



## ANÁLISE DO COEFICIENTE DE ESBELTEZ EM PARTÍCULAS DE UMA INDÚSTRIA DE PAINÉIS

LIMA, Mariane Cardos<sup>1</sup>; LIMA, Felipe Camargo de Campos<sup>2</sup>;  
da CRUZ, Danila Estevam Alves<sup>3</sup>

**RESUMO** – Objetivou-se com o presente trabalho analisar a qualidade das partículas de uma indústria de painéis utilizando o coeficiente de esbeltez. Foi avaliada a relação geométrica entre o comprimento e espessura das partículas na produção de HPP (piso) e MDP no mês de abril. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 33 tratamentos (moinhos e telas), na produção de HPP e MDP foram contabilizados 11 moinhos no total, mais três telas da granulometria (1,00 mm; 2,00 mm e 3,35 mm) selecionadas por cada moinho e 30 repetições, representada pela quantidade de partículas medidas, portanto cada moinho juntamente com a tela foi considerado como tratamento, totalizando 990 partículas medidas. Com base nos resultados obtidos é possível concluir que todos os tratamentos que contém a tela de 3,35 mm forneceram valores de coeficiente de esbeltez maiores, isto proporciona ao painel maior resistência e estabilidade dimensional. Ao contrário da tela de 1,00 mm e 2,00 mm que não houve diferença estatística e grande parte das partículas medidas possuem esbeltez menor.

**Palavras-chave:** Chapas. Eucalipto. Granulometria. Madeira. Espessura.

**ABSTRACT** – The objective of this work was to analyze the quality of particles in a panel industry using the slenderness coefficient. The geometric relationship between the length and thickness of particles in the production of HPP (floor) and MDP in April was evaluated. The experimental design used was completely randomized (DIC), with 33 treatments (mills and screens), in the production of HPP and MDP, 11 mills were counted in total, plus three screens of particle size (1.00 mm; 2.00 mm and 3.35 mm) selected for each mill and 30 repetitions, represented by the quantity of measured particles, therefore each mill together with the mesh was considered as a treatment, totaling 990 measured particles. Based on the results obtained, it is possible to conclude that all treatments containing the 3.35 mm mesh provided higher slenderness coefficient values, which provides the panel with greater strength and dimensional stability. Unlike the 1.00 mm and 2.00 mm mesh, which was not statistically different and a large part of the measured particles have less slenderness.

**Keywords:** Plates. Eucalyptus. Granulometry. Wood. Thickness.

<sup>1</sup> Engenheira Florestal formada pela Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral - FAEF – Garça-SP - marimariane181@gmail.com;

<sup>2</sup> Docente da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral FAEF – Garça-SP;

<sup>3</sup> Engenheira Florestal formada pela Faculdade de Ciências Agrônômicas / UNESP - Botucatu/SP.

## **1 INTRODUÇÃO**

O número de vendas no segmento doméstico de painéis de madeira foi de 6,9 milhões de m<sup>3</sup> em 2019, permanecendo estável em comparação a 2018. O setor de painéis de madeira vem ampliando suas áreas de atuação, ocupando lugar de destaque entre os 10 maiores do ranking mundial da FAO, onde o Brasil é o sétimo maior produtor mundial (IBÁ, 2020).

Os painéis compostos de partículas de madeira são produtos que possuem diversas finalidades, principalmente na indústria moveleira e construção civil, na fabricação de pisos, portas, forros e móveis (MARZBANI *et al.*, 2015).

A princípio qualquer madeira pode ser empregada para confecção de painéis particulados, no Brasil a principal matéria prima é proveniente de florestas plantadas (IWAKIRI *et al.*, 2004). Diversos trabalhos têm demonstrado que é tecnicamente viável produzir painéis de madeira com eucalipto (GOUVEIA *et al.*, 2003; IWAKIRI *et al.*, 2004).

Dentro das características da madeira a densidade é o principal fator limitante na indústria, já que para fabricação de chapas a densidade deve estar entre 5 a 40 % ou superior a densidade da madeira utilizada na sua fabricação, visto que quando ocorre a fabricação de chapas com densidades elevadas geralmente não são aceitas pelo

mercado (MALONEY, 1993). Uma opção para produzir chapas com atributos ideais para o mercado é a combinação de madeiras que apresentam densidades distintas, ou seja, mistura de madeiras com maior e menor densidade. Tem sido observado neste processo que a chapa resultante desta combinação tem alcançado melhores resultados em suas características (VITAL, 1973; VITAL, 1992; MOSLEMI, 1974; HASELEIM *et al.*, 1989; MALONEY, 1993; GOUVEIA *et al.*, 2003).

Além da densidade a geometria e a esbeltez das partículas são características que determinam as propriedades dos painéis de MDP, no qual estão associados com a espécie arbórea, o tipo e qualidade da resina, os implementos utilizados na produção de partícula, a disposição da placa composta pela orientação das partículas, os aditivos, a organização das bases e o estado de prensagem do colchão (HASELEIN *et al.*, 2002).

A tecnologia industrial utilizada no processo de fabricação de painéis tem rígidas exigências em relação as espécies, tamanho da partícula e a qualidade da matéria prima. Com a necessidade crescente por madeira de qualidade para suprir a demanda do mercado, vem crescendo a ideologia da utilização de outras espécies de reflorestamento ideais

para a fabricação de MDP (NAUMANN et al., 2008).

Sendo assim, o cuidado com o tamanho da partícula é redobrado, já que está associado a qualidade final do produto. Um dos controles da qualidade utilizados na geração das partículas é a granulometria, uma vez modificada é necessário conferir as demais variáveis dentro do processo, principalmente a melhor proporção de adesivo a ser utilizada (BRITO; PEIXOTO, 2000).

Do exposto acima, o presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade da partícula de uma indústria de painéis utilizando o coeficiente de esbeltez.

## **2.CONTEÚDO**

### **2.1. MATERIAL E METODOS**

#### **2.1.1. Coleta e preparo do material**

As partículas foram fornecidas por uma indústria de painéis de madeira de origem nacional, que atua a mais de 60 anos no mercado, atuando no segmento da construção civil e moveleiro, situada na cidade de Botucatu- SP.

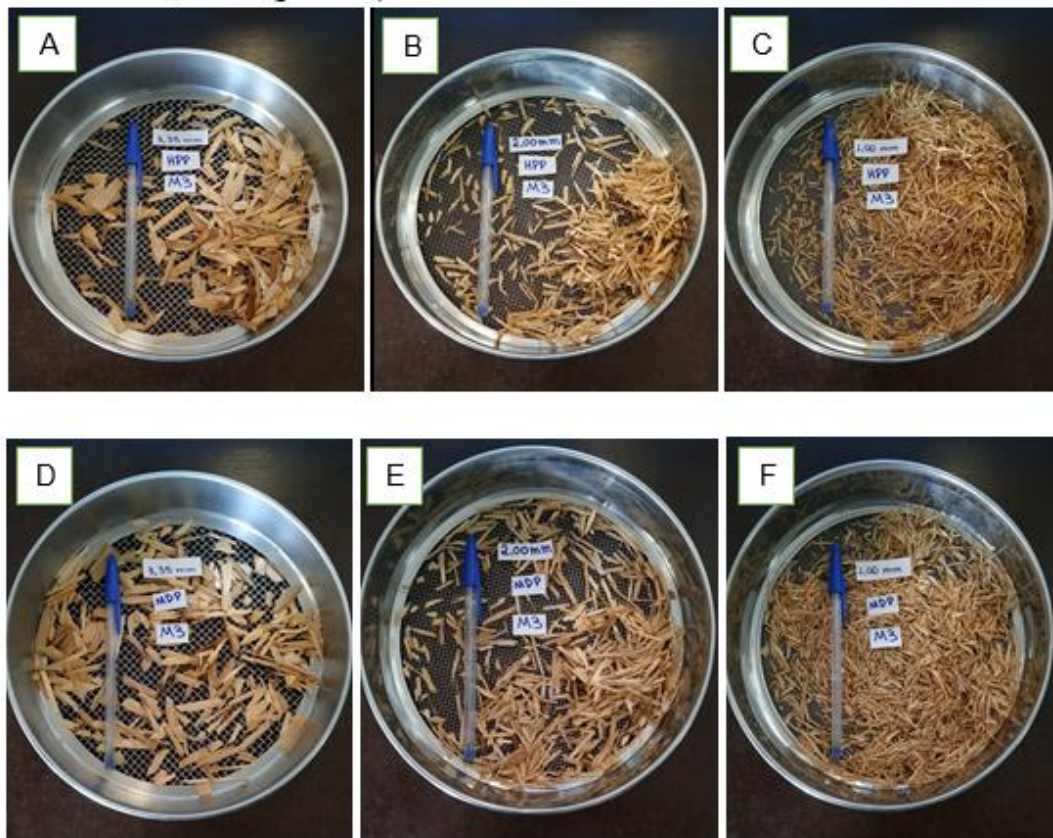
Estas partículas foram produzidas e coletadas dos moinhos, do setor responsável pela transformação do cavaco em partícula. O setor conta com cinco moinhos de facas e o moinho de martelo (Ferraz). Todas as partículas são oriundas de madeira de eucalipto.

As coletas de material para análises das partículas foram feitas em dois dias do mês de abril, sendo uma coleta durante a produção de HPP (piso) e outra na produção do MDP. As amostras foram coletadas de todos os moinhos pertencentes ao setor.

Todo material coletado foi separado por uma classificação granulométrica. Foram retiradas 50 g de partículas do moinho 1, 3, 4, 5 e Ferraz na produção de HPP e 50 g do moinho 1, 2, 3, 4, 5 e Ferraz para MDP, para realização da granulometria. Nota-se que não houve coleta no moinho 2 para HPP, já que o mesmo estava em manutenção.

Após a análise granulométrica, foram selecionadas aleatoriamente as partículas contidas nas peneiras de 3,35 mm, 1,00 mm e 2,00 mm para medição geométrica do comprimento e espessura, para obtenção do coeficiente de esbeltez. Em que a peneira com a tela de 3,35 mm (refinador), é classificada como oversize, grande demais para ser inserida na chapa; Tela de 2,00 mm e 1,00 mm (processo), que são partículas que compõe a parte interna dos painéis (Figura 1).

**Figura 1.** Classificação granulométrica de partículas do moinho 2 na produção do HPP e MDP: A e D são referentes a Tela de 3,35 mm (refinador); B e E representa a tela de 2,00 mm (processo); C e F refere-se a tela de 1,00 mm (processo).



### 2.1.2 Determinação do coeficiente de esbeltez

As medições geométricas do comprimento e espessura foram realizadas com o auxílio de um paquímetro manual da marca MTX, após a obtenção destas medidas, realizou-se o cálculo do coeficiente de esbeltez, para cada tratamento, ou seja, peneira e moinho.

$$Re = \frac{C}{e}$$

Onde: Re: Razão de esbeltez;  
C: Comprimento das partículas;  
E: espessura das partículas.

### 2.2.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 33 tratamentos (moinhos e telas), na produção de HPP e MDP foram contabilizados 11 moinhos no total, mais três telas da granulometria selecionadas por cada moinho e 30 repetições, representada pela quantidade de partículas medidas, portanto cada moinho juntamente com a tela foi considerado como tratamento, obtendo um total de 990 partículas. Os resultados dos tratamentos

foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da estatística, foi confirmado que houve diferença significativa dos dados ao nível de 1% entre os tratamentos estudados, conforme demonstrados na tabela 1.

**Tabela 1.** Valores da análise de variância dos tratamentos: média geral dos tratamentos, coeficiente de variação médio CV (%) e grau de liberdade (GL).

Análise de variância	Esbeltez
GL resíduo	957
F tratamentos	9,43 **
Média geral	11,90
Desvio-padrão	6,92
DMS (5%)	6,34
CV (%)	58,19

\*\* = significativo a 1% pelo teste F.

A escolha da metodologia estatística propiciou um alto grau de liberdade (GL) 957 resultados passíveis de comparação, no entanto os dados resultaram em um coeficiente de variação geral C.V. 58,18%, considerado alto mas que pode ser explicado pela variabilidade das partículas. Como complemento a Tabela 2 apresenta resultados de C.V. individual para cada tratamento e a comparação entre as médias.

O valor médio do coeficiente de esbeltez foi de 11,90 demonstrado na (Tabela 1). Em comparação com Bianche

(2009) que obteve coeficiente de esbeltez equivalente a 13,73 em partículas de eucalipto, resultado superior ao encontrado neste trabalho, por sua vez Pereira et al. (2017), observaram 21,08 para partículas de *Eucalipto badjensis*. Em contrapartida Cabral (2005), encontrou valores de esbeltez de 12,35 para *Eucalipto grandis*, *Eucalipto urophylla* e *Eucalipto cloeziana*, valor que mais se assemelha com a média encontrada no presente trabalho. Contudo, os maiores coeficientes de esbeltez foram na produção do HPP no moinho 3 na tela de 3,35 mm com 17,91 e no MDP no moinho 3 na tela de 3,35 mm com 20,17.

Os valores de razão de esbeltez devem variar de 120 a 200 nas camadas externa, e de 60 para partículas de camada interna (IWAKIRI, 2005). Dos tratamentos estudados nenhum obteve o valor proposto pelo autor acima em relação a camada interna dos painéis.

Conforme demonstrado na Tabela 2 na produção de HPP (piso), nos moinhos 1 e 3 com a tela de 1,00 mm e 2,00 mm não teve diferença estatística, mas em contrapartida a tela de 3,35 mm teve diferença estatística, destacando-se das demais peneiras, já o moinho 4 e o Ferraz em todos os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente, porém em todos os tratamentos do moinho 5 houve diferença estatística.

**Tabela 2.** Médias dos valores de esbeltez das partículas e coeficiente de variação CV (%) da produção de HPP e MDP.

Esbeltez para partículas HPP			
Moinho	Peneiras (mm)		
	1,00	2,00	3,35
M1	11,31 a A (32,71)	12,47 aA (31,55)	16,94 b A (32,18)
M3	11,86 a A (49,31)	14,00 a A (31,2)	17,91 b A (32,21)
M4	6,01 a A (94,92)	7,72 a A (83,44)	9,56 a A (91,54)
M5	8,33 a A (97,77)	10,64 a AB (64,2)	14,84 ab B (66,34)
Ferraz	8,07 a A (71,52)	7,68 a A (55,94)	11,41 a A (54,36)

Esbeltez para partículas MDP			
Moinho	Peneiras (mm)		
	1,00	2,00	3,35
M1	10,10 a A (75,9)	12,25 a A (54,01)	19,55 b B (34,07)
M2	8,79 a A (78,1)	14,71 a A (47,2)	13,57 ab A (51,67)
M3	7,41 a A (87,96)	14,88 a B (49,43)	20,17 b B (38,04)
M4	7,06 a A (105,57)	10,41 a A B (79,74)	14,73 ab B (81,99)
M5	8,69 a A (82,43)	11,72 a A (50,59)	19,75 b B (47,21)
Ferraz	7,97 a A (75,08)	10,57 a A (46,01)	11,52 a A (47,78)

Onde: Resultados comparados pelo teste de Tukey a 5%; Letras: minúsculas - coluna e maiúsculas - linha; Em parêntese: Coeficiente de variação % (C.V.)

A tela de 1,00 e 2,00 mm na produção de HPP e MDP não obtiveram diferença estatística relevantes, ou seja, grande parte dos resultados de coeficiente de esbeltez são iguais nas duas telas em todos os moinhos, além disso é observado que em sua maioria apresentaram menor valor de coeficiente de esbeltez. De acordo com Peixoto e Brito (2000) os painéis produzidos com partículas menores ofereceram maior resistência à tração perpendicular. Ainda segundo os autores, as partículas menores contribuem com a uniformização do material nos painéis, diminuindo os espaços internos. Para Iwakiri (2005), valores de coeficiente de esbeltez inferiores proporciona menor área superficial das partículas, aumento na

quantidade de adesivo por unidade de área da partícula, aumentando a ligação interna do painel.

Na produção de MDP os moinhos 1 e 2 apresentaram diferença significativa somente na peneira de 3,35mm, já no moinho 3 na tela de 1,00 mm obteve os valores iguais na (tela de 1,00 mm e 2,00 mm) aos demais moinhos citados acima, tendo diferença somente entre a peneira 2,00 mm e 3,35 mm, já no moinho 4 houve diferença entre todos os tratamentos, no moinho 5 as telas de 1,00 mm e 2,00 mm não se diferenciaram, ao contrário da tela de 3,35 mm que se destacou com alto valor de esbeltez, por último o moinho Ferraz foi o único que não ocorreu diferença estatísticas entre os seus tratamentos.

Segundo Iwakiri (2005), quando os valores de esbeltez são altos, as propriedades de flexão estática serão melhores. Comparado a este trabalho, a tela de 3,35 mm foi a que teve os maiores coeficientes de esbeltez e a que mais se difere entre os tratamentos, porém esta tela não é utilizada no processo, por ser partículas maiores, no qual ocasiona um aumento no espaço entre as partículas no interior dos painéis. No entanto foi observado nas medições que não são todas as partículas coletadas da tela de 3,35 mm que apresentam tamanhos iguais, podendo obter tamanhos distintos, assim pode-se dizer que essas são utilizadas no processo.

As variações nos valores de esbeltez encontrados nos tratamentos podem conferir aos painéis diferentes características mecânicas. Em um estudo conduzido por Cabral (2005), painéis produzidos com partículas com alto valor de coeficiente de esbeltez, proporcionaram médias maiores nos testes de tração perpendicular, módulo de ruptura, módulo de elasticidade e inchamento em espessura e maiores valores no teste de dureza Janka e compressão longitudinal com partículas com valores menores de coeficiente de esbeltez. Conforme Alberto (1992), os valores de esbeltez maiores, são mais interessantes, pois entregam aos painéis maior resistência e estabilidade dimensional.

Outro fator importante, foi a produção do moinho 4 que produziu partículas com esbeltez inferior quando comparados com os outros. Levando a acreditar que a causa destes resultados são as manutenções mecânicas e ajustes dos implementos que ocorrem, no qual este moinho possui uma ótima performance trabalhando com placas novas, o que gera partículas mais finas, resultando em uma esbeltez menor.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que todos os tratamentos que contém a tela de 3,35 mm forneceram valores de coeficiente de esbeltez maiores, isto proporciona ao painel maior resistência e estabilidade dimensional. Ao contrário da tela de 1,00 mm e 2,00 mm que não houve diferença estatística e grande parte das partículas medidas possuem esbeltez menor, podendo conferir ao painel resistência à tração perpendicular, uniformização do material, diminuição dos espaços internos e aumento na quantidade de adesivo.

Como sugestão referente a não diferenciação estatística das telas granulométricas 1,00 e 2,00 mm, a exclusão de uma delas na análise de granulometria, já que não possuem diferença, inclusive na medição

geométrica, ajudando na eficiência dos operadores no momento desta análise.

## 5. REFERÊNCIAS

ALBERTO, M. M. M. Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”.

**Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná. p. 122. Curitiba- PR, 1992.

BIANCHE, J. J. Propriedades de aglomerado fabricado com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e VASSOURA (*Sida spp.*).

**Dissertação Mestrado** em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa- MG, p. 42, 2009.

BRITO, E.O; PEIXOTO, G.L. Avaliação da granulometria de partículas de *Pinus taeda* combinadas com adesivos comerciais para fabricação de aglomerados. **Revista Floresta e Ambiente**. V 7, n. 1p. 60- 67. Rio de Janeiro, 2000.

CABRAL, C. P.T. Propriedades de chapas tipo aglomerado e OSB, fabricadas com partículas e flocos de madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*. **Dissertação Mestrado** em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa- MG, p. 69, 2005.

GOUVEIA, F.N; VITAL, B.R; SANTANA, M.A.E. Avaliação de três tipos de estrutura de colchão e três níveis de resina fenólica na produção de chapas de partículas orientadas- OSB, **Revista Árvore**, v.27, n.3, p. 365- 370, 2003.

HASLEIN, C.R. et al. Fabricação de chapas de aglomerados com madeiras de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden) e embaúba (*Cecropia sp.*). **Revista Árvore**, v. 13, n. 1, p. 67- 84, 1989.

HASELEIN, C. R; CALEGARI, L; BARROS, M.V; HACK, C; HILLIG, E; PAULESKI, D.T; POZZERA, F. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões.

**Ciência florestal**. V.12, n. 2, p. 127. Santa Maria- RS, 2002.

IBÁ- Indústria brasileira de árvores. **Relatório Anual 2020**. Disponível em:

<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/elatorio-iba-2020.pdf>. Acessado em: 20 de julho de 2021.

IWAKIRI, S.; MENDES, L.M; LEOPOLDO, K.S; SANTOS, J.C. Utilização de madeira de eucalipto na produção de chapas de partículas orientadas- OSB. **Cerne**, v.10, n. 1, p. 46- 52. Lavras- MG, 2004.

IWAKIRI, S. ANDRADE, A.S.D; JUNIOR, A.A.A; CHIPANSKI, E.D.R; PRATA, J.G; ADRIAZOLA, M.K.O. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina- uréia- formaldeído. **Cerne**. V.11, n.4, p. 323- 328. Curitiba- PR, 2005.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. **Ajir gráfica e Editora Ltda**. FUPEF. p. 247. Curitiba- PR, 2005.

MALONEY, T.M. Modern particleboard & dry-process fiberboard. San Francisco: Miiller Freeman, 1993. p. 681.

MARZBANI, P., AFROUZI, Y. M., & OMIÐVAR, A. (2015). The effect of nano-zinc oxide on particleboard decay resistance. **Madeiras. Ciencia y Tecnología**, 17(1), 63-68. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000007>.

MOSLEMI, A.A. Particleboard: vol: materilis. London: Sounthern Univesity Press, 1974. 244p.

NAUMANN, R.B; VITAL, B. R; CARNEIRO, A.D.C.O; LUCIA, R.M.D; SILVA, J.C; CARVALHO, A.M.M.L; COLLI, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. **Rev. Árvore**. Vol. 32, n. 6. Viçosa- MG, 2008.

PEREIRA, G. F; RIOS, P. D; BUSS, R; VIEIRA, H. C; GRUBERT, W; CUNHA, A. B; BELINI, U. L. Painéis de madeira aglomerada de *Eucalyptus badjensis* and *Pinus spp.* **Revista Scientia Florestalis**. V. 45, n. 114, p. 377. Piracicaba- SP, 2017.



VITAL, B.R. Effects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard. 1973. 111 f. Dissertation (Magister Science in Wood Tecnology) - University of Wisconsin, Madison, 1973.

VITAL, B.R; HASLEUN, C.R; DELLA. L.R.M. Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden). **Revista Árvore**. V. 16, n.1, p. 88-96. Viçosa- MG, 1992.