**QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus saligna* Smith, DE
ITATINGA, ASSOCIADA AOS PADRÕES DE CASCA
APRESENTADOS PELA POPULAÇÃO**

GUILHERME DE ANDRADE LOPES

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ NIVALDO GARCIA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Ciências, Área de Concentração: Ciência e
Tecnologia de Madeiras.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Lopes, Guilherme de Andrade

Qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associada aos padrões de casca apresentados pela população / Guilherme de Andrade Lopes. - - Piracicaba, 2000.

74 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Casca da árvore 2. Madeira serrada de eucalipto 3. Manejo florestal 4. Propriedade física 5. Qualidade 6. Tecnologia de madeira 7. Teor de umidade I.
Título

CDD 674.142

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

ERRATA

- ✓ Na página 1, segundo parágrafo, onde se lê “novo Código Florestal”, leia-se somente “Código Florestal”.
- ✓ A figura 27 (b), página 63, apresenta erros de digitação no eixo “x” do gráfico. Adotar como correto o gráfico corrigido abaixo:

(a) - % de casca na posição 50%

(b) - % de casca no “Tipo Meia-casca”

Figura 27 - Interação do tipo específico com a posição no fuste para percentagem de casca.

A PIRAJU,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais essa conquista e por todas as oportunidades oferecidas.

A meu pai, pela presença espiritual.

A minha mãe e meus avós, pelo apoio, incentivo e formação pessoal.

A Ana Paula, pelo carinho, compreensão e auxílio na editoração desse trabalho.

Ao Professor José Nivaldo Garcia, pela competente orientação e confiança em mim depositada.

Ao Professor Mário Ferreira, por seu interesse e colaboração em todas as etapas desse trabalho.

A empresa Eucatex S.A. Indústria e Comércio, pela concessão do material de estudo, infra-estrutura e mão-de-obra disponibilizadas.

Ao Eng. Horácio de Figueredo Luz, pelas contribuições ao trabalho.

A Universidade de São Paulo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, que possibilitaram o treinamento e o apoio financeiro.

Ao Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto, pelas sugestões no delineamento estatístico do trabalho.

Aos colegas, Eng. Ronaldo Luiz Vaz de A. Silveira e Eng. Alberto Jorge Laranjeiro, pelo auxílio na elaboração e interpretação das análises estatísticas.

Ao colega Eng. Vanderlei Benedetti, pelas sugestões na versão do summary.

Ao colega de pós-graduação Rodrigo Augusto e ao funcionário Luiz Eduardo Facco, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Ao Eng. Edward Fagundes Branco, pelo companheirismo, amizade e orientação profissional.

Aos colegas Cláudio Del Menezzi, Ariel de Andrade, Silvio Sá, Marcos Ducatti, Israel de Lima, Robson Lopes, Renato Colletti e demais colegas da pós-graduação, pela amizade e convivência durante o curso.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, pelo incentivo à realização desse trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Situação do mercado madeireiro	4
2.2 Considerações gerais sobre o material utilizado na pesquisa.....	5
2.3 Propriedades utilizadas na caracterização tecnológica da madeira	6
2.3.1 Densidade básica.....	7
2.3.2 Umidade natural	10
2.3.3 Resistência à compressão paralela às fibras.....	14
2.3.4 Rachaduras de topo de tora	15
2.3.5 Rachaduras em extremidades de tábuas	18
2.3.6 Percentagem de casca	21
2.4 Desdobro das toras	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Material	23

3.2 Métodos	24
3.2.1 Classificação fenotípica	24
3.2.2 Determinação da classe de diâmetro	24
3.2.3 Análise morfológica de folhas e frutos	26
3.2.4 Corte e preparo de parte das amostras	27
3.2.5 Transporte	33
3.2.6 Desdobro	33
3.2.7 Propriedades utilizadas para a caracterização tecnológica da madeira	36
3.2.7.1 <i>Densidade básica</i>	36
3.2.7.2 <i>Umidade natural</i>	36
3.2.7.3 <i>Percentagem de casca</i>	37
3.2.7.4 <i>Rachaduras de topos de toras</i>	38
3.2.7.5 <i>Rachaduras em extremidades de tábuas</i>	39
3.2.7.6 <i>Resistência à compressão paralela às fibras</i>	39
3.2.8 Delineamento estatístico	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Densidade básica	41
4.2 Umidade natural	44
4.3 Relação entre a densidade básica e umidade natural	45
4.4 Resistência à compressão paralela às fibras	51
4.5 Relações entre a resistência à compressão paralela às fibras, densidade básica e umidade natural	53
4.6 Rachaduras em topos de toras e em extremidades de tábuas	56
4.7 Percentagem de casca	61
5 CONCLUSÕES	65
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Distribuições das tensões de crescimento ao longo do raio da árvore.....	17
2 Distribuição das deformações de crescimento no sentido radial para madeira de <i>Chamaecyparis obtusa</i> (A), <i>Cryptomeria japonica</i> (B), <i>Quercus glauca</i> (C): adaptada por Malan (1984).....	19
3 Deformações em tábuas causadas por tensões de crescimento.....	20
4 Fotos apresentando as características das árvores de cada tipo específico.....	25
5 Freqüência de indivíduos nas parcelas.....	26
6 Frutos das árvores do “Tipo Botryoides”.....	28
7 Frutos das árvores do “Tipo Meia-casca”.....	29
8 Frutos das árvores do “Tipo Saligna”.....	30
9 Esquema de amostragem dos discos e toras em cada árvore.....	32
10 Aspecto da vedação dos topos das toras com saco plástico.....	34

11	Carregamento das toras no campo para serem transportadas até a serraria.....	34
12	Layout da serraria utilizada para o desdobro das toras.....	35
13	Valores médios da densidade básica dos tipos específicos.....	42
14	Evolução da densidade básica em função da idade da população para <i>Eucalyptus saligna</i>	43
15	Valores médios da umidade natural dos tipos específicos.....	45
16	Relação entre a densidade básica e a umidade natural da madeira de cada tipo específico individual e para o conjunto deles, que representa o <i>E. saligna</i>	48
17	Relação entre a densidade básica e a umidade natural da madeira nas posições do fuste da árvore.....	49
18	Relação entre a densidade básica e a umidade de saturação total da madeira de cada tipo específico.....	50
19	Valores médios da resistência à compressão paralela às fibras dos tipos específicos.....	52
20	Relações entre a resistência à compressão paralela às fibras e a densidade básica ou umidade natural, para o conjunto dos três tipos específicos analisados.....	53
21	Relação entre valores observados e os valores estimados de resistência, para o conjunto dos três tipos específicos.....	56

22	Valores médios das rachaduras, em topos de toras e em extremidades de tábuas dos tipos específicos.....	57
23	Relações entre a densidade básica e as rachaduras em topos de toras e em extremidades de tábuas para o “Tipo Saligna”.....	59
24	Relação entre a intensidade de rachaduras em extremidades de tábuas e a sua posição radial nos tipos específicos.....	60
25	Valores médios da percentagem de casca dos tipos específicos	62
26	Valores médios da percentagem de casca ao longo do fuste da árvore.....	62
27	Interação do tipo específico com a posição no fuste para percentagem de casca.	63
28	Relação entre a densidade básica da madeira e a percentagem de casca dos tipos específicos.....	64

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Classes de comprimento das rachaduras em topos de toras.....	38
2 Coeficientes de correlações entre as características analisadas na madeira dentro de cada tipo específico.....	46
3 Coeficientes de correlações entre as características da madeira analisadas ao longo do fuste das árvores.....	47

**QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus saligna* Smith,
DE ITATINGA, ASSOCIADA AOS PADRÕES DE CASCA
APRESENTADOS PELA POPULAÇÃO**

Autor: GUILHERME DE ANDRADE LOPES

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ NIVALDO GARCIA

RESUMO

No presente trabalho foram utilizadas árvores de um plantio comercial de *Eucalyptus saligna* Smith, de 22 anos, que de acordo com o tipo e proporção de casca apresentados, foram denominadas “Tipo Saligna”, quando portadoras de casca totalmente lisa. “Tipo Meia-casca”, quando o tronco apresentasse casca rugosa em pelo menos 20% até o máximo de 60% da altura do fuste, e “Tipo Botryoides”, quando apresentassem casca rugosa em mais de 70% da altura do fuste. Com o objetivo de avaliar a qualidade da madeira, associada a esses padrões de distribuição de casca, foram determinadas algumas propriedades, escolhidas prioritariamente aquelas de mais fácil determinação e mais importantes para uma eventual seleção precoce de material superior. Os resultados mostraram que o “Tipo Meia-casca” apresentou maior densidade básica, menor teor de umidade natural e maior resistência à compressão paralela às fibras, comportando-se de forma similar ao “Tipo Botryoides”. O “Tipo Saligna”, diferiu significativamente desses dois. Quanto aos índices de rachaduras e percentagem de casca, o “Tipo Botryoides” apresentou valores mais elevados que os demais, diferindo

de forma significativa do “Tipo Saligna”. O “Tipo Meia-casca” apresentou comportamento intermediário entre os dois. Para os três tipos específicos analisados, foi observada correlação positiva entre a densidade básica e a resistência à compressão paralela às fibras, e correlação negativa entre qualquer uma dessas variáveis e a umidade natural da madeira. Observou-se também uma correlação positiva entre a densidade básica e a percentagem de casca, mostrando que as árvores com maior densidade básica foram as que apresentaram maior percentagem de casca. Com relação ao comportamento das variáveis em função das posições verticais no fuste não foram observadas variações significativas, exceto para percentagem de casca, que apresentou uma tendência de diminuição com o aumento da altura. Para essa variável observou-se também interação entre tipo específico e posição no fuste. Os resultados demonstraram a possibilidade de estimar-se a densidade básica e a resistência da madeira pela simples determinação do teor de umidade natural. Indicaram também que o padrão fenotípico da casca pode ser utilizado como um bom indicador de qualidade da madeira em *Eucalyptus saligna* Smith.

WOOD QUALITY OF *Eucalyptus saligna* Smith, FROM ITATINGA, ASSOCIATED TO THE POPULATION BARK PATTERNS

Author: GUILHERME DE ANDRADE LOPES

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ NIVALDO GARCIA

SUMMARY

In the present work it was used some trees from a 22-year old commercial plantation of *Eucalyptus saligna* Smith. The trees were classified by the type and proportion of the bark. They were denominated “Type Saligna”, when the bark was totally smooth, “Type Half-bark”, when the tree presented rough-bark in at least 20% to a maximum of 60% of the tree commercial height, and “Type Botryoides”, when they were rough-barked in more than 70% of the tree commercial height. It was determined some properties, the most important and the easiest ones to be determined in early selection programs of the best material. The results showed that the “Type Half-bark” presented the highest basic density value, the smallest natural moisture content and the largest compression strength in parallel to grain. It was similar to the “Type Botryoides”. The “Type Saligna”, differed significantly of those. Regarding the end splitting indexes and bark percentage, the “Type Botryoides” presented higher values than the others, differing significantly from the “Type Saligna”. The “Type Half-bark” presented intermediate behavior between those early ones. A positive correlation between the basic density and the compression strength in parallel to grain was observed for every types. Negative correlation was found for this mechanical property and the wood natural moisture

content. It was also observed a positive correlation between basic density and bark percentage. It seems that the trees will have larger bark percentage if they have higher basic density. It were observed no significant differences between any log vertical positions on the properties, except for the bark percentage, which decreases when the height above the ground increases. It was also observed interaction between type and log position for the bark percentage. The results showed that it is possible to estimate the basic density and the wood compression strength by a simple measurement of the natural moisture content. They also suggest that the bark type can be used as a good indicator for predicting the *Eucalyptus saligna* Smith wood quality.

1 INTRODUÇÃO

Graças às suas particulares condições edafo-climáticas, o Brasil apresenta grande aptidão florestal possibilitando às florestas de eucalipto plantadas, altas taxas de incrementos volumétricos, gerando, em curto espaço de tempo, matéria-prima para um grande número de produtos.

A atividade florestal no Brasil ganhou impulso na década de sessenta, com a criação do novo Código Florestal e com a promulgação da lei dos incentivos fiscais para reflorestamentos. Essa Lei foi de importância fundamental para o setor, pois permitiu que parte dos impostos devidos pelas empresas fosse aplicado em florestamentos e reflorestamentos. Os incentivos produziram resultados quase que imediatos na ampliação da área florestal do País.

Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (1985), o Brasil, que possuía pouco mais de 500 mil hectares de florestas plantadas em 1965, alcançou três milhões de hectares no ano de 1978. Atualmente, a área reflorestada alcança 6.6 milhões de hectares. Desse total, estima-se que 1,83 milhão foram plantados com *Pinus* spp, 2,97 milhões com *Eucalyptus* spp e o restante com outras essências florestais (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1998).

A grande maioria das florestas de eucaliptos plantadas no Brasil foram implantadas e manejadas para a produção de fibra ou energia, sem muita preocupação com a qualidade da madeira serrada. Apresentam portanto, como consequência, algumas limitações com relação ao seu aproveitamento para a produção de móveis, esquadrias e outros produtos de maior valor agregado. As poucas florestas manejadas para a produção de toras para serraria não foram melhoradas geneticamente para isso. Embora existam árvores com boa forma, dimensões adequadas e aparentemente homogêneas, nada ainda se pode inferir a respeito desse fenótipo na qualidade da madeira serrada a ser produzida.

Em geral, tem sido muito heterogênea e apresenta grandes variações com relação às suas propriedades físico-mecânicas, padrões de coloração e diferentes comportamentos frente às operações de desdobro, beneficiamento, secagem e acabamento.

Algumas empresas, que possuem povoamentos de eucalipto com árvores de idades e dimensões adequadas, estão fornecendo madeira para serraria e laminação, selecionando e manejando suas florestas, com o objetivo de atender às demandas do mercado e diversificar seus produtos.

O uso de madeira serrada de eucalipto, constituída de peças com baixos índices de defeitos, é uma alternativa muito interessante que está à disposição do setor madeireiro. Utilizando-se florestas plantadas, em substituição às naturais, minimiza-se as pressões sobre elas bem como os custos de produção.

Há, contudo, uma série de características que podem alterar as propriedades da madeira de eucalipto. Essas características, de ocorrência natural, não são exclusivas dos eucaliptos, mas causam dificuldades no processamento e no uso de sua madeira. De uma forma geral, as espécies de *Eucalyptus* comportam-se como muitas outras espécies, devendo ser processadas utilizando-se técnicas apropriadas em todas as fases de sua industrialização.

Observa-se em seu processamento mecânico, uma baixa taxa de conversão de madeira roliça em madeira serrada, tendência de rachamento das toras, falta de material florestal adequado, equipamentos de desdobro devidamente dimensionados e mão-de-obra desqualificada para o seu manuseio. Além disso, o grande número de espécies puras e de híbridos cultivados no País, em diferentes locais e submetidos a diferentes técnicas de manejo, proporciona uma enorme variação nas propriedades da madeira produzida.

O sucesso do processamento e utilização da madeira de eucalipto depende de um completo conhecimento de todas as suas características e variabilidades, das suas propriedades físicas e mecânicas, bem como das técnicas de desdobro, para determinar suas aptidões e utilizações adequadas. A qualidade ideal da madeira para um determinado processo industrial pode ser atingida após a identificação dos parâmetros que caracterizam a sua variabilidade.

Diante desses fatos, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da madeira de um plantio comercial de *Eucalyptus saligna* Smith, determinando as interações e variações de suas propriedades, associando-as aos padrões de distribuição de casca apresentados pela população. Pretende-se também avaliar a possibilidade de se utilizar os padrões de distribuição de casca como indicador de qualidade da madeira serrada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Situação do mercado madeireiro

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 1991) prevê que o consumo de madeira em toras para utilização industrial deve aumentar dos 1,6 bilhão de metros cúbicos registrados em 1991 para 2,6 bilhões de m³ em meados do ano de 2010, enquanto que o consumo de madeira serrada deverá passar de 456 para 745 milhões de metros cúbicos nesse mesmo período.

Segundo Vilela Filho (1996), a matriz produtiva dos recursos florestais sofreu uma radical mudança nos últimos 70 anos. Os antigos recursos florestais encontrados na natureza têm sido substituídos por outros produtos e por florestas plantadas, de rápido crescimento, cujos resultados acompanham as evoluções alcançadas na agricultura, pecuária e outras áreas. Menciona também que esse movimento de mudança é irreversível.

Montagna et al. (1991) comentam que com o decorrer dos anos, as fontes fornecedoras das poucas espécies que produzem madeiras para o setor da construção civil, de estruturas, de embalagens e de mobiliários, estarão cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores, elevando devido ao custo do frete, o preço dessa madeira.

A solução para a escassez de matéria-prima florestal no início do próximo século estará na utilização do eucalipto para gerar madeira para as serrarias. Com as vantagens do meio ambiente brasileiro, o ciclo do eucalipto é bastante curto, em torno de 15 anos, o que não acontece com países do hemisfério norte, onde as florestas não atingem o ponto de corte em menos de 60 anos (Freitas, 1995).

Segundo Couto (1995), as crises que afetaram os mercados de papel e celulose e siderurgia no Brasil, provocando queda nos preços desses produtos no mercado

internacional, forçaram as empresas a buscarem alternativas para diversificar o uso das madeiras oriundas das florestas plantadas.

A indústria de madeira serrada possui características adequadas às condições sócio-econômicas do Brasil, pois necessita de investimentos relativamente baixos e mão-de-obra ainda não exageradamente qualificada. Tem sido movimentada, basicamente, pela indústria moveleira que apresenta um grande potencial exportador e absorvedor de mão-de-obra.

Matos (1996) relata que na última década, foram intensificadas as pesquisas relacionadas ao uso de madeira de eucalipto como madeira serrada e na fabricação de compensados. Essa madeira, até então considerada secundária e de utilidade específica para a produção de celulose, energia, chapas de fibras e aglomerados, passou a assumir grande importância para suprir o déficit de madeiras tradicionalmente utilizadas pela indústria madeireira.

A produção de madeira de eucalipto para fins mais nobres ainda é inexpressiva. Existem indicadores de que a indústria florestal brasileira está atenta e prepara investimentos expressivos para capacitar-se na conquista desse mercado. O País possui condições ambientais muito favoráveis à eucaliptocultura, que tem demonstrado ser uma das mais produtivas e competitivas do mundo (Ponce, 1995). Esse fato não pode ser negligenciado e justifica, sem dúvida nenhuma, os investimentos técnicos, econômicos e científicos nesse setor.

A necessidade de diversificação do uso das madeiras de reflorestamentos e a racionalização no aproveitamento das áreas plantadas, foi reconhecida pelo Governo Federal por meio do Decreto nº 88.207 de 30 de agosto de 1983. Esse Decreto estabelece que o processamento mecânico da madeira seja uma prioridade a ser observada na execução da política de reflorestamento.

2.2 Considerações gerais sobre o material utilizado na pesquisa

A espécie *Eucalyptus saligna* Smith, é de origem australiana, ocorrendo desde o extremo sudeste do estado de Queensland até a região de Batemans Bay, no sul do estado de New South Wales. A altitude varia do nível do mar até 300m ao sul e 1.200m

ao norte. O clima é definido como temperado cálido a subtropical, livre de geadas ao nível do mar, podendo ocorrer geadas, em locais com maiores altitudes, principalmente no inverno. A precipitação anual varia de 890 a 1.250mm.

Sua distribuição, ao sul, se estende pelos vales mais férteis e nas vertentes protegidas da cadeia montanhosa, próxima ao litoral. No norte de New South Wales e sul de Queensland, área mais quente e úmida, estende-se desde Rockhampton até 160km para o interior do continente, ocupando as altitudes mais elevadas da grande cordilheira australiana (Hall et al., 1970).

O *Eucalyptus saligna* Smith, assim como o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, o *Eucalyptus botryoides* Smith, o *Eucalyptus deanei* Maiden e o *Eucalyptus robusta* Smith, pertencem ao subgênero *Symphyomyrtus*, seção *Transversaria*, série *Salignae*, subsérie *Saligninae* (Pryor & Johnson, 1971).

Dentro dessa subsérie são comuns os casos de hibridação quando as condições ecológicas provocam a coincidência de florações. Essa hibridação caracteriza-se como a maior responsável pelas variações observadas, sendo a influência da mutação aparentemente mínima. Alguns híbridos de *E. saligna* e *E. botryoides* foram reportados por Passioura & Ash (1993) e Pryor & Johnson (1971).

Pryor (1957) e Pryor et al. (1956), estudando híbridos naturais e híbridos obtidos por polinização controlada, concluíram que tanto os caracteres botânicos (forma das folhas, forma e tamanho de botões florais e de frutos, forma da antera e tipo de casca) como as características tecnológicas da madeira (empenamentos, rachaduras, densidade básica e outras) podem ser controladas por vários fatores.

Pryor (1968), considerou provável que as sementes utilizadas nas plantações comerciais de eucalipto do Estado de São Paulo, envolvam híbridos entre as espécies *E. saligna*, *E. robusta*, *E. botryoides*, *E. tereticornis* e *E. alba*. Recomendou que fosse feito para esses povoamentos um programa de melhoramento, visando o controle da variabilidade dos caracteres morfológicos das árvores.

2.3 Propriedades utilizadas na caracterização tecnológica da madeira

Sendo a madeira um material não homogêneo e anisotrópico, sua caracterização

tecnológica é de fundamental importância para a indicação de suas múltiplas utilizações.

A necessidade da determinação das características físico-mecânicas da madeira deve-se ao fato de que os elementos de construção, seja uma tábua de assoalho, um taco de pavimento, uma porta, uma peça de mobiliário, uma viga ou uma coluna de madeira, devem resistir aos esforços a que estão submetidos em serviço.

Em determinadas situações, a madeira poderá estar submetida a esforços de compressão, em outras, a esforços de tração e, em outras ainda, a esforços de flexão. Há casos em que a peça ou a estrutura poderá estar sujeita a cargas dinâmicas, o que exigirá capacidade de resistência ao choque. Em certas condições, a madeira terá de absorver tensões de cisalhamento, em outras, esforços de compressão ou tração normais, e assim, sucessivamente (Mateus, 1977).

Para que possam ser atendidas todas as exigências relativas aos esforços a que a madeira será submetida em sua utilização, é necessário conhecer suas propriedades físico-mecânicas bem como as técnicas apropriadas para o desdobro das toras e secagem da madeira serrada, visando a diminuição de defeitos. A seguir serão listadas as propriedades estudadas no presente trabalho, escolhidas prioritariamente aquelas de mais fácil determinação e mais importantes para uma eventual seleção precoce de material superior. Todas elas são reconhecidamente importantes para a caracterização tecnológica da madeira.

2.3.1 Densidade básica

A densidade básica é uma propriedade que expressa a quantidade de substância madeira por unidade de volume, sendo definida pela relação entre o peso da madeira absolutamente seca e o seu volume saturado (umidade acima do ponto de saturação das fibras), expressa em g cm^{-3} . É uma propriedade de fácil determinação e um excelente índice para a análise da viabilidade do emprego da madeira em diversas finalidades (Panshim & Zeeuw, 1970).

É tida como um dos principais parâmetros para a determinação da qualidade da madeira pelo fato de estar correlacionada a diversas características e propriedades de uso do produto final e pela simplicidade de sua determinação (Hillis, 1978). Além disso é

uma característica passível de melhoramento genético por ser considerada altamente herdável (Báez, 1993).

Wang et al. (1984) estudando o comportamento da densidade básica em um teste de progênie de *Eucalyptus grandis* com idade de 1,4 anos, encontraram valores de herdabilidade para a densidade básica de 0,83, ao nível de famílias, e da ordem de 0,80 para herdabilidade individual de plantas, assumindo-se que a variação na densidade da madeira entre progênies foi inteiramente devida às diferenças genéticas. O ganho genético estimado na seleção de 5% nas melhores famílias foi de $0,014\text{g cm}^{-3}$. O ganho em densidade básica (Db) da madeira para seleção individual utilizando-se técnicas de propagação vegetativa para o melhor indivíduo foi de $0,090\text{g cm}^{-3}$.

A herdabilidade é normalmente utilizada como referência para explicar a porção da variabilidade observada que está sob controle genético. Promove, portanto, uma indicação do ganho genético possível para a característica considerada.

No gênero *Eucalyptus*, observa-se que a densidade básica pode variar de uma espécie para outra, entre árvores de uma mesma espécie, dentro de uma mesma árvore, com relação a idade do povoamento e ainda com as condições ecológicas do sítio onde está localizado (Ferreira & Kageyama, 1978). Portanto, os fatores que influenciam essas variações podem ser de ordem genética, ambiental ou o resultado da interação entre esses efeitos.

Em termos gerais, pode-se dizer que as variações da densidade básica estão relacionadas às características anatômicas da madeira como, tamanho das células, espessura de parede celular, diâmetro do lúme e proporção e distribuição dos tecidos no lenho.

Para as condições brasileiras, Ferreira & Kageyama (1978), agruparam as espécies de *Eucalyptus* da seguinte forma: madeiras de densidade baixa, variando de $0,430$ a $0,500\text{g cm}^{-3}$, característica do *E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunnii* e *E. botryoides*; madeiras de densidade média, variando de $0,500$ a $0,580\text{g cm}^{-3}$, como é o caso do *E. pilularis*, *E. propinqua*, *E. resinifera* e *E. urophylla*, e madeiras de densidade alta apresentando valores acima de $0,580\text{g cm}^{-3}$, observadas em *E. microcorys* e *E. cloenziana*. As determinações foram realizadas em um povoamento com idade de 7,5

anos.

Com relação à variação da densidade básica em função da idade da árvore, Vital et al.(1984) e Kollmann et al.(1975), relatam que quanto mais velha a árvore, maior será a sua densidade básica. Esse aumento é devido ao espessamento das paredes das fibras, aumento do comprimento das fibras e deposição de extrativos.

Sturion et al. (1986), Albino (1983), Mendes et al. (1983) e Ferreira (1972), concordam que quanto maior a idade do povoamento maior será o valor da densidade básica da madeira.

Para *Eucalyptus saligna*, Ferreira & Kageyama (1978), encontraram valores de densidade básica de 0,454 g cm⁻³ aos 5 anos de idade; 0,482 g cm⁻³ aos 7 anos, 0,488 g cm⁻³ aos 8 anos e 0,586 g cm⁻³ aos 11 anos. Mencionam que esses incrementos independem da espécie, sendo encontrados valores proporcionais para *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. propinqua*. O valor máximo parece estabilizar-se por volta dos 12 anos de idade, época de formação da madeira adulta na árvore.

Carpim & Barrichelo (1984) relatam que os valores da densidade básica da madeira também podem variar de acordo com a posição na árvore, tanto no sentido radial como no longitudinal.

Em estudos da variação da densidade básica no sentido longitudinal, Sturion et al. (1986) e Panshim & Zeeuw (1970), concluíram que essas variações podem se dar de forma continuamente decrescente, uniformemente com a altura da árvore, decrescente até o meio do tronco e, a partir daí, crescente até o topo, crescente da base para o topo ou invariavelmente com a altura. De um modo geral pode-se dizer que o padrão de variação longitudinal não é constante para as espécies de *Eucalyptus*, ficando pouco claras as causas que originam essa variação.

Taylor (1974), estudando as variações da densidade básica no sentido medula-casca, concluiu que as partes externas do lenho (próximo à casca) apresentam maiores valores de densidade básica quando comparados aos valores encontrados para a região mais próxima da medula. Atribui essa característica à maior proporção de lenho maduro (mais denso) existente nas regiões periféricas do tronco. Ao contrário, na região mais próxima da medula predomina o lenho juvenil, de menor densidade.

Com relação ao conceito de densidade básica baixa, alta e ótima, Ferreira & Kageyama (1978) concluíram que ele depende diretamente do produto final desejado e da tecnologia a ser empregada. A caracterização da madeira a ser produzida dependerá da definição do setor industrial para o qual o povoamento está sendo conduzido.

2.3.2 Umidade natural

Outra propriedade de elevada importância para a determinação da qualidade da madeira, é a umidade natural da madeira, ou seja, a umidade da madeira das árvores “vivas”, expressa pela relação entre o peso da água contida na madeira recém abatida e o peso da madeira seca.

Acredita-se que a primeira propriedade da madeira descoberta pelo homem foi o seu teor de umidade. A madeira verde era mais mole e pesada, enquanto que a mais seca era mais leve, rija e produzia fogo com maior facilidade.

É provável que tenha sido a primeira propriedade da madeira a ser efetivamente investigada, e uma das mais importantes quando se relaciona às múltiplas utilizações da madeira, como na indústria da construção civil e mobiliário. Para a indústria de papel e celulose, no entanto, essa propriedade parece não representar influência negativa. Porém, levando-se em conta aspectos como custo de transporte de uma madeira mais pesada e eventual exportação de água do sítio, com reflexos negativos à disponibilidade de água para a segunda rotação, a umidade da madeira passa a ganhar maior importância.

A exemplo do que ocorre com a densidade básica, a umidade natural da madeira é uma propriedade de fácil determinação e altamente herdável, podendo ser utilizada como um bom indicador de seleção genética (Garcia & Lima, 1990). Esses autores encontraram altíssima variabilidade da umidade natural no *Eucalyptus grandis* e no *Pinus oocarpa*.

Wang et al. (1984), estudando o comportamento da umidade natural da madeira em um teste de progênie de *Eucalyptus grandis*, de 1,4 anos de idade, encontraram valores de herdabilidade para a umidade natural da madeira de 0,60, ao nível de famílias, e da ordem de 0,28 individualmente para plantas. Concluíram também que a variação

entre progênies estava sob forte controle genético. O ganho genético estimado para a seleção de 5% das melhores famílias foi de -10,83% e o ganho em umidade natural da madeira no caso de propagação vegetativa do melhor indivíduo foi de -40,80%.

O lenho das árvores vivas encontra-se com um determinado teor de água que possibilita aos seus tecidos desempenhar as suas funções de transporte, armazenamento de compostos de reserva e sustentação do tronco. Após o corte da árvore e desdobro do tronco, a madeira vai perdendo água até atingir o teor de umidade de equilíbrio com o ambiente.

Panshim & Zeeuw (1970) relatam que a quantidade de água existente na madeira de árvores vivas pode atingir o máximo de $\frac{2}{3}$ da quantidade correspondente à saturação total. Existe variações de árvore para árvore bem como dentro de uma mesma árvore. Nas coníferas a umidade do alburno pode ser superior a 200%, sendo este mais úmido que o cerne, e nas folhosas as grandes diferenças entre partes diferentes do lenho, não parece ocorrer com tanta frequência.

Com relação ao teor total de água em uma árvore viva, este parece não flutuar muito significativamente entre diferentes épocas do ano, mas podem haver diferenças de sua distribuição dentro do tronco, de mês para mês, ou de estação para estação. Essas constatações requerem maiores estudos cujos resultados poderiam explicar as possíveis influências edafoclimáticas sobre essa característica e as melhores épocas para o corte das árvores visando melhores condições de transporte e secagem da madeira.

De um modo geral pode-se concluir que as madeiras oriundas de árvores recém abatidas contêm, embora não exatamente conhecidos, altos teores de umidade em seus tecidos constituintes. É óbvio também que a umidade de saturação total da madeira seja inversamente proporcional à sua densidade básica, e que a correlação entre estas duas variáveis seja significativa, isto é, espécies mais densas possuem menor teor de umidade na madeira.

Foelkel et al. (1983) demonstraram que a densidade básica correlaciona-se de forma linear e inversamente proporcional com o máximo teor de umidade da madeira. Comprovaram essa hipótese, por meio da seguinte equação linear:

$$y = u + 0,654 \quad (1)$$

onde:

$$y = \frac{1}{D_b};$$

u = umidade da madeira expressa sobre a madeira absolutamente seca;

$$0,654 = \frac{1}{D_m}, \text{ sendo } D_m \text{ a densidade da "substância madeira", igual a } 1,53.$$

Assim, se o teor de umidade máxima da madeira decresce, a densidade básica aumenta até atingir o ponto máximo quando $u = 0$. Nesse ponto, a densidade básica igualar-se-á à densidade da "substância madeira". Para que isso ocorra, não devem existir espaços vazios na madeira que possam ser ocupados por água. A madeira deve ser então, uma substância totalmente sólida e desprovida de espaços vazios.

Entretanto, um fato interessante descrito em alguns trabalhos é o de que a umidade natural da madeira, ou seja, a umidade na madeira em árvores vivas, pode relacionar-se muito proximamente à sua umidade de máxima saturação. Isso sugere a existência de uma correlação inversa entre umidade natural e densidade básica.

Busnardo et al. (1983) encontraram resultados que indicam uma correlação inversa, altamente significativa, entre essas duas propriedades. Afirmam que dispondo-se de uma madeira com densidade básica mais elevada, para um mesmo volume de madeira, mais espaços vazios deverão ser preenchidos com sólidos. Sobraram, portanto, menos espaços vazios a serem preenchidos com água. Esses autores demonstraram algumas equações que mostram as correlações encontradas, entre densidade básica e a umidade natural da madeira, em um povoamento de *Eucalyptus saligna* de 8 anos e 5 meses de idade:

a) umidade de saturação total x umidade natural da madeira:

$$UST = 13,68426 + 0,83729 \times Un, \text{ com } r = 0,90 \quad (2)$$

onde:

UST = umidade de saturação total;

Un = umidade natural da madeira.

b) densidade básica x umidade natural da madeira:

$$Db = 1,10342 - 0,0115197 \times Un, \text{ com } r = -0,90 \quad (3)$$

onde:

Db = densidade básica;

Un = umidade natural da madeira.

Em qualquer desses dois casos, a regressão foi significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Com isso, concluíram que é possível estimar-se a densidade básica da madeira pela determinação do teor de umidade da madeira na árvore viva (umidade natural). Também mencionam a importância da determinação da umidade natural, observando-se as flutuações ao longo do ano.

Cole et al. (1966) concluíram haver uma relação inversa entre a densidade básica e a umidade natural da madeira de árvores de *Pinus elliotii*, *P. taeda* e *P. palustris*. Árvores com densidade básica mais elevada apresentavam menor teor de umidade natural e vice versa. Os mesmos autores afirmam que o resultado mais notável encontrado foi a diferença de umidade natural entre árvores, variando de 80 a 139%.

Garcia & Lima (1990), estudando *Pinus oocarpa* e *Eucalyptus grandis*, constataram variação altamente significativa e correlação inversa entre a densidade básica (Db) e a umidade natural (Un). Árvores de *E. grandis* com densidade básica em torno de $0,49\text{g cm}^{-3}$ apresentaram umidade natural de 72,89% e árvores com Db em torno de $0,38\text{g cm}^{-3}$ apresentaram Un variando de 101,58 a 123,89, demonstrando haver também grande variabilidade nos resultados. Concluíram que as árvores selecionadas, em programas de melhoramento, para altas densidades devem apresentar menores teores de umidade natural. Comentam a possibilidade da seleção de indivíduos pela característica umidade dentro de uma população já selecionada pela característica densidade básica.

Além disso, é válido lembrar que as modernas técnicas de determinação da umidade da madeira, baseadas na utilização de medidores elétricos, microondas ou raios infravermelhos estão se tornando cada vez mais rápidas, precisas e populares. Pode-se prever que num futuro muito próximo, será possível prever a densidade básica da madeira por meio da simples determinação do seu teor de umidade natural.

2.3.3 Resistência à compressão paralela às fibras

A resistência, definida como a aptidão da matéria em suportar tensões, é determinada, convencionalmente, em ensaios de corpos de prova, isentos de defeitos do material considerado. O limite da tensão aplicada corresponde ao aparecimento de fenômenos particulares de comportamento, além dos quais há restrição de emprego do material como elemento estrutural. De modo geral estes fenômenos são os de ruptura ou de deformação específica excessiva (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986).

A exemplo do que ocorre com praticamente todas as propriedades mecânicas, a resistência à compressão depende da densidade da madeira, aumentando proporcionalmente ao aumento da densidade. Depende também do teor de umidade da madeira e da direção do esforço aplicado em relação à direção das fibras. A resistência no sentido das fibras, por exemplo, é muito maior do que no sentido transversal às mesmas (Oliveira, 1988).

Della Lucia & Vital (1980), estudando *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden,

encontraram, além de altíssima correlação entre a resistência à compressão paralela e a densidade básica, correlações altamente significativas com outras propriedades físicas e mecânicas da madeira, como dureza, fendilhamento e arrancamento de pregos. Correlacionou-se também com as propriedades químicas e anatômicas da madeira.

As características de resistência ou propriedades mecânicas são normalmente determinadas em laboratório e devem ser utilizadas para dimensionar peças de madeira em estruturas. Um exemplo prático de utilização dessa propriedade está no dimensionamento de pilares de elementos de treliças e demais componentes estruturais que trabalham sob esforços de compressão.

2.3.4 Rachaduras de topo de tora

As rachaduras e empenamentos da madeira estão entre os principais problemas que afetam a qualidade e o rendimento em madeira serrada do eucalipto. Têm como causa fundamental as tensões de crescimento, mecanismo apresentado pelas folhosas arbóreas para que permaneçam eretas apesar da grande esbeltez de muitas delas.

Existem várias teorias que explicam as causas das tensões de crescimento e os mecanismos de geração das mesmas.

Uma hipótese bastante aceita pelos pesquisadores é aquela proposta por Jacobs (1938), que sugere que as tensões de crescimento têm origem nas deposições consecutivas de novas camadas de células formadas a partir do câmbio durante o desenvolvimento da árvore.

Como o crescimento em diâmetro das árvores é proporcionado pela formação e diferenciação de novas camadas de células, surge no xilema, internamente ao câmbio, uma tensão de tração longitudinal de crescimento. A magnitude dessa tensão pode ser considerada baixa se analisada apenas uma camada individual de células. Torna-se bastante elevada, na periferia das toras devido ao acúmulo das camadas de crescimento no sentido radial.

Em virtude do novo xilema se encontrar em contato com o xilema mais antigo e já diferenciado (maduro), inicia-se progressivamente uma tensão de compressão longitudinal de crescimento na direção do centro da tora, tornando-se máxima na medula

(Malan, 1984).

Garcia (1992) sugere que as tensões de crescimento surgem como consequência de um encurtamento longitudinal, simultâneo a uma expansão transversal das fibras periféricas da árvore. Devido à vinculação destas fibras aos tecidos adjacentes, surge na camada periférica da árvore, comumente denominada camada de crescimento, um estado triplo de tensão, onde se verificam uma tração auto-gerada na direção longitudinal e uma compressão auto-gerada na direção tangencial.

Segundo Malan (1984), Jacobs (1965) e Boyd (1950a), as distribuições das tensões longitudinais de crescimento variam de uma tração máxima na periferia da tora até uma compressão máxima na medula. A transição se dá por volta de $\frac{1}{3}$ do raio, medida da periferia para o interior.

Garcia (1992) compara, na Figura 1, dois modelos de distribuição de tensões de crescimento mostrando a singularidade do modelo de Kubler na região da medula.

Em seus estudos, Boyd (1950b) concluiu que a lignificação das paredes das células é a origem primária das tensões de crescimento.

Watanabe (1965), em sua hipótese para explicar o encurtamento das células nas camadas exteriores da árvore, considerou que a polimerização da lignina na parede secundária da célula causa o inchaço irreversível da parede celular, tanto no sentido transversal como no longitudinal, de acordo com o ângulo da microfibrila nas camadas da parede. Em função disso, postulou-se que as fibras podem alongar-se ou contrair-se como resultado de lignificação.

Boyd (1972) deduziu que as tensões de substancial magnitude, seja longitudinal, tangencial ou radial, são geradas nos tecidos da madeira como um resultado da lignificação das paredes celulares.

Jacobs (1945, 1939 e 1938), estudando o comportamento e distribuição das tensões de crescimento nos troncos das árvores, preparou amostras longitudinais especialmente posicionadas ao longo dos raios de árvores com vários diâmetros e de várias espécies. Observou mudanças de comprimentos e curvaturas das amostras quando retiradas das pranchas diametraais. Concluiu que a madeira próxima à periferia do tronco da árvore estava sob tração longitudinal e no centro, próximo à medula estava sob

compressão.

Apesar do tronco da árvore apresentar tensões desuniformes no seu interior, geralmente não há deformações na madeira até que ela seja cortada na ocasião da derrubada ou no desdobro. Em algumas espécies, porém, o aumento do diâmetro provoca o efeito cumulativo das compressões impostas pelas sucessivas camadas de crescimento na região central da árvore. Quando essa compressão for superior à capacidade de resistência da madeira, surgirão as fendas de ruptura por compressão, denominadas de “brittleheart” (Malan, 1984 e Dinwoodie, 1966).

Figura 1 - Distribuições das tensões de crescimento ao longo do raio da árvore.

No momento do corte da árvore, parte das forças que restringiam a mudança de dimensões das células serão liberadas e a madeira tenderá a se comprimir naquelas porções onde estava sob tração e a se expandir onde estava sob compressão. Este fenômeno dá origem às rachaduras de topo de toras e às rachaduras e empenamentos em tábuas.

No momento em que a árvore é derrubada ou o seu fuste é seccionado em toras, surgem as rachaduras de topo, defeito típico dos eucaliptos e uma das principais fontes de perdas durante seu processamento mecânico. As rachaduras vão aumentando com o decorrer do tempo, sendo que no momento do corte são pequenas, aumentando gradativamente até 48-72 horas após o corte. Após esse período novas rachaduras aparecerão só que devido às tensões de secagem da madeira.

Pode-se distinguir cinco tipos de rachaduras que degradam a madeira, sendo duas resultantes das tensões de crescimento (rachaduras de extremidades e rachaduras laterais), uma do fenômeno de colapso, uma do processo de secagem e a última oriunda do próprio efeito da derrubada. As rachaduras são oriundas de um fenômeno complexo, e como dependem do tempo para a sua manifestação, os vários tipos de rachaduras podem interagir entre si (Bariska, 1990).

2.3.5 Rachaduras em extremidades de tábuas

Os mesmos efeitos, observados no item anterior, e que causam as rachaduras em topos de tora, também podem estar presentes no momento do desdobro das toras em tábuas.

Quando se corta a madeira novamente, há uma liberação de tensões e a madeira se deforma de acordo com as tensões a que estava submetida. A Figura 2 apresenta uma prancha diametral, mostrando a distribuição de deformações de crescimento a que ainda estão submetidas após o seu desconfinamento da tora.

As rachaduras em extremidades de tábua surgem quando a tração normal, oriunda das flexões impostas pelo encurtamento das bordas da tábua, suplantam a resistência da madeira à tração normal.

As tábuas não centrais não apresentarão diagramas com gradientes tão

acentuados, mas já estarão empenadas, proporcionalmente ao gradiente de tensão no sentido medula-casca.

Figura 2 - Distribuição das deformações de crescimento no sentido radial para madeira de *Chamaecyparis obtusa* (A), *Cryptomeria japonica* (B) e *Quercus glauca* (C): adaptada por Malan (1984).

Outros defeitos também podem aparecer nas tábuas em função da sua orientação em relação aos planos radial e tangencial. São empenamentos ou torções que aparecem nas peças serradas em virtude das tensões atuantes sobre elas (Figura 3).

Figura 3 - Deformações em tábuas causadas por tensões de crescimento.

Segundo Panshim & Zeeuw (1970), as tábuas localizadas mais próximas à medula apresentam maior intensidade de rachaduras. Isso ocorre porque as tensões de crescimento longitudinal não se encontram mais balanceadas pelas tensões das tábuas laterais que foram retiradas. Dessa forma, as tensões em sentidos opostos, ocorrentes na periferia dessas tábuas, provocam o seu rachamento, na região da medula. Essas tensões, em sentidos opostos, promovem o tracionamento no sentido perpendicular às fibras da medula, ocasionando a sua ruptura.

2.3.6 Percentagem de casca

Chapman & Demeritt¹, citados por Figueiredo (1993), afirmam que a casca pode representar de 6 a 40% do volume total de uma árvore, sendo este percentual maior em árvores jovens de rápido crescimento e menor em árvores mais velhas.

A percentagem de casca varia com a espécie, entre árvores de uma mesma espécie, ao longo do tronco da árvore, podendo também variar de acordo com as condições ambientais dos locais de plantio. Segundo Loetsch et al. (1973) algumas espécies possuem uma percentagem de casca constante da base até o topo da árvore, enquanto que outras apresentam grandes variações na percentagem de casca ao longo do fuste. Assman (1970) encontrou um aumento na porcentagem de casca, em árvores de *Pseudotsuga manziesii*, de 9 para 16%, nas alturas de 10 e de 34m, respectivamente.

Em algumas espécies de folhosas, a razão entre os diâmetros sem e com casca (d/d_D), que pode ser utilizada para expressar a percentagem de casca, é constante da base para o topo das árvores. Por outro lado, em várias espécies do gênero *Pinus*, existe uma grande variação no comportamento da casca.

Nunes (1981) estudando *E. alba* e *E. grandis* de origem híbrida, concluiu que as percentagens de casca observadas nas várias alturas do tronco das árvores diferiram estatisticamente entre si. Foram maiores nas menores alturas, tendendo a estabilizar a partir de aproximadamente quatro metros.

Determinações do volume de casca de *Pinus contorta* permitiram concluir que a maior percentagem de casca era encontrada nas menores classes de diâmetro e que esta percentagem decrescia com o aumento da classe de DAP (diâmetro à altura do peito) (Harris & Foulger, 1973).

O efeito da casca na produção de carvão vegetal, papel e celulose, grau de dificuldade oferecido para o desdobro, além dos inconvenientes ocasionados pelo acúmulo de material residual nas fábricas e serrarias é sobretudo econômico. Portanto, tem sido alvo de estudos, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto tecnológico, que

¹ CHAMPMAN, H.H.; DEMERITT, D.B. **Elements of forest mensuration**. New York: J.B. Lyon. 1932. 452p.

visam minimizar o impacto de altas percentagens de casca na cadeia de produção. Dessa forma continua sendo um importante indicador de seleção de árvores superiores.

2.4 Desdobro das toras

A madeira de eucalipto, além de exigir certos cuidados para superar as dificuldades de secagem, exige uma técnica especial de desdobro, a fim de se evitar a inutilização da madeira serrada por empenamento.

Segundo Ramos (1973), é importante que o primeiro desdobro das toras seja feito por dois cortes paralelos e simultâneos, para a remoção das costaneiras, em lados opostos da tora. O corte simples, de um único lado, poderá ocasionar na madeira, acentuados empenamentos, que inviabilizarão o seu uso para fins mais nobres.

Como explicado anteriormente, a tora de eucalipto está sujeita a duas forças ou pressões atuando em dois setores. No centro, a madeira está sujeita a uma força de compressão, ao passo que na periferia atuam forças de tração. Quando a tora está íntegra, essas duas forças, de tração e de compressão, ainda estão equilibradas. Ao efetuar-se o desdobro de uma tora, de um único lado, o equilíbrio se desfaz instantaneamente e a peça remanescente empena de tal forma, que sua face serrada fique para o lado convexo.

No entanto, quando são cortadas duas costaneiras opostas e simultaneamente, não ocorre o desequilíbrio, porque as tensões redistribuídas continuam a ser simétricas e portanto auto-equilibradas. Entretanto, o corte duplo perde a sua característica vantajosa se for efetuado assimetricamente em relação à medula.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O *Eucalyptus saligna* de Itatinga constitui-se numa das mais representativas reservas genéticas da espécie no país (Báez, 1994).

O material original chegou ao Brasil por meio de contatos com o Jardim Botânico de Sidney, na Austrália. Os registros da época apontaram para a macroregião costeira sul de New South Wales como origem das matrizes coletadas (Santos & Scanavaca Júnior, 1992). Foi plantado no Horto da FEPASA (Ferrovia Paulista S.A.) em Rio Claro, SP, nos anos de 1915 a 1916 e identificado como “*Eucalyptus saligna* var. *botryoides*”. Em 1940, sementes de “*E. saligna* var. *botryoides*” foram coletadas e plantadas no Horto de Itatinga, sendo este plantio conduzido e mantido pelo Departamento de Ciências Florestais (ESALQ/USP) e pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), que disseminaram esse material, atendendo às demandas das empresas florestais por sementes de boa qualidade.

O material para o estudo constituiu-se de árvores de 22 anos de idade, remanescentes de desbastes realizados em um plantio comercial de *Eucalyptus saligna* var. *botryoides*, cujas sementes utilizadas para o plantio, provêm da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, São Paulo.

As árvores foram amostradas na Fazenda Santa Terezinha - 1, de propriedade da empresa Eucatex S.A. Indústria e Comércio, no município de Bofete, São Paulo, que possui coordenadas geográficas 23°04' S de latitude, 48°13' S de longitude e altitude média de 600 metros. O clima segundo a classificação de Köppen é uma transição entre Cwa e Cwb. O solo é predominantemente um latossolo vermelho-amarelo, fase arenosa de baixa fertilidade.

3.2 Métodos

3.2.1 Classificação fenotípica

No campo, as árvores foram classificadas fenotipicamente em função das características da casca. De acordo com o tipo e proporção de casca apresentada, foram denominadas “Tipo Saligna”, quando portadoras de casca totalmente lisa, “Tipo Meia-casca”, quando o tronco apresentasse casca rugosa em pelo menos 20% até o máximo de 60% da altura do fuste, e “Tipo Botryoides”, quando apresentassem casca rugosa em mais de 70% da altura do fuste (Figura 4).

3.2.2 Determinação da classe de diâmetro

Inicialmente foi realizado um inventário florestal na população com o objetivo de constatar-se a presença dos indivíduos desejados para a pesquisa assim como avaliar o nível de ocorrência dos mesmos.

Foram lançadas 7 parcelas de 2.500m² cada, nos talhões 169, 170 e 172, localizados num mesmo “site”, ou seja, apresentando iguais condições edafoclimáticas. Foi constatada a presença de 167 indivíduos, sendo 13,77% do “Tipo Botryoides”, 35,33% do “Tipo Meia-casca” e 50,90% do “Tipo Saligna”. Com esse total de parcelas foi possível abranger o número mínimo desejado de indivíduos de cada tipo.

Após detalhada análise dos dados de inventário optou-se por trabalhar na classe de diâmetro com amplitude que variava de 40 a 50cm, por ser esta a que apresentou maior frequência de indivíduos de todos os tipos específicos (Figura 5).

Figura 4 - Fotos apresentando as características das árvores de cada tipo específico.

Figura 5 - Frequência de indivíduos nas parcelas.

3.2.3 Análise morfológica de folhas e frutos

Eleita a classe de diâmetro, foram selecionadas 10 árvores de cada tipo. Todas elas eram semelhantes fenotipicamente entre si, com relação ao tipo de casca, apresentavam fuste bem retilíneo e dimensões suficientes para proporcionar a retirada do mesmo número de toras de cada árvore. Do total de 30 indivíduos, foram coletados materiais vegetativos (folhas e frutos) para análise morfológica. O principal objetivo dessa análise foi o de agrupar os 4 indivíduos mais semelhantes dentro de cada tipo específico pelo aspecto morfológico.

Analisando-se as características das folhas coletadas, observou-se uma heterogeneidade muito grande de parâmetros como forma, tamanho, coloração, espessura, e outros, tanto em árvores do mesmo tipo, quanto entre tipos diferentes. Em

alguns casos não foi possível relacionar determinado tipo de folha com o padrão de folhas das prováveis espécies envolvidas na hibridação e descritas na literatura. Porém, por meio dos frutos, foi possível adotar-se um critério de seleção para eleger 4 árvores, rigorosamente semelhantes dentro de cada tipo.

Os frutos das árvores do “Tipo Saligna”, apresentaram características que muito se aproximavam das descrições da literatura com relação aos frutos do *Eucalyptus saligna*. O mesmo aconteceu com os frutos das árvores do “Tipo Botryoides”, em relação ao *Eucalyptus botryoides*. Nesse caso observou-se que os frutos apresentavam as mesmas características morfológicas, exceto pelo tamanho dos frutos, que no *E. botryoides* era maior, e pelo número de frutos por cacho, que no *E. botryoides* era menor. Já os frutos das árvores do “Tipo Meia-casca” apresentaram características intermediárias entre os tipos, “Botryoides e Saligna”, deixando bastante evidente os efeitos da hibridação e da segregação (Figuras 6, 7 e 8).

3.2.4 Corte e preparo de parte das amostras

Com o objetivo de padronizar a coleta dos dados, optou-se por executar as tarefas de corte, transporte e desdobro das toras em 3 ciclos iguais de 3 dias, sendo um ciclo par cada tipo específico. No primeiro dia efetuava-se a derrubada das 4 árvores de um determinado tipo específico, no segundo dia o transporte das toras e no terceiro o desdobro dessas mesmas toras.

No primeiro ciclo trabalhou-se com as árvores do “Tipo Botryoides”, no segundo ciclo com as árvores do “Tipo Meia-casca” e no terceiro com as do “Tipo Saligna”.

As doze árvores selecionadas encontravam-se distribuídas nos três talhões descritos anteriormente, de forma bastante heterogênea, ocorrendo indivíduos selecionados em todos os talhões.

De acordo com Vital (1984), um critério de amostragem vertical, seguido por inúmeros pesquisadores, consiste em localizar os pontos de amostragem a uma percentagem fixa do comprimento comercial do tronco, como a 25%, 50%, 75% e se possível outro na posição do DAP (diâmetro a altura do peito).

ÁRVORE - 1

ÁRVORE - 2

ÁRVORE - 3

ÁRVORE - 4

Figura 6 - Frutos das árvores do "Tipo Botryoides".

ÁRVORE - 5

ÁRVORE - 6

Figura 7 - Frutos das árvores do "Tipo Meia-casca".

ÁRVORE - 12

ÁRVORE - 11

Figura 8 - Frutos das árvores do "Tipo Saligna".

Dessa forma, logo após o corte, foram determinadas as posições das amostras com relação ao comprimento do fuste comercial das árvores.

As árvores foram derrubadas e logo em seguida foram tomadas as medidas dos comprimentos comerciais do fuste. Cada um dos fustes foram seccionados em 4 toras, sendo que a parte central de cada uma delas correspondia exatamente à posição do DAP, 25%, 50% e 75% da altura do fuste comercial. Em seguida foi retirado um disco de madeira, de aproximadamente 3cm de espessura, de cada uma das extremidades das toras.

De cada disco, foram retiradas duas cunhas que constituíram as subamostras para a determinação da densidade básica e umidade natural da madeira. As cunhas foram pesadas imediatamente após à sua obtenção e depois levadas ao Laboratório de Engenharia da Madeira da ESALQ/USP para proceder-se a determinação da densidade básica e a continuidade da determinação da umidade natural, de acordo com as metodologias descritas nos itens 3.2.7.1 e 3.2.7.2, respectivamente.

O esquema de amostragem das toras e discos está apresentado na Figura 9.

As quatro toras provenientes de cada uma das doze árvores mediam 2.55m. comprimento esse adotado para coincidir com o padrão comercial das peças produzidas pela serraria da empresa. Ainda nessa fase foram medidos os diâmetros das toras, com casca e sem casca para a determinação da percentagem de casca, de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.7.3.

Antes do desdobro das toras, foram medidas todas as rachaduras de cada uma de suas extremidades, de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.7.4, adiante.

a, b, c, d = discos de madeira

Figura 9 - Esquema de amostragem dos discos e toras em cada árvore.

3.2.5 Transporte

Após identificadas, as toras tiveram suas extremidades vedadas com sacos plásticos para minimizar-se a perda de umidade até o momento do desdobro. Dessa forma também, os efeitos de uma eventual diferença climática que pudesse ocorrer de um ciclo para outro não comprometeria os resultados significativamente. Além disso, de acordo com Schacht & Garcia (1997), vedando-se os topos das toras consegue-se separar os efeitos provenientes das tensões de crescimento dos efeitos das tensões de secagem até o momento do desdobro.

O transporte, desde a fazenda até o pátio da serraria foi executado por caminhões da empresa.

As Figuras 10 e 11 ilustram o aspecto da vedação dos topos das toras e do carregamento para o transporte da madeira até a serraria.

3.2.6 Desdobro

As dimensões das peças e layout para o desdobro respeitaram o esquema de produção da empresa (Figura 12).

Todas as toras foram serradas primeiramente numa serra de fita dupla de forma a procederem-se dois cortes paralelos e simultâneos para a retirada de um bloco central de 100mm de espessura. As costaneiras foram resserradas numa máquina de uma única serra de fita (resserra de rolete para costaneira) para a confecção de peças com as dimensões 70 x 80mm, usadas normalmente na confecção de caibros para “pallets”. O bloco central obtido foi submetido a uma máquina composta de 10 lâminas circulares paralelas (multilâminas), que produziram tábuas de 25 x 100mm. Todas as tábuas, obtidas de uma das metades de cada bloco central foram identificadas e utilizadas para o estudo das variáveis descritas no itens 3.2.7.5 e 3.2.7.6.

Figura 10 - Aspecto da vedação dos topos das toras com saco plástico.

Figura 11 - Carregamento das toras no campo para serem transportadas até a serraria.

Figura 12 - Layout da serraria utilizada para o desdobro das toras.

3.2.7 Propriedades utilizadas para a caracterização tecnológica da madeira

3.2.7.1 Densidade básica

A densidade básica da madeira foi determinada pelo método da balança hidrostática de acordo com o seguinte procedimento:

- a) as amostras, constituídas pelas cunhas obtidas dos discos de madeira, foram mantidas imersas em água até a sua saturação completa;
- b) determinou-se o peso imerso das amostras em balança hidrostática;
- c) em seguida removeu-se a água superficial das amostras com papel absorvente, pesando-as imediatamente para determinação do peso úmido;
- d) as amostras de madeira foram então colocadas em estufa com temperatura de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ para a obtenção do peso seco.

A densidade da madeira é determinada pela equação (4).

$$D_b = \frac{P_s}{P_u - P_i} \quad (4)$$

onde:

D_b = densidade básica da madeira (g cm^{-3});

P_s = peso seco da madeira (g);

P_u = peso úmido da madeira (g);

P_i = peso imerso da madeira (g).

3.2.7.2 Umidade natural

Para a determinação do teor de umidade natural da madeira, e estudar a relação existente entre ela e a densidade básica, foram utilizadas as mesmas amostras usadas

para a determinação da densidade básica.

O teor de umidade natural foi então determinado de acordo com a equação (5), pela relação entre o peso da madeira recém abatida e o peso da madeira seca.

$$U_n = 100 \frac{P_u - P_s}{P_s} \quad (5)$$

onde:

U_n = umidade natural do corpo de prova;

P_u = massa do corpo de prova a umidade $u\%$, obtida imediatamente após o corte (g);

P_s = massa absolutamente seca ou massa da substância madeira (g).

3.2.7.3 *Percentagem de casca*

Os dados para este estudo foram obtidos por meio da cubagem rigorosa de todas as toras, determinando-se os volumes com e sem casca de cada tora. A percentagem de casca, dada pela razão entre os diâmetros com e sem casca (d/D) foi obtida conforme descrito por Koch (1971). A percentagem de casca (PC) de cada seção da tora é dada pela equação (6), a seguir.

$$PC(\%) = 100 \left[1 - \frac{g_{sc}}{g_{cc}} \right] \quad (6)$$

onde:

PC = Percentagem de casca;

g_{sc} = área seccional da tora sem casca, expressa pela fórmula ($\pi d^2/4$).

g_{cc} = área seccional da tora com casca, expressa pela fórmula ($\pi D^2/4$);

3.2.7.4 Rachaduras de topos de toras

Após a derrubada da árvore, procedeu-se o traçamento das mesmas em toras de 2.55m de acordo com o procedimento descrito no item 3.2.4.

Para a medição das rachaduras nos topos das toras adotou-se o mesmo princípio de medição adotado por Wilson (1985) e modificando por Schacht & Garcia (1997).

Agruparam-se, primeiramente, todas as rachaduras em 4 classes de comprimento com base na distância que alcançavam no plano da seção transversal, a partir da medula. A Tabela 1 mostra as classes definidas e os respectivos pesos.

Tabela 1. Classes de comprimento das rachaduras em topos de toras.

Classe de comprimento	Peso (P_i)
Iguais ao raio ou que atingissem a periferia	1,00
Menores que o raio e maiores que $\frac{3}{4}$ do raio	0,75
Menores que $\frac{3}{4}$ do raio e maiores que $\frac{1}{2}$ do raio	0,50
Menores que $\frac{1}{2}$ do raio e maiores que $\frac{1}{4}$ do raio	0,25

A partir dos dados obtidos calculou-se, para as duas extremidades de cada tora a percentagem estimada de rachaduras (PER) dada pela equação (7).

$$PER = \frac{(\sum A_i P_i) r}{2S} \quad (7)$$

onde:

A_i = abertura máxima da base do triângulo (rachaduras com formato retangular, trapezoidal ou elíptico foram medidas dividindo-se as mesmas em dois triângulos adjacentes);

P_i = peso da classe de comprimento da rachadura;

r = raio médio da seção de corte;

S = área da seção de corte, sem casca e isenta de rachaduras.

3.2.7.5 Rachaduras em extremidades de tábuas

Todas as tábuas, obtidas de uma das metades de cada bloco central e provenientes do desdobro das toras, foram identificadas para a determinação de variações no sentido radial (medula-casca). Em todas essas tábuas foram medidos os comprimentos máximos das rachaduras nas duas extremidades para se quantificar esse defeito em relação ao comprimento da peça, de acordo com equação (8), a seguir.

$$R = \frac{l}{L} \quad (8)$$

onde:

R = Rachaduras de extremidades de tábuas;

l = Soma do comprimento das rachaduras em ambas as extremidades em mm;

L = comprimento total da tábua em m.

3.2.7.6 Resistência à compressão paralela às fibras

A determinação dessa variável seguiu as normas da ABNT (1996).

Foram utilizados 144 corpos de prova com umidade de 15%, com as dimensões 2 x 2 x 3cm, produzidos a partir das tábuas obtidas na serra multilaminar. Dessa forma, cada tora foi representada por 3 corpos de prova

Primeiramente mediu-se a sua seção transversal com o auxílio de um paquímetro digital e em seguidas esses foram colocados na máquina Universal Hohn. A velocidade de solitação adotada foi de 100kg/cm² por um minuto. Os valores para a resistência à compressão axial foram expressos em kg/cm².

A resistência à compressão paralela às fibras é determinada pela equação (9).

$$f_{cd} = \frac{P}{S} \quad (9)$$

onde:

f_{cd} = resistência unitária máxima (kgf/cm^2)

P = carga máxima suportada pelo corpo de prova (kgf)

S = superfície da seção transversal do corpo de prova calculada antes do ensaio (cm^2)

3.2.8 Delineamento estatístico

O tipo de delineamento escolhido para o trabalho foi o de blocos de famílias compactas (compact family blocks). Este delineamento é semelhante ao de parcelas subdivididas, onde as parcelas são os “tipos específicos” (botryoides, meia-casca e saligna), e as subparcelas são as alturas dentro do fuste comercial das árvores (DAP, 25%, 50% e 75%).

Segundo Snyder (1966), este delineamento é adequado quando os genótipos dividem-se naturalmente em grupos, dentro dos quais a variação é menor que entre grupos.

As subparcelas foram as 4 posições dentro do fuste comercial das árvores com 4 repetições (4 árvores de cada tipo específico), totalizando 48 toras.

Para a análise dos resultados utilizou-se o pacote estatístico SAS (Software System for data Analysis, 1987), sendo que as interações e correlações entre variáveis foram determinadas de acordo com os modelos mais adequados para cada caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade básica

Constatou-se que a densidade básica da madeira do “Tipo Botryoides” foi semelhante à do “Tipo Meia-casca”, que apresentaram valores médios de 0,68 e 0,69g cm⁻³ respectivamente.

Comparando-se esses valores com aquele apresentado pela madeira do “Tipo Saligna” (0,62g cm⁻³), constatou-se uma diferença altamente significativa entre esse último tipo e o grupo dos dois anteriores. A Figura 13 mostra os resultados obtidos para os 3 tipos específicos dentro dos quais observou-se apenas uma pequena variabilidade.

O agrupamento de tipos específicos observado nessa figura não concorda com aquele proposto por Báez (1994), que colocou num mesmo grupo os tipos “Saligna e “Meia-casca”, semelhantes entre si e diferentes do “Tipo Botryoides” com relação aos aspectos morfológicos. A autora menciona que o “Tipo Meia-casca” parecia ser uma variação da espécie *E. saligna*, diferindo desta, apenas por apresentar diferentes proporções de casca rugosa no tronco.

Pryor et al. (1956), estudando o padrão de herança das características fenotípicas e das propriedades da madeira, em híbridos naturais de 4 espécies de *Eucalyptus*, constataram que nas progênies, essas características eram proporcionais ao fenótipo da árvore em relação aos prováveis parentais, comportando-se de forma intermediária a eles.

Porém, Pryor (1957), menciona poder existir uma tendência, nos indivíduos de uma progênie segregante, de se assemelharem mais a uma ou outra espécie, para uma determinada característica. Tal fato pode ser atribuído a ligações gênicas, ou à seleção, em algum estágio, que possibilita essa aproximação das características do indivíduo a

uma determinada espécie progenitora e não à mistura das características das duas espécies.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 13 - Valores médios da densidade básica dos tipos específicos.

Ferreira & Kageyama (1978), encontraram valores de densidade básica variando de 0,454 g cm⁻³ aos 5 anos de idade, 0,482 g cm⁻³ aos 7 anos, 0,488 g cm⁻³ aos 8 anos e 0,586 g cm⁻³ para um povoamento de *E. saligna* de 11 anos de idade. Observa-se, portanto uma tendência de aumento da densidade básica da madeira em função da idade do povoamento.

No presente trabalho, que trata da mesma espécie, foram constatados valores de densidade básica, aos 22 anos de idade, superiores aos encontrados por aqueles autores. Isso comprova a tendência de aumento da densidade em função da idade do

povoamento. A Figura 14 ilustra a evolução da densidade básica da madeira em função da idade da população.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 14 - Evolução da densidade básica em função da idade da população para *Eucalyptus saligna*.

Vital et al. (1984) e Kollmann et al. (1975), atribuem tal fato, principalmente ao espessamento das paredes das fibras, aumento no seu comprimento e pela deposição de extrativos.

Trugilho et al. (1997) estudando *Eucalyptus saligna*, de 12, 24, 36 e 48 meses de idade, procedentes de Bom Despacho/MG, constataram que os valores de densidade básica foram, de um modo geral, elevados. Encontraram significativas correlações entre a densidade básica e características dimensionais das fibras. Constataram também que há uma tendência de estabilização na taxa de incremento da densidade básica e do comprimento da fibra com o decorrer da idade. A largura e a espessura da parede da fibra não seguiram essa mesma tendência, modificando-se, continuamente, com a idade da árvore.

Não foi constatada influência da posição vertical do fuste na densidade básica, diferenciando-se, portanto, dos padrões de variação preconizados por Panshim & Zeeuw (1970).

Os resultados coincidem com aqueles encontrados por Calori & Kikuti (1997), para *Eucalyptus dunnii* de 20 anos de idade, procedente de Telêmaco Borba/PR. Esses autores também não encontraram diferenças significativas entre as densidades básicas medidas nas diferentes posições verticais dos fustes das árvores.

Kollmann et al. (1975) e Ferreira (1972) estudaram a variação da densidade básica de *Eucalyptus grandis* em função da idade da população. Mencionam a tendência de estabilização dessa propriedade nos povoamentos mais antigos devida, principalmente, à formação da madeira adulta na árvore.

Essa pode ser a explicação da ausência de variação da densidade básica da madeira ao longo do fuste, verificada no presente trabalho. É possível que em todas as alturas analisadas predominava a proporção de madeira adulta.

Também não foi observada interação da altura com o tipo específico, ou seja, o comportamento da densidade básica ao longo do fuste é o mesmo para qualquer dos três tipos específicos estudados.

4.2 Umidade natural

Com relação aos valores de umidade natural das árvores observou-se que os tipos específicos “Botryoides e Meia-casca” foram semelhantes entre si, apresentando valores médios de 71,03% e 70,32%, respectivamente. Esses dois tipos, semelhantes entre si, constituem um grupo significativamente diferente do “Tipo Saligna”, que apresentou umidade natural média de 81,63%. A Figura 15 mostra os resultados obtidos para os 3 tipos específicos e mostra também que a variabilidade existente entre eles é maior do que aquela existente dentro de cada um deles.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 15 - Valores médios da umidade natural dos tipos específicos.

A exemplo do que foi observado para a densidade básica, constatou-se não haver influência da posição no fuste das árvores sobre o teor de umidade natural, ao nível de 5% de probabilidade. Não foi observada também, interação da posição com o tipo específico, ou seja, os teores de umidade natural obedeceram a um mesmo padrão de distribuição, ao longo do fuste, nos três tipos específicos estudados.

4.3 Relação entre a densidade básica e umidade natural

Relacionando os resultados da densidade básica com os da umidade natural, constatou-se, uma correlação inversa e altamente significativa entre essas duas variáveis.

Observa-se na Tabela 2, onde se encontra os coeficientes de correlação de Pearson, que essa constatação é válida para qualquer um dos tipos específicos, bem como para o conjunto deles, que representa a espécie *E. saligna*. O mesmo fato ocorre, como mostra a Tabela 3, em cada uma das posições no fuste da árvore.

Tabela 2. Coeficientes de correlações entre as características analisadas na madeira dentro de cada tipo específico.

	Umidade Natural	Resistência	Rachadura em topo de tora	Rachadura de tábuas	Porcentagem de casca
Tipo Botryoides					
Densidade básica	-0,71 **	0,20 ns	0,06 ns	0,07 ns	0,13 ns
Umidade Natural	-	-0,36 ns	-0,46 ns	-0,05 ns	0,20 ns
Resistência	-	-	0,53 *	0,13 ns	-0,17 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	0,27 ns	-0,32 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	-0,36 ns
Tipo Meia-casca					
Densidade básica	-0,76**	0,38 ns	0,25 ns	0,04 ns	0,34 ns
Umidade Natural	-	-0,49*	-0,09 ns	0,02 ns	0,10 ns
Resistência	-	-	0,45 ns	0,22 ns	-0,19 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	0,28 ns	0,10 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	0,23 ns
Tipo Saligna					
Densidade básica	-0,61**	-0,01 ns	-0,50*	0,69**	0,13 ns
Umidade Natural	-	0,04 ns	0,05 ns	-0,26 ns	0,28 ns
Resistência	-	-	0,30 ns	0,08 ns	-0,12 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	-0,25 ns	-0,36 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	0,10 ns
Todos os tipos					
Densidade básica	-0,87**	0,54**	-0,07 ns	0,04 ns	0,38**
Umidade Natural	-	-0,55 **	-0,14 ns	-0,01 ns	-0,17ns
Resistência	-	-	0,25 ns	-0,02 ns	0,02 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	0,16 ns	-0,10 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	0,01 ns

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade;

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade; n.s. - não significativo.

Tabela 3. Coeficientes de correlações entre as características da madeira analisadas ao longo do fuste das árvores.

	Umidade Natural	Resistência	Rachadura em topo de tora	Rachadura de tábuas	Porcentagem de casca
DAP					
Densidade básica	-0,95**	0,69**	0,11 ns	0,11 ns	0,50
Umidade Natural	-	-0,70**	-0,30 ns	-0,17 ns	-0,37 ns
Resistência	-	-	0,15 ns	0,08 ns	0,11 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	-0,15 ns	-0,23 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	-0,14 ns
25%					
Densidade básica	-0,96**	0,56 *	-0,11 ns	0,04 ns	0,58*
Umidade Natural	-	-0,42 ns	0,02 ns	-0,03 ns	-0,48ns
Resistência	-	-	0,12 ns	-0,10 ns	0,11 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	-0,23 ns	-0,15 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	-0,28 ns
50%					
Densidade básica	-0,94**	0,73**	0,03 ns	0,01 ns	0,18 ns
Umidade Natural	-	-0,72**	-0,22 ns	-0,10 ns	-0,20 ns
Resistência	-	-	0,30 ns	0,11 ns	-0,07 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	0,77**	0,05 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	0,14 ns
75%					
Densidade básica	-0,88**	0,45 ns	0,16 ns	-0,31 ns	0,06 ns
Umidade Natural	-	-0,34 ns	-0,15 ns	0,21 ns	-0,18 ns
Resistência	-	-	0,12 ns	-0,07 ns	0,43 ns
Rachadura em topo de tora	-	-	-	0,52 ns	-0,03 ns
Rachadura de tábuas	-	-	-	-	0,07 ns

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade;

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade; n.s. - não significativo.

A Figura 16 mostra com detalhes as regressões lineares obtidas para cada um dos tipos específicos estudados, bem como para o conjunto deles. Observa-se em todos os casos, que a densidade básica diminui com o aumento da umidade natural.

Observa-se que a curva do “Tipo Saligna” está mais abaixo e mais à direita da curva do “Tipo Botryoides”. O “Tipo Meia-casca” ocupa uma posição intermediária, possibilitando uma intercessão muito boa entre os tipos extremos.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 16 - Relação entre a densidade básica e a umidade natural da madeira de cada tipo específico individual e para o conjunto deles, que representa o *E. saligna*.

A Figura 17 mostra as regressões lineares obtidas para cada uma das posições do fuste. Observa-se que essas regressões são muito melhores do que aquelas observadas na Figura 16.

Isso mostra que a regressão linear entre densidade básica e a umidade natural é mais influenciada pela posição do que pelo tipo específico.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 17 - Relação entre a densidade básica e a umidade natural da madeira nas posições do fuste da árvore.

Na Figura 18, pode-se observar a relação entre a densidade básica da madeira e a sua umidade de saturação total. Conforme comprovado matematicamente, em Foelkel et al. (1983), as relações obtidas para cada um dos tipos e também para o conjunto deles foram altamente significativas.

A comparação entre os resultados observados na Figuras 16 com os da Figura 18

evidencia o fato de que a densidade básica da madeira correlacionou-se, de forma significativa, com a umidade natural e com a umidade de saturação total, nos três tipos específicos estudados. Isso confirma a hipótese de que árvores que apresentam madeira mais densa devem conter um menor teor de umidade em suas cavidades capilares, e vice-versa, quando se trata de amostras de árvores vivas.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 18 - Relação entre a densidade básica e a umidade de saturação total da madeira de cada tipo específico e para o conjunto deles que representa o *E. saligna*.

A partir desses resultados pode-se concluir que é possível estimar-se, com boa

precisão, a densidade básica da madeira pela simples determinação do teor de umidade natural ou do teor de umidade à saturação total. Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Garcia & Lima (1990) e Busnardo et al. (1983).

A vantagem de se utilizar a umidade natural para estimar a densidade básica da madeira, consiste na maior facilidade para sua determinação. Um simples teste de determinação de umidade “in locu” será suficiente para estimar-se a densidade básica de uma árvore. É válido lembrar que as técnicas para a determinação da umidade da madeira por meio de medidores elétricos, microondas ou raios infravermelhos estão cada vez mais rápidas e precisas e, portanto, populares.

De acordo com Garcia & Lima (1990), esse fato indica que as árvores selecionadas, na maioria dos programas de melhoramento, objetivando madeira de alta densidade, possuem menores teores de umidade natural, e vice-versa. Entretanto a variabilidade da umidade natural existente para uma mesma densidade básica, possibilita a seleção de indivíduos por meio da característica umidade natural dentro de uma população já selecionada pela característica densidade básica.

4.4 Resistência à compressão paralela às fibras

Na Figura 19 pode-se observar o comportamento da madeira analisada com relação à resistência à compressão paralela às fibras, determinada ao teor de 15% de umidade.

Observou-se que, da mesma forma que para densidade básica e a umidade natural, as árvores dos tipos específicos “Botryoides e Meia-casca” apresentaram comportamentos semelhantes entre si. Os valores médios foram de 663,45kgf/cm² e 667,05kgf/cm², respectivamente. Esse grupo diferiu do “Tipo Saligna”, que apresentou-se menos resistente à compressão paralela às fibras (média de 584,27kgf/cm²), ao nível de 1% de probabilidade.

Uma análise conjunta dos resultados obtidos para as três propriedades desenvolvidas até o presente momento, demonstrou que o “Tipo Saligna” aparece isolado do grupo formado pelos outros dois tipos.

A exemplo do que foi observado para a densidade básica e umidade natural, constatou-se não haver influência da posição no fuste da árvore sobre a resistência à compressão paralela às fibras, ao nível de 5% de probabilidade. Não foi observada também, interação da posição no fuste com o tipo específico para essa variável. Os resultados obedeceram a um mesmo padrão de distribuição, ao longo dos fustes em qualquer dos três tipos específicos estudados.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 19 - Valores médios da resistência à compressão paralela às fibras dos tipos específicos.

4.5 Relações entre a resistência à compressão paralela às fibras, densidade básica e umidade natural

Os coeficientes de correlações para todas as relações entre essas variáveis podem ser vistos nas Tabelas 2 e 3.

Os resultados demonstram que houve correlação significativa entre a densidade básica ou a umidade natural e a resistência à compressão paralela às fibras, somente para o conjunto dos três tipos específicos. Quando analisados separadamente, provavelmente devido ao menor número de amostras, não foram observadas correlações entre essas variáveis.

A Figura 20 mostra as regressões lineares ajustadas. Observa-se que a resistência relaciona-se diretamente com a densidade básica e inversamente com a umidade natural. Apesar de significativas, essas regressões não conseguiram contornar o problema da grande dispersão dos dados observados em relação aos estimados pela função ajustada.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 20 - Relações entre a resistência à compressão paralela às fibras e a densidade básica ou umidade natural, para o conjunto dos três tipos específicos analisados.

Resultados semelhantes foram encontrados por Della Lucia & Vital (1980), estudando *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com oito anos de idade. Os autores correlacionaram a densidade básica com diversas propriedades físicas e mecânicas da madeira e obtiveram, entre outras, correlação altamente significativa entre a resistência à compressão paralela e a densidade básica.

Amaral et al. (1971), mencionam que a resistência da madeira varia de acordo com a sua densidade básica, uma vez que esta é determinada pela quantidade de “substância madeira” que ela contém por unidade de volume. Segundo os autores, inúmeros testes realizados em muitas espécies de madeira, com amplos intervalos de variação da densidade, mostram que a relação matemática existente entre a resistência e a densidade básica, pode ser expressa por um polinômio de n-ésimo grau. A forma geral da equação é:

$$Y = ax^n + b \quad (10)$$

onde:

Y = resistência mecânica;

x = densidade básica;

a e b = constantes experimentais, específicas para cada propriedade mecânica a uma dada umidade;

n = expoente específico de cada propriedade mecânica.

A partir da determinação da resistência, a diferentes densidades, pode-se obter informações que permitem chegar-se à equação genérica para uma determinada espécie de madeira. Por meio dessa equação é possível a construção de uma curva representativa do fenômeno.

Visto que esta equação é determinada a partir de médias de valores, os resultados estimados podem diferir daqueles obtidos no teste padrão, porém essa variação não tem sido muito significativa.

Ferreirinha (1961), relata que a resistência à compressão paralela às fibras do *Eucalyptus globulus*, aumenta com a densidade. Determinou para essa espécie, uma

curva de terceiro grau que se adaptou aos dados experimentais e permitiu calcular a tensão de ruptura à compressão paralela às fibras a partir da densidade básica basal.

A altíssima correlação observada entre a resistência e a umidade natural pode ser explicada pela correlação altamente significativa entre a umidade natural e a densidade básica, conforme descrito no item 4.3.

Isso permite concluir que uma madeira que possui baixa densidade básica deverá apresentar baixa resistência e alto teor de umidade natural, sendo possível estimar-se qualquer dessas variáveis por meio da determinação de apenas uma delas.

Para confirmar esta hipótese realizou-se uma análise dessas variáveis, em conjunto, ajustando-se um modelo de regressão multivariada, altamente significativa. A equação (11) mostra os coeficientes obtidos e as variáveis utilizadas.

$$y = -60046 + 115627x + 610,558050z - 54036x^2 - 594,804804xz - 1,500602z^2 \quad (11)$$

onde:

y = resistência à compressão paralela;

x = densidade básica;

z = umidade natural.

Essa equação ajustou-se de forma significativa, ao nível de 1% de probabilidade, apresentando um coeficiente de determinação (R^2) de 0,4625.

Comparando-se essa equação com aquelas que relacionam a resistência à compressão paralela às fibras e a densidade básica ou umidade natural, separadamente (Figura 20), observou-se um aumento do coeficiente de determinação, da ordem de aproximadamente 100%, no modelo que combina essas variáveis conjuntamente.

Utilizando-se a equação 11 para estimar os valores da resistência, a partir da densidade básica e umidade natural, constatou-se que esses valores apresentam uma boa relação entre si (Figura 21).

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 21 - Relação entre os valores observados e os valores estimados de resistência, para o conjunto dos três tipos específicos.

4.6 Rachaduras em topos de toras e em extremidades de tábuas

Os resultados demonstraram não haver influência da posição vertical no fuste das árvores, nas rachaduras em extremidades de toras ou tábuas. Não houve interação da posição no fuste com o tipo específico para essas variáveis. Os resultados obedeceram a um mesmo padrão de distribuição, ao longo do fuste, nos três tipos específicos (Figura 22).

O “Tipo Botryoides” apresentou maior índice de rachaduras que os demais, diferindo de forma significativa do “Tipo Meia-casca”. O “Tipo Saligna” apresentou comportamento intermediário entre os dois.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 22 - Valores médios das rachaduras em topos de toras e em extremidades de tábuas dos tipos específicos.

Esses resultados vão de encontro àqueles obtidos para a densidade básica, umidade natural e resistência à compressão paralela às fibras, onde observou-se que o tipo “Meia-casca” apresentou comportamento sempre semelhante ao do “Tipo Botryoides”, agrupando-se com este em todos os casos e diferindo de forma significativa do “Tipo Saligna”.

Isso demonstra ter ocorrido segregação do tipo transgressivo, ou seja, ocorreu nos segregantes o aparecimento de indivíduos com fenótipos mais extremos do que os dos progenitores.

Pryor (1957) e Pryor et al. (1956), explicam esse fato, mencionando que é possível encontrar na geração F_1 descendentes com características inferiores, intermediárias ou superiores aos progenitores, dependendo da afinidade genética entre as espécies parentais envolvidas. Quanto maior a afinidade maior será o vigor dos descendentes para uma determinada característica.

Analisando-se as correlações entre a percentagem de rachaduras em topos de toras e as demais propriedades estudadas (Tabelas 2 e 3), observou-se, apenas no “Tipo

Saligna", correlação inversa e significativa, entre essa variável e a densidade básica da madeira. Há uma tendência de diminuição do índice de rachaduras em topos de tora na madeira de maior densidade básica (Figura 23a).

Ferreirinha, (1961), menciona que o aumento da densidade é acompanhado de um acréscimo nas seguintes propriedades mecânicas: compressão axial, flexão estática, tração, tração transversal e fendilhamento.

O aumento da resistência à tração normal, conseqüente do aumento da densidade básica, pode explicar o menor índice de rachaduras de extremidades de tora nas densidades mais elevadas.

Analisando-se as correlações entre rachaduras em extremidades de tábuas e densidade básica, observou-se, também no "Tipo Saligna", correlação positiva e altamente significativa, entre essas variáveis (Figura 23b).

Esses resultados discordam daqueles obtidos por Barret et al.² e Carvalho³, citados por Ferreirinha (1961) que encontraram para o *E. globulos* e *E. saligna*, respectivamente, uma forte associação entre a intensidade das rachaduras com o aumento da densidade.

Fernandes (1982), também não constatou relação significativa entre as rachaduras de extremidades de tábua e a densidade básica. Explica que poderão ocorrer divergências a respeito dessa conclusão, em função da metodologia de avaliação das rachaduras. É importante dissociar as tensões de crescimento daquelas originadas no processo de secagem, e cuidar da representatividade do material estudado.

Não foi constatada correlação entre rachaduras em topos de toras e rachaduras em extremidades de tábuas. Esses resultados não coincidem com aqueles obtidos por Schacht & Garcia (1997), que relatam haver altas correlações entre esses dois tipos de rachaduras, tanto fenotipicamente quanto geneticamente.

² BARRET, R.L.; CARTER, D.T.; SEWARD, B.R.T. *Eucalyptus grandis* in Rhodesia. **Research Bulletin. Rhodesia Forestry Commission**, Salisburg, v.6,p.1-87, 1975.

³ CARVALHO, A. de. Madeiras de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill). Estudos, ensaios e observações. Dir. Ger. Serv. Flor. Aquic. (Relatório datilografado).

Esses autores mencionam que para tal, é necessário que sejam controladas as condições para medições no campo, uma vez que podem ocorrer grandes variações devido às interações entre as rachaduras de colapso e de tensões de crescimento. Os coeficientes de correlações para todas as combinações entre essas variáveis podem ser vistos nas Tabelas 2 e 3.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade; * - significativo ao nível de 5% de probabilidade

Figura 23 - Relações entre a densidade básica e as rachaduras em topos de toras e em extremidades de tábuas para o “Tipo Saligna”.

Analizando-se o comportamento das rachaduras em extremidades de tábuas, no sentido radial, observou-se que as tábuas mais próximas à medula apresentaram maiores índices de rachaduras, em todos os tipos específicos (Figura 24).

Segundo Panshin & Zeeuw (1970), as tábuas mais próximas à medula apresentam maior intensidade de rachaduras. Isso ocorre porque as tensões de crescimento longitudinal se desequilibram pela supressão das tensões exercidas pelas tábuas laterais, quando cortadas. Surgem tensões transversais, em sentidos opostos, que tracionam as fibras na direção perpendicular, acarretando a ruptura na medula.

Esses resultados coincidem com aqueles encontrados por Del Menezzi (1999), que constatou um decréscimo significativo na intensidade das rachaduras em extremidades de tábuas no sentido medula-casca, para o *E. cloeziana* e o *E. grandis*.

Priest et al.⁴, citado por Del Menezzi (1999), também verificaram a tendência de diminuição da intensidade das rachaduras no sentido medula-casca em *E. grandis*, sendo mais pronunciada em indivíduos mais maduros.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 24 - Relação entre a intensidade de rachaduras em extremidades de tábuas e a sua posição radial nos tipos específicos.

⁴ PRIEST, D.T.; KNUFFEL, W.; MALAN, F.; VAN RENSBURG, M. **The sawmilling and timber properties of 12 and 24 year old plantation grown *E. grandis***. Pretoria: CSIR/National Timber Research Institute, 1981. 36p. (CSIR Special Report, Hout/222).

4.7 Percentagem de casca

O “Tipo Botryoides” diferiu, de forma significativa, do “Tipo Saligna”. O “Tipo Meia-casca” apresentou valores intermediários, não diferindo, de forma significativa, dos outros dois.

Esses resultados retratam exatamente a impressão que se tem quando se observa as árvores no campo. O “Tipo Botryoides” apresenta-se quase que totalmente coberto por uma casca rugosa, aparentemente mais espessa e o “Tipo Saligna”, casca totalmente lisa. O “Tipo Meia-casca”, apresenta diferentes proporções de casca rugosa, na parte que vai de 20% a 60% do fuste comercial. Confirma-se, mais uma vez, a hipótese de Pryor et al. (1956), que explicam poder haver uma manifestação intermediária dos prováveis híbridos em relação aos parentais. Nota-se também uma maior variabilidade dos resultados no “Tipo Meia-casca”.

Pode-se concluir, portanto, que a casca rugosa é mais espessa do que a casca lisa (Figura 25).

Observou-se também diferenças altamente significativas, entre as alturas no fuste das árvores. A percentagem de casca nas alturas DAP e 25% diferiram daquela da posição 75%. A posição 50% apresentou valores intermediários, não diferindo significativamente das partes basal ou apical da árvore (Figura 26).

Os resultados demonstraram uma tendência de diminuição da percentagem de casca com o aumento da altura. Vários autores concordam com essa afirmação, Castro et al. (1979), por exemplo, relata que árvores de *Gmelina arborea*, de 8 anos de idade, provenientes de Viçosa/MG, apresentaram percentagem de casca variando de 26 a 32%.

Calori & Kikuti (1997) observaram que a percentagem de casca de *E. dunnii*, de 20 anos de idade, tende a decrescer até 50% da altura comercial e a crescer daí até 100%.

Assmann (1970) constatou um aumento na percentagem de casca, em árvores de *Pseudotsuga manziesii*, de 9 para 16%, nas alturas de 10 e de 34m, respectivamente. Paula Neto et al. (1992), relata que esse acréscimo na percentagem de casca com o aumento da altura, é mais pronunciado nas menores classes de DAP.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 25 - Valores médios da percentagem de casca dos tipos específicos.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 26 - Valores médios da percentagem de casca ao longo do fuste da árvore.

Conforme o exposto, existe muita divergência entre os resultados encontrados na literatura quanto à proporção de casca ao longo do fuste das árvores.

Outro fato importante, constatado no presente trabalho, diz respeito à interação do tipo específico com a posição no fuste. Para as posições DAP, 25 e 75%, os tipos não diferiram entre si quanto à percentagem de casca. Na posição 50%, o “Tipo Botryoides” difere de forma significativa do “Tipo Meia-casca” e o “Tipo Saligna”, apresenta comportamento intermediário, não diferindo desses dois. Entre tipos específicos, a percentagem de casca não variou em relação à posição no fuste nos tipos “Botryoides e Saligna”. Variou de forma significativa no “Tipo Meia-casca”, no qual a posição DAP é diferente das posições 50 e 75%, sendo que a posição 25%, apresenta-se de forma intermediária entre esses dois grupos. Nesse caso, observa-se uma tendência de diminuição da percentagem de casca ao longo do fuste (Figura 27a).

(a) - % de casca na posição 50%

(b) - % de casca no “Tipo Meia-casca”

Figura 27 - Interação do tipo específico com a posição no fuste para percentagem de casca.

Considerando-se que a casca rugosa é mais espessa que a casca lisa, conforme constatado anteriormente, os resultados demonstram que na posição 50% o “Tipo Meia-casca” assemelha-se mais ao “Tipo Saligna” do que ao “Tipo Botryoides”. Nessa posição, a casca que apresentava-se rugosa desde a base, perde, completamente, essa

característica, tornando-se totalmente lisa. Isso pode ser comprovado analisando-se a Figura 27b, na qual se observa que o “Tipo Meia-casca” apresenta, a partir da posição 25%, algumas características de casca lisa e já na posição 50% a casca torna-se predominantemente lisa.

Observa-se na tabela 2 e na Figura 28 uma correlação linear altamente significativa entre a densidade básica da madeira e a percentagem de casca quando os três tipos específicos são agrupados. Tem-se, portanto, um indicativo de que árvores de maior densidade básica apresentam maior percentagem de casca.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 28 - Relação entre a densidade básica da madeira e a percentagem de casca dos tipos específicos.

A regressão linear ajustada nessa figura apresenta um R^2 muito baixo, indicando a necessidade de um refinamento no ajuste de modelos.

5 CONCLUSÕES

- Do ponto de vista prático, pode-se concluir que a utilização de padrões fenotípicos de casca, possibilitaram uma efetiva seleção para todas as características analisadas.
- Entre os tipos específicos, o “Meia-casca”, pode ser considerado o mais promissor para um eventual programa de seleção de materiais para serraria, por ter apresentado maiores índices de resistência e melhor comportamento quanto às rachaduras.
- Com relação ao comportamento das variáveis analisadas em função das posições verticais no fuste, não foram verificadas variações significativas, exceto para a percentagem de casca, que apresentou uma tendência de diminuição com a altura.
- Os resultados demonstraram também a possibilidade de estimar-se a densidade básica da madeira e sua resistência à compressão paralela às fibras pela simples determinação do teor de umidade natural (umidade da árvore viva). Resta descobrir se o mesmo ocorre para outras espécies, idades e diferentes estações do ano. A vantagem da aplicação desse conceito consiste na maior facilidade, rapidez e precisão na determinação da umidade natural.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J.C. Características de crescimento e variação da densidade básica da madeira em 12 espécies de *Eucalyptus* em 3 regiões do Estado de Minas Gerais. Piracicaba, 1983. 90p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- AMARAL, A.C.B.; FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M. **Influência da densidade nas propriedades da madeira**. Piracicaba: ESALQ/DS, 1971. 10p.
- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon, 1970. 506p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira**: NBR 7190. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 247p.
- BÁEZ, M.N. **Variabilidade da densidade básica da madeira em *Eucalyptus* spp e sua implicação no melhoramento genético**. Piracicaba: ESALQ/LCF, 1993. 35p.
- BÁEZ, M.N. Variação fenotípica de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga (SP): Árvores superiores, sementes e progênies de polinização livre. Piracicaba, 1994. 78p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BARISKA, M. A method for predicting timber quality in *Eucalyptus*. In: MANAGEMENT OF *Eucalyptus grandis* IN SOUTH AFRICA. **Proceedings of a Symposium at Stellenbosch**, june. p.215-228, 1990.

- BOYD, J.D. The growth stresses: 1. Growth stresses evaluation. **Australian Journal of Scientific Research. Série B – Biological Sciences**, Melbourne, v.3, p.270-293, 1950a.
- BOYD, J.D. The growth stresses: 2. The origin of growth stresses. **Australian Journal of Scientific Research. Série B – Biological Sciences**, Melbourne, v.3, p.294-309, 1950b.
- BOYD, J.D. The growth stresses: 5. Evidence of na origin in differentiation and lignification. **Wood Science and Technology**, Berlim, v.6, p.251-262, 1972.
- BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J.V.; MENOCELLI, S; BENITES, E.P.; DIAS, C.; FOELKEL, C.E.B. Umidade ao abate da madeira e da casca de *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, v.8, n.28, p.749-753, 1983.
- CALORI, J.V.; KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1997. v.3, p.321-326.
- CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Influência da procedência e classe de diâmetro sobre as características da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 17., São Paulo, 1984. **Anais**. São Paulo: ABCP, 1984. p.411-422.
- CASTRO, N.S.; FOELKEL, C.E.B.; GOMIDE, J.L. Aproveitamento industrial da madeira de *Gmelina arborea* Roxb. para a produção de celulose. **Revista Árvore**, v.3, n.1, p.28-46, 1979.

COLE, D.E.; ZOBEL, B.J.; ROBERDS, J.H. Slash, loblolly, and longleaf pine in a mixed natural stand; a comparison of their wood properties, pulp yields, and paper properties. **TAPPI**, Atlanta, v.49, n.4, p.161-166, 1966.

COUTO, H.T.Z. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais.**, São Paulo: IPEF/IPT, 1995. 20p.

DELLA LUCIA, R.M.; VITAL, B.R. Características físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.1, p.70-74, 1980.

DEL MENEZZI, C.H.S. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. Piracicaba, 1999. 87p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

DINWOODIE, J.M. Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**, London, v.39, n.2, p.162-170, 1966.

FAO. **Forestry: statistics today for tomorrow**. Roma, 1991. 39p.

FERNANDES, P.S. Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênies de *Eucalyptus urophylla*. Piracicaba, 1982. 96p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, n.4, p.65-89, 1972.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus, 1978. **Anais**. São Paulo: SBS, 1978. v.2, n.14, p.148-152.

FERREIRINHA, M.P. Propriedades físicas e mecânicas das madeiras de eucaliptos. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 1961. **Relatório e documentos**. São Paulo: FAO, 1961. v.2, p.1113-1122.

FIGUEIREDO, A.; BERNARDI, A.R. Comportamento da casca ao longo do tronco em plantios de *Pinus elliottii* estabelecidos no litoral e planalto do estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.495-498.

FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F.; BUSNARDO, C.A. Método do máximo teor de umidade aplicado à determinação de densidade básica da madeira do eucalipto. **Silvicultura**. v.8, n.28, p.792-796, 1983.

FREITAS, A.R. *Eucalyptus*. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, n.22, 25p., 1995.

GARCIA, J.N.. Estados de tensão em árvores e de deformação em peças de madeira serrada. São Paulo, 1992. 243p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GARCIA, J.N.; LIMA, I.L. Propriedades físicas e mecânicas como indicadores de seleção 1. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v.3, p.685-689.

HALL, N.; JOHNSTON, R.D.; CHIPPENDALE, G.M. **Forest Trees of Australia**. Canberra, Forest and Timber Bureau, 1970. 330p.

HARRIS, J.; FOULGER, A.N. Volume of wood, bark and needles after clearcutting a loggepole stand. **Journal of Forestry**, v.7, n.1, p.93-95, 1973.

HILLIS, W.E. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. ***Eucalyptus for wood production***. Adelaide: Commonwealth Scient. Ind. Res. Org., 1978. cap.12, p. 260-289.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Incentivos fiscais e a pesquisa florestal no Brasil**. Brasília: IBDF, 1985.

JACOBS, M.R. The fibre tension of wood stems, with special reference to the genus *Eucalyptus*. **Bulletin. Commonwealth Forestry Bureau**, Canberra, v.22, p.7-37, 1938.

JACOBS, M.R. Further studies on fibre tension. **Bulletin. Commonwealth Forestry Bureau**. Canberra, v.24, p.7-34, 1939.

JACOBS, M.R. The growth stresses of wood stems. **Bulletin. Commonwealth Forestry Bureau**. Canberra, v.28, p.1-67, 1945.

JACOBS, M.R. Stresses and strains in tree trunks as they growth in length and width. Leaflet. Commonwealth of Australian Department of National Development. **Forestry and Timber Bureau**, Canberra, v.96, p.1-15, 1965.

KOCH, C.B. **Bark volume of yellow-poplar, red black and soarlet oak, and red maple in northern west Virginia**. Morgantown: Agriculture Experiment Station, 1971. 20p.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.; STAM, A.J. **Principles of wood science and tecnologia**. Berlim: Springer-Verlag. v.2. 703p. 1975.

- KUBLER, H.. Studies on growth stresses in trees. 1. The origin of growth stresses in transverse direction. **Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization**, 1959. 29p.
- LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, K. **Forest inventory**. München: BLV Verlagsgesellschaft, 1973. 469p.
- MALAN, F.S. Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. Stellenbosch, 1984. 272p. Tese (Doutorado).
- MATEUS, T.J.E. **As características das madeiras nas suas relações com as aplicações**. Lisboa, Instituto dos Produtos Florestais, 1977. p.11-19. (Boletim. Técnico, 14).
- MATOS, J.L.M. O futuro do uso de Eucalipto e Pinus. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, n.27, 10p., 1996.
- MENDES, C.J.; SUITER FILHO, W.; RESENDE, G.C. de; MORAES, T.S.A. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. em árvores matrizes e suas progênes. **Silvicultura**, v.8, 1983b.
- MONTAGNA, R.G.; PONCE, R.H.; FERNANDES, P.S.; RIBAS, C. Desdobro de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden visando diminuir o efeito das tensões de crescimento. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.3, n.2, p.181-190, 1991.
- NUNES, J.R.S. Análise do volume e da percentagem de casca em povoamentos de Eucaliptos de origem híbrida, segundo a idade, local, espécie e método de regeneração. Viçosa, 1981. 120p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, E. de. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden). Viçosa, 1988. 47p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.

PANSHIM, A.J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3.ed., New York: Mcgraw-Hill, 1970. v.1.

PASSIOURA, J.A., ASH, J.E. Phenotypic, genetics and ecological variation in the *Eucalyptus saligna* - *E. botryoides* complex. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.41, p.393-412. 1993.

PAULA NETO, F. de; LEITE, H.G.; NUNES, J.R.S.; CAMPOS, J.C.C. Variação da percentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.3, p.309-318, 1992.

PONCE, R.H., Madeira serrada de Eucalipto: Desafios e perspectivas . Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, São Paulo, 1995. Anais. IPEF/IPT, 50p.

PRYOR, L. D. The inheritance of some characters in *Eucalyptus* **Proc. Linnean Society New South Wales**, v.82, p.147-155, 1957.

PRYOR, L.D. **Relatório sobre a inspeção de plantações em Mogi Guaçu**. 1968. (não publicado).

PRYOR, L.D., CHATTAWAY, M.M.; KLOOT, N.H. The inheritance of wood and bark characteres in *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.4, n.3, p.216-239. 1956.

PRYOR, L.D.; JOHNSON, L.A.S. **A classification of the *Eucalyptus***. Canberra, Australian National University, 1971. 102p.

RAMOS, I. **África do Sul: horizonte florestal do Brasil**. São Paulo: Jorúês, 1973. 81p.

SANTOS, P.E.T.; SCANAVACA JÚNIOR, L. **Programa de Melhoramento de *Eucalyptus saligna* (Itatinga)**. Piracicaba: IPEF, 1992. 9p.

SAS. Institute Inc. **SAS/STAT™ Guide for Personal Computers**. Version 6 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1987. 1028p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Área total reflorestada no Brasil (ha). <http://www.ipef.br/sbs/estatisticas>. 1998.

SCHACHT, L.; GARCIA, J.N. Variação entre e intra clones nas rachaduras de topo em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/IPEF, 1997. p.401-404.

STURION, J.A.; ALBINO, J.C.; MORITA, M. **Variação da densidade básica da madeira em doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG**. CNPF. Curitiba. 1986. 14p.

TAYLOR, F.W. Differences in the wood of *Eucalyptus grandis* grown in different parts of South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v.19, p.14-18, 1974.

- TRUGILHO, P.F.; MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M.; LIMA, J.T. Influência da idade nas características físicas, química e anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.3, p.269-275.
- VILELA FILHO, A. Perspectivas do mercado internacional de produtos sólidos de madeira. In: SIMPÓSIO IPEF, 6, São Pedro, **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1996. v.4, p.1-26.
- VITAL, B.R.. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, 1984. Boletim técnico. SIF, 16p.
- VITAL, B.R.; PEREIRA, A.R.; DELLA LUCIA, R.M.; ANDRADE, D.C. de. **Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região do cerrado de Minas Gerais**. Brasília/DF, IBDF, ag., 1984. p.41-52.
- WANG, S.; LITTELL, R.C.; ROCKWOOD, D.L. Variation in density and moisture content of wood and bark among twenty *Eucalyptus grandis* progenies. **Wood Science and Technology**, Berlin, v.18, n.2, p.97-102, 1984.
- WATANABE, H. A study of the origin of longitudinal growth stresses in tree stems. In: MEETING OF IUFRO SECTION 41, Melbourne, 1965. **Proceedings**. Melbourne, 1965. v.3, p. 45-62.
- WILSON, P.J. Splitting studies on logs of *Eucalyptus macarthurii*, *E. elata* and *E. radiata*. **Institute for Commercial Forestry Research, Annual Report**, p.135-142, 1985.