
**AVALIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DE PARTÍCULAS DE
Pinus taeda COMBINADAS COM ADESIVOS COMERCIAIS
PARA A FABRICAÇÃO DE AGLOMERADOS**

GUSTAVO LUNA PEIXOTO
Acadêmico de Eng. Florestal, IF-UFRRJ
EDVÁ OLIVEIRA BRITO
Dr., Prof. Adjunto, DPF-IF-UFRRJ

R E S U M O

N esse trabalho avaliou-se a granulometria de partículas de madeira de *Pinus taeda* em combinação com adesivos comerciais para a fabricação de chapas de madeira aglomerada. Foram produzidas chapas utilizando duas granulometrias – partículas que passaram em peneira com malha de 4,37 mm de diâmetro e ficaram retidas em peneira de 0,61 mm (tipo A); e partículas que passaram em peneira de 2,00 mm de diâmetro e ficaram retidas em peneira de 0,61 mm de diâmetro (tipo B). O conteúdo de adesivo utilizado foi de 8% (base peso seco) tanto para Uréia formaldeído (PL 2080) como para fenol formaldeído (PB 2045). Avaliou-se as propriedades de flexão estática, ligação interna e inchamento em espessura (norma americana ASTM D-1037). As chapas produzidas com partículas de granulometria menor (tipo B) apresentaram maior resistência à tração, enquanto que aquelas produzidas com partículas de maior granulometria (tipo A) apresentaram maior resistência à flexão estática. As chapas produzidas com adesivo fenol formaldeído foram mais resistentes à flexão estática. Em relação ao inchamento em espessura, as chapas feitas a partir de adesivos fenol formaldeído e partículas do tipo A, apresentaram menores valores. Pode-se concluir finalmente que partículas, como as utilizadas neste trabalho, geralmente produzidas a partir de resíduos de madeira, podem gerar chapas com qualidade satisfatória.

Palavras chaves: *Pinus taeda*, granulometria de partículas, adesivos, chapas de partículas

A B S T R A C T

**PINUS TAEDA PARTICLE SIZE VALUATION
MIXED WITH COMMERCIAL RESIN TO
PARTICLEBOARDS MANUFACTURE**

In this work was evaluated the *Pinus taeda* particle size mixed with commercial resin to particleboard manufacture. Particleboards were made from two size particles (particles that went through a screen with mesh of 4,37mm in size and was hold in a screen with mesh of 0,61 mm in size (particle A); and particles that went through a screen with mesh of 2,00 mm in size and was hold in a screen with mesh of 0,61 mm in size (particle B)). The resin content was 8% (dry weight base) to urea- formaldehyde and phenol formaldehyde. The evaluated properties

were static bending, internal bond and thickness swelling, by ASTM D-1037 standard. Particleboards made from small size particles (particle B) showed bigger internal bond, while particleboards made from bigger size particles (particle A) showed increasing static bending. Particleboards made from phenol-formaldehyde resin showed better properties of static bending. Better results in thickness swelling was obtained by particleboards made from phenol-formaldehyde resin and particles A.

Key words: *Pinus taeda*, particle size, resin, particleboard.

INTRODUÇÃO

A produção de chapas de partículas de madeira teve grande desenvolvimento mundial a partir dos anos 60 (MALONEY, 1977). Este desenvolvimento teve repercussões também no Brasil, período no qual algumas fábricas foram instaladas. Entretanto, enquanto em alguns países desenvolvidos como os Estados Unidos, Canadá e Alemanha, as pesquisas científicas foram bastante intensificadas e a produção industrial de chapas de partículas cresceu acentuadamente, o mesmo não ocorreu no Brasil. Aqui a produção industrial de chapas é relativamente pequena, se considerarmos as potencialidades do setor, e o desenvolvimento de pesquisas é bastante incipiente (BRITO, 1995)

Outro fator importante a observar é que no Brasil os estudos sobre a melhor granulometria de partículas para a produção de chapas de *Pinus spp* não tem recebido a importância devida. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que as fábricas utilizam madeira de *Pinus spp* em toras e não resíduos de madeira, como também, devido ao fato das tecnologias empregadas serem importadas.

A manufatura de chapas de boa qualidade com o menor consumo de resina é o objetivo primordial dos fabricantes, devido principalmente ao alto custo representado pela mesma (IWAKIRI, 1989). As resinas mais utilizadas atualmente consistem em polímeros de uréia formaldeído e fenol formaldeído. A resina uréica é a mais utilizada para uso interior devido a baixa resintência a umidade e ao menor custo, e a fenólica, a mais adequada para manufatura de chapas para fins estruturais

e uso exterior devido a maior durabilidade e resistência (KELLY, 1977). BURROWS (1961), estudou a influência de alguns fatores sobre a eficiência da resina em chapas de partículas tipos "flakes" e observou que o módulo de ruptura aumenta com o aumento no conteúdo de resina.

Segundo BODIG & JAYNE (1982), das inúmeras variáveis que influem sobre as propriedades mecânicas das chapas de partículas as dimensões e a forma das partículas é uma das mais importantes. Segundo MICHAQUE (1992), a geometria de partículas é um dos fatores básicos determinantes das propriedades e características das chapas, juntamente com espécies da madeira, tipo e quantidade de resina e outros aditivos. Uma vez que se altera a geometria ou a granulometria de partículas, há a necessidade também de se averiguar a melhor proporção de adesivos a serem empregados, entre outras variáveis do processo.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência da granulometria de partículas sobre a produção de chapas de madeira aglomerada de *Pinus taeda*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para a fabricação das chapas foi obtido a partir de 3 árvores de *Pinus taeda* plantadas na UFRRJ, município de Seropédica, RJ, com 7 anos de idade, das quais foram retirados 5 discos nas seguintes posições: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da

altura da árvore. Esses discos foram utilizados para a determinação do teor de umidade e da densidade básica. A parte restante do tronco foi utilizada para a produção de partículas.

Os troncos das árvores foram transformados em discos e, posteriormente, em cavacos. Esses cavacos foram processados em moinho de martelo, onde utilizou-se uma peneira com malhas de 9,3 mm de diâmetro. Em seguida as partículas foram secas em temperatura ambiente até atingirem 14% de umidade, aproximadamente. Dessas partículas foram retiradas amostras para teste de granulometria em peneira de teste com malhas de 2,83 – 1,68 – 1,00 – 0,297 – 0,00 milímetros. Essas granulometrias foram utilizadas pelo fato de serem as mais próximas das peneiras empregadas na separação do material para a confecção das chapas, uma vez que não encontrou-se no mercado peneiras de teste com malhas da mesma dimensão das peneiras de separação das partículas.

Após a secagem foram feitas duas classificações em peneiras, correspondendo cada uma delas a um tratamento. O primeiro tratamento constituiu-se das partículas que passaram na peneira de 4,37 mm e ficaram retidas na peneira de 0,61 mm de diâmetro. O segundo tratamento constituiu-se das partículas que passaram na peneira de 2,00 mm e ficaram retidas na peneira de 0,61 mm de diâmetro. Foram produzidas chapas utilizando dois tipos de adesivo cedidos pela empresa Alba Química : a) adesivo fenol formaldeído PB-2045 (teor de sólidos 48%, viscosidade 600 cP, pH 12); e b) adesivo uréia formaldeído PL-2080 (teor de sólidos 65%, viscosidade 800 cP, pH 8). A massa de partículas, já com adesivo, foi distribuída aleatoriamente em uma caixa formadora medindo 40x40x30 cm onde sofreram uma pré-prensagem. O colchão de partículas foi então levado para uma prensa hidráulica com pratos horizontais e aquecidos.

A fabricação das chapas em laboratório, para ambos os tipos de colas, foi baseada nos seguintes parâmetros:

Densidade nominal das chapas: 0,70g/cm³

Conteúdo de adesivo: 8%

Temperatura de prensagem: 170°C

Tempo de prensagem: 10 minutos

Número de repetições: 5 chapas

Tempo de fechamento da prensa: 14 segundos

Pressão da prensa: 30kg/cm².

A partir destas chapas confeccionou-se corpos de prova de acordo com a norma americana ASTM D-1037, os quais foram acondicionados em uma sala de climatização com temperatura de 20±1°C e umidade relativa de 65±5%, onde ficaram até atingir a umidade de equilíbrio em torno de 12%. Os ensaios realizados foram flexão estática, inchamento em espessura e ligação interna.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com arranjo fatorial 2 x 2, com 5 repetições. Para verificar a influência dos tratamentos primeiramente fez-se Análise de Variância das médias das densidades de chapa. Uma vez constatado a ocorrência de diferenças significativas entre tais médias, fez-se uma Análise de Covariância para ajustar os dados, seguido do teste de Tukey, ambos ao nível de 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de umidade e densidade da madeira

Os resultados relativos ao teor de umidade e densidade da madeira são apresentados no quadro 1.

Segundo KELLY (1977), existem dois fatores principais que controlam a densidade das chapas de partículas, que são a densidade da

madeira e a razão de compactação da chapa (razão de compactação = densidade da chapa/densidade da madeira). Qualquer alteração em um destes fatores resulta na modificação do outro, se a densidade da chapa é mantida constante.

KEINERT citado por BRITO (1984), observou um aumento no MOE com a diminuição da densidade da madeira quando utilizou duas espécies de *Eucalyptus*.

O teor de umidade das toras que foram utilizadas para a produção das chapas estava relativamente alto (em torno de 75%) o que facilitou o processamento dos cavacos pelo moinho de martelo e resultou na produção de partículas de boa granulometria.

Os valores de densidade da madeira também foram satisfatórios, ficando em torno de 0,49g/cm³.

Granulometria de partículas

Os resultados encontrados para a granulometria de partículas encontram-se no quadro 2. Numerosas investigações têm demonstrado que as propriedades de flexão estática das chapas aumentam diretamente com o comprimento das partículas e são inversamente proporcionais com a espessura destas (GEIMER & PRICE, 1978). Segundo BRUMBAUGH 1960, a razão entre o comprimento e a espessura das partículas tem uma relação direta com o MOE, e que esse valor deve ser no mínimo de 200.

Pode-se notar que a maioria das partículas ficaram retidas na peneira de 1mm de diâmetro e sendo assim as duas granulometrias utilizadas nesse trabalho não causaram um grande desperdício de partículas.

Propriedades das chapas

Inchamento em espessura:

Os resultados de inchamento em espessura

são apresentados no quadro 3 e na figura 1.

As chapas de partículas quando expostas a umidade sofrem grandes alterações, destacando-se entre elas o inchamento em espessura. A magnitude desta propriedade tem sido um fator limitante na utilização deste produto (BRITO, 1984). O inchamento em espessura pode ser afetado pela maioria das variáveis tais como espécie da madeira, granulometria de partículas, nível de resina, eficiência da aplicação de cola e condições de prensagem (BRITO, 1995).

O melhor resultado de inchamento em espessura, após 2 horas de imersão, foi apresentado pelo tratamento F4 (resina fenol formaldeído, granulometria de 4,37 a 0,61mm). Já o tratamento U2 (resina uréia formaldeído, granulometria de 2,00 a 0,61mm) e U4 (resina uréia formaldeído, granulometria de 4,00 a 0.61mm) apresentaram valores intermediários e o tratamento F2 (resina fenol formaldeído e granulometria de 2,00 a 0,61mm) apresentou resultados inferiores aos demais.

Os resultados de inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, repetiram a tendência observada nos resultados anteriores, ou seja, o tratamento F4 apresentou os melhores resultados, e os demais tratamentos foram iguais estatisticamente.

Comparando os resultados obtidos para os tratamentos F4 e U4 podemos observar a influência do tipo de resina utilizada na produção das chapas sobre o inchamento em espessura das chapas de partículas, pois com granulometria igual os valores obtidos para as chapas feitas com resina fenólica foram melhores que os resultados para as chapas que utilizaram resina uréia formaldeído. Já os resultados obtidos para os tratamentos F2 e U2 não seguiram a tendência esperada, o que deve ter ocorrido por algum erro não controlado.

De modo geral , os valores obtidos para o inchamento em espessura podem ser considerados satisfatórios se comparados aos valores obtidos por Brito (1995), onde o mesmo

Quadro 1. Teor de umidade (%) e densidade básica (g/cm³)

C.P.	U.%	D.bas
Árvore 1	77.44	0.4435
Árvore 2	60.35	0.5036
Árvore 3	90.60	0.5278
Média	76.13	0,4916
Desvio padrão	25.03	0,0710

Quadro 2. Granulometria de partículas (expressa em peso e porcentagem)

Peneira (mm)	Peso	Porcentagem
2.83	0.38	0.19
1.68	27.34	13.67
1.00	99.84	49.92
0.297	62.62	31.31
0.00	9.82	4.91

Quadro 3. Inchamento das chapas

ADESIVO	UR IA FORMALDEÍDO		FENOL FORMALDEÍDO	
GRANULOMETRIA	4,37 - 0,61	2,00 - 0,61	4,37 0,61	2,00 - 0,61
IMERSÃO 2H	12,54 b	11,02 b	6,04 a	15,20 c
IMERSÃO 24H	17,37 b	15,63 b	9,56 a	16,95 b
TRATAMENTO	U4	U2	F4	F2

Quadro 4. Módulo de elasticidade, módulo de ruptura e resistência à tração

ADESIVO	UR IA FORMALDEÍDO		FENOL FORMALDEÍDO	
GRANULOMETRIA	4,37 - 0,61	2,00 - 0,61	4,37 0,61	2,00 - 0,61
Módulo de Elasticidade	24424 b	48420 a	28343 b	30110 b
Módulo de Ruptura	148,84 b	237,89 a	180,21 b	196,20 ab
Resistência à Tração	5,56 b	9,67 a	5,37 b	6,85 b
Tratamento	U4	U2	F4	F2

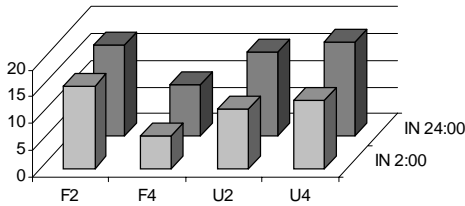


Figura 1. Inchaço em espessura das chapas em porcentagem.

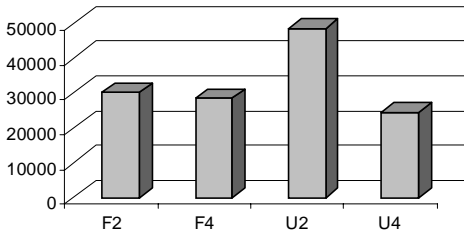


Figura 2. Módulo de elasticidade (Kgf/cm²)

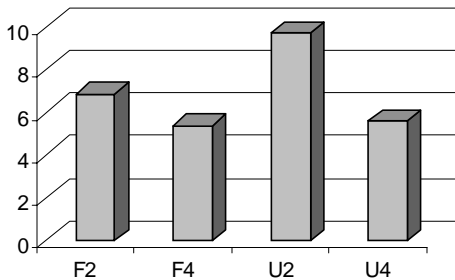


Figura 3. Módulo de ruptura (Kgf/cm²)

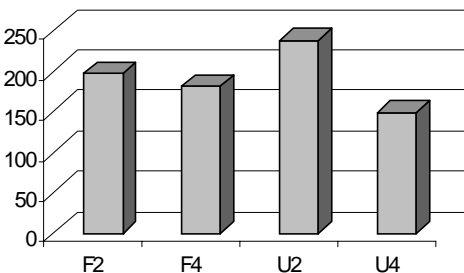


Figura 4. Ligação interna (Kgf/cm²)

produziu chapas de maravalhas utilizando uréia formaldeído.

Com relação a granulometria pode-se observar, comparando os resultados obtidos para os tratamentos U2 e U4 que, com a mesma resina, os valores de inchaço em espessura, tanto para 2 horas quanto para 24 horas de imersão, foram estatisticamente iguais. Por outro lado comparando-se os tratamentos F2 e F4 observa-se que para a resina a base de fenol formaldeído os melhores valores de inchaço são obtidos nas chapas produzidas com partículas de granulometria maior, embora os resultados do tratamento F2 não tenham sido os esperados para cola fenólica. Isso se dá pois a granulometria maior tem uma menor superfície específica e por isso tem menor área para absorção de água.

Flexão estática e ligação interna:

Os resultados dos módulos de ruptura e de elasticidade no teste de flexão estática e os resultados da ligação interna são apresentados no quadro 4 e nas figuras 2, 3 e 4 que seguem.

O módulo de elasticidade (MOE) é um parâmetro que indica a rigidez de um material submetido a um determinado esforço, enquanto que o módulo de ruptura (MOR) é uma propriedade muito importante que determina a aplicabilidade da chapa de partículas para uso estrutural. A resistência da ligação interna é uma propriedade amplamente estudada em todas as pesquisas de chapas de partículas (IWAKIRI, 1989). A observação dos resultados destes três parâmetros é muito importante no momento de se determinar a aptidão das chapas de partículas à um determinado uso.

Os melhores resultados de módulo de elasticidade foram obtidos para o tratamento U2 (cola a base de uréia e

partículas menores). Os demais tratamentos foram estatisticamente iguais.

Segundo o teste de Tukey para os resultados obtidos para o módulo de ruptura o tratamento U2 é superior aos demais e os tratamentos F2, F4 e U4 foram iguais estatisticamente

Já os resultados de resistência à tração perpendicular ao plano das chapas teve comportamento semelhante aos resultados do módulo de elasticidade, ou seja, as chapas feitas com partículas menores e adesivo a base de uréia tiveram resistência maior que os demais tratamentos. Isso se dá provavelmente pela melhor uniformização do material e pela ocorrência de menores espaços internos.

CONCLUSÃO

- As partículas de menor granulometria possibilitaram a produção de chapas com melhor ligação interna, enquanto que as partículas de maior granulometria geraram chapas mais resistentes à flexão estática;
- A partir de adesivos fenol formaldeído obteve-se chapas mais resistentes à flexão estática; enquanto que, para a resistência à tração perpendicular (ligação interna), o efeito dos adesivos não foi bem definido;
- Quando utilizou-se cola fenol formaldeído, as chapas produzidas com partículas de granulometria maior possibilitaram menores valores para o inchamento em espessura, enquanto que, para a cola uréia formaldeído, os resultados não apresentaram diferença significativa.

LITERATURA CITADA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standart methods of evaluation the properties of wood-base fiber and particle panel materials*. Annual

Book of ASTM Standards, ASTM D 1037-78B. Philadelphia, 1982.

BODIG, J. & JAYME, B.A. *Mechanics of wood and wood composites*. New York, Nostrand Reinhold, 1982. 712 p.

BRITO, E. O. *A viabilidade de utilização de espécies de Pinus para a produção de chapas de composição estruturais "Waferboards"*. Curitiba, 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

_____. *Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de Pinnus eliottii Engelm. Var Elliottii plantado no sul do Brasil*. Curitiba, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BRUMBAUGH, J. Effect of flake dimensions on properties of particle boards. *For. Prod. J.*, v.5, p.243-246, 1960.

BURROWS, C.H., Some factors affecting resin efficiency in flakeboards. *For. Prod. J.*, v.25, n.6, p. p.30-35, 1961.

IWAKIRI, S. *A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pinus*. Curitiba 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

GEIMER, R.L. & PRICE, E.W. Costruction variables considered in the fabrication of structural flakeboard. IN: *Proceedigns of Structural Flakeboard from forest Resíduos*. Gem. Teck. Rep. Wo-5, Forest Service, U.S.A. Departament of Agriculture, Washington D.C., p.69-80, 1978.

MALONEY, T. M. *Modern particleboards & dry-process fiberboard manufacturing*. San Francisco, Miller Freeman Publications, 1977.

- MICHAQUE, A.M.M., *Efeito da geometria das partículas e da densidade, sobre as propriedades de painéis estruturais "waferboards"*. Curitiba 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de ciências agrárias, Universidade federal do Paraná.
- KELLY, M.W. *Critical literature review of relationships between processing parameters and fisical properties of particleboards*. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. FPL-10, 1977. 66 p.
- VITAL, B.R. et al., How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. IN: *Annual Meeting of the Forest Products Research Society*, 28., Proceedings. Chicago, 1974.