

Análise da Resistência à Flexão das Chapas de MDF: Implicações na Fabricação de Móveis Planejados / Analysis of the Flexural Strength of MDF Panels: Implications in the Manufacture of Custom Furniture

Luciano Victor Martins Kienle¹, Raphael Fortes Marcomini².

¹Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil — luciano.kienle@estudante.ufjf.br.

²Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil — raphael.marcomini@ufjf.br.

Recebido em: 08/12/2025 | Aprovado em: 23/01/2026 | Publicado em: 03/02/2026

Resumo / Abstract

Este trabalho apresenta uma investigação experimental do comportamento em flexão de painéis de MDF com 15 mm de espessura, com foco na avaliação da influência da espessura e do vão na deformação de superfícies horizontais aplicadas em mobiliário. Foram conduzidos ensaios de flexão em três pontos em oito corpos de prova, utilizando uma máquina universal de ensaios com aquisição contínua de dados. Os valores médios obtidos para o Módulo de Ruptura (MOR) e para o Módulo de Elasticidade (MOE) foram, respectivamente, 26 MPa e $2,9 \times 10^3$ MPa, ambos superiores às especificações mínimas do fabricante. A dispersão relativamente baixa, 6,2% para o MOR e 2,6% para o MOE, evidencia a uniformidade do lote e a confiabilidade dos procedimentos experimentais adotados. Os achados fornecem subsídios para o desenvolvimento de algoritmos destinados ao dimensionamento seguro e racional de prateleiras e demais superfícies horizontais em MDF, conciliando desempenho estrutural e requisitos estéticos.

Palavras-chave: MDF; Módulo de Elasticidade; Módulo de Ruptura; Flexão.

This study presents an experimental investigation of the flexural behavior of 15 mm medium density fiberboard (MDF) panels, focusing on the influence of thickness and span length on the deformation of horizontal furniture surfaces. Three point bending tests were performed on eight specimens using a universal testing machine with continuous data acquisition. The average values obtained for the Modulus of Rupture (MOR) and the Modulus of Elasticity (MOE) were 26 MPa and $2,9 \times 10^3$ MPa, respectively, both exceeding the manufacturer's minimum specifications. The relatively low dispersion, 6.2% for MOR and 2.6% for MOE, demonstrates the uniformity of the batch and the reliability of the experimental procedures. The findings provide a foundation for the

development of algorithms aimed at the safe and efficient design of MDF shelves and other horizontal surfaces, balancing structural performance and aesthetic requirements.

Keywords: MDF; Modulus of Elasticity; Modulus of Rupture; Bending.

1. Introdução / Introduction

MDF é a sigla para *Medium Density Fiberboard* ou Painel de Fibras de Média Densidade. As fibras de madeira são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética, por meio da ação conjunta de pressão e calor, em prensa contínua de última geração. O MDF é um painel industrial homogêneo, com excelente estabilidade dimensional, de superfície uniforme, lisa e de alta densidade. (Indústria Brasileira de Árvores; IBÁ, 2025)

Painéis de MDF são amplamente utilizados na indústria moveleira, principalmente em marcenarias e lojas de móveis planejados, devido à sua boa usinabilidade e versatilidade, à ampla variedade de cores, texturas, espessuras, além do melhor custo quando comparado às madeiras maciças.

O mercado moveleiro brasileiro é um dos mais relevantes do mundo. Ocupando a 6ª posição global em produção e sendo o maior da América Latina, o setor fechou 2024 com 22,3 mil empresas ativas, 439,9 milhões de peças produzidas e R\$91,5 bilhões em faturamento, segundo a Abimóvel (2025). Além disso, gera mais de 282 mil empregos diretos e segue em expansão (SEBRAE, 2025).

A aplicação do MDF em tampos horizontais e prateleiras de móveis sujeitos a carregamento constante requer que o material apresente boa resistência ao esforço de flexão. A ocorrência de deformações em móveis fabricados em MDF é um problema muito comum. O mau dimensionamento da distância entre apoios e a aplicação de espessuras inadequadas podem gerar a perda da funcionalidade e prejuízo estético ao móvel.

Portanto, diversos estudos têm investigado o comportamento mecânico de painéis de MDF produzidos em escala industrial, em função de sua ampla aplicação na indústria moveleira e em elementos estruturais de mobiliário (Eleotério et al., 2000; Pazetto et al., 2015; Torquato, 2008). Torquato et al. (2010) avaliaram painéis MDF, produzidos por diferentes indústrias brasileiras, por meio de ensaios de flexão estática realizados conforme a norma europeia EN 310. No estudo, foram obtidos valores médios de módulo de elasticidade (MOE) variando entre 2.886 MPa e 3.241 MPa, bem como valores de módulo de ruptura (MOR) entre 30,45 MPa e 39,10 MPa, o que demonstra que os painéis de MDF comerciais avaliados apresentam desempenho mecânico compatível com aplicações estruturais em mobiliário. De acordo com os resultados, todos os painéis testados atenderam aos

requisitos mínimos estabelecidos pela norma EN 622-5:2006, que especifica valores mínimos de 2.200 MPa para o MOE e 20 MPa para o MOR.

Além disso, os autores destacam ainda que as variações observadas entre os painéis produzidos por diferentes fabricantes estão associadas principalmente às diferenças nos parâmetros do processo produtivo e à densidade dos painéis, fatores que exercem influência direta sobre o comportamento em flexão estática.

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento mecânico de painéis de MDF submetidos a esforços de flexão, com foco na aplicação em superfícies horizontais de móveis sujeitas a carregamentos constantes, como prateleiras e tampos. Para isso, foram realizados ensaios de flexão em três pontos em corpos de prova de MDF revestido com melamina, seguindo como referência a norma ABNT NBR 15316-2, permitindo a determinação experimental do módulo de ruptura (MOR) e do módulo de elasticidade (MOE).

2. Metodologia / Methodology

Foram utilizados oito corpos de prova, retirados de uma mesma chapa do MDF comercialmente conhecido por “Branco TX”. Esse modelo de MDF é revestido, em ambas as faces, por uma melamina branca texturizada. Os corpos de prova possuíam dimensões de 350 mm de comprimento, 50 mm de largura e 15 mm de espessura. A norma NBR 15316-2 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2024) foi utilizada como uma referência conceitual para a condução dos ensaios de flexão.

Para a realização dos ensaios foi utilizada uma máquina universal de ensaios do modelo **WDW-200 E** com sistema de aquisição de dados integrado a um computador (Figura 1).



Figura 1 - Máquina Universal de Ensaio / Figure 1 - Universal Testing Machine

As amostras foram colocadas sobre os dois apoios da máquina e centralizadas em relação ao dispositivo utilizado para a aplicação da carga. O vão adotado foi de 200 mm entre os centros dos apoios. Foi necessário aplicar uma pré-carga mínima para estabilizar os indicadores do sistema de aquisição de dados. A velocidade de aplicação de carga utilizada foi de 1 mm/min.

As incertezas associadas às medições experimentais estão relacionadas principalmente aos instrumentos utilizados para a determinação das dimensões geométricas dos corpos de prova e do vão entre os apoios. As dimensões de largura, espessura e comprimento das amostras, bem como o espaçamento do vão, foram medidas com o auxílio de uma régua milimetrada, cuja resolução é de 1 mm. Dessa forma, considera-se uma incerteza instrumental de $\pm 0,5$ mm associada a essas medições.

As forças aplicadas durante os ensaios de flexão estática foram obtidas diretamente da célula de carga da máquina universal de ensaios, cuja calibração é realizada periodicamente pelo laboratório, garantindo a confiabilidade dos valores registrados. Os deslocamentos foram medidos pelo sistema de aquisição de dados da própria máquina, com resolução compatível com os níveis de deformação analisados.

As incertezas associadas às medições geométricas propagam-se nos cálculos do momento de inércia da seção transversal e, conseqüentemente, nos valores do módulo de elasticidade (MOE) e do módulo de ruptura (MOR). Entretanto, considerando a magnitude das forças aplicadas e as dimensões

típicas dos corpos de prova, tais incertezas não comprometem a análise comparativa dos resultados obtidos, nem as conclusões referentes ao comportamento mecânico dos painéis MDF ensaiados.

A partir dos pontos coletados, foi possível gerar um gráfico para cada amostra, representando o deslocamento em função da carga aplicada. Os gráficos foram suavizados utilizando o filtro Savitzky-Golay (Savgol), o qual preserva o formato geral da curva e a localização dos máximos, reduzindo ruídos característicos da aquisição de dados. E para cada amostra foram calculados o Módulo de Resistência à Flexão (MOR) e o Módulo de Elasticidade (MOE). Os cálculos e a plotagem dos gráficos foram feitos no ambiente Google Colab, utilizando a linguagem de programação Python.

Para o cálculo da resistência à flexão estática, foi utilizada a equação (1) fornecida pela norma:

$$MOR = \frac{1,5 \times (P \times D)}{B \times E^2} \quad (1)$$

Onde: MOR - Módulo de Ruptura (MPa); P - Carga máxima aplicada (N); D - Distância entre apoios (mm); B - Largura da amostra (mm); E - Espessura da amostra (mm).

O cálculo do módulo de elasticidade foi feito através da equação (2) também apresentada na norma:

$$MOE = \frac{P1 \times D^3}{d \times 4 \times B \times E^3} \quad (2)$$

Onde: MOE - Módulo de Elasticidade (MPa); P1 - Carga no limite proporcional (N); D - Distância entre apoios (mm); d - Deflexão (mm); B - Largura da amostra (mm); E - Espessura da amostra (mm).

3. Resultados e Discussão / Results and Discussion

Devido à velocidade do ensaio ser relativamente baixa, 1 mm/min, o sistema gerou milhares de pontos. Um comportamento escalonado é observado em todos os gráficos gerados. Esse efeito pode estar associado ao ruído de sinal, resolução insuficiente para representar as variações contínuas ou até mesmo um comportamento aleatório da microestrutura do material ensaiado.

Para possibilitar a comparação entre os resultados, o gráfico da Figura 2 apresenta, simultaneamente, as curvas correspondentes às oito amostras ensaiadas. É possível observar um comportamento semelhante entre as amostras até pouco antes de chegarem próximas ao momento da ruptura. Em todas as amostras o ensaio foi interrompido alguns instantes após o corpo de prova se romper, pois, após a ruptura, a amostra automaticamente se torna inutilizável para os propósitos do trabalho.

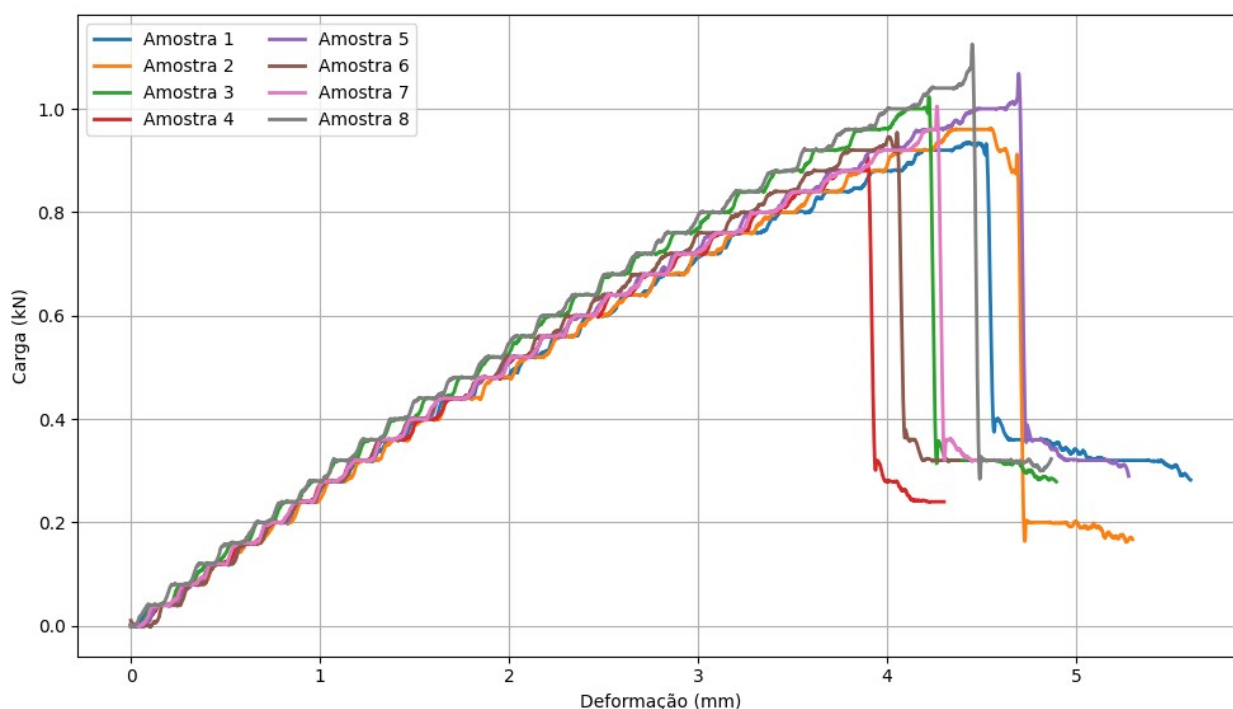


Figura 2 - Comparação das Curvas de Carga (kN) vs Deformação (mm) / Figure 2 - Comparison of Load (kN) vs Deformation (mm) Curves

Para o cálculo do Módulo de Ruptura (MOR), foram utilizados, para cada amostra, os valores de carga máxima observados. Os valores correspondentes estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados Individuais MOR / Table 1 - Individual MOR Results

Amostra	P máx (kN)	MOR (MPa)
1	0,96	26
2	0,96	26
3	1,0	27
4	0,88	23
5	1,0	28

6	0,96	26
7	0,96	26
8	1,1	29

O conjunto de valores de módulo de ruptura apresentou média de 26 MPa e desvio padrão de 1,6 MPa, indicando uma dispersão de 6,2 % entre as amostras.

O Módulo de Ruptura (MOR) representa a tensão máxima suportada pelo material na flexão, e a partir dele é possível avaliar de forma direta a resistência dos painéis. De acordo com a teoria da flexão apresentada por Hibbeler (2017), a ruptura ocorre na fibra mais solicitada do material, sendo esse valor essencial para caracterizar seu desempenho mecânico. Conhecer o MOR é importante no projeto estrutural, pois auxilia na escolha de dimensões seguras para elementos submetidos a carregamentos.

No cálculo do Módulo de Elasticidade (MOE) de cada amostra, foi aplicada uma regressão linear sobre os dados de carga e deformação. O ajuste foi realizado especificamente na região compreendida entre 1 mm e 2 mm de deformação, por ser o trecho que apresentou o comportamento mais linear das curvas carga vs deslocamento, conforme mostra a Figura 2. Caso toda a curva fosse utilizada na regressão, o valor do MOE seria incorreto, pois grande parte da curva não é linear. O trecho da deformação não linear e o início da plastificação modificariam o coeficiente angular da reta, subestimando a rigidez real do material. Por esse motivo, o MOE deve ser calculado apenas na região efetivamente linear da curva.

Os valores calculados de MOE para cada amostra estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados Individuais MOE / Table 2 - Individual MOE Results

Amostra	Inclinação (kN/mm)	MOE (MPa)
1	0,24	$2,8 \times 10^3$
2	0,24	$2,8 \times 10^3$
3	0,25	$2,9 \times 10^3$
4	0,23	$2,8 \times 10^3$
5	0,24	$2,8 \times 10^3$
6	0,24	$2,9 \times 10^3$
7	0,24	$2,8 \times 10^3$
8	0,25	$3,0 \times 10^3$

O conjunto de valores de Módulo de Elasticidade apresentou média de $2,9 \times 10^3$ MPa e desvio padrão de 76 MPa, indicando uma dispersão de 2,6 % entre as amostras.

O Módulo de Elasticidade (MOE) define a rigidez do material e controla a relação entre tensão e deformação no regime elástico. Como apresentado por Hibbeler (2017), este parâmetro descreve quanto um elemento tende a se deformar quando submetido a uma carga. No dimensionamento de prateleiras e outras superfícies horizontais, o MOE é fundamental para estimar a flecha sob carga, permitindo verificar se a deformação prevista está dentro dos limites de serviço e garantindo desempenho estrutural adequado.

No site da fabricante Duratex (2025) é possível encontrar uma ficha técnica das chapas de MDF. Para chapas com espessura de 15 mm, em relação à Resistência à Flexão Estática (mínima), encontramos o valor de 20 MPa e para o Módulo de Elasticidade (mínima) o valor de 2200 MPa. Segundo a fabricante, a norma de ensaio utilizada para produção da ficha técnica é a NBR 15316-2 (2015).

Os valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) obtidos neste estudo encontram-se compatíveis com os dados reportados na literatura técnica para painéis de MDF de mesma espessura. Torquato et al. (2010), avaliando painéis de MDF standard com 15 mm de espessura produzidos por diferentes indústrias brasileiras, obtiveram valores de MOE entre 2.886 MPa e 3.241 MPa e valores de MOR entre 30,45 MPa e 39,10 MPa, todos superiores aos requisitos mínimos estabelecidos pela norma EN 622-5:2006.

Comparando-se esses resultados com os valores obtidos experimentalmente neste trabalho, observa-se que o módulo de elasticidade médio de aproximadamente $2,9 \times 10^3$ MPa encontra-se dentro da faixa reportada por Torquato et al. (2010), enquanto o módulo de ruptura médio de aproximadamente 26 MPa, embora inferior aos maiores valores observados pelos autores, permanece acima do valor mínimo normativo de 20 MPa.

Além disso, os resultados experimentais deste trabalho também estão em conformidade com os valores mínimos especificados na ficha técnica do fabricante Duratex (2025), que estabelece valores mínimos de 2.200 MPa para o módulo de elasticidade e 20 MPa para o módulo de ruptura para painéis MDF de 15 mm.

Dessa forma, verifica-se que os resultados obtidos experimentalmente estão de acordo tanto com os dados reportados na literatura científica quanto com as especificações técnicas do fabricante, confirmando a adequação do painel de MDF ensaiado para aplicações em superfícies horizontais de mobiliário submetidas a carregamento.

Tendo em vista o principal objetivo deste trabalho, que é avaliar a influência da espessura e do vão na deformação em flexão de painéis de MDF, visando sua aplicação em projetos de móveis que utilizam superfícies horizontais submetidas a carregamento, os resultados obtidos nos ensaios fornecem uma base sólida para o desenvolvimento futuro de um algoritmo capaz de calcular, de forma pragmática, o dimensionamento ideal de prateleiras e demais superfícies horizontais empregadas em móveis planejados, garantindo segurança e conforto estético.

A aplicação prática dos valores de MOR e MOE obtidos nos ensaios permite estimar a capacidade de carregamento de prateleiras e tampos horizontais de MDF. A partir da Equação (2), apresentada pela ABNT NBR 15316-2 (2024), que define o módulo de elasticidade no ensaio de flexão em três pontos, é possível manipular a expressão de modo a isolar o termo de deformação “d”, obtendo a Equação (3):

$$d = \frac{P \times D^3}{4 \times B \times E^3 \times MOE} \quad (3)$$

Essa forma evidencia que a flecha cresce proporcionalmente à carga aplicada e ao cubo do vão entre apoios, e diminui com o aumento da espessura e da rigidez do material. Assim, dado um valor admissível de deformação, usualmente definido por critérios de serviço, a expressão permite determinar a carga máxima que uma prateleira pode suportar sem comprometer o desempenho funcional. Paralelamente, o valor de MOR obtido experimentalmente permite verificar o critério de resistência comparando a tensão máxima de flexão com a capacidade última do material. Dessa forma, o MOE governa o critério de rigidez (flecha) enquanto o MOR governa o critério de resistência, sendo ambos necessários para um dimensionamento seguro.

No dimensionamento de prateleiras, é relevante considerar que o cenário mais crítico de carregamento ocorre quando a carga é aplicada de maneira concentrada no centro do vão, uma vez que desse modo produz maior momento fletor e maior deformação em comparação à mesma carga aplicada de forma distribuída.

Assim, para efeito de projeto, adotar uma carga pontual central como referência resultaria em uma abordagem conservadora, garantindo segurança mesmo em situações de uso desfavoráveis. Deve-se também incluir o peso próprio da prateleira, que atua como uma carga uniformemente distribuída ao longo do vão e que também contribui para a flecha total. A superposição entre o peso próprio e a carga externa permite estimar realisticamente o comportamento da prateleira. Dessa forma, os valores experimentais de MOE e MOR determinados neste estudo constituem parâmetros

fundamentais para o desenvolvimento de rotinas de cálculo e para a elaboração de tabelas práticas de dimensionamento, permitindo prever a deformação e a resistência de superfícies horizontais de MDF utilizadas na indústria moveleira.

Apesar de os valores de MOE e MOR obtidos experimentalmente terem se mostrado ligeiramente superiores aos valores mínimos fornecidos pelo fabricante, é importante destacar que o ensaio realizado contou com um número reduzido de amostras e avaliou apenas o MDF de 15 mm de espessura. Considerando que o material é comercializado em diferentes espessuras (15, 18 e 25 mm) e com variadas texturas e padrões de melamina, recomenda-se adotar, para futuros dimensionamentos, os valores mínimos garantidos pelo fabricante ou valores característicos obtidos a partir de uma amostragem mais ampla e representativa.

4. Conclusão / Conclusion

Os resultados obtidos indicaram valores médios de 26 MPa para o MOR e $2,9 \times 10^3$ MPa para o MOE, com baixos desvios padrão, evidenciando boa uniformidade entre as amostras e confiabilidade nos dados experimentais. Quando comparados aos valores mínimos fornecidos pelo fabricante para chapas de 15 mm de espessura, observou-se que os resultados experimentais foram superiores, o que confirma a adequação do material para aplicações estruturais em móveis, desde que corretamente dimensionado.

A análise dos resultados permitiu demonstrar a importância conjunta dos parâmetros de resistência e rigidez no projeto de superfícies horizontais em MDF. Enquanto o MOR governa o critério de resistência última do material, o MOE controla o comportamento em serviço, especialmente no que se refere à flecha admissível. A partir da manipulação da equação de flexão, foi possível evidenciar que a deformação cresce proporcionalmente à carga aplicada e ao cubo do vão entre apoios, sendo reduzida com o aumento da espessura e da rigidez do material. Dessa forma, o correto dimensionamento do vão e da espessura é fundamental para garantir desempenho estrutural adequado e evitar deformações excessivas que comprometam a funcionalidade e a estética do móvel.

Os resultados obtidos fornecem uma base técnica sólida para o desenvolvimento futuro de rotinas de cálculo, algoritmos e tabelas práticas de dimensionamento de prateleiras e tampos em MDF, contribuindo para projetos mais seguros, eficientes e economicamente viáveis na indústria moveleira.

Por fim, destaca-se que este estudo foi conduzido com um número limitado de amostras e avaliou apenas chapas de MDF com espessura de 15 mm. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a ampliação da amostragem, a análise de diferentes espessuras (18 mm e 25 mm), bem como a avaliação de painéis com diferentes revestimentos e padrões de melamina, a fim de obter uma caracterização mais abrangente e representativa do comportamento mecânico do MDF empregado na fabricação de móveis planejados.

Agradecimentos / Acknowledgements

Agradeço ao Laboratório de Ensaios Mecânicos e Ensaios Não-Destrutivos do Núcleo de Metalurgia do IF Sudeste MG – Campus Juiz de Fora e ao Professor Dr. André Luiz Molisani, pela realização e acompanhamento dos ensaios experimentais.

Referências / References

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Brasileira (NBR) 15316-2: Painéis de madeira reconstituída: Determinação das propriedades mecânicas - Parte 2: Flexão estática. Rio de Janeiro, 2024.

DURATEX. Ficha técnica - Madefibra MDF BP. Disponível em: <https://www.duratemadeira.com.br/composicoes/madefibra-mdf-bp/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ELEOTÉRIO, J. R.; TOMAZELLO, M.; BORTOLETTO, G.. Propriedades físicas e mecânicas de painéis mdf de diferentes massas específicas e teores de resina. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 2, p. 75–90, 2000.

HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Medium Density Fiberboard (MDF). Disponível em: <https://iba.org/o-setor/produtos-florestais/paineis-de-madeira/mdf-medium-density-fiberboard-painel-de-fibra-de-media-densidade/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

PAZETTO, V. M. DE F.; MENEZZI, C. H. S. D.; GONÇALEZ, J. C. Efeito da espessura e do vão na deformação em flexão de painéis de madeira. *Cerne*, v. 21, n. 4, p. 617–624, 2015.

SEBRAE. Como aproveitar as tendências do mercado moveleiro. Disponível em: <https://digital.sebraers.com.br/blog/estrategia/como-aproveitar-as-tendencias-do-mercado-moveleiro/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

TORQUATO, L. P. Caracterização dos Painéis de MDF comerciais produzidos no Brasil. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/17664/Disserta%3f%3fo%20Luciane%20Torquato.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TORQUATO, L. P. et al. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de painéis de fibras de média densidade (MDF) produzidos pelas indústrias brasileiras. *Floresta*, v. 40, n. 2, p. 275–280, 2010.