



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS

Daniele Spitz de Carvalho

**Avaliação da secagem ao ar livre e usinagem da
madeira de *Eucalyptus urophylla* para produção
de móveis**

Monografia apresentada
ao Curso de Engenharia
Florestal, como requisito
para a obtenção do Título
de Engenheiro Florestal,
Instituto de Florestas da
Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro.

Seropédica, RJ
04 de setembro de 2006

Monografia aprovada em 04 de setembro de 2006.

Comissão examinadora,

Prof. Roberto Carlos Costa Lelis

Prof^a. Érika da Silva Ferreira

Prof. Alexandre Monteiro de Carvalho
(Orientador)

Agradecimentos

À Deus, pela vida.

À minha família, por sempre me apoiar as minhas decisões.

Ao Professor João Vicente por ter cedido seu projeto para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Alexandre, pela paciência e por ter aceitado a me orientar.

À Clarice Couto, por me ajudar na realização de parte deste trabalho.

Ao Sebastião, pela colaboração na realização dos meus testes.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro.

Às amigas do 307 pela paciência.

À Clarice, por estar sempre disposta a me ajudar nas correções.

E principalmente ao Amor Meu, por me ensinar a fazer sempre o melhor. Muito Obrigada!

Sumário

Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	iv
Resumo	v
Abstract	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 EUCALIPTO E A INDÚSTRIA MOVELEIRA	3
1.2 QUALIDADE DA MADEIRA	5
1.3 USINAGEM	10
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL	13
3.2 DESDOBRO	13
3.3 SECAGEM	17
3.4 USINAGEM	22
3.4.1 Teste de plaina	24
3.4.2 Teste de lixa	27
3.4.3 Teste de broca	27
3.4.4 Teste de torno	28
3.4.5 Fendilhamento por prego	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 SECAGEM	31
4.2 USINAGEM	35
4.2.1 Teste de plaina	35
4.2.2 Teste de lixa	35
4.2.3 Teste de broca	35
4.2.4 Teste de torno	36
4.2.5 Fendilhamento por prego	36
4.2.6 Resultados totalizados	43
5. CONCLUSÕES	46
6. RECOMENDAÇÕES	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

A madeira e seus produtos fazem parte do cotidiano da sociedade humana, em virtude de suas propriedades e características quase insubstituíveis, como beleza, grande resistência mecânica, facilidade de uso, baixa condutibilidade térmica e baixa demanda de energia para sua conversão em produtos acabados (SILVA, 2002a). Além dos aspectos estéticos favoráveis à confecção de móveis, a madeira é matéria-prima para diversos produtos, como celulose, carvão, lenha, construção civil, entre outros. Na construção civil e na fabricação de móveis a madeira é utilizada tanto na forma sólida quanto como reconstituída. Por se tratar de um material renovável, quando a área de plantio recebe um manejo adequado do solo e dos recursos hídricos, torna-se um material de fonte quase inesgotável. Portanto, mesmo na presença de materiais substitutos, o mercado mantém condições favoráveis à comercialização da madeira e seus produtos.

A utilização da madeira de reflorestamento, principalmente a de eucalipto, vem crescendo devido ao melhor conhecimento de suas propriedades, maior divulgação e à crescente preocupação com a preservação das florestas nativas (FERREIRA *et al.*, 2004). Além disso, estas madeiras possuem preço competitivo, comparado às madeiras nativas (VALENÇA, 2002). Diante do

crescente uso de madeira de florestas plantadas, o diâmetro das toras produzidas tem diminuído continuamente, impulsionando o desenvolvimento de novos processos, novos equipamentos e também novos produtos para o aproveitamento dessa matéria-prima de menor dimensão.

A utilização do gênero *Eucalyptus* para suprir a demanda do consumo de madeira está relacionada às vantagens que este oferece, como rápido crescimento e grande diversidade de espécies, o que possibilita a adaptação destas culturas a diferentes tipos de clima e solo, além de possibilitar sua utilização para diversos fins (ANGELI, 2006). Uma das espécies mais cultivadas é o *Eucalyptus urophylla* (NÉRI, 2003), uma das poucas que não é originária da Austrália.

Originário do Arquipélago Sonda, na Indonésia, o *Eucalyptus urophylla* apresenta fuste com boa forma, altura das árvores variando de 30 a 60m de altura e massa específica em torno de 0,5g/cm³. Sua área de ocorrência varia de 7°30' a 10°S de latitude e 350 a 2.960m de altitude. A longitude varia de 122 a 127°E, uma faixa de aproximadamente 500 Km. Nesta região, a precipitação anual oscila entre 600 e 2.500mm, e o clima é subtropical seco a tropical úmido com aproximadamente 4 a 5 meses secos por ano. A temperatura média máxima varia de 27 a

29°C a 400m de altitude e 17 a 21°C a 1.900m de altitude (JUNIOR SCANAVACA & GARCIA, 2003).

Esta espécie apresenta boas características silviculturais, como: responder bem ao espaçamento, e à adubação, apresentar bom desenvolvimento na segunda rotação, possuir resistência ao déficit hídrico, além de apresentar variações clinais e ecotípicas importantes para o melhoramento genético da espécie (JUNIOR SCANAVACA & GARCIA, 2001).

1.1 EUCALIPTO E A INDÚSTRIA MOVELEIRA

Mesmo sendo um gênero de crescimento rápido, a madeira de eucalipto não despertava muito interesse na indústria moveleira. Afinal, sempre gerou grandes defeitos causados pela presença de tensões internas de crescimento e propriedades físicas e mecânicas heterogêneas, sendo estas características resultantes das variações em seus componentes anatômicos, tanto na direção axial quanto na radial (SILVA *et al.*, 2005). Adicionalmente, é freqüente a presença de nós nas toras, um fator que diminui a qualidade da madeira e sua utilidade, pois estes prejudicam suas propriedades físicas e mecânicas (SCHILLING *et al.*, 1998). Neste caso, a redução do número de nós pode ser conseguida através da indução da desrama natural,

utilizando espaçamentos menores (SCHILLING *et al.*, 1997) ou pela desrama artificial, no intuito de obter madeira limpa, reduzindo o diâmetro do cilindro nodoso (VALE *et al.*, 2002).

Além dos defeitos citados, as indústrias enfrentam o preconceito dos consumidores em relação ao uso da madeira de eucalipto para produção de móveis, devido a resultados negativos encontrados pelo setor moveleiro no início do século XX (SILVA, 2003).

O uso de madeiras de árvores jovens, devido à falta de matéria-prima, é também um fator que dificulta a confecção de produtos de qualidade. Árvores de eucalipto estão sendo serradas com diâmetro entre 15 e 20cm, conseqüentemente com grande quantidade de madeira juvenil. A madeira juvenil apresenta, geralmente, fibras mais curtas e menor densidade que a madeira normal, acarretando propriedades mecânicas inferiores, sendo quebradiça e frágil, não devendo ser utilizada onde essas características possam significar riscos (PONCE, 1995). Outro fator limitante do uso da madeira de eucalipto é a grande quantidade de defeitos que surgem durante a secagem, devido à elevada retratibilidade, propensão ao colapso e às tensões de crescimento (SILVA, 2002a).

A madeira de *Eucalyptus* é conhecida, de forma geral, como de difícil secagem, devido a sua estrutura anatômica

desfavorável ao fluxo de líquidos. Nesse sentido, vários defeitos de secagem podem aparecer, como: rachaduras, empenamento, colapso, dentre outros, o que afeta a qualidade e o rendimento em madeira serrada (CAIXETA, 2002). Assim, o controle do teor de umidade da madeira é indispensável, pois permite reduzir a movimentação dimensional a limites aceitáveis.

Este controle, além disso, melhora a atuação dos vernizes e tintas aplicados sobre a madeira, reduz o risco de ataque de fungos apodrecedores e manchadores, proporciona melhor qualidade na colagem e maior impregnação da madeira com líquidos preservativos, aumenta a resistência mecânica (GALVÃO & JANKOWSKY, 1984) e determina a maior ou menor facilidade em trabalhar a madeira. Assim sendo, a secagem constitui uma etapa imprescindível para garantir melhor qualidade da madeira antes de sua transformação em produto (CAIXETA, 2002).

O maior desafio da secagem é controlar a perda de água higroscópica, ou seja, a água impregnada nas paredes celulares. Afinal, é durante a perda desta que acontecem as variações dimensionais nas peças de madeira e aparecem os defeitos de secagem (GALVÃO & JANKOWSKY, 1984).

1.2 QUALIDADE DA MADEIRA

Segundo KIKUTI, FIER & CALORI (1991), a madeira de melhor qualidade é aquela que apresenta menor quantidade de defeitos, os quais lhes são intrínsecos (genéticos) ou resultantes do processo de corte, transporte, desdobro e/ou secagem da madeira.

Os principais fatores que influenciam na obtenção de um produto de qualidade são a grã, a massa específica ou densidade da madeira e as tensões de crescimento. Entre outros fatores, inerentes à madeira, o estado e regulagem dos equipamentos, juntamente com a perícia do operador, definem também a qualidade e o rendimento do material (SILVA, 2002b).

A tensão de crescimento é um mecanismo apresentado por toda folhosa arbórea, e não só o eucalipto, para que as árvores permaneçam eretas, apesar da grande esbeltez de muitas delas. As tensões de crescimento são formadas no câmbio, células do xilema, têm uma diminuta contração longitudinal logo após a divisão celular (LIMA *et al.*, 2000). Essas contrações fazem com que as novas camadas de células estejam em condição de tensão de tração. Essas tensões nas partes mais externas dos fustes fazem o papel de "armaduras de aço em colunas de concreto", sendo fundamentais para que os fustes das árvores não se quebrem facilmente quando submetidas a

ventos ou outros esforços laterais. Os fustes das folhosas apresentam então a parte externa, em tração longitudinal, e como consequência a parte interna em compressão. As consequências das tensões de crescimento são: tendência ao rachamento radial nas toras e nas peças diametraais, durante o desdobro, e o encurvamento das peças desdobradas, defeitos indesejáveis na produção de objetos de madeira. O encurvamento se dá de tal modo que faces ou arestas côncavas são sempre dos anéis mais externos da peça (PONCE, 1995). As causas das altas tensões de crescimento não são bem conhecidas, mas há suspeitas de que estejam relacionadas a fatores genéticos, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento e inclinação do fuste (OPIE *et al.*, 1984 apud TRUGILHO, 2004).

A tendência ao rachamento provocado pelas tensões varia nos eucaliptos de acordo com a espécie, assim como entre árvores ou entre clones de uma mesma espécie. FERNANDES (1982) apud PONCE (1995), pesquisando toras de *E. urophylla*, concluiu que ocorrem grandes variações na intensidade das rachaduras nas extremidades das toras durante o desdobro, sendo que as variações dentro de progênies são maiores que entre progênies. Os efeitos das tensões de crescimento podem ser controlados através de anelamento do tronco da árvore e de corte simultâneo de duas costaneiras utilizando serras duplas, sejam de fita, circulares, alternativas ou picadores canteadores.

O termo grã refere-se à orientação geral dos elementos verticais constituintes do lenho, em relação ao eixo da árvore ou de uma peça de madeira. Esta orientação é decorrente das diversas influências em que a árvore é submetida durante o seu processo de crescimento, culminando em grande variação natural no arranjo e na direção dos tecidos axiais, originando grãs direita ou irregulares (MORESCHI, s/d).

A grã direita ou reta é o tipo de grã considerada normal, apresentando os tecidos axiais orientados paralelamente ao eixo principal do fuste da árvore ou de peças de madeira. (MORESCHI, s/d). As grãs irregulares são tipos de grãs cujos tecidos axiais apresentam variações na inclinação em relação ao eixo principal do fuste da árvore ou de peças de madeira. Segundo BURGER & RICHTER (1991), os tipos de grãs irregulares distinguem-se em: grã entrecruzada ou revessa, em que os tecidos axiais de madeira apresentam-se orientados em diversas direções; grã ondulada, neste tipo de grã os elementos axiais do lenho alteram constantemente suas direções; e grã inclinada, diagonal ou oblíqua, que é causada pelo desvio angular dos elementos axiais, em relação ao eixo longitudinal de uma peça de madeira.

A massa específica (densidade) reflete a composição química e a quantidade de matéria lenhosa por unidade de

volume ou, de forma inversa, do volume de espaços vazios existentes na madeira (BURGER & RICHTER, 1991).

A densidade constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas. De maneira geral, as madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras, que as leves. Porém, em paralelo a estas vantagens, são de mais difícil trabalhabilidade (MORESCHI, s/d). O conhecimento da massa específica serve como uma informação útil para a classificação de uma madeira sobre sua qualidade e uso, devido ao alto grau de correlação existente entre a densidade, resistência mecânica e durabilidade natural da madeira (SCHILLING *et al.*, 1997).

Sendo a madeira um produto da natureza em contínuo desenvolvimento, ela jamais fornece medidas ou valores fixos e constantes. Devido à sua variabilidade, a massa específica também é um reflexo das inúmeras influências externas e internas que atuam na organização e dimensões das células do lenho (LATORRACA & ALBUQUERQUE, 2000). As influências internas estão ligadas à espécie florestal, umidade, lenhos inicial e tardio, largura dos anéis de crescimento e posição no tronco. E entre as principais influências externas, sobre as árvores, temos locais de crescimento e métodos silviculturais (MORESCHI, s/d).

1.3. USINAGEM

O termo usinagem ou trabalhabilidade refere-se ao grau de facilidade de processar a madeira mediante o uso de instrumentos (BURGER & RICHTER, 1991), tendo como objetivo não somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto for possível (LATORRACA, 2003).

Para conhecer a trabalhabilidade de cada madeira é preciso conhecer a interação de suas propriedades com os parâmetros de usinagem (SILVA *et al.*, 2005).

Segundo SILVA *et al.* (2002b) e ISKRA & TANAKA (2005), os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados aos seguintes parâmetros: variações das propriedades da madeira, condições das máquinas (desgastes dos componentes das máquinas - balanceamento e alinhamento), ferramentas de corte (conservação do gume de corte e a escolha da ferramenta mais adequada) e treinamento do operador (regulagem e o ajuste das máquinas).

A madeira isenta de defeitos naturais, o controle no desdobro e na secagem da madeira reduzem a ocorrência de defeitos de precisão dimensional das peças usinadas. A utilização de geometrias e condições de corte impróprias contribui para a redução da eficiência, pois estas condições estão associadas ao aumento nas falhas nas operações de usinagem (LUCAS FILHO, 2004).

2. OBJETIVOS

Avaliar características da madeira de *Eucalyptus urophylla* ao longo da secagem ao ar livre e seu comportamento frente a ensaios de usinagem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL

As árvores de *Eucalyptus urophylla* com diâmetro aproximado de 35 cm e idade de em torno de 14 anos foram coletadas em povoamentos de uma propriedade do município de Piraí.

3.2 DESDOBRO

O desdobro primário das toras foi realizado na serraria LPZ - Artefatos de Madeira e Serviços LTDA., utilizando-se serra de fita vertical. No primeiro corte foi retirada uma costaneira, em seguida a tora foi girada e realizaram-se cortes sucessivos paralelos a este (Figura 1). Foram retiradas as irregularidades laterais das tábuas em máquina canteadeira circular para acerto das dimensões (2,30 m x 16 cm x 3 cm) (Figura 2). Em seguida as tábuas foram empilhadas na serraria, onde ficaram por duas semanas.

Após este período, as tábuas foram levadas ao Instituto de Florestas/UFRRJ, no município de Seropédica - RJ. Ao chegarem ao Instituto, foram medidos o comprimento, a largura e a espessura e em seguida pesadas (Figura 3). Os dados das medições foram utilizados para os cálculos das retrações lineares e volumétricas durante a secagem e as

pesagens serviram para a escolha da amostra de controle de umidade para a pilha de secagem ao ar livre.

A tábua escolhida como amostra controle foi a de maior peso, sendo posteriormente levada à marcenaria, onde foram retiradas duas amostras com 5cm de largura, distantes pelo menos 30cm do topo da tábua, cada uma de um lado, deixando a amostra controle com 120cm. As amostras de 5 cm foram pesadas e depois colocadas em estufa a $103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24h para obtenção de madeira absolutamente seca. Depois de retiradas da estufa, as amostras foram pesadas para determinação do teor de umidade inicial da madeira. Em seguida, a amostra controle e demais peças foram empilhadas e deixadas para secar ao ar livre.



Figura 1. Desdobro primário de uma tora de *Eucalyptus urophylla* uma serra de fita vertical.



Figura 2. Acerto das dimensões das tábuas de *Eucalyptus urophylla* em uma máquina canteadeira circular.



Figura 3. Mensuração (A) e pesagem (B) das tábuas de *Eucalyptus urophylla*.

3.3 SECAGEM

A secagem ao ar livre foi realizada no galpão da Usina de tratamento de moirões do Instituto de Florestas, conforme mostra a figura 04, no período de setembro a novembro.

O acompanhamento da secagem foi feito pela pesagem diária da amostra controle, sendo esta localizada no interior da pilha de secagem.

Durante a semana, de segunda a sexta-feira, a amostra controle foi pesada e calculado o teor de umidade, o que possibilitou o monitoramento da secagem da pilha. A amostra foi pesada até o teor de umidade se estabilizar, sinalizando que a madeira estava seca, ou seja, não estava mais perdendo umidade para o meio. O período de secagem foi de dois meses.

Após a secagem da madeira, cada tábua foi medida novamente para cálculo da retração linear e volumétrica. Em seguida, as tábuas foram avaliadas para verificar a presença de rachaduras, rachas superficiais, empenamentos, esmoado e nós. A metodologia para cálculo dos defeitos das tábuas encontra-se descrita em CARVALHO (2000).

O índice de rachaduras determinado expressa a porcentagem do comprimento da tábua que sofreu este tipo de defeito. Este

índice fornece um indicativo do nível das tensões de crescimento presentes na árvore (Miranda, 1998).

$$IR\% = \frac{cr_1 + cr_2}{ct} \times 100$$

onde: IR% = índice de rachamento na tábua;

cr_1 = comprimento da racha mais longa em uma extremidade;

cr_2 = comprimento da racha mais longa na outra extremidade.

ct = comprimento total da tábua.

Rachas Superficiais, também chamadas de fendilhado, são pequenas rachas que ocorrem nas superfícies das tábuas e os empenamentos são distorções que ocorrem nas peças de madeira em relação ao seu plano principal; podem ser ocasionados por contrações radiais e tangenciais durante a secagem, pela presença de lenho juvenil e grã espiralada ou ainda por efeito das tensões de crescimento liberadas no desdobro.

Foram medidos os seguintes tipos de empenamentos: encurvamento, arqueamento e encanoamento.

O encurvamento (Figura 5a) e o arqueamento (Figura 5b) foram expressos em relação ao comprimento da peça, sendo medido o ponto de maior ocorrência do defeito.

O encanoamento, foi medido em função da largura da peça e calculado pela diferença entre a espessura nominal da tábua e a espessura possível de se obter após o aplainamento, sendo expresso em milímetros (mm) (Figura 5c).

Devem ser feitos ajustes nos equipamentos utilizados nos testes de broca e torno. No de torno é preciso aumentar a rotação do motor para no mínimo 3200rpm, como recomendado pela norma ASTM D 1666-87, revisada em 1994.



Figura 4. Pilha de secagem ao ar livre das tábuas de *E. urophylla*.

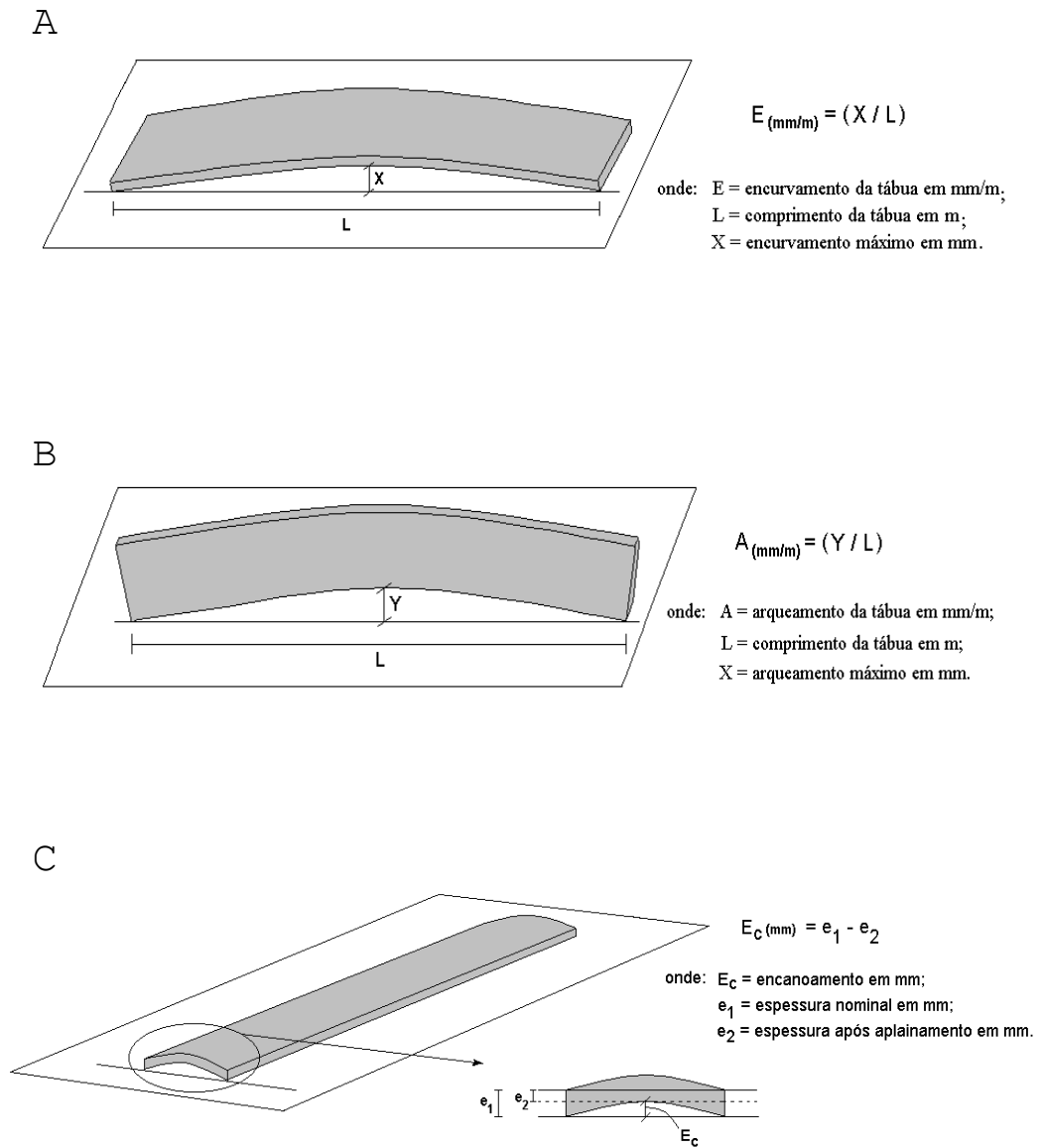


Figura 5. Esquema representativo do cálculo de encurvamento (A), arqueamento (B) e encanoamento (C) das tábuas.

3.4 USINAGEM

Depois de secas as peças foram levadas para a marcenaria do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas da UFRRJ, onde foram confeccionados os corpos-de-prova nas dimensões especificadas na Figura 6, baseada nas dimensões estabelecidas pela norma ASTM D 1666 - 87 (revisada em 1994). Foram observados os critérios como posição e defeitos, evitando-se retirar peças dos extremos e também provenientes de partes defeituosas. Em seguida, os corpos-de-prova foram levados para câmara climatizada, onde ficaram até o momento de realização dos ensaios de usinagem.

Para comparação dos resultados obtidos para a madeira de *E. urophylla* foi utilizado os da madeira de Angelim-pedra (MARQUES *et al.*, 1997).

Os ensaios foram realizados baseados também nos procedimentos estabelecidos pela norma ASTM D 1666-87, e no trabalho realizado por MARQUES *et al.* (1997) do LPF-Laboratório de Produtos Florestais, do IBAMA, intitulado: Madeiras da Amazônia, características e utilização. Avaliaram-se os principais defeitos e sua intensidade sobre as peças, aplicando-se um sistema de notas, que variou de 1 a 5, onde 1 significou amostra sem defeitos e as demais notas foram determinadas em função da intensidade dos mesmos.

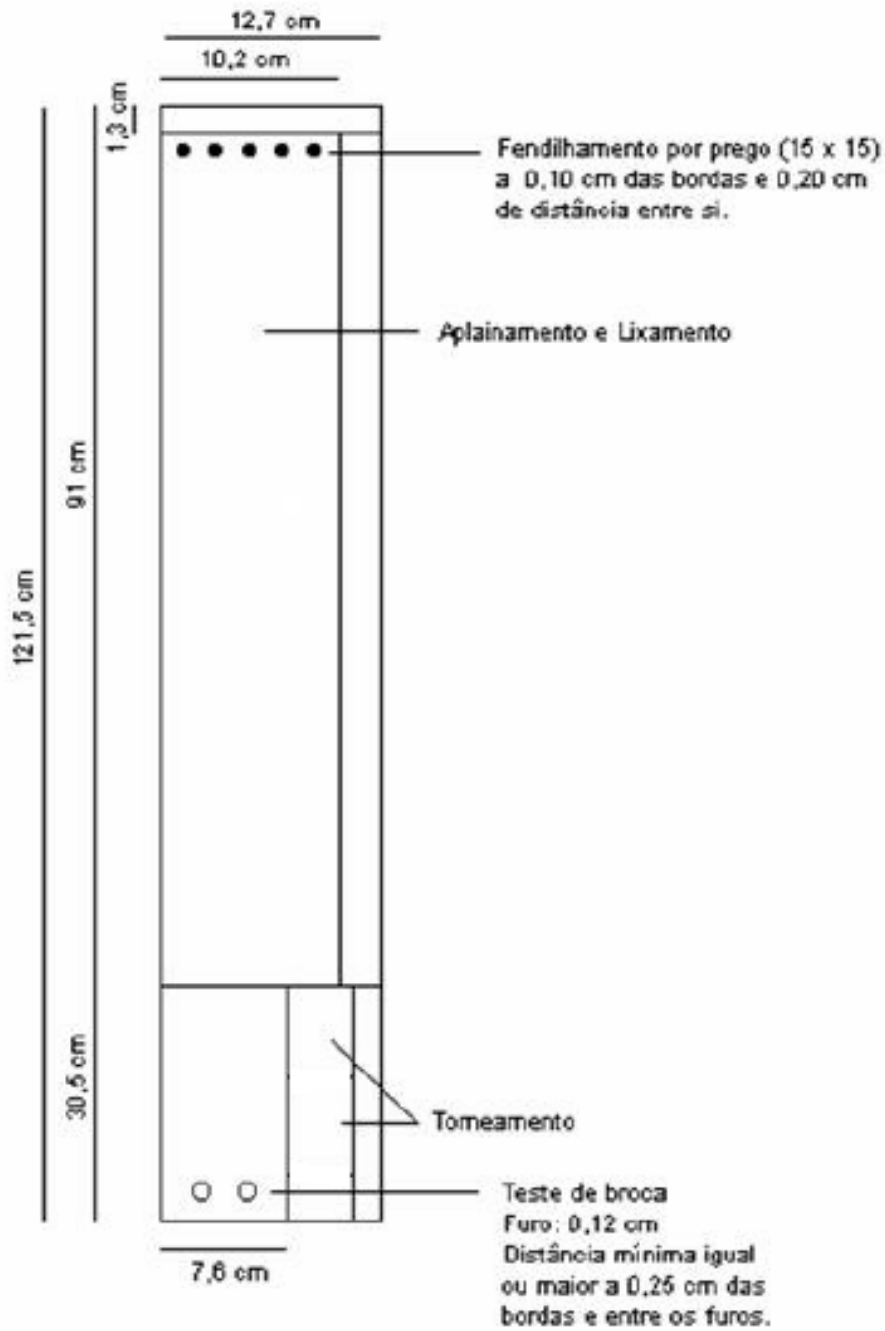


Figura 6. Esquema de retirada das amostras para os testes de usinabilidade (ASTM D 1666-87, revisada em 1994).

3.4.1 Teste de Plaina

Foi utilizada uma plaina desengrossadeira de 2 facas, com velocidade de alimentação de 3 m/min e rotação de 1600rpm, com espessura de corte de 3mm e o ângulo de ataque de 60° (Figura 7).

Nesta operação as amostras foram avaliadas em três situações, na primeira foi observada a presença de defeitos, arrancamento de grã e arrepiamento nas superfícies das peças. Para as quais foram atribuídas as seguintes notas:

Nota 1 - superfície isenta de quaisquer defeitos;

Nota 2 - presença de arrepiamento leve a médio;

Nota 3 - presença de arrepiamento forte e arrancamento leve;

Nota 4 - presença de arrepiamento forte e arrancamento leve a médio;

Nota 5 - presença de arrancamento forte, independente da presença de arrepiamento.

Na segunda avaliação verificou-se a ocorrência de desvio de grã, sendo este classificado em grã direita, inclinada, ondulada, entre-cruzada ou reversa, e para cada tipo de desvio atribuiu-se as seguintes notas:

Nota 1 - leve, apenas uma parte pequena da peça apresentando o desvio de grã;

Nota 2 - média, metade da peça estava comprometida com o desvio;

Nota 3 - severa, o desvio esteve presente em toda a superfície da peça.

Na terceira operação de avaliação observou-se o arrancamento de cavacos, conferindo às peças as seguintes notas:

Nota 1 - peça isenta de marcas de cavaco;

Nota 2 - leve, poucas marcas e/ou de dimensões pequenas;

Nota 3 - média, marcas maiores que as anteriores e/ou em quantidade inferior a seguinte;

Nota 4 - severa, muitas marcas e/ou de tamanhos maiores que as anteriores.



Figura 7. Procedimento para o teste de plaina em corpos de prova confeccionados com *E.urophylla*.

3.4.2 Teste de Lixa

Utilizou-se para este teste uma lixadeira de esteira, possuindo 2,70m entre a roda motriz e a roda guia, sobre as quais foi montada a lixa de cinta estreita de 150mm de largura, com costado em tecido "drill", camada aberta, grão 60. A face lixada por meio de pressão foi a mesma utilizada no teste de plaina.

No teste foi avaliado o riscamento de superfície e grã felpuda, e para cada situação foram conferidas as seguintes notas:

Nota 1 - superfície sem defeitos;

Nota 2 - leve, superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;

Nota 3 - média, presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça;

Nota 4 - severa, presença de riscamento ou grã felpuda em toda ou grande parte da peça.

3.4.3 Teste de Broca

Foi utilizada uma furadeira de coluna de 1 hp, equipada com broca, tipo helicoidal de aço. Cada amostra de madeira foi

perfurada em dois pontos localizados a uma distância mínima de 25 mm de suas bordas e entre os furos.

No teste avaliou-se a ausência ou presença de queima da madeira, além da sua intensidade da queima da madeira; arrancamento de grã; grã felpuda e esmagamento de grã, atribuindo, de acordo com os defeitos encontrados, notas de 1 a 4:

Nota 1 - superfície isenta de defeitos;

Nota 2 - leve, superfície com queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã em uma parte pequena da peça;

Nota 3 - média, presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã, em metade da superfície da peça;

Nota 4 - severa, presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã, em toda ou grande parte da peça.

3.4.4 Teste de torno

Para este teste utilizou-se um torno com rotação de 1450 rpm, avanço de 3 m/min, combinado por um bedame (ferramenta de corte) e facas com o perfil preestabelecido em norma (ASTM D 1666 - 87) que delimita os contornos das amostras a serem

torneadas, como mostrado na Figura 8. Foram avaliados o arrancamento de grã, a presença de grã felpuda e superfície enrugada, atribuindo as seguintes notas:

Nota 1 - superfície sem defeitos;

Nota 2 - média, presença de arrancamento de grã, grã felpuda e/ou superfície enrugada, em metade da peça;

Nota 3 - severa, presença de arrancamento de grã, grã felpuda e/ou superfície enrugada, em grande parte da peça ou em toda ela.

3.4.5 Fendilhamento por prego

Foram utilizados pregos de 15 x 15 com 35 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro, estes foram transpassados em uma das extremidades de cada amostra de madeira, a 10 mm de suas bordas e com um espaçamento de 20 mm entre si, empregando-se um martelo de 425g. Este teste foi realizado nas amostras utilizadas no teste de lixa.

A avaliação do grau de aceitação dos pregos foi indicado através da presença de rachas ou trincas e de suas dimensões, mesmo quando estas se apresentaram insignificantes, não alcançando o topo das amostras (observadas na superfície de penetração). A presença ou não destas rachas determinaram a aceitação da madeira em relação ao uso de pregos.

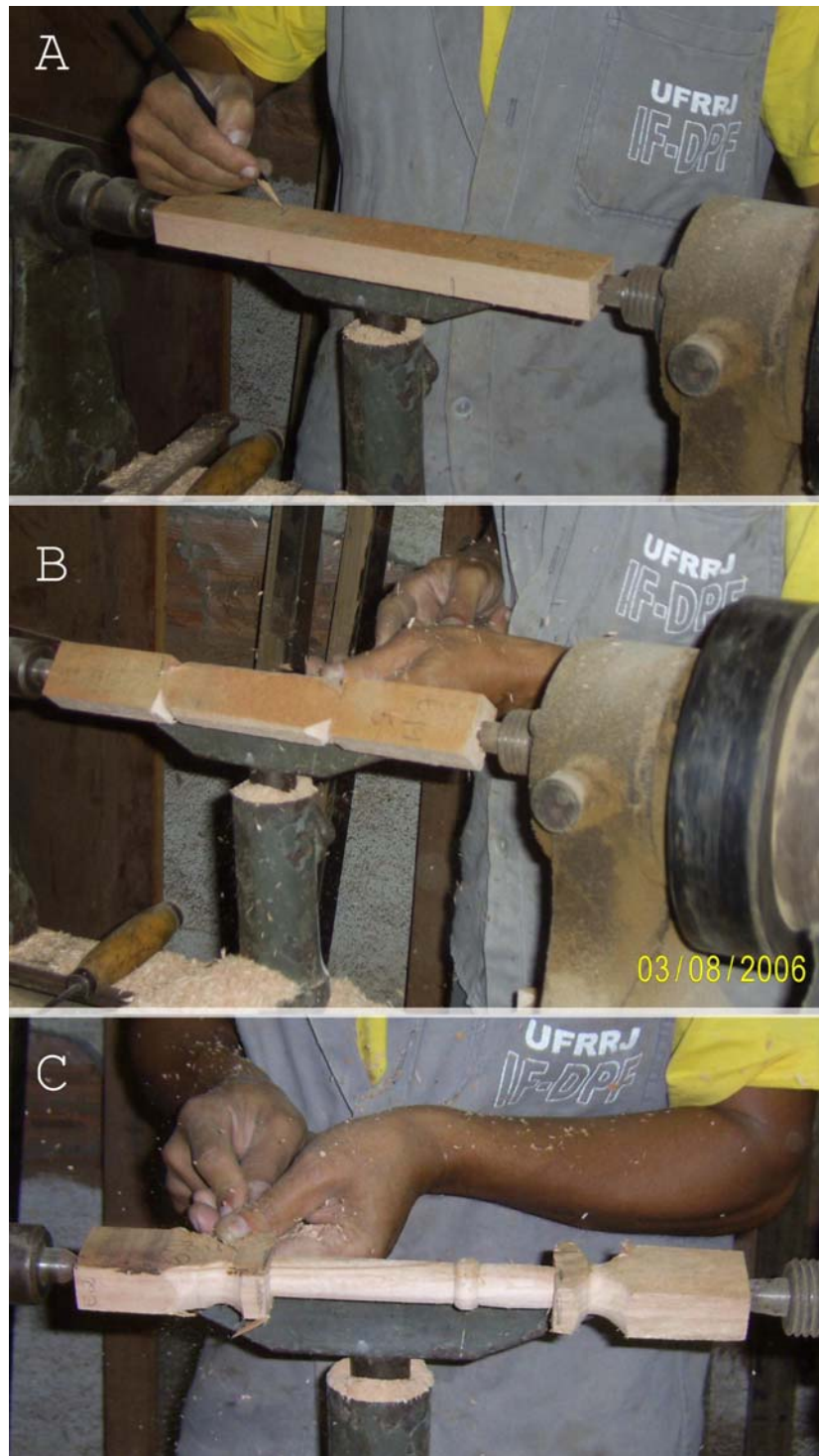


Figura 8. Procedimento de torneamento do corpo-de-prova confeccionado com madeira de *E. urophylla*. Observa-se a marcação do desenho (A), o início (B) e a finalização (C) do ensaio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SECAGEM

Na Figura 9 é apresentada a curva relativa ao acompanhamento da secagem ao ar livre das peças de *Eucalyptus urophylla*.

A Tabela 1 mostra os resultados das avaliações feitas nas peças de madeira após a secagem. Já na Tabela 2 são apresentados os valores médios de contração linear e volumétrica, e também o coeficiente de variação.

Os valores altos de peças com rachas superficiais e alto índice de rachamento ocorreram durante a secagem rápida a qual a madeira de *E. urophylla* foi submetido, pelas condições climáticas ao longo do período de secagem (dias quentes e de grande circulação de ar). Os empenamentos também ocorreram devido a secagem rápida das peças e a falta de pesos melhor distribuídos sobre a pilha de secagem como também observado por Mendes (1997).

A quantidade média de nós encontrada por metro de tábua foi alta e isto se deve à falta de desrama artificial ao longo do manejo dado ao plantio.

Em relação às contrações lineares a madeira de *E. urophylla* comportou-se como o esperado para o gênero, maior na face radial, seguida pela tangencial e longitudinal.

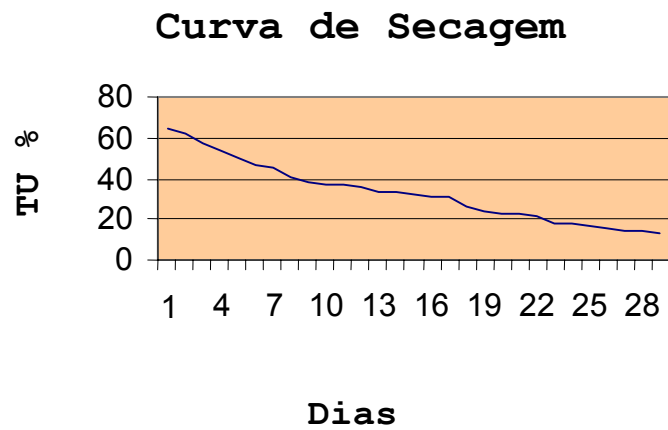


Figura 9. Curva de secagem ao ar livre da madeira de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 1. Valores médios para as variáveis estudadas nas tábuas de *E. urophylla*.

Avaliações	Madeira de
	<i>Eucalyptus urophylla</i>
Índice de Rachamento(%)	22,87
Rachas Superficiais (% de tábuas)	
• Ausentes	40
• Poucas	55
• Severas	5
Encurvamento (mm/m)	2,17
Arqueamento (mm/m)	1,65
Encanoamento (mm/m)	1,90
Esmoado (% de tábuas)	0,00
Nós (n°/m)	2,41

Tabela 2. Valores médios das contrações lineares e volumétricas.

	Contrações Lineares						Contração Volumétrica	
	Espessura		Largura		Comprimento		X(%)	CV%
	X(%)	CV%	X(%)	CV%	X(%)	CV%		
<i>Eucalipto</i>	8,29	35,44	3,78	34,45	0,17	85,03	12,23	28,81

*X: Média Aritmética; **CV%: Coeficiente de Variação.

4.2 USINAGEM

4.2.1 Teste de plaina

Na primeira avaliação onde verificou-se a presença de defeitos, como arrancamento de grã e arrepiamento nas superfícies das peças, os resultados obtidos são os apresentados na Tabela 3. Na segunda avaliação verificou-se a ocorrência de desvio de grã, e os resultados estão apresentados na Tabela 4. Já na terceira operação de avaliação observou-se o arrancamento de cavacos, e o resultado obtido é o mostrado na Tabela 5.

4.2.2 Teste de Lixa

No teste de lixa os resultados obtidos foram os apresentados na Tabela 6. A Figura 10 ilustra um corpo de prova do teste de lixa avaliado com nota 1, superfície sem defeitos.

4.2.3 Teste de Broca

No teste de broca os resultados encontram-se na Tabela 7. Na Figura 11 está ilustrado um corpo-de-prova avaliado com nota 2 (leve, superfície com queima da madeira, arrancamento

de grã, grã felpuda e esmagamento de grã em uma parte pequena da peça).

4.2.4 Teste de Torno

No teste de torno os resultados encontram-se na Tabela 8 e a Figura 12 ilustra os corpos-de-prova do teste de torno que obtiveram nota 3 (severa, presença de arrancamento de grã, grã felpuda e/ou superfície enrugada, em grande parte da peça ou em toda ela).

4.2.5 Fendilhamento por Prego

Para o teste de fendilhamento por pregos o resultado encontrado é apresentado na Tabela 9. A Figura 13 ilustra um corpo-de-prova submetido ao teste de fendilhamento por pregos e classificado como: não aceita pregos.

Tabela 3. Resultados obtidos para a madeira de *Eucalyptus urophylla* na avaliação 1 (arrancamento de grã e arrepiamento na superfície da peça) do teste de plaina.

Notas atribuídas às peças	Porcentagem de tábuas (%)
• Nota 1	15
• Nota 2	40
• Nota 3	35
• Nota 4	10
• Nota 5	0

Nota 1 - superfície isenta de quaisquer defeitos; Nota 2 - presença de arrepiamento leve a médio; nota 3 - presença de arrepiamento forte e arrancamento leve; nota 4 - presença de arrepiamento forte e arrancamento leve a médio; nota 5 - presença de arrancamento forte, independente da presença de arrepiamento.

Tabela 4. Resultados obtidos para a madeira de *Eucalyptus urophylla* na avaliação 2 no teste de plaina (ocorrência de desvio de grã).

Tipo de desvio de grã	Porcentagem de tábuas (%)
• Direita	5
• Ondulada	30
• Revessa	55
• Inclinada	10

Nota 1 - leve, apenas uma parte pequena da peça apresentando o desvio de grã; nota 2 - média, metade da peça estava comprometida com o desvio; nota 3 - severa, o desvio esteve presente em toda a superfície da peça.

Tabela 5. Resultado obtido para a madeira de *Eucalyptus urophylla* na avaliação 3 do teste de plaina (arrancamento de cavacos).

Notas atribuídas as peças	Percentagem de tábuas (%)
• Nota 1	50
• Nota 2	35
• Nota 3	15
• Nota 4	0

Nota 1 - peça isenta de marcas de cavaco; nota 2 - leve, poucas marcas e/ou de dimensões pequenas; nota 3 - média, marcas maiores que as anteriores e/ou em quantidade inferior a seguinte; nota 4 - severa, muitas marcas e/ou de tamanhos maiores que as anteriores.

Tabela 6. Resultado obtido para a madeira de *E. urophylla* no teste de lixa.

Defeitos analisados	Percentagem de tábuas (%)
Riscamento de superfície	
• Nota 1	95
• Nota 2	5
• Nota 3	0
• Nota 4	0
Grã felpuda	
• Nota 1	85
• Nota 2	10
• Nota 3	5
• Nota 4	0

Nota 1 - superfície sem defeitos; nota 2 - leve, superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça; nota 3 - média, presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça; nota 4 - severa, presença de riscamento ou grã felpuda em toda ou grande parte da peça.

Tabela 7. Resultado obtido para a madeira de *E. urophylla* no teste de broca.

Defeitos analisados	Percentagem de tábuas (%)
Queima da madeira	
• Nota 1	100
• Nota 2	0
• Nota 3	0
• Nota 4	0
Arrancamento de grã	
• Nota 1	0
• Nota 2	25
• Nota 3	55
• Nota 4	20
Grã felpuda	
• Nota 1	0
• Nota 2	35
• Nota 3	45
• Nota 4	20
Esmagamento de grã	
• Nota 1	95
• Nota 2	5
• Nota 3	0
• Nota 4	0

Nota 1 - superfície isenta de defeitos; nota 2 - leve, superfície com queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã em uma parte pequena da peça; nota 3 - média, presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã, em metade da superfície da peça; nota 4 - severa, presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã, em toda ou grande parte da peça.

Tabela 8. Resultados obtidos para a madeira de *E. urophylla* no teste de torno.

Espécie	<i>Eucalyptus urophylla</i>	
Defeitos	Percentagem de peças (%)	
Arrancamento de grã		
• Nota 1		0
• Nota 2		10
• Nota 3		90
Grã felpuda		
• Nota 1		0
• Nota 2		25
• Nota 3		75
Superfície enrugada		
• Nota 1		10
• Nota 2		30
• Nota 3		60

Nota 1 - superfície sem defeitos; nota 2 - média, presença de arrancamento de grã, grã felpuda e/ou superfície enrugada, em metade da peça; nota 3 - severa, presença de arrancamento de grã, grã felpuda e/ou superfície enrugada, em grande parte da peça ou em toda ela.

Tabela 9. Resultado obtido para a madeira de *E. urophylla* no teste de fendilhamento por pregos.

Espécie	<i>Eucalyptus urophylla</i>
Avaliação	Percentagem de peças (%)
Sem rachas	45
Com rachas	55



Figura 10. Corpo-de-prova do teste de broca avaliado com nota 2 (leve, superfície com queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã em uma parte pequena da peça).



Figura 11. Corpos-de-prova do teste de torno avaliados com nota 3 (severa, presença de arrancamento de grã, grã felpuda e/ou superfície enrugada, em grande parte da peça ou em toda ela).



Figura 12. Corpo-de-prova do teste de fendilhamento por pregos com rachas.

4.2.6 Resultados totalizados

Os resultados analisados conjuntamente, dos testes de usinagem para a madeira de *Eucalyptus urophylla* estão apresentados na Tabela 10.

De forma geral, a madeira de *Eucalyptus urophylla* não apresentou bons resultados nos testes de usinagem realizados neste trabalho. Apenas no teste de lixa esta obteve acabamento superficial excelente, com 90% das peças sem defeito, o que mostra que o equipamento é adequado para trabalhar com esta espécie.

No teste de torno o equipamento foi inadequado devido à baixa rotação do motor (1450 rpm), o que levou ao aparecimento excessivo de defeitos, pois com a baixa rotação, a faca ao entrar em contato com o corpo-de-prova provocava o arrancamento de grã, causando buracos na peça. Foi verificado que em baixa rotação só foi possível trabalhar com madeiras mais densas que o *Eucalyptus urophylla*, pois na presença de nós, local geralmente com densidade básica maior, o acabamento superficial foi excelente.

No teste de broca o equipamento também se mostrou inadequado para o *E. urophylla*, devido à alta incidência de grã arrancada e grã felpuda nas peças.

Para o teste de plaina o resultado encontrado foi devido à presença de grã irregular verificada em 95% das peças. A grã irregular dificulta o acabamento superficial por apresentar os tecidos axiais com variação na inclinação em relação ao eixo das peças de madeira ou da árvore (BURGER & RICHTER, 1991).

No teste de fendilhamento por pregos, das vinte peças de madeira de *E. urophylla* analisadas, 11, ou seja, 55% apresentaram rachas enquanto as demais não apresentaram. Portanto, o resultado mostra que a madeira de *E. urophylla* não aceita prego, pelo menos os pregos na dimensão utilizada neste teste.

Tabela 10. Resultados encontrados para o *Eucalyptus urophylla*.

Resultados	Testes			
	Comportamento da madeira			
	Plaina	Broca	Lixa	Torno
Porcentagem de peças sem defeitos	32,5%	49%	90%	3,33%
Acabamento superficial	Ruim	Regular	Excelente	Muito ruim
Defeitos	Arrepiamento	Arrancamento de grã e grã felpuda	-	Arrancamento de grã e grã felpuda

Tipo de grã: revessa (55%), ondulada (30%), irregular (10%) e direita (5%).

A madeira de *E. urophylla* não aceita prego.

5. CONCLUSÕES

É possível secar ao ar livre a madeira de *Eucalyptus urophylla*.

Comparando os resultados obtidos para a madeira de *E. urophylla* nos testes de usinagem com os encontrados para o angelim-pedra, a espécie apresentou bom rendimento.

Portanto, pode-se concluir que a madeira do *Eucalyptus urophylla* pode ser utilizada pela indústria moveleira, na fabricação de móveis ou de seus componentes visto que os defeitos apresentados podem ser atribuídos principalmente ao tipo de equipamento empregado e não as características e qualidade da madeira.

6. RECOMENDAÇÕES

Devem ser feitos ajustes nos equipamentos utilizados nos testes de broca e torno. No de torno é preciso aumentar a rotação do motor para no mínimo 3200rpm, como recomendado pela norma ASTM D 1666-87, revisada em 1994.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1666-87: **standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials** (reapproved 1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

ANGELI, A. Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus*. **Revista da Madeira**, ano 16, n.95, p.78-80, 2006.

BURGER, L.M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 180p.

CARVALHO, A.M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAIXETA, R.P.; TRUGILHO P.F.; LIMA, J.T.; ROSADO, S.C.S. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**, n.61, p.49-58, 2002.

FERNANDES, P.S. **Variações de Densidade da Madeira e suas Relações com as Tensões de Crescimento em Progenies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. 1982. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba **apud** PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, 1995, São Paulo. IPT, São Paulo, 1995.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C.S.; TRUGILHO, P.F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *eucalyptus* spp. **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.10-21, 2004.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWISKY, I.P. **Secagem Racional da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.

ISKRA, P.; TANAKA, C. The influence of wood fiber direction, feed rate, and cutting width on sound intensity during routing. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v.63, n.3, p.167-172, 2005.

JUNIOR SCANAVACA, L. **Caracterização silvicultural do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e de seu potencial para utilização em serraria.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JUNIOR SCANAVACA, L.; GARCIA, J.N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha Flores. **Scientia Forestalis**, n.64, p.23-32, 2003.

KIKUTI, P.; FIER, I.S.N.; CALORI, J.V. Produção de madeiras de reflorestamento de alta qualidade. **Revista da madeira**, v.5, n.30, p.8-13, 1996.

LATORRACA, J.V.F.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.7, n.1, p.279-291, 2000.

LIMA, I.L.; GARCIA, J.N.; NOGUEIRA, M.C.S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, n.58, p.111-125, 2000.

LUCAS FILHO, F.C. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis.** 2004. 176f. Tese (Doutorado em Gestão do *Design* e do Produto) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MARQUES, M.H.B., MELO, J.E. et al. **Madeiras da Amazônia: características e utilização.** 1997. 141p. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais renováveis.

MENDES, L.M.; SILVA, J.R.M.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; Técnicas corretas de secagem da madeira do eucalipto ao ar livre. In: Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador, 1997.

MIRANDA, M.J.A.C. Estudos da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith no rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca. 1998.188p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MORESCHI, J.C. **Propriedades da Madeira.** Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, s/d.

NÉRI, A.C. **Parâmetros de corte na usinagem de madeiras de reflorestamento.** 2003. 140f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OPIE, J.E.; CURTIN, R.A.; INCOLL, W.D. Stand management. In. HILLIS, W.E.; BROWN, A. G. *Eucalyptus* for wood production. Sydney, CSIRO/Academic Press, 1984. p. 179-197 **apud** TRUGILHO, P.F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M.P.; MATOS, J.L.M.; SALDANHA, L.K. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* maiden. **Revista Árvore**, v.28, n.5, Viçosa, 2004.

PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, 1995, São Paulo. IPT, São Paulo, 1995.

SCHILLING, A.C.; SCHNEIDER, P.R.; HASELEIN, C.R.; FINGER, C. A. G. Influência de diferentes intensidades de desrama sobre a porcentagem de lenho tardio e quantidade de nós da madeira de primeiro desbaste de *Pinus elliottii* Engelman. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p.115-127, 1998.

SCHILLING, A.C.; SCHNEIDER, P.R.; HASELEIN, C.R.; FINGER, C. A. G. Influência da desrama sobre a densidade de primeiros desbaste de *Pinus elliottii* Engelman. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 77-89, 1997.

SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis hill ex. maiden*, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002a. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, J.R.M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis hill ex. maiden*.** 2002b. 179f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SIVA, J.R.M.; MUÑIZ, G.I.B; LIMA, J.T; BONDUELLE, A.F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da

madeira de *Eucalyptus urophylla* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.479-487, 2005.

SILVA, M.N.M.; NASCIMENTO, L.F.; POLEDNA, S.C.. A importância do fornecedor em segmentos de tecnologia estabilizada: uma análise da inserção do eucalipto no segmento moveleiro. In: Encontro nacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, ENGEMA, 7., 2003, São Paulo.

VALE, R.S.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; MORI, F.A.; MORAIS, A. R. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, p.285-297, 2002.

VALENÇA, A.C.V.; PAMPLONA, L.M.P.; SOUTO, S.W. Os novos desafios para a indústria moveleira no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.15, p.83-96, 2002.