

# **RELAÇÃO DA DENSIDADE DA MADEIRA E DA DENSIDADE DA CHAPA DURA DE FIBRA DE MADEIRA EM UMA INDÚSTRIA DO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

## **RELATION BETWEEN WOOD DENSITY AND DENSITY OF HARDBOARD IN AN INDUSTRY IN THE INTERIOR OF THE STATE OF SÃO PAULO**

Fabiana Maria de Oliveira<sup>1</sup>

Fernanda Cristina Pierre<sup>2</sup>

Paulo André de Oliveira<sup>2</sup>

### **RESUMO**

As propriedades físicas e mecânicas da madeira que impactam na qualidade final das chapas de fibra. Entre estas propriedades destaca-se a densidade da madeira e conseqüentemente da chapa dura de fibra de madeira. O objetivo deste trabalho foi associar a densidade da madeira, densidade dos painéis acabados e o tempo de corte da madeira para verificar a influência da densidade da madeira e do tempo de corte das árvores na densidade do painel de uma indústria de chapas de madeira no interior do estado de São Paulo. Neste sentido, este trabalho analisou o tempo de corte da madeira, densidade da madeira e densidade dos painéis acabados de uma indústria madeireira no interior do estado de São Paulo. Utilizou-se a correlação de Pearson e Spearman para avaliar a associação entre as variáveis analisadas, dependendo da descrição dos dados. Concluiu-se que a densidade da chapa sofre baixa influência das variáveis tempo de corte, densidade da madeira como comprovado pelas correlações. Considerando-se o tempo de corte da madeira destaca-se para a idade entre 5 a 7 anos pela ocorrência de maiores variações de densidade na madeira.

**Palavras-Chaves:** Densidade. Indústria madeireira. Chapa dura de fibra de madeira.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Tecnologia em Agronegócio pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Av. José Italo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu. E-mail: fabianaoliveiragc@gmail.com

<sup>2</sup> Professor de Ensino Superior pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Av. José Italo Bacchi, s/n – Jardim Aeroporto – Botucatu/SP – CEP 18606-855. Tel. (14) 3814-3004.

## **ABSTRACT**

The physical and mechanical properties of the wood have an impact on the final quality of the fiber sheets. Among these properties stands out the density of the wood and consequently of the fiberboard of wood. The objective of this work was to associate the wood density, density of the finished panels and the cutting time of the wood to verify the influence of the wood density and the cutting time of the trees in the panel density of a wood veneer industry in the interior of the state of São Paulo. In this sense, this work analyzed the cutting time of wood, wood density and density of the finished panels of a timber industry in the interior of the state of São Paulo. The Pearson and Spearman correlation was used to evaluate the association between the analyzed variables, depending on the description of the data. It was concluded that the density of the panel suffers low influence of the variables cut-off time, wood density as evidenced by the correlations. Considering the time of cutting of the wood stands out for the age between 5 to 7 years by the occurrence of greater variations of density in the wood.

**Keyword:** Density. Timber industry. Hardboard.

## 1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos painéis de madeira ocorreu como isolamento da Segunda Guerra Mundial na Alemanha, época em que o país se viu diante de dificuldades que fomentaram o surgimento de novas tecnologias (MACEDO et al., 2015)

Uma delas foi o desenvolvimento de painéis de madeira aglomerada em 1940, considerada como forma de empregar os resíduos madeireiros disponíveis, num cenário de escassez de madeira com características compatíveis com a produção dos compensados (IWAKIRI, 2005).

Os painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação, que são aglutinadas. Substituem a madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis e pisos (MATTOS, 2008).

Segundo Biazus (2010), o cenário promissor propiciou investimentos sucessivos em aumento de capacidade instalada de fabricação de painéis de madeira no Brasil nos últimos anos.

O sucesso do uso do eucalipto para a obtenção de chapas de fibras é demonstrado pelo fato de que praticamente toda a produção de chapas está baseada na utilização de madeira obtida de plantações desse gênero. As espécies mais utilizadas para essa produção têm sido o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus saligna* (BRITO et al., 1998).

Dentro da mesma espécie, há variação conforme a idade, posição na árvore, fatores genéticos. O ambiente bem como sua manipulação podem também afetar as características da madeira e, conseqüentemente, sua qualidade (SHIMOYAMA, 1990).

SHIMOYAMA (1990) ainda explica que a densidade é uma quantificação direta do material lenhoso por unidade de volume, estando relacionada a muitas propriedades e características tecnológicas fundamentais para a produção e utilização dos produtos florestais, um dos parâmetros mais importantes entre as diversas propriedades físicas da madeira, pois afeta todas as demais propriedades desta.

Kelly (1977) cita que uma das principais variáveis no processo de produção de chapas de madeira aglomerada ou MDP (Medium Density Particleboard) é a espécie da madeira e a razão de compactação, que é a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira utilizada .

Segundo Panshin e Zeeuw (1980), a densidade básica da madeira varia em função da idade da árvore, aumentando mais rapidamente durante o período juvenil e depois mais lentamente até atingir a maturidade. Assim, a madeira de lenho tardio apresenta densidade

básica maior que a de lenho juvenil. Esses mesmos autores afirmaram que a variabilidade da maior parte das propriedades mecânicas da madeira pode ser estimada com base na variação da densidade. Isso pode ser explicado porque as propriedades de resistência à flexão estática e o seu módulo de elasticidade (MOE) estão correlacionados com a densidade, a qual, por sua vez, também está correlacionada com as dimensões das células.

A utilização de madeiras de baixa densidade resulta em alta razão de compactação das chapas e maior área de contato entre as partículas, resultando em melhores propriedades de flexão estática e ligação interna (KELLY, 1977).

Segundo a Eucalipto (2003 citado por LOBÃO et al., 2004), as principais propriedades físicas e mecânicas da madeira que provocam impacto na qualidade do produto final a ser produzido são identificadas como: resistência mecânica, massa específica aparente e estabilidade dimensional, e os principais impactos tecnológicos nas características das madeiras passam pelo melhoramento florestal e práticas silviculturais e de manejo, além das etapas de processamentos primário e secundário.

Sabe-se que as propriedades mecânicas da madeira são dependentes, principalmente da densidade básica, da porcentagem de madeira juvenil, da largura dos anéis do ângulo das microfibras, da quantidade de extrativos, do teor de umidade, da intensidade ao ataque de insetos, do tipo e da localização e quantidade de nós, dentre outros fatores (EVANS et al., 2000).

Latorraca et al. (2000) observaram que as propriedades da madeira variam conforme o crescimento da árvore, com a ressalva de que a porção da madeira correspondente aos primeiros anéis formados apresenta menor massa específica e fibras mais curtas, entre outras características, ou seja, a diferença entre lenho juvenil e adulto. Verificaram que há aumento da massa específica, bem como da espessura da parede celular em anéis sucessivos, a partir do centro para a periferia do tronco da árvore, no sentido medula–casca.

O objetivo deste trabalho foi associar a densidade da madeira, densidade dos painéis acabados e o tempo de corte da madeira para verificar a influência da densidade da madeira e do tempo de corte das árvores na densidade do painel de uma indústria de chapas de madeira no interior do Estado de São Paulo.

## **2 MATERIAIS E METODOS**

### **2.1 Material**

O trabalho foi desenvolvido em uma agroindústria localizada no interior do Estado de São Paulo, onde os dados foram coletados do processo de fabricação de chapas duras de fibra de madeira no período de agosto de 2017 a dezembro de 2017. A agroindústria em estudo produz desde a matéria prima (madeira originada de fazendas certificadas ou controladas) até o produto final acabado.

Durante as etapas de fabricação das chapas, fatores são analisados e controlados, sendo um dos principais a densidade da madeira que está sendo utilizada no processo. Dentre as várias maneiras de se expressar esta propriedade, a mais prática é a densidade básica, que é a relação entre o peso absolutamente seco da madeira e seu volume (quando em estado de completa saturação).

Todo caminhão de madeira que entra na empresa em estudo possui um Certificado de Transporte de Madeira (CTM) onde constam informações como: nome da fazenda, quadra, tempo de corte e espécie.

A fabricação das chapas inicia-se com a transformação da madeira em cavacos (partículas geradas nos picadores) de dimensão 29 x 24 x 4,5 mm. Após a transformação da madeira em cavacos, estes são desfibrados e misturados com parafina, sulfato de alumínio e água aquecida em temperatura adequada para que as fibras sejam separadas, formando uma polpa que é distribuída nas formadoras para posterior prensagem das chapas na prensa (local onde a água é retirada e ocorre a junção das fibras).

Após finalização desta etapa é realizada a determinação da densidade das chapas, denominada “densidade inicial”, propriedade que auxiliará no controle do processo e, se necessário realizar correções, apoiará na definição de ações.

Em seguida à prensagem, as chapas seguem para as câmaras de ar quente, onde recebem tratamento térmico e ocorre a consolidação da lignina e da umidificação. Finalizado esse processo, novamente é avaliada a densidade da chapa, denominada “densidade final”.

As chapas duras de fibra de madeira são encaminhadas à área de beneficiamento, onde são embaladas e estão prontas para serem comercializadas, ou ao estoque intermediário, para serem pintadas ou revestidas com papéis melamínicos de impregnação (para fabricação de portas, móveis, etc.).

Em todas as etapas de fabricação e revestimentos das chapas, estas devem atender as especificações da empresa, que estão baseadas nas normas técnicas brasileiras, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

## 2.2 Método

Para análise dos dados coletados no período de agosto 2017 a dezembro de 2017, foi elaborada uma planilha contendo o tempo de corte da madeira, densidade da madeira e densidade final das chapas acabadas. Os testes das densidades foram realizados pela empresa e os dados disponibilizados em um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Utilizou-se a correlação de Pearson e Spearman para avaliar a associação entre corte da madeira, densidade da madeira e densidade da chapa, dependendo da distribuição dos dados. Estes métodos são utilizados em diversas associações como fez Dias et al. (2003), que utilizaram a correlação de Pearson para avaliar a influência de fatores climáticos na produção de serapilheira ao longo do período de um ano. Outra aplicação foi o uso dos coeficientes de correlação de Spearman por Monteiro et al. (2015) para as classificações de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja. Os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se as correlações entre o tempo de corte do eucalipto, densidade da madeira antes do início do processo de industrialização e a densidade da chapa organizada por grupos de tempo de corte da madeira. Considerando-se todas as idades das árvores percebe-se que há uma baixa correlação entre as variáveis. Destaca-se a correlação entre a densidade da chapa e o corte das árvores para árvores entre 5 e 7 anos (0,42). A baixa correlação entre as variáveis indica que a densidade da chapa possui baixa influência da idade das árvores e também da densidade da madeira antes do processo de industrialização da chapa.

Tabela 1- Correlações entre tempo de corte das árvores, densidade da madeira e densidade da chapa em grupos por tempo de corte das árvores

Tempo de corte da madeira	Correlações	Valores
Todos os tempos de corte das árvores	Madeira x corte	0,08
	Chapa x madeira	-0,02
	Chapa x corte	-0,27
De 5 a 7 anos de idade	Madeira x corte	0,29
	Chapa x madeira	-0,01
	Chapa x corte	-0,42
Maior que 7 anos até 8,5 anos	Madeira x corte	-0,18
	Chapa x madeira	-0,19
	Chapa x corte	0,25

Fonte: Os autores (2018).

Na Tabela 2 estão relacionadas às correlações entre o tempo de corte do eucalipto, densidade da madeira antes do início do processo de industrialização e a densidade da chapa considerando-se faixas de densidade da madeira da amostra analisada. Percebe-se que há baixa correlação entre as variáveis quando agrupadas por faixas de densidade da madeira antes do início do processo de industrialização. Esta constatação demonstra que o resultado final da densidade da chapa sofre pouca influência da densidade inicial da madeira.

Tabela 2 - Correlações entre tempo de corte das árvores, densidade da madeira e densidade da chapa em grupos por densidade da madeira

Densidade madeira	Madeira x corte	Chapa x madeira	Chapa x corte
0,67 até 0,80	0,39	-0,14	-0,43
Maior que 0,80	-0,07	-0,26	0,10

Fonte: Os autores (2018).

Pode-se perceber, na Tabela 3, que ocorre baixa variação (entre 1,9 e 2,49%) entre os valores máximos e mínimos para a densidade da chapa em todos os grupos de idades das arvores nos cortes, indicando que o processo de industrialização estabiliza-se com baixa variabilidade contribuindo para qualidade do produto final. A densidade da madeira possui maior variabilidade, contudo está abaixo de 8,4% (entre 5 e 7 anos). O processo industrial aumentou a densidade da madeira, em média 23,61%, com correções de até 45.

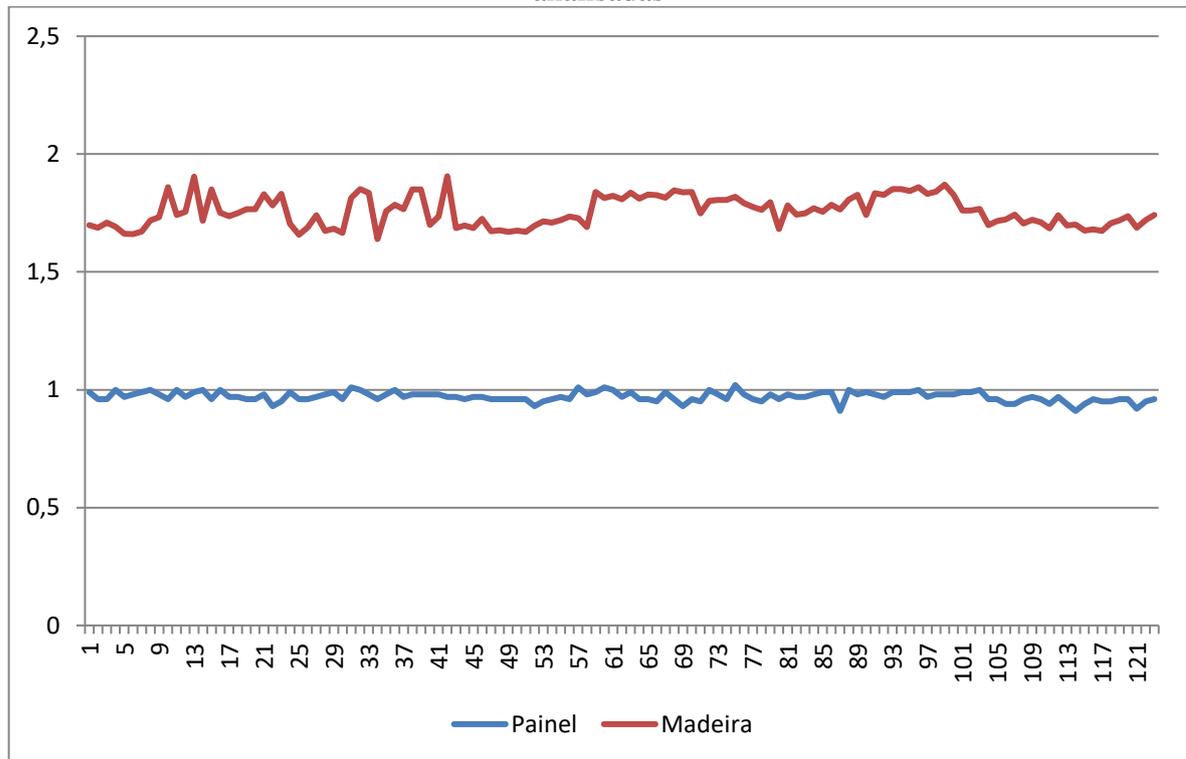
Tabela 3 - Valores de estatística descritiva da densidade da chapa e densidade da madeira e variação entre as densidades por grupos de idade de corte das árvores de eucalipto

		Densidade da Chapa	Densidade da Madeira	Variação densidade	Tempo de corte
Todos	Média	0,97	0,79	23,61	6,93
	Desvio Padrão	0,02	0,06	9,87	1,31
	Cx. Variação	2,12	7,70	41,79	18,83
	Máximo	0,91	0,68	2,43	5,55
	Mínimo	1,02	0,94	45,37	10,35
Entre 5 a 7 anos	Média	0,97	0,78	25,32	6,13
	Desvio Padrão	0,02	0,07	10,91	0,40
	Cx. Variação	1,90	8,39	43,10	6,54
	Máximo	0,93	0,68	2,43	5,55
	Mínimo	1,02	0,94	45,37	6,95
Maior que 7 anos	Média	0,97	0,79	22,24	8,67
	Desvio Padrão	0,02	0,05	6,96	0,79
	Cx. Variação	2,49	6,12	31,31	9,07
	Máximo	0,91	0,72	6,53	7,10
	Mínimo	1	0,89	33,28	10,35

Fonte: Os autores (2018).

O gráfico 1 apresenta o comportamento da densidade da madeira de eucalipto e da chapa. A densidade da madeira tem maior oscilação, demonstrando uma maior faixa entre os valores máximos e mínimos. A densidade da chapa estabilizou-se após a primeira prensagem e não demonstrou acompanhar a densidade da madeira com menor oscilação, mas um comportamento independente da densidade da madeira comprovado também pela baixa correlação descrita nas Tabelas 1 e 2.

Gráfico 1 - Comportamento da densidade da madeira e das chapas por lote de árvores analisadas



Fonte: Os autores (2018).

#### 4 CONCLUSÕES

A variação da densidade da madeira encontrada neste estudo refere-se ao fato desta ser proveniente de diversas fazendas do território brasileiro. Como são picadas em grande escala para abastecimento da produção os lotes acabam sendo misturados e processados em conjunto.

As densidades das chapas sofreram baixa influência das variáveis tempo de corte, densidade da madeira como comprovado pelas correlações. Considerando-se o tempo de corte da madeira destaca-se para as idades entre 5 a 7 anos pela ocorrência de maiores variações de densidade, contudo há pouca influência sobre a chapa, já que o processo de prensagem atua com correções.

Para a indústria é muito importante dominar técnicas para trabalhar com diferentes faixas de densidade, pois nessa etapa do processo é onde ocorrem as mudanças necessárias que impactam na qualidade do produto final.

Após a prensagem há mais estabilidade na densidade da chapa, mesmo com a variação da densidade da madeira o próprio processo faz os ajustes necessários já na primeira prensagem.

## REFERÊNCIAS

- BLAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. **Panorama de mercado: painéis de madeira.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.32 , p. 49-90, set. 2010. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1765>>. Acesso em: 3 mar. 2018.
- BRITO, E. O. et al. **Nos caminhos do eucalipto.** Bento Gonçalves : CETEMO, 1998. 88p. (Coletânea. SENAI-RS). Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/534/53416207/> >. Acesso em: 5 mar. 2018.
- DIAS, H. A.; VENÂNCIO, S. M.; SOUZA, S. H. F. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, 2003.R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a14v27n5.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a14v27n5.pdf). Acesso em: 29 maio 2018.
- EVANS, J. L.W.; SENFT, J. F.; GREEN, D. W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of xszax\ physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. **Forest Products Journal**, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.
- IWAKIRI, Setsuo et al. Painéis de madeira aglomerada. **Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF**, p. 123-166, 2005. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassetsuo/setsuo-pma.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2018
- KELLY, M. W. **Critical literature review of relationship between processing parameters and physical properties of particleboard.** Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1977. 66f. (USDA Forest Service. Forest Products Laboratory General Technical Report FPL, v. 10)
- LATORRACA, J. V.; ALBUQUERQUE, C. E.C. Efeito de rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, v.7, n.1, p.279-291, 2000.
- LOBÃO, M. S. et al. A caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 889 - 894 dez., 2004.
- MACEDO, L. B. et al. **Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 19, n. 7, p. 674-679, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Rocco\\_Lahr/publication/282255847\\_Physical\\_properties\\_of\\_wood\\_particleboard\\_produced\\_with\\_addition\\_of\\_bioriented\\_polypropylene\\_film/links/560d5ec608ae6cf68153ece6.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Rocco_Lahr/publication/282255847_Physical_properties_of_wood_particleboard_produced_with_addition_of_bioriented_polypropylene_film/links/560d5ec608ae6cf68153ece6.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2018.
- MATTOS, R. L. G.; CHAGAS, F..B.; GONÇALVES, R. M. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27 , p. 121-156, mar. 2008. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2526>. Acesso em: 02 mar. 2018.
- MONTEIRO, F. J. F. Correlação entre parâmetros de quatro metodologias de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de soja em ambientes distintos. **Revista de la Facultad de**

**Agronomía**, v. 114, 2015. Disponível em: <<http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/9>> Acesso em: 29 maio 2018.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. *Textbook of wood technology*. 4 ed. New York: 1980. 722p

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus sp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990. Disponível em <>. Acesso em: 5 mar. 2018. Disponível em: < <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=125312>>. Acesso em: 15 fev. 2018.