: pressão de 4,0 MPa, temperatura de 180°C e tempo de 15 minutos (Figura 1). Foram produzidos doze painéis com as seguintes dimensões: 20 x 20 x 1,5 (largura x comprimento x espessura, respectivamente).

Figura 1 - Painel aglomerado constituído com 70% de partículas de madeira e 30% de resíduos de cigarro



Fonte: O Autor, 2023

Os painéis foram acondicionados em sala climatizada 20 ± 2 °C e umidade relativa de $65 \pm 3\%$ até a cura final do adesivo e padronização da umidade. Em seguida, foram submetidos ao processo de esquadreamento para a retirada dos efeitos de bordas e, posteriormente, na serra circular para a retirada dos corpos-de-prova e posterior avaliação dos painéis.

3.5 Análise microestrutural e propriedades físico-mecânicas dos painéis.

Os painéis foram visualizados no microscópio óptico de luz composto Leica DM4000B (LM) acoplado com câmera digital Moticom X – Moticom Europe CMOS com aumento de 100x. Avaliou-se a região fraturada obtida por meio do teste de ligação interna.

Foram determinadas as propriedades físicas e mecânicas dos painéis, tais como: densidade aparente, absorção de água em 2 e 24 horas e inchamento em espessura, bem como as propriedades mecânicas como flexão estática e tração perpendicular. O teste de flexão estática foi realizado de acordo com a norma DIN 52362 (1982). Os demais testes foram analisados com base na D1037-100 (ASTM, 1980). Avaliou-se ainda a propriedade de resistência térmica dos painéis.

3.6 Análise experimental dos dados

A densidade básica e a análise química foram avaliadas por meio da estatística descritiva. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 unidades experimentais, conforme a Tabela 1. Os resultados foram analisados por meio de análise de regressão linear, a fim de observar a relação existente com a adição de resíduos de cigarro nos painéis.

Tabela 1 - Delineamento experimental para a produção dos painéis aglomerados.

Tratamentos	Resíduos de cigarro (%)	Pinus (%)
T1	0	100
T2	10	90
T3	20	80
T4	30	70

Fonte: O Autor, 2023

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade básica da madeira de pinus

Para a madeira de pinus foi obtido valor médio de $0,560 \text{ g/cm}^3$, resultado superior aos obtidos por Brito *et al.* (2022) que encontraram $0,520 \text{ g/cm}^3$ e Furtini *et al.* (2022) que obtiveram $0,480 \text{ g/cm}^3$. Em geral, a alta variação da densidade na árvore e entre árvores característica do gênero Pinus, se deve a vários fatores (ambientais, genéticos, silviculturais, madeira juvenil etc.), podendo chegar a aproximadamente 30% da média da espécie (MUÑIZ, 1993). Conforme a classificação de Csanády *et al.* (2015), a madeira pode ser considerada de média densidade, pois sua densidade básica ($0,56 \text{ g/cm}^3$) está na faixa de 0,50 a $0,75 \text{ g/cm}^3$. Normalmente recomendam-se madeiras nesta faixa de densidade por gerarem alta razão de compactação.

4.2 Análise química

Na Tabela 2, estão descritos os valores médios dos componentes químicos da madeira.

Tabela 2 - Valores médios dos componentes químicos encontrados na madeira de *P. oocarpa*.

Autores	Extrativos Totais (%)	Lignina Insolúvel (%)	Cinzas (%)	Holocelulose (%)
Presente estudo	6,50	28,10	0,28	65,13
Brito <i>et al.</i> (2021)	6,34	29,43	0,93	63,29
Furtini <i>et al.</i> (2021)	7,38	29,20	0,26	70,76
Santos <i>et al.</i> (2022)	6,18	29,28	1,25	63,29

Fonte: O Autor, 2023

Conforme os valores observados na Tabela 2 é possível verificar que o teor de extrativos totais foi semelhante aos encontrados por Brito *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2022) e inferior ao resultado obtido por Furtini *et al.* (2021). Entretanto, o valor encontrado está na faixa indicada por Machado *et al.* (2017), ou seja, inferior a 10%, caso fosse superior poderia reduzir a qualidade do produto final. Segundo Marra (1992) a qualidade seria afetada, pois elevados teores de extrativos apresentam dificuldades de colagem resultando em baixa resistência da ligação adesiva entre as partículas.

Em relação ao teor de lignina insolúvel observa-se que no presente trabalho o resultado obtido foi inferior aos descritos na Tabela 2. A lignina é o componente macromolecular

responsável pela rigidez, por isso, maiores proporções de lignina são desejáveis na matéria prima empregada para produção de aglomerados, uma vez que esse componente possui uma estrutura muito condensada e um aspecto irregular conferindo assim alta rigidez ao material (SWEET; WINANDY, 1999).

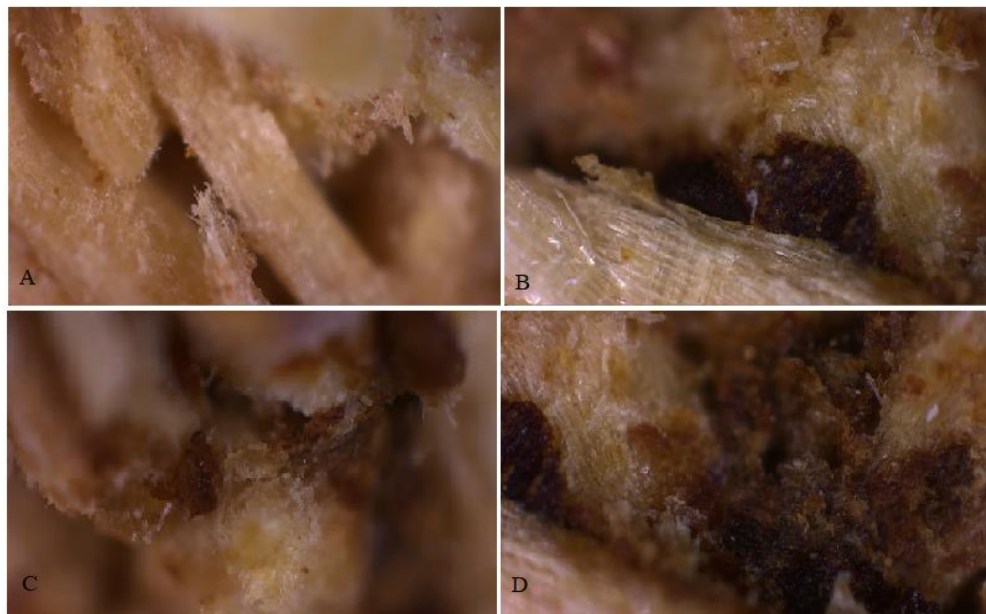
O teor de cinzas obtido na presente pesquisa foi menor quando comparado aos outros autores. O teor de cinzas encontrado está próximo da faixa recomendada por Iwakiri (2005) para a fabricação de painéis (0,5%). O valor percentual é indicado para a produção de painéis, pois altas quantidades de compostos inorgânicos interferem no pH dos painéis aglomerados prejudicando o desenvolvimento de resistência e coesão da linha de cola (IWAKIRI, 2005).

Em relação ao teor de holocelulose observou-se que o valor obtido nesta pesquisa se situa entre aqueles citados na literatura. Altos teores de hemiceluloses podem tornar os painéis mais higroscópicos, uma vez que são hidrofílicas. Por outro lado, também são importantes para melhorar as propriedades de resistência dos painéis e, quando em baixas proporções, podem reduzir a adesão entre as partículas (YE *et al.*, 2007).

4.3 Análise microestrutural dos painéis

A Figura 2 (A, B, C e D) representa as imagens obtidas com o microscópio óptico de luz, referente aos quatro tratamentos.

Figura 2 - Imagens da estrutura interna dos painéis obtidas por análises em microscópio óptico de luz: A) Painéis compostos com 100% de partículas de pinus; B) Painéis compostos com 90% de partículas de pinus e 10% de partículas de cigarro, C) Painéis compostos por com 80% de partículas de pinus e 20% de partículas de cigarro; D) Painéis compostos por com 70% de partículas de pinus e 30% de partículas de cigarro.



Fonte: O Autor, 2023

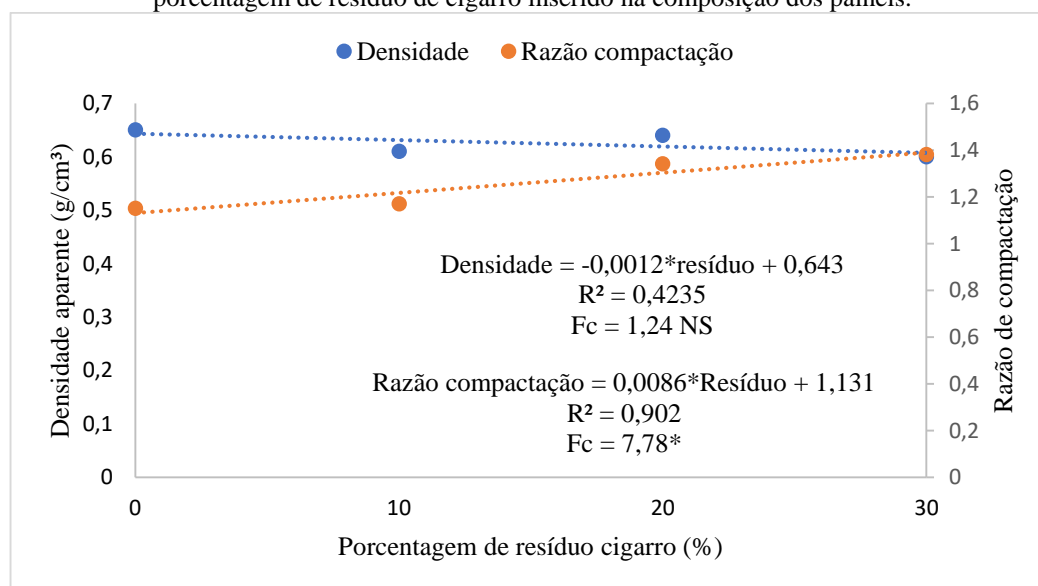
Conforme a figura acima é possível observar que os painéis do tratamento 1, demonstram ausência de partículas de cigarro. Para os tratamentos 2, 3 e 4 é possível observar que os resíduos de cigarro estão emaranhados com a madeira e o adesivo, caracterizados por regiões mais escuras.

4.4 Propriedades físicas dos painéis aglomerados

A Figura 3 mostra a análise de regressão entre os dados de densidade aparente e razão de compactação com a porcentagem de inserção de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão linear mostra que 42% da variação da densidade aparente pode ser explicada pela inserção de resíduos de cigarro na composição dos painéis, porém não foi significativa.

A regressão entre razão de compactação e o percentual de resíduos de cigarro teve coeficiente de determinação de 0,902 e a correlação foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Para cada unidade (%) de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis, houve um aumento equivalente a 0,0086 na RC dos painéis.

Figura 3 - Análise de regressão linear para densidade aparente e razão de compactação em função da porcentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.



Fonte: O Autor, 2023

Os painéis apresentaram valores médios de densidade menor que a nominal planejada ($0,75\text{g/cm}^3$), porém este fato é corriqueiro em experimentos de laboratório e pode estar associado com a perda de insumos no decorrer da produção dos colchões, durante a pré-prensagem, fase de prensagem a quente e após a saída dos painéis da prensa, em que o volume

dos painéis pode aumentar e, assim, reduzir o valor nominal de densidade (GUIMARÃES JÚNIOR *et al.*, 2016; BAZZETTO *et al.*, 2019).

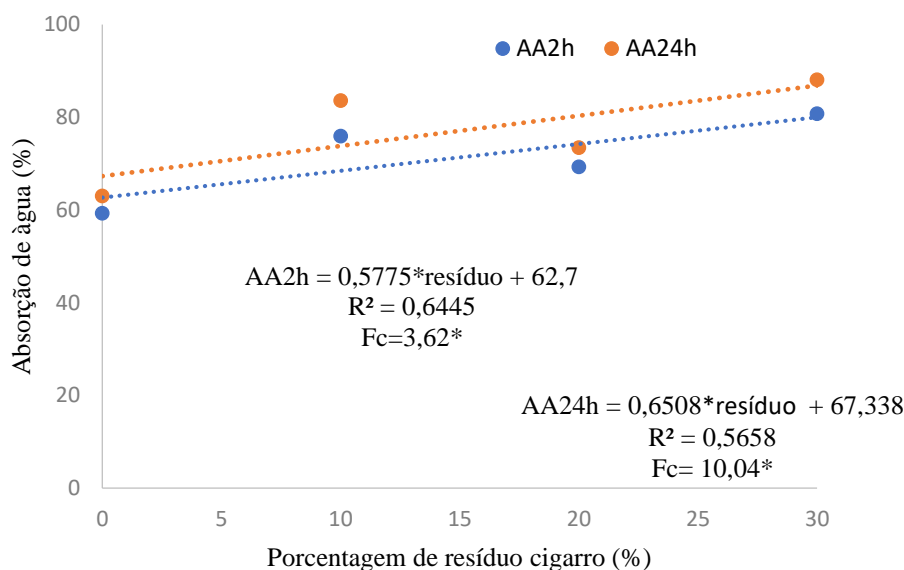
Conforme a Figura 3 verifica-se que todos os painéis podem ser classificados como de média densidade conforme a NBR 14810-3 (ABNT, 2013) por possuírem valores entre 551 kg/m³ e 750 kg/m³, e ainda, segundo a mesma norma a variação da densidade dos painéis em relação a densidade média não pode ser superior à 7%, requisito observado nesta pesquisa. A importância dessa classificação está diretamente relacionada aos valores mínimos de inchamento em espessura, absorção de água, módulo de elasticidade, módulo de ruptura e tração perpendicular (MACHADO *et al.*, 2017).

Ainda de acordo com a mesma Figura, nota-se que à medida que os resíduos de cigarro foram sendo adicionadas, os valores da razão de compactação foram aumentando. Os valores médios obtidos para os tratamentos T1 e T2 estão fora da faixa considerada ideal de 1,3 a 1,6 (MALONEY, 1993), entretanto os tratamentos T3 e T4 atendem a esta faixa de variação, portanto tem tendência de boa densificação e qualidade dos painéis. Valores mais elevados da RC tendem a garantir melhorias na resistência à flexão e tração perpendicular, em função do melhor contato entre as partículas. A desvantagem seria em relação as propriedades físicas de absorção e inchamento (MALONEY, 1993).

Comportamentos semelhantes foram descritos na literatura por alguns autores que acrescentarem resíduos na composição dos painéis e a RC também aumentou, tais como Martins *et al.* 2018 e Guimarães *et al.* (2019) que trabalharam com painéis de madeira de eucalipto e resíduos de casquilho de soja, Veloso *et al.* (2020) que conduziram um experimento com partículas do pecíolo do jupati em substituição à madeira de eucalipto e Brito *et al.* (2022) que produziram painéis de pinus com casca de amendoim.

A Figura 4 mostra a análise de regressão entre os dados de AA2h e AA24h em relação a inserção de quantidades percentuais de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão linear mostra que 64% da variação de AA2h pode ser explicado pela inserção de resíduos de cigarro na composição dos painéis e foi significativa, ou seja, a inserção do material afetou a taxa de absorção de água em 2 horas, porém teve um efeito reduzido. Para cada unidade (%) de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis, houve um aumento equivalente a 0,58% no IE2h dos painéis. A regressão entre AA24h e o percentual de resíduos de cigarro teve coeficiente de determinação de 0,56 e a correlação também foi significativa ao nível de 5% de probabilidade, mas o coeficiente de determinação também é considerado baixo. Para cada unidade (%) de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis, houve um aumento equivalente a 0,65% no IE24h dos painéis.

Figura 4 - Análise de regressão linear para absorção de água em 2 e 24 horas, em função da porcentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.

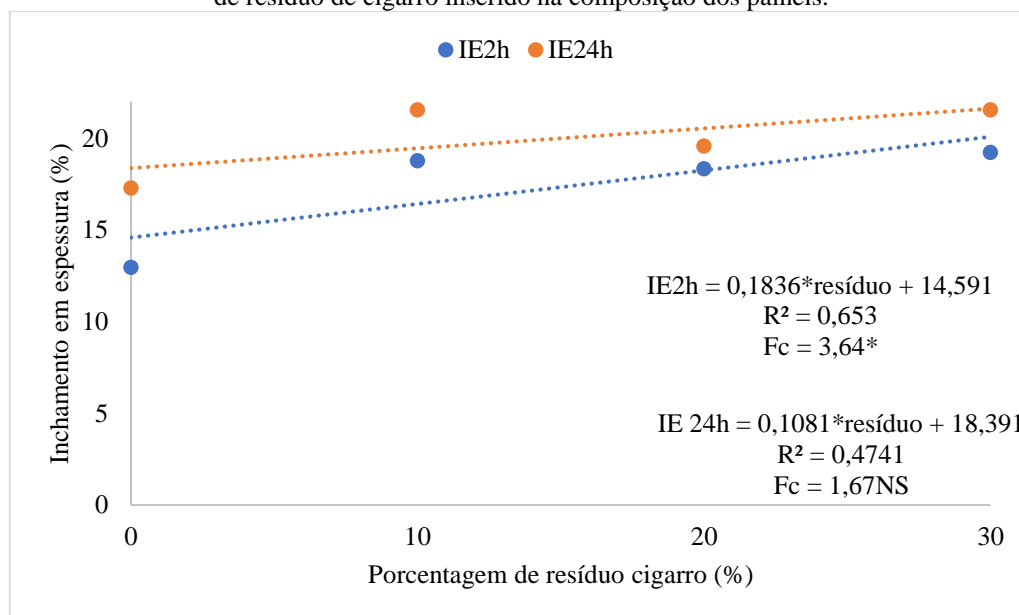


Fonte: O Autor, 2023

Como é possível verificar na Figura 4, à medida que foi adicionado o resíduo de cigarro nos painéis, houve aumento significativo da taxa de absorção de água, em ambos tempos de imersão. Supõe-se que o fenômeno observado nesta pesquisa pode estar relacionado com a composição química do cigarro, uma vez que a sua composição inclui várias substâncias, como a nicotina, por exemplo, que de acordo com Sandrin (1994) é solúvel em água. Provavelmente algumas substâncias componentes do cigarro, em contato com a água, foram dissolvidas resultando em espaços vazios na estrutura interna dos painéis, que foram preenchidos com água.

A Figura 5 mostra a análise de regressão entre os dados de IE2h e IE24h em relação a inserção de quantidades percentuais de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão linear mostra que 65% da variação do IE2h pode ser explicado pela inserção de resíduos de cigarro na composição dos painéis e foi significativa, ou seja, a inserção do material afetou a estabilidade dimensional dos painéis para esta propriedade, porém o coeficiente é considerado baixo. A regressão entre IE24h e o percentual de resíduos de cigarro teve coeficiente de determinação de 0,47 e a correlação não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Para cada unidade (%) de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis, houve um aumento equivalente a 0,18% no IE2h dos painéis.

Figura 5 - Análise de regressão linear para inchamento em espessura em 2 e 24 horas, em função da porcentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.



Fonte: O Autor, 2023

Conforme dito anteriormente o IE2 h aumentou significativamente com a adição de resíduos de cigarro. Supõe-se que houve influência da composição química do material. A amônia, por exemplo, faz parte da composição do cigarro e quando esta substância combina-se com a água, forma hidróxido de amônia que, ionizando-se, produz NH_4^+ (íon amônio) e OH^- (hidroxila) (BAIRD; CANN, 2011). A maior disponibilidade dos grupamentos de OH^- aumenta o processo de adsorção de água pelos constituintes da parede celular, elevando o IE.

Ressalta-se ainda que produtos com maior razão de compactação podem ter altos valores de inchamentos, porque estes tendem a liberar as tensões de compressão geradas no processo de prensagem, além do efeito da densidade, pois quanto maior a proporção de partículas mais material higroscópico (IWAKIRI *et al.*, 2018). A afirmação corrobora com Brito *et al.* (2020) que ao trabalharem com painéis produzidos com partículas de bambu e resíduos agrícolas (bagaço de cana) em diferentes proporções (0, 25, 50, 75 e 100%) notaram um aumento significativo nos valores de IE à medida que aumentava a proporção de bagaço de cana nos painéis. Essa situação foi justificada pelo aumento da taxa de compressão, decorrente da adição de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, devido ao maior número de partículas sob pressão e que, expostas à umidade, liberam tensões que resultam na instabilidade dimensional.

Como não havia estudos anteriores sobre a produção de painéis aglomerados com resíduos de cigarro de forma total e/ou parcial, os resultados deste estudo foram confrontados com os de pesquisas semelhantes que utilizaram madeira e diferentes proporções de resíduos, mesma densidade nominal e resina a base de UF para produção de painéis aglomerados.

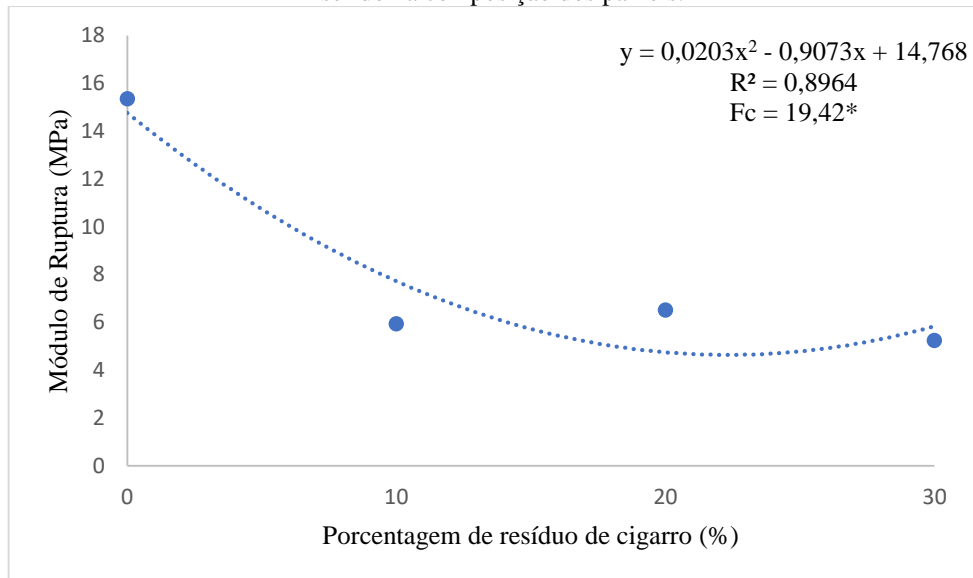
Brito *et al.* (2020) trabalharam com painéis aglomerados de madeira de *Pinus oocarpa* e casca de pistache em diferentes proporções. A densidade nominal foi $0,75 \text{ g/cm}^3$. Os valores obtidos variaram entre 33,96 a 72,21% e 61,15 a 95,39 % para AA2h e AA24h. Em relação ao IE2h e IE24h os valores obtidos foram de 11,04 a 13,00% e 14,79 a 22,57%, mas não houve significância entre os tratamentos. Brito *et al.* (2022) produziram painéis aglomerados com madeira de *Pinus oocarpa* e casca de amendoim em diferentes proporções. A densidade nominal adotada foi $0,75 \text{ g/cm}^3$. Os autores relataram valores médios de 65,05 a 76,71% e 71,97 a 88,24% para AA2h e AA24h. Em relação ao IE os valores foram de 16,63 a 26,98% a 22,46 a 31,12%. Todos os valores aumentaram significativamente com a adição da casca de pistache para todas as propriedades avaliadas.

Para o ensaio de inchamento após 24 horas a NBR 14810 (ABNT, 2013) especifica 18% como sendo o inchamento máximo para painéis do Tipo P2, sendo assim nenhum dos painéis com inclusão de resíduos de cigarro atingiu este requisito.

4.5 Propriedades mecânicas e resistência térmica dos painéis aglomerados

A Figura 6 mostra a análise de regressão entre os dados do modulo de ruptura em relação a inserção de quantidades percentuais de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão linear mostra que aproximadamente 90% da variação do MOE pode ser explicado pela inserção de resíduos de cigarro na composição dos painéis e foi significativa, ou seja, a inserção do material afetou o modulo de ruptura dos painéis. Para cada unidade (%) de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis, houve uma redução equivalente a 0,90% no MOR dos painéis.

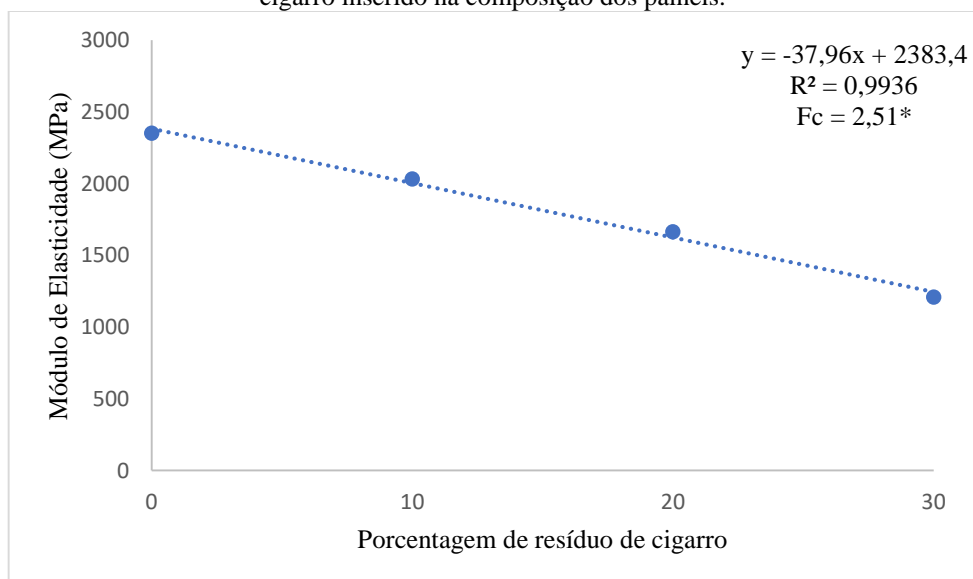
Figura 6 - Análise de regressão linear para módulo de ruptura, em função da porcentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.



Fonte: O Autor, 2023

A Figura 7 mostra a análise de regressão entre o módulo de elasticidade e a inserção percentual de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão linear demonstra que 99% do módulo de elasticidade pode ser explicada pela inserção de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão entre MOE e a porcentagem de resíduos de cigarro teve um coeficiente de determinação de 0,9936 e a correlação foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Para cada unidade (%) de resíduos inseridos na composição dos painéis, houve uma redução equivalente a 0,3796 MPa no MOE dos painéis.

Figura 7 - Análise de regressão linear para módulo de elasticidade, em função da porcentagem de resíduo de cigarro inserido na composição dos painéis.



Fonte: O Autor, 2023

Analisando as figuras 6 e 7 observa-se que o comportamento do MOR e do MOE foi semelhante, ou seja, houve uma redução destas propriedades com a inserção dos resíduos de cigarro. Uma hipótese que pode explicar a situação é o teor de adesivo utilizado que talvez não tenha sido suficiente para cobrir os resíduos de cigarro (maiores proporções de partículas menos densas), que resultou em pontos de fragilidade na estrutura do painel no momento da aplicação da força, comprovado pelos baixos valores de MOR e MOE.

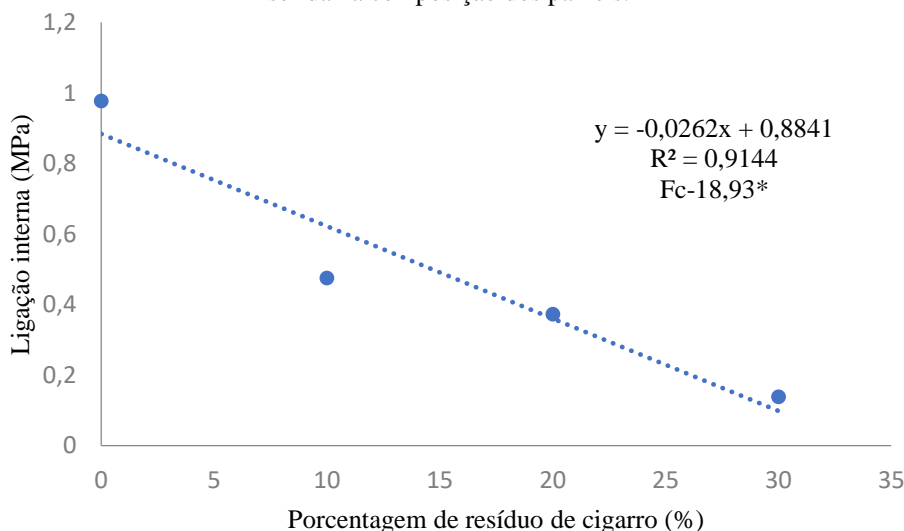
Souza *et al.* (2022) produziram painéis com madeira de Eucalyptus e fibra de coco em diferentes proporções (0, 10, 20, 30 ou 40%). A densidade nominal estabelecida para os painéis foi 0,70g.cm⁻³. Foi utilizada resina a base de uréia-formaldeído com teor de 9% em relação a massa seca das partículas. A adição das fibras de coco aumentou significativamente os valores do MOR e MOE que variaram entre 11,65 a 19,65 Mpa e 1154 a 2157 MPa, respectivamente.

Faria *et al.* (2020) produziram painéis aglomerados com casca de soja (vagem) e madeira de eucalipto. Os painéis foram produzidos com densidade nominal de 0,70 g.cm⁻³. Foram utilizadas diferentes proporções de material (0, 25, 50, 75 e 100%). O adesivo utilizado foi uréia-formaldeído com teor de 10% em relação a massa seca das partículas. Os autores obtiveram valores que variaram entre 10,20 a 20,84 MPa e 1.110,88 a 1.646,04 com a inclusão dos resíduos, para o MOR e MOE, respectivamente.

A NBR 14810 (ABNT, 2018) estipula como requisito mínimo para o MOR o valor de 11 MPa e 1800 para o MOE de painéis do tipo P2. Nenhum dos tratamentos atingiram o valor mínimo do MOR e apenas o tratamento T2 com 10% de inclusão de resíduos de cigarro atingiu o valor (2.033 MPa) acima do estipulado pela norma.

A Figura 8 mostra a análise de regressão entre a ligação interna e a inserção percentual de resíduos de cigarro na composição dos painéis. A regressão linear demonstra que 91% da LI pode ser explicada pela inserção de resíduos. A regressão entre LI e a porcentagem de resíduos de cigarro teve um coeficiente de determinação de 0,9144 e a correlação foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Para cada unidade (%) de resíduos inseridos na composição dos painéis, houve uma redução equivalente a 0,0262 MPa na LI dos painéis.

Figura 8 - Análise de regressão linear para ligação interna em função da porcentagem de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis.



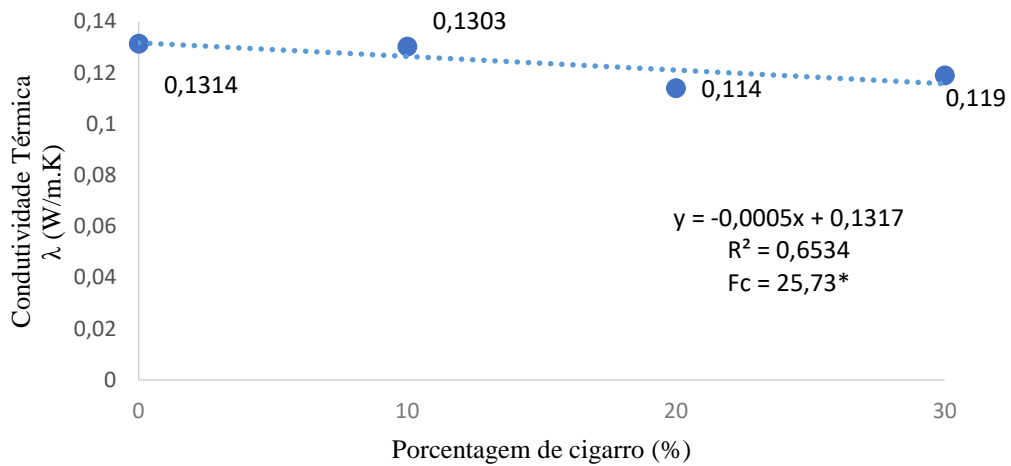
Fonte: O Autor, 2023

Uma possível explicação para a redução da ligação interna pode estar relacionada com a composição química do cigarro que possui mais de sete mil substâncias tóxicas, que possivelmente podem inibir ou reduzir os sítios reativos para adesão, resultando nos baixos valores de ligação interna. Faria *et al.* (2020) observaram uma redução nos valores a medida em que acrescentava partículas de casca de soja (vagem) nos painéis. Os autores reportaram valores médios de 0,23 a 0,40 MPa. Souza *et al.* (2023) obtiveram valores médios de 0,119 a 0,196 MPa.

De acordo com a NBR 14810-2 (ABNT, 2018), painéis aglomerados de média densidade devem ter um mínimo valor de tração perpendicular de 0,35 Mpa, dessa forma apenas o tratamento T2 cumpre a especificidade da norma.

A Figura 9 mostra a análise de regressão entre a condutividade térmica e a inserção percentual de resíduos de cigarro na composição dos painéis. Aproximadamente 65% da condutividade térmica podem ser explicadas pela inserção de resíduos de cigarro. A regressão teve um coeficiente de determinação de 0,6534 e a correlação foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Para cada unidade (%) de resíduos inseridos na composição houve a diminuição equivalente na condutividade térmica dos painéis correspondente a 0,0005 W/m.K.

Figura 9 - Análise de regressão linear para condutividade térmica em função da porcentagem de resíduos de cigarro inserida na composição dos painéis.



Fonte: O Autor, 2023

A diminuição da condutividade térmica, provavelmente esteja relacionada com as substâncias presentes no cigarro, que tem por objetivo atrasar o seu processo de combustão. Analisando-se os resultados da Figura 9, é possível observar que os painéis possuem característica de material isolante térmico, uma vez que, apresentam condutividade térmica inferior a 2W/m.K, conforme indicado pela NBR 15220 (ABNT, 2005). Segundo Arantes *et al.* (2023) quanto menor a condutividade térmica, maior é o isolamento térmico proporcionado pelo material.

Furtini *et al.* (2021) produziram painéis de madeira laminada colada cruzada (MLCC) de pinus e obtiveram uma média de 0,34 W/m.K. Enquanto os materiais de construção tradicionais, como tijolo de barro vermelho e bloco de concreto oco, apresentam 0,93 W/m.K e 0,68 W/m.K, respectivamente (RAMIREZ *et al.*, 2012). Sendo assim, torna-se interessante a aplicação destes painéis como isolantes térmicos.

5. CONCLUSÕES

O acréscimo de partículas de cigarro nos painéis demonstrou instabilidade dimensional, comprovada pelas propriedades de absorção e inchamento e nenhum dos tratamentos atingiram o valor mínimo especificado pela NBR 14810 (ABNT, 2013) para o IE.

Todas as propriedades mecânicas avaliadas demonstraram redução nos valores com a adição das partículas de resíduos de cigarro na composição dos painéis. Os valores obtidos para o MOR e MOE não foram suficientes para atender ao mínimo especificado pela norma utilizada. Em relação a tração perpendicular apenas os painéis do tratamento T2 atingiram ao valor mínimo requerido pela NBR 14810 (ABNT, 2013).

Para a condutividade térmica todos os painéis atingiram o valor mínimo indicado na NBR 15220 (ABNT, 2005), tornando-se interessante a aplicação destes painéis como isolantes térmicos. Porém, para as demais propriedades, não se recomenda a inclusão dos resíduos de cigarro industrializado como reforço em painéis aglomerados de madeira de *P. oocarpa*.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1037**: standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials. Philadelphia, 2006.
- ARANTES, L. D. S. *et al.* Avaliação de painéis sanduíche produzidos com núcleo de caixas de ovos e lâminas de paricá. **Ambiente Construído**, v. 23, n. 2, p. 121-130, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810**: chapas de madeira aglomerada – métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira - determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14853**: determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona. Rio de Janeiro, 2010b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7989**: pasta celulósica e madeira - determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 2010a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13999**: determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b.
- ASTARI, L., SUDARMANTO, AKBAR, F. Characteristics of particleboards made from agricultural wastes. In: IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE, 359., Boston, 2019. **Anais...**Boston: IOP, 2019.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p.
- BAZZETTO, J. T. L. *et al.* Effect of Particle Size on Bamboo Particle Board Properties. **Floresta e Ambiente**, v.26, n2, e20172105, 2019.
- BORGES, I. O. *et al.* 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. *et al.* Technological characterization of particleboards made with sugarcane bagasse and bamboo culm particles. **Construction and Building Materials**, v. 262, 120501, 2020.
- BRITO, F. M.S. *et al.* Technological characterization of particleboards constituted with pistachio shell (*Pistacia vera*) and *Pinus oocarpa* wood. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.16, n.2, e8902, 2021.
- BRITO, F. M. S. *et al.* Properties of particleboards made from sugarcane bagasse particles. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 1, e8783, 2021.

BRITO, F. M. S. *et al.* Technological Properties of Medium Density Particleboards Produced with Peanut (*Arachis Hypogaea*) and *Pinus Oocarpa* Hulls. **Floresta e Ambiente**, v. 29, n. 2, e20210101, 2022.

CSANÁDY, E. *et al.* **Quality of Machined Wood Surfaces**. Switzerland: Springer, 2015. 257p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAOSTAT. **Forestry production and trade**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>>. Acesso em: 15 maio 2023.

FURTINI, A. C. A. *et al.* Sunstitution of urea-formaldeyde by renewable phenolic compound for environmentally appropriate production of particleboards. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 66562-66577, 2022.

FARIA, D. L. *et al.* Technological properties of medium density particleboard produced with soybean pod husk and Eucalyptus wood. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, e3070, 2020.

GUIMARÃES JUNIOR, J. B. *et al.* Inclusão de resíduo da cultura de sorgo em painéis aglomerados de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 435-442, 2016.

GUIMARÃES, I. L. *et al.* Aproveitamento do casquilho de soja para a produção de painéis aglomerados convencionais de baixa densidade. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1 - 6, 2019.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira**. Curitiba: FUPEF, 2005, 196p.

IWAKIRI, S. *et al.* Painéis aglomerados produzidos com seis espécies de madeira tropicais da Amazônia. **Maderas y Bosques**, v.24, n.3, e243371, 2018.

LEE, S. H. *et al.* Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 20, p. 4630 - 4658, 2022.

MARTINS, E. H. *et al.* Soybean waste in particleboard production. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 2, p. 186 - 194, 2018.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. Sao Francisco: Miller Freeman Publication, 1993, 689 p.

MORAIS, E. A. H. *et al.* Fatores individuais e contextuais associados ao tabagismo em adultos jovens brasileiros. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 06, 2022.

MACHADO, N. A. F. *et al.* Painéis aglomerados fabricados com resíduos do coco babaçu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n.2, p. 202-209, 2017.

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

MUÑIZ, G. I. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** 1993.

236f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. **DIN 52362**: testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. Berlin, 1982.

OLIVEIRA, M. R. R. *et al.* Physical-mechanical properties of panels produced with corn cob particles and different types and contents of adhesives. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e541101119828, 2021.

OWODUNNI, A. A. *et al.* Adhesive application on particleboard from natural fibers: a review. **Polymer Composites**, v. 41, p. 4448 - 4460, 2020.

RAMIREZ A. R. *et al.* Thermal conductivity of coconut fibre filled ferrocement sandwich panels. **Construction and Building Materials**, v. 37, p. 425-431, 2012.

Receita Federal. **Receita Federal registra recorde histórico na destruição de cigarros apreendidos.** Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/noticias/2022/janeiro/receita-federal-registra-recorde-historico-na-destruicao-de-cigarros-apreendidos>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SANDRIN, C. F. **Drogas: Imputabilidade e Dependência.** São Paulo: Associação Paulista do Ministério Público, 1994.

SANTOS, C. A. *et al.* Utilização da madeira de *Pinus oocarpa* e *Coffea arábica* para a produção de painéis de partículas orientadas (OSB). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e40611326795, 2022.

SOUZA, M. J. C. *et al.* Eco-friendly particleboard production from coconut waste valorization. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 15241 – 15252, 2023.

SWEET, M. S.; WINANDY, J. E. Influence of degree of polymerization of cellulose and hemicellulose on strength loss in fire – retardant - treated southern pine. **Holzforschung**, v. 53, p. 311 - 317, 1999.

TASCIOGLU, C. *et al.* Seventh-year durability evaluation of zinc borate incorporated wood-plastic composites and particleboard. **Composites Part B: Engineering**, v. 137, p.123-128, 2018.

VELOSO, M. C. R. A. *et al.* Low-density particleboard properties produced with jupati particles and eucalyptus wood. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, v. 15, p. 1-8, 2020.

PHILIP YE, X. *et al.* Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 5, p. 1077-1084, 2007.