

**POTENCIAL DA MADEIRA DE CLONES DO
HÍBRIDO *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*
PARA A PRODUÇÃO DE LÂMINAS E
MANUFATURA DE PAINÉIS COMPENSADOS**

RENATO ROCHA ALMEIDA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo – Brasil
Março – 2002

**POTENCIAL DA MADEIRA DE CLONES DO
HÍBRIDO *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*
PARA A PRODUÇÃO DE LÂMINAS E
MANUFATURA DE PAINÉIS COMPENSADOS**

RENATO ROCHA ALMEIDA
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **GERALDO BORTOLETTO Jr.**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Março – 2002

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Almeida, Renato Rocha

Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x
Eucalyptus urophylla para a produção de lâminas e manufatura de painéis
compensados / Renato Rocha Almeida. - - Piracicaba, 2002.
80 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, 2002.
Bibliografia.

1. Compensado 2. Eucalipto 3. Hibridação vegetal 4. Madeira I. Título

CDD 674.142

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

À minha amada Família, sempre presente e,
hoje, um pouco maior.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Agradeço primeiramente a Deus e à minha Família (que cresceu), responsáveis diretos pelo presente trabalho;
- Ao Prof. Dr. Geraldo Bortoletto Júnior pela orientação e amizade;
- Ao Prof. Dr. Ivaldo Pontes Jankowsky, pela co-orientação e pelo voto de confiança;
- Aos professores da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e aos funcionários da Secretaria e da Biblioteca do Departamento de Recursos Florestais;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de Mestrado;
- À International Paper do Brasil, pelo fornecimento das árvores estudadas no presente trabalho e pelo dispensado por seus funcionários;
- Ao técnico do Laboratório de Laminação de Madeiras da ESALQ, Valdir Ferreira Caldas, pelo auxílio, acompanhamento e pela amizade;
- Aos Engenheiros Florestais: Ariel de Andrade, Cláudio Henrique Soares Del Menezzi, Inês Galina, André Rocha Ferretti, Alexandre Anders Brasil, Marcos Ducatti e Marcelo Guedes Cavalcante, pelas contribuições, sugestões, ajudas no desenvolvimento de trabalhos e, acima de tudo, por serem amigos;
- Aos amigos do Centro de Processamento de Dados: Ivo Rosa Filho e Rogério Oliveira Naressi;
- Ao técnico em informática Sérgio Fernando Rocha Teixeira, amigo-primo-irmão;

- Por fim, agradeço aos amigos*: Cristiane & André, Graziela & Gustavo, Viviane & Winter, Bianca, Beto, Duska & Mel, Bel, Clarissa, Thaís & Chuck, Giuliana, Eva, Noemi, Débora (BsB), Alexandre, Roberta & Vitor, Cléa & Roberta, Lúgia, Mariângela, Gláucia, Patrícia, Bibiana, Ana Maria, Anne, Marília & Juliana, Fernando, Antônio, Silvana, Hugo, Luciane Zaia e Gianpola.

* Aqueles não citados não são menos importantes.

SUMÁRIO

	Página
LISTAS DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.	ix
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 O Brasil e o mercado de produtos florestais.....	4
2.2 O gênero <i>Eucalyptus</i>	5
2.3 O híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	6
2.4 Painéis compensados.....	7
2.4.1 Histórico do painel compensado	7
2.4.2 Matérias-primas, limitações, utilizações e mercado.....	9
2.4.3 Novas tecnologias e investimentos.....	10
2.4.4 Produção e qualidade do compensado.....	12
2.5 Pesquisas desenvolvidas.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Matéria-prima	16
3.2 Coleta da madeira.....	17
3.3 Armazenamento das toras	19
3.4 Aquecimento das toras	19
3.5 Produção de lâminas (laminação).....	21
3.5.1 Regulagem do torno	21
3.5.2 Rendimento da laminação	21

3.5.3 Secagem das lâminas.....	24
3.5.4 Retração máxima das lâminas	25
3.5.5 Classificação das lâminas.....	27
3.6 Manufatura dos compensados	27
3.6.1 Processo de Colagem.....	27
3.6.2 Condições de Prensagem.....	28
3.6.3 Ensaio físicos e mecânicos dos compensados	29
3.7 Delineamento experimental e análise estatística.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Dados de campo	32
4.2 Massa específica da madeira dos clones	33
4.3 Rendimento da laminação	35
4.4 Qualidade das lâminas.....	41
4.5 Retração máxima das lâminas	43
4.6 Propriedades físicas dos compensados.....	46
4.6.1 Massa específica aparente e teor de umidade.....	46
4.6.2 Absorção superficial e total de água.....	48
4.6.3 Inchamento e recuperação em espessura.....	51
4.7 Propriedades mecânicas dos compensados	54
4.7.1 Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento e falha na madeira...	54
4.7.2 Flexão estática	57
5 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICES	73

LISTAS DE FIGURAS

	Página
1 Seqüência de corte para obtenção das toras com anelamento	18
2 Desenho esquemático de retirada das cunhas nos discos de madeira	18
3 Faixa de temperaturas favoráveis para a laminação de madeiras duras (folhosas), em função da massa específica básica. Fonte: Lutz (1974).....	20
4 Dimensões das amostras indicando os pontos de medição para a determinação das retrações das lâminas de madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	25

LISTA DE TABELAS

	Página
1	Projeção da produção de painéis de madeira no Brasil (1.000 m ³)..... 10
2	Tempo aproximado de aquecimento para toras com densidade média (0,45-0,55), totalmente imersas em água quente ou vapor. Toras pesadas, saturadas de água podem requerer um período de tempo 25% maior..... 20
3	Formulação do adesivo..... 28
4	Ciclo da prensa..... 29
5	Número de corpos de prova por chapa e tipo de ensaio..... 30
6	Tratamentos previstos para manufatura dos painéis compensados..... 30
7	Dados de campo obtidos das árvores dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> coletadas aos 9 anos de idade..... 32
8	Diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e idade das árvores de plantios experimentais com <i>Eucalyptus grandis</i> e com <i>Eucalyptus urophylla</i> 33
9	Valores médios de umidade inicial, massa específica verde e básica das madeiras dos clones I e II de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> 34
10	Massas específicas básicas para algumas espécies e híbridos de <i>Eucalyptus</i> observadas na literatura..... 35
11	Diâmetros médios das toras laminadas, referentes aos clones I e II..... 36
12	Fator de forma médio das toras dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> 36
13	Diâmetro médio das toras arredondadas e dos rolos resto dos clones I e II..... 37
14	Volumes médios para as toras dos clones I e II, obtidos nas diferentes etapas da laminação..... 37

15	Perdas percentuais médias nas diferentes etapas da laminação e rendimento do processo.....	38
16	Perdas percentuais médias nas diferentes etapas da laminação e rendimento do processo para algumas espécies de <i>Eucalyptus</i> disponíveis na literatura.....	39
17	Classificação das lâminas geradas a partir da madeira dos dois clones de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i> em classes de qualidade.....	41
18	Classificação de lâminas geradas a partir da madeira de diferentes espécies de <i>Eucalyptus</i> em classes de qualidade.....	43
19	Valores médios de largura e espessura das amostras de lâminas dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	44
20	Valores médios de retração máxima tangencial, radial, volumétrica e anisotropia de retração das amostras de lâminas dos clones de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	44
21	Valores médios de massa específica aparente e teor de umidade dos compensados de cada tratamento.....	46
22	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável massa específica do fator clone.....	47
23	Valores médios de absorção superficial e total para cada tratamento.....	48
24	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável absorção superficial do fator clone.	49
25	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável absorção superficial do fator tempo de prensagem.....	49
26	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável absorção total do fator clone.....	51
27	Valores médios do inchamento mais recuperação em espessura e da recuperação em espessura para cada tratamento.....	52
28	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável inchamento mais recuperação em espessura do fator tempo de prensagem.....	53
29	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável recuperação em espessura do fator tempo de prensagem.....	53
30	Valores de inchamento e recuperação de espessura para algumas espécies de <i>Eucalyptus</i> observados em trabalhos realizados anteriormente.....	54

31	Valores médios da tensão de ruptura e de falha na madeira obtidos no ensaio de resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento para cada tratamento.....	55
32	Teste de médias de <i>Tukey</i> para variável cisalhamento seco do fator clone.....	56
33	Requisitos de colagem (valores médios).....	56
34	Valores médios do MOR e MOE à flexão estática para cada tratamento.....	58
35	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável MOR paralelo do fator clone.....	59
36	Teste de médias de <i>Tukey</i> para a variável MOR perpendicular do fator clone.	59
37	Requisitos para forma de concreto.....	60
38	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável massa específica.....	74
39	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável teor de umidade.....	75
40	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável absorção superficial de água.....	76
41	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável absorção total de água.....	76
42	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável inchamento mais recuperação em espessura.....	77
43	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável recuperação em espessura.....	77
44	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento sob condição seca.....	78
45	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento sob condição úmida.....	78
46	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de elasticidade (MOE) paralelo.....	79
47	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de elasticidade (MOE) perpendicular.....	79

48	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de ruptura (MOR) paralelo.....	80
49	Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de ruptura (MOR) perpendicular.....	80

POTENCIAL DA MADEIRA DE CLONES DO HÍBRIDO *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* PARA A PRODUÇÃO DE LÂMINAS E MANUFATURA DE PAINÉIS COMPENSADOS

Autor: RENATO ROCHA ALMEIDA

Orientador: Prof. Dr. GERALDO BORTOLETTO JÚNIOR

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar o potencial da madeira de dois clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados. Foram coletadas 5 árvores para cada clone (I e II) e duas toras de cada árvore, sendo uma da base (A) e outra subsequente (B), totalizando 20 toras. As toras após descascamento e aquecimento em água quente foram processadas em torno laminador gerando lâminas de 2,00 mm de espessura nominal. O rendimento do processo de laminação foi avaliado e os valores médios do rendimento foram de 51,74% para as toras do clone I e de 56,81% para as toras do clone II. A qualidade das lâminas produzidas foi avaliada com base na Norma de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados, da ABNT. O clone I gerou lâminas de maior qualidade: 11,94 % na classe A; 32,84 % na B; 54,48 % na C e 0,75 % na classe D, enquanto que o clone II gerou: 1,20 % na classe A; 8,40 % na B; 67,47 % na C e 22,89 % na classe D. Foram manufaturados compensados de 5 camadas, com lâminas da classe C para as capas e o miolo, coladas com adesivo à base de uréia-formaldeído. Os fatores de tratamento empregados na manufatura foram: clone (I e II), gramatura de cola (320 e 360 g/m²) e tempo de prensagem (8 e 12 minutos). O delineamento experimental

foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial do tipo 2 x 2 x 2. A partir dos compensados manufacturados foram obtidos corpos de prova para avaliação das propriedades físicas – massa específica aparente, absorção superficial de água, absorção total de água, inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura, e avaliação das propriedades mecânicas – flexão estática paralela e perpendicular (MOR e MOE) e resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento nas condições seca e úmida. A análise estatística dos resultados das propriedades físicas e mecânicas foi realizada através de uma análise de variância. Não houve interação significativa entre os fatores clone, gramatura de cola e tempo de prensagem, considerando todas as variáveis avaliadas. Foram detectadas diferenças significativas para o fator clone em relação às variáveis massa específica aparente (maior para o clone I), absorção superficial e total de água (menores para o clone I); resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento – condição seca e flexão estática – MOR paralelo e perpendicular (maiores para o clone I). Para o fator gramatura de cola não houve diferença significativa entre os tratamentos para nenhuma das variáveis avaliadas. Houve diferença significativa para o fator tempo de prensagem em relação às variáveis absorção superficial de água (menor para o tempo de prensagem de 12 minutos), inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura (menores para o tempo de prensagem de 8 minutos). A conclusão do trabalho é que as madeiras de ambos clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentam alto potencial para produção de lâminas e manufatura de compensados.

**POTENTIAL USE OF WOOD FROM *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*
HYBRID CLONES FOR VENEER AND PLYWOOD PRODUCTION**

Author: RENATO ROCHA ALMEIDA

Adviser: Prof. Dr. GERALDO BORTOLETTO JÚNIOR

SUMMARY

The main objective of this work was to evaluate the potential of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid clones wood for plywood and veneer production. Five (5) trees were collected for each clone (I and II) and 2 logs of each tree, being one from base (A) and other subsequent one (B), totaling 20 logs. The logs after debarked and heated in hot water were processed in rotary cutting lathe generating veneers of 2,00 mm nominal thickness. The peeling yield was evaluated and mean values were 51,74% from clone I logs and 56,81% from the II one. The veneer quality graded was conducted following Norma de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados, Brazilian standards. The clone I generated veneers of better quality: 11,94% of grade A veneer; 32,84% of B; 54,48% of C and 0,75% of grade D veneer, while the clone II generated: 1,20% of grade A veneer; 8,40% of B; 67,47% of C and 22,89% of grade D veneer. 5 layers plywood was manufactured with grade C veneers. The plywood manufacture treatment factors were: clone (I and II), glue amount (320 and 360 g/m²) and press time (8 and 12 minutes). From manufacture plywood were obtained specimens to evaluate the physical properties - apparent specific mass, superficial absorption of water, total absorption of water, thickness swelling more thickness recovery and thickness recovery,

and the mechanical properties - parallel and perpendicular static bending (MOR and MOE) and bonding line shear test in the dry and wet conditions. The results obtained during the physical and mechanical assessments of plywood were analyzed using a variance analysis, executed by *SAS* (Statistical Analysis System). There was not significant interaction among the factors clone, glue amount and press time, considering all the appraised variables. Significant differences were detected for the factor clone in relation to the variables apparent specific mass (clone I higher than clone II), superficial and total absorption of water (clone I smaller than clone II); bonding line shear test (dry condition) and static bending – parallel and perpendicular MOR (clone I higher than clone II). To the factor glue amount there was not significant difference among the treatments for none of the appraised variables. There was significant difference for the factor press time in relation to the variables superficial absorption of water (12 minutes smaller than 8 minutes), thickness swelling more thickness recovery and thickness recovery (8 minutes smaller than 12 minutes). It's concluded that *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid clones wood have a high potential for plywood and veneer production.

1 INTRODUÇÃO

Os painéis compensados são constituídos por um conjunto de lâminas de madeira em número ímpar, sobrepostas com a grã alternada entre si formando ângulos de 90°, o que determina um produto com boas propriedades físicas e mecânicas (Calado, 1994; Matos, 1997; Tomaselli & Scheffer, 1999).

As principais vantagens do painel compensado são a estabilidade dimensional, as possibilidades de obtenção de painéis de grandes dimensões, de aplicação de preservativos durante a produção do painel (adicionados à cola), seleção das lâminas com maior qualidade para capa e a possibilidade de mesclar espécies diferentes de madeira em um mesmo painel, o que permite uma redução no custo de produção e, conseqüentemente, no preço do produto final (Archer, 1948; Macedo & Roque, 1997; Tomaselli & Scheffer, 1999).

Atualmente a matéria-prima utilizada para a produção de compensado é proveniente de florestas plantadas de *Pinus* spp e de florestas nativas, em maior proporção destas últimas. A utilização das florestas nativas apresenta alguns problemas, como a grande variedade das características das madeiras devida à gama de espécies ali presentes, a difícil exploração destas matas e a distância entre os centros consumidores e as florestas, o que implica no aumento do custo de transporte e, conseqüentemente, do preço final do produto.

A utilização do gênero *Eucalyptus* surge como uma alternativa viável no sentido de reduzir as explorações sobre as espécies tradicionalmente empregadas. O uso do *Eucalyptus* spp na manufatura de painéis compensados traz uma série de vantagens, pois permite a redução da exploração das florestas nativas e o estabelecimento de plantios próximos aos centros consumidores e, assim, o rápido fornecimento de madeira. O

Eucalyptus spp, além destas vantagens, é considerado muito importante dentro da indústria de produtos à base de madeira devido às suas características físicas e mecânicas (Aguiar, 1986). Entretanto alguns procedimentos são necessários para garantir a qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp (Zugman, 1998) como, por exemplo, a poda de galhos, reduzindo a incidência de nós na madeira.

O Brasil, em razão de seu grande estoque de florestas nativas e da disponibilidade de áreas para a implantação de florestas de *Pinus* spp e de *Eucalyptus* spp, torna-se um país bastante privilegiado e detentor de condições necessárias para ocupar uma posição de destaque entre os maiores produtores mundiais no mercado florestal (Macedo & Roque, 1997; Interamnense, 1998).

A conquista de maior espaço dentro do mercado mundial de madeiras pelo Brasil torna-se difícil em função das características do setor florestal brasileiro, ou seja, a falta de tecnologias adequadas, o pequeno porte das indústrias e a carência de uma política de desenvolvimento dificultam a expansão do setor de painéis compensados. Produtos como o OSB – Oriented Strand Board e o MDF – Medium Density Fiberboard, ambos com baixo custo de produção em relação ao compensado, vêm substituindo o mesmo ultimamente. O compensado, porém, apresenta uma série de vantagens e, além disso, vem acompanhando o crescimento destes novos produtos, no entanto, em um ritmo menos expressivo (Zugman, 1998; Mercado e Comercialização de Madeira, 1999)

A busca por novas fontes de matérias-primas para a produção de compensado e as características favoráveis das madeiras de *Eucalyptus* spp à sua utilização constituem fortes argumentos à realização de pesquisas que busquem conhecer o potencial de novas espécies do gênero, seus híbridos e clones, a qualidade dos produtos obtidos e a determinação de fontes alternativas de madeira.

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar o potencial da madeira de 2 clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados, visando estabelecer fontes alternativas de matéria-prima e aumentar o conhecimento sobre o gênero *Eucalyptus*. Para alcançar o objetivo principal, os seguintes objetivos específicos foram desenvolvidos:

- a) Avaliação do rendimento do processo de laminação;

- b) Avaliação da qualidade das lâminas produzidas;
- c) Avaliação do efeito dos fatores clone, gramatura de cola e tempo de prensagem sobre as propriedades físicas e mecânicas dos compensados produzidos.
- d) Avaliação das propriedades físicas dos compensados – massa específica aparente, absorção superficial de água, absorção total de água, inchamento e recuperação em espessura, recuperação em espessura, e propriedades mecânicas – flexão estática (MOR e MOE) e resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Brasil e o mercado de produtos florestais

A posição do Brasil em relação ao mercado mundial de madeiras é bastante inexpressiva, principalmente quando se considera a grande disponibilidade de matéria-prima proveniente de florestas nativas (em torno de 347 milhões de hectares) e o seu potencial para formação de grandes estoques de madeiras através de florestas plantadas (Tomaselli, 1998; Contribuição da Madeira Tropical à Economia, 1999).

O Brasil é atualmente o país da América Latina com maior área de florestas plantadas, constituídas principalmente por *Eucalyptus* spp (55%) e *Pinus* spp (30%), o que compreende 6 milhões de hectares. As chapas duras de fibra e os compensados de madeiras tropicais são os painéis produzidos no Brasil que mais se destacam (Macedo & Roque, 1997; Zugman, 1998; Tomaselli, 1998; Compensados Sarrafeados, 1999; Mercado e Comercialização de Madeira, 1999; Tomaselli & Scheffer, 1999).

A pequena participação do Brasil no mercado internacional de produtos à base de madeira é determinada pela falta de uma política de desenvolvimento para este setor, falta de tecnologias avançadas, pelo pequeno porte das indústrias brasileiras e também pela grande demanda do mercado interno (Zugman, 1998; Mercado e Comercialização de Madeira, 1999).

O setor de maior crescimento dentro do mercado de produtos de madeira, tanto em demanda quanto em produção, variedade, qualidade e tecnologia, é o setor de painéis de madeira. Até o ano de 1995 a produção do mercado mundial de madeiras dividia-se em: compensados (36%), aglomerados (43%) e de chapas de fibras comprimidas (36%).

A produção brasileira para estes mesmos setores no mesmo período era respectivamente de 47%, 32% e 21% (Macedo & Roque, 1997; Nahuz & Watai, 1998).

O crescimento médio do mercado mundial de madeiras no ano de 1998 era de 3%, enquanto que para o Brasil esta taxa estava em torno de 6%. O maior crescimento era voltado para os produtos inovadores (MDF e OSB), embora fosse esperado um crescimento para a produção de compensados de forma menos expressiva (Mercado e Comercialização de Madeira, 1999; Tomaselli & Scheffer, 1999).

2.2 O gênero *Eucalyptus*

O aumento da qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp realizado através de melhoramento genético pode torna-lo a matéria-prima básica para a maioria dos produtos à base de madeira (Eucalipto: Pesquisas Criam Madeiras para Todos os Usos, 1997).

O incremento da utilização da madeira de *Eucalyptus* spp pode contribuir até mesmo para que o Brasil alcance uma melhor posição entre os maiores produtores mundiais de madeiras. O pouco uso do *Eucalyptus* spp como matéria-prima ocorre devido à falta de reconhecimento de suas vantagens e de tradição, o que torna necessária a maior divulgação de seu potencial. Além de matéria-prima para a produção de celulose, papel, chapas de fibra, aglomerados, madeira serrada e móveis, outras vantagens e produtos adicionais podem ser citados tais como a proteção de solos contra erosões; a capacidade de captação de CO₂; a geração de energia (lenha e carvão); o tanino (curtimento de couro); tecidos sintéticos; cápsulas de remédios; óleos essenciais; e mel (pólen). Com isso o *Eucalyptus* spp pode ser uma fonte de riqueza econômica e social, gerando empregos e mantendo o homem no campo (No Eucalipto a Opção de Futuro, 1997, Aracruz Celulose, 2000).

2.3 O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

O *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, segundo Brigatti et al. (1980), Ikemori & Campinhos Jr. (1983) e Bertolucci et al. (1993), possui grande importância para a produção de celulose em função da alta produtividade e qualidade de suas fibras, razão pela qual, empresas como a Aracruz Celulose S.A. e International Paper do Brasil S.A. (Champion Papel e Celulose) mantêm e desenvolvem plantios desse híbrido.

Para o desenvolvimento do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foram utilizadas matrizes procedentes de outros continentes. Nielsen (1998) afirma que o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden é uma espécie nativa da Austrália e que ocorre em regiões de clima subtropical a temperado, com um regime pluviométrico de 1.000 a 1.700 mm/ano. A segunda espécie matriz, o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, de acordo com Boland et al. (1992), procede de países como Austrália, Papua Nova Guiné, Filipinas e Timor, regiões onde o clima é tropical a subtropical úmido e o regime de precipitação anual é de 1.000 a 1.500 mm.

O *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, segundo Carvalho (2000), não apresenta resultados substanciais em literatura quanto à sua utilização como madeira serrada. Leme (1999), citado pelo mesmo autor, reportou que clones com densidades acima de 0,5 g/cm³ demonstraram melhores resultados em relação aos demais na serraria da Aracruz Produtos Sólidos de Madeira S.A. Nielsen (1998) investigou a aplicação do mesmo híbrido em utilizações com exigência estrutural e alcançou resultados satisfatórios visando o emprego de vigas laminadas coladas (VLC) na construção civil.

Carvalho (2000), desenvolveu um estudo sobre a valorização da madeira do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. O autor concluiu que a simulação de mercado realizada indicou que a madeira do plantio estudado pode ser valorizada com a diversificação do produto final, mas em momentos de alta no valor da celulose o uso múltiplo pode não representar ganhos.

Malan (2000), comparou em sua pesquisa as propriedades da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com a de *Eucalyptus grandis*. O autor

concluiu que há uma pequena diferença de qualidade entre as madeiras, o que pode ser em razão da maior densidade das madeiras produzidas pelo híbrido, no entanto, o mesmo apresenta maiores gradientes de densidade entre e dentro das próprias árvores.

2.4 Painéis compensados

2.4.1 Histórico do painel compensado

O compensado é o painel de madeira mais importante quando se considera o volume de produção mundial e também é o mais antigo já produzido, com registros de sua utilização em torno do ano 3000 a.C., empregado na confecção de artefatos da época dos Faraós. Além disso, é também o mais antigo painel produzido em escala comercial. O desenvolvimento da produção de lâminas de madeira ocorreu inicialmente nos Estados Unidos e na Europa no final do século XIX e foi a base para o surgimento da indústria do compensado (Oliveira, 1988; Albuquerque, 1999; Tomaselli, 1999).

O primeiro impulso à indústria de compensado foi a 1ª Guerra Mundial, que permitiu o desenvolvimento de novas colas e o uso deste na confecção de materiais militares. O fim do conflito direcionou a produção para o setor de movelaria e de construção naval. A 2ª Grande Guerra surgiu como um novo impulso na indústria de compensado, sendo utilizado até mesmo para a construção de aviões (Albuquerque, 1999).

O surgimento da indústria de compensado no Brasil ocorreu no início do século XX, inicialmente na região sul do país, devido à descentralização da produção de lâminas de madeira provocada pelo conflito da 2ª Guerra Mundial, que causou também uma escassez de matéria-prima para o setor (Oliveira, 1988; Calado, 1994; Zugman, 1994).

O compensado produzido inicialmente no Brasil utilizava madeira de Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*) e a produção inicial atendia principalmente ao mercado interno. A partir da década de 70 as exportações apresentaram um maior crescimento e, entre os principais consumidores, destacam-se os Estados Unidos, o Reino Unido, Porto

Rico e a Alemanha. A redução dos estoques de Pinheiro do Paraná promoveu um deslocamento das indústrias da região sul para a região norte, passando a utilizar madeiras tropicais da Amazônia como fonte de matéria-prima. Nesse período, os produtores enfrentaram dificuldades quanto ao custo de transporte, às resinas utilizadas, à importação de tecnologia e ao fornecimento de matéria-prima, fora dos padrões adequados, vinda de pequenos fornecedores que não possuíam conhecimento técnico. Estas condições limitaram o desenvolvimento inicial das empresas brasileiras (Oliveira, 1988; Tomaselli, 1989; Zugman, 1998).

O surgimento das resinas sintéticas (uréia e fenol-formaldeído) na década de 50 permitiu um maior desenvolvimento dos painéis compensados, garantindo uma colagem bem mais resistente entre as lâminas de madeira (Zugman, 1998). O aumento de resistência tornou o produto mais versátil, pela possibilidade de aplicação em situações de alta umidade relativa ou até mesmo em contato direto com água. A resina de uréia, no entanto, apresenta uma menor resistência à umidade, fato que pode ser contornado através do uso de fortificantes. Desse modo, a utilização final do compensado é muitas vezes determinada de acordo com o tipo de cola que foi adotada. A utilização de colas mais resistentes permitiu que o compensado tivesse também uso externo, sendo empregado como matéria-prima para construção de barcos e formas para concreto (Noack, 1978; Tomaselli, 1998).

A crise internacional do setor de painéis na década de 80 provocou uma redução no consumo de compensados. Porém, entre os demais tipos de painéis, o compensado foi o produto menos afetado. Mesmo com esta queda no consumo, a produção mundial apresentou um crescimento de 26% entre 1991 e 1998. Atualmente tem ocorrido uma alteração quanto aos grandes produtores mundiais de compensado. Países como Estados Unidos e Japão reduziram as suas produções, enquanto que a Malásia apresentou incrementos neste setor. A falta de matéria-prima adequada é a principal causa destas alterações. Por outro lado, a redução da produção dos Estados Unidos e Japão permite o aumento da participação de outros países como, por exemplo, o Brasil (Tomaselli, 1999).

2.4.2 Matérias-primas, limitações, utilizações e mercado

A produção de compensados no Brasil utiliza em torno de 70% madeiras oriundas de florestas nativas e 30% de florestas plantadas de *Pinus* spp (Zugman, 1998).

Os compensados podem ser destinados ao uso estrutural geralmente quando produzidos a partir da madeira de *Pinus* spp e também como materiais de acabamento (painéis decorativos) sobre outros materiais (Maloney, 1996).

As dificuldades relacionadas com a redução dos estoques das florestas de *Pinus* spp e a enorme variabilidade das características das espécies florestais nativas dificultam a utilização destas como matérias-primas (Tomaselli, 1989; Noack, 1978).

A perda de mercado para produtos inovadores como MDF e OSB constitui o maior problema enfrentado pelo compensado. Esses produtos, além de contarem com projeções que apontam para uma maior taxa de crescimento (Tabela 1), são competitivos e possuem menores custos de produção.

Espera-se, porém, um incremento no consumo de compensado devido à sua reação no mercado internacional. A necessidade de matéria-prima de qualidade também responde pelo preço mais elevado do compensado em relação aos novos produtos (Maloney, 1996; Tomaselli & Scheffer, 1999). O aumento da produção de compensado deverá ser sustentado pelas exportações, na medida em que venha se consolidar, principalmente no mercado europeu, mesmo sofrendo forte competição do OSB norte-americano (Tuoto & Miyake, 2000).

Apesar de toda a burocracia existente e da falta de incentivos, algumas instituições investem em programas de reestruturação do mercado interno, visando a maior participação do Brasil no mercado externo de painéis compensados. A Associação Brasileira de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI busca implementar uma série de medidas através das quais tenta atingir, para o ano de 2005, uma demanda interna de 1,2 milhões de metros cúbicos de compensado (No Eucalipto a Opção de Futuro, 1997; Tomaselli, 1998; Zugman, 1998; ABIMCI, p. 45, 1999).

Tabela 1. Projeção da produção de painéis de madeira no Brasil (1.000 m³).

PRODUTO	1995	1999	2004
Compensado	1.600	1.900	2.100
Aglomerado	879	1.499	2.200
Chapa dura	556	536	540
MDF	–	357	1.400
OSB	–	–	300
TOTAL	3.035	4.292	6.540

Fonte: Tuoto & Miyake (2000).

Os países do sudeste asiático são atualmente os maiores produtores de compensado, entretanto, algumas estimativas prevêem mudanças futuras devidas à redução dos estoques de madeira desses países, determinando uma redução na oferta de matéria-prima no mercado mundial. Pressões sócio-econômicas, ambientais e o aumento da demanda mundial de painéis podem acarretar em um aumento do preço das madeiras (Macedo & Roque, 1997; Tomaselli, 1998).

A utilização dos compensados como pisos, forros, paredes, telhados, instrumentos musicais, caixas para embalagens e construção civil, demonstra a versatilidade deste produto (Noack, 1978; Albuquerque, 1999).

O investimento em novas tecnologias de produção, a redução de custos, a agregação de valor ao produto final e o incremento dos estoques de madeira, compreendem a solução encontrada pelas indústrias para tornar o compensado mais competitivo e melhorar a sua imagem (Maloney, 1996).

2.4.3 Novas tecnologias e investimentos

A produção de compensados a partir de madeiras leves foi alvo de sérias mudanças ultimamente. O maior aproveitamento das matérias-primas, juntamente com redução dos custos de produção e aumento da qualidade do produto final, é almejado através da implantação de métodos não destrutivos de avaliação das lâminas, pré-tratamentos e novas tecnologias de desenrolamento de toras. Bons resultados têm sido

alcançados também a partir de mudanças no sistema de aplicação de cola (Maloney, 1996).

O crescimento da participação do Brasil na produção de compensados de *Pinus* spp dentro do mercado internacional, em função das inovações tecnológicas, tem preocupado os norte-americanos (Tomaselli & Scheffer, 1999). O desenvolvimento e o aperfeiçoamento tecnológico em países como a Austrália, trouxeram um aumento na qualidade dos compensados obtidos a partir de diferentes espécies de *Eucalyptus* spp (Jankowsky, 1979).

As espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, em razão da redução das fontes de madeira provenientes de florestas nativas e da distância dos centros consumidores, correspondem à alternativa mais viável para suprimento de madeira para a demanda do mercado (Jankowsky, 1979).

A produção bem conduzida de florestas plantadas permite que o volume de madeira obtido para 1 ha de *Eucalyptus* spp seja o mesmo de 30 ha de florestas nativas. Desse modo, as florestas plantadas no Brasil respondem por 30% de toda a madeira consumida no país (Aracruz Celulose, 2000).

Empresas como a Aracruz e a Eucatex realizaram recentemente investimentos com a finalidade de aumentar a utilização do *Eucalyptus* spp. A produção anual brasileira de madeira serrada de *Eucalyptus* spp em 1997 era de 500.000 m³, com uma área plantada de 2.920.800 ha (Eucalipto: Pesquisas Criam Madeiras para Todos os Usos, 1997).

Possíveis crises no fornecimento de madeiras procedentes de florestas plantadas são anunciadas por alguns estudos em função do maior consumo de madeira em relação à reposição de mudas, o que direciona a exploração para as florestas nativas. A formação de florestas plantadas e a reposição do volume extraído constituem a principal alternativa para reduzir a pressão sobre as florestas nativas e os custos de produção dos compensados (No Eucalipto a Opção de Futuro, 1997).

2.4.4 Produção e qualidade do compensado

As características da madeira é que determinam a qualidade das lâminas obtidas e a viabilidade do uso na produção de painéis compensados. As propriedades físicas e mecânicas do compensado são diretamente proporcionais a essas características (Archer, 1948; Jankowsky, 1983; Tammela, 1998).

A qualidade do compensado está relacionada também ao cozimento das toras, ao tipo de adesivo, ao processo de colagem e aos fatores do “ciclo da prensa” como a temperatura, o tempo de prensagem e a pressão adotada (Archer, 1948).

As lâminas de madeira podem ser obtidas através do uso de faqueadeiras, tornos desenroladores ou serras. A fase de cozimento precede a laminação das toras e, além de diminuir a ocorrência de rachaduras durante o desenrolamento, reduz o desgaste da faca e da barra de compressão (Pio, 1996).

A resistência mecânica do painel compensado está diretamente relacionada à homogeneidade em espessura das lâminas que lhe darão origem. A utilização de lâminas mais espessas pode resultar em regiões com maior pressão de prensagem, em relação às demais, ocasionando a formação de gradientes na quantidade de cola, vindo a comprometer o grau de adesão entre as lâminas e formar a chamada “falha de colagem”.

A qualidade da lâmina também é uma característica importante e pode estar relacionada com as condições de afiação da faca do equipamento utilizado. Defeitos como rachaduras e nós podem resultar em maior retenção de parte da cola aplicada, cujo problema leva à necessidade de utilização de maior gramatura de cola, a fim de evitar a formação de linhas famintas de colagem, ou seja, com uma quantidade de cola insuficiente (Archer, 1948).

Os fatores que irão determinar uma lâmina de qualidade são: a baixa rugosidade da superfície, fendas de laminação pouco profundas, pouca deformação, bem como cor e figura agradáveis. A ocorrência de defeitos em lâminas de madeira pode estar em função de um cozimento inadequado das toras ou das condições nas quais se encontram os equipamentos empregados na sua obtenção (Pio, 1996).

A caracterização física e mecânica do compensado é realizada a partir de ensaios de corpos de prova retirados do painel (Pereyra, 1994).

2.5 Pesquisas desenvolvidas

De acordo com Bortoletto Júnior¹, os primeiros estudos realizados no Brasil sobre a produção de lâminas e manufatura de compensados a partir de *Eucalyptus* spp foram iniciados na ESALQ/USP com Jankowsky em 1979.

Jankowsky (1979), avaliou as madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e painéis compensados. No decorrer do estudo, somente foi possível a manufatura de compensados com lâminas de *Eucalyptus grandis*, uma vez em que as lâminas obtidas das demais espécies mostraram qualidade inadequada. De acordo com os resultados obtidos o autor concluiu a viabilidade tecnológica da madeira de *Eucalyptus grandis* para aquelas finalidades e sugeriu maior aprimoramento das tecnologias empregadas.

Aguiar (1986) estudou métodos de redução de rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis* visando a produção de lâminas de madeira pelo método de desenrolamento. Após a avaliação das rachaduras foi realizado o cozimento da madeira com a imersão total das toras em água a 70 °C e, posteriormente, efetuado o desenrolamento.

O autor concluiu que é possível produzir lâminas a partir da madeira de *Eucalyptus grandis*, pelo processo de desenrolamento, entretanto, as lâminas obtidas se prestariam quase que exclusivamente para miolo na manufatura de compensados.

Gaiotto (1993) avaliou as madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para a confecção de lâminas. A avaliação das rachaduras de topo foi realizada antes e após o aquecimento das toras. A temperatura de aquecimento adotada pelo autor foi estabelecida com base nas recomendações de Lutz (1974).

¹ BORTOLETTO JÚNIOR, G. (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”). **Produção de compensados com (11) espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização.** (Em elaboração).

As avaliações sobre as toras de cada espécie demonstraram que o *Eucalyptus saligna* tem maior incidência de rachaduras, porém, o maior desenvolvimento desse defeito foi observado no *Eucalyptus urophylla* após a fase de aquecimento. De acordo com os resultados obtidos verificou-se que os aquecimentos adotados (gradual e direto) não foram eficazes quanto à redução das rachaduras em ambas as espécies. Para o *Eucalyptus saligna* foi observada apenas uma redução nas toras de topo no aquecimento gradual. O autor concluiu que o uso do *Eucalyptus urophylla* e do *Eucalyptus saligna* para produção de compensados é viável, contudo, a grande incidência de nós restringiria o emprego das lâminas ao miolo dos painéis.

Gaiotto, et al. (1993) analisaram compensados de *Eucalyptus grandis* em comparação com compensados de Pinheiro-do-Paraná (*Araucária angustifolia*). Foram produzidos compensados com 7 e 9 lâminas e realizados ensaios em corpos de prova para determinação das suas propriedades físicas e mecânicas. Os resultados alcançados para o módulo de elasticidade paralelo à flexão estática dos compensados de Eucalipto foram equivalentes aos valores apresentados pelos compensados de Pinheiro-do-Paraná. O módulo de ruptura paralelo também foi equivalente para os compensados de ambas espécies. Os módulos de ruptura e de elasticidade perpendicular à flexão estática foram mais elevados nos compensados de Eucalipto em todos os tipos de painel. Os autores concluíram que os compensados de *Eucalyptus grandis* atendem todas as necessidades estruturais para um compensado do tipo externo, apesar de uma massa específica 10 % superior em relação aos painéis comerciais de Pinheiro-do-Paraná.

Pereyra (1994) estudou a utilização da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid.) na confecção de painéis compensados. Após o corte, as toras receberam tratamentos visando à redução ou eliminação das rachaduras de topo. A laminação das toras foi precedida pelo seu aquecimento sob três diferentes temperaturas (50 °C, 65 °C e 80 °C) e o tempo de aquecimento variou de acordo com o diâmetro das toras. Os resultados quanto ao rendimento e à qualidade das toras, foram melhores para as temperaturas de aquecimento entre 65 °C e 80 °C. O autor concluiu que é possível produzir compensados a partir de madeiras de *Eucalyptus dunnii* e que a espécie é de alto potencial de utilização como matéria-prima para essa finalidade. Entretanto, a colagem entre as

lâminas foi pouco resistente à água, mesmo utilizando resina à base de fenol-formaldeído, o que levou o autor concluir que o painel produzido em seu trabalho mostrou-se inadequado para uso externo.

Pio (1996) estudou *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta* para a produção de compensados. A classificação das lâminas antecedeu a produção dos compensados e determinou aquelas destinadas à capa e ao miolo do painel. Os resultados encontrados indicaram maiores perdas no processo da laminação relacionadas ao arredondamento e ao rolo resto. O autor concluiu que as espécies estudadas possuem boas características e alto potencial para produção de painéis compensados.

Interamnense (1998) pesquisou a utilização de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus punctata* var. *punctata* para produção de painéis compensados. Os resultados obtidos neste trabalho em relação à técnica de anelamento e o tipo de aquecimento das toras, mostraram que as mesmas foram eficientes quanto à liberação das tensões de crescimento. O *Eucalyptus punctata* não apresentou resultados satisfatórios sob as condições em que foi analisado, impossibilitando a produção de painéis. As maiores perdas no processo de laminação das espécies *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus maculata* foram observadas durante o descascamento e arredondamento das toras. O autor concluiu que estas espécies apresentaram as melhores condições e o maior potencial para a produção de compensados.

Bortoletto Júnior (citado na página 13) iniciou em 1999 um projeto com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, desenvolvido no Laboratório de Laminação de Madeiras do LCF/ESALQ/USP, visando à produção de lâminas e compensados. O projeto encontra-se finalizado e os resultados em vias de serem publicados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

As tendências atuais do mercado de produtos florestais e a possibilidade de substituição das espécies tradicionalmente utilizadas pela madeira de *Eucalyptus* spp foram determinantes para a escolha dessa matéria-prima como material de estudo. Assim, dentre uma série de espécies, híbridos e clones existentes, foram selecionados 2 clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

A matéria-prima foi cedida pela International Paper do Brasil (Champion Papel e Celulose S.A.) e as árvores foram coletadas em plantios de 9 anos de idade. A pedido da própria empresa os clones adotados para o desenvolvimento desta pesquisa foram identificados como clone I e clone II.

A caracterização do sítio no qual as árvores foram coletadas torna-se importante a partir do momento em que as suas condições podem determinar variações nos volumes das árvores. Outros fatores que também podem estar relacionados a estas variações são a própria espécie plantada e a idade das árvores (Imaña-Encinas, 1998).

Os clones foram coletados no Horto Florestal Bela Vista (22° 04' 09'' – 22° 07' 08'' S e 46° 51' 16'' – 47° 54' 05'' WG), próximo à cidade de Aguaí. Segundo informações da empresa doadora da matéria-prima, o incremento médio anual (IMA) é de 50 m³/ha/ano e o plantio, formado em setembro de 1992, foi realizado com um espaçamento de 3 x 2 m. O clima da região é quente e úmido, seco no inverno, com um total de 30 mm de chuva no mês mais seco e uma deficiência hídrica entre os meses de abril e setembro. A temperatura média no mês mais quente é de 22° C e de 18° C no mês mais frio. O relevo é suave e a sua altitude é de 740 m; o solo do tipo podzólico

vermelho-amarelo, de textura médio-argilosa, distrófico ou álico, com maior predominância de vermelho-escuro na região. O solo é pobre quanto à fertilidade, mas apresenta boa drenagem. A vegetação primária do talhão era de floresta tropical subcaducifólia.

3.2 Coleta da madeira

A seleção das árvores que foram abatidas, sendo 5 de cada clone, foi realizada de acordo com os maiores diâmetros disponíveis (DAP – diâmetro à altura do peito) na área de coleta, com valores variando de 29,5 cm a 33 cm.

As alturas total e comercial de cada árvore foram medidas imediatamente após a sua derrubada. O anelamento das toras foi realizado com a finalidade de prevenir o desenvolvimento das rachaduras de topo, como recomendado por Aguiar (1986). Desse modo, com o auxílio de uma motosserra, o anelamento foi realizado a uma distância aproximada de 30 cm da linha de corte e a uma profundidade de 1/3 do raio, como demonstrado na Figura 1.

Após a derrubada e a medição das alturas das árvores, foram retiradas 2 toras com 1,90 m de comprimento e 3 discos de madeira com 3 cm de espessura de cada árvore, totalizando uma amostragem de 20 toras e 30 discos.

A maior proporção de madeira juvenil e a redução do diâmetro, que aumentam com a altura das árvores, determinaram a retirada de somente duas toras, uma próxima à base e outra subsequente, denominadas toras A e B, respectivamente.

Os discos, assim que obtidos no campo, foram colocados em sacos plásticos e mantidos nesta condição até o momento da retirada de cunhas. Posteriormente, tanto as toras quanto os discos foram enviados para o Laboratório de Laminação de Madeiras da ESALQ, sendo devidamente armazenados.

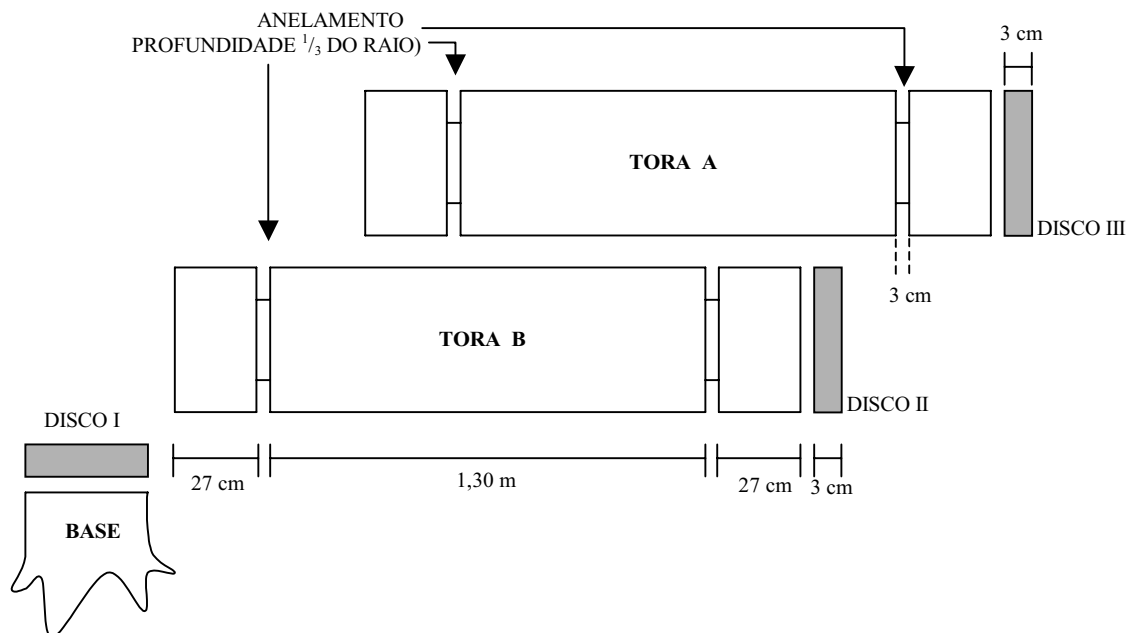


Figura 1 – Seqüência de corte para obtenção das toras com anelamento.

Os discos de madeira foram utilizados para determinar as massas específicas dos clones. A medição da massa específica foi realizada utilizando-se duas cunhas retiradas de cada disco (A e B), opostas pelos vértices (Figura 2).

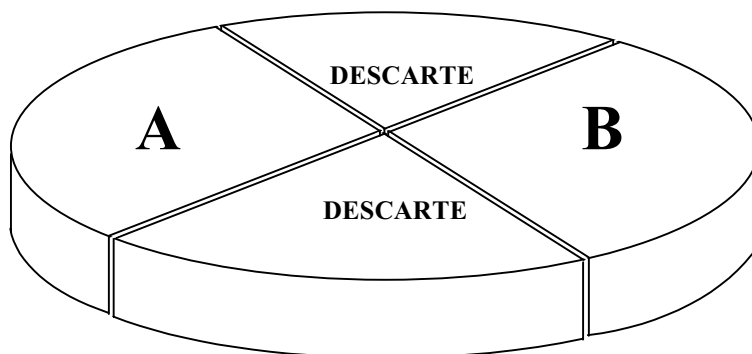


Figura 2 – Desenho esquemático de retirada das cunhas nos discos de madeira.

A massa verde de cada uma das cunhas foi medida logo após a sua obtenção. Para determinação do volume saturado das cunhas foi utilizado o método de imersão em água, obtendo a variação do peso do líquido, conforme descrito em Vital (1984). A massa seca das cunhas foi obtida em balança gravimétrica, após

as mesmas terem atingido massa constante (0% de umidade), acondicionadas em estufa com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

As fórmulas para determinação da massa específica básica e da massa específica verde são apresentadas a seguir:

$$\mathbf{ME_B = M_S/V_V};$$

onde : $\mathbf{ME_B}$ – massa específica básica (g/cm^3);

$\mathbf{M_S}$ – massa da amostra a 0% de umidade (g);

$\mathbf{V_V}$ – volume da amostra saturada de água (cm^3).

$$\mathbf{ME_V = M_V/V_V};$$

onde : $\mathbf{ME_V}$ – massa específica verde (g/cm^3);

$\mathbf{M_V}$ – massa da amostra saturada de água (g);

$\mathbf{V_V}$ – volume da amostra saturada de água (cm^3).

3.3 Armazenamento das toras

O armazenamento das toras foi realizado em um tanque no Laboratório de Laminação de Madeiras do LCF/ESALQ/USP no qual as mesmas foram mantidas sob imersão por um período aproximado de 90 dias, baseando-se nas recomendações de Aguiar (1986), que sugere um período mínimo de 30 dias para prevenir o surgimento de rachaduras de topo nas toras. Esta prática tem como objetivo aliviar as tensões de crescimento da madeira, impedir a perda de água e proteger as mesmas de ataques de fungos e organismos xilófagos.

3.4 Aquecimento das toras

O aquecimento das toras, além de determinar uma série de vantagens mencionadas na revisão de literatura, foi realizado com a finalidade de plasticizar a lignina, amolecer a tora e reduzir os esforços exigidos para o corte da madeira.

O cozimento ou aquecimento das toras foi realizado após o período de armazenamento imerso. A temperatura de cozimento foi definida em função das massas específicas básicas das madeiras dos clones, tendo como base informações contidas no trabalho de Lutz (1974), ilustradas na Figura 3. O tempo de cozimento foi determinado de acordo com o maior diâmetro observado dentre as toras coletadas, baseando-se nas informações extraídas do trabalho de Feihl & Godin (1970), apresentadas na Tabela 2.

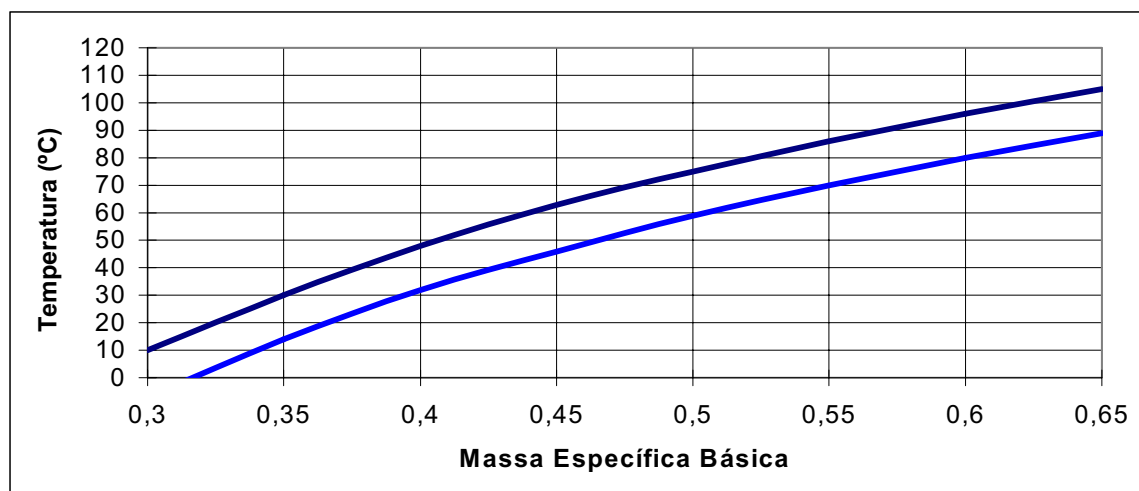


Figura 3 – Faixa de temperaturas favoráveis para a laminação de madeiras duras (folhosas), em função da massa específica básica. Fonte: Lutz (1974).

Tabela 2. Tempo aproximado de aquecimento para toras com densidade média (0,45 - 0,55), totalmente imersas em água quente ou vapor. Toras pesadas, saturadas de água podem requerer um período de tempo 25% maior.

TEMPERATURA DE LAMINAÇÃO		TEMPERATURA DE AQUECIMENTO		TEMPO DE AQUECIMENTO (HORAS) DIÂMETROS				
°F	°C	°F	°C	25 cm	30 cm	46 cm	61 cm	76 cm
120	49	120	49	8	12	27	48	76
140	60	140	60	8	11	25	45	70
160	71	160	71	7	11	24	44	68

Fonte: Feihl & Godin (1970).

3.5 Produção de lâminas (laminação)

3.5.1 Regulagem do torno

As toras de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foram processadas em um torno laminador THOMS & BENATO, modelo LHT-14, após o período de aquecimento.

As lâminas foram produzidas com espessura nominal de 2,0 mm. Tal condição foi alcançada a partir da seguinte regulagem do torno:

- ângulo da faca de 90°00', variando automaticamente para 89°00';
- ângulo de afiação da faca de 21°;
- ângulo da barra de compressão de 15°;
- abertura horizontal de 1,80 mm;
- abertura vertical de 0,45 mm;
- distância entre os canivetes de 0,98 m.

As toras no momento da laminação apresentavam um comprimento de 1,10 m, em função da retirada da região de anelamento e de mais 10 cm de cada topo, porém, a distância entre os canivetes do torno laminador (0,98 m) determinou lâminas menores. As lâminas contínuas, na saída do torno, foram enroladas em bobinas e, posteriormente, guilhotinadas, adquirindo dimensões finais de 0,002 x 0,98 x 1,00 m.

3.5.2 Rendimento da laminação

O rendimento da laminação foi determinado adotando-se o procedimento inicialmente empregado no trabalho desenvolvido por Medina (1986) e, posteriormente, por Gaiotto (1993), Pereyra (1994) e Pio (1996). Segundo tal procedimento, foram realizadas medições do comprimento das toras e do seu diâmetro em quatro etapas: com e sem casca, logo após o arredondamento e após a laminação (rolo resto).

O cálculo dos volumes das toras determinados em cada etapa foi realizado através das seguintes expressões:

a) Volume da tora com casca (**V1**) e sem casca (**V2**):

$$\mathbf{V1 \ e \ V2 = \pi/8 * (Da^2 + Db^2) * L;}$$

onde: **V1 e V2** = volume (m³);

L = comprimento da tora (m);

Da = diâmetro maior (m);

Db = diâmetro menor (m).

b) Volume da tora arredondada (**V3**) e do rolo resto (**V4**):

$$\mathbf{V3 \ e \ V4 = \pi/4 * D^2 * L;}$$

onde: **V3 e V4** = volume (m³);

L = comprimento da tora (m);

D = diâmetro do cilindro e do rolo resto (m).

c) Volume laminado (**V5**):

$$\mathbf{V5 = V3 - V4;}$$

onde: **V5** = volume (m³);

V3 = volume da tora arredondada (m³);

V4 = volume do rolo resto (m³).

Através da diferença entre os volumes calculados para as toras com casca, sem casca, arredondada e do rolo resto, foi possível calcular as perdas em volume (m³), ocorridas em cada uma das etapas do processo de laminação e expressas em percentagem, considerando o volume das toras com casca como 100%. Para tanto, as seguintes expressões foram utilizadas:

a) Perdas com o descascamento (**P_D**):

$$\mathbf{P_D (\%) = [(V1 - V2) \times 100]/V1;}$$

b) Perdas com o arredondamento (P_A):

$$P_A (\%) = [(V_2 - V_3) \times 100]/V_1;$$

c) Perdas com o rolo resto (P_R):

$$P_R (\%) = [(V_3 - V_5) \times 100]/V_1.$$

Finalmente, o rendimento da laminação (R_L) foi obtido através da diferença entre o somatório das perdas percentuais ocorridas em cada etapa do processo e 100%, valor referente ao volume das toras com casca, conforme a seguinte expressão:

$$R_L (\%) = 100 - (P_D + P_A + P_R)$$

O fator de forma das toras foi calculado para cada clone e posição (A e B), uma vez em que esta característica pode ter influência sobre os resultados de volume (Couto, 1978) e, por consequência, sobre o rendimento da laminação. Para determinar o fator de forma das toras foram utilizadas as seguintes expressões:

a) Volume das toras com casca:

$$V_T = \frac{1}{2} \times (A_1 + A_2) \times L;$$

sendo: $A_1 = \pi/4 \times D^2$;

$$A_2 = \pi/4 \times d^2;$$

onde: V_T = volume da tora;

D = diâmetro maior;

d = diâmetro menor;

L = comprimento da tora.

b) Volume do cilindro:

$$V_{CL} = Da^2 \times (\pi/4) \times L;$$

onde: V_{CL} = volume do cilindro;

Da = diâmetro maior da tora com casca;

L = comprimento da tora.

c) Fator de forma:

$$F_F = V_T/V_{CL};$$

onde: F_F = fator de forma;

V_T = volume da tora;

V_{CL} = volume do cilindro.

O fator de forma (F_F) é um indicativo do grau de conicidade das toras e, como este fator corresponde à relação entre o volume da tora e o volume do cilindro, quanto mais próximo de 1, mais cilíndrica será a tora.

3.5.3 Secagem das lâminas

A secagem das lâminas foi procedida imediatamente após a guilhotinagem. As lâminas foram dispostas em suportes de madeira, providos de separadores, e em local coberto. Foram utilizados três suportes com capacidade para acomodar um total de 120 lâminas.

A perda de umidade durante a secagem foi acompanhada através de pesagens periódicas de amostras de lâminas, utilizando-se também medidor elétrico. Quando as amostras não apresentaram mais variação em seus pesos, as lâminas foram retiradas dos suportes. Nesta oportunidade, o teor de umidade médio determinado para as lâminas foi de 11%, cujo valor é compatível com aquele recomendado para a colagem das lâminas com resina à base de uréia-formaldeído, utilizada na fase de produção dos compensados.

3.5.4 Retração máxima das lâminas

As amostras utilizadas para a determinação das retrações foram coletadas de 2 toras de cada clone, durante a fase de guilhotinagem, a cada três lâminas obtidas.

As amostras de lâminas foram medidas no sentido tangencial (largura) com o uso de um paquímetro e no sentido radial (espessura) através de um micrômetro; inicialmente com o teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras (amostra verde) e, posteriormente, com o teor de umidade de 0%, obtido com as amostras mantidas em estufa a uma temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2$ até atingirem peso constante (amostra seca). As referidas medições foram realizadas em três pontos como demonstra a Figura 4.

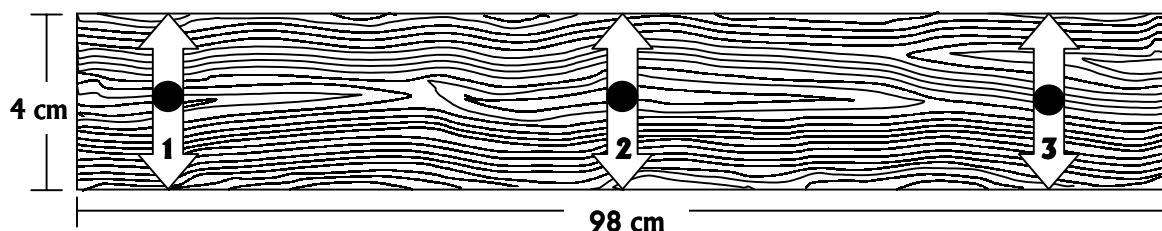


Figura 4 – Dimensões das amostras indicando os pontos de medição para a determinação das retrações das lâminas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

As expressões adotadas para determinar os valores das retrações são apresentadas a seguir:

a) Retração tangencial

$$R_T = [(L_V - L_S)/L_V] \times 100;$$

onde: R_T = retração tangencial (%);

L_V = largura verde (cm);

L_S = largura seca (cm).

b) Retração radial

$$\mathbf{R_R} = [(\mathbf{E_V} - \mathbf{E_S})/\mathbf{E_V}] \times 100;$$

onde: $\mathbf{R_R}$ = retração radial (%);

$\mathbf{E_V}$ = espessura verde (cm);

$\mathbf{E_S}$ = espessura seca (cm).

c) Retração volumétrica

$$\mathbf{R_V} = \mathbf{R_T} + \mathbf{R_R};$$

onde: $\mathbf{R_V}$ = retração volumétrica (%);

$\mathbf{R_T}$ = retração tangencial (%);

$\mathbf{R_R}$ = retração radial (%).

d) Anisotropia de retração

$$\mathbf{A} = \mathbf{R_T}/\mathbf{R_R};$$

onde: \mathbf{A} = Anisotropia de retração;

$\mathbf{R_T}$ = retração tangencial;

$\mathbf{R_R}$ = retração radial.

A obtenção dos valores das retrações e da anisotropia de retração teve como finalidade comparar os clones entre si e, esses, com outros *Eucalyptus* spp, cujos valores encontram-se disponíveis na literatura. Além disso, a determinação do valor médio da espessura das lâminas verdes foi, também, uma forma de aferir se a regulagem do torno mostrou-se adequada para obtenção de lâminas com a espessura nominal adotada.

3.5.5 Classificação das lâminas

A classificação das lâminas foi realizada após a sua secagem natural e de acordo com a Norma Brasileira NBR 9531 – Chapas de Madeira Compensada: Classificação, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1986), nas classes N, A, B, C e D, da maior para a menor qualidade, respectivamente. O número de lâminas obtidas em cada classe, relacionado com o número total, foi expresso em percentagem.

Depois de serem classificadas, as lâminas foram empilhadas umas sobre as outras para permitir a equalização do teor de umidade entre elas e uma possível redução das ondulações surgidas durante a fase de secagem natural. As lâminas permaneceram nesta condição até o momento de produção dos compensados.

3.6 Manufatura dos compensados

A partir das lâminas classificadas foram manufaturados compensados de cinco camadas com lâminas da classe C para as faces e para o miolo. As lâminas das outras classes permanecem no Laboratório de Laminação de Madeiras/ESALQ/USP.

3.6.1 Processo de Colagem

O processo de colagem das lâminas foi realizado utilizando-se adesivo à base de uréia-formaldeído, com baixa emissão de formol, aplicado manualmente com o uso de espátula plástica. As gramaturas do adesivo adotadas foram de 320 g/m² e de 360 g/m², cujos valores apresentam-se dentro da faixa indicada pelo fabricante da cola, conforme o Boletim Técnico CASCAMITE PL – 2040 (ALBA QUÍMICA, 1999).

A Tabela 3 apresenta a formulação do adesivo utilizado. Segundo o fabricante esta formulação é apropriada para a manufatura de compensados “tipo exportação”, ou seja, com maiores níveis de exigência.

Tabela 3. Formulação do adesivo.

Resina de uréia-formaldeído **	100*
Farinha de Trigo	40
Água	40
Catalisador (sulfato de amônio)	2,5

* Os números referem-se a partes por peso; ** Cascamite PL – 2040.

A viscosidade do adesivo formulado foi determinada antes do uso, através de um Copo Ford 8. O tempo médio de escoamento do adesivo foi de 50”, cujo valor se encontra dentro da faixa recomendada por Andrade².

O tempo de montagem foi de 20 minutos, conforme recomendação contida no Boletim Técnico CASCAMITE PL – 2040 (ALBA QUÍMICA, 1999). Durante a montagem foram distribuídos pesos de concreto sobre os painéis a fim de melhorar o contato entre lâminas e facilitar a transferência e penetração do adesivo na madeira, bem como o carregamento da prensa. Segundo Jankowsky (1980), o período de montagem é aquele decorrido entre a aplicação do adesivo e o momento em que a prensa é fechada.

3.6.2 Condições de Prensagem

Os compensados foram produzidos em uma prensa hidráulica Martil, modelo 1250, de abertura simples e com o aquecimento realizado a óleo térmico.

A Tabela 4 apresenta o ciclo de prensagem dos compensados, adotado com base nas faixas recomendadas pelo Boletim Técnico CASCAMITE PL – 2040 (ALBA QUÍMICA, 1999). Nessa mesma tabela, observa-se que foram adotados dois tempos de prensagem, os quais, juntamente com as gramaturas de cola e os clones, constituíram os fatores dos tratamentos empregados na produção dos compensados.

² ANDRADE, M. Gerente de Serviços Técnicos da ALBA QUÍMICA – Produtos Químicos e Resinas para Madeira. **Comunicação Pessoal**, 2000.

Tabela 4. Ciclo da prensa.

Tempo de Prensagem	8 e 12 minutos
Temperatura de Prensagem	105°C
Pressão Específica de Prensagem	8 kgf/cm ² ou 0,784 MPa

3.6.3 Ensaios físicos e mecânicos dos compensados

Após a prensagem cada painel foi colocado na posição vertical e mantido nesta condição até alcançar a estabilização de sua temperatura com a do ambiente. Este procedimento permite a complementação da cura do adesivo e a equalização da temperatura e 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 cerca de 30 dias, os compensados com dimensões nominais de 0,98 x 1,00 x 0,01 m, foram esquadrejados para as dimensões de 0,85 x 0,85 x 0,01m, a fim de evitar os efeitos de borda sobre os corpos de prova que foram retirados posteriormente, utilizando para essa finalidade uma serra circular.

A partir dos compensados esquadrejados procedeu-se à retirada aleatória dos corpos de prova para os ensaios físicos – massa específica, teor de umidade, absorção superficial de água, absorção total de água, inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura, e ensaios mecânicos – flexão estática paralela e perpendicular (MOE e MOR) e resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento. As dimensões dos corpos de prova e a condução dos ensaios foram baseadas nas prescrições das normas brasileiras.

O número de corpos de prova retirados por chapa, para cada ensaio específico, e as normas adotadas podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5. Número de corpos de prova por chapa e tipo de ensaio.

ENSAIOS		NÚMERO DE CORPOS DE PROVA*	NORMA
Teor de umidade		5	NBR 9484/86
Massa específica		5	NBR 9485/86
Absorção de água		7	NBR 9486/86
Inchamento e recuperação em espessura		6	NBR 9535/86
Flexão estática	Perpendicular à grã	5	NBR 9533/86
	Paralela à grã	5	
Cisalhamento	Seco	7	NBR 9534/86
	Úmido	7	

*Número mínimo de amostras recomendadas pelas normas.

3.7 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 6).

Tabela 6. Tratamentos previstos para manufatura dos painéis compensados.

TRATAMENTO	CLONE	GRAMATURA DO ADESIVO (g/m ²)	TEMPO DE PRENSAGEM (min)
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 produzidas 3 chapas de compensado, ou seja, adotou-se 3 repetições por tratamento, totalizando 24 chapas.

Os valores médios de cada uma das propriedades avaliadas, obtidos por chapa, foram analisados estatisticamente através de uma análise de variância conduzida ao nível de significância de 5%. Para tanto, foi utilizado o programa estatístico *SAS (Statistical Analysis System)*, cujo procedimento de análise foi o *GLM (General Linear Models Procedure)*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados de campo

Os dados de campo obtidos para cada árvore coletada são apresentados na Tabela 7. Esses dados têm como finalidade fornecer subsídios para uma melhor compreensão sobre o rendimento do processo da laminação, mas, também, permitem apreciar o rápido crescimento das árvores dos clones estudados.

Tabela 7. Dados de campo obtidos das árvores dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* coletadas aos 9 anos de idade.

CLONE	ÁRVORE	DAP (cm)	ALTURA (m)	
			COMERCIAL	TOTAL
I	1	30,0	33,2	38,7
	2	30,5	–	–
	3	30,0	30,2	35,7
	4	29,5	31,9	36,8
	5	30,0	35,0	38,4
II	1	31,0	31,4	36,4
	2	31,5	31,4	35,4
	3	32,0	31,8	36,0
	4	32,0	31,1	35,0
	5	33,0	34,4	38,9

Os diâmetros e alturas apresentados na Tabela 7 demonstram o rápido crescimento do híbrido aos 9 anos de idade, quando comparados com os dados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e idade das árvores de plantios experimentais com *Eucalyptus grandis* e com *Eucalyptus urophylla*.

ESPÉCIES	VALORES	DAP (cm)	ALTURA TOTAL (cm)	IDADE (anos)
<i>Eucalyptus grandis</i> *	Máximo	45,5	42,5	25
	Médio	31,7	36,6	
	Mínimo	22,0	42,0	
<i>Eucalyptus urophylla</i> **	Máximo	45,0	43,5	24
	Médio	34,4	36,6	
	Mínimo	21,5	29,5	

* Procedente de Salto e Mogi Guaçu – SP, Teste de Progênie; ** Várias procedências. Projetos de Melhoramento Genético. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, 2002.

4.2 Massa específica da madeira dos clones

O resultado inicialmente obtido foi a massa específica da madeira, tendo em vista que esta informação foi necessária para o estabelecimento do programa de aquecimento das toras. A Tabela 9 apresenta os valores médios da massa específica verde, básica, e dos teores de umidade determinados para as madeiras dos clones I e II.

Em função das massas específicas básicas e do maior diâmetro observado foi determinada a temperatura e o tempo de aquecimento das toras dos dois clones. Com base naqueles parâmetros (massa específica e diâmetro) a temperatura de cozimento foi de 70°C para as toras de ambos clones e o tempo de cozimento foi de 11 horas para o clone I e de 12 horas para o clone II.

Tabela 9. Valores médios de umidade inicial, massa específica verde e básica das madeiras dos clones I e II de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

CLONE	UMIDADE INICIAL (%)		MASSA ESPECÍFICA VERDE (g/cm ³)		MASSA ESPECÍFICA BÁSICA (g/cm ³)	
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
I	91	10,643	1,05	0,074	0,55	0,048
II	111	3,756	1,03	0,015	0,49	0,012

De acordo com os valores da Tabela 9 verifica-se que as massas específicas verde e básica foram, numericamente, pouco maiores para o clone I, enquanto que o clone II apresentou maior teor de umidade. No entanto, em todos os aspectos o clone II apresentou menores desvios padrões, o que significa que sua madeira é mais homogênea sob os aspectos analisados.

Os teores de umidade em relação às massas específicas obtidas são compatíveis com os dados da literatura. De acordo com Tsoumis (1991), quanto maior a massa específica, menor é o teor de umidade que a madeira poderá conter na saturação.

Walker (1993), informa que espécies adequadas para laminação tendem apresentar massa específica básica entre 0,38 e 0,70 g/cm³, com preferência para aquelas com massa específica próxima de 0,5 g/cm³. Com base nessa informação, pode-se dizer que a massa específica básica apurada para ambos clones sugere que as suas madeiras podem ser adequadas para laminação. Entretanto, de acordo com Bortoletto Júnior (página 13), a faixa de massa específica básica sugerida por Walker constitui um parâmetro mais apropriado para inferir sobre a facilidade em laminar uma determinada espécie de madeira do que um indicativo preciso da qualidade das lâminas que podem ser geradas pela espécie.

Para efeito de comparação, a Tabela 10 apresenta valores de massa específica básica de outras espécies de *Eucalyptus* spp extraídos da literatura.

Tabela 10. Massas específicas básicas para algumas espécies e híbridos de *Eucalyptus* observadas na literatura.

AUTORES	MASSAS ESPECÍFICAS BÁSICAS
Gaiotto (1993)	<i>Eucalyptus urophylla</i> – 0,67 g/cm ³
Keinert Júnior & Interamnense (1994)*	<i>Eucalyptus grandis</i> (P1)** – 0,49 g/cm ³
	<i>Eucalyptus grandis</i> (P2)** – 0,52 g/cm ³
Carvalho (2000)	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> – 0,50 g/cm ³

* Fonte: Interamnense (1998); ** P1 e P2 – procedências 1 e 2, não identificadas pelo autor.

De acordo com os resultados encontrados na literatura, observa-se que as espécies de *Eucalyptus grandis* estudadas por Keinert Júnior & Interamnense (1994), citados por Interamnense (1998), bem como o híbrido estudado por Carvalho (2000), apresentaram massas específicas básicas cujos valores foram os mais próximos àqueles obtidos para os clones estudados na presente dissertação. Por outro lado, todos esses valores são inferiores ao encontrado para o *Eucalyptus urophylla* estudado por Gaiotto (1993). Segundo Carvalho (2000), essas constatações encontram-se dentro do esperado para o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, sendo que o primeiro possui massa específica básica média inferior ao *Eucalyptus urophylla*. Geralmente, o que se objetiva com esse cruzamento é um bom crescimento no campo – característica do *Eucalyptus grandis*, uma ligeira elevação na massa específica da madeira, bem como uma melhoria no rendimento e propriedades físicas da celulose produzida, trazidas pelo *Eucalyptus urophylla*.

4.3 Rendimento da laminação

Os diâmetros médios das toras com e sem casca, destinadas a laminação, são apresentados na Tabela 11. A partir desses valores de diâmetro e do comprimento (0,98m para todas as toras), foram calculados os volumes das toras com casca e sem casca (Tabela 14).

Tabela 11. Diâmetros médios das toras laminadas dos clones I e II.

CLONE	TORA	DIÂMETRO			
		MAIOR (cm)		MENOR (cm)	
		C/ CASCA	S/ CASCA	C/ CASCA	S/ CASCA
I	A	30,8	28,6	28,7	27
	B	27	25,6	26,4	24,6
II	A	32,9	30,3	30,6	28,8
	B	29,6	27,8	28,4	26,6

O volume do cilindro foi calculado com base no maior diâmetro de cada tora com casca. A relação entre o volume das toras com casca e o volume do cilindro permitiu o cálculo do fator de forma médio das toras A e B dos clones I e II, cujos valores encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12. Fator de forma médio das toras dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

CLONE	TORA	FATOR DE FORMA
I	A	0,9343
	B	0,9780
II	A	0,9342
	B	0,9606

Os diâmetros das toras arredondadas e dos rolos resto são apresentados na Tabela 13. A partir desses valores foram calculados os volumes das toras arredondadas e dos rolos resto que podem ser vistos na Tabela 14.

Tabela 13. Diâmetro médio das toras arredondadas e dos rolos resto dos clones I e II.

CLONES	TORA	DIÂMETRO (cm)	
		ARREDONDADO	ROLO RESTO
I	A	23,1	10,0
	B	22,7	10,3
II	A	25,4	10,0
	B	24,7	10,1

Tabela 14. Volumes médios para as toras dos clones I e II, obtidos nas diferentes etapas da laminação.

CLONE	TORA	VOLUME (m ³)				
		COM CASCA	SEM CASCA	ARREDONDADA	ROLO RESTO	VERDE LAMINADO
I	A	0,0682	0,0596	0,0401	0,0077	0,0324
	B	0,0549	0,0485	0,0397	0,0089	0,0308
II	A	0,0778	0,0673	0,0497	0,0077	0,0420
	B	0,0648	0,0570	0,0462	0,0077	0,0385

Através dos volumes calculados para as toras com casca, sem casca, arredondadas e dos rolos resto, foi possível calcular as perdas em volume (m³), ocorridas em cada uma das etapas do processo de laminação. A Tabela 15 mostra a magnitude dessas perdas expressas em percentagem, bem como o rendimento do processo de laminação.

Os dados da Tabela 15 mostram que a maior perda no processo de laminação da madeira de ambos clones foi referente à etapa de arredondamento. A perda média com o arredondamento das toras foi maior para a madeira do clone I.

Tabela 15. Perdas percentuais médias nas diferentes etapas da laminação e rendimento do processo.

CLONE	TORA	PERDAS (%)				RENDIMENTO (%)
		DESC.*	ARRED.**	ROLO RESTO	TOTAL	
I	A	12,68	28,52	11,30	52,49	47,51
	B	11,54	16,17	16,32	44,03	55,97
Média		12,11	22,35	13,81	48,26	51,74
II	A	13,17	22,84	9,94	45,95	54,05
	B	11,96	16,56	11,90	40,43	59,57
Média		12,57	19,70	10,92	43,19	56,81

*DESC. = DESCASCAMENTO; **ARRED. = ARREDONDAMENTO

A perda no arredondamento ocorre devido a conicidade das toras e, para ambos clones, foi maior para as toras da posição A (retiradas mais próximas da base), cujo fator de forma foi inferior ao obtido para as toras da posição B, indicando serem menos cilíndricas ou mais cônicas, conforme mostra os valores apresentados na Tabela 12.

As perdas médias na fase de arredondamento das toras de ambos clones são compatíveis com os valores da Tabela 16, que apresenta os resultados de perda e rendimento no processo de laminação de *Eucalyptus* spp disponíveis na literatura.

A perda média com o descascamento das toras foi ligeiramente superior para o clone II, indicando que o mesmo possui maior teor de casca. A perda com o descascamento, para ambos clones foi maior para as toras extraídas da posição A, denotando ser o teor de casca maior para as toras retiradas mais próximas à base das árvores. Gaiotto (1993), comparando as perdas no descascamento de toras de *Eucalyptus urophylla*, retiradas de três posições distintas da árvore (base, meio e topo), encontrou a mesma tendência, ou seja, de que as maiores perdas ocorrerem nas toras mais próximas da base, devido ao fato de possuírem casca de maior espessura. As perdas médias com o descascamento das toras dos clones foram compatíveis com os valores disponíveis na literatura (Tabela 16).

Tabela 16. Perdas percentuais médias nas diferentes etapas da laminação e rendimento do processo para algumas espécies de *Eucalyptus* disponíveis na literatura.

AUTORES	ESPÉCIES	PERDAS (%)				RENDIMENTO (%)
		DESC.	ARRED.	ROLO RESTO	TOTAL	
Keinert Júnior (1993)	<i>E. robusta</i>	14,11	24,54	12,77	51,42	48,58
	<i>E. saligna</i>	5,00	19,80	25,00	49,80	50,20
	<i>E. viminalis</i>	11,22	24,50	14,30	50,02	49,98
	<i>E. dunnii</i>	8,60	23,65	24,75	57,00	43,00
	<i>E. grandis</i> ¹	5,20	20,74	16,26	42,20	57,80
	<i>E. grandis</i> ²	4,10	17,19	27,13	48,42	51,58
	<i>E. grandis</i> ³	5,17	22,41	30,18	57,76	42,24
Gaiotto (1993)	<i>E. urophylla</i> ⁴	23,25	21,58	18,62	63,45	36,55
Pereyra (1994)	<i>E. dunnii</i> ⁵	10,61	21,77	32,93	65,31	34,69
Pio (1996)	<i>E. scabra</i>	10,63	26,78	26,12	63,53	36,47
	<i>E. robusta</i>	10,58	22,48	22,85	56,00	44,00
Interamnense (1998)	<i>E. cloeziana</i>	17,86	18,03	13,68	49,57	50,43
	<i>E. maculata</i>	18,43	22,78	13,93	55,14	44,86
	Médias	11,13	22,02	21,42	54,59	45,41

^{1, 2 e 3} Procedências: Natal – RN, *Coffs Harbour* e África do Sul. ^{4 e 5} Médias de vários tratamentos.

A perda média com o rolo resto foi superior para o clone I. Para ambos clones, essa mesma perda, foi menor para as toras da posição A. A explicação para esse fato está relacionada com os diâmetros das toras, que quanto mais próximas à base da árvore foram maiores, como pode ser visto na Tabela 11, e com os diâmetros dos rolos resto, cujos valores foram muito próximos para as toras das duas posições (A e B), como pode se verificar na Tabela 13. Gaiotto (1993), no estudo citado anteriormente com a madeira de *Eucalyptus urophylla*, também encontrou a mesma tendência de menores perdas nas toras próximas à base das árvores.

Por outro lado, a perda média com o rolo resto, gerada a partir dos dois clones, foi bem inferior à da maioria das espécies apresentadas na Tabela 16. A perda média com o rolo resto obtida no presente estudo, relativamente pequena, pode estar relacionada a uma combinação de fatores relativos ao preparo das toras para laminação, ao equipamento e a matéria-prima, tais como um programa de aquecimento da madeira considerado adequado, às boas condições do torno laminador, especialmente das garras e de uma faca nova e bem afiada, e a certas características dos clones como a massa específica básica não elevada, que se traduz em menor esforço no momento do corte evitando a patinação das garras fixadas nos topos, bem como a uma reduzida tendência ao desenvolvimento de rachaduras nas toras durante o processamento, a qual permitiu que a laminação pudesse prosseguir até muito próximo ao limite do equipamento. Esse limite é dado pelo diâmetro das garras menores do torno (8,5cm) que, porém, por medida de segurança, permite a laminação das toras até o diâmetro final de 10,0 cm. Na Tabela 13 pode ser observado que o diâmetro médio dos rolos resto variou de 10,0 a 10,3cm, demonstrando que a laminação das toras praticamente se deu até o limite do equipamento.

O rendimento médio da laminação foi maior para o clone II, que apresentou menores perdas com o arredondamento e o rolo resto. A diferença entre o rendimento dos dois clones pode estar relacionada ao diâmetro médio das toras do clone II que foi ligeiramente superior. Para ambos clones, o rendimento das toras da posição A foi menor do que aquele obtido para as toras da posição B, fato que está relacionado com o fator de forma das toras da primeira posição, visto que foram menos cilíndricas ou mais cônicas e proporcionaram maiores perdas na etapa de arredondamento.

Quando comparados aos rendimentos da laminação obtidos por diversos autores, trabalhando com diferentes espécies de *Eucalyptus*, cujos valores encontram-se disponíveis na Tabela 16, pode-se dizer que os rendimentos dos clones foram superiores à quase todos, sendo a única exceção feita para o *Eucalyptus grandis*, procedência de Natal – RN, estudado por Keinert Júnior (1993).

O bom rendimento da laminação obtido para os clones do presente estudo, ambos com apenas 9 anos de idade, torna-se ainda mais importante ao se considerar as idades

das árvores empregadas nos demais estudos (Tabela 16), que foram procedentes de plantios com 16 a 30 anos, excetuando-se o de Keinert Júnior (1993), que não revela a idade das árvores utilizadas.

4.4 Qualidade das lâminas

A classificação das lâminas geradas a partir da madeira dos dois clones foi efetuada segundo a Norma Brasileira NBR 9531 (ABNT, 1986), nas classes N, A, B, C e D, da maior para a menor qualidade, respectivamente. O resultado da classificação é apresentado na Tabela 17, que mostra o número de lâminas e o respectivo percentual, expresso em relação ao número total, obtido em cada classe de qualidade, para ambos clones e posições da tora.

Tabela 17. Classificação das lâminas geradas a partir da madeira dos dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em classes de qualidade.

CLONE	TORA	NÚMERO DE LÂMINAS POR					TOTAL
		CLASSES DE QUALIDADE					
		N	A	B	C	D	
I	A	-	15	29	25	-	69
	B	-	1	15	48	1	65
			16	44	73	1	134
	Total	-	(11,94 %)	(32,84 %)	(54,48 %)	(0,75 %)	(100 %)
II	A	-	2	12	50	24	88
	B	-	-	2	62	14	78
			2	14	112	38	166
	Total	-	(1,20 %)	(8,40 %)	(67,47 %)	(22,89 %)	(100 %)

Os resultados da classificação demonstram que ambos clones apresentaram maior produção de lâminas na classe C, com percentual maior para o clone II nessa mesma classe. O clone I gerou percentual de lâminas consideravelmente superior nas classes A

e B, e praticamente não produziu lâminas da classe D. Isso demonstra que o clone I produziu lâminas de melhor qualidade que o clone II, o que possibilita a manufatura de compensados com maior valor agregado, empregando, para tanto, lâminas das classes A e B nas capas, fato que confere notória vantagem para o clone I.

As lâminas de melhor qualidade (classes A e B), para ambos clones, foram produzidas em maior quantidade a partir das toras da posição A, ocorrendo o inverso no caso das lâminas da classe C, as quais foram produzidas em maiores quantidades quando geradas a partir das toras da posição B.

Com a finalidade de atender ao delineamento experimental estabelecido e com base nos resultados da classificação em classes de qualidade, as lâminas que apresentaram quantidade suficiente para a produção dos compensados de ambos clones foram as da classe C, empregadas tanto nas capas como no miolo, permitindo uma comparação mais adequada das propriedades resultantes das chapas oriundas dos dois clones.

Os resultados de classificação de lâminas de outras espécies de *Eucalyptus*, extraídos da literatura, são apresentados na Tabela 18. Os resultados alcançados no presente estudo (Tabela 17), cotejados com os da Tabela 18, demonstram que a qualidade das lâminas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* é semelhante ou superior à daquelas espécies, com exceção para os resultados do *Eucalyptus scabra* em relação ao clone II.

Tabela 18. Classificação de lâminas geradas a partir da madeira de diferentes espécies de *Eucalyptus* em classes de qualidade.

AUTORES	ESPÉCIES	NÚMERO DE LÂMINAS POR					TOTAL
		CLASSES DE QUALIDADE					
		N	A	B	C	D	
Pio (1996)	<i>E. scabra</i>	-	3 (2,28 %)	72 (54,55 %)	57 (43,17 %)	-	132 (100 %)
	<i>E. robusta</i>	-	5 (3,40 %)	19 (12,92 %)	84 (57,14 %)	39 (26,54 %)	147 (100 %)
Interamnense (1998)	<i>E. cloeziana</i>	-	-	-	102 (80,31 %)	25 (19,69 %)	127 (100 %)
	<i>E. maculata</i>	-	8 (4,38 %)	14 (7,65 %)	45 (24,58 %)	116 (63,39 %)	183 (100 %)

4.5 Retração máxima das lâminas

Os valores médios da largura e da espessura das amostras de lâminas, obtidos na condição saturada e seca em estufa, são apresentados na Tabela 19. A partir desses valores foi possível calcular o percentual das retrações máximas tangencial, radial e volumétrica, apresentadas na Tabela 20.

Cabe destacar que o conhecimento da magnitude da retração tangencial das lâminas de madeira constitui importante subsídio para a indústria de compensados a medida em que permite o correto dimensionamento das lâminas verdes durante a operação de guilhotinagem de tal modo que, após a secagem e conseqüente retração, seja obtida a dimensão inicialmente desejada para as lâminas a serem utilizadas na manufatura do compensado, evitando perdas excessivas no esquadreamento final da chapa.

Tabela 19. Valores médios de largura e espessura das amostras de lâminas dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

CLONE	AMOSTRAS DE LÂMINAS SATURADAS			AMOSTRAS DE LÂMINAS SECAS		
	UMIDADE (%)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	UMIDADE*	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)
	I	75,13	41,5	2,03	0	36,7
II	99,74	41,2	2,04	0	36,5	1,93

*Observação: Assume-se que o teor de umidade é de 0% quando as amostras acondicionadas em estufa a temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, após pesagens periódicas, não apresentam mais variação em sua massa. Entretanto, segundo Tsoumis (1991), estima-se que para essa mesma condição, uma certa umidade, cujo teor é algo menor que 0,5%, ainda permanece aderida à madeira junto a moléculas de celulose.

Através da Tabela 19 pode ser observado que o valor médio de espessura das lâminas na condição saturada, para ambos clones, foi próximo da espessura nominal desejada para as lâminas (2,00 mm) e indica uma boa regulagem das variáveis do torno laminador.

Os teores de umidade das amostras de lâminas saturadas foram compatíveis com aqueles determinados para a madeira dos dois clones (Tabela 9), os quais foram menores para o clone I.

Tabela 20. Valores médios de retração máxima tangencial, radial, volumétrica e anisotropia de retração das amostras de lâminas dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

CLONE	RETRAÇÕES MÁXIMAS (%)			ANISOTROPIA (T/R)
	TANGENCIAL (T)	RADIAL (R)	VOLUMÉTRICA (R+T)	
I	11,46	5,33	16,79	2,15
II	11,19	5,19	16,38	2,16

Os valores médios das retrações apresentados na Tabela 20, bem como da anisotropia de retração, foram muito próximos para ambos clones demonstrando que não há grande diferença entre eles quanto a esses aspectos analisados.

Entretanto, uma pequena diferença pode ser observada, uma vez em que os valores médios das retrações tangencial e radial foram ligeiramente maiores para as

amostras de lâminas referentes ao clone I, observando-se o inverso para o valor médio da anisotropia de retração. A explicação para isso está relacionada com a massa específica da madeira dos clones, pouco maior para o clone I, e encontra respaldo na literatura. Conforme Trendelenburg & Mayer-Wegelin³, Bosshard⁴ e Stamm⁵, citados por Tsoumis (1991), a magnitude da retração e do inchamento é maior com o aumento da massa específica, isto é, madeiras de alta massa específica retraem e incham mais. De acordo com Bosshard⁴ e Kollmann & Côté⁶, citados por Tsoumis (1991), a anisotropia de retração tende a ser menor com o aumento da massa específica.

A proximidade dos valores de retração e anisotropia de retração constitui um importante resultado, uma vez em que demonstra ser teoricamente viável a mistura de lâminas provenientes da madeira de ambos clones na manufatura de compensados mistos, com reduzida possibilidade de ocorrer empenamentos na chapa, os quais são comuns quando da mistura de lâminas de espécies de madeiras distintas que apresentam características de retratibilidade marcadamente diferentes.

Bortoletto Júnior et al. (2000), estudando as retrações máximas de lâminas de várias espécies de *Eucalyptus*, afirmam que a possibilidade de empregar lâminas de madeira de espécies distintas na manufatura de compensados mistos proporciona melhor utilização da matéria-prima e flexibilidade da produção industrial.

Por outro lado, os valores da anisotropia de retração das lâminas de ambos clones podem ser considerados elevados. De maneira geral, pode-se dizer que quanto mais elevado for o valor da anisotropia de retração, maior é a tendência para o desenvolvimento de rachaduras em lâminas de madeira durante o processo de secagem;

³ TRENDELENBURG, R.; MAYER-WEGELIN, H. **Das Holz als Rohstoff**. München: Hanser Verlag. 1955.

⁴ BOSSHARD, H.H. **Über die Anisotropie der Holzschwindung**. Holz Roh-Werkst. v. 14, n. 8, p. 286 – 295, 1956.

⁵ STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald Press. 1964.

⁶ KOLLMANN, F.F.P., CÔTÉ, W.A. **Principles of wood science and technology**. v. 1, Solid wood. Berlin: Springer Verlag. 1968.

fato observado para as lâminas obtidas a partir de ambos clones considerados no presente estudo.

4.6 Propriedades físicas dos compensados

4.6.1 Massa específica aparente e teor de umidade

Conhecer o valor da massa específica é importante uma vez em que essa variável exerce influência sobre as demais propriedades físicas e mecânicas do compensado. O teor de umidade exerce influência sobre a massa específica, bem como sobre as propriedades mecânicas do compensado, e é um importante parâmetro a ser considerado na avaliação dessas propriedades.

Os valores médios da massa específica e do teor de umidade dos compensados são apresentados por tratamento e podem ser vistos na Tabela 21.

Tabela 21. Valores médios de massa específica aparente e teor de umidade dos compensados de cada tratamento.

TRATAMENTOS	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)	TEOR DE UMIDADE (%)
1	0,67	10,55
2	0,67	11,09
3	0,71	11,11
4	0,68	11,06
5	0,64	10,93
6	0,63	11,05
7	0,65	11,06
8	0,64	11,04

Segundo Kollmann et al. (1975), a massa específica do compensado depende da espécie de madeira, da umidade das lâminas, da temperatura e da pressão de prensagem

utilizada na manufatura, e é cerca de 5% maior do que a da madeira original, quando não são aplicadas pressões elevadas.

De acordo com Bortoletto Júnior (página 13) e o uso de temperatura na prensagem provocam o amolecimento da lignina, resultando em redução da resistência à compressão perpendicular às fibras e a pressão de prensagem ocasiona compactação devida ao efeito da redução dos espaços vazios das células que compõem a madeira. Tal efeito tem como resultado prático redução de espessura das lâminas individuais e do próprio painel que elas compõem, bem como aumento da massa específica do compensado em relação à da madeira que lhe originou, além de conferir tensões internas que ficam retidas no painel após a prensagem.

A análise de variância efetuada para a variável massa específica (Apêndice 1 – pág. 74) revelou que houve diferença significativa entre os tratamentos somente para o fator clone, não havendo, portanto, diferença para os fatores gramatura e tempo de prensagem. Segundo a mesma análise de variância, não houve interação significativa entre os fatores dos tratamentos.

O resultado do teste de médias de *Tukey*, realizado para a variável massa específica do fator clone, encontra-se na Tabela 22.

Tabela 22. Teste de médias de *Tukey* para a variável massa específica do fator clone.

CLONES	NÚMERO DE PAINÉIS	MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)
		MÉDIAS*
I	12	0,68 A
II	12	0,64 B

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

Como pode ser observado na Tabela 22, o valor médio da massa específica aparente dos painéis compensados produzidos a partir do clone I, foi significativamente maior que o do clone II. Esse resultado é coerente e pode estar relacionado com a massa específica básica da madeira do clone I, cujo valor médio foi numericamente superior ao do clone II conforme visto na Tabela 9.

A análise de variância para variável teor de umidade (Apêndice 2 – pág. 75), mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos, bem como não houve interação significativa entre os seus fatores.

4.6.2 Absorção superficial e total de água

O compensado quando absorve água provoca o inchamento em espessura e a liberação das tensões internas de compressão retidas após a prensagem que, por sua vez, influenciam a estabilidade dimensional da chapa. A Tabela 23 apresenta os valores médios da absorção superficial e total obtidos para cada tratamento.

Tabela 23. Valores médios de absorção superficial e total de água para cada tratamento.

TRATAMENTOS	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	
	SUPERFICIAL	TOTAL
1	36,44	40,97
2	35,73	40,68
3	28,09	37,88
4	24,78	35,87
5	38,88	42,28
6	38,88	44,92
7	32,91	43,48
8	36,08	44,36

A análise de variância para a variável absorção superficial (Apêndice 3 – pág. 76, Tabela 40) demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos para os fatores clone e tempo de prensagem. A mesma análise também indica que não houve interação entre nenhum dos fatores de tratamento, mostrando que os mesmos foram independentes.

Os resultados dos testes de médias de *Tukey*, realizados para a variável absorção superficial dos fatores clone e tempo de prensagem são apresentados nas Tabelas 24 e 25, respectivamente.

Tabela 24. Teste de médias de *Tukey* para a variável absorção superficial do fator clone.

CLONES	NÚMERO DE PAINÉIS	ABSORÇÃO SUPERFICIAL (%)
		MÉDIAS*
I	12	31,26 A
II	12	36,69 B

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

Analisando os dados da Tabela 24 observa-se que o valor médio da absorção superficial (determinada com todas as laterais dos corpos de prova vedadas com parafina) dos painéis compensados 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 a medida em que a massa específica da madeira (Tabela 9) e do compensado (Tabela 22) é maior, conforme verificado para o clone I em relação ao II. A mesma tendência também se confirma quando da análise da variância para a variável absorção total, cujo resultado será apresentado e discutido a seguir.

Tabela 25. Teste de médias de *Tukey* para a variável absorção superficial do fator tempo de prensagem.

TEMPO DE PRENSAGEM (minutos)	NÚMERO DE PAINÉIS	ABSORÇÃO SUPERFICIAL (%)
		MÉDIAS*
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 dados apresentados na Tabela 25 demonstram que o valor médio da absorção superficial foi significativamente menor para o tempo de prensagem de 12 minutos.

Seborg, et al⁷, citados por Kollmann, et al. (1975), mostraram que compensados supercomprimidos de Birch (*Betula spp*) submersos em água, para o mesmo tempo de submersão e temperatura utilizada na prensagem, apresentaram menor percentual de absorção quando o tempo de prensagem foi de 15 minutos em relação aos compensados cujo tempo de prensagem foi de 5 minutos. A comparação desses resultados com os do presente estudo evidenciam a mesma tendência. Entretanto, a comparação feita deve ser avaliada com reserva, uma vez em que os autores não especificam se o ensaio de absorção foi superficial ou total e, além disso, o ensaio empregou compensados supercomprimidos, que não é o caso dos compensados produzidos no presente estudo.

Segundo Kollmann e Schneider⁸, 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 nessa afirmação é possível supor que com o aumento do tempo de prensagem e, por conseqüência, do tempo de exposição à temperatura, a redução da capacidade de sorção do compensado poderia ter vindo a ser ainda maior, o que seria uma possível justificativa para menor absorção superficial d'água verificada a partir do tempo de prensagem de 12 minutos em relação ao de 8 minutos. Presume-se que esse efeito de redução da capacidade de sorção do compensado possa ter sido mais intenso sobre as lâminas de capa do compensado, porque para a variável absorção total o fator tempo de prensagem não foi significativo.

A análise estatística da variável absorção total (Apêndice 3 – pág. 76, Tabela 41) indica que houve diferença significativa somente para o fator clone. A mesma análise também indica que não houve interação significativa entre os fatores de tratamento.

O resultado do teste de médias de *Tukey*, realizado para a variável absorção total do fator clone pode ser visto na Tabelas 26.

⁷ SEBORG, R.M.; MILLETT, M.A.; STAMM, A.J. **Heat-stabilized compressed wood (staypak)**. U.S. For. Prod. Lab., Rep. n. 580, Madison, Wiscosin. 1944.

⁸ KOLLMANN, F.F.P. SCHNEIDER, A. **Über das sorptionsverhalten wärmebehandelter Hölzer**. Holz als Roh-und Wekstoff. n. 21, p. 77 – 85, 1963.

Tabela 26. Teste de médias de *Tukey* para a variável absorção total do fator clone.

CLONES	NÚMERO DE PAINÉIS	ABSORÇÃO TOTAL (%)
		MÉDIAS*
I	12	38,85 A
II	12	43,76 B

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

Os dados da Tabela 26 mostram que o valor médio da absorção total foi significativamente menor para os compensados produzidos a partir do clone I. Conforme mencionado, a mesma tendência foi observada para a variável absorção superficial.

Segundo Tsoumis (1991), quanto maior a massa específica, menor é o teor de umidade que a madeira poderá conter na saturação total. Baseado nessa afirmação é possível inferir que a absorção d'água também poderá ser menor, a medida em que a massa específica for maior, como foi o caso da madeira e do compensado do clone I.

4.6.3 Inchamento e recuperação em espessura

A estabilidade dimensional do compensado é especialmente importante quando o mesmo se destina a fabricação de móveis ou outros produtos que requeiram estabilidade. A capacidade de resistir à ação da umidade, mantendo as dimensões originais, confere maior qualidade ao produto (Pio, 1996).

Durante a prensagem dos compensados se produz um incremento da massa específica e das tensões internas, fatos que afetam a estabilidade dimensional na direção da compressão em face de posteriores variações de umidade, às quais o compensado pode ficar exposto. Quando o compensado absorve água e incha parte das tensões internas são liberadas e, devido a isso, quando o compensado é seco não retorna mais à sua espessura original. O inchamento do compensado em espessura é formado por dois componentes tais como o inchamento por absorção de água e o causado pela liberação das tensões de prensagem (Medina, 1986).

Os valores médios do inchamento mais recuperação da espessura e da recuperação da espessura, obtidos para cada tratamento, são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27. Valores médios do inchamento mais recuperação em espessura e da recuperação em espessura para cada tratamento.

TRATAMENTOS	INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) (%)	RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) (%)
1	8,1	0,6
2	7,5	0,9
3	8,5	1,6
4	9,1	2,0
5	7,8	1,2
6	8,3	1,3
7	8,9	1,6
8	9,0	1,7

As análises de variância realizadas para as variáveis respostas inchamento mais recuperação em espessura e recuperação da espessura (Apêndice 4 – pág. 77, Tabelas 42 e 43, respectivamente), demonstram que houve diferença significativa somente para o fator tempo de prensagem. As mesmas análises também indicam que não houve interação entre nenhum dos fatores de tratamento, mostrando que os mesmos foram independentes para ambas variáveis.

Os resultados dos testes de médias de *Tukey*, realizados para as variáveis respostas inchamento mais recuperação em espessura e recuperação em espessura do fator tempo de prensagem, podem ser vistos nas Tabelas 28 e 29.

Os dados das Tabelas 28 e 29 mostram que os valores médios do inchamento mais recuperação da espessura e recuperação em espessura, foram significativamente maiores para os compensados produzidos com o tempo de prensagem de 12 minutos.

Tabela 28. Teste de médias de *Tukey* para a variável inchamento mais recuperação em espessura do fator tempo de prensagem.

TEMPO DE PRENSAGEM (minutos)	NÚMERO DE PAINÉIS	INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) (%)
		MÉDIAS*
8	12	7,93 A
12	12	8,89 B

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

Tabela 29. Teste de médias de *Tukey* para a variável recuperação em espessura do fator tempo de prensagem.

TEMPO DE PRENSAGEM (minutos)	NÚMERO DE PAINÉIS	RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) (%)
		MÉDIAS*
8	12	1,01 A
12	12	1,74 B

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

Medina (1986), encontrou resultados semelhantes e estatisticamente significativos para as mesmas propriedades, utilizando compensados fenólicos de *Pinus elliottii*, os quais incharam e recuperaram mais em espessura quando produzidos com o tempo de prensagem de 9 minutos em relação ao tempo de 8. A explicação sugerida pelo autor para esses resultados está baseada na liberação das tensões originadas durante a prensagem, que se tornam maiores a medida em que aumenta o tempo de prensagem e resulta em maior inchamento.

Pio (1996), encontrou resultados semelhantes para as propriedades em referência (IR e R), ao nível de tendência, ensaiando compensados uréicos de *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta*, os quais incharam e recuperaram mais em espessura quando produzidos com o tempo de prensagem de 12 minutos em relação ao tempo de 8.

A Tabela 30 apresenta valores médios de inchamento mais recuperação em espessura e de recuperação em espessura para o compensado de algumas espécies de *Eucalyptus*, estudadas por diferentes autores, os quais foram unânimes ao concluir que os painéis produzidos em seus trabalhos apresentaram boa estabilidade dimensional.

Tabela 30. Valores de inchamento e recuperação de espessura para algumas espécies de *Eucalyptus* observados em trabalhos realizados anteriormente.

AUTORES	ESPÉCIES	INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) (%)	RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) (%)
Interamnense (1998)	<i>E. cloeziana</i>	8,04	1,89
	<i>E. robusta</i>	9,63	3,26
Pio (1996)	<i>E. scabra</i>	11,04	3,56
	<i>E. dunnii</i>	8,01	2,98
	<i>E. grandis</i> (P1)**	8,81	4,65
Keinert Júnior. & Interamnense (1994)*	<i>E. grandis</i> (P2)**	8,65	4,06
	<i>E. robusta</i>	7,92	3,28
	<i>E. viminalis</i>	9,90	5,00
	<i>E. robusta</i>	12,46	7,49

*Fonte: Interamnense (1998); ** P1 e P2 – procedências 1 e 2, não identificadas pelo autor; ***Fonte: Pio (1996).

A comparação dos valores dados na Tabela 30 com aqueles obtidos no presente estudo (Tabela 27) demonstra que os clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentaram percentuais menores tanto de inchamento mais recuperação em espessura, quanto de recuperação em espessura, mostrando que esses painéis também apresentaram boa estabilidade dimensional.

4.7 Propriedades mecânicas dos compensados

4.7.1 Resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento e falha na madeira

O ensaio de cisalhamento tem como finalidade avaliar a qualidade da linha de colagem e classificar o compensado segundo o local de utilização, ou seja, se o mesmo

pode ser destinado ao uso interior (avaliado no ensaio seco), intermediário (avaliado no ensaio úmido) ou exterior (avaliado no ensaio pós-fervura). Além da tensão de ruptura, se obtém o percentual de falha na madeira, avaliado de forma subjetiva, cujo valor complementa os resultados do ensaio de cisalhamento.

Os resultados dos ensaios de resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento realizados nas condições seca e úmida são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31. Valores médios da tensão de ruptura e de falha na madeira obtidos no ensaio de resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento para cada tratamento.

TRATAMENTO	RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLAGEM AO ESFORÇO DO CISALHAMENTO			
	SECO*		ÚMIDO**	
	TENSÃO DE RUPTURA Kgf/cm ² (MPa)	FALHA NA MADEIRA (%)	TENSÃO DE RUPTURA Kgf/cm ² (MPa)	FALHA NA MADEIRA (%)
1	17,55 (1,72)	43,33	13,16 (1,29)	11,43
2	19,39 (1,90)	46,67	12,04 (1,18)	-
3	20,71 (2,03)	50,95	15,31 (1,50)	1,90
4	18,57 (1,82)	53,81	13,47 (1,32)	4,29
5	16,33 (1,60)	40,00	12,86 (1,26)	4,29
6	17,04 (1,67)	38,10	13,78 (1,35)	20,95
7	16,73 (1,64)	30,00	15,82 (1,55)	14,50
8	17,24 (1,69)	56,67	13,78 (1,35)	11,43

* Teores de umidade dados na Tabela 21; **Após imersão dos corpos de prova em água por 24 horas.

As análises de variância para as variáveis cisalhamento seco e úmido (Apêndice 5 – pág. 78, Tabelas 44 e 45, respectivamente), demonstram que houve diferença significativa entre os tratamentos, somente para o fator clone testado para variável cisalhamento seco. As mesmas análises também indicam que não houve interação entre nenhum dos fatores de tratamento, mostrando que os mesmos foram independentes para ambas variáveis.

O resultado do teste de médias de *Tukey*, para a variável resposta cisalhamento seco pode ser visto na Tabela 32.

Tabela 32. Teste de médias de *Tukey* para variável cisalhamento seco do fator clone.

CLONES	NÚMERO DE PAINÉIS	CISALHAMENTO SECO	
		TENSÃO DE RUPTURA (MPa)	
		MÉDIAS*	
I	12	1,87 A	
II	12	1,65 B	

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

Os dados da Tabela 32 revelam que o valor médio da tensão de ruptura foi significativamente maior para os compensados produzidos a partir do clone I, conferindo-lhe óbvia vantagem e demonstrando que a interação entre cola e madeira foi melhor para esse caso.

A Norma Brasileira NBR 9531 (ABNT, 1986), não especifica nenhum valor de referência para tensão de ruptura no ensaio de cisalhamento e exige um mínimo de percentagem de falha na madeira de 60, 60 e 80% para classificar o compensado para uso interno, intermediário e externo, respectivamente. Essa norma encontra-se em processo de revisão e nova adequação, com tendência para vir a adotar os requisitos da norma europeia European Standart - EN 314-2 (1993), os quais são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Requisitos de colagem (valores médios).

RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLAGEM AO ESFORÇO DO CISALHAMENTO	
TENSÃO DE RUPTURA (TR) MPa	FALHA NA MADEIRA (%)
$0,2 \leq TR < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq TR < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq TR < 1,0$	≥ 40
$1,0 \leq TR$	S e m E x i g ê n c i a

Fonte: EN 314-2 (1993).

A norma européia relaciona o valor médio da tensão de ruptura, desconsiderado pela norma brasileira, com o valor médio da percentagem de falha na madeira. A medida em que aumenta o valor da tensão de ruptura, a exigência em termos de falha na madeira diminui, sendo que para valores iguais ou superiores a 1,0 MPa não há mais exigência para percentagem de falha na madeira.

Considerando os valores médios da tensão de ruptura (Tabela 31), os quais foram superiores a 1,0 MPa em todos os tratamentos, tanto no ensaio seco quanto no úmido, e com base nos requisitos da norma européia, pode-se dizer que os compensados de todos os tratamentos poderiam ser destinados ao uso interior e intermediário.

Cabe ressaltar que o adesivo à base de uréia-formaldeído, utilizado para colagem dos compensados produzidos no presente estudo, não é considerado do tipo intermediário como, por exemplo, é o adesivo à base de melamina-uréia-formaldeído, onde a melamina entra em proporções relativamente pequenas (10 a 30%) como reforço, melhorando a resistência à umidade. Portanto, embora os valores médios da resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento (ensaio úmido) tenham atendido às especificações da norma européia, fato que pode ser creditado à formulação do adesivo (baixo grau de extensão) e sua interação com a madeira, recomenda-se o uso da melamina como fortificante a fim de melhorar não só a própria resistência da colagem, bem como o percentual de falha na madeira que foi baixo.

4.7.2 Flexão estática

O ensaio de flexão estática teve por finalidade avaliar a resistência (MOR – Módulo de Ruptura) e a rigidez à flexão (MOE – Módulo de Elasticidade) do compensado e tais propriedades são as de maior importância no uso construtivo e estrutural do painel.

A Tabela 34 apresenta os valores médios do MOR e MOE obtidos nos ensaios de flexão estática paralela e perpendicular.

Tabela 34. Valores médios do MOR e MOE à flexão estática para cada tratamento.

TRATAMENTOS	FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA*		FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR	
	MOR kgf/cm ² (MPa)	MOE kgf/cm ² (MPa)	MOR kgf/cm ² (MPa)	MOE kgf/cm ² (MPa)
1	932,65 (91,4)	138429,6 (13566,1)	391,84 (38,4)	36798,97 (3606,3)
2	862,25 (84,5)	127376,5 (12482,9)	409,18 (40,1)	36357,14 (3563,0)
3	913,27 (89,5)	129675,5 (12708,2)	418,37 (41,0)	36706,12 (3597,2)
4	921,4 (90,3)	133933,7 (13125,5)	419,39 (41,1)	37103,06 (3636,1)
5	849,99 (83,3)	139463,2 (13667,4)	350,00 (34,3)	35855,10 (3513,8)
6	860,20 (84,3)	135716,3 (13300,2)	386,73 (37,9)	39306,12 (3852,0)
7	840,82 (82,4)	131719,4 (12908,5)	397,96 (39,0)	38820,40 (3804,4)
8	792,86 (77,7)	129144,9 (12656,2)	387,76 (38,0)	39531,63 (3874,1)

* Direção das fibras das lâminas das capas paralela ao vão ou ao comprimento do corpo-de-prova

As análises de variância para as variáveis MOE paralelo e MOE perpendicular (Apêndice 6, pág. 79, Tabelas 46 e 47, respectivamente), demonstram que não houve diferença significativa entre os tratamentos, bem como não houve interação significativa entre os seus fatores.

Para as variáveis de resposta MOR paralelo e MOR perpendicular, as análises de variância (Apêndice 6, pág. 80, Tabelas 48 e 49, respectivamente) indicaram diferença significativa entre os tratamentos, somente para o fator clone. Segundo as mesmas análises, não houve interação entre nenhum dos fatores de tratamento para ambas variáveis.

Os resultados dos testes de médias de *Tukey*, para as variáveis MOR paralelo e MOR perpendicular, podem ser vistos nas Tabelas 35 e 36.

Tabela 35. Teste de médias de *Tukey* para a variável MOR paralelo do fator clone.

CLONES	NÚMERO DE PAINÉIS	MOR PARALELO (MPa)
		MÉDIAS*
I	12	89,6 A
II	12	81,5 B

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

Tabela 36. Teste de médias de *Tukey* para a variável MOR perpendicular do fator clone.

CLONES	NÚMERO DE PAINÉIS	MOR PERPENDICULAR (MPa)
		MÉDIAS*
I	12	40,6 A
II	12	37,3 B

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

Os resultados das Tabelas 35 e 36 revelam que os valores médios do MOR paralelo e do MOR perpendicular foram significativamente maiores para os compensados produzidos a partir da madeira do clone I, o que lhe confere certa vantagem. Considerando que há uma boa correlação entre massa específica e MOR, pode se dizer que esses resultados foram coerentes, uma vez em que a massa específica dos compensados do clone I também foi significativamente maior que a do clone II.

A norma Deutsches Institut für Normung – DIN 68705, citada por Pereyra (1984), estabelece o valor de 40 MPa para o MOR paralelo e de 15 MPa para o MOR perpendicular, como requisito mínimo para compensados destinados à construção; valores plenamente atendidos por todos os compensados obtidos no presente estudo.

Os requisitos exigidos pela norma DIN 68792 (1979) para utilização de compensados como forma de concreto são apresentados na Tabela 37. Registra-se que há uma forte tendência para a norma brasileira, ora em revisão, vir a adotar as especificações da norma DIN para formas de concreto.

Tabela 37. Requisitos para forma de concreto.

DIREÇÃO DAS FIBRAS DAS LÂMINAS EXTERNAS	NÚMERO DE LÂMINAS	ESPECIFICAÇÃO MÍNIMA À FLEXÃO ESTÁTICA	
		MOR (MPa)	MOE (MPa)
Paralela ao vão	3	75	8500
	5	45	5000
	Acima de 5	35	4000
Perpendicular ao vão	3	20	2000
	5	30	2500
	Acima de 5	40	4500

Fonte: DIN 68792 (1979).

Confrontando os valores da Tabela 34 com os requisitos apresentados na Tabela 37, é possível observar que tais requisitos são plenamente atendidos por todos os compensados obtidos no presente estudo.

É necessário comentar que o confronto dos resultados do presente estudo, com os requisitos das normas DIN, é feito somente para demonstrar que os valores de resistência e rigidez dos compensados obtidos a partir da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* podem ser considerados bons.

Na realidade, para esses compensados serem utilizados efetivamente como forma de concreto, ou mesmo na construção, seria necessário o emprego de adesivo do tipo fenol-formaldeído, adequado para compensados que se destinam ao uso exterior, o que não é o caso dos compensados obtidos no presente estudo, os quais foram colados com adesivo à base de uréia-formoldeído. Em todo caso, destaca-se que há bom potencial para utilização dos compensados dos clones I e II como forma de concreto, se colados com resina fenólica. Entretanto, essa afirmação não dispensa a necessidade da realização de novos ensaios, especialmente o de resistência da linha de colagem ao esforço do cisalhamento, após ciclos de fervura e secagem em estufa, para comprovar o referido potencial do compensado fenólico dos clones I e II.

Os valores médios do MOR paralelo foram maiores que os mesmos valores obtidos na direção perpendicular, com uma diferença cerca de 55% em média, considerados todos os tratamentos. Para o MOE, essa mesma diferença entre as direções foi ainda maior, em média cerca de 70%. Resultados semelhantes foram encontrados por Pio (1996), Interamnense (1998) e Bortoletto Júnior (página 13), ensaiando compensados de várias espécies de *Eucalyptus* manufacturados com 5 camadas e lâminas de 2 mm, colados com resina uréica e fenólica.

Pereyra (1994), ensaiando compensados de *Eucalyptus dunnii*, encontrou diferenças menores entre as duas direções, cerca de 12% para o MOR e 17% para o MOE, as quais estão possivelmente correlacionadas com o número de camadas (9) do compensado manufacturado no seu estudo.

Segundo Tsoumis (1991), um número maior de camadas resulta em maior uniformidade de resistência e rigidez, ao longo do comprimento (direção paralela) e largura (direção perpendicular) do painel compensado, em função de uma melhor distribuição das tensões que se desenvolvem durante o carregamento no ensaio de flexão.

Bortoletto Júnior (página 13) informa que a diferença dos valores de MOR e MOE entre as direções paralela e perpendicular, em ensaios de flexão estática, deve-se basicamente ao fato da madeira apresentar resistência muito superior quando solicitada à tração paralela às fibras, em relação à tração perpendicular que é muito baixa. A lâmina externa do compensado situada na face inferior do corpo-de-prova, ou oposta à face de aplicação da carga, é a mais solicitada no momento da ruptura e rompe-se devido ao esforço de tração. Quando a lâmina externa estiver posicionada com as fibras paralelas ao vão, o corpo-de-prova apresentará naturalmente maior resistência, ocorrendo o oposto quando as fibras estiverem perpendiculares. Também, quanto maior o número de lâminas internas com fibras paralelas ao vão, mais uniforme será a resistência e a rigidez do compensado entre as duas direções, entretanto, pode-se esperar que uma certa diferença sempre será verificada.

Diante do acima exposto, pode-se dizer que a manufatura de compensados, a partir da madeira dos clones I e II, com 7 ou 9 camadas pode ser uma medida eficaz para tornar mais uniforme a resistência e a rigidez do painel entre as duas direções.

5 CONCLUSÕES

O rendimento do processo de laminação das toras de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foi de 51,74% para o clone I e de 56,81 % para o clone II, ambos considerados bons e superiores à maioria dos valores encontrados na literatura para várias espécies de *Eucalyptus*.

A classificação das lâminas, em classes de qualidade, obtidas a partir da madeira dos clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, mostrou que ambos geraram lâminas viáveis para manufatura de compensados. O clone I gerou lâminas de maior qualidade que o clone II, o que possibilita a manufatura de compensados com maior valor agregado.

Não houve interação significativa entre os fatores clone, gramatura de cola e tempo de prensagem, considerando todas as variáveis avaliadas.

Foram detectadas diferenças significativas para o fator clone em relação às propriedades dos compensados, para as seguintes variáveis: massa específica aparente com valor médio maior para o clone I; absorção superficial e total de água com valor médio menor para o clone I; resistência da linha de colagem na condição seca com valor médio maior para o clone I e flexão estática com valores médios de MOR paralelo e perpendicular maiores para o clone I.

Para o fator gramatura de cola não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis avaliadas. Sendo assim, a menor gramatura de cola estudada (320 g/m²), é a mais indicada para a colagem das lâminas de madeira de ambos clones, porque representa menor custo de produção dos compensados em escala industrial.

Houve diferença significativa para o fator tempo de prensagem em relação às propriedades do compensado, para as seguintes variáveis: absorção superficial de água

com valor médio menor para o tempo de 12 minutos; inchamento mais recuperação em espessura com valor médio menor para o tempo de prensagem de 8 minutos e recuperação em espessura com valor médio maior para o tempo de prensagem de 12 minutos. Sendo assim, o tempo de 8 minutos é o mais indicado para a prensagem das lâminas de madeira de ambos clones porque gera painéis com maior estabilidade dimensional. Além disso, o menor tempo de prensagem representa maior produtividade em função de ciclos de prensagem mais curtos, que resulta em menor custo por painel produzido em escala industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA QUMICA. **Cascamite PL – 2040**. São Paulo, 1999. 5p. (Boletim Técnico, 55).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE.
In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA TROPICAL; FEIRA DE MÁQUINAS E PRODUTOS DO SETOR MADEIREIRO 3., Curitiba, 1999. **Estudo setorial**. Curitiba: ABPM, 1999. p. 45.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma de controle de qualidade e classificação de compensados**. São Paulo, 1986. 79 p.

AGUIAR, O.J.R. Métodos de controle de rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden, visando a produção de lâminas por desenrolamento. Piracicaba, 1986. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ALBUQUERQUE, C.E.C. Da madeira dos sarcófagos à moderna indústria. **Revista da Madeira**, n. 45, p. 26 – 28, 1999.

ARCHER, L.B. A Fabricação de bons compensados. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 1, n. 1, p. 113 – 121, 1948.

ARACRUZ CELULOSE. **Eucalipto**: uma árvore amiga da natureza. Aracruz: 2000. 34p.

- BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de Eucalipto. **Silvicultura**, v. 13, n. 51, p. 12 – 18, 1993.
- BOLAND, D.J. **Forest trees of Australia**. 4. ed. Sidney: Government Publishing Service: CSIRO. 1992. 24 p.
- BORTOLETTO JÚNIOR, G.; FRANCISCO, F.M.L.H.; CAVALCANTE, M.G.; BELINI, U.G.; CALDAS, V.F. Shrinkage in veneer sheets of *Eucalyptus* wood (compact disc). In: REUNIÓN SOBRE INVESTIGACIÓN Y DESARROLO DE PRODUCTOS FORESTALES, 1.; CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLO DE PRODUCTOS FORESTALES, 9., Concepción, 2000. Separata de Nuñez, L. R., 2000.
- BRIGATTI, R.A.; FERREIRA, M.; SILVA, A.P.; FREITAS, M. Estudo comparativo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, v.123, p.1-7.1980
- CALADO, F. Evolução da madeira compensada no Brasil. **Silvicultura**. v. 15, n. 58, p.44 – 46, 1994
- CARVALHO, A.M. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Piracicaba, 2000. 129 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- COMPENSADOS sarrafeados. **Revista da Madeira**, n. 45. p. 22 – 24, 1999.
- CONTRIBUIÇÃO da madeira tropical à economia. **Revista da Madeira**, n. 45. p. 18 – 20, 1999.

COUTO, H.T.Z. **Elementos da dendrometria e inventário florestal**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 14 p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **Large area shuttering panels of veneer plywood for concrete and reinforced concrete**. Berlin: Beuth Verlag, 1979. (DIN 68792)

EUCALIPTO: pesquisas criam madeiras para todos os usos. **Madeira & Tecnologia**, n. 5, p. 30, 1997.

EUROPEAN STANDARD. **Plywood – bonding quality**. Part 2: Requirements. CEN members, 1993. (ES 314-2)

FEIHL, O.; GODIN, V. **Setting veneer lathe with aid of instruments**. Ottawa: Canadian Forest Service, s. l., 1970. 42 p. (publication, 1206).

GAIOTTO, M.R. Avaliação de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas. Piracicaba, 1993. 119 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

GAIOTTO, M.R.; WATAI, L.T.; JANKOWSKY, I.P. Avaliação experimental do compensado de Eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba, 1993. v. 2, p. 595 – 599.

IMAÑA-ENCINAS, J. **Dasometria practica**. Brasília: Universidade de Brasília, 1998. 112 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS. **Teste de Progénie de *Eucalyptus grandis* (polinização livre): melhoramento genético de *Eucalyptus grandis***. <<http://www.ipef.br/pesquisa/experimentos/medicoes/a0210699.prn>> (12 fev. 2002)

INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS. **População base de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Ilha de Timor): melhoramento genético de *Eucalyptus urophylla* S. T.Blake.**

<<http://www.ipef.br/pesquisa/experimentos/medicoes/a0500595.prn>> (12 fev. 2002).

IKEMORI, Y.K.; CAMPINHOS, E. Produção de sementes de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* por polinização aberta - Resultados preliminares. **Silvicultura**. v. 8, n.28, p. 306-308, 1983.

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. 82 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Paraná.

JANKOWSKY, I.P. Manufatura de painéis compensados com madeira de *Eucalyptus* spp: resultados preliminares. Piracicaba: ESALQ. **IPEF**, n. 82, 4 p. 1979.

JANKOWSKY, I.P. Manufatura de painéis compensados com *Eucalyptus*: caracterização de diversas espécies. **IPEF**, p. 821 – 824, 1983.

JANKOWSKY, I.P. Variação da resistência à flexão estática do compensado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em função da quantidade de extensor e tempo de montagem. **IPEF**, n. 124, p. 43 – 55, 1980.

KEINERT JÚNIOR. Atualidades e perspectivas da utilização da madeira de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. para a produção de painéis no Brasil e no exterior. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, Belo Horizonte, 1993. Belo Horizonte: SIF; UFV; DEF, 1993. **Anais**. p. 227 – 239.

- KOLLMANN, F.F.P., KUENZI, E.W., STAMM, A.J. Principles of wood science and technology. **Wood Based Materials**. v. 2, p. 703, 1975.
- LUTZ, J. F. Techniques for peeling, slicing and drying veneer. **Forest Service FPL**, n.228. p. 1 – 64, 1974.
- MACEDO, A.R.P.; ROQUE, C.A.L. Painéis de Madeira. **BNDES Setorial**. n. 6, p. 117 – 132, 1997.
- MALAN, F.S. The properties and sawn board quality of The *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid. **South African Forestry Journal**, n. 188, p. 29 – 35, 2000.
- MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**. v. 46, n. 2, p. 19 – 26, 1996.
- MATOS, J.L.M. Estudos sobre a produção de Painéis Estruturais de Lâminas Paralelas de *Pinus taeda* L. Curitiba, 1997. 117 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.
- 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. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
- MERCADO e comercialização de madeira. **Revista da Madeira**, n. 45. p. 30 – 33, 1999.
- NAHUZ, M.A.R.; WATAI, L.T. Uma visão ampla dos materiais à base de madeira no Brasil. **Silvicultura**, n. 75, p. 34 – 38, 1998.

NIELSEN, I.R. Utilização da madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus grandis* na confecção de vigas laminadas coladas. Curitiba, 1998. 109 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Paraná.

NO EUCALIPTO a opção de futuro. **Revista da Madeira**, n. 31. p. 36 – 39.

NOACK, D. Problemas com a Utilização de Madeiras de Folhosas Tropicais e Madeiras de Povoamentos Artificiais de Rápido Crescimento na Indústria de Aglomerados e Compensados. In: SEMINÁRIO DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS TROPICAIS DE POVOAMENTOS ARTIFICIAIS NA INDÚSTRIA MADEIREIRA. Curitiba, 1998. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1978. p. 71 – 79.

OLIVEIRA, E.T. Análise setorial das exportações brasileiras de lâminas, compensados, chapas de fibras e madeira aglomerada. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, Curitiba, 1988. **Anais**. Curitiba: Embrapa, 1988. p. 213 – 234.

PEREYRA, O. Avaliação de madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados. Piracicaba, 1994. 87 p. Dissertação (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. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. New York: Chapman & Hall. 1991. 494 p.

- TUOTO, M. MIYAKE, N. A indústria de painéis de madeira supera as expectativas. **Informativo STCP**, n. 4, p. 20 – 22, 2000. <<http://www.stcp.com.br>>. (06 fev. 2002.)
- TAMMELA, K. Laminated veneer lumber (LVL) manufacturing. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO. 1., Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Belo Horizonte: SIF; UFV; DEF. 1998. p. 271.
- TOMASELLI, I. Produção de compensados e laminados na Bacia Amazônica: Uma atrativa oportunidade de investimento. In: MESA REDONDA - OPORTUNIDADES E LIMITAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA BASEADA EM MADEIRA TROPICAIS NA AMÉRICA LATINA, Brasília, 1989. Brasília: IBDF; ITTO, 1989. p. 225 - 244.
- TOMASELLI, I. A indústria de painéis compensados no Brasil e no mundo: tendências de mudanças do perfil de produção e usos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Belo Horizonte: SIF; UFV; DEF. 1998. p. 55 – 64.
- TOMASELLI, I.; SCHEFFER, L.F. A reação do compensado. **Revista da Madeira**, n. 45, p. 10 – 14, 1999
- VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. **Boletim Técnico – SIF**, n. 1, p. 1 – 21, 1984.

WALKER, J.C.F. **Primary wood processing:** principles and practice. London: Chapman & Hall, 1993. 595 p.

ZUGMAN, I.C. Painel geral sobre a produção de compensados. **Silvicultura**, v. 15, n. 55, p. 12 – 18, 1994.

ZUGMAN, I.C. Estrutura das indústrias e comércio de madeira compensada e laminada no Brasil e no mundo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1.; ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., Belo Horizonte, 1998. **Anais.** Belo Horizonte: SIF; UFV; DEF. 1998. p. 49 – 54.

APÊNDICES

Apêndice 1

Tabela 38. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável massa específica.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	0.00920417	0.00920417	10.09	0.0059 *
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.00093750	0.00093750	1.03	0.3259 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	0.00183750	0.00183750	2.01	0.1751 ^{NS}
A – B	1	0.00000417	0.00000417	0.00	0.9470 ^{NS}
A – C	1	0.00020417	0.00020417	0.22	0.6426 ^{NS}
B – C	1	0.00020417	0.00020417	0.22	0.6426 ^{NS}
A – B – C	1	0.00010417	0.00010417	0.11	0.7399 ^{NS}
ERRO	16	0.01460000	0.00091250		
TOTAL	23	0.02709583			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Apêndice 2

Tabela 39. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável teor de umidade.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	0.02870417	0.02870417	0.40	0.5362 ^{NS}
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.12470417	0.12470417	1.74	0.2062 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	0.15843750	0.15843750	2.21	0.1569 ^{NS}
A – B	1	0.05703750	0.05703750	0.79	0.3861 ^{NS}
A – C	1	0.06303750	0.06303750	0.88	0.3628 ^{NS}
B – C	1	0.18903750	0.18903750	2.63	0.1243 ^{NS}
A – B – C	1	0.07370417	0.07370417	1.03	0.3262 ^{NS}
ERRO	16	1.14933333	0.07183333		
TOTAL	23	1.84399583			

NS = não significativo

Apêndice 3

Tabela 40. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável absorção superficial de água.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	176.692267	176.692267	5.63	0.0306 *
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.26881667	0.26881667	0.01	0.9274 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	295.261350	295.261350	9.40	0.0074 *
A – B	1	19.3680667	19.3680667	0.62	0.4437 ^{NS}
A – C	1	41.6066667	41.6066667	1.33	0.2666 ^{NS}
B – C	1	0.12041667	0.12041667	0.00	0.9514 ^{NS}
A – B – C	1	12.4992667	12.4992667	0.40	0.5370 ^{NS}
ERRO	16	502.327133	31.3954458		
TOTAL	23	1048.14398			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Tabela 41. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável absorção total de água.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	144.795938	144.795938	15.66	0.0011 *
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.56733750	0.56733750	0.06	0.8075 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	19.7472042	19.7472042	2.14	0.1632 ^{NS}
A – B	1	12.6876042	12.6876042	1.37	0.2585 ^{NS}
A – C	1	27.3707042	27.3707042	2.96	0.1046 ^{NS}
B – C	1	4.53270417	4.53270417	0.49	0.4938 ^{NS}
A – B – C	1	0.00050417	0.00050417	0.00	0.9942 ^{NS}
ERRO	16	147.898000	9.24362500		
TOTAL	23	357.599996			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Apêndice 4

Tabela 42. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável inchamento mais recuperação em espessura.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	0.27735000	0.27735000	0.39	0.5409 ^{NS}
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.20166667	0.20166667	0.28	0.6015 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	5.49126667	5.49126667	7.73	0.0134 *
A – B	1	0.07706667	0.07706667	0.11	0.7462 ^{NS}
A – C	1	0.01126667	0.01126667	0.02	0.9014 ^{NS}
B – C	1	0.26881667	0.26881667	0.38	0.5471 ^{NS}
A – B – C	1	0.81401667	0.81401667	1.15	0.3003 ^{NS}
ERRO	16	11.3684000	0.71052500		
TOTAL	23	18.5098500			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Tabela 43. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável recuperação em espessura.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	0.12326667	0.12326667	0.21	0.6502 ^{NS}
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.38001667	0.38001667	0.66	0.4290 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	3.22666667	3.22666667	5.59	0.0310 *
A – B	1	0.10666667	0.10666667	0.18	0.6730 ^{NS}
A – C	1	0.54601667	0.54601667	0.95	0.3452 ^{NS}
B – C	1	0.00666667	0.00666667	0.01	0.9157 ^{NS}
A – B – C	1	0.00601667	0.00601667	0.01	0.9199 ^{NS}
ERRO	16	9.23486667	0.57717917		
TOTAL	23	13.6301833			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Apêndice 5

Tabela 44. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável resistência da linha de colagem ao esforço de cisalhamento sob condição seca.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	0.29040000	0.29040000	4.79	0.0437 *
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.00166667	0.00166667	0.03	0.8703 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	0.03226667	0.03226667	0.53	0.4760 ^{NS}
A – B	1	0.01041667	0.01041667	0.17	0.6839 ^{NS}
A – C	1	0.01401667	0.01401667	0.23	0.6370 ^{NS}
B – C	1	0.06615000	0.06615000	1.09	0.3116 ^{NS}
A – B – C	1	0.05226667	0.05226667	0.86	0.3667 ^{NS}
ERRO	16	0.96920000	0.06057500		
TOTAL	23	1.43638333			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Tabela 45. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento sob condição úmida.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	0.01815000	0.01815000	0.23	0.6363 ^{NS}
GRAMATURA DE COLA (B)	1	0.04506667	0.04506667	0.58	0.4586 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	0.14106667	0.14106667	1.81	0.1978 ^{NS}
A – B	1	0.02406667	0.02406667	0.31	0.5866 ^{NS}
A – C	1	0.00540000	0.00540000	0.07	0.7960 ^{NS}
B – C	1	0.04001667	0.04001667	0.51	0.4845 ^{NS}
A – B – C	1	0.01041667	0.01041667	0.13	0.7198 ^{NS}
ERRO	16	1.25000000	0.07812500		
TOTAL	23	1.53418333			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Apêndice 6

Tabela 46. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de elasticidade (MOE) paralelo.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	61201.9600667	61201.9600667	0.17	0.6887 ^{NS}
GRAMATURA DE COLA (B)	1	405423.219267	405423.219267	1.10	0.3093 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	706518.398017	706518.398017	1.92	0.1847 ^{NS}
A – B	1	81.6228166700	81.6228166700	0.00	0.9883 ^{NS}
A – C	1	584550.821400	584550.821400	1.59	0.2254 ^{NS}
B – C	1	1054036.50667	1054036.50667	2.87	0.1098 ^{NS}
A – B – C	1	997878.445350	997878.445350	2.71	0.1189 ^{NS}
ERRO	16	5882249.50159	367640.593849		
TOTAL	23	9691940.47518			

NS = não significativo.

Tabela 47. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de elasticidade (MOE) perpendicular.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	220140.753067	220140.753067	4.15	0.0585 ^{NS}
GRAMATURA DE COLA (B)	1	29186.1901500	29186.1901500	0.55	0.4689 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	23844.2496000	23844.2496000	0.45	0.5120 ^{NS}
A – B	1	119240.884267	119240.884267	2.25	0.1532 ^{NS}
A – C	1	60010.0004167	60010.0004167	1.13	0.3032 ^{NS}
B – C	1	42797.5712667	42797.5712667	0.81	0.3823 ^{NS}
A – B – C	1	19195.3328167	19195.3328167	0.36	0.5558 ^{NS}
ERRO	16	848368.026399	53023.0016499		
TOTAL	23	1362783.00798			

NS = não significativo.

Apêndice 6

Tabela 48. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de ruptura (MOR) paralelo.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	393.660000	393.660000	21.34	0.0003 *
GRAMATURA DE COLA (B)	1	61.0566000	61.0566000	3.31	0.0876 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	3.16826667	3.16826667	0.17	0.6841 ^{NS}
A – B	1	4.71706667	4.71706667	0.26	0.6200 ^{NS}
A – C	1	58.9066667	58.9066667	3.19	0.0929 ^{NS}
B – C	1	2.35626667	2.35626667	0.13	0.7255 ^{NS}
A – B – C	1	34.3682667	34.3682667	1.86	0.1912 ^{NS}
ERRO	16	295.164067	18.4477542		
TOTAL	23	853.397200			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.

Tabela 49. Análise de variância dos fatores de tratamento para a variável módulo de ruptura (MOR) perpendicular.

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	PROBABILIDADE
CLONE (A)	1	66.0016667	66.0016667	8.50	0.0101 *
GRAMATURA DE COLA (B)	1	8.02726667	8.02726667	1.03	0.3244 ^{NS}
TEMPO DE PRENSAGEM (C)	1	9.37500000	9.37500000	1.21	0.2881 ^{NS}
A – B	1	1.41135000	1.41135000	0.18	0.6755 ^{NS}
A – C	1	2.89815000	2.89815000	0.37	0.5498 ^{NS}
B – C	1	26.7548167	26.7548167	3.45	0.0819 ^{NS}
A – B – C	1	0.14726667	0.14726667	0.02	0.8922 ^{NS}
ERRO	16	124.230933	7.76443333		
TOTAL	23	238.846450			

NS = não significativo

* = significativo à 95% de probabilidade.