

Pinus* spp. NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB)¹Pinus* spp. IN THE PRODUCTION OF ORIENTED STRAND BOARD (OSB)Lourival Marin Mendes² Setsuo Iwakiri³ Jorge Luis Monteiro de Matos³
Sidon Keinert Jr³ Leopoldo Karman Saldanha⁴**RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos das espécies e adição de parafina nas propriedades de painéis OSB. Foi concluído que as espécies estudadas são homogêneas entre si e produzem painéis de qualidade semelhante, a adição de parafina melhora substancialmente a estabilidade dimensional dos painéis. Os painéis produzidos atenderam às especificações mínima da norma canadense CSA 0437.0.

Palavras-chave: painéis de partículas orientadas, variáveis de processamento, *Pinus* spp, teor de parafina.

ABSTRACT

This work had the objective to study the species effects, and the wax addition in the OSB panels properties. The final conclusion was that the studied species are homogeneous among themselves and they produce similar quality panels. The produced panels attended to the minimum specifications of the CSA 0437.0 Canadian standard.

Key words: oriented strand board, variables of processing, *Pinus* spp, wax content.

INTRODUÇÃO

Segundo Ford-Robertson (1971) e Maloney (1996), OSB (Oriented Strand Board) é um painel de partículas de madeira orientadas, coladas com resina à prova d'água prensadas a quente. Foi desenvolvido para aplicações estruturais, sendo considerado como uma segunda geração dos painéis WAFERBOARD (painéis de partículas denominadas "wafer"), e produzido com partículas (strands) de madeira. As partículas da camada interna podem estar dispostas aleatoriamente ou perpendicularmente em relação às camadas externas.

Segundo Lelles e Silva (1998) uma das diferenças do OSB em relação aos aglomerados tradicionais é a impossibilidade de utilização de resíduos de serraria na sua fabricação, em função das dimensões das partículas. Dependendo do grau de compactação, suas propriedades mecânicas assemelham-se às da madeira maciça. Esse produto vem ganhando mercado dos compensados estruturais, em consequência do seu menor custo de produção. Consiste num produto de destacado crescimento no rol de produtos reconstituídos.

A espécie botânica é uma das mais importantes variáveis presentes no processo de produção de painéis. Interage com todas as outras variáveis no processo e determina o quão reduzido o painel pode ser em massa específica. Em primeiro lugar, a espécie é refletida no tipo de matéria-prima disponível e, além disso, controla o tipo de partícula que pode ser produzida economicamente.

Um exemplo claro, da importância da espécie na produção de painéis, consiste na formulação da resina uréia-formaldeído ser dependente da espécie a ser utilizada, esse fato é atribuído ao teor de extrativos e Ph peculiar à espécie em questão. Nesse mesmo sentido, algumas espécies já requerem um maior controle da umidade das partículas, em decorrência da possibilidade de ocorrência de estouro, ou separação de camadas, durante a prensagem final do painel. Outrossim, para a produção de painéis de partículas em camadas, algumas espécies fornecem partículas com dimensões mais homogêneas e com superfícies mais

1. Trabalho extraído da tese de doutorado do primeiro autor.

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Lavras, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras (MG). lourival@ufla.br

3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Prof. Lothário Meissner, 3400, Bairro Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). jmatos@floresta.ufpr.br

4. Engenheiro Florestal, Mestrando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Prof. Lothário Meissner, 3400, Bairro Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). lksaldanha@mailbr.com.br

lisas, o que favorece a adesão entre elas (Maloney, 1993).

Ainda com relação à influência da espécie Zhou (1990), ao não encontrar relação entre a densidade dos painéis (na faixa estudada) e condutibilidade térmica, menciona que as propriedades térmicas dos painéis podem estar associada, nesse caso, a outras características das espécies estudadas. Esse pesquisador, ao produzir painéis OSB com partículas de Hybrid poplar (*Populus euramericana*), concluiu que tal tipo de madeira apresenta problemas de alteração de cor e baixa resistência ao ataque de fungos, podendo afetar a qualidade dos painéis, reforçando a influência da espécie na qualidade dos painéis.

No que diz respeito à variação de densidade encontrada entre as espécies produtoras de madeira (0,13 a 1,4 g/cm³) Au et al. (1992), verificando a possibilidade de utilização de Paper Birch (*Betula papyrifera*) na camada interna de painéis OSB produzidos de Aspen (*Populus tremuloides*), concluíram que esta pode ser aproveitada com sucesso para tal fim, e que o uso de espécies de média densidade levam à diminuição do consumo de resina, conseqüentemente, na redução dos custos de produção e no aproveitamento mais racional dos recursos florestais disponíveis. Zhang (1998), misturando Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) e Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) na produção de painéis OSB, concluiu que a incorporação de partículas strands de Hinoki nas camadas externas, com baixa proporção de face/miolo, melhoram as propriedades mecânicas no sentido paralelo à orientação. Wang e Winistorfer (2000) observaram que painéis OSB produzidos de Aspen (*Populus* spp) apresentaram maior Inchamento em Espessura (IE) em relação aos painéis produzidos com Pinus spp. Os autores atribuíram essa diferença à menor densidade da madeira de Aspen em relação a de Pinus, resultando em uma maior razão de compactação dos painéis. Também foi concluído neste trabalho que os dois gêneros podem ser misturados ou alternados em face/miolo, na manufatura de painéis OSB, sem prejuízo na qualidade.

Estudando novas espécies para produção de OSB, Yusoff e Horie (1997) comprovaram que a madeira de *Hevea brasiliensis* (rubberwood – seringueira) apresenta um grande potencial para produção de painéis OSB, pois os painéis com ela produzidos apresentam propriedades dentro dos níveis aceitáveis para aplicação estrutural.

A parafina é adicionada a fim de proporcionar uma melhora no painel acabado quanto à absorção de água na forma líquida. Contudo, isso não melhora a performance do painel quanto à absorção de vapor d'água. O efeito da parafina, na absorção de água líquida e aumento na espessura do painel, é significativa somente em curto intervalo de tempo, pois em períodos de tempo mais longos o efeito não é significativo.

Segundo Matos (1988), o MOR e MOE apresentaram maiores valores médios quando foi adicionado 1% de parafina às partículas com teor de umidade de 3 e 5% para produção de painéis Waferboard. Ele supôs que esse fato tenha ocorrido pelo acréscimo de umidade às partículas com a adição da parafina, e a tendência seria a menor resistência a compactação pelo aumento da plasticização devido a adição de umidade, com a menor resistência haveria uma maior polimerização da resina, pelo menos nas camadas superficiais. Tal suposição decorre do fato de que Kelly (1977) em sua extensa revisão sobre a influência das variáveis de processamento nas propriedades dos painéis particulados, ressalva que aplicações de parafina acima de 1% baseado no peso seco do material causam reduções nas propriedades de resistência dos painéis pela influência sobre a reação de cura do adesivo.

Winistorfer et al. (1992) testaram dez tipos e três níveis de parafina na manufatura de painéis OSB, concluindo que as tendências foram evidentes e, estatisticamente, significativa a influência de redução do tipo e nível de parafina estudadas nas propriedades de Absorção de Água (AA), Inchamento em Espessura (IE) e expansão linear dos painéis OSB. No entanto, para qualquer tipo em qualquer nível de parafina aplicadas aos painéis, ocorre uma redução na propriedade Ligação Interna (LI).

A indústria utiliza a parafina numa proporção máxima em torno de 1,5%. Uma proporção mais elevada não é eficiente na redução de absorção de água e inchamento em espessura (Cloutier, 1998) e, nesse sentido, que todas as pesquisas, utilizando parafina, não ultrapassam 1,5% de parafina baseado no peso seco do material.

Este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- 1) Avaliar o efeito das espécies e indicar aquelas com maior potencial na manufatura de painéis

OSB;

- 2) Avaliar a influência da parafina nas propriedades dos painéis OSB.

MATERIAIS E MÉTODOS

As espécies utilizadas foram procedentes de um florestamento localizado na fazenda Moquen de propriedade da Pisa Florestal. Seis espécies do gênero *Pinus* são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1: Relação das espécies estudadas.

TABLE 1: Check list from the studied species.

| EFC | Código | Espécies |
|------|--------|-------------------------------------------------------|
| 8629 | 1 | <i>Pinus taeda</i> Tenore |
| 8628 | 2 | <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore |
| 8626 | 3 | <i>Pinus tecunumanii</i> T.E. Piedra & J.P. Perry |
| 8627 | 4 | <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> Morelet |
| 8625 | 5 | <i>Pinus oocarpa</i> Schied |
| 8624 | 6 | <i>Pinus chiapensis</i> Andresen |

Em que: EFC = Número do registro no Herbário do Centro de Ciências Florestais e da Madeira da UFPR; Código = Identificação das espécies utilizadas.

Foram retirados discos de 5 cm de espessura a cada 2,5 m, até a altura correspondente a um diâmetro de 8 cm. Os discos foram utilizados para determinação da densidade básica da madeira das espécies estudadas, pelo método de imersão em água. Por outro lado, as toras de 2,5 m foram utilizadas para geração das partículas.

Para formação do colchão de partículas orientadas, foi projetado e construído um orientador de partículas utilizando tábuas de madeira, com dimensões de 480 x 480 x 200 mm, subdivididas em doze partes iguais de 40 mm, utilizando lâminas de ferro. Esse aparato é fixado sobre uma caixa formadora de iguais dimensões, há qual é formado o colchão já com as partículas orientadas.

As partículas foram geradas em um picador de disco com comprimento de 85 mm, 25 mm de largura e espessura de 0,60 mm (Figura 1). Em seguida, foram secas até conteúdo de umidade de 3-4% base peso seco (Figura 2).

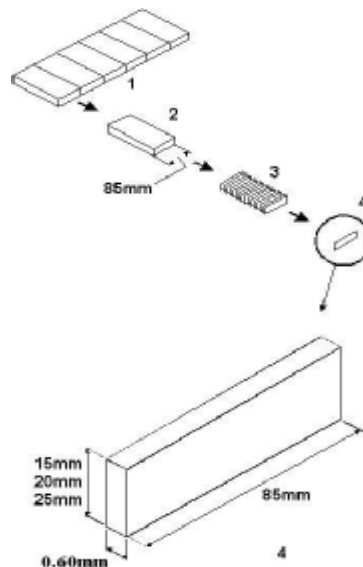


FIGURA 1: Processo de geração das partículas strands.

FIGURE 1: Production process of strand particles.



FIGURA 2: Secagem das partículas.

FIGURE 2: Particles drying process.

Foram produzidos 43 painéis no total, sendo três painéis por tratamento, com densidade de $0,80\text{g/cm}^3$, 15 mm de espessura e relação face/miolo/face de 1:3:1. A resina utilizada foi a fenol-formaldeído (FF), com teor de sólidos de 49%, pH = 12 e viscosidade de 500 cp. Foram aplicados 6% de resina base pe so seco das partículas. Após a formação o colchão foi conduzido à prensagem, com temperatura de 180°C , pressão específica de 40Kgf/cm^2 e tempo de prensagem de 8 minutos. Foram produzidos painéis com as seis espécies de *Pinus*, além da mistura destes, e com a inclusão de 1% de parafina. A Tabela 2 mostra o delineamento experimental utilizado neste trabalho.

TABELA 2: Delineamento experimental utilizado.

TABLE 2: The experimental design used.

| Tratamentos | Espécies | Teor de Parafina (%) | Número de Painéis |
|-------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | <i>Pinus taeda</i> | - | 04 |
| 2 | <i>Pinus maximinoi</i> | - | 03 |
| 3 | <i>Pinus tecunumanii</i> | - | 03 |
| 4 | <i>Pinus caribaea</i> | - | 03 |
| 5 | <i>Pinus oocarpa</i> | - | 03 |
| 6 | <i>Pinus chiapensis</i> | - | 03 |
| 7 | Mistura ¹ | - | 03 |
| 8 | <i>Pinus taeda</i> | 1 | 03 |
| 9 | <i>Pinus maximinoi</i> | 1 | 03 |
| 10 | <i>Pinus tecunumanii</i> | 1 | 03 |
| 11 | <i>Pinus caribaea</i> | 1 | 03 |
| 12 | <i>Pinus oocarpa</i> | 1 | 03 |
| 13 | <i>Pinus chiapensis</i> | 1 | 03 |
| 14 | Mistura ¹ | 1 | 03 |

¹As seis espécies estudadas.

Amostras de cada espécie foram preparadas para a determinação do teor de extrativos, lignina e cinzas presentes na madeira. Assim, utilizando-se as normas técnicas ABNT (1998) E TAPPI (1994)

determinaram-se os seguintes componentes da madeira:

- teor de extrativos totais – NBR 7987 T204 om-88;
- teor de solúveis em água fria e quente – NBR 7988;
- teor de solúveis em NaOH A 1% - NBR 7990,
- teor de solúveis em álcool+benzeno – NBR 7991;
- teor de lignina – T222 om-88;
- teor de cinzas – T211 om-93.

A obtenção dos corpos de prova foi realizada empregando-se uma serra circular esquadrejadeira. Inicialmente, retirou-se cerca de 2 cm de cada extremidade dos painéis. Os corpos de prova de flexão estática e de compressão paralela foram retirados no sentido paralelo e perpendicular em relação à orientação das partículas das camadas externas dos painéis. A distribuição dos corpos de prova em cada painel é apresentada na Figura 3.

As seguintes propriedades físico-mecânicas foram determinadas de acordo com as normas ASTM e DIN:

A – PROPRIEDADES MECÂNICAS:

- Flexão estática (MOE): norma DIN 52362, 1982
- Flexão estática (MOR): norma DIN 52362, 1982
- Compressão paralela (CP): norma ASTM 1980:D1037-34.22
- Ligação interna (LI): norma ASTM 1980: D1037-28

B – PROPRIEDADES FÍSICAS:

- Absorção de água (AA): norma ASTM 1980:D1037-100
- Inchamento em espessura (IE): norma ASTM 1980:D1037-100

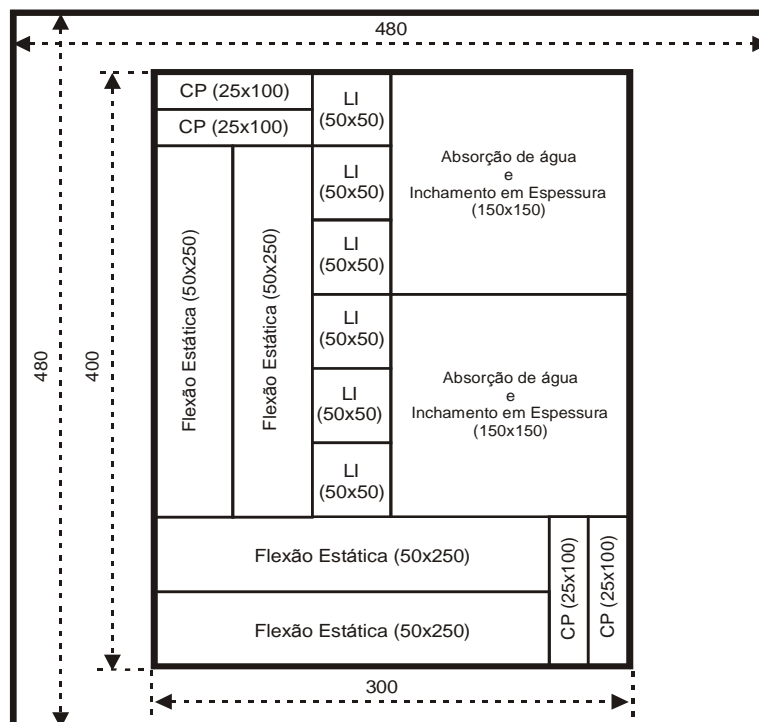


FIGURA 3: Esquema de distribuição dos corpos de prova nos painéis para avaliação das propriedades (em mm).

FIGURE 3: Sketch of the panels used for evaluating the studied properties (mm).

Após os ensaios dos corpos-de-prova, os dados referentes a cada fator testado foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey), ao nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da Tabela 3, pode-se observar os resultados obtidos para densidade básica das seis espécies de *Pinus*. Nota-se que existe uma amplitude de variação de densidade básica de 0,06 g/cm³ entre as espécies estudadas. O valor mínimo obtido foi de 0,37 g/cm³ para o *Pinus caribaea* e *Pinus chiapensis*, enquanto que o valor máximo foi de 0,43g/cm³ para o *Pinus oocarpa*. Pode-se observar também que todas as espécies estão dentro da faixa desejada de densidade (0,25 a 0,45g/cm³) para produção de painéis OSB mencionada por Cloutier (1998).

TABELA 3: Valores médios de densidade básica da madeira por espécie.

TABLE 3: Average values of wood basic density per tree species.

| Espécie | Densidade Básica (g/cm ³) | CV (%) |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------|
| <i>Pinus taeda</i> (SP1) | 0,40 b | 10,68 |
| <i>Pinus maximinoi</i> (SP2) | 0,38 a | 9,33 |
| <i>Pinus tecunumanii</i> (SP3) | 0,41 b | 8,12 |
| <i>Pinus caribaea</i> (SP4) | 0,37 a | 9,15 |
| <i>Pinus oocarpa</i> (SP5) | 0,43 c | 8,33 |
| <i>Pinus chiapensis</i> (SP6) | 0,37 a | 8,83 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os resultados das análises químicas podem ser visualizados mediante a Tabela 4. Nota-se que existe uma amplitude de variação de extrativos totais de 3,16% entre as espécies estudadas. O valor mínimo obtido foi de 3,03% para o *Pinus taeda*, enquanto o valor máximo obtido foi de 6,19% para o *Pinus chiapensis*.

Ocorreu estouro de alguns painéis produzidos de *Pinus chiapensis* (sp 6) e *Pinus tecunumanii* (sp 3). Na primeira espécie, a quantidade de estouros foi maior. Ressalta-se que essa espécie, diferentemente das demais, apresenta cerne evidenciado como mostra a Figura 4. Pode-se observar pela Tabela 4 que essas duas espécies apresentaram os maiores valores de extrativos totais. Esse fato confirma o que foi ressaltado por Maloney (1993) e Cloutier (1998), que espécies com alto teor de extrativos são propensas a estouros no final do ciclo de prensagem.

TABELA 4: Resultados das análises químicas.

TABLE 4: Chemical analysis results.

| Análises | Solubilidade | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | SP ¹ | SP ² | SP ³ | SP ⁴ | SP ⁵ | SP ⁶ |
| Água fria | 1,80 | 1,84 | 1,92 | 1,68 | 1,77 | 2,98 |
| Água quente | 2,44 | 2,92 | 4,19 | 3,92 | 3,85 | 4,76 |
| Álcool+benzeno | 1,65 | 2,06 | 3,09 | 3,36 | 3,86 | 4,47 |
| NaOH | 8,90 | 9,90 | 12,98 | 12,29 | 13,77 | 13,50 |
| Extrativos totais (%) | 3,03 | 3,72 | 5,54 | 5,12 | 5,12 | 6,19 |
| Lignina (%) | 28,76 | 28,66 | 27,23 | 28,90 | 27,76 | 28,29 |
| Cinzas (%) | 0,22 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 | 0,15 |

Em que: ¹*Pinus taeda*; ²*Pinus maximinoi*; ³*Pinus tecunumanii*; ⁴*Pinus caribaea*; ⁵*Pinus oocarpa*; ⁶*Pinus chiapensis*.

Os valores médios da densidade dos painéis por tratamento bem como os respectivos coeficientes de variação estão apresentados na Tabela 5. A pequena variação de densidade dos painéis entre os tratamentos e os resultados da análise de variância mostraram que não houve a necessidade de correção destes valores por meio da análise de covariância, mostrando que a formação do colchão é homogênea, não havendo irregularidades no processo de deposição das partículas ao longo dos painéis.

FIGURA 4: Cerne evidenciado na madeira *Pinus chiapensis*.FIGURE 4: *Pinus chiapensis* heart wood.

TABELA 5: Densidade específica média dos painéis para os tratamentos propostos.

TABLE 5: Average specific density of panels per treatment.

| Tratamento | NCP | Densidade dos Painéis (g/cm ³) | CV (%) |
|------------|-----|--------------------------------------------|--------|
| 1 | 8 | 0,83 a | 7,21 |
| 2 | 6 | 0,76 a | 6,96 |
| 3 | 6 | 0,76 a | 5,51 |
| 4 | 6 | 0,77 a | 8,14 |
| 5 | 6 | 0,82 a | 10,47 |
| 6 | 6 | 0,80 a | 9,26 |
| 7 | 6 | 0,81 a | 6,05 |
| 8 | 6 | 0,77 a | 10,61 |
| 9 | 6 | 0,78 a | 9,39 |
| 10 | 6 | 0,79 a | 9,86 |
| 11 | 6 | 0,81 a | 5,77 |
| 12 | 6 | 0,80 a | 2,72 |
| 13 | 6 | 0,81 a | 5,39 |
| 14 | 6 | 0,75 a | 8,52 |

Em que: NCP = número de corpos de prova; CV = coeficiente de variação. A densidade nominal dos painéis de todos os tratamentos foi de 0,80g/cm³. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Efeito das espécies

Na Tabela 6, está apresentado o efeito das espécies sobre as propriedades dos painéis OSB.

Houve efeito da espécie sobre o MOE perpendicular, sendo que o maior valor foi obtido para *Pinus taeda* (48954 kgf/cm²) e o menor para *Pinus maximinoi* (41108 kgf/cm²). Também para o sentido paralelo, não houve diferença estatística das espécies sobre o MOE, sendo que o maior valor foi obtido pelo *Pinus maximinoi* (69025 kgf/cm²) e o menor pelo *Pinus taeda* (58155 kgf/cm²). Tais valores apresentados são superiores aos valores definidos pela norma canadense CSA 0437 que são de 15.000 e 55.000 kgf/cm²,

respectivamente para a direção perpendicular e paralela.

TABELA 6: Efeito das espécies sobre as propriedades dos painéis OSB.

TABLE 6: Tree species effects on OSB panels properties.

| SP | MOE (Kgf/cm ²) | | MOR (Kgf/cm ²) | | CPP (Kgf/cm ²) | | LI (Kgf/cm ²) | AA (%) | | IE (%) | | TNRE (%) | RC |
|----|-------------------------------|---------|-------------------------------|------|-------------------------------|------|------------------------------|-----------|-----|-----------|-----|-------------|-------|
| | ⊥ | // | ⊥ | // | ⊥ | // | | 2h | 24h | 2h | 24h | | |
| | 1 | 48954ab | 58155c | 501d | 508d | 195e | 120e | 7,10f | 8g | 22h | 8i | 21j | 17l |
| 2 | 41108a | 69025c | 392d | 537d | 199e | 128e | 7,04f | 9g | 27h | 10i | 23j | 18l | 2 ab |
| 3 | 48368a | 65735c | 501d | 636d | 176e | 137e | 6,92f | 8g | 23h | 8i | 19j | 15l | 1,8a |
| 4 | 48666a | 65846c | 496d | 574d | 182e | 141e | 6,89f | 10g | 28h | 9i | 21j | 17l | 2 ab |
| 5 | 48347ab | 65057c | 495d | 465d | 210e | 164e | 7,32f | 6g | 21h | 7i | 18j | 15l | 1,8ab |
| 6 | 47549a | 68070c | 490d | 587d | 193e | 136e | 7,66f | 9g | 26h | 9i | 23j | 19l | 2 b |
| 7 | 42271a | 63086c | 449d | 525d | 177e | 156e | 7,22f | 6g | 22h | 8i | 21j | 24l | 1,9ab |

Em que: SP (espécies); 1 = *Pinus taeda*; 2 = *Pinus maximinoi*; 3 = *Pinus tecunumanii*; 4 = *Pinus caribaea* var. hondurensis; 5 = *Pinus oocarpa*; 6 = *Pinus chiapensis*; 7 = mistura das seis espécies; MOE = módulo de elasticidade; MOR = módulo de ruptura; CPP = compressão paralela; LI = ligação interna; AA = absorção de água; IE = inchamento em espessura; TNRE = taxa de não-retorno em espessura; ⊥ = direção perpendicular; // = direção paralela; RC = razão de compactação. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. 1Mpa é aproximadamente 10,2 kgf/cm².

Observa-se também que não houve diferença estatística para o efeito da espécie sobre o MOR perpendicular, sendo que os maiores valores foram obtidos pelo *Pinus tecunumanii* e pelo *Pinus taeda* (501 kgf/cm²) e o menor para *Pinus taeda* (392 kgf/cm²). Da mesma forma, para a direção paralela não houve diferença estatística significativa das espécies sobre o MOR, sendo que o maior valor foi obtido para *Pinus tecunumanii* (636 kgf/cm²) e o menor para *Pinus oocarpa* (465 kgf/cm²). Estes valores apresentados são superiores aos valores definidos pela norma canadense CSA 0437 que são de 124 e 290 kgf/cm², respectivamente para a direção perpendicular e paralela.

Da mesma forma, não houve efeito da espécie sobre a compressão paralela na direção perpendicular, sendo que o maior valores foram obtidos pelo *Pinus oocarpa* (210 kgf/cm²) e o menor para o *Pinus tecunumanii* (176 kgf/cm²). Da mesma forma, para a direção paralela não houve diferença estatística significativa das espécies sobre o MOR, sendo que o maior valor foi obtido para *Pinus oocarpa* (164 kgf/cm²) e o menor para *Pinus taeda* (120 kgf/cm²). Outro aspecto interessante observado foi que não houve diferença estatística significativa entre a direção perpendicular e paralela, indicando que, para essa propriedade, os valores de resistência são semelhantes, independente do sentido de aplicação da tensão.

Observou-se também o mesmo comportamento do efeito da espécie (SP) sobre a ligação interna dos painéis OSB, sendo que o maior valor obtido foi de 7,66 kgf/cm² para o *Pinus chiapensis* e o menor foi de 6,89 kgf/cm² para o *Pinus caribaea*. Tais resultado pode ser atribuído à pequena amplitude de variação de densidade básica (0,06g/cm³) entre as espécies estudadas. Esses valores apresentados são superiores aos valores definidos pela norma canadense CSA 0437 que é de 3,45 kgf/cm² para as três categorias de painéis citadas.

A espécie (SP) também não afetou a absorção de água (2H e 24H) dos painéis OSB, sendo que o maior valor obtido para imersão de 2 horas foi de 10,17% para o *Pinus caribaea* e o menor foi de 5,55% para a mistura das seis espécies. Para o teste de imersão após 24 horas o maior valor encontrado também foi para *Pinus caribaea* (28,38%) e o menor para o *Pinus oocarpa* (21,31%).

Seguindo a tendência anterior, pode-se notar que não houve efeito significativo estatisticamente da espécie (SP) sobre o inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão em água dos painéis OSB, sendo que o maior valor obtido para imersão de 2 horas, foi de 10,10% para o *Pinus maximinoi* e o menor foi de 7,42 para o *Pinus oocarpa*. Para o teste de imersão, após 24 horas, o maior valor encontrado também foi para *Pinus Pinus maximinoi* (22,80%) e o menor para o *Pinus oocarpa* (18,22%). Estes valores apresentados não são compatíveis aos valores definidos pela norma canadense CSA 0437 que é de 10%,

para as três categorias de painéis com espessura acima de 12,7mm e 24 horas de imersão em água. Provavelmente este fato tenha ocorrido pela dificuldade de uma aplicação homogênea da resina e da parafina.

Pode-se notar que não houve efeito significativo estatisticamente da espécie (SP) sobre a taxa de não-retorno em espessura dos painéis OSB, sendo que o maior valor obtido de 24,39% foi para a mistura das seis espécies e o menor foi de 14,61% para o *Pinus oocarpa*.

Houve efeito significativo da espécie (SP) sobre a razão de compactação, sendo que o maior valor obtido de 2,05 para o *Pinus chiapensis* e o menor foi de 1,84 para o *Pinus tecunumanii*. Tal significância certamente é devida à amplitude de variação (0,06 g/cm³) da densidade da madeira das espécies de 0,37 a 0,43g/cm³. Esses resultados vão ao encontro ao mencionado por Maloney (1993) e Cloutier (1998) de que densidades da madeira mais baixas proporcionam razões de compactação mais elevadas. Todas as espécies apresentaram valores de razão de compactação bem próximos ou superiores por aquelas utilizadas na manufatura de OSB pelas indústrias canadenses.

Efeito da adição da parafina

Na Tabela 7, está apresentado o efeito da adição de parafina sobre as propriedades dos painéis OSB.

TABELA 7: Efeito da adição de parafina sobre as propriedades dos painéis OSB.

TABLE 7: Wax addition effect on OSB panels properties.

| TP (%) | MOE (Kgf/cm ²) | | MOR (Kgf/cm ²) | | CPP (Kgf/cm ²) | | LI (Kgf/cm ²) | AA (%) | | IE (%) | | TNRE (%) | RC |
|--------|----------------------------|--------|----------------------------|-------|----------------------------|------|---------------------------|--------|-------|--------|-----|----------|------|
| | ⊥ | // | ⊥ | // | ⊥ | // | | 2h | 24h | 2h | 24h | | |
| | 0 | 45368a | 61476b | 521d | 519de | 177f | | 138f | 7,74g | 19i | 41l | | |
| 1 | 46866a | 65170c | 477d | 546 e | 189f | 140f | 7,15h | 7j | 24m | 8o | 20q | 17s | 1,9t |

Em que: TP = teor de parafina; MOE = módulo de elasticidade; MOR = módulo de ruptura; CPP = compressão paralela; LI = ligação interna; AA = absorção de água; IE = inchamento em espessura; TNRE = taxa de não retorno em espessura; ⊥ = direção perpendicular e // = direção paralela. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. 1Mpa é aproximadamente 10,2 kgf/cm².

A inclusão da parafina resultou no aumento significativo estatisticamente no sentido paralelo, enquanto que, para o sentido perpendicular, não acarretou efeito significativo. Essa constatação é contrária à maioria das citações encontradas na literatura, exceto Matos (1998) que encontrou a mesma tendência para umidade de partículas entre 3 e 5%, sendo que ele atribuiu tal fato ao aumento da umidade do colchão, aumentando a plasticização da madeira e melhorando a área de contato entre as partículas. No entanto, ele também sugeriu a necessidade de estudos complementares para melhor justificar essa evidência.

A adição de 1% de parafina não acarretou um ganho significativo sobre o MOR na direção perpendicular, como também para a direção paralela.

Ao contrário do MOE, não houve diferença estatística significativa entre a direção paralela e perpendicular. No entanto, os valores de MOR na direção paralela tendem a ser maiores quando comparadas à direção perpendicular, exceto para o *Pinus oocarpa* e para a média dos tratamentos sem parafina. Com a incorporação da parafina, o MOR, no sentido paralelo foi estatisticamente superior. Essa constatação ainda foi encontrada por Suzuki e Takeda (2000) que também observou que MOR pode ser igualado no sentido paralelo e perpendicular com 25% de camada externa (25/50/25).

A parafina não afetou a compressão paralela nos dois sentidos (perpendicular e paralelo). No entanto, existe diferença estatística significativa entre o sentido perpendicular e paralelo nos tratamentos com e sem-parafina. Tal tendência mostra que a compressão paralela não tem um comportamento definido, havendo a necessidade de estudo mais aprofundado dessa propriedade.

Em contrapartida, a adição de 1% de parafina acarretou na redução significativa nos valores de ligação interna dos painéis OSB. Tal redução também foi observada por Winistorfer *et al.* (1992) ao testar

tipos e níveis de parafina em painéis OSB. Ele concluiu que, para qualquer tipo e nível de parafina aplicados aos painéis, ocorre uma redução na ligação interna, causada provavelmente pela interferência negativa sobre a polimerização da resina.

Da mesma forma, a adição de 1% de parafina acarretou na redução estatisticamente significativa nos valores de absorção de água dos painéis após imersão em água, tanto para 2 como para 24 horas. Essa redução também foi observada por Matos (1988) e Winistorfer *et al.* (1992). A incorporação da parafina ao colchão acarreta em redução da higroscopicidade das partículas, pois esta reage quimicamente com a substância madeira, ocupando os sítios higrscópicos (OH).

Seguindo a tendência anterior, a adição de 1% de parafina acarretou uma redução estatisticamente significativa nos valores médios de inchamento em espessura após imersão em água tanto para 2 como para 24 horas. Essa redução também foi observada por Matos (1988) e Winistorfe *et al.* (1992). A incorporação da parafina ao colchão acarreta a redução da higroscopicidade das partículas, pois esta reage quimicamente com a substância madeira, ocupando os sítios higrscópicos (OH). Desse modo, os painéis absorverão uma menor quantidade de água, e em decorrência disso, o inchamento em espessura é reduzido. A estabilidade dimensional dos painéis OSB é um fator de suma importância na sua utilização final, especialmente em locais úmidos.

Também ocorreu redução estatisticamente significativa nos valores médios da taxa de não-retorno em espessura dos painéis OSB. Essa tendência também foi observada por Matos (1988). A incorporação da parafina ao colchão acarreta uma redução da higroscopicidade das partículas, pois ela reage quimicamente com a substância madeira, ocupando os sítios higrscópicos (OH), diminuindo a absorção de água e o inchamento em espessura, o que ocasiona uma redução na taxa de não-retorno em espessura. Sendo que, quanto menor este valor, melhor a estabilidade dimensional dos painéis OSB, especialmente em ambientes que possuem uma grande variação de umidade durante as estações do ano.

E, a utilização da parafina não influenciou estatisticamente os valores de razão de compactação. Esse resultado já era esperado, uma vez que a razão de compactação é uma relação entre as densidades do painel e da madeira.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- 1) Não houve variação da densidade dos painéis, mostrando que o processo de deposição das partículas foi homogêneo.
- 2) O MOE, MOR e compressão paralela não foram afetados pelas espécies.
- 3) A adição de 1% de parafina acarretou um aumento significativo no MOE, no sentido de flexionamento perpendicular.
- 4) No sentido paralelo, o MOE não foi afetado pela adição de parafina bem como o MOR e a compressão paralela nos dois sentidos de flexionamento.
- 5) A ligação interna não foi afetada pelas espécies.
- 6) A adição de 1% de parafina causou uma redução significativa nos valores de ligação interna.
- 7) Os valores de absorção de água, inchamento em espessura e taxa de não-retorno em espessura não foram afetados pelas espécies.
- 8) Ocorreram reduções significativas nos valores de absorção de água, inchamento em espessura e taxa de não-retorno em espessura com a adição de 1% de parafina.
- 9) As espécies estudadas são homogêneas entre si e produzem painéis de qualidade semelhante, inclusive em relação ao *Pinus taeda* que é a espécie do gênero *Pinus* mais plantada no País.
- 10) A mistura das espécies não afeta as propriedades dos painéis, o que viabiliza o seu uso em conjunto, aumentando a disponibilidade de matéria-prima.
- 11) A adição de parafina melhorara a estabilidade dimensional dos painéis.

12) Todos os painéis produzidos atenderam às especificações mínimas da norma canadense CSA 0437.0, exceto para o inchamento em espessura.

Este trabalho trouxe novas informações a respeito da produção de OSB no Brasil, no entanto, são necessários estudos futuros englobando os demais fatores inerentes às espécies e ao processo produtivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à PISA Florestal S.A. e Alba Química S.A. respectivamente, pela doação da madeira para geração das partículas e adesivo utilizados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials**: ASTM D-1037-91 Philadelphia, [199_]. v. 04-09 (Annual Book of ASTM standards).

ABNT. **Normas técnicas**. Rio de Janeiro, 1998

AU, K.C.; GERTJEJANSEN, R.O.; LARNTZ, K. Use of response surface methodology to maximize paper birch utilization in a three-layer, two species oriented strand board. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 24, n. 4, p. 432-441, 1992.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **OSB and Waferboard**: CSA 0437.0 – 93. Ontário, 1993. 18p.

CLOUTIER, A. Oriented strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 173-185.

FORD-ROBERTSON, F. C. **Terminology of forest science, technology practice and products**. Washington D.C.: Society of American Foresters, 1971. 349p.

KELLY, M.W. **A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. Madison, 1977. 66p. U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL –10.

LELLES, J. G. de; SILVA, J. de C. Novos usos para a madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 6, n. 36, p. 42-45, 1998.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard e dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689p.

MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 19-26, 1996.

MATOS, J.L.M. **Ciclo de prensa em chapas de partículas estruturais “Waferboards”**. 1988. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ: testing of wood chipboards, bending test, determination of bending strength. **DIN 52362**. 1982. p. 39-40.

SUZUKI, S.; TAKEDA, K. Production and properties of Japanese oriented strand board I: effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board. **Journal Japan Wood Science**, Tokyo, v. 46, p. 289-295, 2000.

TAPPI – TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Testing and methods**. Atlanta: Tappi Press, 1994

WANG, S.; WINISTORFER, P. M. The effect of species and species distribution on the layer characteristics of OSB. **Forest Products Journal**, Madison, v. 50, n. 4, p. 37-44, 2000.

WINISTORFER, P.M.; MCFARLAND, D.L.; RICHARD, C.S. Evaluating the performance of ten wax formulations and three application rates on properties of oriented strand board. In: PROCEEDINGS OF THE TWENTY-SIXTH WASHINGTON STATE UNIVERSITY INTERNATIONAL PARTICLEBOARD-COMPOSITE MATERIALS SYMPOSIUM. **Anais...** Pulmann, 1992. p. 236-250.

YUSOFF, M. N. M.; HORIE, H. The manufacture of oriented strand boards from rubeerwood. **Journal of Tropical Forest Products**, Malaysia, v. 3, n. 1, p. 43-50, 1997.

ZHANG, M. *et al.* Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strands. **Japan Wood Science**, Tokyo, n. 44, p. 191-197, 1998.

ZHOW, D. A study of oriented structural board made from hybrid poplar. Physical and mechanical properties of OSB. **Holz Als Roh Und Werkstoff**, Berlin, v. 48, n. 7-8, p. 293-296, 1990.

ZOBEL, B.J.; VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation**. Berlin: Springer, 1989. 290p.