

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE ESPÉCIES DE PÍNUS TROPICAIS E EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS UREICOS

Setsuo Iwakiri¹, Felipe Gustavo Sanches², Daniele Cristina Potulski², Janice Bernardo da Silva³, Mário de Andrade⁴, Raquel Marchesan⁵

¹Eng. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - setsuo@ufpr.br

²Eng. Ind. Madeireiro, Mestrando em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - felipegust@hotmail.com; danielepotoski@ufpr.br

³Arquiteta, M.Sc., Doutoranda em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - janicebs@gmail.com

⁴Eng. Químico, Mestrando em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - mario.andrade@momentive.com

⁵Eng^a Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - raquelmarchesan@yahoo.com.br

Recebido para publicação: 03/02/2011 – Aceito para publicação: 02/01/2012

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade dos painéis compensados multilaminados produzidos a partir de lâminas de madeira de cinco espécies de pinus tropicais e nove espécies de eucalipto. Foram produzidos em laboratório painéis compensados com cinco lâminas de 2,0 mm de espessura, coladas com resina ureia-formaldeído (UF), com gramatura de 360 g/m². Os painéis foram prensados com pressão específica de 10 kgf/cm², temperatura de 110 °C e tempo de prensagem de 7 min. Foram avaliadas as propriedades de resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento (RLC), teste seco e úmido e flexão estática (MOE e MOR) paralela e perpendicular. Entre as espécies de pinus tropicais, o *P. oocarpa* e *P. tecunumanni* foram as que apresentaram melhor desempenho. Já para as espécies de eucalipto, os melhores resultados foram obtidos para *E. saligna*, *E. viminalis* e *E. dunnii*. Todas as espécies de pinus tropicais e de eucalipto avaliadas neste estudo apresentaram resultados de propriedades mecânicas estatisticamente iguais ou superiores em relação à espécie referencial – *Pinus taeda*. Os resultados obtidos indicam a viabilidade de uso de lâminas dessas espécies para fabricação de painéis compensados para uso interior.

Palavras-chave: Lâminas de madeira; compensados; pinus tropicais; eucalipto.

Abstract

Evaluation of potential use of species of tropical pine and eucalyptus for UF plywood manufacture. This research was developed in order to evaluate the quality of plywood manufactured from veneers of five species of tropical pine and nine species of eucalyptus. The plywood was manufactured with five veneers of 2.0 mm thickness, using urea-formaldehyde resin with amount of glue spread of 360 g/m². The boards were pressed at pressure of 10 kgf/cm², temperatures of 110 °C and pressing time of 8 minutes. It was evaluated the properties of glue line shear strength (RLC) and static bending (MOE and MOR), parallel and perpendicular. Among tropical pine species, *P. oocarpa* and *P. tecunumanni* presented the best results in relation to mechanical properties of the boards. For the eucalyptus species best results were obtained by *E. saligna*, *E. viminalis* and *E. dunnii*. All the tropical pine and eucalyptus species evaluated in this research presented boards mechanical properties statistically equal or greater when compared to referential species - *Pinus taeda*. The results revealed the feasible use of such species veneers for plywood manufactures to internal applications.

Keywords: Veneers; plywood; tropical pine; eucalyptus.

INTRODUÇÃO

A contribuição econômica, social e ambiental do setor de florestas plantadas no Brasil é altamente significativa. Segundo dados de 2008, existem no Brasil 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 4,26 milhões são plantios de eucalipto e 1,87 milhões de pinus. O setor contribui com arrecadações de impostos na ordem de R\$ 9 bilhões e são gerados 2,2 milhões de empregos diretos e indiretos. Na área ambiental, sete a dez toneladas de CO₂ são sequestrados por hectare/ano (SBS, 2008).

No que se refere ao setor de indústrias de base florestal, a sua contribuição atinge níveis que correspondem a quase 3,5% do PIB nacional, 8,5 milhões de empregos gerados e US\$ 8,5 bilhões em exportações, o que corresponde a 6,2% do total de exportação brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI), 2007). Com relação à produção de painéis compensados, segundo dados do SBS (2008), a produção brasileira em 2007 foi cerca de 2,67 milhões de m³, sendo que, desse total, 1,98 milhões de m³ são produzidos com espécies de florestas plantadas (*Pinus* spp.) e 0,69 milhões de m³ com espécies de florestas nativas (madeiras tropicais).

Os dados demonstram que cerca de 70% de painéis compensados são produzidos com madeira de pínus provenientes de plantios florestais. A exploração extensiva das plantações de espécies tradicionais de *Pinus* (*Pinus taeda* e *Pinus elliottii*) tem gerado problemas de oferta de madeiras provenientes de árvores de grandes diâmetros para obtenção de lâminas de boa qualidade para produção de compensados. Vários estudos têm sido realizados em busca de espécies alternativas para produção de lâminas e compensados. Iwakiri *et al.* (2001) avaliaram a qualidade de painéis compensados produzidos com cinco espécies de pínus tropicais com 10 anos de idade e concluíram que as mesmas apresentam grande potencial para essa finalidade de uso. Keinert Jr. e Interanmense (1994) estudaram o comportamento de seis espécies do gênero *Eucalyptus* na produção de lâminas e compensados e obtiveram bons resultados nas avaliações qualitativas do material. Pio (1996) e Interanmense (1998) também estudaram o comportamento de quatro espécies de eucalipto para produção de painéis compensados para uso interior, obtendo resultados promissores quanto às suas propriedades mecânicas.

Na produção de compensados, os fatores relacionados à tecnologia devem ser analisados com muita atenção, principalmente quanto ao processo físico-químico envolvido na colagem de lâminas de madeira (MARRA, 1992). O tipo de resina empregado na colagem deve ser adequado ao ambiente de utilização do painel, podendo ser ureia-formaldeído para ambiente interno e fenol-formaldeído para ambiente externo. A formulação da batida de cola e a gramatura são parâmetros que irão influenciar diretamente na qualidade da colagem e ao mesmo tempo no custo de produção do compensado (BALDWIN, 1993; SELLERS, 1993). Os autores afirmam que a densidade da madeira é um fator importante na definição desses parâmetros, tendo em vista as interações que ocorrem entre a porosidade da madeira e a absorção do adesivo na formação da ligação adesiva entre as lâminas. De acordo com Marra (1992), madeiras de baixa densidade absorvem maior quantidade de adesivo devido a sua maior porosidade. Portanto, a viscosidade do adesivo deve ser aumentada, para evitar a formação da linha de cola “faminta”. Outros fatores como pH e extrativos presentes na madeira são também importantes, podendo interferir na cura do adesivo durante o processo de prensagem do painel na prensa quente. Baldwin (1993) afirma que alguns extrativos presentes nas lâminas podem dificultar o processo de vaporização e sua migração de uma linha de cola para outra, e destas para as bordas do painel, para liberação ao ambiente externo. Esse processo, sendo muito lento, terá como consequência o aumento da pressão interna de vapor, resultando no “estouro” no momento da abertura da prensa e “delaminação” do painel. Portanto, a heterogeneidade e a variabilidade das propriedades anatômicas, físicas e químicas da madeira, entre as espécies de madeira, ou até mesmo entre as diferentes partes de uma árvore da mesma espécie, podem afetar as condições de colagem de lâminas durante o processo de fabricação de painéis compensados.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de cinco espécies de pínus tropicais e nove espécies de eucalipto para produção de painéis compensados para uso interior.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram objetos do presente estudo cinco espécies de pínus tropicais e nove espécies de eucalipto, com idade média na faixa de 20 a 25 anos, provenientes de florestas plantadas. As madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Pinus taeda*, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Pinus maximinoi*, *Pinus tecunumannii* e *Pinus chiapensis* foram coletadas nos plantios florestais localizados na região de Ibaiti, PR. Já as madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus phaeotricha*, *Eucalyptus deanei* e *Eucalyptus pellita* foram coletadas nos plantios florestais localizados na região de Piên, PR, e Jaraguá do Sul, SC. O *Pinus taeda* foi utilizado como espécie de referência para efeitos de comparações de resultados, sendo que os painéis foram produzidos nas mesmas condições experimentais para todas as espécies em estudo. Para a colagem de lâminas, foi

utilizada a resina ureia-formaldeído (UF) com teor de sólidos de 65%, pH de 8,0 e viscosidade Brookfield de 420 cP. Sal de sulfato de amônia foi utilizado como catalisador.

As lâminas foram obtidas num torno-piloto, com espessura de 2,0 mm, e foram seccionadas numa guilhotina pneumática com as dimensões de 600 mm x 600 mm. A densidade básica da madeira foi determinada em amostras retiradas de lâminas de cada espécie, com dimensões de 20 mm x 300 mm. Para a produção de painéis compensados, as lâminas foram secas em estufa ao teor de umidade médio de 8% e esquadrejadas em dimensões finais de 500 mm x 500 mm.

Os painéis foram produzidos com cinco lâminas utilizando a resina uréia-formaldeído com a seguinte formulação em partes por peso: 100 partes de resina, 25 partes de farinha de trigo, 20 partes de água e 7 partes de catalisador. O adesivo, em quantidade de 360 g/m² (linha dupla), foi aplicado manualmente, com uma espátula, sobre a superfície da lâmina. Os painéis foram prensados com a pressão específica de 10 kgf/cm², temperatura de 110 °C e tempo de prensagem de 7 minutos. Os parâmetros do processo de manufatura dos painéis em laboratório foram definidos com base nas informações técnicas da literatura, fabricantes de resina e indústrias de compensados. Foram produzidos dois painéis por espécie, perfazendo um total de 30 painéis experimentais.

Após o processo de acondicionamento dos painéis na câmara climática com temperatura de 20 ± 2 °C e umidade relativa de 65 ± 5%, foram retirados corpos de prova para realização dos seguintes ensaios em laboratório: resistência da linha de cola aos esforços de cisalhamento (teste seco e úmido) e flexão estática para determinação de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) no sentido paralelo e perpendicular. Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos descritos na Norma Europeia EN 314 (1993) e EN 310 (1993), respectivamente. Os resultados dos ensaios foram analisados através de análise de variância e teste de Tukey ao nível de probabilidade de 95%. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade básica das lâminas

Os valores médios de densidade básica das lâminas das espécies estudadas estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Densidade básica das lâminas das espécies estudadas.

Table 1. Veneers density of wood species.

Espécie	Densidade básica (g/cm ³)
<i>Pinus taeda</i>	0,571
<i>Pinus oocarpa</i>	0,556
<i>Pinus caribaea hondurensis</i>	0,465
<i>Pinus chiapensis</i>	0,394
<i>Pinus maximinoi</i>	0,413
<i>Pinus tecunumanii</i>	0,547
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,436
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,687
<i>Eucalyptus globulus</i>	0,564
<i>Eucalyptus viminalis</i>	0,617
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,561
<i>Eucalyptus robusta</i>	0,577
<i>Eucalyptus phaeotricha</i>	0,584
<i>Eucalyptus deanei</i>	0,571
<i>Eucalyptus pellita</i>	0,597

Os valores médios de densidade básica das lâminas das espécies de pínus tropicais variaram na faixa de 0,394 g/cm³ para *Pinus chiapensis* e 0,556 g/cm³ para *Pinus oocarpa*. Para as lâminas de eucalipto, as densidades médias variaram de 0,436 g/cm³ para *Eucalyptus grandis* e 0,687 g/cm³ para *Eucalyptus saligna*.

Os valores obtidos tanto para as espécies de pínus tropicais quanto para as de eucalipto estão dentro das faixas de valores de densidade apresentadas na literatura. Bortoletto Jr. (2003) obteve para 11 espécies de eucalipto os seguintes valores médios de densidade básica: *E. pilulararis* - 0,67 g/cm³, *E. propinqua* - 0,77 g/cm³, *E. microcorys* - 0,63 g/cm³, *E. maculata* - 0,71 g/cm³, *E. pyrocarpa* - 0,64 g/cm³, *E. tereticornis* - 0,74 g/cm³, *E. urophylla* - 0,60 g/cm³, *E. pellita* - 0,65 g/cm³, *E. citriodora* - 0,76 g/cm³, *E. torelliana* - 0,61 g/cm³ e *E. saligna* - 0,56 g/cm³. Interanmense (1998) encontrou, para lâminas de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus punctata* e *Eucalyptus maculata*, valores médios de densidade básica de 0,70, 0,76 e 0,78 g/cm³, respectivamente. Já Pio (1996) obteve para lâminas de *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta* densidade básica de 0,64 e 0,56 g/cm³, respectivamente.

Trianoski *et al.* (2008) encontraram, para espécies de pínus tropicais, os seguintes valores de densidade básica: *P. tecunumanii* - 0,489 g/cm³, *P. oocarpa* - 0,481 g/cm³, *P. taeda* - 0,471 g/cm³, *P. maximinoi* - 0,451 g/cm³, *P. caribaea bahamensis* - 0,429 g/cm³, *P. caribaea hondurensis* - 0,424 g/cm³, *P. caribaea caribaea* - 0,398 g/cm³ e *P. chiapensis* - 0,395 g/cm³.

Cisalhamento da linha de cola

Os resultados de ensaios de cisalhamento da linha de cola no teste seco e úmido estão apresentados na tabela 2.

Os valores médios de tensões de cisalhamento da linha de cola variaram na faixa de 1,48 MPa (*E. deanei*) a 2,61 MPa (*P. oocarpa*) para o teste seco, e de 0,85 MPa (*P. caribaea hondurensis*) a 2,39 MPa (*E. phaeotricha*) para o teste úmido.

Tabela 2. Resultados de cisalhamento da linha de cola.

Table 2. Results of glue line shear strength.

Espécie	Teste seco (MPa)		Teste úmido (MPa)	
	Média (CV)	FM (%)	Média (CV)	FM (%)
<i>Pinus taeda</i>	1,95 bcd (17,41)	24	1,17 de (25,64)	23
<i>Pinus oocarpa</i>	2,61 a (9,36)	84	1,59 bcd (10,82)	18
<i>Pinus caribaea hondurensis</i>	1,55 cd (12,63)	64	0,85 e (9,96)	3
<i>Pinus chiapensis</i>	1,84 bcd (6,00)	61	1,18 cde (16,66)	4
<i>Pinus maximinoi</i>	2,04 bc (9,76)	91	1,38 cde (29,72)	41
<i>Pinus tecunumanii</i>	1,87 bcd (14,72)	12	1,26 cde (17,94)	7
<i>Eucalyptus grandis</i>	1,79 bcd (9,47)	64	1,25 cde (12,98)	45
<i>Eucalyptus saligna</i>	2,13 abc (24,61)	22	1,67 bcd (22,25)	5
<i>Eucalyptus globulus</i>	1,94 bcd (17,78)	59	1,63 bcd (28,71)	46
<i>Eucalyptus viminalis</i>	2,27 ab (22,01)	54	1,71 bc (40,19)	63
<i>Eucalyptus dunnii</i>	2,14 ab (10,49)	38	2,09 abc (14,62)	86
<i>Eucalyptus robusta</i>	2,18 ab (17,96)	67	2,04 ab (27,49)	33
<i>Eucalyptus phaeotricha</i>	2,13 ab (11,80)	82	2,39 a (13,36)	77
<i>Eucalyptus deanei</i>	1,48 d (15,92)	82	1,34 cde (14,45)	44
<i>Eucalyptus pellita</i>	2,09 b (19,52)	74	2,04 ab (10,97)	67

CV: coeficiente de variação; FM: porcentagem de falhas na madeira. Médias seguidas de mesmas letras na coluna são estatisticamente iguais ao nível de probabilidade de 95%.

Para o teste seco, os painéis de *P. oocarpa* apresentaram melhor desempenho, tendo sua média estatisticamente igual em relação aos painéis de *E. saligna*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. robusta* e *E. phaeotricha*, e estatisticamente superior em relação às demais espécies.

Com relação ao teste úmido, os painéis de *E. phaeotricha* apresentaram média estatisticamente igual em relação aos painéis de *E. pellita*, *E. robusta* e *E. dunnii*, e superior em relação às demais espécies.

Tanto para o teste seco quanto para o teste úmido, os painéis de todas as espécies de pínus tropicais e de eucalipto apresentaram valores médios de tensões de cisalhamento estatisticamente iguais ou superiores em comparação aos painéis de *P. taeda*, utilizada como espécie referencial, tendo como destaque o *P. oocarpa*.

A avaliação de percentagens de falhas na madeira demonstrou que, com exceção de *P. tecunumanii*, *E. saligna* e *E. dunnii*, todas as demais espécies de pinus tropicais e eucalipto apresentaram percentual acima de 60%.

Os valores médios de tensões de cisalhamento da linha de cola obtidos para as cinco espécies de pinus tropicais e nove espécies de eucalipto estão dentro da faixa de valores apresentados na literatura. Iwakiri *et al.* (2002) encontraram para painéis de *P. taeda* e *P. oocarpa*, produzidos com resina UF, valores médios de tensões de cisalhamento (teste seco) de 1,57 MPa e 1,81 MPa, respectivamente. Num outro estudo realizado por Iwakiri *et al.* (2001) para painéis compensados ureicos de *P. caribaea*, *P. chiapensis*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa* e *P. tecunumanii*, foram obtidos valores médios de tensões de cisalhamento na faixa de 1,21 MPa a 1,62 MPa para teste seco, e de 0,55 MPa a 1,31 MPa para teste úmido.

Para compensados de eucalipto, Pio (1996) obteve, para *E. scabra* e *E. robusta*, resistência da linha de cola no teste seco de 2,36 MPa e 2,57 MPa, e no teste úmido de 2,31 MPa e 2,32 MPa, respectivamente para as duas espécies. Interanmense (1998), estudando as espécies de *E. cloeziana* e *E. maculata*, encontrou para o teste seco valores médios de resistência da linha de cola de 3,25 MPa e 2,81 MPa, e, para o teste úmido, valores médios de 2,47 MPa e 2,57 MPa, respectivamente para as duas espécies.

Tanto no teste seco quanto no teste úmido, com exceção de *Pinus caribaea hondurensis*, todas as demais espécies estudadas apresentaram valores médios de tensões de cisalhamento superiores ao valor mínimo de 1,0 MPa, requerido pela norma EN 314-2:1993.

Flexão estática paralela

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios e coeficientes de variação para Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) na direção paralela.

Tabela 3. Flexão estática paralela.

Table 3. Static bending - parallel direction.

Espécie	MOE (MPa)		MOR (MPa)	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
<i>Pinus taeda</i>	8.541 de	14,07	72,96 de	12,10
<i>Pinus oocarpa</i>	11.653 bc	24,35	92,27 abcd	24,57
<i>Pinus caribaea hondurensis</i>	6.300 e	15,05	61,72 e	14,25
<i>Pinus chiapensis</i>	7.370 e	7,32	58,54 e	9,79
<i>Pinus maximinoi</i>	7.233 e	13,11	60,55 e	11,48
<i>Pinus tecunumanii</i>	13.714 ab	13,27	101,83 ab	15,29
<i>Eucalyptus grandis</i>	11.618 bc	10,04	94,44 abcd	13,99
<i>Eucalyptus saligna</i>	15.532 a	11,91	104,54 a	15,68
<i>Eucalyptus globulus</i>	11.119 bcd	14,02	76,64 cde	15,82
<i>Eucalyptus viminalis</i>	16.366 a	3,59	94,91 abcd	13,03
<i>Eucalyptus dunnii</i>	16.319 a	5,40	101,54 ab	6,80
<i>Eucalyptus robusta</i>	11.464 bc	4,25	85,78 abcd	7,89
<i>Eucalyptus phaeotricha</i>	12.747 bc	7,31	99,35 abc	7,65
<i>Eucalyptus deanei</i>	10.248 cd	13,22	75,19 de	5,38
<i>Eucalyptus pellita</i>	11.894 bc	8,93	81,08 bcde	12,86

CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras na coluna são estatisticamente iguais ao nível de probabilidade de 95%.

A amplitude de variação dos valores médios de MOE paralelo foi de 6.300 MPa (*P. caribaea hondurensis*) a 16.366 MPa (*E. viminalis*). Para o MOR paralelo, a variação foi de 58,54 MPa (*P. chiapensis*) a 104,54 MPa (*E. saligna*).

Os painéis de *E. viminalis*, *E. dunnii* e *E. saligna* apresentaram valores médios de MOE paralelo estatisticamente iguais em relação aos painéis de *P. tecunumanii* e superiores em relação aos painéis das demais espécies. Para o MOR paralelo, os painéis de *E. saligna* apresentaram média estatisticamente iguais em relação aos painéis de *P. tecunumanii*, *E. dunnii*, *E. phaeotricha*, *E. viminalis*, *P. oocarpa* e *E. robusta*, e superior em relação aos painéis das demais espécies.

Os painéis de *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. robusta*, *E. phaeotricha* e *E. pellita* apresentaram valores médios de MOE paralelo estatisticamente superiores em relação à espécie referencial – *P. taeda*. Para o MOR paralelo, os painéis de *P. tecunumanii*, *E. saligna*, *E. dunnii* e *E. phaeotricha* foram os que apresentaram médias estatisticamente superiores em relação à espécie referencial.

Tanto para o MOE, quanto para o MOR paralelo, todas as espécies de pínus tropicais e de eucalipto apresentaram valores médios estatisticamente iguais ou superiores em relação à espécie referencial – *Pinus taeda*. A densidade das lâminas não influenciou claramente nos resultados de MOE e MOR paralelo.

Com relação aos trabalhos apresentados na literatura, Iwakiri *et al.* (2002) encontraram, para painéis de *P. taeda* e *P. oocarpa* produzidos com resina ureia-formaldeído, valores médios de MOE paralelo de 9.486 MPa e 10.467 MPa, respectivamente. Para o MOR paralelo, os autores encontraram valores médios de 73,29 MPa e 75,55 MPa, respectivamente para as duas espécies de pínus. Num outro trabalho realizado por Iwakiri *et al.* (2001), os autores encontraram, para cinco espécies de pínus tropicais com 10 anos de idade, valores médios de MOE paralelo variando na faixa de 3.877 MPa a 6.838 MPa. Para o MOR paralelo, os valores obtidos variaram de 33,11 MPa a 39,49 MPa. Portanto, pode-se afirmar que as espécies estudadas neste trabalho apresentaram desempenho satisfatório quanto às propriedades de MOE e MOR paralelo.

Para compensados de eucalipto, Keinert Jr. e Interanmense (1994) obtiveram, para *E. dunnii*, *E. robusta*, *E. viminalis*, *E. grandis* e *E. saligna*, valores médios de MOE paralelo de 12.123, 12.152, 13.279, 14.024 e 11.539 MPa, respectivamente. Já para o MOR paralelo, os valores médios encontrados foram respectivamente de 53.7, 75.9, 60.1, 58.2 e 54.0 MPa.

Flexão estática perpendicular

Na tabela 4 estão apresentados os valores médios e coeficientes de variação para Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) na direção perpendicular.

Tabela 4. Flexão estática perpendicular.

Table 4. Static bending - cross direction.

Espécie	MOE (MPa)		MOR (MPa)	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
<i>Pinus taeda</i>	2.655 cdefg	12,51	32,44 cd	11,74
<i>Pinus oocarpa</i>	3.841 ab	12,51	45,24 ab	14,51
<i>Pinus caribaea hondurensis</i>	2.046 g	18,56	28,25 d	14,36
<i>Pinus chiapensis</i>	2.503 efg	7,22	29,23 d	12,48
<i>Pinus maximinoi</i>	2.223 fg	12,09	32,75 cd	6,66
<i>Pinus tecunumanii</i>	3.347 abcde	23,87	41,93 abc	10,60
<i>Eucalyptus grandis</i>	3.524 abc	6,43	38,17 bcd	15,64
<i>Eucalyptus saligna</i>	4.062 a	7,12	52,20 a	8,87
<i>Eucalyptus globulus</i>	3.130 bcde	21,51	38,17 bcd	20,03
<i>Eucalyptus viminalis</i>	3.884 ab	10,15	41,38 abc	12,27
<i>Eucalyptus dunnii</i>	3.930 ab	12,61	43,01 abc	9,26
<i>Eucalyptus robusta</i>	3.070 bcdef	11,72	40,98 abc	18,28
<i>Eucalyptus phaeotricha</i>	3.746 ab	8,44	50,01 a	8,34
<i>Eucalyptus deanei</i>	2.522 defg	11,58	33,43 cd	10,95
<i>Eucalyptus pellita</i>	3.400 abcd	16,40	42,16 abc	25,32

CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras na coluna são estatisticamente iguais ao nível de probabilidade de 95%.

A amplitude de variação dos valores médios de MOE perpendicular foi de 2.046 MPa (*P. caribaea hondurensis*) a 4.062 MPa (*E. saligna*). Para o MOR perpendicular, a variação foi de 28,25 MPa (*P. caribaea hondurensis*) a 52,20 MPa (*E. saligna*).

Os painéis de *E. saligna* apresentaram valores médios de MOE perpendicular estatisticamente iguais em relação aos painéis de *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *E. grandis*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. phaeotricha* e *E. pellita*, e superiores em relação aos painéis das demais espécies. Para o MOR

perpendicular, os painéis de *E. saligna* e *E. phaeotricha* apresentaram média estatisticamente igual em relação aos painéis de *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. robusta*, e *E. pellita*, e superiores em relação aos painéis das demais espécies.

Não foram encontrados na literatura resultados de MOE e MOR perpendicular para as espécies de pinus tropicais, entretanto, para compensados de eucalipto, Keinert Jr. e Interanmense (1994) obtiveram, para *E. dunnii*, *E. robusta*, *E. viminalis*, *E. grandis* e *E. saligna*, valores médios de MOE perpendicular de 3.286, 3.045, 2.503, 3.833 e 4.253 MPa, respectivamente para as espécies estudadas. Já para o MOR perpendicular, os valores médios encontrados foram, respectivamente, de 37.6, 32.4, 22.2, 30.7 e 40.7 MPa.

Tanto para o MOE quanto para o MOR perpendicular, todas as espécies de pinus tropicais e de eucalipto apresentaram valores médios estatisticamente iguais ou superiores em relação à espécie referencial – *Pinus taeda*. A densidade das lâminas não influenciou claramente nos resultados de MOE e MOR perpendicular.

CONCLUSÕES

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

- As densidades básicas das lâminas das espécies estudadas não influenciaram diretamente nos resultados de MOE e MOR paralelo e perpendicular dos painéis;
- Nos ensaios de cisalhamento da linha de cola, os painéis de *P. oocarpa*, *E. saligna*, *E. viminalis*, *E. dunnii*, *E. robusta* e *E. phaeotricha* apresentaram melhor desempenho no teste seco. Para o teste úmido, os painéis de *E. phaeotricha*, *E. pellita*, *E. robusta* e *E. dunnii* foram os que apresentaram melhores resultados.
- Nos ensaios de flexão estática paralela, os painéis de *E. viminalis*, *E. dunnii* e *E. saligna* apresentaram maiores valores médios de MOE. Os painéis de *E. saligna*, *P. tecunumanii*, *E. dunnii*, *E. phaeotricha*, *E. viminalis*, *P. oocarpa* e *E. robusta* foram as que apresentaram melhores resultados de MOR.
- Nos ensaios de flexão estática perpendicular, os painéis de *E. saligna*, *E. dunnii*, *E. viminalis*, *P. oocarpa* e *E. phaeotricha* foram as espécies que apresentaram melhores resultados de MOE. Os painéis de *E. saligna*, *E. phaeotricha* e *P. oocarpa* foram os que apresentaram melhores resultados de MOR.
- Nas avaliações gerais dos resultados, o *P. tecunumanii* e *P. oocarpa* foram as espécies de pinus tropicais com melhor desempenho. Já para as espécies de eucalipto, os melhores resultados foram obtidos para *E. saligna*, *E. viminalis* e *E. dunnii*.
- Todas as espécies de pinus tropicais e de eucalipto avaliadas neste estudo apresentaram resultados de cisalhamento da linha de cola e de flexão estática estatisticamente iguais ou superiores em relação à espécie referencial – *Pinus taeda*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo Setorial**. Curitiba, 2007, 40 p.

BALDWIN, R. F. **Plywood and veneer-based products: manufacturing practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1993. 388 p.

BORTOLETTO JR., G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **Scientia Forestalis**, v. 63, p. 65 - 78, jun. 2003.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310: 1993**: Plywood - Determination of modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending. 1993.

_____. **EN 314-2: 1993**: Plywood - Determination of shear bonding strength. 1993.

INTERANMENSE, M. T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell), *Eucalyptus maculata* (Hook) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados.** Dissertação (Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 1998, 81 p.

IWAKIRI, S.; OLANDOSKI, D. P.; LEONHARDT, G.; BRAND, M. A. 2001. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 71 - 77, 2001.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. C.; SILVA, J. R. M.; ALVES, C. R.; PUEHRINGER, C. A. Produção de compensados de *Pinus taeda* L. e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de adesivo ureia-formaldeído. **Árvore**, v. 26, n. 3, p. 371 - 375, 2002.

KEINERT JR., S.; INTERANMENSE, M. T. **Laminação, produção e testes de compensados a partir de *Eucalyptus* spp.** Relatório de projeto de pesquisa apresentado ao CNPq. 94 p. Curitiba, 1994.

MARRA, A. A. 1992. **Technology of wood bonding: principles in practice.** New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. 453 p.

PIO, N. S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados.** Dissertação (Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 1996, 101 p.

SBS, 2008. **Fatos e números do Brasil Florestal - 2008.** Disponível em: <www.sbs.org.br>. Acesso em 31/01/2011.

SELLERS, T. **Plywood and adhesive technology.** New York: Marcel Dekker, 1993. 661 p.

TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; MATOS, J. L. M. Variação da massa específica básica em sete espécies de pinus tropicais. I SIMADERJ, Simpósio de Ciência e Tecnologia da Madeira do Estado do Rio de Janeiro. **Anais...** Seropédica, RJ, 2008. (sem paginação).