MÉTODOS PARA CONTROLE DAS RACHADURAS DE TOPO EM TORAS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, VISANDO A PRODUÇÃO DE LAMINAS POR DESENROLAMENTO

OSMAR JOSÉ ROMEIRO DE AGUIAR

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. IVALDO PONTES JANKOWSKY

Dissertação apresentada a Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1986

Aos meus pais

Lourival e Osmarina

pela dedicação, amor e determinação na
minha criação e formação

Aos meus irmãos

pela união familiar

OFEREÇO

A minha esposa Francisca
pelo companheirismo e compreensão

e

aos meus filhos

Diogo, Felipe e Deborah
pelas alegrias proporcionadas

DEDIDO

HOMENAGENS

A Dra. CLARA MARTINS PANDOLFO

pelo entusiasmo em defesa dos recursos
naturais da Amazônia.

Ao Dr. EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE

pelo pioneirismo na Eucaliptocultura
brasileira.

AGRADECIMENTOS

- A todos aqueles que tiveram participação direta ou indireta na realização deste trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos, em especial:
- Ao Prof. Dr. Ivaldo Pontes Jankowsky, pela orientação e amizade;
- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela oportunidade da realização do curso;
- Ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, pelo apoio financeiro de parte desta pesquisa;
- Aos docentes do Departamento de Ciências Florestais pelo companheirismo, incentivo e em especial aos professores Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, Dr. Luiz Ernesto G. Barrichelo e Dr. Mário Tomazello Filho, pelas orientações e sugestões;
- Aos responsáveis pelo Centro Nacional de Pesquisas da Floresta pelo apoio prestado durante o desenvolvimento deste trabalho;
- Aos pesquisadores e funcionários do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, em particular a Marialice M. Poggiani, pela orientação bibliográfica.

- Aos funcionários e estagiários do Departamento de Ciências Florestais, nas pessoas dos senhores Ailton José de Melo, Benedicto Moysés S. Leite Filho, Clotilde M. B. Cunha, José B. Tascare, José Francisco Teixeira, Francisco M. Oliveira e Paulo Camaliente;
- Aos colegas do curso de pós-graduação pela convivência saudável durante a realização do mesmo;
- A Empresa Champion Papel e Celulose S/A, pelo apoio logístico de campo e fornecimento das toras de Eucalyptus grandis.
- As empresas Mobil Comércio Indústria e Serviços Ltda. , Gang Nail do Brasil e Yamoto S/A, pelas concessões de materiais para desenvolvimento deste trabalho.

Í N D I C E

	<u>página</u>
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Utilização do gênero <u>Eucalyptus</u>	4
2.2. Origem das tensões de crescimento	9
2.3. Distribuição das tensões de crescimento nas árvores	12
2.4. Manifestação das tensões de crescimento	19
2.5. Neutralização das tensões de crescimento e redução das rachaduras nos topos das toras ..	26
3. METODOLOGIA	33
3.1. Espécie utilizada	33
3.2. Aplicação de tratamentos	35
3.3. Avaliação das rachaduras de topo	42
3.4. Determinação da densidade básica da madeira das toras de <u>Eucalyptus grandis</u>	44
3.5. Análise estatística	45
3.6. Produção das lâminas	47

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Densidade básica média da madeira das toras de <i>Eucalyptus grandis</i>	50
4.2. Avaliação das rachaduras de topo	52
4.3. Produção de lâminas	69
4.4. Qualidade das lâminas	73
5. CONCLUSÕES	83
6. LITERATURA CITADA	85

MÉTODOS PARA CONTROLE DAS RACHADURAS DE TOPO EM TORAS
DE *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, VISANDO
A PRODUÇÃO DE LÂMINAS POR DESENROLAMENTO

Autor: OSMAR JOSÉ ROMEIRO DE AGUIAR

Orientador: Prof. Dr. IVALDO PONTES JANKOWSKY

RESUMO

Neste trabalho estudou-se a possibilidade de controlar as rachaduras de topo em toras de Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden, normalmente ocasionadas pela ação, conjugada ou não, das tensões de crescimento e de secagem. Desta maneira pretende-se viabilizar a utilização desta espécie como matéria-prima para produção de lâminas, pelo processo de desenrolamento em torno mecânico, para a posterior manufatura de compensados.

Nos ensaios foram utilizadas 96 árvores com 13 anos de idade, procedentes de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo. De cada árvore retirou-se a tora basal, com 1,8 m de comprimento, para a aplicação dos diferentes tratamentos.

Foram testados dois tipos de corte e toragem das árvores, quatro proteções de topo, três métodos e dois tempos de armazenamento das toras.

Pela análise da intensidade das rachaduras, a pós dois e doze meses de armazenamento das toras, concluiu-se que o corte e toragem das árvores com anelamento reduziu o aparecimento das rachaduras iniciais, e que a utilização de conectores do tipo Gang-Nail restringiu a evolução das mesmas. Dentre os métodos de armazenamento em água, tanto a imersão total como a aspersão intermitente mostraram-se mais eficientes na prevenção das rachaduras. Aos doze meses de armazenamento sob imersão total verificou-se uma diminuição das tensões de crescimento.

Apesar do alto índice de nós mortos as lâminas produzidas apresentaram características visuais que permitem sugerir o Eucalyptus grandis como espécie de grande potencial para a manufatura de compensados.

METHODS OF END-SPLITTING CONTROL IN LOGS OF
Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden AIMING
AT THE PRODUCTION OF PEELED VENEERS

Author: OSMAR JOSÉ ROMEIRO DE AGUIAR

Adviser: Prof. Dr. IVALDO PONTES JANKOWSKY

SUMMARY

This work studied the possibility of controlling end-splitting on logs of Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden which is usually caused by the action conjugated or not of growth and drying stresses. The aim was to determine the feasibility of using this species as raw material for the production of peeled veneer and the subsequent plywood manufacturing.

For the trials, 96 thirteen-year-old trees from Mogi-Guaçu, state of São Paulo, were felled. For the application of the different treatments a log (1.8 m long) was taken from the base of each tree.

A factorial experiment was set up and the following factors were tested: two kinds of tree felling and bucking, four topo protections, three methods and two periods of storage.

According to the end-splitting intensity analysis, after two and twelve month following the log storage, it was concluded that the cutting and the bucking of trees with circunferencial grooves reduced the initial ende-splitting appearance, and the use of Gand-Nail type connectors lessened their evolution. Among the storage methods in water, both total immersion and intermitent aspersion proved to be more efficient in splitting prevention than air storage. Twelve-month storage under total immersion, it was observed a decrease on the magnitude of growth streses.

Notwithstanding the high incidence of dead knots, the veneer had visual appearances that makes it possible to suggest the *Eucalyptus grandis* as a species of great potential for the plywood manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o país que tem a maior área com florestas homogêneas de eucalipto no mundo (mais de 3.000.000 ha), e é possuidor de um amplo programa de pesquisa para o gênero.

Apesar do notável avanço obtido nas técnicas aplicadas à eucaliptocultura brasileira, pouco tem sido feito no que se refere a utilização de madeira maciça, principalmente nas indústrias de laminados, compensados e madeiras serradas.

Dentro da tecnologia dos produtos florestais, as principais linhas visam a produção de derivados da madeira como pasta celulósica, papel, chapas de fibras e a obtenção de energia.

A necessidade da diversificação no uso das ma

deiras de reflorestamento, e a racionalização no aproveitamento das áreas plantadas foi reconhecida pelo Governo Federal, através do Decreto nº 88.207 de 30 de agosto de 1983, onde o processamento mecânico passou a ser uma das prioridades a serem observadas na execução da política de reflorestamento.

Pelas características físicas e mecânicas, a madeira de eucalipto apresenta-se como uma das melhores opções de matéria prima para as indústrias madeireiras. Adicionalmente, em função do rápido crescimento das árvores, será possível estabelecer programas de produção florestal próximos aos centros consumidores e evitar os sérios problemas de abastecimento.

Por ser o Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden a espécie de mais rápido crescimento e atualmente a de maior importância nos programas de reflorestamento dentre os eucaliptos, estudos e observações indicam-na como de grande potencialidade para as indústrias de processamento mecânico. Entretanto, a existência das tensões internas de crescimento e de secagem, responsáveis pelo aparecimento das rachaduras de topo das toras, tem inviabilizado a utilização do Eucalyptus grandis na produção de madeira serrada e laminados.

Se as tensões internas de crescimento forem neutralizadas e se as condições de armazenamento impedirem a formação de gradientes longitudinais de secagem, será possí

vel contornar um dos principais obstáculos ao processamento mecânico.

Seguindo esse raciocínio, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar diferentes métodos para neutralizar tanto as tensões internas de crescimento como as posteriores tensões de secagem, visando dessa forma, evitar o aparecimento e a evolução das rachaduras de topo em toras de Eucalyptus grandis e possibilitar a produção de lâminas por desenrolamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Utilização do gênero Eucalyptus

Somente a partir da chegada da cultura europeia, foi que a madeira do gênero Eucalyptus passou a ser utilizada, principalmente nas artes e folclore contemporâneo australiano. Naturalmente, a madeira dos eucaliptos nativos foi gradualmente sendo usada e empregada em produtos mais sofisticados e, com a utilização de novas tecnologias, tornou-se mais conhecida no mundo inteiro (HILLIS e BROWN, 1978).

Os eucaliptos, por suas características de crescimento, vigor e agressividade (razões principais do seu notável êxito como espécie exótica), adaptam-se a variadas condições de clima, desde os semi-desérticos até aos temperados. Segundo a FAO (1981), o Eucalipto integrava importantes programas de recursos florestais de rápido crescimento em mais de noventa países. No início da década de oitenta, existiam experimentos com mais de duzentas espécies de

eucaliptos, principalmente no Brasil, África do Sul e Estados Unidos, e mais de cem em outros países. Porém, apesar da gama de espécies estudadas, somente poucas compunham grandes áreas de plantações industriais, por apresentarem características favoráveis de utilização, tais como: E. grandis, E. saligna, E. globulus, E. camaldulensis, E. tereticornis, E. urophylla (alba), E. robusta, E. maculata, E. paniculata e E. viminalis.

As madeiras das árvores do gênero *Eucalyptus* prestam-se a usos variados como celulose e papel, madeira serrada, chapas aglomeradas, chapas de fibra, postes, etc., e desempenham papel especialmente importante na produção de energia, como recurso renovável. De um modo geral, as plantações com eucalipto no mundo estão divididas aproximadamente em: madeira para celulose (85%), postes e madeira de menor qualidade (10%) e madeira serrada (5%) (FAO, 1981).

De acordo com COSTA (1961), a introdução da eucaliptocultura no Brasil para a produção de madeira partiu da iniciativa privada, procurando resolver, principalmente seus problemas de origem energéticas. A expansão da eucaliptocultura originou-se das informações resultantes dos estudos desenvolvidos pelo Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (C.P.E.F.).

Preocupada com a oferta de madeira necessária para a utilização na forma de lenha nas suas locomotivas, a diretoria

da C.P.E.F. criou, na primeira década do século XX, o Departamento Florestal que teve como seu primeiro chefe o Dr. Edmundo Navarro de Andrade. No ano de 1904 o principal objetivo de Navarro de Andrade era indicar para o reflorestamento ao longo das linhas das estradas de ferro da Companhia as espécies mais interessantes economicamente. Testou, no Horto Florestal de Jundiaí, noventa e cinco espécies e entre elas, os eucaliptos, pêroba, pinheiro do Paraná, jequitibá, cabreúva, carvalho português, casuarina e grevilha. Já em 1906, os eucaliptos despontavam como as espécies mais promissoras e a partir de 1909 passaram a participar dos programas de reflorestamento como espécies definitivas (ANDRADE, 1961).

Conforme relatório preparado para a Segunda Conferência Mundial do Eucalyptus, realizada em São Paulo no ano de 1961, era estimado que as plantações de eucalipto no Brasil ocupavam uma área de 560.000 ha, com 447.000 ha em São Paulo, 60.000 ha em Minas Gerais, 34.000 ha no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e 19.000 ha distribuídos entre outros estados; com as seguintes espécies: E. saligna (32%); E. alba (18%); E. citriodora (14%); E. tereticornis (12%); E. grandis (9%); E. paniculata (6%); E. robusta, E. brotryoides, E. resinifera, E. camaldulensis, E. propinqua, E. pimetata e outros (9%). Essas plantações destinavam-se à produção de lenha, carvão para siderurgia, postes, moirões de cerca, estacas para fundações e edifícios, dormentes, escoras de minas, chapas de fibras, pasta celulósica e papel

(CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 1961).

A partir de 1966, com a criação dos incentivos fiscais ao reflorestamento, houve a necessidade de ampliação das pesquisas, que passaram a ser desenvolvidas a nível regional através da integração Universidade x Empresa. Neste período ocorreu um aumento significativo das áreas reflorestadas com eucalipto no Brasil, devido ao incentivo do governo (Tabela 1).

TABELA 1. Área reflorestada com eucalipto, incentivada pelo governo.

Ano	Área reflorestada - ha
1967	13.877
1970	181.343
1975	1.055.023
1980	2.293.750
1985	3.047.682

Fonte: ANCP (1984)

SBS (Carta-Consulta aprovada, 1985). Informação pessoal Roberto de Mello Alvarenga.

Apesar do avanço das pesquisas florestais no decorrer do século, favorecidas pelas características ecoló-

gicas do Brasil, muito pouco tem sido feito no que se refere a utilização dos eucaliptos nas indústrias de processamento mecânico da madeira.

Infelizmente, as toras de eucalipto apresentam algumas características desfavoráveis, entre as quais as mais importantes são as tensões de crescimento, as contrações por ocasião da secagem, o colápsio e as fibras reversas (FAO, 1981). Contudo, esses inconvenientes podem ser minimizados através da utilização de técnicas adequadas.

Segundo Mc Coube, citado por MAC MILLAN (1978), na Austrália são utilizadas diversas espécies de eucaliptos na produção de compensados, alguns com os mais altos padrões de qualidade, mas com baixo rendimento devido às rachaduras de topo originadas das tensões de crescimento.

Segundo FREITAS e PONCE (1979), a madeira dos eucaliptos é largamente utilizada para obtenção de fibra para chapas e celulose, como também para produção de carvão, postes e moirões. Contudo a produção de madeira serrada tem sido restrita e o principal obstáculo é o aparecimento, após o abate da árvore, das rachaduras de topo, originadas das tensões de crescimento.

Testando seis espécies de eucaliptos na manufatura de painéis compensados, JANKOWSKY e AGUIAR (1983), concluíram que o principal problema durante a laminação era a

presença das rachaduras de topo nas toras.

2.2. Origem das tensões de crescimento

A Sociedade Americana de Florestais definiu as tensões de crescimento como forças encontradas nos troncos lenhosos verdes. Desta maneira, são distintas das tensões e deformações que ocorrem na madeira como resultado da eliminação de água pela secagem (DINWOODIE, 1966). São características do crescimento natural das árvores e ocorrem igualmente tanto em folhosas como em coníferas (JACOBS, 1945).

Segundo DINWOODIE (1966), BOYD (1972), CHAFE (1979) e CONRADIE (1980), a primeira tentativa de explicar a origem das tensões de crescimento foi empreendida por Martley em 1928, ao observar as curvaturas que ocorriam após os cortes de pranchas de olmo. Martley considerou inicialmente que as tensões poderiam ser causadas pelo aumento do peso da árvore durante o crescimento. Entretanto, após desenvolver alguns cálculos, concluiu que o peso da árvore produziria apenas pequenas frações das tensões de crescimento.

KOEHLER (1933), considerou várias causas para as tensões transversais, como o efeito alternativo de maior crescimento circunferencial do que o radial, a redução da turgidez do tecido mais velho, ou mudanças químicas da madeira mais antiga.

Segundo DINWOODIE (1966), Münch em 1938, 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 aumento da pressão ocorre o inchamento tanto da parede como da célula e subsequente alteração na orientação da microfibrila. Apesar da hipótese de Münch ser originalmente desenvolvida para madeira de tração ela também tem sido usada para explicar as tensões de crescimento nos troncos de árvores normais e retas.

Segundo CONRADIE (1980), Jacobs em 1938 foi o primeiro pesquisador que sugeriu ser a origem das tensões o resultado de possível encurtamento da nova camada de crescimento da madeira, e que esse fenômeno da mudança dimensional ocorre em um determinado estágio de desenvolvimento da célula.

JACOBS (1945), propõe uma teoria, a qual substituiu a sua primeira hipótese, de que as tensões de crescimento surgiram como uma reação à tensão da seiva.

A teoria de JACOBS (1945) foi criticada por BOYD (1950c), onde este autor considerou que as forças de sucção nas árvores são maiores nos topos e sendo assim, as tensões deveriam apresentar uma distribuição semelhante, o

que não é o caso; como também, que as forças de sucção consideradas para a formação de tensão são capazes de causar co-lapso nas fibras, o que também não acontece normalmente.

Em seus estudos, BOYD (1950c), concluiu que a lignificação das paredes celulares é a origem primária das tensões de crescimento.

WATANABE (1965), em sua hipótese para explicar a contração longitudinal das células nas camadas exteriores da árvore (a qual foi semelhante a de Münch, citado por DINWOODIE (1966) e confirmou as descobertas de BOYD (1950c)), considerou que a polimerarização da lignina na parede secundária da célula causa o inchamento irreversível da parede celular, tanto no sentido transversal como longitudinal, de acordo com o ângulo da microfibrila nas camadas da parede. Em função disso, postulou que as fibras podem alongar-se ou contrair-se como resultado de lignificação.

BOYD (1972), deduziu que tensões de substancial magnitude, tanto longitudinal, radial e tangencial, são geradas nos tecidos da madeira como um resultado de lignificação das paredes celulares.

2.3. Distribuição das tensões de crescimento nas árvores

Os troncos de todas as árvores são submetidos a um ligeiro encurtamento entre dois pontos quaisquer, próximos à periferia e no sentido longitudinal, quando crescem em diâmetro, o que impõe uma compressão axial na madeira interna em direção à medula (JACOBS, 1965). Este fenômeno deve-se a polimerização da lignina nos espaços inter-micro-fibrilares da parede secundária e que induzem a uma contração longitudinal da célula como resultado da sua expansão radial nas camadas de crescimento; de onde ficou estabelecido ser essa a origem das tensões de crescimento nos troncos das árvores (BOYD, 1950c, 1972; WATANABE, 1965).

Estudando a distribuição das tensões internas de crescimento, JACOBS (1965), observou este mesmo fenômeno de deformação tanto nos troncos como nos galhos e raízes de eucaliptos.

JACOBS (1938, 1939 e 1945), estudando o comportamento e distribuição das tensões de crescimento nos troncos das árvores, preparou amostras longitudinais especialmente posicionadas ao longo dos raios, na direção medula-casca, de árvores com vários diâmetros e de várias espécies, onde observou mudanças em extensão e tendências a curvaturas das amostras quando retiradas da prancha diamétrica (Figura 1). De suas observações concluiu que a madeira próxima à periferia da árvore estava sob tração longitudinal e no centro, pró

FIGURA 1. Preparação da prancha diamétrica para a medição das tensões de crescimento (JACOBS, 1945).

ximo a medula, estava sob compressão.

Segundo JACOBS (1965) e BOYD (1950a,b), a distribuição das tensões de crescimento longitudinais variam de uma tração máxima na periferia até um valor zero por volta de $1/3$ do raio, seguindo em compressão crescente até a medula.

Como o crescimento em diâmetro das árvores é formado por novas camadas de células em diferenciação, surge no xilema, logo imediatamente ao cambio, a formação da tensão de tração longitudinal de crescimento. A magnitude dessa tensão é considerada baixa, quando analisada a nível de camada individual, mas que se torna máxima na periferia das toras pelo acúmulo das camadas de crescimento no sentido radial. Em virtude do novo xilema se encontrar em contato com o xilema diferenciado mais antigo (maduro), inicia-se progressivamente uma tensão de compressão longitudinal de crescimento no centro da tora, tornando-se na medula, conforme demonstrado na Figura 2 (MALAN, 1984).

Em algumas espécies o aumento do diâmetro e o efeito acumulativo das camadas sucessivas de crescimento em estado de tração induzem 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

FIGURA 2. Distribuição da deformação de crescimento em madeira normal de *Chamaecyparis obtusa* (A), *Cryptomeria japonica* (B), e *Quercus glauca* (C), adaptada por MALAN (1984).

Austrália e denominadas de madeira quebradiça ("brittleheart") (DINWOODIE, 1966 e MALAN, 1984).

Segundo VAN WYK (1978), as tensões de crescimento ocorrem naturalmente nas árvores antes da derrubada, atuando como uma forma de dar estabilidade à coluna pretendida. O referido autor apresentou uma analogia entre a tensão de crescimento, o suporte de arame de uma antena de TV e um pilar de concreto protendido (Figura 3).

FIGURA 3. Relação entre as tensões de crescimento, os suportes de arame de uma antena de TV e os pilares de concreto protendido. (Adaptado de VAN WYK, 1978).

Analisando-se as tensões transversais segundo JACOBS (1945), os tecidos próximos à periferia do fuste de uma árvore estão em estado de tensão de compressão tangencial e em consequência a madeira interna em tração.

Citando Jacobs (1945), Boyd (1950), Gueneau (1973), Saurat e Gueneau (1976), HILLIS (1978), concluiu que as tensões transversais são muito menores do que as longitudinais e que as tensões tangenciais circunferenciais de compressão estão em equilíbrio balanceado com as tensões radiais de tração.

Estudando as tensões de crescimento transversais JACOBS (1945) demonstrou, através de um corte em espiral da periferia em direção à medula em um disco retirado transversalmente de um tronco, que houve uma expansão das camadas externas. O mesmo ocorreu quando um círculo externo de um disco foi cortado, enquanto o disco interno restante contraiu-se.

Examinando as tensões e deformações transversais, BOYD (1950a) encontrou resultados semelhantes aos sugeridos por Jacobs e considerou o fenômeno de três formas diferentes: (1) "a distribuição da tensão transversal inicia-se das tensões circunferenciais primárias no crescimento das camadas de células"; (2) "as tensões secundárias desenvolvem-se da mudança na seção transversal das células induzidas pelas tensões primárias existentes na direção longitudinal";

(3) "as tensões secundárias transversais resultam da mudança na extensão das células que se encontram nas proximidades do corte transversal do tronco".

A magnitude das tensões internas de crescimento foi apresentada por vários autores. Nos trabalhos realizados na Austrália com árvores de eucalipto, as tensões de tração periférica longitudinal apresentavam valores médios entre 1,515 lbs/sq inch. (10,438 MPa) a 2,060 lbs/sq inch. (14,193 MPa), conforme resultados determinados por JACOBS (1939), BOYD (1950a) e NICHOLSON (1973b). Valores semelhantes foram encontrados em árvores de folhosa em florestas europeias (Kubler, 1950a, citado por DINWOODIE, 1966).

As tensões correspondentes da compressão longitudinal no centro da tora, apresentavam valores na ordem de 2.000 lbs/sq inch. (13,780 MPa) (JACOBS, 1965) a 5,000 lbs/sq inch. (34,450 MPa) (TURNBULL, 1965).

A grandeza das tensões transversais apresentavam valores para compressão tangencial variando entre 100 lbs/sq inch. (0,689 MPa) a 400 lbs/sq inch. (2,756 MPa), as quais são consideradas baixas, JACOBS (1945), BOYD (1950a) e Kubler (1959), citado por DINWOODIE (1966). Mas, por ocasião do corte transversal, as forças longitudinais são transferidas para o plano horizontal e, como consequência, ocorre um aumento maciço das tensões transversais, iniciando o aparecimento das rachaduras de topo das toras.

2.4. AVALIAÇÃO DAS TENSÕES DE CRESCIMENTO

As rachaduras de topo são as mais evidentes manifestações da existência das tensões naturais de crescimento, associadas ou não às tensões de secagem.

Segundo CHAFE (1979), o modo mais simples de avaliar o nível geral das tensões de crescimento é, após derrubar uma árvore, observar a evolução das rachaduras no topo seccionado transversalmente. Entretanto, é uma avaliação qualitativa, não exata e dependente do próprio nível de tensão, como também do diâmetro da árvore, de fendas centrais pré-existentes e do impacto da derrubada. É um método que altera o estado de equilíbrio das tensões que existem na árvore e também impossibilita a repetição da medição por ser um método destrutivo.

Para a determinação da deformação de crescimento em uma peça de madeira é necessário medir na árvore o comprimento do segmento, em seguida removê-la e efetuar uma nova medição. O valor para a deformação de crescimento longitudinal é representado pelo quociente da divisão entre a deformação encontrada e o comprimento inicial da peça medida no sentido longitudinal da árvore. Esse valor, quando multiplicado pelo módulo de elasticidade da madeira, é transformado em tensão de crescimento longitudinal.

Quando se visa avaliar a distribuição da de-

formação e da tensão de crescimento, efetuam-se estas operações sistematicamente para vários segmentos e em seguida elabora-se um diagrama para a árvore.

Segundo POST *et alii* (1980) começam a surgir problemas quando pretende-se medir comprimentos de segmentos que não se encontram na superfície do tronco da árvore, e é preciso cortar a árvore antes da medição, o que permite uma redistribuição das deformações existentes naturalmente.

Os primeiros trabalhos visando a determinação da magnitude e variação das tensões longitudinais de crescimento nos troncos das árvores foram desenvolvidos por JACOBS (1938, 1939 e 1945), onde foram medidas as mudanças dos comprimentos das ripas retiradas das pranchas diamétricas no sentido longitudinal na direção medula-casca.

Apesar da utilização da prancha diamétrica ser um método bem conhecido, utilizado por autores como JACOBS (1965), WATANABE (1965) e Giordano *et alii* (1969) (citados por POST, 1980), e ter apresentado resultados mensuráveis sobre a distribuição das deformações e tensões longitudinais nas árvores, vários pesquisadores vem chamando atenção para o efeito da redistribuição das tensões que ocorrem nas transformações das toras em pranchas diamétricas e, como consequência os resultados das tensões não representam as mesmas magnitudes daquelas encontradas nas árvores em pé (Gillis,

1973; Beck, 1974 e Vendhan e Archer, 1977, citados por POST, 1980).

Estudando as deformações de crescimento dentro das árvores de E. regnans, BOYD (1950a) utilizou toras com diâmetros entre 15 a 24 pol (38,0 a 61,0 cm) e comprimento de 18 a 26 pés (5,50 a 7,90 m). Mediu as deformações de crescimento para várias posições no raio dentro de uma cavidade retangular com aproximadamente 3 1/2 pol (8,9 cm) de largura e 18 pol (45,7 cm) de comprimento, escavada no meio da tora para aliviar as tensões e medir as deformações. Cortes sucessivos foram efetuados até uma distância muito próxima da cavidade. O total das deformações observadas nas várias posições no raio corresponderam ao valor total das deformações longitudinais para a tora.

Visando desenvolver um método de rápida determinação da tensão longitudinal de crescimento nas superfícies das árvores em pé e das toras, visando comparar níveis de tensões entre árvores para seleção em programas de melhoramento e também testar tratamentos de neutralização das tensões em toras, NICHOLSON (1971) idealizou um método para medir tensão em pequenas áreas ao redor da circunferência dos troncos. Em amostras localizadas na superfície mediu três pontos no sentido axial e retirou, da tora, a amostra contendo simetricamente os três pontos. Após a remoção das amostras os pontos foram outra vez medidos e determinadas as de-

formações como também as tensões de crescimento longitudinais correspondentes. Em seus estudos, NICHOLSON (1973a) utilizou esta técnica na observação dos efeitos do armazenamento de toras sob aspersão d'água em três períodos de tempo.

Estudando o efeito da distribuição das deformações longitudinais na transformação das toras em prancha diamétrica e as mudanças dos comprimentos que ocorrem nas ripas retiradas das pranchas, POST *et alii* (1980) propuseram uma extensão ao método de Jacob, no qual as mudanças no comprimento são medidas nas tábuas cortadas da tora e nas ripas das tábuas, onde concluíram que grandes erros podem ocorrer na distribuição das tensões longitudinais quando as medidas começam com as pranchas diamétricas e não nas toras.

Baseado nas informações de JACOBS (1939), de que a tensão de tração longitudinal das camadas mais novas de crescimento das árvores de E. gigantea é independente do diâmetro da árvore; e também assumindo que a tensão de tração longitudinal da madeira mais nova permanece constante através de todos os anos de crescimento da árvore, comprimindo o tecido interno mais velho uniformemente, Kubler (1959b) citado por WILHELMY e KUBLER (1973), chegou a uma distribuição teórica das tensões longitudinal de crescimento $[\sigma = \sigma_{\alpha}(1 + 2 \ln r/a)]$ e transversal ao tronco da árvore (Figura 4).

onde:

σ = é a tensão longitudinal de crescimento para qualquer raio da medula do tronco;

σ_{α} = é a tensão de tração longitudinal de crescimento da nova camada de crescimento da árvore;

r = é a distância da medula para o ponto onde se deseja determinar o valor de σ ;

a = é o comprimento total do raio da tora.

Vários trabalhos foram desenvolvidos tentando apresentar modelos matemáticos para determinar a distribuição das tensões de crescimento. Entre eles temos Boyd (1950a), Gillis (1973), Archer e Byrnes (1974) e Beck (1974), citados por MALAN (1984), mas as grandes reações contra os modelos foram baseadas na não consideração das variações das características físicas e mecânicas da madeira, tanto no sentido transversal como longitudinal.

Considerando as variações das características anisotrópicas da madeira, Post (1979) elaborou um modelo para distribuição das tensões longitudinal de crescimento bastante semelhante ao de Kubler (1959b), porém encontrou valores muito menores no centro da árvore, os quais estavam dentro dos limites de resistência à compressão da madeira (MALAN, 1984). Esses dois modelos são apresentados na Figura 5.

FIGURA 4. Distribuição teórica da tensão de crescimento em uma tora infinitivamente longa (WILHELMY e KUBLER, 1973).

FIGURA 5. Distribuição das tensões longitudinal de crescimento conforme os modelos de Post (—) e Kubler (--) adaptado por Post (1979). Fonte: MALAN (1984).

2.5. Neutralização das tensões de crescimento e redução das rachaduras nos topos das toras

O ideal para a neutralização das tensões internas de crescimento seria a utilização de técnicas aplicadas nas árvores em pé, para reduzir as rachaduras que ocorrem por ocasião da derrubada da árvore e a sua transformação em toras, e também prevenir a existência das falhas internas de compressão e as micro-fendas conhecidas como madeira quebradiça.

Várias tentativas foram realizadas, e entre elas temos a sugerida por CHAFE (1979), que se baseava na utilização de um processo de bloqueamento da lignina na árvore, como ocorre em certas espécies de macieiras ocasionadas por uma infecção virótica que resulta em uma deformação do tecido lenhoso conhecida por "madeira elástica". E dessa maneira o autor espera que as tensões de crescimento nas árvores tratadas fossem extremamente baixas ou até mesmo inexistente.

Os trabalhos realizados por GIORDANO, CURRÓ e CHISIS (1969) e GIORDANO e CURRÓ (1972), onde foi testado o anelamento circunferencial do alburno da árvore em pé e deixadas no campo, apresentaram resultados com pouco efeito significativo.

A técnica da secagem de árvore em pé pelo ane

lamento do alburno apresentou bons resultados na diminuição das rachaduras, conforme trabalhos de VILLIERS (1973) e NICHOLSON (1973a), porém a necessidade de um longo período de espera da árvore no campo pode trazer alguns inconvenientes para o processamento das toras, como a secagem superficial do tronco e ataques de fungos e insetos.

Waugh (1977), citado por CHAFE (1979), estudando o efeito do ritmo de crescimento na intensidade da tensão, testou em seus experimentos a utilização de herbicidas desfolhadores e encontrou uma diminuição de 20% quando comparada com a testemunha.

Para o corte das árvores várias sugestões tem sido apresentadas, como as de Perkitny et alii (1951), Mayer e Weglin (1955), citados por CHAFE (1979), que seria de cortar o tronco próximo ao solo e incorporando o mais que possível as raízes suportes, com o próximo corte transversal feito acima de 6 metros e, se possível, contendo uma bifurcação de galhos.

A utilização de braçadeiras metálicas seria um método teoricamente efetivo, porém os trabalhos de VILLIERS (1973), na África do Sul, apresentaram várias dificuldades, e como solução o autor sugeriu o uso de um dispositivo de tiras elásticas onde se poderia aplicar a mesma tensão de compressão continuamente na tora.

Estudando os efeitos das tensões de crescimento e o impacto da derrubada da árvore no surgimento das rachaduras de topo, Barnacle (1973) e Barnacle e Necessary (1978) (citados por MALAM, 1984), sugeriram que as rachaduras de topo seriam resultados das falhas existentes internamente na árvore (devido as altas tensões de crescimento que reduzem a sua resistência natural) e apresentam uma correlação entre o impacto da derrubada e a ocorrência de fendas em anel no centro de tora.

Segundo os trabalhos de Tisseverasinghe (1967) Mayer e Weglin (1955), citados por 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, porém restringem o desenvolvimento das rachaduras deixando o topo intacto até que o processo de secagem aumente a resistência à tração radial e contrabalance a tensão interna.

Após analisarem teoricamente as várias formas de aliviar a tensão de crescimento antes do corte transversal das toras, BARNACLE e GOTTSTEIN (1968) testaram três técnicas de anelamento circunferencial com motosserra em toras de E. crypelloarpa e E. regnans, conforme Figura 6. Concluíram que a primeira técnica resulta em proteção para as faces de ambos os topos expostos pelo corte transversal, e tanto a segunda como a terceira protegem somente uma das faces.

FIGURA 6. Técnicas de corte utilizando-se o anelamento com motosserra visando o alívio das tensões de crescimento no topo das toras. BARNACLE e GOTTSTEIN (1968).

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

CONRADIE (1980), estudando a possibilidade da neutralização das tensões nos topos das toras de E. grandis, visando a utilização desta madeira na indústria de compensados, testou o anelamento superficial com três profundidades de corte e três distância entre o anelamento e o corte transversal. Concluiu que os valores das rachaduras diminuíram com aumento da profundidade e com a distância do anelamento para o topo da tora.

Barnacle (1971) e Imam e Heikal (1972), citados por MALAN (1984), demonstraram que as tensões de secagem interagem com o alívio das tensões de crescimento para causar rachaduras, e que em alguns casos estas rachaduras iniciam-se a menos de 20 minutos após o corte, principalmente quando são utilizadas árvores de eucaliptos suscetíveis a colapsos. Este efeito pode ser minimizado por aplicação de soluções nos topos para dificultar a saída de água imediatamente após o corte.

No processo de secagem natural o topo seca mais rapidamente do que o restante da tora, e começa re-

trair-se quando a umidade torna-se inferior ao ponto de saturação das fibras. Inicia-se 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 a medida em que a secagem progride. O fenômeno foi confirmado pelos trabalhos de BOYD (1950b) e Mayer, Wigelin e Mammen (1954), citados por CHAFE (1979).

Em seus estudos tentando reduzir as rachaduras das toras, Skolmen (1965), citado por CHAFE (1979), aplicou uma emulsão de cera no topo, onde conclui que este tratamento não era tão eficiente quanto a aspersão d'água.

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

Segundo CHAFE (1979), Stubbings (1973) examinando vários métodos para redução de rachaduras em postes de E. grandis, concluiu que não houve diferença significativa entre os tratamentos com Gang Nail, anelamento e retenção de um colar de casca no topo da tora, após o descascamento da parte central da tora. Porém, o colar de casca foi o mais simples, barato e menos destrutivo.

Estudos realizados no Brasil por GERALDO e SO
DRÉ (1983) com objetivo de comparar vários dispositivos para
Eucalyptus saligna e seus híbridos, concluíram que os conec-
tores anti-rachaduras tipo Gang Nail foram o que mais contri-
buíram para a redução das rachaduras do topo dos postes.

SHOLMEN (1966) e KUBLER (1959c) mencionaram a
possibilidade do alívio das tensões de crescimento nas toras
verdes pela aplicação de aquecimento e umidade para plastifi-
car a lignina na madeira. Segundo os autores, o amolecimen-
to expandirá ou contrairá a madeira em resposta às tensões;
mas também pode ser, em certos casos, responsável pelo desen-
volvimento das rachaduras de topo e é considerada a princi-
pal desvantagem deste método de alívio.

3. METODOLOGIA

3.1. Espécie utilizada

Para o desenvolvimeto deste trabalho utilizaram-se toras de Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden, coletadas no município de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, em floresta de propriedade da Champion Papel e Celulose S/A, e transportadas para o Campus da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP.

As principais características da floresta são:

- Espécie: Eucalyptus grandis
- Origem e procedência: Coff's Harbour. N.S.W. Austrália
- Data do plantio: janeiro de 1969
- Espaçamento inicial: 3,0 m x 2,0 m
- Desbastes: junho de 1978
- Intensidade de seleção: 1:10

- Número atual de árvores/ha: 160
- Área do talhão: 2.843 ha
- Data de retirada das toras: 02.02.84

Visando-se utilizar árvores com a mínima variação fenotípica efetuou-se o levantamento de diâmetros (DAP) de 451 árvores em uma área de topografia relativamente plana, e em seguida elaborou-se uma curva de distribuição diamétrica, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Distribuição das classes dos DAPs no talhão selecionado para extração da madeira utilizada no experimento.

Nº classe	Intervalos (cm)		Nº de árvores
1	19,4	26,0	25
2	26,1	33,0	135
3	33,1	40,0	196
4	40,1	47,0	81
5	47,1	54,0	14
Total			451

Considerando-se as características da variação dos diâmetros na população, optou-se pela classe 3, utilizando-se para o estudo 96 árvores com DAP variando entre 34 cm e 38 cm.

3.2. Aplicação de tratamentos

Como o objetivo deste trabalho foi a verificação experimental das condições de corte, proteção de topo, armazenamento e tempo de armazenamento das toras de Eucalyptus grandis para posterior obtenção de lâminas desenroladas, testaram-se os seguintes tratamentos: dois tipos de corte para derrubada e toragem das árvores, quatro formas de proteção nos topos das toras, três métodos e dois tempos de armazenamento das toras, totalizando 48 combinações em um delineamento fatorial.

a. cortes e toragens das árvores

Para poder avaliar o efeito dos cortes e das toragens das árvores no aparecimento das rachaduras de topo foram efetuados dois tipos:

a.1. corte industrial (Corte I)

Consistiu no corte normalmente utilizado, o que resulta na abertura de boca ou direção e em seguida o

corte de queda, sendo retirada uma tora da base de cada árvore.

a.2. corte com anelamento (Corte II)

Antes da derrubada foi efetuado o anelamento com motosserra, a uma profundidade correspondente a $1/3$ do raio e 30 cm acima do local do corte. Após a derrubada, antes do corte para obtenção da tora, efetuou-se outro anelamento a uma distância de 1,20 m do anelamento anterior (Figura 7).

b. proteção de topo

Para estudar o efeito das proteções de topo no aparecimento de rachaduras, foram desenvolvidos quatro tratamentos:

b.1. testemunha (Proteção I)

As toras foram produzidas, com e sem anelamento e não receberam nenhum tratamento de topo.

b.2. cera (Proteção II)

As toras receberam nos topos uma camada de Mobil CerM, um produto hidrossolúvel a base de parafina, produzido pela Mobil do Brasil.

FIGURA 7. Operação de corte da árvore de Eucaliptus grandis.
Detalhe do corte utilizando-se o método de anela-
mento (Corte II).

b.3. Gang Nail (Proteção III)

As toras receberam nos topos uma placa de ferro galvanizado conhecida comercialmente por Gang Nail com 12,9 cm x 14,2 cm, produzida pela Gang Nail do Brasil (Figura 8).

b.4. Gang Nail x cera (Proteção IV)

Consistiu na combinação dos tratamentos b.2 e b.3, com as toras recebendo, nos topos, uma camada de cera e uma placa de Gang Nail.

Todos os tratamentos, tanto os de corte como os de proteção de topo, foram efetuados no campo. Quatro dias após a derrubada as toras foram transportadas em caminhões para Piracicaba, distante 80 km da floresta.

c. armazenamento de toras

Para poder-se avaliar o efeito do armazenamento e o da secagem na evolução das rachaduras de topo, foram efetuados três tipos de armazenamento de toras.

c.1. imersão em água (Armazenamento I)

As toras foram armazenadas totalmente submersas em água, dentro de um tanque de ferro com 9,6 m³ de capacidade.

FIGURA 8. Aplicação do tratamento Proteção III. O conector Gang Nail é aplicado em ambos os topos da tora, com auxílio de martelo.

c.2. aspersão (Armazenamento II)

As toras foram empilhadas e mantidas sob aspersão intermitente de água, com períodos de 15 minutos em ação e 15 minutos parado (Figura 9). O sistema de aspersão compunha-se de dois bicos aspersores acionados por um controlador automático de tempo ("time switch").

c.3. ao ar (Armazenamento III)

As toras foram simplesmente empilhadas ao ar, sem cobertura ou qualquer proteção. *

d. tempo de armazenamento

Com objetivo de se avaliar o efeito do tempo de armazenamento na neutralização das tensões internas, como também acompanhar a evolução das rachaduras nas toras, foram estabelecidos dois períodos para as avaliações.

As avaliações consistiram na quantificação das rachaduras, e foram efetuadas em:

d.1. (Tempo I) após 60 dias de armazenamento, em 50% das toras;

d.2. (Tempo II) após 360 dias, nos 50% restantes das toras.

FIGURA 9. Armazenamento das toras sob aspersão d'água.
(Armazenamento II) .

A combinação entre as variáveis totalizou 48 tratamentos com 2 repetições, analisados num delineamento inteiramente ao acaso em um esquema fatorial $2 \times 4 \times 3 \times 2$.

3.3. Avaliação das rachaduras de topo

Concluídos os tempos de armazenamento, foram retiradas ao acaso duas toras de cada tratamento. O comprimento das mesmas foi reduzido para 1 m pela retirada de 40 cm em cada extremidade. Nas novas faces de topos das toras efetuaram-se as medições das rachaduras.

A determinação das rachaduras constitui-se inicialmente da projeção nas faces das toras de três círculos concêntricos, com auxílio de lápis de cera, afastados entre si à uma distância de aproximadamente $1/3$ do raio médio da face em avaliação, conforme Figura 10.

Em sequência, localizou-se a rachadura principal da face (aquela que passa pela medula, de um lado para outro) e com auxílio de uma régua com precisão de 1,0 mm mediu-se a maior abertura da rachadura dentro de cada secção,

FIGURA 10. Projeção do corte de topo de uma tora onde foram efetuadas as avaliações de rachaduras. Observa-se no detalhe as secções A, B e C.

atribuindo-se os seguintes pesos: centena para C, dezena para B e unidade para A.

A atribuição de diferentes pesos pela localização das rachaduras na face da tora foi devido a importância de cada secção no processo de laminação por desenrolamento. Para melhor entendimento temos o seguinte exemplo: na secção C, o valor da abertura foi 3 mm, na B 2 mm e na A 1 mm, logo o valor para este topo foi 321, que somado ao valor do outro topo da mesma tora (221), resultou em um índice que é representado pela média dos valores dos topos da tora em exame (271).

3.4. Determinação da densidade básica das toras de Eucalyptus grandis

Para determinar a densidade básica das toras, utilizaram-se discos com 2,5 cm de espessura, retirados de doze toras escolhidas ao acaso entre as dezesseis pertencentes a segunda fase de avaliação do tratamento armazenamento ao ar (Armazenamento I).

Os discos, após saturados em água, foram divididos em quatro cunhas e a densidade básica foi determinada para cada uma pelo método da balança hidrostática (Norma ABCP M-14-70).

3.5. Análise estatística

Para se obter uma distribuição mais próxima da curva normal, os dados originais foram transformados para $\log(x)$. Decidiu-se aplicar essa transformação por ser a que resultou, dentre as transformações testadas, no melhor ajuste.

As variações entre tratamentos, foram analisadas através do delineamento inteiramente ao acaso num esquema fatorial $2 \times 4 \times 3 \times 2$ com 2 repetições (Tabela 3). A comparação entre tratamentos foi efetuada aplicando-se o teste F.

Para comparação entre médias dos tratamentos, foi usado o teste Tukey, aplicado aos níveis de 1% e 5% de probabilidade. Os dados foram analisados com auxílio dos computadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, pelo sistema "STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM".

TABELA 3. Quadro de análise da variância para o delineamento inteiramente casualizado num esquema fatorial $2 \times 4 \times 3 \times 2$, com 2 repetições

Fonte de variação	G.L.
Tratamento (C)	$c - 1$
Tratamento (P)	$p - 1$
Tratamento (A)	$a - 1$
Tratamento (T)	$t - 1$
Interação C x P	$(c - 1)(p - 1)$
Interação C x A	$(c - 1)(a - 1)$
Interação C x T	$(c - 1)(t - 1)$
Interação P x A	$(c - 1)(a - 1)$
Interação P x T	$(c - 1)(t - 1)$
Interação A x T	$(c - 1)(t - 1)$
Interação C x P x A	$(c - 1)(p - 1)(a - 1)$
Interação C x P x T	$(c - 1)(p - 1)(t - 1)$
Interação P x A x T	$(p - 1)(a - 1)(t - 1)$
Tratamentos	$t - 1$
Resíduo	$(n - 1)(t - 1)$
Total	$n - 1$

3.6. Produção das lâminas

Das trinta e duas toras do tratamento de imersão total em água (Armazenamento I) foram selecionadas vinte que apresentaram os menores índices de rachaduras, e utilizadas na produção de lâminas por desenrolamento.

Logo após as avaliações das rachaduras de topo, as toras foram aquecidas por imersão em água à temperatura em torno de 70°C, seguindo-se as recomendações de LUTZ (1974).

As toras foram laminadas em um torno THOMS & BENATO; modelo LHT-14, pertencente ao Setor de Painéis a Base de Madeira, do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (DCF-ESALQ/USP). O torno foi regulado de acordo com as indicações de FEIHL e GODIN (1970) para lâminas de 2 mm de espessura (Tabela 4).

O rendimento (R) foi estimado pela relação entre a conversão observada (CO) e a conversão teórica (CT), expresso percentualmente

$$R = (CO/CT) \cdot 100 \quad (1)$$

sendo:

CO = conversão observada = valor real do comprimento da lâmina em m, obtida no desenrolamento da tora;

CT = conversão teórica = valor teórico do comprimento da lâmina, em m, para uma determinada espessura, produzida a partir do diâmetro médio (D_m) da tora até o diâmetro do rolete residual (D_r), calculado através da fórmula:

$$CT = CL / 100 = \frac{\frac{1}{4} (D_m^2 - D_r^2)}{e \cdot 100} \quad (2)$$

onde:

CL = comprimento da lâmina, em cm

D_m = diâmetro maior, em cm

D_r = diâmetro menor, em cm

e = espessura da lâmina, em cm.

TABELA 4. Regulagem do torno para produção de lâminas com 2 mm de espessura.

Ângulo de afiação da faca	20°00'
Ângulo da faca	90°30' a 89°30'
Ângulo de compressão da contra-faca	15°00'
Abertura horizontal	1,85 mm
Abertura vertical	0,5 mm

Adicionalmente efetuou-se a classificação visual das lâminas, através de amostragem da seguinte forma:

- no sentido do comprimento da lâmina foi efetuada a amostragem de 1 m², a uma distância de aproximadamente 2,5 m entre amostras, quantificando-se número de nós por m² e a porcentagem de lâminas com e sem nós.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se a importância dos parâmetros determinados neste trabalho, torna-se necessário discutí-los individualmente.

4.1. DENSIDADE BÁSICA MÉDIA DA MADEIRA DAS TORAS DE EUCA- LYPTUS GRANDIS

Os resultados da determinação da densidade básica são apresentados na Tabela 5. Comparando-se esses valores com resultados de estudos realizados no Brasil e na Austrália, por FERREIRA (1973), CARPIM e BARRICHELO (1984), BARRICHELO e NARAYOSHI (1984) e HALL e CHIPPENDALEI (1970) respectivamente, pode-se afirmar que a densidade básica do

material em estudo se encontra de acordo com os valores encontrados para a espécie.

TABELA 5. Densidade básica (g/cm^3), das cunhas, e valores médios dos discos e das toras.

Nº da toras	Cunha				Média (disco)
	I	II	III	IV	
1	0,52	0,56	0,54	0,54	0,54
2	0,54	0,57	0,55	0,56	0,55
3	0,50	0,49	0,49	0,48	0,49
4	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55
5	0,54	0,56	0,54	0,53	0,54
6	0,48	0,46	0,48	0,48	0,47
7	0,50	0,50	0,51	0,52	0,51
8	0,52	0,52	0,49	0,48	0,50
9	0,59	0,59	0,59	0,61	0,59
10	0,50	0,48	0,48	0,50	0,49
11	0,58	0,58	0,56	0,56	0,57
12	0,50	0,49	0,49	0,51	0,50
Média (das toras)					0,52
Amplitude de variação					0,47-0,59
Coeficiente de variação (CV)					7,0%

Segundo trabalho publicado pela IUFRO (1973), as melhores lâminas desenroladas de madeira são, geralmente, aquelas produzidas de espécies com peso específico moderado, variando entre 0,4 g/cm³ a 0,6 g/cm³.

Considerando-se as informações de literatura, e os resultados da Tabela 5, pode-se inferir que o valor encontrado para a densidade básica é normal para a espécie e a variação entre as toras pode ser considerada baixa. Da mesma forma, verifica-se que a madeira de Eucalyptus grandis apresenta densidade básica dentro da amplitude considerada favorável para a produção de lâminas e compensados.

4.2. Avaliação das rachaduras de topo

Concluídos os períodos de armazenamento (dois e doze meses), foram avaliadas as rachaduras nos topos das toras. Os resultados são apresentados nas Tabelas 6, para os dados originais, e 7 para os dados transformados em log (x). Cada valor representa a média de duas toras por tratamento.

TABELA 6. Valores médios atribuídos as rachaduras de topo (dados originais, segundo a metodologia adotada).

Tratamentos	Corte I						Corte II					
	Tempo I			Tempo II			Tempo I			Tempo II		
	Arm. I	Arm. II	Arm. III	Arm. I	Arm. II	Arm. III	Arm. I	Arm. II	Arm. III	Arm. I	Arm. II	Arm. III
Proteção I	290,0	229,0	838,0	191,0	132,5	1488,0	522,0	73,5	698,5	85,5	26,0	652,0
Proteção II	312,0	173,0	510,5	136,5	93,0	1199,0	190,5	72,5	438,0	24,0	134,5	560,0
Proteção III	129,0	72,5	1100,5	19,5	86,5	648,0	122,5	112,0	641,5	13,0	201,5	1074,5
Proteção IV	73,0	222,0	447,0	18,0	299,0	654,0	178,5	172,0	231,5	18,5	74,0	1185,0

TABELA 7. Valores médios atribuídos as rachaduras de topo (dados transformados para log x segundo a metodologia adotada).

Tratamentos	Corte I.						Corte II					
	Tempo I			Tempo II			Tempo I			Tempo II		
	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.	Arm.
Proteção I	5,67	5,43	6,73	5,25	4,89	7,30	6,26	4,30	6,55	4,45	3,26	6,48
Proteção II	5,74	5,15	6,23	4,92	4,53	7,09	5,25	4,28	6,08	3,18	4,90	6,33
Proteção III	4,86	4,28	7,00	2,97	4,45	6,47	4,81	4,72	6,46	2,56	5,30	6,97
Proteção IV	4,29	5,40	6,10	2,89	5,70	6,86	5,18	5,15	5,44	2,92	4,30	7,08

Nas Tabelas 8 a 13 são apresentados os quadros de dupla entrada, com os dados transformados, visando facilitar a análise e a comparação das interações entre tratamentos. Os resultados da análise de variância, aplicada aos valores da Tabela 7, são apresentados na Tabela 14.

TABELA 8. Médias das interações de corte e proteção, representadas por 12 repetições.

Tratamento	Corte I	Corte II
Proteção I	5,68	4,87
Proteção II	5,52	4,89
Proteção III	4,75	4,59
Proteção IV	5,12	4,77

TABELA 9. Médias das interações de corte e tempo, representadas por 24 repetições.

Tratamento	Tempo I	Tempo II
Corte I	5,42	5,11
Corte II	4,99	4,57

TABELA 10. Médias das interações de corte e armazenamento, representadas por 16 repetições.

Tratamento	Corte I	Corte II
Armazenamento I	4,37	4,20
Armazenamento II	4,76	3,94
Armazenamento III	6,67	6,20

TABELA 11. Médias das interações de proteção e armazenamento, representadas por 8 repetições.

Tratamento	Armazenamento I	Armazenamento II	Armazenamento III
Proteção I	5,14	4,02	6,65
Proteção II	4,72	4,59	6,30
Proteção III	3,56	3,78	6,67
Proteção IV	3,71	5,00	6,11

TABELA 12. Médias das interações de armazenamento e tempo, representadas por 16 repetições.

Tratamento	Tempo I	Tempo II
Armazenamento I	5,07	3,50
Armazenamento II	4,41	4,29
Armazenamento III	6,41	6,53

TABELA 13. Médias das interações de proteção e tempo, representadas por 12 repetições.

Tratamento	Tempo I	Tempo II
Proteção I	5,74	4,81
Proteção II	5,31	5,10
Proteção III	4,72	4,61
Proteção IV	5,05	4,83

TABELA 14. Resultados de análise da variância aplicada aos resultados da Tabela 7 (valores originais previamente transformados para log x).

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.
Corte (C)	1	5,66	5,66	4,76*	(0,033)
Proteção (P)	3	5,44	1,81	1,52ns	(0,216)
Armazenamento (A)	2	95,78	47,89	40,24**	(0,001)
Tempo (T)	1	3,24	3,24	2,72ns	(0,103)
Corte x Proteção	3	1,50	0,50	0,42ns	(0,742)
Corte x Armaz.	2	1,72	0,86	0,72ns	(0,489)
Corte x Tempo	1	0,09	0,09	0,07ns	(0,787)
Proteção x Armaz.	6	17,95	2,99	2,51*	(0,030)
Proteção x Tempo	3	2,56	0,85	0,71ns	(0,548)
Armaz. x Tempo	2	19,35	9,68	8,13**	(0,008)
C x P x A	6	5,27	0,88	0,74ns	(0,621)
C x P x T	3	1,93	0,64	0,54ns	(0,660)
C x A x T	2	1,95	0,98	0,82ns	(0,445)
Tratamentos	35	162,45	4,64	3,90**	
Resíduo	60	71,41	1,19		
Total	95	233,86			

Coeficiente de Variação (CV) = 21,7%

A análise da variância acusou significâncias pelo teste F, aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, para os tratamentos armazenamento e corte, respectivamente. Já os tratamentos proteção e tempo, quando analisados individualmente não apresentaram significância, porém quando analisados dentro dos diferentes tratamentos de armazenamento (I, II e III), as interações foram significativas aos níveis de 1% para o tempo e 5% para proteção. Nas demais interações o teste F não apresentou significância.

Com a aplicação do teste de Tukey, observou-se que o corte industrial apresentou maior valor para as rachaduras de topo, quando comparado ao corte com anelamento (Tabela 15).

TABELA 15. Teste de Tukey aplicado aos tratamentos de corte.

Tratamento	Nº de repetições	Médias		Tukey 5%
		Originais	Transformados	
Corte I	48	192,48	5,26	a
Corte II	48	119,10	4,78	b

O efeito do anelamento (Corte II), no controle das rachaduras de topo originadas pelas tensões internas

de crescimento, foi mencionado nos trabalhos de BARNACLE e GOTTSTEIN (1968), GIORDANO e CURRÒ (1972) e MALAN (1979). Em um trabalho semelhante VAN WYK (1978), na África do Sul, mostrou que havia um retardamento na manifestação das rachaduras em toras de Eucalyptus spp, quando era feito um anelamento com uma profundidade variando entre 2,5 a 4,0 cm à uma distância de 1/3 do diâmetro do corte transversal. CONRADIE (1980), em seus estudos com Eucalyptus grandis, encontrou uma alta, positiva e significativa interação entre a profundidade do anelamento e a distância do corte transversal com a intensidade das rachaduras.

O efeito do anelamento nas tensões de crescimento pode ser melhor entendido analisando-se o que ocorre com a árvore por ocasião do corte.

Quando uma árvore em pé, que 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 tensão de tração, sofre um ligeiro encolhimento e a parte central próxima a medula, que estava sob tração de compressão, um alongamento. A superfície da face do corte transversal que deveria estar plana, toma forma de uma calota e, conseqüentemente, a superfície do corte transversal aumenta sua área até o máximo da sua resistência à tração perpendicular aos raios, iniciando-se o apareci

mento de uma fenda principal, ao longo do raio, passando pela medula. Dependendo da espécie, outras rachaduras secundárias poderão aparecer.

Quando é utilizada a técnica de anelamento antes do corte transversal ocorre a eliminação de parte das tensões próximas a casca, diminuindo-se desta maneira a ação das forças responsáveis pela formação 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 de corte.

Se as avaliações das rachaduras fossem realizadas na face original do corte transversal, os valores para rachaduras de topo no corte com anelamento tenderiam à ZERO. Mas como a finalidade deste estudo não era tão somente a eliminação das rachaduras de topo das toras, mas também a diminuição das tensões internas de crescimento, procedeu-se, após os períodos de armazenamento, reduções nos comprimentos das toras para um metro. Com isso, a face que sofreu avaliação ficou fora da extensão que estava neutralizada pelo anelamento. Esse procedimento foi repetido para os dois tipos de corte (I e II).

Portanto, pode-se afirmar em função dos resultados observados, que o anelamento diminuiu significativamente as tensões internas de crescimento residuais nas toras estudadas, o que permite aceitar a provável possibilida-

de da utilização da madeira de Eucalyptus grandis na produção de lâminas desenroladas e na produção de madeira serrada, a partir das toras que receberam o anelamento antes do corte transversal.

Para os tratamentos de armazenamento, a análise de variância acusou, através do teste F, diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade. O resultado para o armazenamento III (ao ar) mostrou diferença significativa pelo teste de Tukey, quando comparado com os armazenamentos I e II (aspersão e imersão), conforme pode ser verificado na Tabela 16.

TABELA 16. Teste de Tukey aplicado aos tratamentos de armazenamentos.

Tratamento	Nº de repetições	Médias		Tukey 5%
		Originais	Transformadas	
Armazenamento I	32	72,24	4,28	a
Armazenamento II	32	77,48	4,35	a
Armazenamento III	32	620,17	6,43	b

Os resultados observados são coerentes com as informações contidas em vários estudos existentes na literatura. DOBIE (1965), depois de fazer uma revisão sobre práticas de armazenamento de toras, concluiu que a armazenagem das toras imersas em água produz a mais efetiva proteção tanto para rachadura de topo como para ataque de fungos e insetos, seguido pelo armazenamento sob aspersão d'água. Turnbull (1965), citado por CHAFE (1979), concluiu que toras imersas em água por vários anos são facilmente serradas sem apresentar empenamentos. NICHOLSON (1973a) não encontrou evolução das rachaduras de topo das toras armazenadas por 300 dias, sob aspersão d'água.

A maior intensidade das rachaduras nas toras submetidas ao armazenamento III (ao ar), é, seguramente, um efeito da secagem das mesmas. Quando uma tora é armazenada ao ar, ou seja, exposta às condições de ambiente e sem proteção dos raios solares, ela imediatamente entra em processo de secagem. Como a movimentação da água na madeira é mais rápida no sentido longitudinal, os topos chegam, dentro de pouco tempo, a teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. Iniciam-se nesse momento as retrações das partes mais secas, e como a parte mais interna da tora ainda está com alto teor de umidade e não acompanha essa retração, surgem tensões internas que, tornando-se superior à resistência da madeira, provocam o aparecimento das rachaduras. Dependendo das condições do ambiente as toras expostas ao ar

podem ser totalmente rachadas, chegando a ocorrer separação de peças das toras. Segundo Barnacle (1971) e Iman e Heikal (1972), citados por MALAN (1984), as tensões de secagem interagem com as tensões de crescimento para produzir rachaduras nos topos.

O armazenamento das toras imersas e sob aspersão (armazenamentos I e II) não apresentaram diferenças significativas entre si, conforme Tabela 16, confirmando que os dois tratamentos levam a resultados semelhantes, ou seja, não permitem a secagem das partes externas das toras. Com isso não há formação das tensões ocasionadas pela secagem, as quais poderiam interagir com as tensões de crescimento e produzir ou induzir ao aumento das rachaduras de topo.

Os trabalhos existentes na literatura indicam, de um modo geral, que o armazenamento das toras imersas em água apresenta resultados ligeiramente superiores àqueles do armazenamento sob aspersão d'água (DOBIE, 1965). No armazenamento das toras sob imersão d'água, se fez necessário a mudança periódica da água do reservatório devido à exalação de odores desagradáveis e com isso traz o risco de poluição ambiental.

As interações proteção x armazenamento e tempo x armazenamento, apresentaram, pelo teste F, diferenças significativas aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente (Tabela 14). Para analisar o efeito dos tratamentos dentro dos armazenamentos, efetuou-se nova análise de

variância, cujos resultados são apresentados na Tabela 17.

Observou-se que no armazenamento I, tanto as proteções como os tempos de armazenamento apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados do teste de Tukey, para comparação das médias (Tabela 18), indicam que dentro do armazenamento I (toras imersas em água), as proteções I (sem proteção) e II (cera) apresentaram diferença significativa para rachaduras em relação às proteções III (Gang Nail) e IV (Gang Nail e Cera) e seus valores foram superiores.

Uma vez que no armazenamento I as rachaduras de topo só se manifestaram devido às tensões internas de crescimento, a proteção II no armazenamento I, tornou-se ineficiente devido ser sua principal finalidade a de minimizar os efeitos de secagem, daí seu resultado não apresentar diferença significativa quando comparado com o tratamento proteção I (testemunha).

Por outro lado, os tratamentos proteção III e IV, que tinham como finalidade a restrição das deformações originadas das tensões internas de crescimento, apresentaram uma boa eficiência, resultando em diferenças significativas quando comparadas com os tratamentos I e II.

TABELA 17. Teste F, para os tratamentos corte, proteção e tempo e suas interações, dentro dos tratamentos armazenamento I, II e III.

C.V.	G.L.	Teste F (Probabilidades)		
		Armazenamento I	Armazenamento II	Armazenamento III
Corte	1	0,28ns (0,5975)	2,41ns (0,1405)	2,68ns (0,1213)
Proteção	3	6,09** (0,0057)	1,08ns (0,3846)	0,93ns (0,4500)
Tempo	1	25,26** (0,0001)	0,05ns (0,8194)	4,28ns (0,0552)
Corte x Proteção	3	1,23ns (0,3315)	0,50ns (0,6868)	0,26ns (0,8507)
Corte x Tempo	1	2,19ns (0,1570)	0,06ns (0,8161)	0,30ns (0,5897)
Proteção x Tempo	3	0,05ns (0,9825)	1,08ns (0,3868)	1,41ns (0,2761)
Corte x Proteção x Tempo	3	0,18ns (0,9073)	0,56ns (0,6468)	1,37ns (0,2890)
Tratamento	15			
Resíduo	16			
Total	31			
CV		20,60%	34,50%	12,50%
Média		4,28	4,35	6,43

TABELA 18. Teste Tukey aplicado aos tratamentos proteções dentro do armazenamento I.

Tratamento	Nº de repetições	Médias		Tukey 5%
		Originais	Transformadas	
Armazenamento I				
Proteção I	8	170,71	5,14	a
Proteção II	8	112,17	4,72	a
Proteção III	8	35,16	3,56	b
Proteção IV	8	40,85	3,71	b

Na literatura foram encontrados alguns estudos que suportam os resultados em discussão. Meyer e Wegelin (1955), citados por MALAN (1984), concluíram que não houve redução nas tensões internas de crescimento quando do uso dos conectores anti-rachadura (Gang-Nail) e ganchos em forma de "S" ou "C", porém eles conservam as faces dos topos intactas até a secagem controlada ou outro tipo de reação que venha equilibrar as tensões internas de crescimento. Estudos realizados no Brasil por GERALDO e SODRÉ (1983), resultaram na indicação dos dispositivos anti-rachaduras tipo Gang-Nail para o controle das rachaduras de topo em postes de Eucalyptus saligna e seus híbridos.

Os resultados do teste Tukey para comparação

das médias dos tempos I e II (2 e 12 meses) dentro do armazenamento I (imersão) indicam que o valor para rachaduras no tempo de armazenamento I foi superior ao valor para o tempo de armazenamento II, e o contraste entre as médias foi significativo (Tabela 19); de onde se pode concluir, que com o aumento de tempo de armazenamento das toras de Eucalyptus grandis imersas em água, há uma diminuição das tensões de crescimento. Segundo CHAFE (1979) o alívio das tensões de crescimento é através da liberação de tensões que envolve uma acomodação das células ou componentes da parede celular. Baseando-se nestas informações e nos resultados encontrados, supõe-se que com o passar do tempo de armazenamento onde as toras não estejam sujeitas à secagem, ocorra um processo de fadiga ao nível de célula ou de parede celular e, com isso, diminuindo a elasticidade da madeira, tem-se a diminuição das tensões de crescimento.

TABELA 19. Teste de Tukey aplicados aos tempos de armazenamento I.

Tratamento	Nº de repetições	Médias		Tukey 5%
		Originais	Transformadas	
		Armazenamento I		
Tempo I	16	159,17	5,07	a
Tempo II	16	33,11	3,50	b

4.3. Produção de lâminas

Os resultados observados na produção de lâminas verdes, a partir das vinte toras de Eucalyptus grandis, são apresentados na Tabela 20. Como era esperado, foi possível relacionar o comprimento de lâminas observado (CLO) com o diâmetro médio da tora (Dm), cuja reta de correlação pode ser visualizada na Figura 11.

Como pode se observar na Figura 11, existe uma variação considerável entre os comprimentos de lâminas estimado e o observado, causada principalmente pelas perdas no processo de laminação até atingir o arredondamento das toras (Dc). Esta variação é justificada basicamente pela morfologia das toras de Eucalyptus grandis, que refletem as características fenotípicas das árvores no povoamento como conicidade, excentricidade e presença de ramificações vigorosas e protuberâncias.

Dentre os diversos modelos testados, o da regressão linear simples foi que o melhor ajuste proporcionou entre o comprimento de lâmina observado (CLO) e o diâmetro médio (Dm) da tora, através da equação

$$\text{CLO} = -41,244 + 2,097 \text{ Dm} \quad (3)$$

com coeficiente de determinação:

$$(r^2) = 0,745^{**}$$

TABELA 20. Diâmetros médios das toras (Dm), cilíndricos (Dc), e do rolete final (Dr); comprimentos de lâminas [estimado (CLE) e observado (CLO)] e rendimento em porcentagem $[(CLO/CLE) \times 100]$.

Nº da tora	Dm (cm)	Dc (cm)	Dr (cm)	CLE (m)	CLO (m)	Rend. (%)
01	30,5	25,5	10,0	32,60	21,52	66,00
02	34,0	31,5	11,0	41,47	33,04	79,67
03	37,5	34,0	11,0	51,30	39,68	77,35
04	35,5	31,0	13,0	45,56	30,09	66,00
05	32,0	28,0	10,0	36,28	27,28	75,20
06	32,5	27,5	10,0	37,55	25,93	69,00
07	34,5	32,0	12,0	42,81	34,77	81,20
08	34,0	31,0	10,0	41,47	31,25	75,30
09	30,5	27,5	10,0	32,60	25,99	79,70
10	35,0	31,0	11,5	44,18	31,50	71,30
11	33,0	28,5	10,0	38,84	27,37	70,50
12	34,5	28,5	10,0	42,81	27,63	64,50
13	31,5	29,0	16,0	35,04	23,20	60,20
14	34,0	30,5	10,0	41,47	31,14	75,10
15	33,5	33,0	17,5	40,14	30,07	74,90
16	33,5	29,0	11,0	40,14	27,39	69,20
17	33,5	30,0	10,0	40,14	27,78	69,20
18	32,5	28,0	10,0	37,55	28,12	74,90
19	31,5	28,5	15,5	35,04	23,45	66,90
20	34,5	29,0	10,0	42,81	28,69	67,00

FIGURA 11. Representação gráfica da correlação entre os comprimentos de lâminas observados (CLO) em função dos diâmetros médios das toras desenroladas (D_m).

Embora essa equação tenha sido estabelecida a penas com os resultados do presente trabalho, ela permitirá estimar, para o Eucalyptus grandis, o comprimento de lâminas de madeira com 2,0 mm de espessura conhecendo-se o diâmetro médio da tora.

Com os dados da Tabela 20 foi possível elaborar a equação de regressão linear, levando-se em considera-ção o comprimento de lâmina observado (CLO) e o comprimento de lâmina estimado (CLE).

$$CLO = -3,08614 + 0,797215 (CLE) \quad (4)$$

com coeficiente $r^2 = 0,750^{**}$

Da equação (2) temos que

$$\hat{CLE} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{Dm^2 - Dr^2}{e} \right) \quad (5)$$

Substituindo (5) em (4), obtem-se

$$CLO = -3,08614 + 0,797215 \left[\frac{\pi}{4} \left(\frac{Dm^2 - Dr^2}{e} \right) \right] \quad (6)$$

$$CLO = -3,08614 + 0,62613 \left(\frac{Dm^2 - Dr^2}{e} \right) \quad (7)$$

com Dm, Dr e e com dimensões de [m].

Para utilizar a equação (7) com Dm e Dr em

[cm] e a espessura da lâmina (e) em [mm], tem-se a equação (8).

$$CLO = -3,08614 + 0,062613 \left(\frac{Dm^2 - Dr^2}{e} \right) \quad (8)$$

que dá o resultado do comprimento de lâminas (CLO) em [m].

Com base na equação (8) é possível estimar a conversão de toras em lâminas conhecendo-se o diâmetro médio da tora e a espessura desejada para a lâmina, conforme é exemplificado na Tabela 21 e na Figura 12, para um rolete final com 10,0 cm de diâmetro.

4.4. QUALIDADE DAS LÂMINAS

As lâminas obtidas neste experimento (ilustradas na Figura 13) apresentaram as mesmas características relatadas com JANKOWSKY e AGUIAR (1983), consideradas como razoavelmente lisas e fechadas. Essas características de qualidade permitem afirmar a viabilidade da utilização na manufatura de painéis compensados.

O principal defeito em importância para a manufatura de compensados foi a alta incidência de nós mortos, conforme pode ser observado na Tabela 22 e Figuras 14 e 15.

TABELA 21. Estimativa do comprimento de lâmina verde, em m, em função do diâmetro médio da tora (Dm) e espessura da lâmina (e) para um rolete final (Dr) com 10 cm de diâmetro.

Dm da tora (cm)	Espessura da lâmina (mm)			
	1	2	3	4
30	47,00	21,96	13,61	9,45
31	50,82	23,87	14,88	10,39
32	54,77	25,84	16,20	11,38
33	58,84	27,88	17,55	12,39
34	63,03	29,97	18,95	13,44
35	67,35	32,13	20,39	14,52
36	71,80	34,36	21,88	15,63
37	76,37	36,64	23,40	16,78
38	81,06	38,99	24,96	17,95
39	85,89	41,40	26,57	19,16
40	90,83	43,87	28,22	20,39

FIGURA 12. Conversão de toras em lâminas, conhecendo-se o diâmetro médio da tora e espessura desejada da lâmina, para um rolete com 10 cm de diâmetro.

FIGURA 13. Lâmina produzida pelo método de desenrolamento em torno mecânico.

TABELA 22. Porcentagem de lâminas com nós e amplitude da variação do número de nós por m² de lâmina.

Nº da tora	(%) de lâminas com nós	Intervalo Mínimo - Máximo
1	100,0	2 - 28
2	100,0	1 - 30
3	100,0	3 - 27
4	100,0	5 - 22
5	100,0	2 - 34
6	71,4	0 - 48
7	100,0	2 - 30
8	100,0	5 - 32
9	85,7	0 - 47
10	100,0	5 - 22
11	55,5	0 - 41
12	100,0	1 - 45
13	100,0	6 - 16
14	37,5	0 - 37
15	28,6	0 - 6
16	37,5	0 - 17
17	75,0	0 - 37
18	100,0	1 - 24
19	0,0	0 - 0
20	8,9	0 - 19

FIGURA 14. Distribuição da quantidade de toras em função da porcentagem (P) de lâminas com nós.

FIGURA 15. Lâmina produzida pelo método de desenrolamento, mostrando a alta incidência de nós mortos.

A Tabela 22 e a Figura 14 mostram que dezoito das vinte toras laminadas apresentaram incidência de nós mortos, e que mais da metade do número de toras avaliadas tinha suas lâminas totalmente perfuradas. Apenas de uma única tora foi possível obter lâminas isentas de nós.

A grande incidência de nós é devida à presença dos tocos de galhos mortos, que permaneceram encrustados nos troncos das árvores (Figura 15).

Segundo MALAN (1984), as plantações de Eucalyptus grandis usualmente apresentam boa desrama natural, mas a liberação dos galhos somente acontece depois de dois a três anos após a secagem dos mesmos.

Os galhos inferiores do Eucalyptus grandis, devido à insuficiência da disponibilidade de luz, morrem cedo. Contudo, dependendo do espaçamento entre árvores, os galhos podem persistir no fuste durante o crescimento da árvore, encontrando-se posteriormente no tronco tocos de galhos mortos com mais de 10 cm de diâmetro, e que são facilmente atacados por fungos e insetos. Algumas vezes os Eucalyptus podem ter excelentes formas e apresentarem-se sadios, porém quando serrados aparecem os tocos de galhos mortos, veios de kino e outras imperfeições, as quais ocorrem devido a não exudação de resinas repelentes à água após a queda dos galhos, como ocorre com os Pinus (HILLIS, 1979).

Segundo EDWARDS (1973), 'esses danos podem ser reduzidos pelas técnicas silviculturais, e que muitas vezes devido aos altos custos, não são praticadas ou ocorrem com atraso. SIMÕES et alii (1981) consideram que para a produção de celulose, energia e outros usos menos nobres da madeira, a desrama natural é considerada suficiente.

Segundo os resultados apresentados neste trabalho e as classificações para lâminas e para chapas de madeira compensadas existentes na norma IBDF/ABIMCE 1985, é possível usar a madeira de Eucalyptus grandis na manufatura de compensados porém, seu uso deve ser restrito basicamente ao miolo dos painéis.

Atualmente, o processo de laminação de toras de Eucalyptus grandis, pode ser considerado satisfatório, porém pesquisas devem ser desenvolvidas principalmente nas áreas do manejo e melhoramento florestal visando a melhoria da qualidade dos troncos. Considerando-se a experiência adquirida no decorrer deste trabalho e os resultados existentes na literatura, sugere-se que sejam desenvolvidos estudos para avaliar técnica e economicamente a aplicação das operações de desrama artificial e desbastes seletivos, visando obter toras de boa qualidade para a produção de lâminas.

Para as condições do Brasil, onde os povoamentos existentes foram conduzidos para a produção de papel e

celulose e as árvores selecionadas para serraria e laminação foram aqueles que apresentaram os melhores ritmos de crescimento e forma, sem a devida atenção para com as tensões internas de crescimento, a utilização das técnicas abordadas neste trabalho, apresenta-se, para o momento, como a melhor opção a curto prazo. Já a médio e longo prazo será importante utilizar as sugestões de FERNANDES (1982), que visam a formação de plantios clonais a partir de exemplares selecionados para baixos índices de rachaduras, como também o desenvolvimento de estudos visando a determinação da componente herdável da tendência de toras racharem no processamento mecânico.

5. CONCLUSÕES

Com base na discussão dos resultados deste trabalho e na comparação com as informações disponíveis na literatura pode-se concluir que:

1. as tensões internas de crescimento causadoras das rachaduras de topo das toras de Eucalyptus grandis podem ser minimizadas através de técnicas adequadas;
2. o corte e a toragem das árvores de Eucalyptus grandis com anelamento diminui as rachaduras de topo;
3. os conectores metálicos anti-rachaduras do tipo Gang Nail restringem as ações das tensões internas de crescimento, porém não são suficientes para conter as tensões de secagem;

4. não houve progressão das rachaduras das toras armazenadas sob imersão e aspersão d'água;
5. há uma diminuição significativa das tensões internas de crescimento com o aumento do tempo de armazenamento das toras sob imersão total;
6. é possível produzir lâminas das toras de Eucalyptus grandis, pelo processo de desenrolamento;
7. as lâminas de Eucalyptus grandis obtidas neste trabalho se prestam quase que exclusivamente para miolo na manufatura de compensados.

6. LITERATURA CITADA

ANDRADE, E.N. de, 1961. O Eucalipto. 2^a ed. Jundiaí. CPEF.
667 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PAPEL E CELULOSE, 1984. Relatório
Anual, São Paulo.

BARNACLE, J.E. e J.W. GOTTSTEIN, 1968. Control of end-
-splitting in round timber. A promising new method.
Forest Products Technical Notes. CSIRO, Melbourne, (4).

BARRICHELO, L.E.G. e A.H. NARYOSHI, 1984. Variação das ca-
racterísticas da madeira de Eucalyptus para diferentes
espécies, idades e locais. 17º Congresso Anual de Celulo
se e Papel. São Paulo.

BOYD, J.D., 1950a. Tree growth stresses: I. Growth stresses
evaluation. Australian Journal of Scientific Research.
Serie B - Biological Sciences. Melbourne. 3: 270-93.

- BOYD, J.D., 1950b. Tree growth stresses: II. The development of shakes and other visual failures in Timber. Australian Journal of Applied Science. Melbourne, 1: 296-312.
- BOYD, J.D., 1950c. The growth stresses: III. The origin of growth stresses. Australian Journal of Scientific Research. Série B - Biological Sciences. Melbourne, 3: 294-309.
- BOYD, J.D., 1972b. The growth stresses: V. Evidence of an origin in differentiation and lignification. Wood Science and Technology, Berlin, 6: 251-62.
- CARPIM, M.A. e L.E.G. BARRICHELO, 1984. Influência da procedência e classe de diâmetro sobre as características da madeira de Eucalyptus grandis. 17º Congresso Anual de Celulose e Papel. São Paulo.
- CHAPE, S.C., 1979. Growth Stress in Trees. Australian Forest Research. CSIRO, Melbourne, 9: 203-23.
- CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 1961. 2ª. São Paulo. Relatório e documentos. São Paulo. FAO 2 v.
- CONRADIE, W.E., 1980. Utilization of South African grown E. grandis. (W. Hill ex-Maiden) as veneer log - Pat 1. Control of end-splitting in veneer logs CSIR Special Report Hout. 260. National Timber Research Institute. Pretoria. 26 p. Oct.

- COSTA, T.G.M., 1961. Os Eucaliptos no planejamento da política florestal brasileira. São Paulo, Estrada de Ferro Central do Brasil. 7. p.
- DINWOODIE, J.M., 1966. Growth stresses in timber: a review of literature. Forestry, London, 39(2): 162-70.
- DOBIE, J., 1965. A review of los storage practices. British Columbia Lunberman. Abr. 4 p.
- EDWARDS, D.W., 1973. Defects of fast-grown in new South Wale Australia. In: IUFRO - 5. Meeting, 1973. Republic of South Africa Proceeding. Pretoria, Cape Town Stellenbosch.
- FAO, 1981. Eucalyptus for Planting. Rome, FAO. p. 503.
- FEIHL, O. e E.V. GODIN, 1970. Peeling Defect in Veneer, their causes and control. Canadian Forestry Service. Ottawa.
- FERNANDES, P.S., 1982. Variação de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em Progenie de E. urophylla S.T. Blake. Piracicaba, 85 p. (Tese de Mestrado - ESALQ/USP).
- FERREIRA, M., 1973. Variação da densidade basica da madeira de plantações comerciais de Eucalyptus alba Reino (E. urophylla S.T. Blake), Eucalyptus saligna Smith e Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden - VI. Convenção Anual ABCP. São Paulo.

- FREITAS, A.R. de e R.H. PONCE, 1979 - Madeira serrada de eucalipto. *Jornal dos reflorestadores*, São Paulo, 1(2): 24-5, abr.
- GERALDO, F.C. e J.A.C. SODRÉ, 1983. A comparative study of some anti-splitting devices, using Eucalyptus saligna and híbridos of Eucalyptus saligna x Eucalyptus spp poles. The International Research Group on Wood Preservation. Austrália.
- GIORDANO, G. e P. CURRÓ, 1973. Observation concerning manual methods for redução damage from growth stresses in Eucalyptus sawn Timber. In: IUFRO. 5. Meeting, 1973. Republic of South Africa Proceeding Pretoria, Cafe Town Stellenbosch.
- GIORDANO, F.G.; P. CURRÓ e G.R. CHISI, 1969. Contribution of the study of internal stresses in wood of Eucalyptus. Wood Science and Technology. New York, 3. p. 1-13.
- HALL, R.D.J.N. e G.M. CHIPPENDATE, 1975. Forest trees of Australia. Australian Government Publishing Service. Camberra, 334 p.
- HILLS, W.E., 1978. Wood quality and utilization. In: HILLS, W.E. and BROWN, A.G. Eucalyptus for Wood Production CSIRO. Adelaide. 434 p.

HILLS; W.E. e A.G. BROWN, 1978. Eucalyptus for Wood Production. CSIRO. Adelaide. 434 p.

IUFRO, 1973. Veneer species of the world: Working Part on slicing and Veneer cutting. Forest Products Laboratory, Wisconsin. 150 p.

JACOBS, M.R., 1938. The fibre tension of wood stems, with special reference to the genus Eucalyptus. Bull. Commonwealth Forestry Bureau, Canberra, (22): 7-37.

JACOBS, M.R., 1939. Further studies on fibre tension. Bull. Commonwealth Bureau, Canberra, (24): 7-34.

JACOBS, M.R., 1945. The growth stresses of wood stems. Bull. Commonwealth Forestry Bureau, Canberra, (28): 1-67.

JACOBS, M.R., 1965. Stresses and strains, in tree trunks as they growth in length and width. Leaflet. Commonwealth of Australian Departament of National Development. Forestry and Rimber Bureau, Canberra (96): 1 - 15.

JANKOWSKY, I.P. e O.J.R. de AGUIAR, 1983. Manufatura de Painéis Compensados com Eucalyptus: Caracterização de diversas espécies. Revista Floresta. Curitiba, 14(1).

KOEHLER; A., 1933 - A new hipotesis as to the cause shakes and rift cracks in Gree Timber. Journal of Forestry, Wisconsin, 31(5), 551-6.

- KUBLER, H., 1959. Studies on growth stresses in trees: part 3-effect of heat treatment on the dimensions of green wood. Holz als roh - und Werkstoff. Berlin, 17: 77-86.
- LUTZ, J.F., 1974. Techniques for Peeling slicing, and drying veneer. USDA. Forest Service. Research paper FPL, Wisconsin (228): 1-63.
- Mc MILLAN, W.P., 1978. Reconstituted Wood Products, In: HILLS, W.E. e BROWN, A.G. Eucalyptus for Wood Production. Adelaide, CSIRO, p. 318-23.
- MALAN, F.S., 1979. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. South African Forestry Journal, Pretoria, (109): 14-8.
- MALAN, F.S., 1984. 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). PhD Thesis, University of Stellenbosch.
- NICHOLSON, J.E., 1971. A rapid method for estimating longitudinal Growth stresses in logs. Wood Science and Technology, New York, 5: 40-8.
- NICHOLSON, J.E., 1973a. Effect of storage on growth stress in mountain ash logs trees. Australian Forestry, Victoria, 36(2): 115-24.

- NICHOLSON, J.E., 1973b. Growth stress differences in Eucalyptus. Forest Science. 19: 169-74.
- POST et alii. 1980. An extension of Jacobs method for measuring residual growth strains in logs. Wood Science and Technology. New York. 14: 289-96.
- SIMÕES, J.W. et alii. 1981. Formação Manejo e Exploração de Florestas de Rápido Crescimento. IBDF, Brasília, 131 p.
- SKOMEN, R.G., 1966. Heating logs. To relieve growth stresses. Forest Products Journal Madison, 17(7).
- TURNBULL, R.F., 1965. Review of current attitudes to growth stresses. IUFRO - 5. Committee on Growth Stresses. Melbourne, 8 p.
- VAN WYK, J.L., 1978. Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. South African Forestry Journal, Pretoria, (109): 47-53. dez.
- VILLIERS, A.M., 1973. Utilization problems with same Eucalypts in South Africa. IUFRO 5. South Africa, Pretoria, 238: 55.
- WATANABE, H., 1965. A study of the origin of longitudinal growth stresses in tree stems. IUFRO - 5. Committee on Growth Stresses. Melbourne 16 p.

WILHELMY, V. e H. KUBLER, 1973 - Stresses and checks in log
end from relived Growth Stresses. Wood Science. Madison
6(2):Oct. 136-142