

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ESPÉCIES DO GÊNERO Pinus PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS "WAFFERBOARD"

SETSUO IWAKIRI

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/CPPF
69083 - Manaus – AM

SIDON KEINERT JÚNIOR

Universidade Federal do Paraná
80000 - Curitiba – PR

ABSTRACT - This research was developed to analyze the behavior of three new species of the genus **Pinus** for the production of structural boards "waferboards". The species used were: **Pinus taeda**, **Pinus serotina**, **P. palustris** and **P. glabra**. The densities of the boards were 0.75 g/cm³ and were produced with "wafer" type particles and fenolic resin contents of 8% on the basis of the dry weight of the particles. The boards of all species showed the same behavior related to MOE and MOA. The boards of **P. serotina** and **P. palustris** showed higher internal bond and better dimensional stability than the boards of **P. taeda** and **P. glabra**. The boards of against pulling off screws. The mechanics and non mechanics behavioral analysis of the boards showed that new species tested (**P. serotina**, **P. glabra**) are potentially viable to be used in "waferboards". It can also be emphasized the possibility of mixing the four species in the same board without loss in the quality. **P. palustris** also presents economic advantages in terms of volume of material; less volume of material is necessary to produce boards with the same density. Boards of **P. serotina** showed the same or superior value than the others proving itself to be a highly promising species for the future.

RESUMO - Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo principal de analisar o comportamento de 3 novas espécies do gênero **Pinus** para produção de chapas estruturais "waferboard". As espécies utilizadas foram: **P. taeda**, **P. serotina**, **P. palustris** e **P. glabra**, com massa específica da chapa de 0,75 g/cm³, produzidas com partículas do tipo "wafer" e conteúdo de resina fenólica de 8% base peso seco das partículas. As chapas de todas as espécies apresentaram mesmo comportamento com relação aos MOE e MOA. As chapas de **P. serotina** e **P. palustris** apresentaram maior ligação interna e melhor estabilidade dimensional que as chapas de **P. taeda** e **P. glabra**. As chapas de **P. serotina** apresentaram também melhor comportamento com relação à resistência ao arrancamento de parafuso. A análise comportamental mecânica e não mecânica das chapas, demonstrou que as novas espécies testadas, **P. serotina**, **P. palustris** e **P. glabra**, são potencialmente viáveis para utilização em chapas "waferboard". Também, pode-se ressaltar a possibilidade de mistura das 4 espécies na mesma chapa, sem prejuízo qualitativo. O **P. palustris** apresenta também vantagens econômicas em termos de menor volume de material necessário para produção de chapas da mesma massa específica. As chapas de **P. serotina** apresentaram, para todas as propriedades, valores iguais ou superiores que das demais espécies, demonstrando ser uma espécie altamente promissora para o futuro.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia de produção de chapas de partículas do tipo "wafer" vem merecendo destaque, principalmente em virtude da maior resistência mecânica e estabilidade dimensional com relação às chapas convencionais do tipo "aglomerado..". Estas qualidades possibilitam sua utilização tanto para fins moveleiros, como para fins estruturais e em ambiente externo, surgindo como produto alternativo para substituição de outros produtos, hoje comercialmente consagrados e que apresentam alto custo de produção.

KEINERT Jr. & MATOS (1987) e BRITO (1984) estudaram o comportamento das chapas do tipo "wafer" com várias espécies do gênero **Pinus** do Estado do Paraná, entre as quais o **Pinus taeda**, **P. elliottii**, **P. pinaster** e **P. patula**, obtendo resultados amplamente satisfatórios.

O estudo de novas espécies do gênero **Pinus** visa fornecer alternativas para seu aproveitamento pelas indústrias de chapas de partículas, as quais se utilizam quase que totalmente de madeira proveniente de reflorestamento e que têm como espécie predominante o **Pinus taeda**.

Entre as espécies objeto deste estudo, vale ressaltar sua importância significativa, por serem as mesmas ainda não conhecidas tecnologicamente para produção de chapas de partículas e por apresentarem boa adaptação e crescimento na área de plantio. A utilização de **P. taeda** teve como objetivo servir como parâmetro de referência comparativa com as demais espécies, por ser a mesma já amplamente estudada e utilizada a nível de laboratório e indústria.

Sob o ponto de vista tecnológico, a utilização de diferentes espécies alteram algumas variáveis de processamento, influenciando sobre as propriedades das chapas. Devido às possíveis variações nos valores da massa específica da madeira entre as espécies, variáveis tais como a razão de compactação, a área superficial das partículas e a disponibilidade de resina por unidade de área das partículas, estarão envolvidas na análise comportamental das chapas.

A literatura define a razão de compactação como a relação entre as massas específicas de chapa e da madeira. Portanto, para chapas de mesma massa específica produzidas com espécies de menor densidade, obtêm-se maior razão de compactação e maior resistência da chapa. A área superficial específica para o mesmo tipo de partículas, ou seja, mesmas dimensões nominais, é inversamente proporcional à massa específica da madeira, portanto, para mesmo peso do colchão de partículas, a espécie mais densa apresentará menor área superficial específica, devido à menor quantidade de partículas. Para mesma quantidade de resina aplicada, a disponibilidade de resina por unidade de área das partículas está em função da sua área superficial específica, ou seja, a espécie mais densa apresentará menor área superficial específica e, portanto, maior disponibilidade de resina por unidade de área das partículas. Teoricamente, partículas com maior disponibilidade de resina deverão conferir melhores valores de propriedades às chapas produzidas (LARMORE, 1959; KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974 e VITAL et alii, 1974).

Este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Avaliar as propriedades mecânicas e não mecânicas de chapas de partículas de 4 espécies do gênero **Pinus (taeda, serotina, glabra e palustris)**, sendo as 3 últimas ainda desconhecidas industrialmente;
- Avaliar a influência da razão de compactação sobre as propriedades das chapas de mesma densidade;
- Avaliar as influências da área superficial específica das partículas e disponibilidade de resina por unidade de área sobre as propriedades das chapas;
- Avaliar a influência de diferentes espécies sobre a formação do gradiente vertical de densidade e seus efeitos sobre as propriedades mecânicas das chapas.

MATERIAL E MÉTODOS

As espécies utilizadas neste estudo foram: **Pinus taeda, P. serotina, P. glabra e P. palustris**, com 21 anos de idade, provenientes de plantios localizados no Município de Rio Negro, Estado do Paraná.

Foram coletadas aleatoriamente cinco árvores por espécie e de cada árvore abatida retiraram-se 6 toretes de 1,5 m de comprimento para produção de partículas e 3 toretes de 0,3 m localizados na base, meio e topo do tronco, para a determinação da massa específica das espécies.

As partículas foram geradas com as dimensões nominais de 0,07 cm de espessura, 3,6 cm de comprimento e largura variável. As partículas foram secas numa estufa convencional à temperatura de 80°C, até atingir o conteúdo de umidade médio de 5%. A resina utilizada foi o fenol formaldeído, em quantidade de 8% base peso seco das partículas. O colchão de partículas foi formado numa caixa formadora com as dimensões laterais de 55,0 x 50,0 cm, com a deposição aleatória das partículas. A massa específica final da chapa foi calculada para 0,75 g/cm³ com espessura de 1,2 cm. As condições de prensagem das chapas foram: temperatura = 180°C, pressão específica = 4 MPa, tempo de fechamento da prensa = 45 segundos, tempo de prensagem = 8 minutos. Foram produzidas 16 chapas, sendo 4 chapas para cada um dos 4 tratamentos em questão.

As variáveis de processamento geradas em função das diferentes densidades da madeira das espécies utilizadas foram analisadas em termos de razão de compactação, área superficial específica das partículas e disponibilidade de resina por unidade de área das partículas.

As propriedades avaliadas foram: gradiente vertical de densidade (GD), módulo de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), ligação interna (LI), resistência ao arrancamento de parafusos (RAP), absorção de água (M -2 e 24 horas de imersão na água), inchamento em espessura (IE -2 e 24 horas de imersão na água) e taxa de não retorno em espessura (TNRE). Os procedimentos adotados para realização dos testes foram de acordo com as normas da Associação Americana de Testes e Materiais (ASTM 0-1037, 1982). O gradiente vertical de densidade foi determinado através da retirada e cálculo das densidades de cada uma das 6 camadas superiores e 6 inferiores, com espessura aproximada de 1 mm.

O método estatístico empregado foi a análise de covariância, ajustando-se os valores de cada propriedade em torno da densidade média do conjunto de 4 espécies agrupadas. As diferenças entre as espécies foram avaliadas através do teste de média pelo método SNK a nível de probabilidade de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios referentes às variáveis de processamento e propriedades mecânicas e não mecânicas das chapas estão apresentados respectivamente nos Quadros 1, 2 e 3.

Os resultados das propriedades mecânicas e não mecânicas das chapas de todas as espécies estudadas foram superiores aos mínimos exigidos pela norma americana (CS 236-66, 1968), apresentando características satisfatórias como painéis para uso estrutural e em ambiente externo, além da possibilidade de uso para fins moveleiros devido principalmente ao bom aspecto da superfície da chapa após o lixamento.

Variáveis de Processamento

No Quadro 1 estão apresentados os valores médios da massa específica da madeira a 12% de umidade (dm), massa específica da chapa (dc), razão de compactação (Rc), área superficial específica das partículas (ASE) e disponibilidade de resina por unidade de área das partículas (DR).

Quadro 1 - Variáveis de Processamento

Variáveis Espécie	dm (g/cm ³)	dc (g/cm ³)	Rc	ASE (cm ² /g)	DR (g/cm ²)
taeda	0,47	0,794	1,69	67,09	10,642
glabra	0,48	0,794	1,65	65,69	10,869
serotina	0,48	0,792	1,65	65,69	10,869
palustris	0,54	0,798	1,48	58,39	12,228

As massas específicas da madeira das espécies **P. taeda**, **P. glabra** e **P. serotina** apresentaram valores praticamente iguais.

A única espécie que apresentou massa específica relativamente maior que as demais foi o **P. palustris**, com 0,54 g/cm³. Em função deste valor da massa específica, a razão de compactação das chapas de **P. palustris** foi menor que das chapas produzidas com as demais espécies. Também devido à sua maior massa específica, a área superficial específica das partículas do **P. palustris** foi menor que das demais espécies, levando conseqüentemente à maior disponibilidade de resina por unidade de área das partículas.

Propriedades Não Mecânicas

No Quadro 2 estão apresentados os valores médios e síntese da análise estatística para absorção de água (AA 2-24h), inchamento e espessura (IE 2-24) e taxa de não retorno em espessura (TNRE).

Quadro 2 - Propriedades Não Mecânicas

Espécie Propriedade	T	Se	P	G	Análise Estatística
AA-2	28,71	25,26	31,52	33,34	T, P, G > Se
AA-24	48,80	44,12	48,52	55,10	T, P, G > Se; G > P
IE-2	24,43	19,28	20,99	25,01	T, P, G > Se; G > P
IE-24	31,64	27,73	26,46	33,10	T, G > Se; G > P
TNRE	23,69	19,40	17,61	25,05	T, G > Se, P

Legenda: T - **P. taeda**, Se - **P. serotina**, P - **P. palustris**, G - **P. glabra**

a - Absorção de água (AA):

Os valores médios de absorção de água após 2 horas de imersão na água variaram de 25,26% a 33,34% e após 24 horas de 44,12% a 55,10%. Tanto para 2 h, como para 24 h de imersão, as chapas de **P. serotina** apresentaram menor absorção de água que chapas de demais espécies. As chapas de **P. glabra** foram as que apresentaram tendências para maior absorção de água nas duas condições de testes.

b - Inchamento em espessura (IE)

Para o inchamento em espessura, os valores médios variaram de 19,28% a 25,01% após 2 horas de imersão na água e de 26,49% a 33,10% após 24 horas.

As chapas de **P. serotina** e **P. palustris** foram as que apresentaram menor inchamento em espessura e as de **P. taeda** e **P. glabra** maior inchamento.

De uma maneira geral, pode-se constatar relação diretamente proporcional entre a absorção de água e inchamento em espessura das chapas.

c - Taxa de não retorno em espessura (TNRE):

Os valores médios de taxa de não retorno em espessura ou inchamento residual das chapas variaram de 17,61% a 25,05%. As chapas de **P. serotina** e de **P. palustris** foram as que apresentaram menores índices de inchamento em espessura. Considerando-se que o inchamento em espessura é a somatória das variações em espessura devidas às liberações das tensões de compressão impostas às chapas durante a prensagem e do inchamento das partículas de madeira, como afirma KELLY (1977), após a secagem as variações em espessura devidas à liberação das tensões de compressão não serão recuperadas, resultando em inchamento residual. Devido à maior participação da variação em espessura resultante da liberação das tensões de compressão sobre o inchamento total da chapa, as chapas com maior inchamento em espessura devem apresentar também maior inchamento residual. Neste estudo pode-se constatar tendências para relação direta entre essas propriedades.

d - Gradiente vertical da densidade (GD):

Na Figura 1 estão apresentados os perfis do gradiente vertical de densidade das chapas de 4 espécies estudadas.

A superfície superior das chapas de todas as espécies apresentou menor densificação que as camadas imediatamente internas. Para a superfície inferior, as chapas de **P. serotina** e **P. taeda** apresentaram maior densificação que as camadas mais internas. As chapas de **P. serotina** apresentaram ponto de maior densificação na superfície inferior. Por outro lado, as chapas de **P. palustris** foram as que apresentaram maior densificação da porção média com relação às de outras espécies.

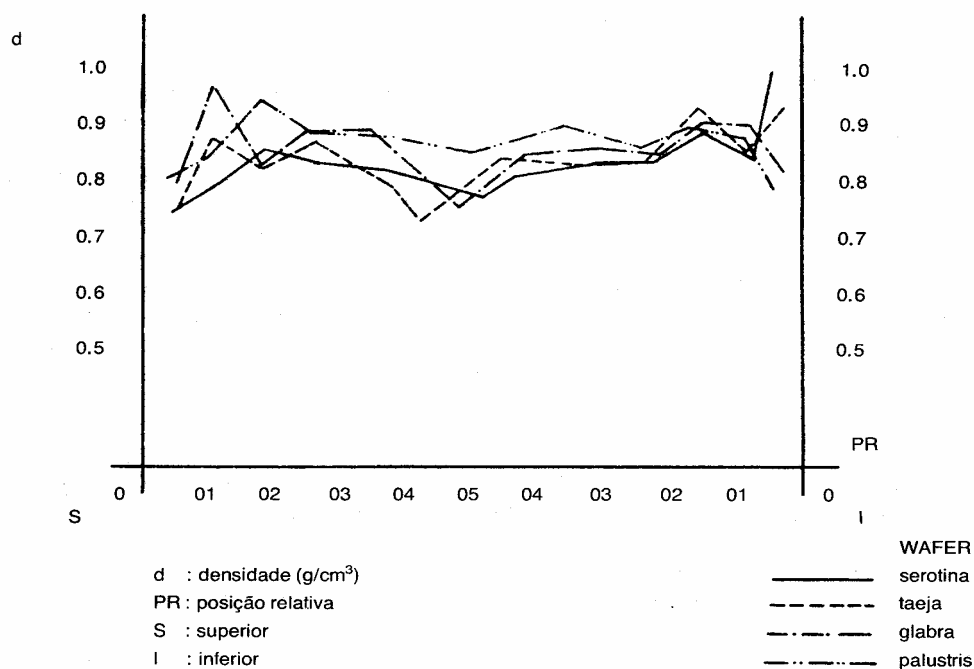


Figura 1 – Perfis do gradiente vertical de densidade.

Propriedades Mecânicas

No Quadro 3 estão apresentados os valores médios e síntese da análise estatística para módulos de elasticidade (MOE), módulo de ruptura (MOR), ligação interna (LI) e resistência ao arrancamento de parafuso (RAP).

Quadro 3 - Propriedades Mecânicas

Espécie	T	Se	P	G	Análise Estatística
Propriedade					
MOE (MPa)	5.550,5	5.158,4	5.118,1	5.517,9	ns
MOR (MPa)	39,81	44,65	41,45	42,89	ns
LI (MPa)	0,89	1,34	1,23	1,06	Se, P > T, G
RAP (N)	27,02	40,31	28,22	33,36	Se > P, T

Legenda: T - **P. taeda**, Se - **P. serotina**, P – **P. palustris**, G - **P. glabra**

A - Módulos de elasticidade (MOE) e Ruptura (MOR)

Os valores médios de MOE variaram de 5.118,1 a 5.550,5 MPa e do MOR de 39,81 a 44,65 MPa.

Tanto para o MOE como para o MOR, não se constataram diferenças estatísticas entre as 4 espécies estudadas.

Com base nas variáveis de processamento envolvidas, a menor razão de compactação das chapas de **P. palustris** não influenciou negativamente nesta propriedade. No entanto, é possível que a maior disponibilidade de resina por unidade de área das partículas possa ter influenciado positivamente para compensar o efeito negativo da menor razão de compactação.

O fato de não haver diferença entre as espécies poderia viabilizar a mistura dessas espécies para a produção de chapas, sem prejuízo qualitativo. Uma outra vantagem que deve ser ressaltada é o aspecto econômico da utilização de **P. palustris**, por ser esta espécie mais densa, o que resulta em menor volume de material para a produção de chapas de mesma massa específica e de propriedades similares.

b - Ligação interna (LI):

Os valores médios de ligação interna variaram de 0,89 a 1,34 MPa.

A análise estatística demonstra que as chapas de **P. serotina** e de **P. palustris** apresentaram valores superiores às chapas de **P. glabra** e **P. taeda**. Os valores superiores obtidos para o **P. palustris** podem ser atribuídos à menor razão de compactação, à maior disponibilidade de resina por unidade de áreas das partículas e principalmente à maior densificação da porção média de suas chapas. Com relação à razão de compactação, os resultados vêm a confirmar as afirmações feitas por VITAL et alii (1974), que atribuem os menores danos causados às partículas em virtude da menor razão de compactação como provável causa para maior LI da chapa.

É interessante salientar também que as duas espécies ainda não utilizadas industrialmente para produção de chapas de partículas apresentaram valores de LI superiores às chapas de **P. taeda**, que é uma espécie amplamente utilizada pelas indústrias, tornando-as altamente promissoras.

c - Resistência ao arrancamento de parafuso (RAP):

Os valores médios de RAP das chapas variaram de 27,02 a 40,31 N.

A análise estatística indicou a superioridade das chapas de **P. serotina** sobre as chapas de **P. palustris** e de **P. taeda**.

As variáveis de processamento envolvidas não puderam explicar as diferenças constatadas. No entanto, analisando os perfis do gradiente vertical de densidade, pode-se observar que as chapas de **P. serotina** apresentaram camada de máxima densificação maior que chapas de demais espécies, contribuindo para maior RAP.

CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos as seguintes conclusões podem ser tiradas:

- As chapas de **P. serotina** foram as que apresentaram menores índices de absorção de água, inchamento em espessura e taxa de não retorno em espessura, sendo um aspecto altamente positivo em se tratando de chapas para fins estruturais e uso externo.

- Com exceção da superfície inferior das chapas de **P. serotina** e **P. taeda**, os perfis do gradiente vertical de densidade apresentaram menor densificação das camadas superficiais e central em relação às camadas intermediárias, tendendo-se para perfis em formato de "M".

- As chapas de todas as espécies não apresentaram diferenças em MOE e MOR entre si, fato este que possibilitaria a mistura dessas espécies para produção de chapas, sem prejuízo qualitativo em termos destas propriedades. O **P. palustris** apresenta também vantagens quanto ao aspecto econômico, em função de sua maior massa específica o que requer menor volume de material para produção de chapas de mesma massa específica e de propriedades similares.

- A resistência da ligação interna das chapas de **P. serotina** e **P. palustris**, que são espécies ainda não difundidas comercialmente, apresentaram resultados superiores às chapas de **P. taeda** que é uma espécie amplamente utilizada pelas indústrias na região sul do país. Fato altamente positivo que pode viabilizar essas espécies como novas opções de utilização.

- As chapas de **P. serotina** apresentaram também maior resistência ao arrancamento de parafuso, principalmente com relação ao **P. taeda** e **P. palustris**. A camada de máxima densificação pode ter influenciado positivamente nesta propriedade.

- Na análise global das espécies estudadas, vale ressaltar a potencialidade das chapas produzidas com **P. serotina**, que apresentaram qualidades iguais ou superiores em todas as propriedades avaliadas, demonstrando ser uma espécie promissora como nova opção de utilização.

- Os valores médios de todas as propriedades avaliadas foram superiores aos valores mínimos exigidos pela norma CS-236-66 (1968). Portanto, as chapas do tipo "wafer" produzidas com as espécies em questão preenchem os requisitos básicos necessários para sua produção e utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. Annual book. ASTM standards (0-1037-78B), Philadelphia, 1982.

BRITO, E. O. **A viabilidade de utilização de espécie de Pinus para a produção de chapas de composição estruturais waferboards**. Curitiba, 1984. 104 p. (Tese-Mestrado-UFPR).

CS-COMMERCIAL STANDARD. Mat formed wood particle board: (CS -236-66), 1968.

KEINERT Jr., S. & MATOS, J.L.M. Utilização de **Pinus pinaster** para fabricação de chapas de partículas. **Floresta**, Curitiba, 17(1/2): 113-20, 1987.

KELL V, M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. **USDA. Forest Service. FPL general technical report**, Madison (10): 1-66, 1977.

LARMORE, F.D. Influence of specific gravity and resin content on properties of particleboard. **Forest products journal**, Madison, 9(4): 131-4, 1959.

MOSLEMI, A.A. **Particleboard**. Illinois, Southern Illinois University Press, 1974. v. 2

VITAL, B.R. et alii. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest products journal**, Madison, 24(12): 37-45, 1974.