

NABOR DA SILVEIRA PIO

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours)  
E *Eucalyptus robusta* (Smith) NA PRODUÇÃO DE  
PAINÉIS COMPENSADOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de "Mestre em Ciências Florestais".

Orientador: Prof. Dr. Sidon Keinert Junior

CURITIBA  
1996

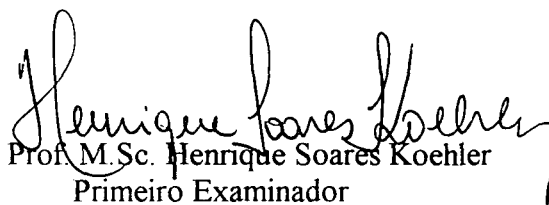
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

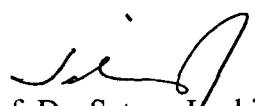
**P A R E C E R**

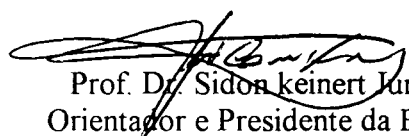
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **NABOR DA SILVEIRA PIO**, sob o título “**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) E *Eucalyptus robusta* (Smith) NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS COMPENSADOS**”, para obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação, com média final: ( *9,50* ), correspondente ao conceito: ( *A* ).

Curitiba, 30 DE AGOSTO DE 1996

  
Prof. M.Sc. Henrique Soares Koehler  
Primeiro Examinador  
UFPR

  
Prof. Dr. Setsuo Iwakiri  
Segundo Examinador  
UFPR

  
Prof. Dr. Sidon Keinert Junior  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR

*Aos meus pais **MARIA HELENA e NABOR PIO***

*pele incansável apoio e estímulo*

*e aos meus irmãos*

***CLÁUDIA HELENA e***

***MAURO CÉLIO***

*DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Sidon Keinert Junior, pela amizade, orientação e incentivo durante a elaboração deste trabalho.

Ao professor co-orientador Henrique Soares Koehler, pela amizade e suas valiosas contribuições.

Ao professor co-orientador Setsuo Iwakiri pela amizade e sugestões apresentadas.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela aceitação no referido curso.

A Fundação Universidade do Amazonas, pela liberação e apoio na execução deste trabalho.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte financeiro para realização do curso.

As indústrias Karson, Selectas Ind. Com. de Madeiras, por permitirem a utilização das instalações de suas plantas industriais.

A indústria Alba Química por ter cedido gentilmente as resinas para produção dos adesivos.

Ao Eng. Florestal Renato Maciel pela amizade e sugestões apresentadas ao trabalho.

Ao funcionário Ademir pela valiosa contribuição na coleta do material, bem como na produção dos painéis.

Aos funcionários Vitor e Antônio da marcenaria da Escola de Florestas pelo esforço na produção dos corpos de prova.



A equipe de campo da Fazenda Experimental de Rio Negro pelo grande trabalho na coleta do material.

Aos amigos, Janieire, Edvá, Carmen Lúcia, João Vicente, Cícero, Paulo de Tarso, Valeska, GB, Luis Fernando, Araci, Elias, Fernando, Délia, Santini, Sérgio, Torreão, Verônica, Ulisses, Alcir, Brandão, Versides, Coutinho, Jacob, Antônio Carlos, Irau, Dimas, Tokitika, Edinelson, Brito, Carmen Suely, Cleverson, Humberto Ângelo, e aos demais amigos e professores que emprestaram sua amizade e apoio durante a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

NABOR DA SILVEIRA PIO, filho de Nabor Salles Pio e Maria Helena da Silveira Pio, nasceu em Manaus, em 10 de abril de 1966.

Realizou estudos primários no Colégio Brasileiro Manaus, cursou o primeiro grau na Escola Salesiana Domingos Sávio, e o segundo grau na Escola Técnica Federal do Amazonas.

Iniciou os estudos de graduação na Universidade do Amazonas em 1984, e em 1986 transferiu-se para a Universidade Federal do Paraná, obtendo o título de Engenheiro Florestal em outubro de 1989.

Em outubro de 1990 através de concurso público foi admitido na Fundação Universidade do Amazonas como professor.

Em março de 1993, foi aceito no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de Concentração Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, nível de Mestrado, da Universidade Federal do Paraná.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<b>1 <u>INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>2 <u>REVISÃO DE LITERATURA</u></b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DOS <i>Eucalyptus spp.</i></b> .....	<b>4</b>
2.1.1 DESTINO DA MADEIRA DE EUCALIPTO.....	7
<b>2.2 ORIGEM DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO</b> .....	<b>9</b>
2.2.1 NEUTRALIZAÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO.....	13
<b>2.3 PRODUÇÃO DE LÂMINAS</b> .....	<b>17</b>
2.3.1 MADEIRA.....	17
2.3.2 AQUECIMENTO DAS TORAS.....	19
2.3.2.1 Efeito do Diâmetro no Aquecimento.....	21
2.3.2.2 Efeito do Conteúdo de Umidade e Peso Específico.....	23
2.3.2.3 Influência do Meio de Aquecimento.....	24
2.3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO AQUECIMENTO.....	25
2.3.4 TORNO DESENROLADOR.....	27
2.3.4.1 Lâminas de Madeira.....	27
2.3.5 SECAGEM DAS LÂMINAS.....	31
<b>2.4 MANUFATURA DO COMPENSADO</b> .....	<b>33</b>
2.4.1 COLAGEM.....	33
2.4.2 CRITÉRIOS PARA COLAGEM ADEQUADA.....	34
2.4.3 EXTENSORES.....	37

2.4.4 CONDIÇÕES DE PRENSAGEM.....	38
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	41
3.2 COLETA DO MATERIAL.....	42
3.3 TRATAMENTO DE TOPO.....	43
3.4 AVALIAÇÃO DAS RACHADURAS DE TOPO.....	44
3.5 AQUECIMENTO DAS TORAS.....	46
3.6 LAMINAÇÃO DE TORAS.....	46
3.7 SECAGEM DAS LÂMINAS.....	47
3.8 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DA LAMINAÇÃO.....	48
3.9 PRODUÇÃO DOS COMPENSADOS.....	50
3.10 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS.....	53
3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
4.1 DENSIDADE BÁSICA.....	57
4.2 ANÁLISE DAS RACHADURAS DE TOPO.....	58
4.3 RENDIMENTO NO FAQUEAMENTO E DESENROLAMENTO.....	60
4.4 QUALIDADE DAS LÂMINAS.....	66
4.5 PROPRIEDADE DOS PAINÉIS.....	68
4.5.1 INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO DA ESPESSURA.....	69
4.5.2 RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA.....	76
4.5.3 RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO.....	83
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>90</b>
ANEXOS	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

## LISTA DE TABELAS

1	TEMPO DE AQUECIMENTO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DA PRENSA.....	38
2	FATORES QUE INFLUEM NA PRESSÃO DA PRENSA.....	40
3	TRAÇAMENTO NO CAMPO E UTILIZAÇÃO DAS TORAS.....	42
4	CICLO DE PRENSAGEM.....	52
5	FORMULAÇÃO DOS ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL FORMOL.....	53
6	NORMA UTILIZADA NA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS MECÂNICOS DOS PAINÉIS.....	54
7	FATORES, NÍVEIS E VALORES APLICADOS NOS TRATAMENTOS POR ADESIVO.....	55
8	TRATAMENTOS APLICADOS NA CONFECÇÃO DOS PAINÉIS.....	56
9	CORPOS DE PROVA POR ENSAIO.....	56
10	VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE BÁSICA EM (g/cm <sup>3</sup> ) POR ESPÉCIE.....	57
11	MÉDIA DAS RACHADURAS DE TOPO POR ESPÉCIE.....	58
12	MÉDIAS DAS RACHADURAS POR CLASSE DE DIÂMETRO.....	59
13	TABELA DE CONTIGÊNCIA ENTRE TORAS TRATADAS E NÃO TRATADAS, E EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO.....	60
14	DAP (c/c; s/c), ALTURA COMERCIAL E TOTAL DAS ÁRVORES.....	60

15	RENDIMENTO OBTIDO COM O FAQUEAMENTO POR ESPÉCIE.....	61
16	APROVEITAMENTO EM PORCENTAGEM NO FAQUEAMENTO.....	62
17	DIÂMETROS EM (cm) DAS TORAS MEDIDO NOS TOPOS MAIOR E MENOR.....	63
18	DIÂMETROS DAS TORAS ARREDONDADAS E ROLO RESTO APÓS O DESENROLAMENTO.....	64
19	VOLUMES MÉDIOS POR ESPÉCIE ENTRE AS DIFERENTES OPERAÇÕES INDUSTRIAIS.....	64
20	PERDAS PERCENTUAIS MÉDIAS NAS DIFERENTES OPERAÇÕES DURANTE O DESENROLAMENTO.....	65
21	NÚMERO DE LÂMINAS OBTIDAS DAS DIFERENTES QUALIDADES SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DA ABIMCE. VALORES AGRUPADOS POR ESPÉCIE.....	66
22	COMPARAÇÃO DOS RENDIMENTOS MÉDIOS DO DESENROLADO COM OS DE OUTROS AUTORES.....	67
23	VALORES DE VISCOSIDADE E pH POR TRATAMENTO.....	68
24	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> ADESIVOS URÉIA- FORMOL E FENOL-FORMOL.....	93
25	VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> EM (%) ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL- FORMOL.....	70

26	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	93
27	VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> EM (%) ADESIVO URÉIA FORMOL E FENOL-FORMOL.....	72
28	COMPARAÇÃO DOS VALORES DE INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA OBTIDOS NESTE TRABALHO, COM VALORES ENCONTRADOS NA LITERATURA.....	75
29	PESO ESPECÍFICO MÉDIO DOS PAINÉIS POR ESPÉCIE, TRATAMENTO E ADESIVO .....	76
30	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	94
31	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	94
32	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> EM (N/mm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	78
33	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	95

34	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	95
35	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> EM (N/mm <sup>2</sup> ) ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL FORMOL.....	81
36	COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA DESTE TRABALHO, COM VALORES OBTIDOS POR DIFERENTES AUTORES.....	83
37	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CISALHAMENTO PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	96
38	VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO E ÚMIDO PARA <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> EM (N/mm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	84
39	ESTATÍSTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO SECO PARA <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> E <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	85
40	RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CISALHAMENTO PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	96
41	VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO E ÚMIDO PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> EM (N/mm <sup>2</sup> ) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	86



42	ESTATÍSTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO ÚMIDO PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> E <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.....	87
43	COMPARAÇÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA OBTIDOS DESTA PESQUISA, COM OUTROS ENCONTRADOS NA LITERATURA.....	88

## LISTA DE FIGURAS

1	DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES E TORAS.....	11
2	TÉCNICAS DE CORTE UTILIZANDO O ANELAMENTO COM MOTOSSERRA VISANDO ALÍVIO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO NO TOPO DAS TORAS.....	15
3	RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO E O TEMPO DE AQUECIMENTO.....	22
4	DISCOS E TRAÇAMENTO APLICADO NAS ÁRVORES.....	43
5	TRATAMENTOS DE TOPO APLICADO NAS TORAS.....	44
6	PROJEÇÃO DO CORTE DE TOPO DE UMA TORA ONDE FORAM EFETUADAS AS AVALIAÇÕES DAS RACHADURAS. NO DETALHE AS SECÇÕES A, B e C.....	45
7	ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA PARA, FLEXÃO ESTÁTICA; LINHA DE COLA; INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO DA ESPESSURA.....	54
8	RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA PARA <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> ADESIVO FENOL-FORMOL.....	71
9	INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVO URÉIA-FORMOL.....	73
10	RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA PARA O <i>EUCALYPTUS ROBUSTA</i> ADESIVO FENOL-FORMOL.....	73
11	MÓDULO DE RUPTURA PERPENDICULAR A GRÃ PARA O <i>EUCALYPTUS SCABRA</i> ADESIVO FENOL-FORMOL.....	79

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a madeira do *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e do *Eucalyptus robusta* (Smith) como fonte de matéria prima para laminação e produção de compensados. A madeira foi proveniente de plantios experimentais da fazenda Rio Negro da Universidade Federal do Paraná com aproximadamente 30 anos. O número total de árvores coletadas foram seis, três por espécie. Ainda no campo as toras receberam tratamentos de topo, anelamento com motosserra, cintamento metálico e selador no sentido de minimizar as tensões de crescimento. O delineamento foi completamente casualizado com arranjo fatorial dos dados, sendo a análise realizada por espécie. As lâminas foram produzidas nas Indústrias Karson para o laminado e na Selectas S/A Ind. e Com. de Madeiras para o faqueado. A espessura para o laminado foi de 2,00 mm, enquanto que para o faqueado foi de 0,6 mm. A qualidade das lâminas está de acordo com a norma da ABIMCE. Foram estudados dois tempos de prensagem (8 e 12 minutos) e as temperaturas de prensagem foram divididas por resinas, uréia-formol (105 e 120 °C) e fenol-formol (135 e 150 °C) com um total de dezesseis tratamentos, sendo oito por espécie. Foram produzidos oitenta painéis de 0,50 x 0,50 m. Os valores médios da densidade básica para o *Eucalyptus scabra* foi de 0,644 (g/cm<sup>3</sup>), enquanto que o *Eucalyptus robusta* 0,565 (g/cm<sup>3</sup>), consideradas similares a valores encontrados na literatura. As perdas observadas com laminação são próximas a do *Pinus elliottii* estudado por MEDINA (1986), 63,53 % para o *Eucalyptus scabra*, e 56,00 % para o *Eucalyptus robusta*. O rendimento obtido na operação de faqueamento foi baixo quando comparado com outras espécies de folhosas. O rendimento do laminado para o *Eucalyptus scabra* foi de 36,47 % e para o *Eucalyptus robusta* de 44,00 %. No faqueamento o rendimento encontrado para o *Eucalyptus scabra* foi de 69,66 % enquanto que para o *Eucalyptus robusta* foi de 80,90 %. O valor encontrado para os ensaios de recuperação em espessura para o adesivo fenol-formol *Eucalyptus scabra* foi 3,03 %. Para o *Eucalyptus robusta* adesivo uréia-formol o inchamento mais recuperação em espessura foi de 11,04 %. Para o adesivo fenol-formol a porcentagem de recuperação em espessura foi de 4,48 %. O ensaio de flexão estática apresentou valores para o MOE, sentido paralelo a grã adesivo uréia-formol, superiores a 17500 N/mm<sup>2</sup>, e para o MOR os valores foram superiores a 96,00 N/mm<sup>2</sup>. Com o adesivo fenol-formol, sentido paralelo a grã, os valores do MOE e MOR foram superiores a 18700 N/mm<sup>2</sup> e 90,00 N/mm<sup>2</sup>, respectivamente. No sentido perpendicular a grã, adesivo uréia-formol, o MOE apresentou valores superiores a 5800 N/mm<sup>2</sup>, enquanto que o MOR acima de 41,00 N/mm<sup>2</sup>. Para o adesivo fenol-formol os valores do MOE e MOR foram superiores a 4200 N/mm<sup>2</sup> e 43,00 N/mm<sup>2</sup> para as duas espécies. No ensaio de resistência ao cisalhamento os fatores examinados não apresentaram diferenças significativas para ambas espécies e adesivos, e os valores de porcentagem de falha na madeira tanto para o ensaio úmido quanto o seco estão de acordo com a norma American Plywood Association U.S. Product standart PS 1-74. Com os resultados obtidos, os painéis produzidos possuem potencial para serem utilizados comercialmente.

## ABSTRACT

The present work has as objective to appraise the *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) and *Eucalyptus robusta* (Smith) wood as a source of raw material for the veneering and plywood production. The wood came from Rio Negro farm experimental planting of Federal University of Parana wich is about 30 years old. The total of colected trees were six, there of each species. Still yet in praire the logs got top treatement, chain saw girdling metalic belting and sealing agent in a sence to minimize the growing. The layout was completly casually with the data factorial arrange, being the analizes realized by species. The blades were made in the Karson Industries for the veneer and the knife cutting were made in Selectas S/A Industria de Madeira. The veneer thickness was 2.0 mm, while the knife cutting was 0.6 mm. The veneer quality is in agreement with the ABIMCE standarts. There were studied two times of pressing (8 and 10 minutes) and the pressing temperaturee were divided by resin, urea formaldeyde (105 and 120 °C) and phenol formaldeyde (135 and 150 °C) with a total of 16 treatments, being eighth by species. There were produced 80 pannels of 0.50 m x 0.50 m x 0.01 m. The avarege values of the basic density for the *Eucalyptus scabra* was 0.644 (g/cm<sup>3</sup>), while the *Eucalyptus robusta* was 0.565 (g/cm<sup>3</sup>), considered similars with the values found in the literature. The observed losts with veneering are close to the *Pinus elliottii* studied by MEDINA (1986), 63.53 % to the *Eucalyptus scabra* and 56.0 % to the *Eucalyptus robusta*. The obtained return in the knife cutting operation was low when compared with the other hardwood especies. The veneer return for the *Eucalyptus scabra* was 36.46 % and for the *Eucalyptus robusta* was 44.00 %. The knife cutting operation return found for the *Eucalyptus scabra* was 69.66 %, while the *Eucalyptus robusta* was 80.90 %. The found value for the thickness recovering essays for the *Eucalyptus scabra* phenol formaldeyde adhesive was 3.03 %. And for the *Eucalyptus robusta* phenol formaldeyde adhesive, the tickness recovering was 11.04 %. For the phenol formaldeyde adhesive the tickness recovering was 4.48 %. The static flex essay presented values for the MOE, parallel sence to the gran adhesive urea formaldeyde, higher than 17,500 N/mm<sup>2</sup>, and for the MOR the values found were higher 96.00 N/mm<sup>2</sup>. With the phenol formaldeyde adhesive, parallel to the gran, the MOE and MOR values were higher than 18,700 N/mm<sup>2</sup> and 90.00 N/mm<sup>2</sup> respectivelly. In the upright sence to the gran, urea formaldeyde adhesive, the MOE presented values higher than 5,800 N/mm<sup>2</sup>, while the MOR presented values higher than 41.00 N/mm<sup>2</sup>. And for the phenol formaldeyde adhesive the MOE and MOR values were higher than 4,200 N/mm<sup>2</sup> for the both species. In the resistence essay for the splitting the examined factors did not present significant diferences species and adhesives, and the wood flaw values percentage as the humid essay as the dry essay are in the agreement with the American Plywood Association U.S. Product Standart PS 1-74 standarts. With the obtained results the produced pannel have potential to be commercilly utilized.

## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* tem papel fundamental no desenvolvimento sócio-econômico do setor industrial florestal brasileiro. Sua madeira pode ser considerada como uma das melhores opções de matéria-prima para a indústria madeireira pelas suas características físicas e mecânicas, podendo ser utilizada para diversos fins como madeira serrada, laminada, faqueada, celulose, carvão, moirões, dentre outros.

No Brasil a madeira do gênero *Eucalyptus*, destina-se na sua grande maioria à produção de celulose, carvão (energia), postes e outros usos menos nobres, sendo incipiente a sua utilização em painéis de madeira.

O gênero *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil, oriundo da Austrália, por volta de 1910 através de Edmundo Navarro de Andrade, funcionário da Companhia Paulista de Estrada de Ferro, e desde então vem sendo usado em larga escala pela indústria madeireira.

Na atualidade existe um grande interesse por este gênero pela multiplicidade de usos e seu rápido crescimento. No entanto, apesar das amplas possibilidades de utilização, sua madeira é pouco aproveitada no Brasil, isto deve-se, em parte, à presença de certas características indesejáveis tais como: elevada retratibilidade, ocorrência do colapso durante a secagem e principalmente pela presença das tensões de crescimento.

Hoje, pesquisas são desenvolvidas visando minimizar as tensões de crescimento através de técnicas como a do anelamento do topo, cintamento metálico dos topos das toras, dentre outras, o que irá gerar um maior

aproveitamento deste gênero, tanto no desdobro quanto na laminação de toras para produção de painéis compensados.

PEREYRA (1994, p.2) estudando *Eucalyptus dunnii*, cita que entre as espécies de eucaliptos que tiveram adaptação na manufatura de compensado destaca-se o *Eucalyptus grandis*, que vem sendo plantado em grande escala no Brasil e na Argentina. E que, esta espécie também vem sendo estudada quanto as suas propriedades físicas e mecânicas, assim como o seu comportamento na produção de lâminas para painéis compensados.

Outro agravante no que tange o uso do eucalipto, é a falta de informações por parte das indústrias do setor sobre o processamento mecânico mais adequado, o que impede melhor aproveitamento desta matéria-prima. Contudo, existe sem dúvida uma necessidade de maiores estudos, a fim de utilizar em grande escala a madeira do eucalipto.

O presente trabalho gera informações concretas quanto ao uso correto da madeira do *Eucalyptus scabra* e do *Eucalyptus robusta*, para painéis compensados de cinco lâminas, com técnicas que minimizam defeitos como as tensões de crescimento, tornando-o viável à indústria, bem como auxilia na difusão dos reflorestamentos com esta espécie de fundamental importância econômica, inclusive agregando maior valor a seus produtos acabados.

## OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo geral avaliar a madeira do *Eucalyptus scabra* e do *Eucalyptus robusta*, como fonte de matéria prima para a produção de compensados. E como objetivos específicos:

### Objetivos Específicos

- a) determinar a eficiência das técnicas aplicadas para minimizar as rachaduras de topo provenientes das tensões de crescimento;
- b) determinar o rendimento nas operações de desenrolamento e faqueamento;
- c) estudo do ciclo de prensagem para a colagem;
- d) contribuir para o conhecimento da madeira laminada do *Eucalyptus ssp.*

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DOS *Eucalyptus spp*

Com a acelerada devastação florestal do Sul do Brasil, em especial a do Estado do Paraná, nas últimas décadas, houve a necessidade de implantar florestas de rápido crescimento para garantir o abastecimento das indústrias já implantadas, com matéria prima e oferecer perspectivas de suprimento satisfatório às futuras empresas que venham a se instalar no país.

A grande adaptabilidade dos eucaliptos faz com que estes sejam um dos gêneros mais utilizados em grande escala, dentre todos aqueles introduzidos até agora no Brasil Sobre isso GOLFARI<sup>1</sup>, citado por RESTREGO; STOHR (1983, p.497) observa, que as coníferas predominam na região Temperada Sul e os eucaliptos na região Subtropical do Brasil, e que esta distribuição não se deve segundo às limitações ecológicas, porque existem espécies de diferentes gêneros adaptáveis às duas regiões, mas sim, à falta de conhecimento dessas outras espécies.

Entre as espécies de eucaliptos mais utilizados na região sul, encontra-se o *E. grandis* e *E. saligna* no Estado de São Paulo e o *E. viminalis* nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GOLFARI; PINHEIRO NETO, 1970 p.5).

---

<sup>1</sup> GOLFARI, L. Esquema de zoneamento ecológico florestal para o Brasil. Belo Horizonte: IBDF, 1974. 12f.



Considerando que a demanda atual de madeira no Brasil encontra-se direcionada, principalmente, para a produção de polpa e papel e, ultimamente em forma crescente para fins mais nobres como laminados e faqueados, dentre outros, as espécies de rápido crescimento em especial os eucaliptos, são indispensáveis para suprir as necessidades do mercado.

Entretanto, nem todas as espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam a mesma adaptação às diferentes condições onde são introduzidas, pois o ambiente de origem da espécie deve corresponder dentro de certos limites ao ambiente de introdução (RESTREGO; STHOR, 1983, p.497)

O eucalipto é uma espécie originária do continente Australiano, sendo suas regiões de ocorrência os Estados de Queensland, New South Wales, Tasmania, South Australia, Western Australia e Northern Territory.

O reconhecimento do potencial econômico do eucalipto iniciou com o cultivo de pequenas plantações no Sul da Europa e Norte da África a aproximadamente 100 anos atrás. Sendo suas espécies de fácil cultivo e adaptabilidade, rápido crescimento, levou a sua introdução em diversos países especialmente aqueles com poucos recursos florestais tornando-se fator de grande importância econômica.

A área plantada com eucalipto, fora da Austrália, cresceu de 0,7 milhões de ha em 1950 para 3,7 milhões de ha em 1974 e continua crescendo rapidamente. O incremento anual destas novas florestas é estimado em 40 milhões de m<sup>3</sup> comparados com 9 milhões derrubados anualmente de cerca de 12 milhões de ha

de florestas comerciais australianas de acordo com FORWOOD<sup>2</sup> citado por KEINERT JUNIOR, (1985, p.5).

Muitas espécies de eucaliptos crescem em solos de baixo teor de nutrientes, mas possuem capacidade de responder com taxas de desenvolvimento. Em solos mais férteis especialmente a níveis altos de nitrogênio e fósforo apresentam ótimos índices de crescimento (KEINERT JUNIOR, 1985, p.6).

A maioria dos eucaliptos não suportam solos alcalinos que tenham grandes quantidades de cálcio livre ou sulfato. O efeito do clima no crescimento dos eucaliptos é tão importante quanto o efeito do solo, e como resultado disto são plantados em grandes quantidades em áreas tropicais e sub-tropicais. CARTES (1974, p.219) relatou rendimentos de 15 m<sup>3</sup>/ha/ano em sítios de baixa qualidade, e de 31,9 m<sup>3</sup>/ha/ano em sítios de alta qualidade.

No Brasil RUDOLPH *et al.* (1978, p.785), relataram taxas de crescimento de 40 m<sup>3</sup> em média para plantações de 7 a 8 anos de idade. Algumas espécies de eucaliptos desenvolvem altos níveis no que se refere a tensões de crescimento, que podem causar fendilhamento severo nas toras, distorções durante o desdobro, e contrações durante a secagem.

As causas destes altos níveis de tensão ainda não são bem entendidas, os fatores suspeitos são: genótipo, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento, e outros. No entanto, é evidente que taxas de crescimento podem ser altas em árvores de rápido crescimento, e menos severas em toras de maior porte do que em toras de menor tamanho da mesma idade.

---

<sup>2</sup> FORWOOD. Report of the forestry and wood based industries development. Camberra: Aust. Govt. Publ. Serv., 1975.

### 2.1.1 DESTINO DA MADEIRA DE EUCALIPTO

De acordo com os relatórios apresentados na 1ª Conferência Mundial do *Eucalyptus*, em Roma (1956), nota-se que existe um padrão de utilização em todos os países onde se verificou uma expansão da área reflorestada, ou com florestas nativas. Com algumas exceções, sua utilização pode hierarquizar-se do seguinte modo:

- a) como madeira para energia, de reduzida importância; lenha, carvão vegetal, e indústria de pasta para papel;
- b) como poste de linha de transmissão telefônica e elétrica após tratamento preservador;
- c) madeira serrada, a partir de espécies onde os defeitos de secagem são menos pronunciados, árvores de grandes dimensões para construção civil e dormentes ferroviários;
- d) madeira serrada, em peças de comprimento e largura reduzidas, cabos de ferramentas, peças torneadas, caixas e outros;
- e) para janelas, portas, carpintaria e móveis.

Registram-se que a utilização da madeira do eucalipto em muitos países avançaram rapidamente até a fase C, enquanto que em outros países não ultrapassaram a fase A. Verifica-se também em alguns países a destilação da folha de algumas espécies, além da extração de óleos, valorizando cada vez mais algumas espécies deste gênero.

A 2ª Conferência Mundial sobre o eucalipto 1961, revelou um intenso esforço de investigação tecnológica no estudo de sua madeira tendo em vista o seu comportamento, tratamento, e melhoria da sua utilização.

Segundo a FAO (1981), a madeira do eucalipto apresenta algumas características indesejáveis, sendo as mais importantes as seguintes:

- a) tensões de crescimento;
- b) contrações na secagem;
- c) colapso;
- d) e as fibras reversas.

Entretanto, esses defeitos podem ser minimizados através de técnicas adequadas.

MAC MILLAN (1978, p.6), informa que na Austrália são utilizados diversos espécies de eucaliptos na manufatura de compensados, alguns com os mais altos padrões de qualidade, mas com baixo rendimento devido as rachaduras de topo originadas das tensões de crescimento.

JANKOWSKI; AGUIAR (1983, p.13), testando seis espécies de *Eucalyptus* na fabricação de compensados, concluíram que o principal problema observado na laminação foi a presença das rachaduras de topo nas toras.

No Brasil, há uma grande variedade de eucaliptos, fato este que irá contribuir para uma possível substituição das folhosas nativas. São plantados principalmente aqueles destinados à produção de lâminas de madeira, madeira serrada, vigas laminadas, e outros produtos, aos quais serão agregados maiores valores.

## 2.2 ORIGEM DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

As tensões de crescimento ocorrem em muitas espécies florestais JACOBS<sup>3</sup>, citado por ROZAS MELLADO (1993, p.5). São características do crescimento natural, das árvores, presentes tanto em folhosas como em coníferas, com menor intensidade para as coníferas, podendo ocorrer no sentido longitudinal, radial e tangencial (WILKINS, 1986).

Para DINWOODIE<sup>4</sup>, citado por LISBÔA (1993, p.8) o aparecimento de tensões de crescimento e deformações na madeira, são decorrentes da eliminação de água pela secagem natural ou provocada.

Ainda DINWOODIE, citado por LISBÔA (1993, p.9), estudando as tensões na madeira de reação, sugeriu que tais tensões eram devido a contração das paredes celulares da madeira em tração, em função do inchamento das mesmas no sentido transversal através da deposição de substâncias sólidas nos espaços laterais intermicelares durante a lignificação. Com o aumento da pressão ocorre o inchamento tanto da parede como da célula e subsequente alteração das microfibrilas.

JACOBS (1938), sugeriu que a origem das tensões de crescimento é o resultado de possível encurtamento da nova camada de crescimento da madeira, e que esse fenômeno da mudança dimensional ocorre num determinado estágio de desenvolvimento da célula.

---

<sup>3</sup>JACOBS, M.R. Stresses and strains in tree trunks as they growth in lengthand width. Leaflet. Commonwealth Australian Departament of National Development. Forestry and Timber Bureau, n.96, p.1-15, 1965.

<sup>4</sup>DINWOODIE, J.M. Growth stresses in timber. A review of literatura. **Forestry**, London, v.39, n.2, p.162-70, 1966

Ainda o mesmo autor, menciona que as tensões de crescimento são causadas por uma reação ao fluxo da seiva, teoria essa que foi contestada mais tarde por BOYD<sup>5</sup>, citado por LISBÔA (1993, p.11) que considerou que as forças de sucção nas árvores são maiores nos topos e, com isso, as tensões deveriam apresentar uma distribuição semelhante, fato esse que não ocorre .

JACOBS<sup>6</sup> citado por KUBLER (1987, p.64), concluiu que a lignificação das paredes celulares é a origem primária das tensões de crescimento, já que as fibras podem alongar-se ou contrair-se como resultado da lignificação em decorrência do próprio crescimento da árvore.

WATANABE (1965) confirmou as descobertas de Boyd, que considerou a polimerização da lignina na parede secundária da célula a causa do inchamento irreversível da parede celular, tanto no sentido longitudinal como transversal, de acordo com o ângulo microfibrilar nas camadas da parede. Em função disso, postulou que as fibras podem alongar-se ou contrair-se como resultado da lignificação.

MALAN (1984, p.15,16), afirma que a ocorrência de fendas (rachaduras) radiais nos topos de árvores recém-abatidas é normal. Elas se iniciam próximas à medula, imediatamente após o corte transversal ou de traçamento, alcançando dimensões máximas após um curto período de tempo, em torno de três dias, podendo se estender de casca a casca e sobre os comprimentos totais da tora, durante o armazenamento.

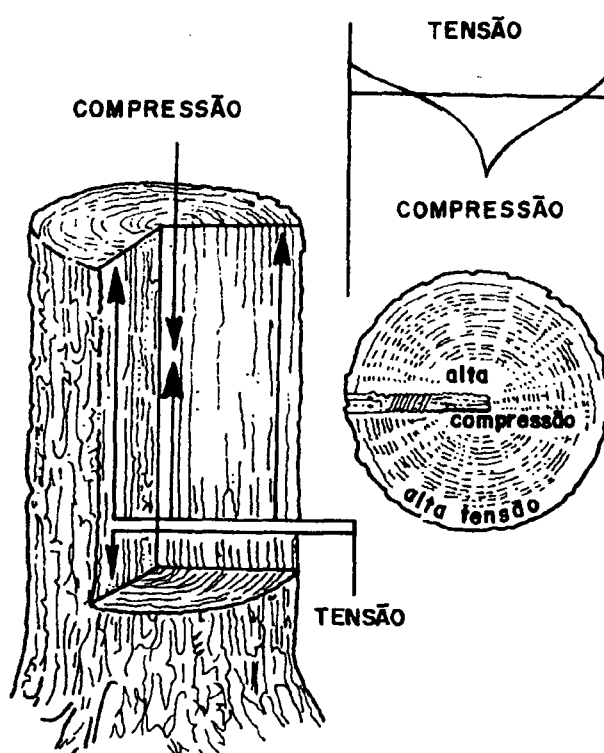
---

<sup>5</sup>BOYD, J.D. The growth stresses: 1 - growth stresses evaluation. *Aust. J. of Sci. Res.*, Serie B, Biological sciences, Melbourne, v.3, p.270-293, 1950a.

<sup>6</sup>JACOBS, M.R. Stresses and strains in tree trunks as they growth in lengthand width. *Leaflet*. Commonwealth Australian Department of National Development. Forestry and Timber Bureau, n.96, p.1-15, 1965.

JACOBS<sup>6</sup>, citado por ROZAS MELLADO (1993, p.7) afirma que os troncos das árvores são submetidos a um ligeiro encurtamento entre dois pontos quaisquer, próximos à periferia e no sentido longitudinal. Com o crescimento em diâmetro, ocorre uma compressão axial na madeira interna em direção à medula e uma progressiva tração na periferia da árvore, mostrado na figura 1.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM ÁRVORES E TORAS



Fonte: MAEGLIN *et al.*, (1983)

Este fenômeno deve-se à incorporação da lignina nos espaços inter-microfibrilares da parede secundária o que induz a uma contração longitudinal da célula como resultado da sua expansão no plano transversal nas camadas de crescimento.

A quantidade de lignina polimerizada é diferente em diferentes áreas das tensões periféricas, (WATANABE, 1965).

JANKOWSKY; AGUIAR (1983), estudaram o comportamento e distribuição das tensões de crescimento nos troncos das árvores de *Eucalyptus spp*, onde observaram mudanças em extensão e tendências a curvaturas das amostras retiradas de pranchões. De suas observações concluíram que a madeira próxima à periferia da árvore estava sob tração longitudinal e no centro, próximo à medula, estava sob compressão.

Para BOYD<sup>5</sup>, JACOBS<sup>6</sup>, citados por ROZAS MELLADO (1993, p.9) a distribuição das tensões de crescimento longitudinal varia de uma tração máxima na periferia até um valor zero por volta de 1/3 a 1/2 do raio, seguindo em compressão crescente até à medula.

Em algumas espécies o aumento do diâmetro e o efeito acumulativo das camadas sucessivas de crescimento em estado de tração, induz a parte central do tronco a uma compressão superior ao seu limite elástico, causando o desenvolvimento de inúmeras fendas de compressão tanto na madeira como nas paredes das células, observadas pela primeira vez na Austrália e denominada de madeira quebradiça (*brittleheart*), de acordo com DINWOODIE<sup>4</sup>, citado por JANKOWSKY; AGUIAR (1983).

As tensões de crescimento podem ser perfeitamente observadas logo após a derrubada da árvore com o aparecimento de rachaduras nos topos das toras, devido o gradiente de tensão longitudinal existente entre o lado interior e exterior do tronco, associada com o efeito das tensões transversais. As tensões de crescimento tangenciais são forças de compressão localizadas próximas à periferia da árvore e



as tensões radiais, que são superiores, estão próximas à medula, havendo um balanceamento entre ambas.

### 2.2.1 NEUTRALIZAÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

O correto para aliviar as tensões internas de crescimento é a utilização de técnicas aplicadas na árvore em pé, para reduzir as rachaduras que ocorrem por ocasião da derrubada da árvore e sua transformação em toras, e também prevenir a existência das falhas internas de compressão e as micro-fendas conhecida como madeira quebradiça.

NICHOLSON (1973, p.123), mostra que a técnica do anelamento do alburno da árvore em pé apresentaram bons resultados na diminuição das rachaduras, porém o longo período de espera da árvore no campo pode trazer alguns inconvenientes para o beneficiamento das toras, como a secagem superficial e ataque de fungos e insetos.

Para MALAN (1984), a utilização de peças metálicas fixadas na face do topo das toras como Gang Nail, prendedores em forma de S e C, após o corte transversal, não reduzem as tensões internas de crescimento, deixando o topo intacto até que o processo de secagem aumente a resistência à tração radial contrabalanceando a tensão interna.

BARNACLE; GOTTSTEIN (1968), testaram três técnicas de anelamento circunferencial com motosserra em toras de *Eucalyptus crypellocarpa* e *Eucalyptus regnans*, conforme figura 2, com o objetivo de aliviar as tensões internas de

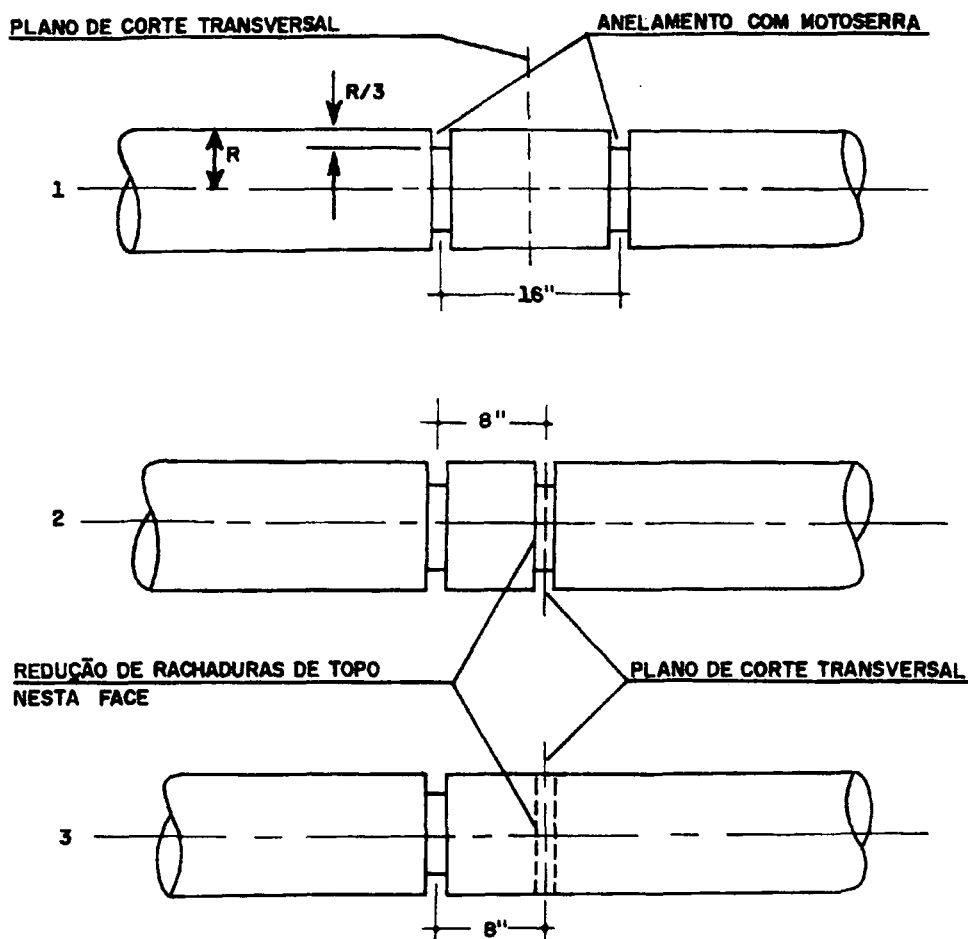
crescimento antes do corte transversal, e concluíram que a primeira técnica resulta na proteção para as faces de ambos os topos expostos pelo corte transversal, e tanto a segunda como a terceira protegem somente uma das faces.

VAN WIK (1978), trabalhando na África do Sul, mostrou que o anelamento circunferencial com motosserra a uma profundidade variando entre 2,5 a 4,0 cm a uma distância do corte transversal correspondente a  $1/3$  do diâmetro, redistribuirá as tensões, podendo ser a tora processada em serraria dentro de um período de 30 dias.

BARNACLE *et al.* (1968) demonstraram que as tensões de secagem interagem com o alívio das tensões de crescimento causando rachaduras, e que em alguns casos estas rachaduras iniciam a menos e 20 minutos após o corte, principalmente quando são utilizadas árvores de eucalipto susceptíveis ao colapso. Este efeito pode ser minimizado por aplicação de soluções nos topos para dificultar a perda de umidade imediatamente após o corte.

No processo de secagem natural, o topo seca mais rápido do que o restante da tora, e começa retrair-se quando a umidade torna-se inferior ao ponto de saturação das fibras. Iniciando neste momento a formação de tensão provocada pela retração concentrada em poucos centímetros de madeira seca. Quando esta tensão for superior a resistência da própria madeira, surgem as rachaduras que vão se aprofundando na tora à medida em que a secagem progride. O fenômeno foi confirmado por CHAFE (1979 p. 217-220).

FIGURA 2 - TÉCNICAS DE CORTE UTILIZANDO O ANELAMENTO COM MOTOSSERRA VISANDO ALÍVIO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO NO TOPO DAS TORAS



Fonte: BARNACLE; GOTTSTEIN, (1968)

SKOLMEN<sup>7</sup> citado por CHAFE (1979, p.212-213), aplicou uma emulsão de cera nos topos, onde concluiu que este tratamento não era tão eficiente quanto a aspersão d'água.

<sup>7</sup>SKOLMEN, R.G. Heating Logs to Relieve Growth Stresses. *For. Prod. J.* v.7:7, 1967.

NICHOLSON (1973, p.117), após armazenar toras por 300 dias sob aspersão d'água não encontrou aumento significativo nas rachaduras de topo, porém observou uma diminuição na tensão periférica de tração nas toras em tratamento.

O efeito do anelamento nas tensões de crescimento pode ser melhor entendido por ocasião do corte da árvore. A árvore em pé contém um alto nível de tensão longitudinal de crescimento em equilíbrio, é cortada transversalmente, a face do corte apresenta algumas deformações, ou seja, a parte externa próxima à casca que estaria inicialmente sob tração, sofre um ligeiro encolhimento e a parte central próxima à medula, que estava sob compressão, um alongamento. A superfície da face do corte transversal que deveria estar plana, toma forma de uma calota e, a superfície do corte transversal aumenta sua área até o máximo da sua resistência à tração perpendicular aos raios, iniciando o aparecimento de uma fenda principal, ao longo do raio, passando pela medula. Dependendo da espécie outras rachaduras secundárias poderão aparecer.

Com a técnica do anelamento antes do corte transversal, ocorre eliminação de parte das tensões próximas à casca, diminuindo desta maneira a ação das forças responsáveis pela deformação da calota na face transversal após o corte. A liberação de parte das tensões internas de crescimento é limitada na extensão entre o anelamento e a face do corte.

AGUIAR (1986), estudando controle de rachaduras de topo em *Eucalyptus grandis*, chegou a algumas conclusões citadas abaixo:

- a) o anelamento com motosserra antes da derrubada das árvores diminuiu sensivelmente as rachaduras de topo provenientes das tensões internas de crescimento.

- b) o armazenamento das toras sob aspersão d'água ou imersão em água não permite a secagem externa das toras, evitando assim a formação de tensões provenientes da secagem.
- c) a proteção do topo tipo (Gang Nail) apresenta boa eficiência para toras armazenadas sob imersão ou aspersão d'água, contribuindo para minimizar as rachaduras provenientes das tensões internas, porém não são suficiente para conter as tensões de secagem.

Há uma diminuição significativa das tensões internas de crescimento com o aumento do tempo de armazenamento das toras sob imersão total.

KEINERT JUNIOR (1994, p.39) verificou que a técnica do anelamento de topo foi mais efetiva para o *E. grandis*, *E. saligna* e *E. robusta* não sendo tão efetiva para o *E. viminalis* e *E. dunnii* onde a cinta metálica parece ter sido o tratamento mais eficiente. E, que a aplicação de um protetor de topo (selador) isoladamente não apresentou bons resultados quando comparado as testemunhas.

Ainda o mesmo autor trabalhando com *E. grandis*, *E. robusta* e *E. saligna*, constatou que essas espécies apresentaram menos rachaduras de topo.

## 2.3 PRODUÇÃO DE LÂMINAS

### 2.3.1 MADEIRA

A maioria das espécies arbóreas podem ser utilizadas na obtenção de lâminas de madeira. As folhosas são mais facilmente transformadas em lâminas que

as coníferas. O principal fator é a resistência aos esforços de flexão apresentado pelas folhosas, produzindo lâminas menos danificadas por fendilhamento. A razão está relacionada ao menor conteúdo de lignina nas folhosas e ao fato de serem mais termoplásticas que as coníferas (LUTZ, 1978).

Outra característica importante da madeira é a massa específica, espécies que apresentam valores muito baixos produzem lâminas felpudas, espécies com valores muito elevados apresentam dois inconvenientes: lâminas quebradiças e alto consumo de energia para processá-las. De acordo com LUTZ (1978), nos EUA a faixa de massa específica utilizada esta entre 320 - 650 kg/m<sup>3</sup>.

Geralmente, as toras são processadas pouco tempo após serem abatidas. Nesse momento, o conteúdo de umidade é muito próximo ao conteúdo de umidade da árvore em pé. Na obtenção das lâminas, a madeira é comprimida contra a faca, quando o conteúdo de umidade é muito alto, a compressão pode levar a água (quase incompressível) a arrebentar as fibras da madeira. Trabalhos realizados no Laboratório de Produtos Florestais dos EUA indicaram que toras laminadas a umidades inferiores a 25 % produziram lâminas de baixa qualidade. LUTZ (1978), afirma que os melhores resultados foram obtidos com umidades variando entre 50 - 60 %. Ainda LUTZ (1967), cita um trabalho de no qual encontrou diferença no conteúdo de umidade entre as diferentes partes de uma mesma tora, afetando a uniformidade da espessura; as partes mais umidas (alburno) apresentaram lâminas mais delgadas que as correspondentes as porções menos umidas (cerne).

Nas operações de laminação, secagem e colagem, outro fator de grande influência é a permeabilidade. Uma madeira com boa permeabilidade pode diminuir

o problema de eliminação de água durante a laminação, facilitar a secagem, e melhorar as condições de colagem devido a evaporação do vapor d'água desprendido durante a cura da cola (LUTZ, 1978).

LUTZ (1978), afirma que estrutura da madeira e a velocidade de crescimento são fatores que afetam a qualidade da lâmina. Espécies de rápido crescimento apresentam diferenças significativas de massa específica entre o lenho primaveril e outonal, sendo mais difíceis de laminar. Para GRANTHAN; ANTHEERTON (1959, p.41), essas diferenças diminuem mediante o cozimento das toras antes da laminação.

### 2.3.2 AQUECIMENTO DAS TORAS

LUTZ (1978)) em um trabalho para determinar o efeito da temperatura de laminação sobre qualidade das lâminas obtidas por desenrolamento de *Pinus taeda* e *Pinus echinata*, determinou que temperaturas entre 60 e 70 °C foram as melhores, pois reduziram o desgaste da faca e contra-faca além de melhorar a qualidade das lâminas, principalmente por redução das rachaduras originadas no manuseio.

Uma vez determinada a temperatura, o problema é encontrar o tempo necessário da tora no tanque de aquecimento para atingir essa temperatura. Esse tempo depende de fatores tais como:

- a) diâmetro da tora;
- b) teor e gradiente de umidade;
- c) temperatura inicial e final da tora;

d) tipo de tanque de cozimento e meio utilizado como aquecedor, dentre outros.

Pesquisas realizadas pelo Laboratório de Produtos Florestais de Ottawa no Canadá, concluíram que o tempo de aquecimento depende preliminarmente da massa total da tora, que pode ser determinado pelo diâmetro ou pelo peso específico da tora.

O peso específico da tora determina a temperatura ideal para laminação em torno, bem como a velocidade sobre a qual um determinado diâmetro aquece. De acordo com o Departamento de Pesca e Floresta do Canadá (1970), em um trabalho comparando espécies de peso específicos diferenciados ( $0,50 \text{ g/cm}^3$ ); ( $0,75 \text{ g/cm}^3$ ) e ( $1,0 \text{ g/cm}^3$ ) com diâmetros variando entre 60 a 96 cm, onde foram submersas em água quente a  $66 \text{ }^\circ\text{C}$ , os tempos de aquecimento para laminação foram de 27, 34 e 41 horas respectivamente.

Experiências industriais confirmam uma relação íntima entre o peso específico e o tempo de aquecimento. Normalmente quanto menor o peso específico menor será a temperatura ideal para a laminação em torno. Um exemplo é a temperatura recomendada para uma espécie com peso específico de  $0,55 \text{ g/cm}^3$ , ser substancialmente maior do que para uma espécie cujo o peso específico é de  $0,39 \text{ g/cm}^3$ .

O programa ideal de aquecimento é melhor determinado através de testes realizados na própria indústria. O método mais preciso consiste em inserir um termostato na região central através de um orifício aberto na tora para acompanhar



o aumento da temperatura nessa região. O acondicionamento é monitorado para determinar o tempo e a temperatura desejada a um determinado diâmetro.

Com as informações obtidas de um certo número de amostras, pode-se identificar a transferência de calor por centímetros radiais. Estas informações podem ser usadas para determinar com precisão o programa de aquecimento para outros grupos de diâmetros inclusive.

Tentativa e erro é outro meio de se determinar o programa de aquecimento. Várias combinações de tempo e temperatura são testados até o programa desejado ser encontrado.

Uma medida de transferência de calor pode ser feita com toras parcialmente aquecidas. Estas toras são torneadas, onde então são medidas as temperaturas ao longo do seu comprimento. A transferência de calor será aproximadamente de 2 a 1,5 vezes maior no sentido longitudinal do que no sentido radial.

Um sofisticado método monitora a lâmina através de um pirômetro ótico. Este preciso equipamento pode visualmente identificar a temperatura da lâmina enquanto é torneada.

### 2.3.2.1 Efeito do Diâmetro no Aquecimento

O tempo necessário para aquecimento de uma tora com diâmetro elevado é bem maior que o tempo requerido por uma tora de menor diâmetro. FLEISCHER (1959), cita exemplo onde uma tora de 30 cm de diâmetro necessitou de um período de 14 horas para ser aquecida, enquanto que uma outra de 60 cm utilizou cerca de

60 horas, com peso específico de  $0,50 \text{ g/cm}^3$  e sua temperatura inicial aproximadamente de  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ . A temperatura do meio de aquecimento (água) era de  $66 \text{ }^\circ\text{C}$ , e a temperatura final a 15 cm do centro da tora foi de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ainda mesmo autor, afirma que, o tempo necessário para aquecer uma tora aumenta aproximadamente com o quadrado do diâmetro da mesma, figura 3. Se o tempo de aquecimento de uma tora de menor diâmetro  $D_1$  é  $T_1$ , o tempo de aquecimento  $T_2$  de uma tora com maior diâmetro  $D_2$  será dado pela seguinte expressão:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

Onde:

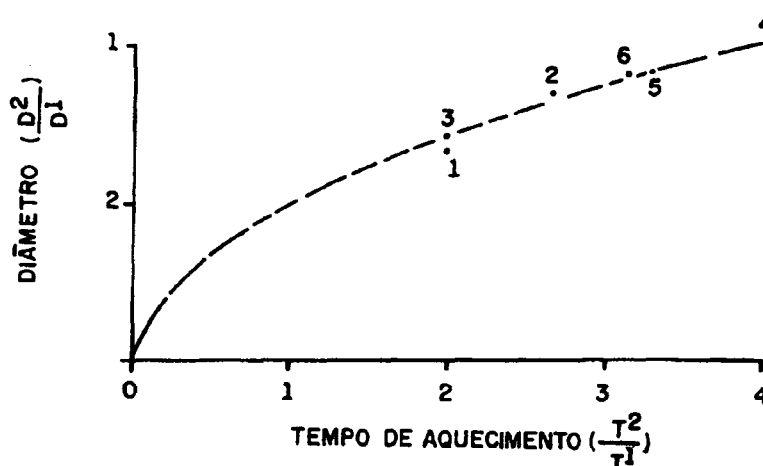
$D_1 \Rightarrow$  Diâmetro menor (cm)

$D_2 \Rightarrow$  Diâmetro maior (cm)

$T_1 \Rightarrow$  Tempo de Aquecimento tora menor diâmetro (h)

$T_2 \Rightarrow$  Tempo de Aquecimento tora maior diâmetro (h)

FIGURA 3 - RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO E O TEMPO DE AQUECIMENTO



Fonte: FEILH, (1972)

Quanto maior a diferença entre a temperatura da madeira e a temperatura do meio de aquecimento, mais rápida será a taxa de aquecimento. E, quanto mais a temperatura da madeira se aproximar da temperatura do meio de aquecimento, mais lenta se tornará a taxa de aquecimento.

Do ponto de vista prático, na seleção de um programa de cozimento de toras, é aconselhável que a temperatura no centro da tora se encontre em torno de 6 °C abaixo da temperatura do meio de aquecimento.

#### 2.3.2.2 Efeito do Conteúdo de Umidade e Peso Específico

Madeiras com teor de umidade abaixo de 30 %, aquecem mais lentamente do que as com teor de umidade em condições verdes. Para MACCLEAN<sup>8</sup>, citado por FEIHL (1972, p.41,44), o conteúdo de umidade acima ou próximo a 30 % não produz efeitos importantes sobre a taxa de aquecimento. Do ponto de vista prático, ele afirma que a madeira verde de qualquer espécie, aquece aproximadamente à mesma taxa quando o conteúdo de umidade encontra-se acima de 30 %.

Ele mostrou também, que a taxa de aquecimento variou inversamente com o peso específico. Embora a condução de calor na madeira aumentasse com o aumento do peso específico.

---

<sup>8</sup>MACCLEAN, J.D. Rate of temperature change in shortlength round timbers. Trans. Am. Soc. Mech. Eng., v.68, n.1, p.1-16, 1946.

Ainda FEIHL (1972), a taxa de aquecimento está relacionada com peso específico total da tora . Este afirma que toras submersas em água necessitam de um tempo menor de aquecimento quando comparadas a toras que flutuam.

As diferentes conclusões sobre o efeito do conteúdo de umidade e o peso específico, podem ter sido originadas em função de que essas propriedades variam dentro da tora, e que os seus efeitos são pequenos quando comparados ao efeito do diâmetro, da temperatura inicial da madeira e da temperatura do meio de aquecimento.

STEINHAGEM (1977) afirma que a temperatura inicial da tora é um fator importante na determinação do tempo de aquecimento, principalmente se esta encontra-se abaixo do ponto de congelamento da água. Neste caso a água está na forma de gelo e necessitará maior energia para derreter o gelo, conseqüentemente maior será o tempo de cozimento, pois durante a mudança da fase da água, a temperatura local permanecerá constante.

### 2.3.2.3 Influência do Meio de Aquecimento

Sobre os sistemas de aquecimento com água ou vapor, MACCLEAN<sup>8</sup>, citado por FEIHL (1972) informa que o processo utilizando água é cerca de 5 a 10 % mais lento que o cozimento utilizando vapor. Verificou também que a taxa de aquecimento era mais lenta sob as condições de baixa umidade. FEIHL (1972, p.41), afirma que o aquecimento com água quente é mais rápido que o processo a

vapor, e que essa aparente diferença pode estar relacionada as condições do experimento.

Em geral, um rápido aquecimento aumenta as rachaduras de topo, mas ensaios realizados pelo Laboratório de Produtos Florestais dos EUA, apresentaram pequenas diferenças entre rachaduras de topo em toras aquecidas lentamente e toras colocadas diretamente na água até a temperatura final desejada. A temperatura máxima de aquecimento parece ser o fator mais importante, ou seja, quanto maior a temperatura maior será a extensão das rachaduras de topo.

Pesquisas mostram que um período prolongado no cozimento utilizando uma baixa temperatura tem o mesmo efeito no condicionamento da madeira, em comparação a um curto período com altas temperaturas. A duração do cozimento por vários dias, não influencia na plasticidade e dureza da madeira. Isto significa que um período excessivamente longo não melhora a rigidez ou maciez da lâmina. Outro fator relevante no cozimento, é que se for realizado além do necessário pode afetar a cor e contração da lâmina.

### 2.3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO AQUECIMENTO

O aquecimento da madeira gera uma expansão tangencial e uma contração radial, o que, dependendo da espécie e temperatura pode originar rachaduras de topo, o qual é prejudicial para a laminação. LUTZ (1967), afirma que este movimento térmico gera rachaduras com temperaturas superiores a 66 °C.

O cozimento torna a madeira mais plástica, ainda LUTZ (1978), o grau de plasticidade é função da temperatura da madeira e não do tempo de permanência nessa temperatura. Toras laminadas a quente apresentam menor fendilhamento que toras laminadas sem aquecimento prévio (CORDER; ATHERTON, 1963). Para LUTZ (1978), esse efeito é mais notável com espécie mais densas e lâminas de menor espessura.

Amolece a madeira, normalmente o aquecimento de madeira de alto peso específico facilita o corte, entretanto para toras de menor peso específico pode resultar no desgarramento das fibras e as lâminas apresentarem uma superfície veluda. A temperatura também amolece os nós; em diversas pesquisas demonstrou-se que em presença de nós o aquecimento melhora a vida da faca, e diminui a rugosidade das lâminas em torno dos nós, (LUTZ, 1978).

O aquecimento pode levar ao desgaste do topo pelo torque durante a laminação. Na realidade na maioria das vezes isso ocorre devido a não uniformidade da temperatura na tora. Os topos estão mais quentes e mais moles que a parte central da tora, em consequência a força de corte necessária será maior no centro, sendo este o gradiente final de força responsável do desgaste do topo (LUTZ, 1978).

Redução do teor de umidade das toras. Isto se atribui a expansão do ar da cavidade celular expulsando para fora a água livre. GRANTHAM; ATHERTON (1959, p.5,6), trabalhando com *Douglas-fir* concluíram que lâminas do alburno de toras aquecidas apresentaram umidades menores que lâminas do alburno de toras não aquecidas, afirmando ainda que a madeira do cerne não apresenta o mesmo fenômeno. Também indicaram que lâminas de toras aquecidas secam 10% mais

rápido que lâminas de toras sem aquecimento, e novamente o cerne não apresenta diferença.

Em alguns casos melhora o rendimento, GRANTHAM; ATHERTON (1959, p.45), tomando o problema do ponto de vista econômico, estabeleceram que o maior ganho do aquecimento de toras de *Douglas-fir* foi devido ao incremento em termos de qualidade das lâminas.

Em relação a uniformidade de espessura da lâmina, ainda GRANTHAM; ATHERTON (1959, p.34), não detectaram diferenças entre as lâminas produzidas a partir de toras aquecidas e não aquecidas.

Na maioria das espécies, um bom corte pode ser obtido dentro de um determinado intervalo de temperatura. As temperaturas requeridas ou apropriadas para laminar as coníferas são geralmente maiores que as utilizadas para as folhosas de densidade equivalente. Isto pode ser atribuído a estrutura da madeira das coníferas, que se caracteriza por faixas alternadas de lenho primaveril pouco denso e lenho outonal denso (KOLLMANN; COTÉ JR., 1968).

## 2.3.4 TORNO DESENROLADOR

### 2.3.4.1 Lâminas de Madeira

As lâminas de madeira podem ser obtidas a partir de três processos:

a) Lâminas Torneadas - são obtidas a partir do desenrolamento de toras grossas, relativamente curtas, utilizando-se um torno laminador no qual se faz girar contra um gume de uma longa faca. Formando, com isso um lençol contínuo de lâminas.

b) Lâminas Faqueadas - são obtidas a partir de cortes planos feitos por uma faqueadeira em peça de madeira não roliça (pranchão) obtendo-se folha de lâminas decorativas que são usadas para capa de compensados.

c) Lâminas Serradas - são lâminas obtidas pelo processo de desdobro da madeira em finíssimas tábuas, o que hoje é pouco comum (MANUAL DO TÉCNICO FLORESTAL, 1986).

A madeira possui uma distribuição desigual da umidade no sentido casca-medula. Por isso é necessário uniformizar a umidade e amolecer as fibras, em madeiras mais duras, através de um tratamento prévio das toras antes da laminação.

A manutenção das toras constantemente umidas é um pré-tratamento que consiste na proteção contra apodrecimento e rachaduras de topo, bem como o aquecimento que proporciona uma maior plasticidade facilitando a laminação e a subsequente secagem das lâminas.

Existe, ainda, uma relação entre a temperatura de aquecimento da tora e o peso específico para corte. Madeiras até  $0,4 \text{ g/cm}^3$ , são consideradas de baixo peso específico, podem ser laminadas sem necessidade do aquecimento.

A fase que antecede a laminação é o descascamento e retirada de arestas com a finalidade de se obter forma cilíndrica da tora, além de evitar danos no gume da faca o que baixaria a qualidade das lâminas.



A produção de lâminas de alta qualidade exige as seguintes condições:

- a) espécie adequada;
- b) toras com grã direita;
- c) velocidade de corte correta;
- d) tornos sem vibrações;
- e) geometria correta para laminação em faqueadeiras;
- f) substituição das toras em tempo certo; dentre outros aspectos que devem ser observados.

Quanto as características mais importantes que devem ser levadas em consideração para definir a qualidade das lâminas destacam-se: uniformidade em espessura; rugosidade de superfície; fendas de laminação; deformações, cor e figura. Uma lâmina ideal pode ser definida como aquela uniforme em espessura, com baixa rugosidade, plana, isenta de fendas, de cor e figura agradáveis (LUTZ, 1978).

JANKOWSKY (1978), informa que a variação na espessura afeta a colagem e outras operações na fabricação do compensado; a rugosidade excessiva provoca um aumento no consumo de adesivos, prejudicando a linha de cola, altera a quantidade de madeira retirada das faces do compensado durante o lixamento; lâminas com fendas de laminação profundas poderão romper-se quando manipuladas, provocar delaminação sob condições extremas ou ainda afetar a superfície do painel pelo aparecimento de rachaduras.

Para diminuir o curvamento da lâmina no ponto de corte, a faca deve ser fina e estar afiada em ângulo agudo. Ao mesmo tempo, precisa possuir resistência e

estabilidade suficientes para resistir às forças exercidas, sobre a mesma, durante o processo de laminação.

A faca tem como função principal, logicamente, cortar a madeira numa espessura determinada, e de separar as lâminas resultantes da tora (PALKA, 1974, p.9,10).

Se o ângulo da faca é muito grande, serão produzidas lâminas corrugadas, com 1 a 2 ondas por centímetro. Se é muito pequeno as lâminas apresentam alternância de espessura grossas e delgadas. Essa irregularidade de espessura é mais pronunciada no inverno, em toras que não foram aquecidas uniformemente. Ângulo de afiação muito grande favorece a formação das fendas de laminação. O fio da faca é importante no controle da rugosidade; melhorando o fio, diminui a rugosidade das lâminas. Uma faca sem fio, combinada com altas pressões na barra de pressão favorece o rompimento da parede celular pela água (LUTZ, 1978).

A faca deve ter cerca de 1,5 cm de espessura com ângulo de afiação de 20° ou 21°. Esse gume especialmente fino requer um apoio adicional da barra de compressão e da própria tora.

A barra de compressão, ou contra-faca, é um elemento semelhante à faca, montada no mesmo carro que transporta a faca ligeiramente acima do gume, de modo que os dois elementos formam uma abertura, através da qual passa a lâmina. É afiada de maneira semelhante à faca, com um ângulo de 75°, possuindo duas funções básicas:

- a) comprimir a madeira imediatamente após o corte, evitando rachaduras;
- b) guiar e apoiar o corte da faca.

A compressão controla a qualidade das lâminas em termos de rugosidade, profundidade da fendas de laminação e uniformidade de espessura (BALDWIN, 1975). Quando a pressão oferecida pela barra é alta demais, pode ocorrer rachaduras na parte fechada da lâmina, devido o arrebatamento das paredes pela água (LUTZ, 1978).

Quando o ajuste das partes do torno determinam uma abertura horizontal pequena e uma abertura vertical grande, pode-se produzir uma separação da grã nas zonas fracas existentes entre os anéis de crescimento de certas espécies (LUTZ, 1978).

### 2.3.5 SECAGEM DAS LÂMINAS

O principal problema encontrado na secagem da madeira é a não uniformidade da umidade final. Os fatores que causam este problema são derivados das diferenças intrínsecas da madeira, em conjunto com falhas no processo de secagem artificial. O primeiro problema é minimizado em parte pela homogeneização da carga, e o segundo exige controle periódicos das condições termodinâmicas nas diferentes partes do secador (LUTZ, 1978).

De acordo com TOMASELLI (1980), CHOW *et al.* (1973), a necessidade e importância da secagem é sentida na maior parte dos processos de transformação da madeira. No caso de compensados, as exigências quanto ao teor de umidade das lâminas variam dependendo do tipo de chapa em questão. O perfeito controle do teor de umidade é de extrema importância para a produção de compensados.

Altos teores de umidade resultam em colagens pobres, pela formação de bolhas de vapor durante a prensagem (colagem a quente). Por outro lado, quando o teor de umidade é extremamente baixo, resulta também em uma colagem pobre. Na prática, uma colagem nestas condições apresentará valores baixos na porcentagem de falha da madeira.

As maiores velocidades de secagem são obtidas no início do processo, ou seja, na fase onde a madeira se encontra com o maior teor de umidade. Quanto mais próximo o teor de umidade for de zero, menor será a taxa de secagem (TOMASELLI, 1980).

O peso específico tem relação inversa com a velocidade de secagem, quanto maior for o peso específico, menor será a velocidade de secagem (COMSTOCK, 1981).

TOMASELLI (1980), afirma que uma diminuição na espessura reduz o tempo de secagem. E, considerando as três direções ou planos que apresenta a madeira, a secagem se processa mais rapidamente no sentido longitudinal.

Ainda TOMASELLI (1980), a velocidade do ar durante a secagem talvez seja o fator mais importante quando se considera secagem artificial. O ar é responsável pela transferência de calor da fonte de aquecimento para superfície da madeira através da transferência da massa de vapor d'água da superfície da madeira para o exterior.

A temperatura possui uma relação inversa com o tempo de secagem. Quando a secagem das lâminas efetua-se com altas temperaturas, próximas aos 280 °C, a superfície das lâminas perdem suas características ideais para adesão; com

temperaturas de 210 °C ou menores, a superfície mantém sua característica (LUTZ, 1978).

Outro problema frequentemente encontrado na madeira do eucalipto durante o processo de secagem, é o colapso que pode ser definido como a contração que ocorre durante a secagem acima do ponto de saturação das fibras devido o achatamento ou deformação das cavidades celulares.

## **2.4 MANUFATURA DO COMPENSADO**

### **2.4.1 COLAGEM**

O uso de adesivos permite fabricar placas e chapas de madeira com largura superior ao diâmetro da árvore, que fornece matéria prima madeireira, e além disso contribui significativamente para diminuir os efeitos da anisotropia na contração e inchamento.

A colagem é a parte substancial de muitos processos de fabricação de produtos de madeira, como em compensados, aglomerados, chapas de fibras, etc. Efetua-se por uso de cola líquidas, umedecendo-se superfícies formando juntas resistentes com o endurecimento da cola.

Os principais fatores que devem ser considerados no tempo de montagem do compensado são:

- a) temperatura ambiente;
- b) temperatura da lâmina;

c) teor de umidade da lâmina;

d) e a viscosidade do adesivo.

Para FRUHWALD (1977), a viscosidade influencia no espalhamento do adesivo na madeira, bem como na sua penetração para as demais camadas do painel. A linha de cola também é influenciada pela viscosidade. Quando a viscosidade for baixa, a absorção do adesivo pela madeira poderá ser alta, o que resultará em uma baixa qualidade de colagem. Em caso de ser alta, poderá dar origem a uma linha de cola espessa originando uma penetração insuficiente do adesivo na estrutura da madeira, não ocorrendo a interligação entre a cola e a superfície da lâmina conseqüentemente ocasionando uma baixa qualidade de colagem.

#### 2.4.2 CRITÉRIOS PARA COLAGEM ADEQUADA

Segundo NOCK; RICHTER (1978, p.14), deve-se utilizar um adesivo que garanta uma boa umectação do aderente, isto é, adesivo e aderente devem possuir uma polaridade igual ou semelhante. O adesivo deve possuir baixa tensão superficial. Esta condição por si só não garante uma boa ligação (colagem), é considerada necessária, mas não suficiente.

O adesivo não deve desenvolver altas tensões mecânicas durante o processo de endurecimento; tensões de tal magnitude podem arrebentar (quebrar) a ligação feita entre o adesivo e o aderente.

O adesivo não deve possuir resistência mecânica muito maior que o aderente, ou seja, devem ser compatíveis.

O adesivo deve possuir uma determinada viscosidade. Este não pode ser nem líquido demais nem muito denso. No caso de muito denso, não haverá chance de esparramento, umectação e adesão, e adesão mecânica. Um adesivo líquido demais não fornece uma ligação segura entre as partes.

Quanto à superfície, deve ser limpa com umidade adequada (4-12%). Se a madeira estiver seca demais, ela retira muito rapidamente a água da linha de cola, a adesão é alta, mas a cola logo desaparece, começando imediatamente o processo de cura, o adesivo não é mais capaz de preencher e umectar sob pressão na prensa. No caso de alta umidade da madeira, a cura e a secagem da linha de cola serão deficientes; o tempo de prensagem será longo, com baixa resistência da linha de cola, havendo com isso formação de bolhas de vapor durante a prensagem.

A superfície de colagem deve estar sem defeitos causados pelo processo de transformação mecânica para não provocar falha aparente de adesão, e enfraquecimento mecânico da superfície. Como exemplo, pode-se citar impurezas sólidas e líquidas como pó (lixadeiras), substâncias oleosas (ferramentas) que quando concentradas nas superfícies irá originar uma baixa a ligação entre as mesmas.

As superfícies devem ser ásperas até um certo ponto, superfícies totalmente lisas são difíceis de serem obtidas, que não comprometa o consumo do adesivo e conseqüente linha de cola de baixa resistência.

Mesmo sendo as condições da linha de cola perfeitas, pode ocorrer uma colagem fraca ou até delaminação completa, quando as tensões formadas durante a cura ultrapassarem a resistência mecânica da adesão. Como causas destas tensões, determinou-se a contração da linha de cola durante a secagem e endurecimento.

Uma maior probabilidade deste tipo de falha encontra-se na colagem de superfícies lisas com adesivos de alta contração os quais reagem quimicamente com o aderente, mesmo que sejam ótimas as condições de umectação.

Linhas de cola espessas e condições de cura extremas, (alta temperatura e pressão) também contribuem para a formação de altas tensões mecânicas.

Em superfícies irregulares e porosas, quantidade de cola adequada e condições de endurecimento menos extremas, há uma tendência de se aliviar as tensões formadas:

- a) por causa do entrelaçamento do adesivo nos poros da superfície (adesão mecânica).
- b) devido a diminuição da quantidade de cola endurecida e submetida a tensão de contração.
- c) devido uma certa parte da contração em condições menos rigorosas toma lugar quando o adesivo encontra-se ainda em estado de plasticidade não contribuindo assim para a formação de tensões na completamente endurecida.



### 2.4.3 EXTENSORES

Os extensores e materiais de enchimento (filler) são utilizados na cola, principalmente para os seguintes fins:

- a) Por razões econômicas - diminuição dos custos com o adesivo;
- b) Controle e manipulação da viscosidade do adesivo durante o processo de prensagem em altas temperaturas (acima de 100 °C);
- c) Conferir ao adesivo certas propriedades físico-químicas requeridas para fins especiais (alteração do comportamento viscoso dentro da aplicadora; maior plasticidade da linha de cola; penetração do adesivo; diminuição da sensibilidade do adesivo contra a espessura da linha de cola; diminuição de tensões).

Os extensores comumente utilizados nos adesivos à base de uréia-formol são, na sua maioria substâncias farináceas como cereais, sendo o trigo o mais empregado, e farinha de raízes. Essencialmente trata-se de amido, o qual tende a inchar com a adição de água.

Em temperaturas suficientemente altas, o processo de inchamento continua até estourarem os grânulos e formarem uma dispersão coloidal. Embora este comportamento não seja igual para todas as formas de amido, este processo de gelatinização normalmente ocorre dentro de uma faixa de temperatura aplicada na prensagem, contribuindo assim para aumentar as propriedades de adesão do adesivo, e além disso, no momento da gelatinização, o amido ajuda a manter a viscosidade do adesivo estável com o aumento da temperatura.

#### 2.4.4 CONDIÇÕES DE PRENSAGEM

Tempo, temperatura e pressão, são as principais variáveis a serem observadas na prensagem de chapas compensadas:

O Tempo de Prensagem é função do tipo de resina, catalizador, umidade da madeira, tipo e grau de extensão, temperatura de prensagem e condições locais de trabalho NOCK; RICHTER (1978, p.49.).

No caso de uma prensagem a frio, a pressão máxima normalmente deve ser mantida por várias horas até que haja, pelo menos um endurecimento suficiente grande para evitar posterior desligamento das superfícies coladas.

A resistência final só é alcançada após alguns dias de armazenamento. O tempo de prensagem, neste caso, é muito influenciado pela umidade da madeira. A umidade base é de aproximadamente de 6-10%. Com umidades maiores deve-se observar bem o tipo de resina empregada.

No caso de prensagem a quente, a resistência final da linha de cola, é praticamente alcançada após poucos minutos, embora ela atinja um valor máximo aproximadamente com 24 horas de armazenamento.

Para prensagem a quente, é válida a relação entre tempo e temperatura, conforme mostra a tabela 1.

TABELA 1 - TEMPO DE AQUECIMENTO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DA PRENSA

°C	min/mm	°C	min/mm
50	4 - 5	100	1
60	3 - 4	110	1/2
70	2	120	1/2
80	2	130	1/2
90	1	140	1/2

Fonte: Nock; Richter (1978)

Uma diminuição do tempo de prensagem pode ser obtida com:

- a) Escolha de um catalizador mais rápido;
- b) Diminuição do grau de extensão;
- c) E, com o aumento da temperatura da prensa.

O tempo de prensagem, especialmente o dos compensados, é calculado considerando um "tempo básico" que varia entre 2 e 4 minutos, (dependendo do tipo de resina), do tempo de aquecimento, que depende da temperatura da prensa (tabela 1) mais a espessura da chapa.

Na determinação do tempo de aquecimento, considera-se somente a distância unilateral de penetração do calor até alcançar as linhas de cola do meio do painel.

Como normalmente ocorre nas reações químicas, a velocidade de cura da cola depende da temperatura. Um aumento de 10 °C, por exemplo, provoca uma aceleração na velocidade da reação química, tornando-a de 2 a 7 vezes mais rápida (em média pode se considerar 3 vezes) NOCK; RICHTER (1978, p.50).

Por outro lado, uma pequena queda da temperatura durante a prensagem pode causar um atraso considerável na reação de endurecimento. Este fato pode ser bem observado quando se trabalha com prensagem a frio, onde o tempo de prensagem oscila entre 30 minutos a 5 horas.

Na prensagem a quente, trabalha-se com temperaturas entre 70 e 120 °C, para adesivo à base de uréia-formol, e temperaturas acima de 135 °C no caso de cola Fenol-Formol. Oscilações da temperatura em torno de 5 °C são menos importantes, não influenciando na qualidade final do produto.

Normalmente, quanto maior a temperatura de prensagem, melhor será a resistência da linha de cola contra a água NOCK; RICHTER (1978, p.51).

A pressão utilizada na colagem de chapas compensadas depende, de uma maneira geral, dos seguintes fatores, mostrados na tabela 2.

TABELA 2 - FATORES QUE INFLUEM NA PRESSÃO DA PRENSA

OBJETO	PRESSÃO BAIXA	PRESSÃO ALTA
Madeira Superfície Junta Miolo Cola	Mole a Média Lisa Boa Lâminas, ripas Bastante	Dura Áspera, irregular Má qualidade Madeira maciça Pouca

Fonte: NOCK ; RICHTER, 1978

A pressão de prensas hidráulicas pode ser dada de duas maneiras:

- a) pela leitura do mamômetro = pressão interna do sistema hidráulico = pressão total.
- b) pela pressão específica calculada = pressão sobre cada  $\text{cm}^2$  da chapa de compensado dentro da prensa dada em  $(\text{kp}/\text{cm}^2)$ .

No caso de colagem de várias espécies, a pressão deve ser regulada conforme a de menor peso específico.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O material utilizado para este estudo foi proveniente da parcela experimental instalada no ano de 1965, na Estação de Pesquisas da Universidade Federal do Paraná, localizada no Município de Rio Negro-PR, a 100 km ao Sul de Curitiba pela BR-116.

Após a derrubada das árvores, realizou-se os tratamentos de topo, e em seguida as operações de aquecimento das toras, descascamento, laminação, guilhotinagem e secagem das lâminas que foram realizadas na: \*Indústria Karson Laminados, e \*Selectas. S/A Ind.e Com. de Madeiras.

A manufatura dos compensados, operação que envolve secagem das lâminas, colagem, prensagem e esquadrejamento até a confecção dos corpos de prova para realização dos ensaios físico-mecânicos, foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

Os adesivos utilizados na fabricação dos painéis foram líquidos, a base de Uréia-Formol e Fenol-Formol gentilmente cedidos pela \*Indústria Alba Química S/A.

As resinas utilizadas apresentam as seguintes propriedades:

- a) uréia-formol compensados de uso interno;

---

\* A citação de marcas registradas não significa endosso pelo pesquisador

b) e, fenol-formol compensados para uso externo a prova d'água.

O experimento realizou-se em duas etapas com a finalidade de analisar o efeito dos tratamentos de topo para minimizar as rachaduras, e na segunda fase foi estudado o comportamento das duas espécies perante ciclos de prensagem. Foi elaborado um delineamento completamente casualizado com arranjo fatorial dos tratamentos, sendo os fatores analisados: tempo de prensagem, e temperatura de prensagem que foram determinados em função das resinas. A análise dos dados foi realizada por espécie.

### 3.2 COLETA DO MATERIAL

Foram utilizadas um total de seis árvores, três para o *Eucalyptus scabra* e três para o *Eucalyptus robusta*, número este que satisfaz a Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT). A amostragem das árvores foi seletiva, com base no melhor diâmetro para laminação, devido a limitação que apresentava o torno des enrolador por ter garras com diâmetro aproximado de 10 cm, e com aproximadamente 30 anos de idade.

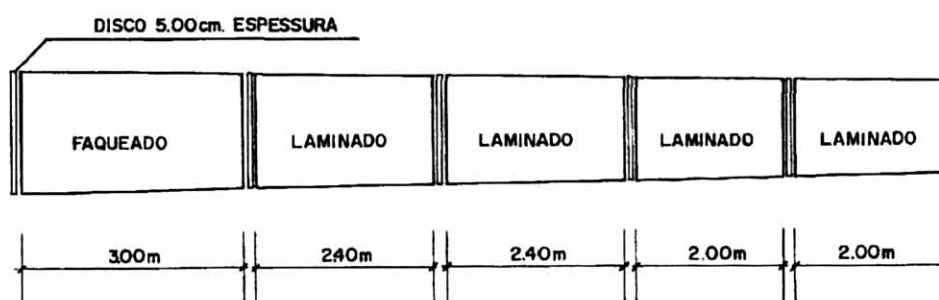
Após a derrubada das árvores, foi realizado um traçamento, igual para as duas espécies, que dividiu as árvores em cinco toras, mostradas na tabela 3.

TABELA 3 - TRAÇAMENTO NO CAMPO E UTILIZAÇÃO DAS TORAS

TORA	COMPRIMENTO (m)	UTILIZAÇÃO
1ª	3,00	Faqueado
2ª	2,40	Desenrolado
3ª	2,40	Desenrolado
4ª	2,00	Desenrolado
5ª	2,00	Desenrolado

A figura 4 mostra o traçamento realizado por árvore, bem como os discos retirados da base das toras, topo maior, para obtenção da densidade básica.

FIGURA 4 - DISCOS E TRAÇAMENTO APLICADO NAS ÁRVORES



### 3.3 TRATAMENTO DE TOPO

De acordo com AGUIAR (1986, p.56), e com o trabalho desenvolvido pela equipe no campo, ficou evidenciado que o gênero *Eucalyptus* é muito susceptível às rachaduras de topo ocasionada pelas tensões de crescimento. Tais rachaduras são visíveis e seu aparecimento é imediato à derrubada da árvore.

Visando o controle e minimização dessas rachaduras, que em alguns casos se alogam por toda a extensão da tora dificultando o desdobro e aproveitamento, foi realizado em cada topo das tres primeiras toras, as de maiores diâmetros, de cada árvore os seguintes tratamentos aplicados simultaneamente:

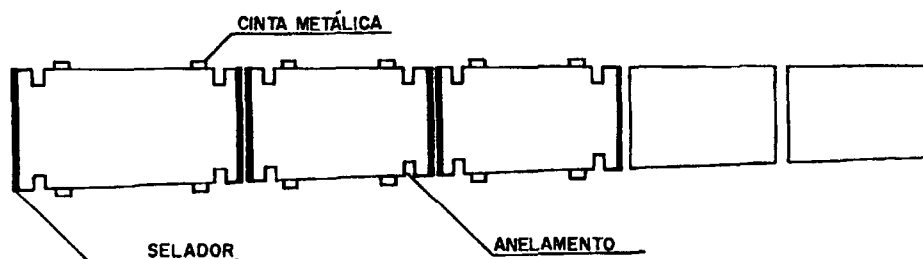
- a) cintamento metálico, a 5 cm dos topos;
- b) anelamento de Topo com motosserra uma profundidade de  $1/3$  do raio, distante 10 cm dos topos;
- c) selador de topo - MOBILCER-M.

Nas outras duas toras restantes, toras com menores diâmetros, do total de cinco por árvore, foram utilizadas como testemunha e não receberam tratamentos de topo. A figura 5 mostra os tratamentos de topo.

Após realizados os tratamentos de topo, foi tomado o diâmetro com casca de ambos os topos, para cálculo de rendimento de laminação, operação esta que foi repetida novamente na indústria quando as toras se encontravam sem casca.

Antes de serem realizados os tratamentos de topo, foram retirados discos, com 5,0 cm de espessura, de cada seção para determinação da densidade básica.

FIGURA 5 - TRATAMENTOS DE TOPO APLICADO NAS TORAS



### 3.4 AVALIAÇÃO DAS RACHADURAS DE TOPO

A análise foi realizada com base na somatória do comprimento das rachaduras de topo medidas antes e pós destopo (AD e PD) respectivamente, originando a seguinte equação, não influenciada pelo diâmetro, a qual propiciou a análise:

$$E = \left( \frac{\sum Rad - \sum Rpd}{\sum Rad} \right) \times 100$$

onde:



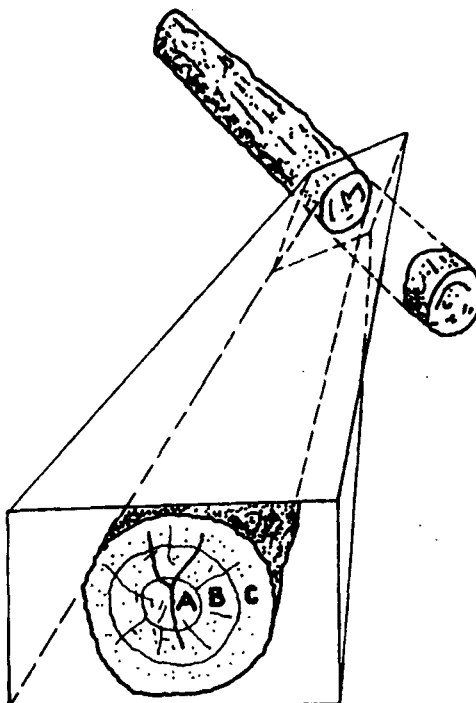
E = eficiência do tratamento em (%)

$\Sigma$  Rad = somatória da rachaduras antes do destopo em (cm)

$\Sigma$  Rpd = somatória das rachaduras pós destopo em (cm)

O comprimento foi tomado em centímetros em três pontos da mesma rachadura (secção), a partir da segunda tora. Os resultados foram analisados através do teste de Qui quadrado ( $\chi^2$ ). A figura 6 apresenta o esquema de coleta de dados para avaliação, cujo o detalhe mostra a secção para tomada das medidas.

FIGURA 6 - PROJEÇÃO DO CORTE DE TOPO DE UMA TORA ONDE FORAM EFETUADAS AS AVALIAÇÕES DAS RACHADURAS. NO DETALHE AS SECÇÕES A, B e C



Fonte: KEINERT, (1994)

### 3.5 AQUECIMENTO DAS TORAS

Com as toras na indústria, foi realizado o aquecimento a vapor com base no seu peso específico por 48 horas, a uma temperatura de 80 °C, a fim de tornar a madeira mais plástica e, também na tentativa de aliviar as tensões de crescimento, pois as toras receberam novo destopo para ficar nas dimensões do torno desenrolador.

Com o novo destopo as dimensões das toras para a laminação e faqueamento foi a seguinte:

a) toras desenroladas  $\Rightarrow$  1,70 m

b) toras faqueadas  $\Rightarrow$  2,70 a 3,00 m

A temperatura escolhida para o aquecimento das toras foi a mesma adotada para folhosas de igual peso específico trabalhada pela indústria.

### 3.6 LAMINAÇÃO DE TORAS

Antes da operação de laminação, as toras foram aquecidas, e logo em seguida descascadas e destopadas ficando com dimensões ideais de laminação. O equipamento utilizado para o desenrolamento das lâminas foi um torno automático. Laminou-se a uma espessura de 2 mm, sendo a escolha desta medida baseada no mercado atual de chapas compensadas, bem como em trabalhos de pesquisas de diversos autores como CHONG (1977), JANKOWSKY (1978), FREEMAN (1970), citados por MEDINA (1986, p.37) dentre outros.

No decorrer da laminação foram realizadas medições do diâmetro da tora após o arredondamento, bem como medições do rolo resto com o objetivo de determinar o rendimento da laminação e perdas em cada operação.

Após o desenrolamento, as lâminas foram enroladas em bobinas, e em seguida guilhotinadas a uma largura de 0,70 m, ficando assim com dimensões de 1,70 m x 0,70 m x 0,002 m (laminado).

O aquecimento das toras para o faqueamento foi realizado em tanque a vapor, à mesma temperatura para o desenrolado. O torno utilizado nesta operação foi um torno elétrico (staylog) disposto verticalmente, e a espessura das lâminas foi de 0,6 mm.

### **3.7 SECAGEM DAS LÂMINAS**

As lâminas desenroladas foram secas em secadores industriais contínuos. Esta operação foi realizada a uma temperatura de 125 °C, de acordo com o secador utilizado pela indústria, com velocidade de passagem de 0,01 m/s. O tempo de secagem, no secador, variou entre 25 a 30 minutos, com umidade final de 6%.

As lâminas faqueadas, também foram secas em secadores contínuos com temperatura inferior, ( $\pm 100$  °C), ficando com um teor de umidade final que variou entre 12 - 18 %, valores compatíveis com o mercado atual.

### 3.8 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DA LAMINAÇÃO

Para o faqueamento, foi utilizado o mesmo procedimento empregado na Selectas SA Indústria e Comércio de Madeiras, a qual forneceu o romaneio com os resultados dos rendimentos totais em metros cúbicos, em metros quadrados, totais de horas gastas, totais de cortes, aproveitamento e número de cortes dados para obtenção de 1 m<sup>2</sup>.

Os volumes das toras com casca e sem casca para o faqueamento foram obtidos através da equação de Smallian:

$$V = ((g1 + g2)/2) * L$$

onde:

L = comprimento da tora (m)

g1 = área transversal topo maior (m<sup>2</sup>)

g2 = área transversal topo menor (m<sup>2</sup>)

V = volume (m<sup>3</sup>)

No desenrolamento, foi seguida a mesma metodologia adotada por MEDINA (1986, p.38), utilizando-se as seguintes equações para a determinação do volume nas diferentes operações:

i) Volume da tora com casca (V1) e sem casca (V2).

$$V = ((g1 + g2)/2) * L \quad (\text{Smallian})$$

onde:

L = comprimento da tora (m)

g1 = área transversal topo maior (m<sup>2</sup>)

$g_2$  = área transversal topo menor ( $m^2$ )

$V$  = volume ( $m^3$ )

ii) Volume da tora arredondada ( $V_3$ ), e rolo resto ( $V_4$ ).

$$V = \pi \cdot L/4 \cdot D^2$$

onde:

$L$  = comprimento da tora (m)

$D$  = diâmetro (m)

$V$  = volume ( $m^3$ )

iii) Volume Laminado.

$$V_5 = V_3 - V_4$$

onde:

$V_3$  = volume da tora arredondada ( $m^3$ )

$V_4$  = volume do rolo resto ( $m^3$ )

$V_5$  = volume laminado ( $m^3$ )

Até a determinação do volume laminado, os cálculos foram realizados individualmente para cada tora, sendo somados a seguir para dar os volumes de cada árvore. O volume das lâminas ( $V_6$ ) foi calculado pela seguinte equação:

iv) Volume das Lâminas

$$V_6 = N \cdot v$$

onde

$N$  = número de lâminas após secagem

$v$  = volume individual médio das lâminas ( $m^3$ )

$V$  = volume ( $m^3$ )

De posse desses valores, e por diferença determinou-se as perdas, expressas em porcentagens, referidas ao volume com casca como 100%.

$V1 - V2$  = perdas com o descascamento ( $m^3$ )

$V2 - V3$  = perdas com o arredondamento ( $m^3$ )

$V3 - V5$  = perdas com o rolo resto ( $m^3$ )

O rendimento quantitativo das lâminas é dado pelo somatório das perdas totais em porcentagem, subtraída de 100 % referidas ao volume com casca.

O rendimento obtido das toras faqueadas foi fornecido diretamente pela indústria que procedeu a operação de faqueamento.

### **3.9 PRODUÇÃO DOS COMPENSADOS**

Após as operações realizadas na indústria, as lâminas de madeira foram transportadas até o Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Paraná (UFPr), Curso de Engenharia Florestal e recortadas nas dimensões de 0,55 x 0,55 m, devido limitações da prensa piloto.

Com base na Norma de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados adotada pela Associação Brasileira da Indústria de Madeira Compensada (ABIMCE), foi feita a classificação das lâminas, divididas em duas categorias: capa as de melhor qualidade; e miolo as restantes.

Para a colagem das lâminas, o teor de umidade foi readequado em estufa a uma temperatura em torno de 70 °C ficando em condições recomendada pelo fabricante da resina, ou seja, para adesivo a base de uréia-formol teor de umidade das lâminas entre 10-12%; enquanto para adesivo a base de fenol-formol teor de umidade entre 4-6%.

O controle da umidade foi realizado por medidores elétricos, e por balança com base no peso seco.

A espessura das lâminas foi controlada em duas etapas: na primeira fase na própria indústria laminadora, com a abertura do torno, e numa segunda etapa no Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFPr através do uso dos aparelhos de precisão paquímetro e micrômetro, sendo feitas tomadas aleatória dos lotes de lâminas.

A rugosidade das lâminas foi avaliada visualmente durante o espalhamento do adesivo.

As resinas cedidas pelo fabricante foram duas: a base de uréia-formol; e a outra a base de fenol-formol. O preparo constituiu basicamente da mistura simples das resinas, em uma bateadeira, com as demais partes componentes da formulação, que também foram fornecidas pelo fabricante.

De posse do adesivo, foram efetuadas leituras através do viscosímetro Brookfield e também controle do pH com a finalidade de verificar o estado e as condições para utilização.

A gramatura de cola utilizada foi de 180 g/m<sup>2</sup>, superfície simples, e a quantidade de adesivo por linha de cola simples foi de 54,45 g, com aplicação manual através de espátula plástica.

Na montagem das chapas foram respeitadas as recomendações feitas pelo fabricante da resina, assim o intervalo entre uma chapa e outra variou de 9 a 13 minutos de acordo com a resina utilizada.

O ciclo de prensagem utilizado no experimento foi elaborado também de acordo com orientações técnicas fornecidas pelo fabricante da resina, (tabela 4).

TABELA 4 - CICLO DE PRENSAGEM

	URÉIA	URÉIA	FENOL	FENOL
TEMPERATURA (°C)	105	120	135	150
TEMPO DE PRENSAGEM (min.)	8	12	8	12
GRAMATURA DE COLA (g/m <sup>2</sup> )	180	180	180	180
PRESSÃO ESPECÍFICA (kgf)	8	8	8	8

As chapas compensadas produzidas foram de cinco camadas, com dimensões de 0,55 m x 0,55 m x 0,01 m. O número de chapas produzidas será mostrado no delineamento estatístico.

Após elaborados, os painéis foram aclimatizados em sala apropriada, com temperatura de 20 °C e umidade relativa de (65 ± 5) % até entrarem em equilíbrio com o ambiente, que foi verificado através do peso das chapas por amostragem, em pesagens diária até peso constante.

A tabela 5 mostra as formulações em partes por peso para as duas resinas, respectivamente, utilizadas na produção do painéis compensados.



TABELA 5 - FORMULAÇÃO DOS ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL FORMOL

RESINAS	COMPONENTES	PARTES POR PESO (p/p)	%
URÉIA FORMOL	Resina - UF	100	48,31
	Extensor (Trigo)	50	24,15
	Água	50	24,15
	Catalizador (m-4)	7	3,39
	Total	207	100,00
FENOL FORMOL	Resina - UF	100	83,34
	Extensor (Casca Coco)	10	8,33
	Água	10	8,33
	Total	107	100,00

### 3.10 AVALIAÇÃO DOS PAINÉIS

Na avaliação dos compensados, o principal item estudado foi o comportamento dos painéis dentro dos diferentes ciclos de prensagens propostos.

Foram realizados os seguintes ensaios:

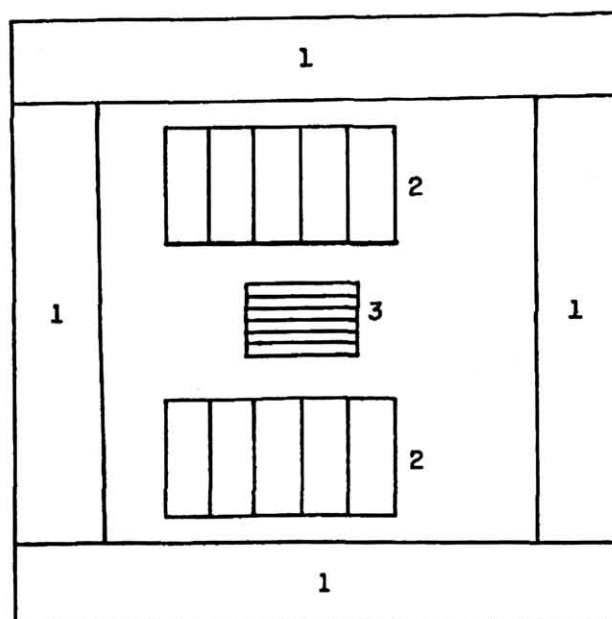
- a) inchamento e recuperação em espessura;
- b) flexão estática nos sentidos paralelo e perpendicular a grã;
- c) resistência da linha de cola ao cisalhamento.

A figura 7 mostra o esquema de retirada dos corpos de prova dos painéis para realização dos ensaios.

A norma empregada na execução dos ensaios, bem como a divisão dos testes é mostrada na tabela 6.

Os ensaios mecânicos foram todos realizados a um teor de umidade em torno de 10 ( $\pm 2$ )%.

FIGURA 7 - ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA PARA, FLEXÃO ESTÁTICA; CISALHAMENTO; INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO DA ESPESSURA



Legenda:

1 ⇒ Flexão Estática: 75 mm x 302,25 mm

2 ⇒ Cisalhamento: 25 mm x 100 mm

3 ⇒ Inchamento e Recuperação em Espessura: 10 mm x 60 mm

TABELA 6 - NORMA UTILIZADA NA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS MECÂNICOS DOS PAINÉIS

NORMA	ENSAIO	CONDIÇÕES	PROPRIEDADE
IDBF	Flexão Estática	Paralelo as Fibras	MOE MOR
		Perpendicular as Fibras	MOE MOR
IDBF	Resistência da Linha de Cola	Seco  Fervura  Imersão 24 h - água	Resistência Falha na Madeira Resistência Falha na Madeira Resistência Falha na Madeira
IDBF	Inchamento Recuperação da Espessura	-	Inchamento %
		-	Recuperação %

Fonte: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal: Em Normas de Controle de Qualidade e Classificação de Compensados, 1985.

### 3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em duas etapas:

- a) análise das rachaduras de topo, onde foi realizado teste do  $\chi^2$ , para o conhecimento dos efeitos dos tratamentos;
- b) elaboração dos painéis compensados, onde foi aplicado um delineamento totalmente casualizado com arranjo fatorial dos tratamentos, sendo os fatores considerados mostrados na tabela 7, separados por adesivo, respectivamente.

TABELA 7 - FATORES, NÍVEIS E VALORES APLICADOS NOS TRATAMENTOS POR ADESIVO

ADESIVOS	FATORES	NÍVEIS	VALORES
URÉIA FORMOL	Tempo de Prensagem	02	8 min. 12 min.
	Temperatura da Prensa	02	105 °C 120 °C
FENOL FORMOL	Tempo de Prensagem	02	8 min. 12 min.
	Temperatura da Prensa	02	135 °C 150 °C

Antes da análise de variância, foi realizado para as variáveis inchamento e recuperação da espessura, flexão estática nos sentidos paralelo e perpendicular a grã e cisalhamento o teste de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias, o qual constatou não haver necessidade de transformação de dados.

A tabela 8 apresenta os tratamentos efetuados na elaboração dos painéis compensados.

TABELA 8 - TRATAMENTOS APLICADOS NA CONFECCÃO DOS PAINÉIS

ADESIVOS	TRATAMENTOS	ESPÉCIE	TEMPERATURA (°C)	TEMPO DE PRENSAGEM (min)
URÉIA-FORMOL	T1	<i>Eucalyptus scabra</i>	105	8
	T2		120	8
	T3		105	12
	T4		120	12
FENOL-FORMOL	T5	<i>Eucalyptus scabra</i>	135	8
	T6		150	8
	T7		135	12
	T8		150	12
URÉIA-FORMOL	T9	<i>Eucalyptus robusta</i>	105	8
	T10		120	8
	T11		105	12
	T12		120	12
FENOL-FORMOL	T13	<i>Eucalyptus robusta</i>	135	8
	T14		150	8
	T15		135	12
	T16		150	12

Para cada tratamento foram efetuadas cinco repetições, com um total de 80 painéis, 40 por espécie. A tabela 9. apresenta o número de corpos de prova.

TABELA 9 - CORPOS DE PROVA POR ENSAIO

ENSAIO	CONDIÇÕES	CORPO PROVA / PAÍNEL	TOTAL / TRATAMENTO
Flexão Estática	Paralelo as Fibras	2	10
	Perpend. as Fibras	2	10
Cisalhamento	Seco	5	25
	Imersão 24h (água)	5	25
	Fervura (úmido)	5	25
Inchamento e Recuperação da Espessura	-	3	15
		3	15

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DENSIDADE BÁSICA

Após o abate e traçamento, foram retirados discos das toras, (ver 3.2), com isso foi determinada a densidade básica média por espécie, (tabela 10), que são valores importantes para indicar as temperaturas ótimas de aquecimento bem como os tempos de aquecimento necessários para temperaturas desejadas no cerne KEINERT JUNIOR (1994, p.37).

TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE BÁSICA EM (g/cm<sup>3</sup>) POR ESPÉCIE

ESPÉCIE	DENSIDADE BÁSICA (g/cm <sup>3</sup> )	DESVIO PADRÃO (s)
<i>Eucalyptus scabra</i>	0,644	0,074
<i>Eucalyptus robusta</i>	0,565	0,032

Os dados apresentados na tabela 10 mostram que praticamente, não existe grandes diferenças entre as espécies estudadas, e comparando o resultado do *Eucalyptus robusta* com os obtidos por KEINERT JUNIOR (1994, p.37) verifica-se que estes encontram-se próximos.

## 4.2 ANÁLISE DAS RACHADURAS DE TOPO

Esta análise baseou-se na verificação da eficiência dos tratamentos aplicados simultaneamente no topos das toras com a finalidade de minimizar as rachaduras decorrentes das tensões de crescimento. As rachaduras foram medidas conforme descrito no item 3.10, e as médias encontram-se na tabela 11.

Na tabela 11 observa-se o efeito dos tratamentos de topo antes do destopo e pós destopo para toras tratadas (com) e toras sem tratamento (testemunhas). Comparando as duas últimas colunas, rachadura antes destopo e rachadura pós destopo, verifica-se uma resposta para toras tratadas, ou seja uma diminuição das rachaduras.

TABELA 11 - MÉDIA DAS RACHADURAS DE TOPO POR ESPÉCIE

TRATAMENTO	ESPÉCIE	ÁRVORE	RACHADURA ANTES DESTOPO (cm)	RACHADURA PÓS DESTOPO (cm)	DIFERENÇA (ad-pd) (cm)
com	<i>Eucalyptus scabra</i>	1	4,75	4,50	0,25
		2	4,92	1,92	3,00
		3	5,58	2,75	2,83
sem (testemunha)	<i>Eucalyptus scabra</i>	1	4,16	4,00	0,16
		2	4,42	1,75	2,67
		3	4,66	3,16	1,50
com	<i>Eucalyptus robusta</i>	4	4,16	2,66	1,50
		5	4,50	3,41	1,09
		6	6,66	5,41	1,25
sem (testemunha)	<i>Eucalyptus robusta</i>	4	3,83	3,75	0,08
		5	3,83	3,58	0,25
		6	4,66	4,16	0,50

Na última coluna da tabela 11 observa-se o efeito dos tratamentos de topo, onde as toras que foram tratadas (com) apresentam maior redução das rachaduras quando comparadas as testemunhas, para ambas espécies.

Ainda na tabela 11, nas toras testemunhas, sem tratamento, observa-se também uma diminuição nas rachaduras de topo, isto ocorre por influência do diâmetro e para tornar a análise mais clara foi necessário eliminar esta influência.

A tabela 12 apresenta as médias das rachadura de topo agrupadas por classe de diâmetro para mostrar a relação existente entre o diâmetro das toras e as variáveis rachaduras antes e pós destopo, e eficiência do tratamento por espécie auxiliando na análise dos tratamentos.

Observa-se na tabela 12, que o diâmetro mostra-se relacionado com as variáveis rachadura de topo antes destopo e pós destopo ou seja, com o aumento do diâmetro verifica-se um aumento das rachaduras de topo.

Ainda na tabela 12, a variável eficiência do tratamento calculada (ver 3.10), não sofre influência do diâmetro como pode ser observado. Com isso ficou evidenciado a grande influência do diâmetro e a necessidade de isolar esta variável para proceder a análise das rachaduras.

TABELA 12 - MÉDIAS DAS RACHADURAS POR CLASSE DE DIÂMETRO

ESPÉCIE	CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	SOMATÓRIA DAS RACHADURAS ANTES DESTOPO (cm)	SOMATÓRIA DAS RACHADURAS PÓS DESTOPO (cm)	EFICIÊNCIA (%)
<i>Eucalyptus scabra</i>	20 - 30	13,14	8,43	36,38
	30 - 40	15,50	10,40	31,03
<i>Eucalyptus robusta</i>	20 - 30	11,83	11,17	7,37
	30 - 40	14,10	11,60	24,58
	> 40	22,50	22,00	2,22

Para a análise da eficiência dos tratamentos, foi realizado o teste de Qui Quadrado ( $\chi^2$ ), apresentado na tabela 13.



O teste de  $\chi^2$  revelou existir relação entre o nível de eficiência e a presença ou ausência de tratamento ( $\chi^2=4,19$ ;  $p<0,05$ ).

Na tabela 13 verifica-se que quando as toras receberam tratamento (com) 66,6%, ( $^8/_{12}$ ), apresentaram eficiência maior do que 20%. Para as toras sem tratamento 75%, ( $^9/_{12}$ ), delas apresentaram eficiência entre 0-20%.

TABELA 13 - TABELA DE CONTIGÊNCIA ENTRE TORAS TRATADAS E NÃO TRATADAS, E EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO

TRATAMENTO	EFICIÊNCIA 0 - 20 %	EFICIÊNCIA > 20 %	TOTAL
COM	4 33,4	8 66,6	12
SEM	9 75,0	3 25,0	12
TOTAL	13	11	24

#### 4.3 RENDIMENTO NO FAQUEAMENTO E DESENROLAMENTO

Para melhor compreensão do rendimento, a tabela 14 mostra o DAP, bem como as alturas comerciais e totais das árvores, o que proporciona uma visão do talhão do qual ocorreu o desbaste seletivo.

TABELA 14 - DAP (c/c; s/c), ALTURA COMERCIAL E TOTAL DAS ÁRVORES

ÁRVORE Nº	ESPÉCIE	DAP (cm)		H com. (m)	H total (m)
		c/c	s/c		
1	<i>E. scabra</i>	37,0	35,4	23,00	30,00
2	<i>E. scabra</i>	36,0	34,4	20,00	29,80
3	<i>E. scabra</i>	41,0	39,2	22,00	30,00
4	<i>E. robusta</i>	38,0	33,0	15,00	36,30
5	<i>E. robusta</i>	38,0	36,0	14,80	31,20
6	<i>E. robusta</i>	60,0	58,0	19,20	34,40



De acordo com a metodologia para determinação do rendimento (ver 3.7), os resultados obtidos para a operação de faqueamento, com lâminas de 0,6 mm de espessura, são apresentados na tabela 15.

TABELA 15 - RENDIMENTO OBTIDO COM O FAQUEAMENTO POR ESPÉCIE

ESPÉCIE	ÁRVORE N°	VOLUME c/c (m³)	VOLUME s/c (m³)	RENDIMENTO (m²)	RENDIMENTO (m²)	TOTAL CORTES	APROV (m²/m²)	CORTES m²
<i>Eucalyptus scabra</i>	1	0,314	0,287	0,254	153,33	650	0,603	4,23
	2	0,289	0,263	0,185	77,08	363	0,416	4,70
	3	0,389	0,355	0,178	74,97	470	0,421	6,26
<b>total</b>				0,617	305,38	1483		
<i>Eucalyptus robusta</i>	4	0,278	0,257	0,213	10,08	72	0,047	7,14
	5	0,330	0,303	0,279	183,79	633	0,658	3,44
	6	0,691	0,651	0,441	60,85	307	0,138	5,04
<b>total</b>				0,933	254,72	1012		
<b>TOTAL*</b>				1,550	560,10	2495		

\* Total para as duas espécies.

APROV = Aproveitamento em (m).

Ainda em relação ao faqueamento, a última coluna da tabela 15 apresenta o número de cortes necessários para se obter 1 m<sup>2</sup> de lâmina. O total de horas gasta com o faqueamento foi segundo dados da empresa de 2:45 minutos.

Comparando os valores do rendimento obtidos no faqueamento do *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta* com rendimentos obtidos na Selectas. S/A Ind.e Com. de Madeiras com outras espécies de folhosas, como o mogno (*Swietenia macrophylla*) onde o aproveitamento chega a 1,0 m (dado obtido através de informação pessoal), verifica-se que as espécies estudadas apresentaram baixos valores, porém para o eucalipto esse rendimento é considerado excelente, devido principalmente aos problemas de tensão de crescimento apresentado pela espécie.

Ainda na tabela 15, o melhor aproveitamento para o *Eucalyptus scabra* é justificado pela qualidade superior do pranchão, pois em uma das pranchas do *Eucalyptus robusta* o miolo encontrava-se em decomposição o que dificultava a sua sustentação na faqueadeira.

A tabela 16 foi elaborada com base no volume sem casca em m<sup>3</sup> e rendimento em m<sup>3</sup>, e comparando as média dos rendimentos para as duas espécies fica evidenciado que o *Eucalyptus robusta* apresenta um maior índice. Isto é justificado pelas dimensões dos pranchões.

TABELA 16 - APROVEITAMENTO EM PORCENTAGEM NO FAQUEAMENTO

ESPÉCIE	ÁRVORE	RENDIMENTO FAQUEAMENTO (%)
<i>Eucalyptus scabra</i>	1	88,50
	2	70,34
	3	50,14
$\bar{x}$		69,66
<i>Eucalyptus robusta</i>	4	82,88
	5	92,08
	6	67,74
$\bar{x}$		80,90

A tabela 17 mostra os diâmetros das toras medidos nos dois extremos, que ilustram as dimensões das toras antes de serem laminadas.

TABELA 17 - DIÂMETROS EM (cm) DAS TORAS MEDIDO NOS TOPOS MAIOR E MENOR

ÁRVORE Nº	ESPÉCIE	TORA Nº	DIÂMETRO TOPO MAIOR		DIÂMETRO TOPO MENOR	
			c/c	s/c	c/c	s/c
1	<i>E. scabra</i>	1	38,0	36,4	35,0	33,4
		2	34,0	32,4	33,4	31,8
		3	30,0	28,3	28,5	26,9
		4	29,0	27,5	27,0	25,4
		5	27,0	25,2	27,0	25,4
2	<i>E. scabra</i>	1	36,0	34,4	34,0	32,4
		2	34,0	32,2	31,0	29,0
		3	30,0	28,4	29,0	27,4
		4	29,0	27,5	28,0	26,5
		5	27,0	25,4	26,0	24,4
3	<i>E. scabra</i>	1	44,0	42,0	37,0	35,4
		2	38,0	36,2	34,0	32,2
		3	34,0	32,0	33,0	31,0
		4	31,0	29,4	30,0	28,5
		5	29,0	27,6	29,0	27,4
4	<i>E. robusta</i>	1	37,0	36,0	31,5	29,8
		2	32,0	30,4	27,0	25,4
		3	26,0	24,2	25,0	23,6
		4	25,0	23,4	23,0	21,4
		5	22,0	20,3	21,0	19,5
5	<i>E. robusta</i>	1	41,0	39,4	33,5	32,0
		2	32,5	30,9	31,0	29,4
		3	30,0	28,4	28,0	26,4
		4	27,5	25,9	25,5	23,9
		5	24,5	22,6	22,0	20,4
6	<i>E. robusta</i>	1	58,0	56,4	50,0	48,4
		2	49,0	47,6	47,0	45,5
		3	38,0	36,4	36,0	34,5
		4	34,0	32,2	34,0	32,2
		5	33,0	31,3	28,0	26,0

c/c ⇒ diâmetro com casca; s/c ⇒ diâmetro sem casca

Após o desenrolamento, foram tomados os diâmetros das operações de arredondamento das toras e rolo resto, valores também utilizados no cálculo do rendimento e que são mostrados na tabela 18.

TABELA 18 - DIÂMETROS DAS TORAS ARREDONDADAS E ROLO RESTO APÓS O DESENROLAMENTO

ÁRVORE Nº	ESPÉCIE	TORA Nº	DIÂMETRO ARREDOND. (cm)	DIÂMETRO ROLO RESTO (cm)
1	<i>Eucalyptus scabra</i>	2	24,20	15,30
		3	26,00	15,30
		4	23,80	17,80
		5	22,91	16,00
2	<i>Eucalyptus scabra</i>	2	27,70	15,27
		3	25,46	15,60
		4	24,20	15,91
		5	20,37	15,60
3	<i>Eucalyptus scabra</i>	2	25,14	15,27
		3	28,33	15,27
		4	24,20	15,27
		5	21,32	15,27
4	<i>Eucalyptus robusta</i>	2	24,20	12,27
		3	22,00	12,27
		4	16,87	11,27
		5	19,10	12,27
5	<i>Eucalyptus robusta</i>	2	22,00	12,27
		3	24,19	12,60
		4	20,37	12,27
		5	19,10	12,27
6	<i>Eucalyptus robusta</i>	2	36,60	27,70
		3	29,60	15,27
		4	27,05	15,27
		5	26,42	16,55

O rendimento da operação de desenrolamento foi determinado em relação ao volume com casca das diferentes espécies. A tabela 19 apresenta os volumes médios em (m<sup>3</sup>) de madeira no decorrer das diferentes operações industriais, definidos por espécie.

TABELA 19 - VOLUMES MÉDIOS POR ESPÉCIE ENTRE AS DIFERENTES OPERAÇÕES INDUSTRIAIS

ESPÉCIE	VOLUME c/c (m <sup>3</sup> )	VOLUME s/c (m <sup>3</sup> )	VOLUME ARREDON. (m <sup>3</sup> )	VOLUME ROLO RESTO (m <sup>3</sup> )	VOLUME LAMINADO (m <sup>3</sup> )
<i>Eucalyptus scabra</i>	0,496	0,443	0,322	0,131	0,178
<i>Eucalyptus robusta</i>	0,448	0,402	0,318	0,151	0,201

A tabela 20 apresenta as perdas médias para cada uma das operações, bem como o rendimento médio final, com os valores dados em porcentagem.

TABELA 20 - PERDAS PERCENTUAIS MÉDIAS NAS DIFERENTES OPERAÇÕES DURANTE O DESENROLAMENTO

ESPÉCIE	PERDA DESCASCAMENTO (%)	PERDA ARREDONDAMENTO (%)	PERDA ROLO RESTO (%)	PERDA TOTAL (%)	RENDIMENTO (%)
<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

Analisando os valores da tabela 20, pode-se observar que as perdas correspondentes as operações de descascamento, arredondamento e rolo resto podem ser consideradas similares para as duas espécies, devido as proximidades dos valores obtidos. Isto é de se esperar pois são perdas determinadas por características próprias das espécies, como a espessura da casca e conicidade do fuste. Vale ressaltar que o *E. scabra* possui casca mais espessa.

Ainda na tabela 20, verifica-se que o rendimento para o *Eucalyptus robusta* é considerado bom, pois situa-se próximo a 50 % de aproveitamento (KEINERT JUNIOR, 1994, p.43). Enquanto que para o *Eucalyptus scabra* o rendimento pode ser comparado ao aproveitamento obtido por MEDINA (1986, p.51) para *Pinus elliottii*. Essa diferença pode ser justificada devido as árvores de *Eucalyptus robusta* apresentarem melhor conicidade.

Neste estudo não foram consideradas as perdas no manuseio das lâminas que teoricamente podem alcançar níveis de 5% quando bem conduzida, (KEINERT

JUNIOR, 1994, p.43), o que ainda deixaria o *Eucalyptus robusta* com rendimento superiores ao *Pinus elliottii*. estudado por MEDINA (1986, p.51).

#### 4.4 QUALIDADE DAS LÂMINAS

Após a secagem, avaliou-se a qualidade das lâminas segundo a Norma de Controle de Qualidade e Classificação dos Compensados - ABIMCE. A tabela 21 apresenta o número de lâminas obtidas por espécie, bem como sua classificação.

De acordo com a tabela 21, pode-se observar que foram obtidas lâminas em quase todas as categorias, ficando mais frequente para o *Eucalyptus scabra* os níveis B e C, enquanto que o *Eucalyptus robusta* apresentou lâminas em quase todas as categorias, não ocorrendo apenas na N, e com as categorias C e D de maiores frequências. A diferença que se observa nas categorias C e D é atribuída também a diferenças quantitativas dentro desta faixa.

TABELA 21 - NÚMERO DE LÂMINAS OBTIDAS DAS DIFERENTES QUALIDADES SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DA ABIMCE. VALORES AGRUPADOS POR ESPÉCIE

ESPÉCIE	GRAU SEGUNDO ABIMCE	QUANTIDADE DE LÂMINAS DE 0,7m x 1,70m x 0,002 m	PORCENTAGEM POR CLASSE	TOTAL DE LÂMINAS OBTIDAS
<i>Eucalyptus scabra</i>	N			132
	A	3	2,28	
	B	72	54,55	
	C	57	43,17	
<i>Eucalyptus robusta</i>	D			147
	N			
	A	5	3,40	
	B	19	12,92	
	C	84	57,14	
	D	39	26,54	

Ainda em relação a tabela 21 o *Eucalyptus scabra* apresenta lâminas de qualidade superior 54,55 % na classe B, em relação ao *Eucalyptus robusta*, essa diferença justifica-se pelas melhores condições das toras, pois toras do *Eucalyptus robusta* encontravam-se com o cerne apodrecido, o que ocasionou o aparecimento de 57,14 % de lâminas na categoria C.

A tabela 22 apresenta outros valores de rendimento tomados da literatura. Para JANKOWSKY (1978), o maior rendimento é atribuído ao fato de que o diâmetro das garras do torno desenrolador utilizado no trabalho foi de 8,0 cm. Para CHONG (1977) e para KEINERT JUNIOR (1994) a diferença obtida é justificada pelo maior diâmetro das toras. Com isso, pode-se considerar o rendimento obtido com o *Eucalyptus spp* aceitável.

TABELA 22 - COMPARAÇÃO DOS RENDIMENTOS MÉDIOS DO DESENROLADO COM OS DE OUTROS AUTORES

FORTE	VOLUME TORA (s/c) (%)	VOLUME ROLO RESTO (%)	VOLUME PERDIDO (%)	RENDIMENTO (%)	ESPÉCIE
JANKOWSKY	100	13,60	32,00	54,40	<i>Pinus strobus</i>
CHONG	100	14,60	29,90	55,50	<i>Pinus elliottii</i>
KEINERT Jr	100	12,27	38,65	49,10	<i>E. robusta</i>
MEDINA	100	18,90	38,70	42,40	<i>Pinus elliottii</i>
DISSERTAÇÃO	100	24,50	35,00	40,50	<i>Eucalyptus spp</i>

Deve-se acrescentar a tabela 22, o fato de que os *Eucalyptus spp* estudados foram coletados de talhões experimentais, com 30 anos de idade, sem espaçamento, manejo adequado, e sem finalidade de laminação, contudo apresentou um rendimento em torno de 40 %, o que pode ser considerado



excelente devido principalmente ao problema de tensão de crescimento apresentado pelo gênero.

#### 4.5 PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

Os valores de viscosidade e pH, dos adesivos, por tratamento são mostrados na tabela 23, e encontram-se na faixa de trabalho indicada segundo o fabricante. A faixa de trabalho da viscosidade para resina uréia-formol é entre 4000 a 6500 cp, enquanto que para fenol-formol encontra-se entre 1500 a 2500 cp. E, o pH recomendado, por resina, também se encontra listado abaixo.

TABELA 23 - VALORES DE VISCOSIDADE E pH

TRATAMENTOS	VISCOSIDADE (cp)	pH	ADESIVO
1	4200,00	4,0	Uréia
2	6266,60	4,7	Uréia
3	5900,00	4,4	Uréia
4	5313,30	4,1	Uréia
5	1926,60	11,4	Fenol
6	2416,00	11,4	Fenol
7	2286,60	11,6	Fenol
8	2153,30	11,2	Fenol
9	4833,30	5,5	Uréia
10	4566,60	5,3	Uréia
11	6166,60	5,2	Uréia
12	4125,00	5,2	Uréia
13	2433,30	11,9	Fenol
14	2220,00	11,7	Fenol
15	2316,60	11,7	Fenol
16	2033,30	11,3	Fenol



#### 4.5.1 INCHAMENTO E RECUPERAÇÃO DA ESPESSURA

A estabilidade dimensional em compensados é importante especialmente quando o produto se destina para usos exteriores e para a fabricação de móveis ou produtos que requeiram estabilidade. A capacidade de resistir a ação da umidade, mantendo as dimensões originais confere maior qualidade ao produto.

Durante o processo de prensagem ocorre aumento da densidade e das tensões internas do painel, fatores estes que podem comprometer a estabilidade dimensional do produto. Quando o painel absorve água parte das tensões internas são liberadas, e conseqüentemente quando é seco não consegue retornar a sua espessura original (MEDINA, 1986, p.69).

O inchamento em espessura nos painéis de madeira, é formado por duas variáveis, o inchamento simples por absorção de água, e o causado pela liberação das tensões de prensagem.

Da análise de variância, tabela 24 (anexo 1, p.93), *Eucalyptus scabra*, realizada para os valores de recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura, adesivo uréia-formol, ficou evidenciado não haver diferenças significativas entre os fatores.

Ainda na tabela 24 (anexo 1, p.93), agora adesivo fenol-formol, para a variável inchamento mais recuperação em espessura, os valores indicam não haver diferenças significativas entre os fatores, porém para a variável recuperação em espessura a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando que os fatores não são independentes.

Os valores médios para as variáveis recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura encontram-se na tabela 25.

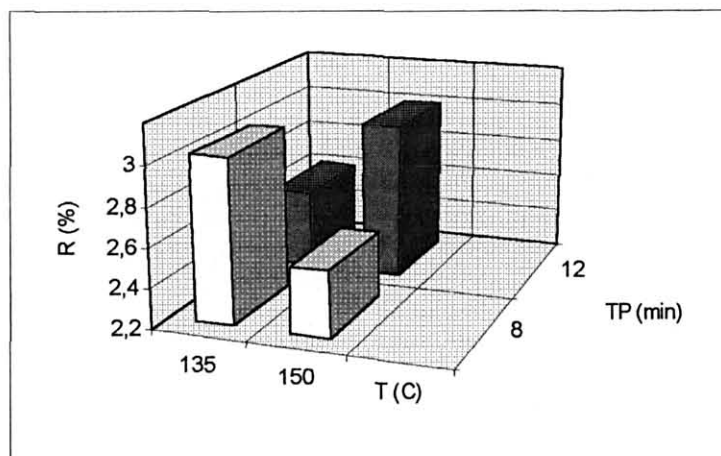
TABELA 25 - VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA *EUCALYPTUS SCABRA* EM (%) ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL.

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (° C)	R (%)	IR (%)
URÉIA FORMOL	8	-	2,77	9,01
	12	-	3,20	9,62
	-	105	2,63	8,99
	-	120	3,34	9,63
	8	105	2,27	8,39
	8	120	3,26	9,63
	12	105	2,98	9,60
	12	120	3,41	9,63
FENOL FORMOL	8	-	2,64	10,53
	12	-	2,80	11,40
	-	135	2,81	11,23
	-	150	2,63	10,75
	8	135	3,03	10,97
	8	150	2,53	10,08
	12	135	2,60	11,47
	12	150	3,00	11,42

Observando os valores da tabela 25 para *Eucalyptus scabra*, adesivo fenol-formol, e a figura 8, verifica-se que para um tempo de prensagem de 8 minutos a porcentagem de recuperação em espessura diminui quando a temperatura aumenta de 135° C para 150° C, ocorrendo o inverso para o tempo de prensagem de 12 minutos.

A maior porcentagem em recuperação em espessura, adesivo fenol-formol, se deu com 8 minutos de prensagem a 135° C de temperatura.

FIGURA 8 - RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA PARA *EUCALYPTUS SCABRA* ADESIVO FENOL-FORMOL



A tabela 26 (anexo 1, p.93), apresenta os resultados da análise de variância para o *Eucalyptus robusta* para as variáveis recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura, adesivos uréia-formol e fenol-formol.

Para a variável recuperação em espessura adesivo uréia-formol, os valores indicam não haver diferenças significativas entre os fatores testados. Para inchamento mais recuperação em espessura, adesivo uréia-formol, a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando não haver independência entre os fatores. Houve também diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para o fator temperatura.

Os resultados da análise de variância, tabela 26 (anexo 1, p.93), efetuada para os dados de recuperação em espessura, adesivo fenol-formol, revelaram que a interação dos fatores estudados, tempo de prensagem e temperatura, foi

significativa ( $p < 0,01$ ), indicando que os fatores são dependentes. O fator tempo de prensagem apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ).

Em relação ao inchamento mais recuperação em espessura adesivo fenol-formol, a análise de variância mostrou não haver diferenças significativas entre os fatores examinados.

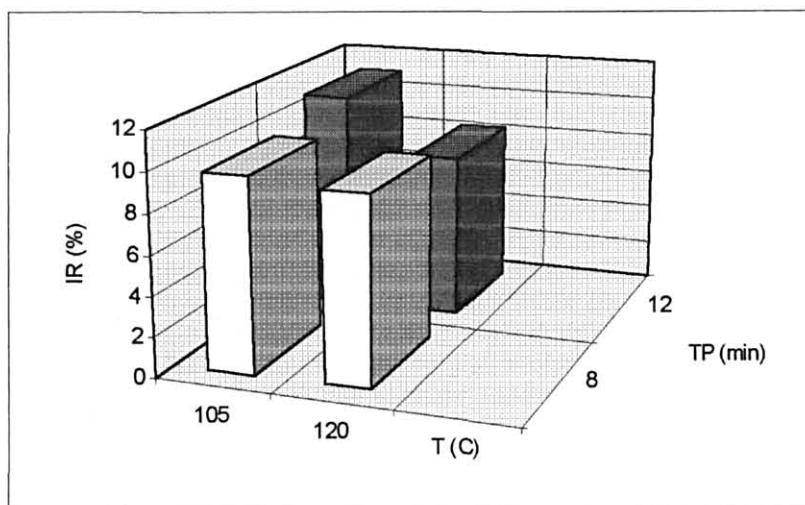
Os valores médios de recuperação em espessura e inchamento mais recuperação em espessura encontram-se na tabela 27.

TABELA 27 - VALORES MÉDIOS DE RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA *EUCALYPTUS ROBUSTA* EM (%) ADESIVO URÉIA FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA (°C)	R (%)	IR (%)
URÉIA FORMOL	8	-	2,83	9,53
	12	-	3,47	9,65
	-	105	3,20	10,38
	-	120	3,10	8,80
	8	105	2,84	9,72
	8	120	2,83	9,35
	12	105	3,56	11,04
	12	120	3,37	8,25
FENOL FORMOL	8	-	2,09	11,30
	12	-	3,58	10,85
	-	135	3,10	10,81
	-	150	2,57	11,35
	8	135	1,72	11,09
	8	150	2,45	11,52
	12	135	4,48	10,53
	12	150	2,68	11,19

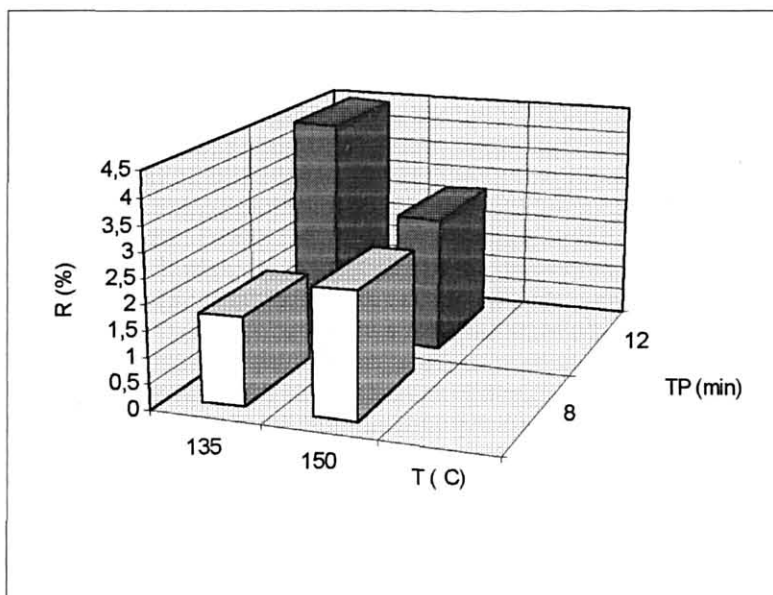
Com base na tabela 27 para *Eucalyptus robusta* e figura 9, adesivo uréia-formol, verifica-se que para 8 minutos de prensagem a porcentagem de inchamento mais recuperação em espessura diminui quando a temperatura aumenta de 105° C para 120° C, ocorrendo o mesmo com 12 minutos de prensagem e 105° C.

FIGURA 9 - INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVO URÉIA-FORMOL



A tabela 27, agora figura 10, para *Eucalyptus robusta*, adesivo fenol-formol, mostra que para um tempo de prensagem de 8 minutos a % de recuperação em espessura aumenta quando a temperatura aumenta de 135° C para 150° C, ocorrendo o inverso para 12 minutos de prensagem.

FIGURA 10 - RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA PARA *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVO FENOL-FORMOL



Para o adesivo uréia-formol *Eucalyptus robusta* a maior % em inchamento mais recuperação em espessura se deu com 12 minutos de prensagem a 105° C, mostrado na figura 9.

Para o adesivo fenol-formol *Eucalyptus robusta*, a maior % de recuperação em espessura ocorreu com 12 minutos de prensagem e 135° C, mostrado na figura 10.

Para as variáveis que não apresentaram diferenças significativas entre os fatores examinados, tanto para uréia-formol quanto para o fenol-formol, ambas as espécies, deve-se utilizar os tratamentos com menores valores para os fatores temperatura e tempo de prensagem.

WELLONS<sup>9</sup> *et al* citados por MEDINA (1986, p.71), afirmam que ao aumentar o tempo de prensagem aumenta a compressão, e conseqüentemente aumentam as tensões internas, assim para tempos mais longos de prensagem serão encontrados maiores valores de recuperação em espessura.

KOLLMANN *et al.* (1975) em estudos realizados pelo Laboratório de Produtos Florestais (FPL) - USA, afirmam que para temperaturas de prensagem acima de 140° C o tempo de prensagem deixa de afetar significativamente o inchamento, entretanto abaixo, no mesmo estudo determinou-se que ao aumentar o tempo de prensagem houve uma diminuição do Inchamento, fatos que não foram observados nesta pesquisa, de acordo com a figura 8.

A pouca diferença encontrada para os valores médios de recuperação em espessura e inchamento mais recuperação, tabelas 25 e 27, pode ser também

---

<sup>9</sup> WELLONS, J.D.; KRAHMER, R.L.; SANDOE, M.D.; JOKERST, R.W. Thickness loss in hot-pressed plywood. *For. Prod. J.*, v.33, n.1, p.27-34, 1983.

atribuída a semelhança entre as espécies e ao tipo de lenho presente nas lâminas.

A tabela 28 compara os valores obtidos para o ensaio de inchamento e recuperação em espessura com valores tomados na literatura.

TABELA 28 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA OBTIDOS NESTE TRABALHO, COM VALORES ENCONTRADOS NA LITERATURA

FONTE	ESPÉCIE	UMIDADE (%)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	INCHAMENTO (%)	RECUPERAÇÃO (%)
KEINERT	<i>E. robusta</i> 5 Lâminas Uréia 10 mm	-	-	12,46 <sup>(+)</sup>	7,49 <sup>(+)</sup>
LARA PALMA	<i>P. elliotii</i> 3 Lâminas Tanino 7,5 mm	10,86	0,553	8,31	-
HAYASHIDA	<i>P. elliotii</i> 5 Lâminas 8 mm esp.	13,30	0,690	9,50	-
MEDINA	<i>P. elliotii</i> 3 Lâminas 7,5 mm Fenol	10,46	0,521	9,62	3,90
DISSERTAÇÃO	<i>E. scabra</i>	10,00	0,644	9,63*	3,26*
	<i>E. robusta</i> Uréia 5 Lâminas 10 mm	10,00	0,565	11,04**	3,56**

Nota:

\* 8 min / 120° C

\*\* 12 min. / 105° C

(+) 8 min. / 110° C

Observando os valores da tabela 28, verifica-se que os resultados encontrados para o *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta* são similares aos apresentados pela literatura, inclusive, para outras espécies. Isto revela que as

espécies estudadas possuem bom comportamento quanto a estabilidade dimensional.

#### 4.5.2 FLEXÃO ESTÁTICA

O ensaio de flexão estática tem por objetivo determinar a resistência e a rigidez do compensado, tendo como resposta o uso estrutural dos painéis.

A rigidez é um indicador de resistência à deformação do material sob tensão sendo expressa em termos de módulo de elasticidade. Quanto maior o módulo de elasticidade menor é a deformação sob determinada tensão (MEDINA, 1986, p.74). A tabela 29 apresenta o peso específico.

TABELA 29 - PESO ESPECÍFICO MÉDIO DOS PAINÉIS POR ESPÉCIE, TRATAMENTO E ADESIVO

ADESIVO	ESPÉCIE	TRATAMENTO	PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> )
URÉIA FORMOL		T1	0,787
	<i>Eucalyptus</i>	T2	0,829
	<i>scabra</i>	T3	0,819
		T4	0,844
FENOL FORMOL		T5	0,839
	<i>Eucalyptus</i>	T6	0,824
	<i>scabra</i>	T7	0,826
		T8	0,833
URÉIA FORMOL		T9	0,799
	<i>Eucalyptus</i>	T10	0,836
	<i>robusta</i>	T11	0,777
		T12	0,816
FENOL FORMOL		T13	0,761
	<i>Eucalyptus</i>	T14	0,745
	<i>robusta</i>	T15	0,777
		T16	0,775



Os resultados apresentados na tabela 29 foram tomados a um teor de umidade de  $10 (\pm 2)\%$ . O controle da umidade foi realizado por amostras retiradas da câmara climática. Os painéis foram acondicionados a uma temperatura de  $20 (\pm 2)^\circ\text{C}$ , com umidade relativa de  $60 (\pm 5)\%$ .

Ainda na tabela 29, o aumento ocorrido no peso específico em relação a densidade básica da madeira sólida, tabela 10, é decorrente do incremento da densidade e das tensões internas, fatores estes que podem afetar a estabilidade do painel (PEREYRA, 1994, p.70).

Na tabela 30 (anexo 2, p.94), encontram-se os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de flexão estática, paralela a grã, para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura, adesivos uréia-formol e fenol-formol para *Eucalyptus scabra*. Para o módulo de elasticidade, verifica-se que o fator tempo de prensagem foi significativo ( $p < 0,05$ ), que o fator temperatura foi significativo ( $p < 0,01$ ), e que os fatores são independentes. Para o módulo de ruptura a análise de variância revela que o tempo de prensagem e a temperatura foram significativos ( $p < 0,05$ ), e que os fatores são independentes.

Para o adesivo fenol-formol a tabela 30 (anexo 2, p.94), revela que nenhum dos fatores estudados, nos dois níveis considerados, afetaram de maneira significativa as propriedades medidas.

A tabela 31 (anexo 2, p.94), revela os resultados da análise de variância realizada para flexão estática *Eucalyptus scabra* no sentido perpendicular a grã, adesivos uréia-formol e fenol-formol, para as variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura.

Para o módulo de elasticidade adesivo uréia-formol, verifica-se que o tempo de prensagem foi significativo ( $p < 0,05$ ), que a temperatura foi significativa ( $p < 0,01$ ), e que os fatores são independentes. Para o módulo de ruptura, os fatores não apresentaram diferenças significativas.

Ainda na tabela 31 (anexo 2, p.94), adesivo fenol-formol, para o módulo de elasticidade os fatores não apresentaram diferenças significativas. Para o módulo de ruptura a interação tempo de prensagem e temperatura foi significativa ( $p < 0,01$ ), indicando que os fatores não são independentes. O fator tempo de prensagem foi significativo ( $p < 0,01$ ).

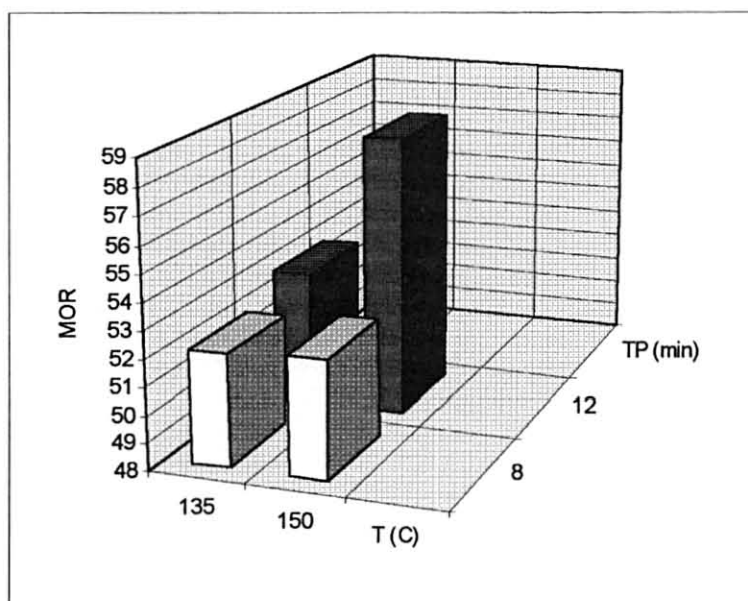
A tabela 32 apresenta os valores médios do módulo de elasticidade e ruptura para o *Eucalyptus scabra* sentidos paralelo e perpendicular a grã.

TABELA 32 - VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR A GRÃ PARA O *EUCALYPTUS SCABRA* EM (N/mm<sup>2</sup>) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM (min)	TEMPERATURA °C	PARALELO A GRÃ		PERPENDICULAR A GRÃ	
			MOE	MOR	MOE	MOR
URÉIA FORMOL	8	-	19883	113,97	6434	52,20
	12	-	22690	125,30	7370	55,68
	-	105	18162	114,60	6271	52,55
	-	120	24411	124,68	7532	55,33
	8	105	17587	113,65	6014	52,10
	8	120	22179	114,25	6854	52,30
	12	105	18737	115,52	6529	53,00
	12	120	26643	135,06	8211	58,37
FENOL FORMOL	8	-	24161	126,18	7374	60,17
	12	-	22767	124,02	7093	59,97
	-	135	23705	125,93	7592	58,64
	-	150	23224	124,25	6874	61,50
	8	135	24206	126,01	7696	58,79
	8	150	24116	126,36	7051	61,54
	12	135	23204	125,86	7487	58,50
	12	150	22331	122,18	6698	61,45

Na tabela 32 e na figura 11 para *Eucalyptus scabra* adesivo fenol-formol perpendicular a grã, verifica-se que para um tempo de prensagem de 8 minutos o módulo de ruptura aumenta quando a temperatura aumenta de 135° C para 150° C, ocorrendo o mesmo para 12 minutos de prensagem.

FIGURA 11 - MÓDULO DE RUPTURA PERPENDICULAR A GRÃ ADESIVO FENOL-FORMOL *EUCALYPTUS SCABRA*



A tabela 33 (anexo 2, p.95), apresenta os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de flexão estática paralela a grã, para o *Eucalyptus robusta*, variáveis módulo de elasticidade e módulo de ruptura, adesivos uréia-formol e fenol-formol.

Na tabela 33 (anexo 2, p.95), para *Eucalyptus robusta* adesivo uréia-formol, a análise de variância mostra que para os valores de módulo de elasticidade somente a temperatura foi significativa ( $p < 0,5$ ), e que os fatores são

independentes. Para o módulo de ruptura a análise da variância revelou não haver diferenças significativas entre os fatores considerados.

Para o adesivo fenol-formol, a análise de variância tabela 33 (anexo 2, p.95), revela que para o módulo de elasticidade não houve diferenças significativas entre os fatores examinados. Para o módulo de ruptura o tempo de prensagem foi significativo ( $p < 0,01$ ), e que existe independência entre os fatores.

A tabela 34 (anexo 2, p.95), apresenta os resultados da análise de variância realizada para a flexão estática *Eucalyptus robusta* sentido perpendicular à grã, adesivos uréia-formol e fenol-formol. Para o módulo de elasticidade adesivo uréia-formol, não há diferenças significativas entre os fatores. Para o módulo de ruptura a temperatura foi significativa ( $p < 0,05$ ), e que existe independência entre os fatores. Para o adesivo fenol-formol, tabela 34 (anexo 2, p.95), a análise de variância revela que tanto para o módulo de elasticidade quanto para o módulo de ruptura o tempo de prensagem afetou de maneira significativa ( $p < 0,01$ ) os resultados, e que existe independência entre os fatores examinados. Os valores médios do módulo de elasticidade e ruptura, estão na tabela 35.

TABELA 35 - VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARALELO E PERPENDICULAR A GRÃ PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* EM (N/mm<sup>2</sup>) ADESIVO URÉIA-FORMOL E FENOL FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM min.	TEMPERATURA °C	PARALELO A GRÃ		PERPENDICULAR A GRÃ		
			MOE	MOR	MOE	MOR	
URÉIA FORMOL	8	-	20077	100,24	5660	46,78	
	12	-	20854	104,65	6037	49,55	
	-	105	21659	103,82	5817	45,36	
	-	120	19272	101,07	5881	50,97	
	8	105	21299	103,83	5360	41,97	
	8	120	18855	96,65	5961	51,51	
	12	105	22020	103,75	6274	48,76	
	12	120	19689	105,49	5801	50,33	
	FENOL FORMOL	8	-	21408	108,45	6344	55,64
		12	-	19629	93,81	4447	42,53
-		135	20224	101,61	5371	49,60	
-		150	20812	100,66	5420	48,58	
8		135	21668	112,39	6422	56,75	
8		150	21148	104,53	6266	54,54	
12		135	18781	90,82	4319	42,44	
12		150	20477	96,80	4575	42,63	

Observando os resultados das tabelas 32 e 35, destaca-se a diferença entre os valores de flexão estática nos diferentes sentidos. Esta diferença normalmente ocorre em painéis de três camadas. Entretanto, KOLLMANN *et al.* (1975) afirmam que as camadas com as fibras perpendiculares ao vão, praticamente não contribuem com nada aos valores de resistência e rigidez dos compensados. Em painéis de cinco camadas esta diferença se reduz como afirma HAYASHIDA (1973) trabalhando com *Pinus elliottii*. Porém, os valores encontrados para *Eucalyptus spp* desta pesquisa não confirmam esta tendência, fato este que pode ser justificado pelas características da espécie.

KEINERT JUNIOR<sup>10</sup> citado por MEDINA (1986, p.78), quanto maior é o número de camadas, maior é a equalização da resistência e da rigidez nas duas direções, devido a melhor distribuição das cargas através do painel.

Comparando os valores obtidos para o módulo de elasticidade e ruptura entre as duas espécies, pode-se afirmar que são valores próximos, o que caracteriza a pouca diferença em termos de flexão estática entre os *Eucalyptus spp* estudados.

Na tabela 36, destacam-se os valores para os módulos de elasticidade e ruptura encontrados nesta pesquisa. São valores superiores aos encontrados na literatura aproximando-se apenas dos valores de KEINERT JUNIOR (1994, p.53,72). Esses valores elevados, podem ser justificados pela composição dos painéis que são todos de eucaliptos.

KEINERT JUNIOR (1994, p.34), utilizou neste trabalho chapas mistas composta de três lâminas de *Eucalyptus spp* e duas lâminas de *Pinus taeda*, e os resultados foram obtidos em (kgf/cm<sup>2</sup>) sendo, convertidos para (N/mm<sup>2</sup>) para facilitar a comparação.

Ainda na tabela 36, os valores para os módulo de elasticidade e ruptura são indicadores da qualidade para uso estrutural dos painéis examinados.

---

<sup>10</sup> KEINERT JUNIOR, S. Influência de diversos parâmetros nas propriedades das chapas de partículas. Paraná Florestal. v.3, p.19-23, 1984.

TABELA 36 - COMPARAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA DESTE TRABALHO, COM VALORES OBTIDOS POR DIFERENTES AUTORES EM (N/mm<sup>2</sup>)

FONTE	ESPÉCIE	UMIDADE (%)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	PARALELO A GRÃ		PERPENDICULAR A GRÃ	
				MOE	MOR	MOE	MOR
MEDINA	<i>P. elliotii</i> 3 lâminas 7,5 mm Fenol	10,46	0,521	677,00	55,73	653,00	13,91
KEINERT Jr 8 min./110 ° C	<i>E. robusta</i> 5 lâminas 10 mm Uréia	-	-	8602,60	52,22	3692,14	38,24
	<i>E. grandis</i> 5 lâminas 10 mm Uréia	-	-	15699,40	65,62	3616,12	31,80
HAYASHIDA	<i>P. elliotii</i> 5 lâminas 8 mm	13,30	0,690	6733,00	48,80	4284,00	46,84
	<i>Araucaria angustifolia</i> 5 lâminas 8 mm	12,00	0,600	9379,00	54,00	4531,00	28,71
LARA PALMA	<i>P. elliotii</i> 3 lâminas 7,5 mm tanino	10,56	0,551	6349,00	53,00	774,00	9,50
12 min. / 120° C 12 min. / 105° C DISSERTAÇÃO	<i>E. scabra</i>	10,00	0,644	26643,00	135,06	8211,00	58,37
	<i>E. robusta</i> Uréia	10,00	0,565	22020,00	103,75	6274,00	48,76

#### 4.5.3 RESITÊNCIA AO CISALHAMENTO

O ensaio de tensão de cisalhamento é indicado para avaliação da qualidade da união colada em painéis compensados. Para valorização da qualidade da colagem, além da resistência da linha de cola, utiliza-se o aspecto externo da superfície de ruptura através de seus valores médios comparados com

as exigências da norma American Plywood Association U.S. Product Standard PS 1-74, doravante denominada PS 1-74.

Os painéis produzidos com adesivo à base de uréia-formol são de uso interno, e os à base fenol-formol são de uso externo resistentes a umidade.

A tabela 37 (anexo 3, p.96), apresenta os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de cisalhamento para o *Eucalyptus scabra* adesivos uréia-formol e fenol-formol.

Da tabela 37 (anexo 3, p.96), para *Eucalyptus scabra* adesivo uréia-formol variáveis resistência da linha de cola seco e ensaio úmido, verifica-se não haver diferenças significativas entre os fatores examinados. Para adesivo fenol-formol variáveis resistência da linha de cola úmido e seco, a tabela 37 (anexo 3, p.96), revela também não haver diferenças significativas entre os fatores.

TABELA 38 - VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO E ÚMIDO PARA *EUCALYPTUS SCABRA* EM (N/mm<sup>2</sup>) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM min.	TEMPERATURA ° C	RLC SECO	RLC ÚMIDO
URÉIA FORMOL	8	-	2,45	2,45
	12	-	2,61	2,60
	-	105	2,49	2,37
	-	120	2,57	2,68
	8	105	2,36	2,31
	8	120	2,54	2,61
	12	105	2,62	2,44
	12	120	2,60	2,77
FENOL FORMOL	8	-	2,65	1,71
	12	-	2,54	1,73
	-	135	2,51	1,53
	-	150	2,68	1,90
	8	135	2,65	1,67
	8	150	2,64	1,73
	12	135	2,37	1,40
	12	150	2,71	2,07



Observando os valores da tabela 38 para o adesivo uréia-formol, verifica-se a pouca diferença existente entre a resistência da linha de cola dos ensaios seco e úmido, podendo ser um indicador de qualidade de colagem para os painéis de *Eucalyptus scabra*.

A tabela 39 apresenta as estatísticas obtidas para os valores de porcentagem de falha na madeira do ensaio de cisalhamento seco (12 % u.) para *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta*, adesivos uréia-formol, painel de uso interior, e fenol-formol painel de uso externo.

TABELA 39 - ESTATÍSTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO SECO PARA *EUCALYPTUS SCABRA* E *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	ESPÉCIE	TRATAMENTOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV %
URÉIA FORMOL (Seco)	<i>Eucalyptus scabra</i>	T1	46	35	76
		T2	54	39	72
		T3	70	27	39
		T4	50	30	60
	<i>Eucalyptus robusta</i>	T9	73	30	41
		T10	66	38	58
		T11	58	27	47
		T12	72	34	47
FENOL FORMOL (Seco)	<i>Eucalyptus scabra</i>	T5	48	30	63
		T6	45	26	58
		T7	55	32	58
		T8	62	27	44
	<i>Eucalyptus robusta</i>	T13	34	24	71
		T14	75	26	35
		T15	56	31	55
		T16	49	35	71

Comparando os valores médios de porcentagem de falha na madeira, adesivo uréia-formol, uso interno, e adesivo fenol-formol uso externo da tabela 39 com a norma PS 1-74, verifica-se que os valores encontrados estão de acordo

com a norma citada, pois 95 % dos painéis testados apresentaram 30 % de falha na madeira.

A tabela 40 (anexo 3, p.96), apresenta os resultados da análise de variância realizada para o ensaio de cisalhamento *Eucalyptus robusta* adesivos uréia-formol e fenol-formol, a qual mostra que nenhum dos dois fatores examinados, nos dois níveis considerados, afetaram de maneira significativa as variáveis resistência da linha de cola seco e resistência da linha de cola úmido, tanto para uréia-formol quanto para fenol-formol.

A tabela 41 mostra os valores médios obtidos para *Eucalyptus robusta* do ensaio de cisalhamento adesivos uréia-formol e fenol-formol.

TABELA 41 - VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA ENSAIOS SECO E ÚMIDO PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* EM (N/mm<sup>2</sup>) ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	TEMPO DE PRENSAGEM min.	TEMPERATURA °C	RLC SECO	RLC ÚMIDO
URÉIA FORMOL	8	-	2,43	2,30
	12	-	2,45	2,56
	-	105	2,46	2,29
	-	120	2,43	2,56
	8	105	2,57	2,32
	8	120	2,30	2,28
	12	105	2,35	2,27
	12	120	2,56	2,85
FENOL FORMOL	8	-	2,32	1,55
	12	-	2,44	1,77
	-	135	2,41	1,72
	-	150	2,35	1,61
	8	135	2,23	1,53
	8	150	2,41	1,60
	12	135	2,60	1,93
	12	150	2,29	1,62

Os valores da tabela 41 seguem a mesma tendência encontrada na tabela 38, na qual os valores de resistência da linha de cola para os ensaio seco e úmido, adesivo uréia-formol, pouco diferem, o que pode indicar boa resistência a umidade dos painéis de *Eucalyptus robusta*.

A tabela 42 apresenta os valores da média, desvio-padrão e coeficiente de variação da porcentagem de falha na madeira obtidos para o ensaio de cisalhamento ensaio úmido adesivos uréia formol e fenol-formol para *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta*.

TABELA 42 - ESTATÍSTICAS OBTIDAS PARA OS VALORES DE PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DO ENSAIO DE CISALHAMENTO ÚMIDO PARA O *EUCALYPTUS SCABRA* E *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

ADESIVO	ESPÉCIE	TRATAMENTOS	MÉDIA	DESVIO	CV
URÉIA FORMOL (Úmido)	<i>Eucalyptus scabra</i>	T1	56	24	43
		T2	54	37	67
		T3	57	22	39
		T4	63	35	55
	<i>Eucalyptus robusta</i>	T9	50	25	49
		T10	65	24	36
		T11	80	16	21
		T12	76	22	29
FENOL FORMOL (úmido)	<i>Eucalyptus scabra</i>	T5	34	24	71
		T6	57	29	51
		T7	52	25	48
		T8	48	35	73
	<i>Eucalyptus robusta</i>	T13	41	31	76
		T14	66	31	47
		T15	48	22	46
		T16	48	31	66

Os valores médios de porcentagem de falha na madeira apresentados na tabela 42 adesivo uréia-formol uso interno, e adesivo fenol-formol uso externo comparados com a norma PS 1-74, que considera como mínimo 30 % de falha na

madeira, quando 95 % dos painéis testados apresentaram esta porcentagem, indicam que os resultados obtidos estão de acordo com a norma citada.

A tabela 43 apresenta a comparação dos valores médios da resistência da linha de cola obtidos nesta pesquisa com valores encontrados na literatura.

TABELA 43 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA OBTIDOS DESTA PESQUISA, COM OUTROS ENCONTRADOS NA LITERATURA

FONTE	LINHA DE COLA SECA (N/mm <sup>2</sup> )	LINHA DE COLA ÚMIDA (N/mm <sup>2</sup> )	FALHA MADEIRA (%)		ESPÉCIE	RESINA	ESPESSURA DA LÂMINA (mm)
HAYASHIDA	2,17	0,72	21	-	<i>P. elliotii</i>	Uréia 300 g/m <sup>2</sup>	2
IPT	2,30	1,32	67	-	<i>P. elliotii</i>	Uréia	2
MEDINA	2,49	1,52	80	54	<i>P. elliotii</i>	Fenol	3
	2,36	1,29	83	54	<i>P. elliotii</i>	300 g/m <sup>2</sup>	
KEINERT Jr *	2,02	-	-	-	<i>E. robusta</i>	Uréia 350 g/m <sup>2</sup>	2
	2,28	-	-	-			
SUHLAND	-	1,30	-	90	<i>Pinus ssp</i>	Fenol	3
DISSERTAÇÃO 8 min / 105° C	2,36	2,31	46	56	<i>E. scabra</i>	Uréia ** 180 g/m <sup>2</sup>	2
	2,57	2,32	73	50	<i>E. robusta</i>		
8 min / 135° C	2,65	1,67	48	34	<i>E. scabra</i>	Fenol ** 180 g/m <sup>2</sup>	2
	2,23	1,53	34	41	<i>E. robusta</i>		

\* Chapas mista composta de tres lâminas de *Eucalyptus robusta* e duas de *Pinus taeda*.

\*\* Superfície simples.

O resultado do ensaio de resistênica da linha de cola é o que melhor revela a qualidade do painel testado. Comparando os valores da tabela 41 com os encontrados na literatura, divididos por resina, observa-se que apesar da diferença existente entre a gramatura de cola desta pesquisa com as dos demais autores, a resistência da linha de cola para o *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta* comportou-se de maneira similar ou superior, fatos estes que indicam a boa qualidade da linha de cola dos painéis.

A falha na madeira apresentou um comportamento abaixo quando comparada com outras literaturas, entretanto são valores aceitáveis pela norma PS 1-74 e, esta diferença justifica-se pelo valor inferior da gramatura de cola apresentado neste trabalho.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- ◆ Os tratamentos de topo aplicados nas toras, aliado ao cozimento das toras a uma temperatura de 80 °C, contribuíram para aliviar as tensões de crescimento, proporcionando um aumento no rendimento do desenrolado e faqueado.
- ◆ As maiores perdas apresentadas durante a laminação foram com arredondamento das toras e com o rolo resto, justificadas pela conicidade e dificuldade de fixação das garras do torno.
- ◆ Os Rendimentos obtidos para as operações industriais foram os seguintes:
  - Faqueado *Eucalyptus scabra* ⇨ 70,0 %
  - Eucalyptus robusta* ⇨ 81,0 %
  - Desenrolado *Eucalyptus scabra* ⇨ 36,0 %
  - Eucalyptus robusta* ⇨ 44,0%
- ◆ O rendimento apresentado pelos *Eucalyptus spp.*, estudados, podem ser substancialmente melhorados com: Manejo florestal adequado, que permita valorização da madeira, o que poderá gerar um aproveitamento superior ao *Pinus spp.*; Utilização de torno laminador que aproveite melhor as toras.
- ◆ Através da análise visual, a variação da espessura, profundidade das fendas e a rugosidade, pode-se concluir que as características apresentadas pelas lâminas do *Eucalyptus scabra* e *Eucalyptus robusta* foram de boa qualidade, sendo possível sua utilização pela indústria de compensados.
- ◆ Segundo classificação da ABIMCE a qualidade das lâminas dos *Eucalyptus spp.*, estudados, satisfazem comercialmente as exigências do mercado, e a diferença de qualidade entre as espécies é proveniente das árvores coletadas.

- ◆ Na produção dos compensados verificou-se que tanto o *Eucalyptus scabra* quanto o *Eucalyptus robusta* são espécies com alto potencial para utilização em escala comercial, pois seus painéis indicam boa estabilidade dimensional.
- ◆ Os resultados obtidos com o ensaio de flexão estática são superiores aos valores encontrados na literatura, para compensados de outras espécies.
- ◆ Os fatores testados nesta pesquisa não afetaram a resistência da linha de cola para adesivo uréia-formol e fenol-formol, resultados obtidos com ensaios seco e úmido; esses resultados indicam que utilizando a combinação da menor temperatura com o menor tempo de prensagem, para a variável citada, representa um ganho econômico no consumo de energia, o que pode possibilitar um aumento na produção com o mesmo consumo energético, devido a utilização de prensas elétricas pelas indústrias.
- ◆ Na colagem, as chapas produzidas não apresentaram problemas de delaminação, e a porcentagem de falha na madeira para ambas espécies está de acordo com a norma PS 1-74, considerando os diferentes adesivos.

Em função do comportamento tecnológico das espécies estudadas, as quais mostram-se viáveis para laminação e produção de compensados, recomenda-se:

- a) estudar as espécies com outras espessuras de lâminas;  
investigar a produção de lâminas faqueadas, principalmente para o *Eucalyptus robusta* por apresentar um melhor desenho decorativo.
- b) testar outros níveis para os fatores examinados, temperatura da prensa e tempo de prensagem, bem como outros fatores;

- c) utilizar diferentes temperaturas de aquecimento das toras, com a finalidade de alívio das tensões de crescimento;
- d) analisar outras variáveis na manufatura dos painéis, tais como: pressão, tempo de montagem dos painéis, quantidade de cola por linha dupla, outras, com o objetivo de aumentar a qualidade da colagem;
- e) variar o número de lâminas na montagem dos painéis para avaliar propriedades tais como a estabilidade dimensional.



## ANEXO 1

RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ENSAIO DE INCHAMENTO MAIS  
RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA E RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA, ADESIVOS URÉIA-  
FORMOL E FENOL-FORMOL

TABELA 24 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA O *EUCALYPTUS SCABRA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		R	IR	R	IR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	0,921 <sup>NS</sup>	1,832 <sup>NS</sup>	0,132 <sup>NS</sup>	4,249 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	2,535 <sup>NS</sup>	2,010 <sup>NS</sup>	0,166 <sup>NS</sup>	1,133 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	0,397 <sup>NS</sup>	1,831 <sup>NS</sup>	1,758*	0,887 <sup>NS</sup>
ERRO	16	0,785	0,719	0,389	1,280
$\chi^2$		0,981 <sup>NS</sup>	0,083 <sup>NS</sup>	0,382 <sup>NS</sup>	0,123 <sup>NS</sup>
C.V. %		29,710	9,100	22,920	10,30

TABELA 26 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (R) E INCHAMENTO MAIS RECUPERAÇÃO EM ESPESSURA (IR) PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		R	IR	R	IR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	2,00 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	11,21**	0,99 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	0,06 <sup>NS</sup>	12,40**	1,42 <sup>NS</sup>	1,50 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	0,04 <sup>NS</sup>	7,33*	8,06**	0,06 <sup>NS</sup>
ERRO	16	0,588	1,001	0,846	0,623
$\chi^2$		0,193 <sup>NS</sup>	0,362 <sup>NS</sup>	0,288 <sup>NS</sup>	0,621 <sup>NS</sup>
C.V. %		24,340	10,430	32,440	7,13

NS = Não significativo

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

IR = Inchamento + Recuperação em Espessura.

R = Recuperação em Espessura.

## ANEXO 2

RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA SENTIDOS  
PARALELO E PERPENDICULAR A GRÃ, ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-  
FORMOL

TABELA 30 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA À GRÃ PARA O *EUCALYPTUS SCABRA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	4095012222,11*	66757,38*	1009717752,03 <sup>NS</sup>	2440,81 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	20300753927,36**	52819,24*	120557225,27 <sup>NS</sup>	1440,27 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	1427316528,58 <sup>NS</sup>	46353,05 <sup>NS</sup>	79966378,53 <sup>NS</sup>	2106,63 <sup>NS</sup>
ERRO	16	581884153,44	10608,32	742596000,40	12111,90
$\chi^2$		0,858 <sup>NS</sup>	0,375 <sup>NS</sup>	0,951 <sup>NS</sup>	0,763 <sup>NS</sup>
C.V. %		11,11	8,44	11,39	8,36

TABELA 31 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR À GRÃ PARA O *EUCALYPTUS SCABRA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	455856355,95*	6314,57 <sup>NS</sup>	41124420,09 <sup>NS</sup>	19,84**
TEMPERATURA	1	827107490,61**	4020,73 <sup>NS</sup>	267534609,71 <sup>NS</sup>	4245,35 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	92315270,99 <sup>NS</sup>	3492,22 <sup>NS</sup>	2731710,73 <sup>NS</sup>	5,27**
ERRO	16	55741154,51	10182,11	113881620,44	4397,51
$\chi^2$		0,880 <sup>NS</sup>	0,130 <sup>NS</sup>	0,877 <sup>NS</sup>	0,287 <sup>NS</sup>
C.V. %		10,610	18,35	14,470	10,830

NS = Não significativo

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

MOE = Módulo de Elasticidade.

MOR = Módulo de Ruptura

TABELA 33 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PARALELA À GRÃ PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	314342727,19 <sup>NS</sup>	10093,70 <sup>NS</sup>	1646448106,86 <sup>NS</sup>	111533,26**
TEMPERATURA	1	2963466638,87*	3940,50 <sup>NS</sup>	179612365,17 <sup>NS</sup>	463,21 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	1656414,92 <sup>NS</sup>	10245,75 <sup>NS</sup>	638603795,20 <sup>NS</sup>	24850,77 <sup>NS</sup>
ERRO	16	427293271,22	13432,06	625332557,97	6655,77
$\chi^2$		0,848 <sup>NS</sup>	0,784 <sup>NS</sup>	0,061 <sup>NS</sup>	0,162 <sup>NS</sup>
C.V. %		9,910	11,090	11,950	7,910

TABELA 34 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FLEXÃO ESTÁTICA PERPENDICULAR À GRÃ PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		MOE	MOR	MOE	MOR
TEMPO DE PRENSAGEM	1	73872070,31 <sup>NS</sup>	3975,58 <sup>NS</sup>	1872158947,85**	89353,71**
TEMPERATURA	1	2154386,85 <sup>NS</sup>	16349,60*	1280449,82 <sup>NS</sup>	532,97 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	150033347,20 <sup>NS</sup>	8450,90 <sup>NS</sup>	22115152,16 <sup>NS</sup>	752,09 <sup>NS</sup>
ERRO	16	136221684,92	3226,73	83692818,41	4195,21
$\chi^2$		0,493 <sup>NS</sup>	0,762 <sup>NS</sup>	0,368 <sup>NS</sup>	0,153 <sup>NS</sup>
C.V. %		19,570	11,570	16,630	12,940

NS = Não significativo

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

MOE = Módulo de Elasticidade.

MOR = Módulo de Ruptura.

**ANEXO 3**  
**RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O ENSAIO DE CISLHAMENTO SECO E**  
**ÚMIDO, ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-**  
**FORMOL**

TABELA 37 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CISLHAMENTO PARA O *EUCALYPTUS SCABRA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		RLC SECO	RLC - ÚMIDO	RLC - ÚMIDO	RLC - SE CO
TEMPO DE PRENSAGEM	1	13,40 <sup>NS</sup>	11,35 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	5,90 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	3,31 <sup>NS</sup>	50,11 <sup>NS</sup>	69,21 <sup>NS</sup>	14,31 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	4,64 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	48,27 <sup>NS</sup>	16,43 <sup>NS</sup>
ERRO	16	25,65	34,58	18,46	23,42
$\chi^2$		0,969 <sup>NS</sup>	0,651 <sup>NS</sup>	0,358 <sup>NS</sup>	0,871 <sup>NS</sup>
C.V.		19,610	22,780	18,270	24,480

TABELA 40 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CISLHAMENTO PARA O *EUCALYPTUS ROBUSTA* ADESIVOS URÉIA-FORMOL E FENOL-FORMOL

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS			
		URÉIA-FORMOL		FENOL-FORMOL	
		RLC SECO	RLC - ÚMIDO	RLC - ÚMIDO	RLC - SE CO
TEMPO DE PRENSAGEM	1	0,30 <sup>NS</sup>	35,15 <sup>NS</sup>	25,78 <sup>NS</sup>	8,54 <sup>NS</sup>
TEMPERATURA	1	0,68 <sup>NS</sup>	37,12 <sup>NS</sup>	5,76 <sup>NS</sup>	1,79 <sup>NS</sup>
TEM PREN * TEMPERAT	1	30,15 <sup>NS</sup>	50,13 <sup>NS</sup>	21,04 <sup>NS</sup>	30,81 <sup>NS</sup>
ERRO	16	21,44	31,18	25,12	18,13
$\chi^2$		0,799 <sup>NS</sup>	0,820 <sup>NS</sup>	0,895 <sup>NS</sup>	0,762 <sup>NS</sup>
C.V.		18,550	22,520	29,520	17,500

NS = Não significativo

\* = Significativo à 5% de prob.

\*\* = Significativo à 1% de prob.

RLC - SECO = Resistência da Linha de Cola - Seca.

RLC - ÚMIDO = Resistência da Linha de Cola - Imersão 24h em água.

RLC - ÚMIDO = Resistência da Linha de Cola - Fervura por 4h + Estufa ( $\pm 60^\circ$  C) + Fervura 4h.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA COMPENSADA - (abimce), Norma de controle de qualidade e classificação de compensados, 1983.
- 2 AGUIAR, O.J.R. **Métodos para controle das rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, visando a produção de lâminas por desenrolamento.** Piracicaba, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade de São Paulo.
- 3 AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION. U.S. Product standart PS 1-74: for construction & industrial plywood with tipical apa grade-trademarks, PS 1-74. Washington, 1974.
- 4 BALDWIN, R.F. Plywood manufacturing practices. San Francisco: M. Freeman, 1975.
- 5 BARNACLE, J.E.; GOTTSTEIN, J.W. Control of end splitting in round timber. A promissing new method. **For. Prod. Tech. Notes**, Melbourne, n.4, p.8, 1968.
- 6 BOYD, J.D. The growth stresses: 2 - the origin of growth stresses. **Australian Journal of Sciences**, Melbourne, v.3, p.294-309, 1950b.
- 7 BOYD, J.D. The growth stresses: 5 - evidence of an origin in differentiation and Lignification. **Wood Science and Technology**, New York, v. 6, p.251-262, 1972.
- 8 BRAMHALL, G.; WELLWOOD, R.W. Kiln drying of Western Canadian lumber. **Information Report**, Vancouver, n.156, p.1-111, 1976.
- 9 CARTES, W.G. Growing and harvesting eucalyptus on short rotations for Pulping. **Aust. For. Res.** n.36, p.214-225, 1974.
- 10 CHAFE, S.C. Growth stresses in trees. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 9, p.203-233, 1979.
- 11 CHONG, S. L. Veneer yields of New Zealand - grown Slash pine. **New Zealand J. For. Sci.**, v.7, n.3, p.420-424, 1977.
- 12 CHOW, S.; TROUGHTON, G.E.; HANCOCK, W.V.; MUKAI, H.N. Quality control in veneer drying and plywood gluing. **Can. For. Serv. Inf. Rep.** VPX-123, 1973.
- 13 COMSTOCK, G.L. The kinetics of veneer jet drying. **Forest Products Journal.** v.21, n.9, p.104-111, 1981.



- 14 CONRADIE, W.E. **Utilization of South African Grown *E. grandis* (W.Hill ex-Maiden) as veneer Log: Part 1** - Control of end-splitting in veneer logs. Pretoria: National Timber Research Institute, 1980. 14 f.
- 15 CORDER, S.E.; ATHERTON, G.H. Effect of peeling temperature on Douglas-fir veneer. **Inf. Circ. Oregon State University**, 18, 14 f , 1963.
- 16 FAO, **Eucalyptus for Planting**. Roma, 503 f, 1981.
- 17 FEIHL, O. Heating frozen and non-frozen veneer logs. **For. Prod. J.**, v.22, n.10, p.41-50, 1972.
- 18 FLEISCHER, H.O. Heating rates for logs, bolts and flitches to be cut in veneer. **Forest Prod. Lab. Rep.** 2149. Madison, Wis., 1959.
- 19 FOREST PRODUCTS LABORATORY - USDA Techniques for peeling, slicing, and drying veneer. Madison. 1974.
- 20 FREEMAN, H.G. Influence of production variables on quality of southern pine plywood. **For. Prod. J.**, v.20, n.12, p.28-31, 1970.
- 21 INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL Norma de controle de qualidade e classificação de compensados. Ministério da Agricultura, Brasília. 79f., 1985.
- 22 GOLFARI, L.; PINHEIRO NETO, F.A. Escolha de espécies de Eucalipto potencialmete aptas para as diferentes regiões do Brasil. **Brasil Florestal**, n.3, p. 3-23, 1970.
- 23 GRANTHAM, J.B.; ATHERTON, G.H. Heating Douglas-fir blocks. Does it pay? **Bulletin For. Prod. Res. Center**, n. 9, 1959, 64 f.
- 24 HAYASHIDA, K. **Compensado de *Pinus elliottii* e suas propriedades físicas e mecânicas**. São Paulo, IPT, 1972, 6f (relatório n. 6248).
- 25 HILLS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalyptus for Wood Production**. CSIRO ` Adelaide, 1978.
- 26 JANKOSWKY, I.P.; AGUIAR, O.J.R. Manufatura de painéis compensados com *Eucalyptus*: caracterização de diversas espécies. **Revista Floresta**. Curitiba, v.14, n.1, 1983.
- 27 JANKOSWSKY, I.P. Qualidade das lâminas de *Pinus strobus* (Martinez) var. *chiapensis* obtida por desenrolamento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus. **Silvicultura**, v.2, p. 9-12, 1978.

- 28 JACOBS, M.R. The fiber tension of wood, with special reference to the genud *Eucalyptus*. Bulletin. Commonwealth Forestry Bureau, Canberra, v.22, p. 7-37.
- 29 KAUMAN, W.G. Cell Collapse in wood **CSIRO**. Division of Forest Products, DFP Reprint, n. 566, 63 f South Melbourne, 1964.
- 30 KEINERT JUNIOR, S. **Laminação, produção e testes de compensados a partir de *Eucalyptus spp*** . (Relatório de Pesquisa apresentado ao CNPq. Curitiba, 1994, 93 f, não publicado).
- 31 KEINERT JUNIOR, S.; ALBERTTO, M.M.M. **Influência de diversos tempos e temperaturas de prensagem em compensados fenólicos de *Pinus taeda* efeitos sobre a estabilidade dimensional**. III Congresso Florestal e do Meio Ambiente do Paraná. Anais, p.359-368, 1991.
- 32 KEINERT JUNIOR, S. **A viabilidade de utilização de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus viminalis* para produção de chapas de Composição**. Curitiba 1985. 76 f. Tese (Professor Titular) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 33 KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. **Principles of wood and technology**. Berlin, Springer, 1975.
- 34 KOLLMANN, F.F.P.; COTÉ Jr, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin, Springer - Verlag, 1968.
- 35 KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood proprieties. **Forest Products Abstracts**, Farnham Rooyal, v.10, n.3, p.61-119, 1987.
- 36 LARA PALMA, H. **Tanino-formaldeído como adesivo na manufatura de painéis compensados de *Pinus elliottii* Engelm**. Curitiba, 1986. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 37 LISBÔA, C.D.J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill. ex Maiden**. Curitiba, 1993. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 38 LUTZ, J.F. Wood veneer: log selection, cutting and drying. **U.S.D.A. Technical Bulletin**, 1577, 1978.
- 39 LUTZ, J.F. Research at forest products laboratory reveals that heating southern pine bolts improves veneer quality. **Plywood & Panel**, 1967.
- 40 LUTZ, J.F. Heating veneer bolts to improve quality of Douglas -fir plywood. **U S Forest Prod. Lab.**, Rep.2128. Madison, Wis., 1960.

- 41 MAC MILLAN, W.P. **Reconstituted Wood Products**, In: HILLS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalyptus for Wood Products**. Adelaide, CSIRO, 1978.
- 42 MAEGLIN, R.R.; LIU, J.Y.; BOONE, R.S. High-temperature drying and equalizing: Effects on stress relief in yellow-poplar. **Wood and Fiber Sci.**, Madison, v.17, n.2, p.240-253, 1985.
- 43 MALAN, F.S. **Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African Grow *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden)**. 1984 PhD Thesis (Wood Technology) University of Stellenbosch.
- 44 MANUAL DO TÉCNICO FLORESTAL Apostila do Colégio Florestal de Irati. Campo Largo, v. 4, ilustr., 1986.
- 45 MEDINA, J.C. **Efeito da temperatura de aquecimento nas lâminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* Eng.** Curitiba, 1986. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 46 MOREIRA, W.S. **Extensores alternativos para produção de compensados com resinas uréia formaldeído.** Curitiba, 1985. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 47 NASCIMENTO, R.M. **A viabilidade da produção de compensados a partir de *Eucalyptus viminalis*.** Curitiba, 1987. Projeto de Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. (não publicado)
- 48 NICHOLSON, J.E. **Effect of storage on growth stress in mountain ash logs trees.** Australian Forestry Victoria, 1973.
- 49 NOCK, H.P.; RICHTER, H.G. **Adesão e Adesivos.** Curitiba Universidade Federal do Paraná. 93 f, 1978.
- 50 PALKA, L.C. **Veneer cutting review.** Canadian Forest Ser. Inf. Dep VP x 135 f, 1973.
- 51 PEREYRA, O. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus dunnii* (Maid) na manufatura de painéis compensados.** Piracicaba, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade de São Paulo.

- 52 RESTREGO, G.; STHOR, G.W.D. **Resultados preliminares de ensaios de procedência de *Eucalyptus* spp. L'Herit no Sudeste do Paraná-Brasil.** In: Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido Crescimento. Simpósio IUFRO, Campos do Jordão SP. **Silvicultua.** Anais v.3, p.497-502, 1983.
- 53 ROZAS MELLADO, E.C.E. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado.** Curitiba, 1993. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná
- 54 RUDOLPH, J.J.; SIMÕES, J.W.; JAMES, L.M. Forestry in Brazil: An awakening giant. **Journal of Forestry** v.76, n.12, p.784-786, 1978.
- 55 STEINHAGEM, H.P. Heating times for frozen veneer logs; new experimental. **Forest Products Journal**, v.27, n.6, p.24-28, 1977.
- 56 TOMASELLI, I. **Comparação da qualidade da madeira de *Araucaria angustifolia* e *Pinus* spp produzida em reflorestamento.** In: Problemas florestais do gênero *Araucaria*. Encontro da IUFRO. Curitiba, 1980.
- 57 VAN WYK, J.L. Hardwood sawmilling can gave a brighth future in South Africa. **South African Forestry Journal.** Petroria, 1978.
- 58 WATANABE, H. A study of the origin of longitudinal growth stresses in tree stems. In: Meeting of IUFRO Section 41, Melbourne, 1965.
- 59 WILKINS, A.P. Nature and origin of growth stresses in trees. **Aust. Forest.** v.49, n.1, p.56-62, 1986.