

PRODUÇÃO DE COMPENSADOS A PARTIR DA MADEIRA DE CLONES DO HÍBRIDO *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Renato Rocha Almeida¹
Geraldo Bortoletto Júnior²
Ivaldo Pontes Jankowsky²

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivos avaliar a madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de compensados e verificar os efeitos de três fatores desse processo tais como clone (I e II), gramatura de cola (320 e 360 g/m²) e tempo de prensagem (8 e 12 minutos), sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos. Os compensados obtidos a partir do clone I revelaram propriedades mecânicas levemente superiores. Não houve efeito significativo das gramaturas de cola avaliadas, sendo a menor gramatura a mais indicada para colagem dos compensados de ambos clones. O menor tempo de prensagem avaliado foi o que resultou em painéis de maior estabilidade dimensional, sendo o mais indicado na prensagem das lâminas dos dois clones. Os resultados mostraram que os clones estudados são de alto potencial para produção de compensados para uso geral. Eventualmente, se colados com resina fenólica, esses compensados tem potencial para utilização estrutural (construção), bem como na fabricação de formas de concreto.

Palavras-chaves: compensado, *Eucalyptus*, clones

ABSTRACT

PLYWOOD PRODUCTION FROM *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* HYBRID CLONES WOOD

The objectives of this work was to evaluate the wood from *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid clones for plywood production and to verify the effects of three factors of that process such as clone (I and II), glue spread (320 and 360 g/m²) and press time (8 and 12 minutes), on the physical and mechanical properties of the produced panels. The plywood from clone I revealed mechanical properties slightly superiors. There was no significant effect of the glue spread evaluated, being the smallest spread the most suitable for plywood bonding of both clones. The smallest press time was what it resulted in panels of larger dimensional stability, being the most suitable in the sheets press of the two clones. The results showed that the studied clones present high potential for general use plywood production. Eventually, if glued with phenolic resin, those plywood have potential for structural use (construction), as well as in the framework production.

Key words: plywood, *Eucalyptus*, clones

INTRODUÇÃO

Quando se pensa em espécies de rápido crescimento, como alternativa na produção de madeira, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como uma opção potencial das mais importantes, não somente por sua

capacidade produtiva e adaptabilidade a diversos ambientes mas, sobretudo, pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira (Assis, 1999).

Embora o eucalipto represente uma alternativa potencial no abastecimento, sua madeira apresenta

¹ Recursos Florestais pela ESALQ/USP

² Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP

Recebido para publicação em 2004

restrições próprias e inerentes ao uso de florestas jovens, onde os níveis de tensões de crescimento se manifestam de forma mais proeminente do que em florestas maduras. As rachaduras associadas às tensões de crescimento e os defeitos de secagem podem resultar em significativa perda de madeira. Outros aspectos como madeira juvenil, nós e bolsas de resina, também, podem constituir obstáculos adicionais ao uso pleno da madeira de eucalipto (Jankowsky, 1995; Ponce, 1997; citados por Assis, 1999).

A solução ou a minimização de alguns desses problemas, no sentido de propiciar a produção de florestas com características mais adequadas ao uso industrial, depende da adoção de programas de melhoramento genético voltados especialmente para essa finalidade (Lelles e Silva, 1997; Vital e Trugilho, 1997; Ponce, 1997, citados por Assis, 1999).

As variações existentes entre espécies, procedências, famílias e clones podem oferecer uma oportunidade de se alterar características importantes na madeira, na busca de se produzir matéria-prima com qualidade adequada aos processos e produtos. As características mais importantes e consideradas limitantes à viabilização do emprego do eucalipto se encontram sob moderado a alto controle genético, tornando possível alterar seus valores a fim de encontrar a qualidade necessária para o uso industrial. Certas características são mais influenciadas por fatores não genéticos, onde o manejo pode ser mais efetivo na sua melhoria.

Embora haja várias formas de promover o melhoramento genético, dada a premência de se conseguir madeira de melhor qualidade para alavancar a produção industrial no Brasil, a produção de híbridos entre espécies que possuam características complementares parece ser a forma mais indicada para se atingir esses objetivos. De outro lado, a clonagem representa o caminho mais curto na produção em massa de madeira com qualidade. Nos próximos anos, muito deverá se ouvir sobre a utilização de clones de híbridos de *Eucalyptus* para a produção de madeira de alta qualidade (Assis, 1999).

As buscas por novas fontes de matérias-primas somadas às vantagens das madeiras de *Eucalyptus* demonstram a necessidade de aumentar o volume de pesquisas sobre as espécies, híbridos e clones deste gênero, e também sobre a qualidade dos produtos oriundos (Almeida et al., 2004).

O presente trabalho teve por objetivos avaliar a madeira de dois clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de compensados e verificar os efeitos de 3 fatores desse processo (clone, gramatura de cola e tempo de prensagem) sobre as propriedades físico-mecânicas dos painéis produzidos.

V. 11, n.1, p. 14 - 24, ago./dez. 2004

15

MATERIAL E MÉTODOS

1. Obtenção das lâminas de madeira

As lâminas utilizadas na produção dos compensados do presente estudo foram obtidas a partir da madeira de dois clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 9 anos de idade, cedidos pela International Paper do Brasil, os quais foram codificados como clones I e II.

No Horto Florestal Bela Vista, próximo a cidade de Aguaí-SP, foram abatidas 5 árvores para cada clone, com diâmetros variando entre 29,5 cm e 33 cm. A partir da base de cada árvore foram retirados, seqüencialmente, um disco de madeira, uma tora, o segundo disco, a segunda tora e o terceiro disco. Portanto, foram amostradas 2 toras e 3 discos de madeira por árvore, totalizando 20 toras destinadas a laminação e 30 discos para determinação da densidade básica.

As lâminas de madeira, obtidas a partir das toras após descascamento e aquecimento em água, foram produzidas em torno laminador, no Laboratório de Laminação e Painéis de Madeira do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, com espessura nominal de 2,00 mm e guilhotinadas nas dimensões de 0,98 x 1,00 m. Depois de guilhotinadas, as lâminas foram secas naturalmente até atingirem o teor de umidade médio de 11%.

Antes da manufatura dos compensados, as lâminas já secas foram classificadas em classes de qualidade decrescente (N, A, B, C, D), conforme a NBR 9531 (ABNT, 1986).

Dados complementares sobre os plantios e a colheita da madeira de ambos clones, o processo de laminação, o rendimento do processo e análise detalhada sobre a qualidade das lâminas obtidas, entre outros, encontram-se descritos nos trabalhos de Almeida (2002) e Almeida, Bortoletto Júnior & Jankowsky (2004).

2. Produção dos painéis compensados

Foram produzidos compensados de cinco camadas, com lâminas de 2,00 mm de espessura nominal e dimensões de 0,98 x 1,00 m, todas pertencentes à classe de qualidade C.

2.1 Colagem e montagem

A resina utilizada na colagem das lâminas foi à base de uréia-formaldeído, com teor de sólidos de 61,13 %, viscosidade de 660 cp e pH de 8,11.

A formulação utilizada no preparo do adesivo, em partes por peso, foi a seguinte: resina de uréia-formaldeído (100 partes), farinha de trigo (40 partes), água (40 partes) e sulfato de amônio (2,5 partes). Conforme o Boletim Técnico Cascamite PL – 2040 (Alba Química, 1999),

essa formulação é apropriada para a manufatura de compensados “tipo exportação”.

As gramaturas de adesivo foram de 320 g/m² e de 360 g/m², aplicadas em linha dupla sobre as lâminas. Após a aplicação do adesivo e a montagem dos painéis, sobre estes foram colocados lastros de concreto, a fim de melhorar o contato entre lâminas e facilitar a transferência e a penetração do adesivo na madeira. O tempo de espera do painel antes de seguir para prensa quente foi de 20 minutos.

2.2 Prensagem a quente

Os parâmetros do ciclo de prensagem dos compensados foram os seguintes: tempos de prensagem de 8 e 12 minutos; temperatura de prensagem de 105°C e pressão específica de prensagem de 8 kgf/cm².

2.3 Obtenção dos corpos-de-prova e ensaios físico-mecânicos

Após a prensagem, cada compensado produzido foi disposto na posição vertical, visando permitir a complementação da cura do adesivo, bem como a equalização da temperatura e da umidade entre as faces e o miolo do painel. Posteriormente, os compensados foram empilhados em local coberto, protegidos contra variações acentuadas de temperatura e umidade, para climatização.

Transcorridos 30 dias de climatização, os compensados foram esquadrejados para dimensões finais de 0,85 x 0,85 x 0,01 m e a partir desses procedeu-se à retirada aleatória dos corpos-de-prova para os ensaios físicos e mecânicos. Os ensaios efetuados, o número de corpos de prova amostrado por painel e as normas adotadas podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1. Tipo de ensaio, número de corpos de prova por painel e norma adotada.

Table 1. Trial type, sample number per panel and adopted standard.

Ensaio (Sigla Adotada)		Nº de Corpos-de-prova Amostrado por Painel*	Norma
	Teor de umidade (TU)	5	NBR 9484/86
	Massa específica (ME)	5	NBR 9485/86
	Inchamento + recuperação em espessura e recuperação em espessura (I+RE e RE)	6	NBR 9535/86
Absorção de água	Superficial (AS)	7	NBR 9486/86
	Total (AT)	7	
Flexão estática	Perpendicular à grã (FE ^)	5	NBR 9533/86
	Paralela à grã (FE //)	5	
Cisalhamento na linha de colagem	Seco (CS)	7	NBR 9534/86
	Úmido (CU)	7	

* O nº de corpos-de-prova amostrado por painel corresponde ao nº mínimo exigido nas normas citadas.

2.4 Delineamento experimental e análise estatística

Para o experimento desenvolvido no presente estudo foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial do tipo 2 x 2 x 2 para os

tratamentos, cujos fatores foram o clone, a gramatura do adesivo e o tempo de prensagem empregados na produção dos compensados (Tabela 2).

16

n.1, p. 14 - 24, ago./dez. 2004

V. 11,

Tabela 2. Tratamentos previstos para produção dos painéis compensados.

Table 2. Treatments applied to plywood panels production.

Tratamento	Clone	Gramatura do Adesivo (g/m ²)	Tempo de Prensagem (minutos)
1	I	320	8
2	I	360	8
3	I	320	12
4	I	360	12
5	II	320	8
6	II	360	8
7	II	320	12
8	II	360	12

Para cada tratamento foram produzidos 3 compensados, ou seja, adotou-se 3 repetições por tratamento, totalizando 24 painéis produzidos.

A análise estatística foi feita por análise de variância verificando-se o efeito dos fatores de tratamento e de suas interações sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos. A comparação entre médias, quando necessária, foi feita através do teste de Tukey, conduzido ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Densidade básica da madeira dos clones

A Tabela 3 apresenta os resultados de densidade básica da madeira de ambos clones. Pode-se observar que

o clone I apresentou o maior valor de densidade básica. Entretanto, o clone II apresentou o menor valor de coeficiente de variação, indicando que sua madeira é mais homogênea sob este aspecto.

Tabela 3. Valores médios de densidade básica das madeiras dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Table 3. Average values of specific gravity from *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones wood

Clone	Repetições	Densidade Básica (g/cm ³)		Idade (Anos)
		Média*	Coef. Var. (%)	
I	30	0,55 A	9	9
II	30	0,49 B	2	9

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%, comparadas pelo teste de Tukey.

Com os valores apresentados, as madeiras de ambos clones poderiam ser classificadas como de densidade média. Esses valores são próximos a 0,50 g/cm³, o qual é indicativo de relativa facilidade para o processamento da madeira em torno rotativo (Walker, 1993; Bortoletto Júnior, 2003 e Almeida et al., 2004), valendo dizer o mesmo para ambos clones.

1.1 Propriedades físicas dos compensados

A Tabela 4 apresenta os valores médios das propriedades físicas dos compensados, por tratamento. A Tabela 5 apresenta o resultado da análise de variância dos fatores de tratamento, para todas as propriedades físicas (variáveis de resposta) dos compensados.

Tabela 4. Valores médios das propriedades físicas dos compensados, por tratamento.

Table 4. Average values of the plywood physical properties, per treatment.

Tratamentos	Propriedades Físicas					
	TU (%)	ME (g/cm ³) ¹	AS (%)	AT (%)	I+RE (%)	RE (%)
1	10,55	0,67	36,44	40,97	8,06	0,63
2	11,09	0,67	35,73	40,68	7,55	0,94
3	11,11	0,71	28,09	37,88	8,48	1,60
4	11,06	0,68	24,78	35,87	9,13	2,05
5	10,93	0,64	38,88	42,28	7,84	1,17
6	11,05	0,63	38,88	44,92	8,29	1,29
7	11,06	0,65	32,91	43,48	8,91	1,60
8	11,04	0,64	36,08	44,36	9,05	1,72

¹ Massa e volume determinados ao teor de umidade indicado na 2ª coluna da tabela.

Tabela 5. Resultado da análise de variância dos fatores de tratamento para as propriedades físicas dos compensados.
Table 5. ANOVA results of the treatment factors for plywood physical properties.

Fonte de Variação	GL	Propriedades Físicas					
		TU	ME	AS	AT	I+RE	RE
Probabilidade – Valor de <i>p</i>							
Clone (A)	1	0,5362 ^{NS}	0,0059*	0,0306*	0,0011*	0,5409 ^{NS}	0,6502 ^{NS}
Gramatura de Cola (B)	1	0,2062 ^{NS}	0,3259 ^{NS}	0,9274 ^{NS}	0,8075 ^{NS}	0,6015 ^{NS}	0,4290 ^{NS}
Tempo de Prensagem (C)	1	0,1569 ^{NS}	0,1751 ^{NS}	0,0074*	0,1632 ^{NS}	0,0134*	0,0310*
Interações	A-B	1	0,3861 ^{NS}	0,9470 ^{NS}	0,4437 ^{NS}	0,2585 ^{NS}	0,7462 ^{NS}
	A-C	1	0,3628 ^{NS}	0,6426 ^{NS}	0,2666 ^{NS}	0,1046 ^{NS}	0,9014 ^{NS}
	B-C	1	0,1243 ^{NS}	0,6426 ^{NS}	0,9514 ^{NS}	0,4938 ^{NS}	0,5471 ^{NS}
	A-B-C	1	0,3262 ^{NS}	0,7399 ^{NS}	0,5370 ^{NS}	0,9942 ^{NS}	0,3003 ^{NS}
Erro	16						
Total	23						

* = Significativo ($p < 0,05$); NS = não significativo ($p > 0,05$).

1.2 Teor de umidade (TU)

Conforme a análise de variância (Tabela 5), não houve efeito significativo de nenhum dos fatores de tratamento sobre o teor de umidade dos compensados, bem como não houve efeito interativo desses fatores sobre essa variável de resposta. Esse resultado pode indicar que o período de climatização dos painéis, antes dos ensaios, foi adequado para tornar equânimes os seus teores de umidade. Pode-se dizer, também, que tais teores de umidade podem ser considerados coerentes, para compensados uréicos. Porém, se comparados aos de compensados fenólicos de várias espécies de eucalipto estudados por Bortoletto Júnior (2003), são pouco superiores, fato que pode ser creditado ao efeito dos diferentes tipos de adesivos e dos parâmetros de processo vinculados a cada caso.

1.3 Massa específica (ME)

A análise de variância (Tabela 5) revelou que somente o fator clone teve efeito significativo sobre a massa específica dos compensados. Segundo a mesma análise, não houve efeito interativo dos fatores de tratamento sobre essa variável de resposta. O resultado do teste de médias de massa específica, para o fator clone, encontra-se na Tabela 6. Nessa Tabela pode ser observado que o valor médio da massa específica dos painéis produzidos a partir do clone I, foi significativamente maior que o do clone II. Esse resultado é coerente e pode estar relacionado com a densidade básica da madeira do clone I, cujo valor médio, também, foi superior ao do clone II, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 6. Teste de médias de Tukey para a variável massa específica do fator clone.

Table 2. Tukey test for specific gravity variable of the clone factor.

Clones	Número de Painéis	Massa Específica (g/cm ³)
		Média*
I	12	0,68 A
II	12	0,64 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

O valor médio das massas específicas dos compensados de ambos clones é próximo do encontrado para o tradicional compensado de pinheiro-do-paraná (*Araucária angustifolia*) estudado por Gaiotto et al. (1993).

1.2.1 Absorção de água

1.2.1.1 Superficial (AS)

A análise de variância (Tabela 5) mostrou que houve efeito significativo dos fatores clone e tempo de prensagem sobre a absorção superficial de água. A mesma análise indica que não houve interação entre esses fatores sobre essa variável, revelando que seus efeitos foram independentes. O resultado do teste de médias de absorção superficial, para os fatores clone e tempo de prensagem, encontram-se nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

O valor médio de absorção superficial (determinada com todas as laterais dos corpos-de-prova vedadas com parafina) dos painéis produzidos a partir do clone I, foi significativamente menor que o do clone II. Esse resultado revela uma tendência de redução do percentual de absorção d'água à medida que a densidade básica da madeira (Tabela 3) e a massa específica do compensado (Tabela 6) são maiores, conforme verificado para o clone I em relação ao II.

Tabela 7. Teste de médias de *Tukey* para a variável absorção superficial do fator clone.

Table 7. Tukey test for superficial absorption variable of the clone factor.

Clones	Número de Painéis	Absorção Superficial (%)
		Média*
I	12	31,26 A
II	12	36,69 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Tabela 8. Teste de médias de *Tukey* para a variável absorção superficial do fator tempo de prensagem.

Table 8. Tukey test for superficial absorption variable of the press time factor.

Tempo de Prensagem (minutos)	Número de Painéis	Absorção superficial (%)
		Média*
8	12	37,48 A
12	12	30,47 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Os valores de absorção dos compensados de ambos clones comparados aos de compensados de várias espécies de eucalipto de massas específicas mais elevadas, estudados por Bortoletto Júnior (2003), são expressivamente maiores, fatos que corroboram a tendência verificada acima.

Com relação ao fator tempo de prensagem, o que se verificou foi a redução significativa do percentual de absorção do painel, quando utilizado o tempo de 12 minutos. De acordo com Kollmann e Schneider (1963), citados por Kollmann et al. (1975), a utilização de altas temperaturas na secagem de lâminas e na prensagem a

quente do compensado, reduz a sua capacidade de sorção. Com base no que afirmam esses autores, é possível supor que com o aumento do tempo de prensagem e, por consequência, do tempo de exposição à temperatura, a redução da capacidade de sorção do compensado torna-se ainda maior, sendo isso uma possível justificativa para menor absorção d'água verificada para o tempo de prensagem de 12 minutos em relação ao de 8. Presume-se que esse efeito de redução da capacidade de sorção tenha sido mais contundente sobre as lâminas das capas dos compensados, porque para variável absorção total o tempo de prensagem não foi significativo.

1.2.1.2 Total (AT)

A análise de variância (Tabela 5) indica que somente o fator clone teve efeito significativo sobre a absorção total de água, sem interação entre os demais fatores de tratamento. O resultado do teste de médias de absorção total, para o fator clone, encontra-se na Tabelas 9.

É possível notar que o valor médio da absorção total foi significativamente menor para os compensados produzidos a partir da madeira do clone I. A mesma tendência foi observada para absorção superficial e, portanto, para absorção total cabem as mesmas considerações feitas anteriormente. Acrescenta-se que esses resultados são concordantes com Tsoumis (1991), o qual afirma que quanto maior a massa específica, menor é o teor de umidade que a madeira poderá conter na saturação.

Tabela 9. Teste de médias de *Tukey* para a variável absorção total do fator clone.

Table 9. Tukey test for total absorption variable of the clone factor.

Clones	Número de painéis	Absorção total (%)
		Média*
I	12	38,85 A
II	12	43,76 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

1.2.2 Inchamento e recuperação em espessura (I+RE e RE)

A análise de variância (Tabela 5) indica que somente o fator tempo de prensagem teve efeito significativo sobre as variáveis inchamento mais recuperação em espessura (I+RE) e recuperação em espessura (RE). Os resultados do teste de médias de *Tukey* realizado para ambas variáveis são apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Teste de médias de *Tukey* para a variável inchamento mais recuperação em espessura do fator tempo de prensagem.
Table 10. Tukey test for thickness recovery more swelling variable of the press time factor.

Tempo de Prensagem (minutos)	Número de Painéis	Inchamento + Recuperação em Espessura (%)	
		Média*	
8	12	7,93 A	
12	12	8,89 B	

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Os dados das Tabelas 10 e 11 mostram que os valores médios de inchamento mais recuperação em espessura foram significativamente maiores para os compensados produzidos com o tempo de prensagem de 12 minutos. Resultados com tendências semelhantes foram obtidos por Medina (1986) e Pio (1996), em compensados fenólicos de pinus e uréicos de eucalipto, respectivamente.

Tabela 11. Teste de médias de *Tukey* para a variável recuperação em espessura do fator tempo de prensagem.

Table 11. Tukey test for thickness recovery variable of the press time factor.

Tempo de Prensagem (minutos)	Número de Painéis	Recuperação em Espessura (%)	
		Média*	
8	12	1,01 A	
12	12	1,74 B	

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

O inchamento do compensado em espessura é formado por dois componentes tais como o inchamento por absorção d'água e, por consequência deste, o causado pela liberação das tensões de compressão originadas na prensagem. Essas tensões são maiores a medida em que aumenta o tempo de prensagem e a liberação dessas, em face da absorção d'água, resulta em maior inchamento e maior recuperação em espessura, fatos que explicam os resultados obtidos. Os valores de inchamento mais recuperação da espessura, especialmente o obtido com o tempo de prensagem de 8 minutos, revelam que os compensados de ambos clones apresentaram boa estabilidade dimensional, sendo esses valores compatíveis com os obtidos para compensados de algumas espécies de eucalipto estudadas por outros autores como Keinert Júnior e Interamnense (1994), citados por Interamnense (1998), e Pio (1996). Entretanto, os valores de recuperação em espessura obtidos no presente estudo são menores que os obtidos por esses autores.

1.3 Propriedades mecânicas dos compensados

A Tabela 12 apresenta os valores médios das propriedades mecânicas dos compensados, por tratamento. A Tabela 13 apresenta o resultado da análise de variância dos fatores de tratamento, para todas as propriedades mecânicas dos compensados.

Tabela 12. Valores médios das propriedades mecânicas dos compensados, por tratamento.

Table 12. Average values of the plywood mechanical properties, per treatment.

Tratamentos	Propriedades mecânicas							
	FE //		FE ^)		Resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento (kgf/cm ²)			
	MOR //	MOE //	MOR ^	MOE ^	CS	FM (%)	CU	FM (%)
1	933	138423	392	36799	17,5	43,3	13,2	11,4
2	862	127376	409	36357	19,4	46,7	12,0	-
3	913	129675	418	36706	20,7	50,9	15,3	1,9
4	921	133934	419	37103	18,6	53,8	13,5	4,3
5	850	139463	350	35855	16,3	40,0	12,9	4,3
6	860	135716	387	39306	17,0	38,1	13,8	20,9
7	841	131719	398	38820	16,7	30,0	15,8	14,5
8	793	129145	388	39532	17,2	56,7	13,8	11,4

FM = Falha na madeira.

20

11, n.1, p. 14 - 24, ago./dez. 2004

V.

Tabela 13. Resultado da análise de variância dos fatores de tratamento para as propriedades mecânicas dos compensados.
Table 13. ANOVA results of the treatment factors for plywood mechanical properties.

Fonte de Variação	GL	Propriedades Físicas						
		MOR //	MOE //	MOR ^	MOE ^	CS	CU	
		Probabilidade – Valor de p						
Clone (A)	1	0,0003*	0,6887 ^{NS}	0,0101*	0,0585 ^{NS}	0,0437*	0,6363 ^{NS}	
Gramatura de Cola (B)	1	0,0876 ^{NS}	0,3093 ^{NS}	0,3244 ^{NS}	0,4689 ^{NS}	0,8703 ^{NS}	0,4586 ^{NS}	
Tempo de Prensagem (C)	1	0,6841 ^{NS}	0,1847 ^{NS}	0,2881 ^{NS}	0,5120 ^{NS}	0,4760 ^{NS}	0,1978 ^{NS}	
Interações	A-B	1	0,6200 ^{NS}	0,9883 ^{NS}	0,6755 ^{NS}	0,1532 ^{NS}	0,6839 ^{NS}	0,5866 ^{NS}
	A-C	1	0,0929 ^{NS}	0,2254 ^{NS}	0,5498 ^{NS}	0,3032 ^{NS}	0,6370 ^{NS}	0,7960 ^{NS}
	B-C	1	0,7255 ^{NS}	0,1098 ^{NS}	0,0819 ^{NS}	0,3823 ^{NS}	0,3116 ^{NS}	0,4845 ^{NS}
	A-B-C	1	0,1912 ^{NS}	0,1198 ^{NS}	0,8922 ^{NS}	0,5558 ^{NS}	0,3667 ^{NS}	0,7198 ^{NS}
Erro	16							
Total	23							

* = Significativo (p < 0,05); NS = não significativo (p > 0,05).

1.3.1 Cisalhamento Seco e úmido (CS e CU)

A análise de variância (Tabela 13) realizada para as variáveis cisalhamento seco e cisalhamento úmido mostrou que somente houve efeito significativo do fator clone sobre o cisalhamento seco. O resultado do teste de médias dessa variável, para o fator clone, pode ser visto na Tabela 14.

Tabela 14. Teste de médias de *Tukey* para variável cisalhamento seco do fator clone.

Table 14. Tukey test for dry shear variable of the clone factor.

Clones	Número de Painéis Média*	Resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento seco (kgf/cm ²)
I	12	19,1 A
II	12	16,8 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Os dados da Tabela 14 mostram que o valor médio de resistência ao cisalhamento seco foi maior para os

compensados produzidos a partir do clone I, fato que lhe confere vantagem e demonstra que a interação entre cola e madeira foi melhor para esse caso.

Por outro lado, levando em conta o que dispõe a norma européia EN 314-2 (1993), pode-se afirmar que os resultados de resistência da linha de colagem (seco e úmido) e de falha na madeira obtidos em todos os tratamentos, foram satisfatórios; fatos que podem ser creditados à formulação do adesivo (baixo grau de extensão) e à interação adesivo e madeira. A norma em referência relaciona o valor médio da resistência da linha de colagem ao valor médio da percentagem de falha na madeira. A medida em que aumenta o valor da resistência, a exigência em termos de falha na madeira diminui, sendo que para valores iguais ou superiores a 10 kg/cm² não há mais exigência para percentagem de falha na madeira.

1.3.2 Flexão Estática – MOR e MOE

A análise de variância (Tabela 13) para as variáveis MOE paralelo e MOE perpendicular revelou que não houve efeito significativo de nenhum dos fatores de tratamento. A mesma análise para as variáveis de resposta MOR paralelo e MOR perpendicular indicou que somente houve efeito significativo do fator clone. Os resultados do teste de médias para as variáveis MOR paralelo e perpendicular, para o fator clone, podem ser vistos nas Tabelas 15 e 16, respectivamente.

Tabela 15. Teste de médias de *Tukey* para a variável MOR paralelo do fator clone.**Table 15.** Tukey test for parallel MOR variable of the clone factor.

Clones	Número de painéis	MOR paralelo (kgf/cm ²)
		Média*
I	12	914 A
II	12	831 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Tabela 16. Teste de médias de *Tukey* para a variável MOR perpendicular do fator clone.**Table 16.** Tukey test for perpendicular MOR variable of the clone factor.

Clones	Número de painéis	MOR perpendicular (MPa)
		Médias*
I	12	414 A
II	12	380 B

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Os resultados das Tabelas 15 e 16 revelam que os valores médios do MOR paralelo e MOR perpendicular foram maiores para os compensados produzidos a partir da madeira do clone I, o que lhe confere certa vantagem. Esses resultados possivelmente são devidos à massa específica dos compensados do clone I, cujo valor também foi maior que o do clone II.

A norma alemã DIN 68705 (1981), citada por Pereyra (1984), estabelece o valor de 408 kgf/cm² para o MOR paralelo e de 153 kgf/cm² para o MOR perpendicular, como requisito mínimo para compensados destinados à construção; valores plenamente atendidos por todos os compensados obtidos no presente estudo.

Para compensados de 5 camadas utilizados como forma de concreto, os valores exigidos pela norma DIN 68792 (1971) são de 459 kgf/cm² e 50986 kgf/cm² para o MOR e MOE paralelos; e de 306 kgf/cm² e 25493 kgf/cm² para o MOR e MOE perpendiculares, respectivamente. Confrontando-se os resultados exibidos na Tabela 12 com os valores exigidos por essa norma, é possível afirmar que todos os compensados obtidos no presente estudo se enquadram plenamente dentro dessas exigências.

22

n.1, p. 14 - 24, ago./dez. 2004

O confronto dos resultados obtidos nos ensaios de flexão estática com os requisitos das normas DIN demonstra que os compensados dos dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentaram boas características de resistência e rigidez, com bom potencial para utilização na construção e como forma de concreto. Entretanto, essa afirmação não dispensa a necessidade da realização de novos ensaios, especialmente o ensaio de resistência da linha de colagem após ciclos de fervura e secagem em estufa, utilizando o adesivo fenólico na colagem dos compensados, apropriado para o uso externo, para comprovar o referido potencial.

CONCLUSÕES

Não houve interação significativa entre os fatores de tratamento (clone, gramatura de cola e tempo de prensagem) empregados na produção dos compensados, considerando todas as propriedades analisadas;

Houve efeito do fator clone sobre algumas das propriedades dos compensados. Os painéis obtidos com o clone I apresentaram resultados superiores de massa específica aparente, de resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento (condição seca) e de MOR paralelo e perpendicular. Os painéis obtidos com o clone II apresentaram resultados superiores de absorção superficial e absorção total de água;

Não houve efeito do fator gramatura de cola sobre nenhuma das propriedades dos compensados. Assim, a menor gramatura de cola estudada (320 g/m²) é a mais indicada para colagem das lâminas de madeira de ambos clones, pois representa menor custo de produção dos compensados em escala industrial;

Houve efeito do fator tempo de prensagem sobre a absorção de água e o inchamento e a recuperação em espessura dos compensados. Para o tempo de 8 minutos a absorção superficial foi superior em relação ao tempo de 12 minutos, entretanto, o inchamento mais recuperação em espessura foi inferior. Assim, o tempo de prensagem de 8 minutos é o mais indicado para prensagem das lâminas de madeira de ambos clones, pois gera painéis com maior estabilidade dimensional e representa maior produtividade em escala industrial devido a ciclos de prensagem mais curtos.

As madeiras dos clones I e II do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentam alto potencial para produção de compensados para uso geral. Eventualmente, se colados com adesivo fenólico, esses compensados apresentam potencial para uso estrutural (construção) e na fabricação de formas de concreto.

V. 11,

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: determinação do teor de umidade.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9484).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: determinação da massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9485)
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9486)
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: classificação.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9531)
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: determinação da resistência à flexão estática.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9533)
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: determinação da resistência da colagem ao esforço de cisalhamento.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9534)
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de madeira compensada: determinação do inchamento.** Rio de Janeiro, 1986. (Norma Brasileira NBR 9535)
- ALBA QUMICA. **Cascamite PL – 2040.** São Paulo, 1999. 5p. (Boletim Técnico, 55).
- ALMEIDA, R.R. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados.** Piracicaba, 2002. 80p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, R.R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; JANKOWSKY, I.P. **Produção de lâminas a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.** *Scientia Forestalis*, n.65, jun., 2004.
- ASSIS, T.F. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: WORKSHOP TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, Viçosa, 1999. *Anais*. Viçosa: UFV/DEF/SIF/IEF, 1999. p.61-72.
- BORTOLETTO JÚNIOR, G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. *Scientia Forestalis*, n.63, jun., p. 65-78, 2003.
- DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **Large area shuttering panels of veneer plywood for concrete and reinforced concrete.** Berlin: Beuth Verlag, 1979. (DIN 68792)
- DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **Plywood: building-veneer plywood.** Berlin: Beuth Verlag, 1981. (DIN 68705-3)
- EN - EUROPEAN STANDARD. **Plywood – bonding quality: part 2 - requirements.** CEN members, 1993. (EN 314-2).
- GAIOTTO, M.R., WATAI, L.T., JANKOWSKY, I.P. Avaliação experimental do compensado de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, e CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba, 1993. *Anais*. Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v. 2, p.595-599.
- INTERAMNENSE, M.T. **Utilização das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* (F. MUELL), *Eucalyptus maculata* (HOOK) e *Eucalyptus punctata* DC var. *punctata* para produção de painéis compensados.** Curitiba, 1998. 81 p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.
- KOLLMANN, F.F.P., KUENZI, E.W., STAMM, A.J. **Principles of wood science and technology.** Berli:Springer-Verlag, 1975. v.2, 703p.
- MEDINA, J.C. **Efeito da Temperatura de Aquecimento na Obtenção de Lâminas por Desenrolamento e sobre a Qualidade da Colagem de Compensados Fenólicos de *Pinus elliottii* Engelm.** Curitiba, 1986. 113 p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

PEREYRA, O. **Avaliação de Madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados.** Piracicaba, 1994. 87 p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

PIO, N.S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados.** Curitiba, 1996. 101 p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization.** New York: Chapman & Hall, 1991.

WALKER, J.C.F. **Primary wood processing: principles and practice.** London: Chapman & Hall, 1993.

