

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

DANIELA MININI

QUALIDADE DA MADEIRA DE MOGNO BRASILEIRO PROVENIENTE  
DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS PARA A PRODUÇÃO DE SERRADOS

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO  
2016

DANIELA MININI

QUALIDADE DA MADEIRA DE MOGNO BRASILEIRO PROVENIENTE  
DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS PARA A PRODUÇÃO DE SERRADOS

Monografia apresentada ao  
Departamento de Ciências  
Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira  
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO  
2016

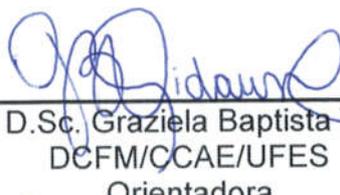
DANIELA MININI

QUALIDADE DA MADEIRA DE MOGNO BRASILEIRO PROVENIENTE  
DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS PARA A PRODUÇÃO DE SERRADOS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do  
título de Engenheira Florestal.

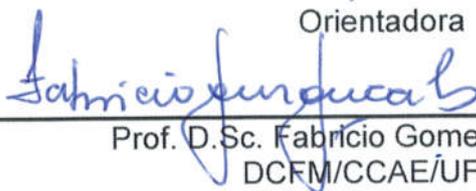
Aprovada em 02 de dezembro de 2016

COMISSÃO EXAMINADORA



---

Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Graziela Baptista Vidaurre  
DCFM/CCAEE/UFES  
Orientadora



---

Prof. D.Sc. Fabrício Gomes Gonçalves  
DCFM/CCAEE/UFES



---

João Gabriel Missia da Silva  
Engenheiro Industrial Madeireiro, Mestre em Ciências Florestais – UFES



---

Brunela Pollastrelli Rodrigues  
Engenheira Florestal, Mestre em Ciências Florestais – UFES

Aos meus pais, Adelmo Luiz Minini e Ione Fiorini Minini e meu irmão Charles Minini,  
por depositarem toda a confiança em mim, me apoiando e dando força todos esses  
anos

"Bendito o homem que confia no SENHOR, e cuja  
confiança é o SENHOR. Porque será como a árvore  
plantada junto às águas, que estende as suas  
raízes para o ribeiro, e não receia quando vem o  
calor, mas a sua folha fica verde; e no ano de  
sequidão não se afadiga, nem deixa de dar fruto".

*Jeremias 17:7, 8.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar até aqui, me dando forças e sabedoria.

Aos meus pais Adelmo Luiz Minini e Ione Fiorini Minini, e meu irmão Charles Minini pelo amor, pela educação, conselhos e por serem minha inspiração para continuar e nunca desistir dos meus objetivos.

A professora Graziela Baptista Vidaurre, por todo apoio, orientação, amizade, e por acreditar em mim.

Ao professor Fabricio Gomes Gonçalves, pelos ensinamentos, pela amizade e apoio ao longo da graduação.

Ao João Gabriel Missia da Silva, pelos ensinamentos e ajuda na coleta de dados.

As minhas amigas, quase irmãs, Karla Pinto Pancieri, Laura Ribeiro Vaillant, Liliane Paes e Maria Paula Dalvi pela amizade, conselhos, apoio e carinho.

Ao Elecy pela ajuda na elaboração dos corpos de prova.

Ao Ramon, Clailson e Isabela pela ajuda no preparo das amostras e nas análises.

A empresa Celeiro Floresta Criativa pela disponibilidade do material para o trabalho.

A Universidade Federal do Espírito Santo pela estrutura de trabalho oferecida e por minha formação acadêmica.

## RESUMO

A *Swietenia macrophylla* (mogno brasileiro) é uma espécie apreciada no mercado internacional, principalmente pelas propriedades físicas e mecânicas da madeira. Mediante a restrição do corte da espécie em florestas nativas, a solução para atender a demanda pela madeira foi a instalação de povoamentos florestais com a espécie. Contudo, surge a problemática que a madeira oriunda de plantios florestais pode não apresentar propriedades e qualidades semelhantes à de origem nativa. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade da madeira de mogno brasileiro proveniente de plantios comerciais em duas idades para a produção de serrados. Amostrou-se 15 árvores de *Swietenia macrophylla* de um plantio comercial em Luziânia – GO, nas idades de 16 e 14 anos. Foram quantificados e classificados índices de qualidade das toras (conicidade, achatamento, deslocamento de medula e rachaduras de topo) e os defeitos da madeira serrada (empenamentos e rachaduras) de acordo com normas técnicas vigentes; a variabilidade casca-casca e base-topo do máximo desvio angular, mensurado pelo método de divisão radial; bem como a correlação de Pearson do máximo desvio angular com as rachaduras de topo de toras e os defeitos da madeira serrada. Os valores médios dos índices de qualidade de toras para as idades de 16 e 14 anos das árvores de mogno brasileiro foram de 1,65 cm/m para conicidade, 94,33% para o achatamento, 1,16 cm de deslocamento de medula e 0,06% de rachaduras de topo de tora após corte e 0,175% após o quinto dia de corte, atendendo assim os valores limites estabelecidos pelas normas, e não inviabilizando o uso ou depreciando a qualidade da madeira. O máximo desvio angular médio das árvores nas duas idades para a posição medula foi de 4,59°, posição casca 6,39°, posição base 5,79°, 50% da altura comercial 5,10° e topo 6,13°, e apresentou correlação negativa com as rachaduras de topo de tora. As tábuas apresentaram empenamentos e rachaduras em níveis mínimos e não inviabilizam o uso e nem a qualidade. Pesquisas com a espécie *Swietenia macrophylla* precisam ser continuadas, visto as poucas informações existentes à respeito das formas de secagem, monitoramento e análise de sua qualidade para determinados usos.

Palavras-chave: *Swietenia macrophylla*, Qualidade de toras, Grã da madeira, Defeitos madeira serrada.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 O problema e sua importância .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo geral .....	2
1.2.2 Objetivos específico .....	2
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 <i>Swietenia macrophylla</i> .....	3
2.2 Índices de qualidade de toras .....	4
2.3 Máximo desvio angular (MAD) .....	9
2.4 Defeitos da madeira serrada .....	10
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	13
3.1. Informações do plantio, amostragem e coleta do material .....	13
3.2 Índices de qualidade de toras .....	16
3.3 Máximo desvio angular (MAD) .....	17
3.4 Empenamentos e Rachadura de topo de tábuas .....	19
3.5 Análise estatística .....	19
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
4.1 Índices de Qualidade de toras .....	20
4.2 Máximo desvio angular (MAD) .....	22
4.3 Defeitos da madeira serrada .....	25
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	28
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	29

# 1 INTRODUÇÃO

O mogno brasileiro é conhecido mundialmente como uma espécie nobre e com grande importância econômica devido às características inerentes da madeira, como fácil trabalhabilidade, alta estabilidade dimensional e boa durabilidade (ARÉVALO, 2002). É usado pela indústria madeireira na fabricação de mobiliários de alto valor agregado, objetos de adorno e decoração, arquitetura de ambientes, lâminas decorativas, instrumentos musicais e em embarcações leves (RIZZINI, 1990).

Devido a redução da disponibilidade da madeira de mogno brasileiro no mercado, ocasionada pela implantação de leis que restringem a exploração, o aumento da fiscalização, e a redução das áreas disponíveis para manejo, o avanço dos plantios comerciais dessa espécie são essenciais para garantir o fornecimento de madeira sólida para o mercado nacional e internacional e assim evitar a extinção das árvores de remanescentes florestais.

A madeira de mogno provinda de plantios comerciais é frequentemente comparada às árvores mais velhas nativas, para fins de parâmetros de qualidade, e por vezes essa comparação se torna demasiada, pois seu desenvolvimento e práticas de manejo (adubação, irrigação, desbaste, desrama), são diferentes do encontrado para uma árvore que cresce em ambiente natural (nativa). É ainda desconhecido se a domesticação do mogno brasileiro influenciará a qualidade da madeira

Outra questão é a relação benefício/custo dos plantios, que também terá que ser considerada. Com as mudanças no mercado econômico mundial, faz-se necessário investir em formas de produzir mais, com o mínimo de custos agregados ao produto (SATO et al., 2014). Isso será possível com os avanços na geração de informações sobre as práticas silviculturais e a qualidade da madeira, onde os acertos e erros durante o ciclo de corte ficarão bem mais visíveis, e como consequência os custos poderão ser reformulados tendendo a uma redução dos mesmos.

## 1.1 O Problema e a sua importância

Contudo, apesar da madeira de mogno apresentar alto valor comercial e ser almejada no mercado brasileiro e internacional, ainda há poucas informações tecnológicas e científicas a respeito do manejo, (desde a fase de melhoramento genético até a época de corte) e sobre a qualidade da madeira, uma vez que a madeira oriunda de plantios florestais pode não apresentar propriedades e qualidade semelhante à de origem nativa (BERNARDES; GUIDICCI, 2012).

Os produtores e investidores optam por implantar povoamentos de espécies nativas de acordo com técnicas de manejo já definidas para a cultura do eucalipto, pela carência de informações e profissionais especializados na área. Assim, é necessário o desenvolvimento de cartilhas, manuais, palestras, pesquisas, cursos, para norteá-los.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade da madeira de mogno brasileiro proveniente de plantios comerciais em duas idades para a produção de serrados.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Verificar a evolução das rachaduras de topo das toras com o tempo e alguns índices de qualidade de tora;
- Avaliar a variação do ângulo de inclinação da grã no sentido medula-casca e base-topo das árvores;
- Avaliar as rachaduras e empenamentos da madeira serrada;
- Relacionar o ângulo de inclinação da grã com rachaduras de topo das toras e com os defeitos da madeira serrada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Swietenia macrophylla* King

*Distribuição e aspectos morfológicos:* a espécie *Swietenia macrophylla*, conhecida como mogno, é uma espécie tropical nativa da América Central, com predominância desde o México, Bolívia, até a região central do Brasil (KRISNAWATI; KALLIO; KANNINEN, 2011). A espécie ocorre principalmente nas florestas ombrófilas abertas, florestas semidecíduais e decíduais nas áreas de transição ecológica e também na floresta ombrófila densa, porém em menor proporção (ALVARADO et al., 2010).

Pertencente à família Meliaceae, o mogno é uma árvore robusta, que pode atingir 3,5 metros de diâmetro e 25 a 30 metros de altura em ambiente natural (nativa) (COSTA; MORAIS; CAMPOS, 2013; TUCCI; LIMA; LESSA, 2009). Os frutos iniciam a maturação em setembro, prolongando-se até meados de novembro, com floração de novembro a janeiro. Um quilo de sementes pode conter cerca de 2300 unidades. Sua viabilidade é muito curta à temperatura e umidade ambiente, toda via, pode ultrapassar um ano em câmara seca (30% de UR) a 12 graus centígrados. As sementes podem ser colocadas para germinar tanto em sementeiras como em recipientes individuais, irrigando-as duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 15 a 20 dias e a taxa de germinação é alta para sementes novas (LORENZI, 2000).

*Situação da espécie Swietenia macrophylla no Brasil:* desde a década de 90, o governo brasileiro busca controlar a exportação com liberações restritas da espécie e em 2001, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) suspendeu os planos de manejo e as exportações. Sem essa intervenção, o mogno poderia extinguir-se comercialmente, pela alta exploração em florestas nativas, ou pelo baixo suprimento proveniente de plantios comerciais (GROGAN; BARRETO, 2005).

Para a produção madeireira, os plantios com diferentes espécies ou em linhas de enriquecimento em floresta primária ou secundária, com boas condições de luminosidade, podem ser as melhores alternativas de plantio para o mogno brasileiro (COSTA; MORAIS; CAMPOS, 2013). Sendo dessa madeira, essencial investir em esforços no desenvolvimento de pesquisas sobre a produção de mudas de mogno

para fins de reflorestamento e suprimento do mercado consumidor (BARBOSA; MARMONTEL; NUNES, 2010).

Ataques frequentes de *Hypsipyla grandella* tem sido o grande impasse para o sucesso do estabelecimento da espécie em plantios de grande escala (GUIMARÃES et al., 2004). O estágio larval da praga alimenta-se da gema apical das mudas de mogno, tornando-as inviáveis para o plantio ou provocando bifurcação no fuste quando as mesmas já estão estabelecidas (PEDROSA; MACEDO, 1993).

O plantio de mogno consorciado com outras espécies, pode reduzir a possibilidade de ataque da *H. grandella* (GUIMARÃES et al., 2004), o que seria uma alternativa para os produtores, uma vez que esses plantios poderiam fazer parte da reserva legal da propriedade.

*Características da madeira de Swietenia macrophylla nativa:* a madeira do mogno brasileiro possui densidade média seca ao ar (12% de umidade) de 0,56 g/cm<sup>3</sup>. A madeira é valorizada pela sua estabilidade, beleza e boa trabalhabilidade, se comparada a outras espécies madeireiras. O alburno é distinto, mas não claramente demarcado do cerne. O cerne é castanho avermelhado ou rosado quando recém cortado, transformando-se em uma cor marrom vermelho após a exposição ao ambiente (ITTO, 2016).

Possui textura é média e uniforme, possibilitando bom acabamento. Não possui cheiro característico e o gosto é levemente amargo (CARVALHO, 2007). O cerne tem alta durabilidade e resistência a fungos, o alburno é moderadamente resistente a cupins de madeira seca e suscetível ao ataque de broca. A ocorrência da madeira de tração pode contribuir para uma contração longitudinal elevada (ARÓSTEGUI, 1975; ITTO, 2016).

A madeira de mogno brasileiro apresenta variações em consequência da natureza do habitat da árvore. Se estabelecido em terrenos secos o lenho apresenta-se mais tenro e compacto, o contrário para terrenos úmidos (CARVALHO, 2007).

## **2.2 Índices de qualidade de toras**

*Conicidade*: é caracterizada pela diminuição do diâmetro da base do tronco para a copa da árvore, onde os diâmetros médios das extremidades apresentam diferenças significativas, sendo mais pronunciada em toras oriundas da parte basal (IBDF, 1984; NASSUR, 2012). A conicidade apresenta-se mais pronunciada em árvores isoladas ou situadas às margens de povoamentos (NASSUR, 2012), uma vez que não existe competição e ela cresce em sua forma específica.

De acordo com a norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas, toras com conicidade de até 3 cm/m são classificadas como classe superior ou “SU”. Conicidade superior a 4 cm/m é enquadrada na classe II (IBDF (1984). Altos valores de conicidade irão afetar o rendimento final da madeira serrada, pois será necessário retirar costaneiras com maiores espessuras para se formar um bloco central.

A conicidade da tora é obtida por meio dos diâmetros médios das duas extremidades, de acordo com a Figura 1 e calculado pela Equação 1.

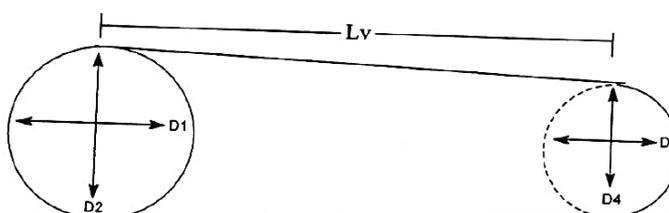


Figura 1 - Método utilizado para determinar a conicidade da tora

Fonte: IBDF (1984).

$$CO = \frac{\left(\frac{D_1+D_2}{2}\right) - \left(\frac{D_3+D_4}{2}\right)}{L_v} \quad (1)$$

Em que: CO: conicidade (cm/m);  $D_1$  e  $D_2$ : diâmetros opostos da base da tora (cm);  $D_3$  e  $D_4$ : diâmetros opostos do topo da tora (cm);  $L_v$ : comprimento da tora (m).

*Achatamento de topo de tora*: é caracterizado pela presença de diâmetros diferentes numa mesma seção da tora, sendo necessária a avaliação de suas duas extremidades (IBDF, 1984).

O achatamento acentuado dificulta a produção de um bloco central e diminui o rendimento de madeira serrada, pelo fato de se ter que tirar costaneiras com

maiores espessuras, visando um bloco com ângulos retos (VITAL, 2013), do mesmo modo que acontece nas toras com conicidade.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF, 1984) somente é considerado como defeito, uma tora que apresente um achatamento menor que 90%, dividindo-se em Classe I ( $\geq 80\%$ ), Classe II ( $\geq 70\%$ ) e Classe III ( $\geq 60\%$ ). Toras com valor superior ou igual a 90% de achatamento, são classificadas como superiores (SU). O achatamento é calculado por meio da Equação 2.

$$\text{ACH (\%)} = \frac{d}{D} * 100 \quad (2)$$

Em que: ACH: achatamento (%); d: diâmetro menor (cm); D: diâmetro maior (cm).

*Deslocamento de medula:* é uma medida do deslocamento da medula e do cerne do centro geométrico da tora, avaliado pela relação da distância de sua posição ao centro geométrico e o diâmetro médio da tora. Toras com medula excêntrica geralmente contêm madeira de reação (FERREIRA et al., 2008; VITAL, 2013).

Acredita-se que árvores que se desenvolvem em terrenos de baixas declividades tenham caules simétricos e conseqüentemente medulas centralizadas em relação as que se desenvolvem em terrenos inclinados. Porém, ainda que se desenvolvam em terrenos relativamente planos, podem apresentar medula deslocada, por conseqüência da ação dos ventos que encurvam o caule das árvores (FERREIRA et al., 2008).

O deslocamento da medula é calculado, por meio da Equação (3) e (4) proposta por Lima, Garcia e Stape (2007).

$$\text{DM} = R_M - R_{\text{médio}} \quad (3)$$

$$R_{\text{médio}} = \frac{R_M + R_m + R_{p1} + R_{p2}}{4} \quad (4)$$

Em que: DM: deslocamento da medula (cm);  $R_M$ : valor da maior distância entre a medula e a periferia da tora, (cm);  $R_{médio}$ : valor da menor distância entre a medula e a periferia da tora (cm);  $R_{p1}$ : valor do raio perpendicular 1 (cm);  $R_{p2}$ : valor do raio perpendicular 2 (cm).

Essas variáveis são obtidas de acordo com o procedimento esquematizado na Figura 2.

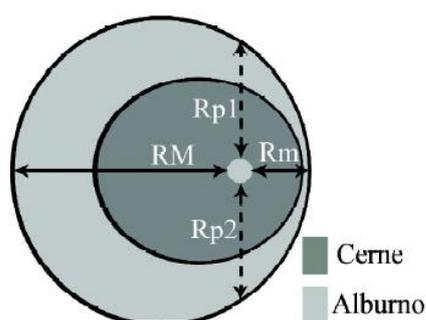


Figura 2 - Obtenção das variáveis:  $R_{médio}$ : valor da menor distância entre a medula e a periferia da tora;  $R_{p1}$ : valor do raio perpendicular 1;  $R_{p2}$ : valor do raio perpendicular 2;  $R_M$ : valor da maior distância entre a medula e a periferia da tora

Fonte: Lima (2005).

*Rachaduras de topo de tora*: uma árvore viva pode conter desde 35 até mais de 200% de teor de umidade, variando entre espécies e também dentro do próprio tronco (SEVERO, 2007). Logo após a derrubada e seccionamento de uma árvore, as toras já começam a perder umidade para o ambiente, advindo com esse processo às rachaduras.

Rachadura de topo de tora é a separação dos elementos que constituem a madeira ao longo da grã, devido às tensões de crescimento e pelo processo de secagem (VITAL, 2013).

A maioria das rachaduras de topo ocorre durante uma semana, sendo que rachaduras adicionais podem ocorrer durante o desdobro. Alguns pesquisadores informam que as rachaduras desenvolvem-se até 72 horas após a derrubada da árvore, sendo os tipos mais comuns de rachadura de topo de tora apresentados na Figura 3 (HILLIS; BROWN, 1984).

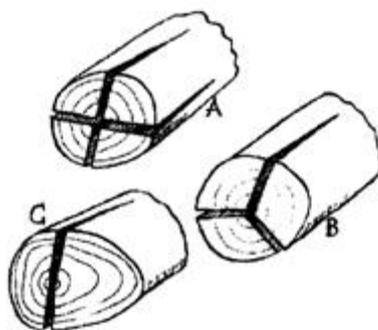


Figura 3 - Tipos de rachaduras de topo de tora: em formato de X (A), Y (B) e I (C)

Fonte: adaptado de Mattheck e Walther (1991).

Uma das principais razões que afetam os rendimentos da produção de madeira serrada no Brasil é a ocorrência de rachaduras, principalmente para espécies folhosas (LIMA; FREITAS; GARCIA, 2013) Existem cinco tipos de rachaduras que podem afetar a qualidade da madeira: a) rachadura causada pelo desbalanço entre tensões atuantes e resistentes; b) rachadura devido o efeito da derrubada; c) rachadura de topo de tora; d) rachadura por colapso; e e) rachadura de secagem. Somente as rachaduras de desequilíbrio e as de topo são resultantes das tensões de crescimento (BARISKA, 1990 citado por LIMA, 2005).

A medição das rachaduras de extremidades de tora é uma maneira indireta de avaliação da tensão de crescimento. Adicionalmente, essa avaliação é fácil e de baixo custo (LIMA; GARCIA; PIEDADE, 2002)

Determinações de níveis de rachaduras feitas através de sistemas de notas promovem resultados subjetivos, dependentes do avaliador e inconsistentes entre avaliadores. Assim, uma nova metodologia foi proposta para a medição de rachaduras de topo. O método é fundamentado no uso de uma câmera fotográfica digital para a aquisição de imagens; um círculo de diâmetro conhecido colado ao topo da tora fotografada, para definir a escala de cada fotografia; e após a obtenção, as imagens são exportadas ao computador e as rachaduras são mensuradas com o uso de *softwares* analisadores de imagem. Segundo a literatura há grandes vantagens em relação aos métodos subjetivos, pois os resultados são reprodutíveis, independentes de quem obtém a imagem e a análise é rápida (SCHAITZA; MATTOS; PEREIRA, 2003).

Dessa forma, para avaliação das rachaduras ao longo do fuste pode-se utilizar a metodologia proposta por Schaitza, Mattos e Pereira (2002) e o índice de rachaduras de topo de tora (IRTT) é calculado pela Equação 5 proposta por Lima, Garcia e Piedade (2002).

$$\text{IRTT} = 200 \left( \frac{\sum_{i=1}^n a_i C_i}{\pi D^2} \right) \quad (5)$$

Em que: IRTT: índice de rachaduras de topo (%);  $a_i$ : abertura máxima da  $i$ -ésima rachadura (cm);  $C_i$ : comprimento da  $i$ -ésima rachadura (cm);  $D$ : diâmetro médio da seção transversal da tora (cm).

### 2.3 Máximo desvio angular (MAD)

A grã é uma das várias características da madeira que podem influenciar a sua utilização. O termo grã refere-se à orientação e ao paralelismo dos elementos celulares que constituem a madeira em relação ao eixo principal do tronco ou de uma determinada peça de madeira (THINLEY et al., 2005).

Elevados ângulos de inclinação de grã em madeira pode ter um efeito negativo na sua qualidade, causando contração e deformação de tábuas, diminuindo a resistência, a estabilidade dimensional, a rigidez da madeira, o acabamento na usinagem e por consequência o seu valor (BRAZIER, 1977; CYRA; TANAKA, 2000).

Em contrapartida, os “desenhos” que aparecem na madeira são decorrentes aos desvios da grã que podem valorizá-la para vários usos finais da madeira (HERNÁNDEZ, ALMEIDA 2003).

A variação da grã possui forte influência genética, mas também é influenciada pelos fatores ambientais que afetam a árvore em crescimento (vento, peso da neve, peso da copa) (FONWEBAN, 2013; HARRIS, 1989), dando origem assim a variados tipos de grã.

A grã da madeira pode ser classificada em direita ou irregular. A grã direita ou reta é a considerada normal, onde os tecidos axiais estão orientados paralelamente ao eixo principal do tronco da árvore ou de uma peça de madeira. A madeira que possuir grã direita apresenta alta resistência mecânica, facilidade no desdobro e

processamento, e ocasiona menor percentual de defeitos na secagem (BURGER; RICHTER, 1991).

Na grã irregular os tecidos axiais não estão orientados paralelamente ao eixo principal do tronco ou da peça, apresentando variações na inclinação. Dentre os tipos de grã irregular distinguem-se: a espiralada (orientação espiral das fibras em relação ao fuste da árvore); intercruzada (a inclinação dos elementos axiais se dá em diversas direções); ondulada (os elementos axiais do lenho alteram constantemente suas direções, formando desenhos na forma de linhas sinuosas ao longo do eixo); inclinada, diagonal ou oblíqua (desvio angular dos elementos axiais, em relação ao eixo longitudinal a peça de madeira) (BURGER; RICHTER, 1991).

Para a avaliação da grã intercruzada é utilizado o método da divisão radial com posterior análise de imagem proposto por Webb (1969), e calculado pela Equação 6.

$$\text{MAD} = \tan^{-1} \left( \frac{\text{EF}}{\text{L}} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{\text{GH}}{\text{L}} \right) \quad (6)$$

Em que: MAD: máximo desvio angular ( $^{\circ}$ ); EF: raio do desvio formado pela grã para o lado esquerdo (cm); GH: raio do desvio formado pela grã para o lado direito (cm); L: altura da amostra.

## 2.4 Defeitos da madeira serrada

*Secagem da madeira:* os defeitos de secagem são as alterações que ocorrem na estrutura da madeira dificultando seu processamento (BRANDÃO, 1989), como: empenamentos (encanoamento, encurvamento e arqueamento) e rachaduras de topo e superficiais (Figura 4).

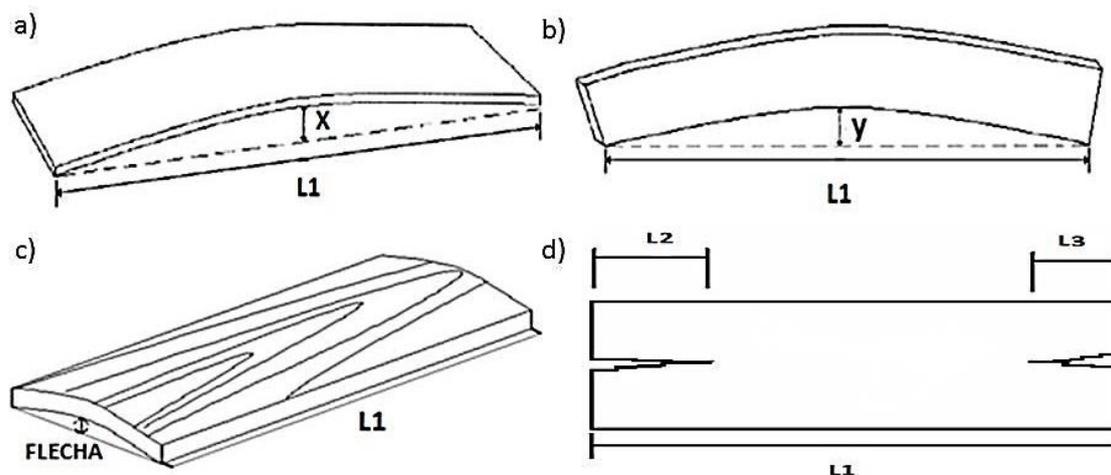


Figura 4 - Esquema de medição dos defeitos: encurvamento,  $x$  é a flecha de encurvamento (a); arqueamento,  $y$  é a flecha de arqueamento (b); encanoamento (c) e rachaduras de topo de tábuas (d);  $L1$  é o comprimento real das peças,  $L2$  e  $L3$ : comprimento das rachaduras

Fonte: adaptado de IBDF (1984); LIMA (2005) e ROCHA (2000).

Empenamento é qualquer deformidade da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies, e são definidos em função da forma. Dentre as formas de empeno podem ser citadas (MARTINS, 1988; SEVERO, 2007):

- *Encurvamento*: ocorre devido a diferenças de retração nas faces da peça quando uma delas perde mais umidade que a outra. Ocorre como consequência de irregularidades da grã ou por tensões de crescimento da árvore, Figura 4 (a).
- *Arqueamento*: diferença na contração longitudinal entre as bordas ocasionando encurvamento ao longo do comprimento da peça de madeira. Decorrente das contrações, irregularidades da grã e tensões de crescimento da árvore, Figura 4 (b).
- *Encanoamento*: ocorre quando a secagem acontece de forma mais rápida em uma face, ou quando uma face contrai mais que a outra. Essa diferença de umidade no processo de secagem ocorre quando a peça de madeira não possui as mesmas condições de circulação de ar em todas as faces, dificultando a evaporação em uma de suas faces, Figura 4 (c).

Os empenamentos são calculados pela razão entre a flecha de empeno e o comprimento ou largura da peça, de acordo com a norma NBR 9487 (ABNT, 1986).

A causa básica dos empenamentos são as próprias características da madeira (desvios de grã e presença de lenho juvenil), todavia, esse tipo de defeito pode ser minimizado ou até mesmo eliminado com o correto empilhamento da madeira para a secagem. Contudo, um empilhamento feito de forma inadequada poderá piorar tanto a incidência como a magnitude dos empenamentos (JANKOWSKY; GALINA, 2013).

Portanto, o acompanhamento e os procedimentos corretos, além das características intrínsecas das espécies, para a devida secagem das peças de madeira é de extrema importância para que a qualidade das mesmas não seja comprometida.

Outro defeito que aparece decorrente da diferença de retração e de umidade nas direções radial e tangencial da madeira, durante o processo de secagem, são as rachaduras de topo de tábuas, como representado na Figura 4 (d). Devido essas diferenças aparecem tensões que se forem superiores à resistência dos tecidos lenhosos, provocam a ruptura da madeira. As rachaduras podem ser superficiais ou de topo (MARTINS, 1980; SEVERO, 2007).

No processo de secagem as rachaduras superficiais podem surgir quando as peças de madeira secam de forma rápida nas camadas superficiais, atingindo valores até inferiores ao ponto de saturação das fibras, enquanto as camadas internas permanecem a uma umidade maior que 30%. Com isso, as camadas internas por estarem a uma umidade maior impedem as superficiais de se retraírem, surgindo assim tensões que exercem resistência da tração perpendicular as fibras, provocando assim o rompimento dos tecidos (JANKOWSKY, 1990).

As rachaduras de topo aparecem na maioria das vezes nos raios, que são compostos por células parenquimáticas de reduzida resistência mecânica. São originadas em consequência da diferença entre as contrações tangencial e radial (SEVERO, 2007).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Informações do plantio, amostragem e coleta do material

As árvores de mogno coletadas para o estudo possuíam 16 e 14 anos de idade. O material é proveniente de um plantio com área total de 90 hectares localizada no município de Luziânia-GO, (47°56'2"W e 16°30'51"S), Brasil. As sementes utilizadas no plantio foram originárias do estado do Acre e as mudas foram produzidas próximas ao local de plantio. O povoamento foi implantado e conduzido embasado em literaturas relativas ao eucalipto (tratos silviculturais). Todo ano é feita a aragem nas entrelinhas do plantio como medida preventiva a incêndios florestais, fato comum nessa região (podendo levar o mogno a morte). Os talhões foram estabelecidos ao redor das plantações de grãos (soja e feijão) (Figura 5).



Figura 5 - Mapa dos talhões 1 e 2 (A) e 3 a 7(B)

Fonte: adaptado Eficientes Soluções Florestais (2015).

As árvores foram plantadas com espaçamento de 4,15 x 6 metros, e não foram realizados desbaste ao longo dos anos, somente desrama.

Foram amostradas 15 árvores de mogno brasileiro nas duas idades (14 e 16 anos). Na seleção dos indivíduos, os parâmetros adotados foram o diâmetro à altura do peito (DAP) de cada talhão, obtido por meio do inventário florestal do ano anterior ao corte (Tabela 1), e também a altura da bifurcação, que correspondeu à altura

comercial, maior ou igual a 5 metros. O número de árvores selecionadas em cada talhão foi de acordo com o número de parcelas do inventário florestal, sendo colhida uma árvore em cada parcela, a cada 6 hectares, considerando a área total do plantio.

Tabela 1 - Informações dos respectivos talhões onde as árvores foram selecionadas, a área de cada talhão, a idade do povoamento e o número de indivíduos coletados

Talhão	Área (ha)	Idade (anos)	DAP (cm)	Nº de árvores
1	21,49	16	23,8	3
2	31,69	16	24,4	4
3	1,78	14	25,1	1
4	11,09	14	25,3	2
5	14,16	14	21,1	3
6	4,18	14	24,3	1
7	5,32	14	24,7	1
<b>Total</b>	89,71	-	24,1	15

Fonte: o autor.

Para uma amostragem mais criteriosa e controle durante o desdobro e análises laboratoriais, as direções cardeais (Norte e Sul) do plantio foram identificadas com bússola e marcadas ao longo do tronco das árvores.

Após o corte foi mensurada a altura total que correspondeu à altura do galho de maior comprimento, e a altura comercial do fuste. O volume comercial com e sem casca das árvores foi calculado utilizando o procedimento de *Smalian*, bem como, o fator de forma das árvores (SILVA; PAULA NETO, 1979). Os valores médios das variáveis dendrométricas das árvores de mogno brasileiro em duas idades de desbaste estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios para as variáveis dendrométricas: diâmetro a altura do peito (DAP); altura total (HT); altura comercial (HC); volume comercial com casca (VCcc); volume comercial sem casca (VCsc); fator de forma (FF)

Idade (anos)	DAP (cm)	HT (m)	HC (m)	VC cc (m <sup>3</sup> )	VCsc (m <sup>3</sup> )	FF
16	24,14	15,09	6,59	0,26	0,22	0,38
14	23,49	12,66	5,60	0,22	0,19	0,39
<b>Média geral</b>	23,82	13,87	6,10	0,24	0,20	0,38

Fonte: o autor.

O fuste comercial foi seccionado em duas toras que foram desdobradas numa serra de fita vertical simples. Além das toras, foram retirados três (3) discos ao longo do fuste comercial (base, 3 m e topo, anterior a bifurcação) (Figura 6).

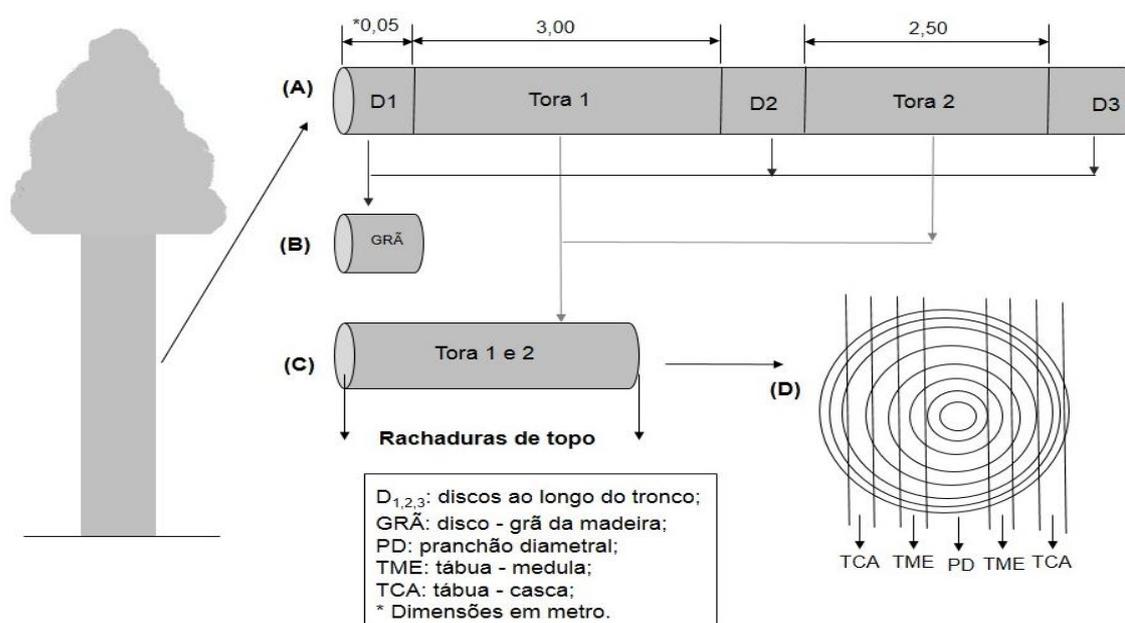


Figura 6 - Esquema de utilização das árvores: amostragem do fuste comercial (A); posições de retirada dos discos (B); pontos das análises nas toras (C); e modelo de corte (D)

Fonte: o autor.

### 3.2 Índices de qualidade de toras

Os índices de qualidade de toras avaliados para a madeira de mogno brasileiro nas duas idades foram a conicidade, achatamento, deslocamento de medula e rachaduras de topo. Foram avaliadas as duas extremidades de 30 toras.

O topo das extremidades das duas toras de cada árvore foi fotografado logo após o corte com o auxílio de uma câmera digital, posicionada a uma distância padrão de 1 metro e em direção ao eixo longitudinal da tora. Para análise da evolução das rachaduras de topo de toras com o tempo de estocagem, foram também obtidas fotografias 5 dias após o corte.

As fotografias foram analisadas por meio do *software* Image-Pro Plus® (Version 4.5.0.29) para a mensuração dos diâmetros das toras, dos raios de deslocamento da medula e do comprimento e abertura das rachaduras (Figura 7).

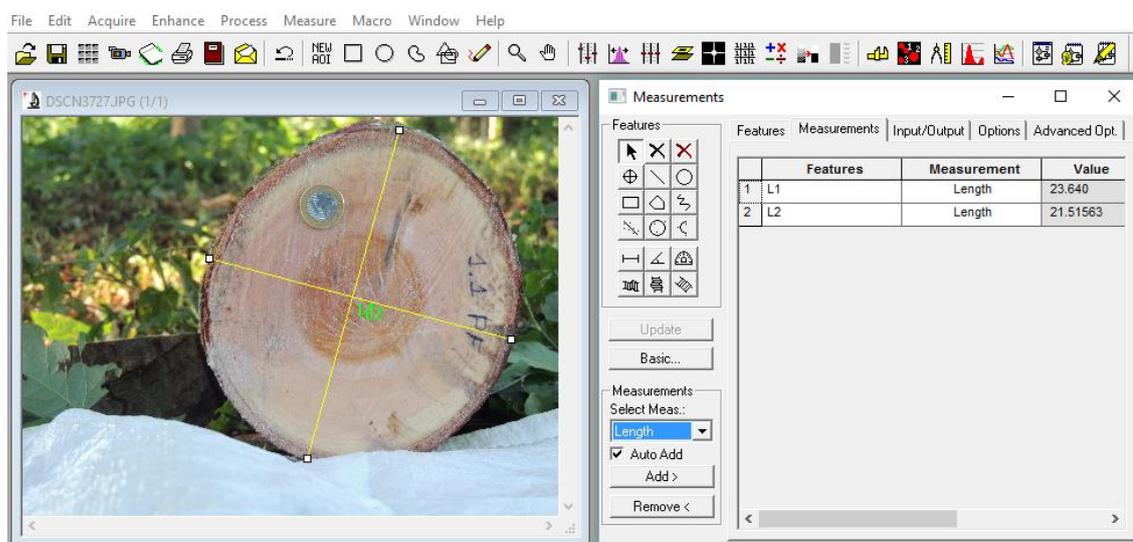


Figura 7 - *Software* Image-Pro Plus® (Version 4.5.0.29) analisador de imagens.

Medição do maior e menor diâmetro do topo da tora

Fonte: o autor.

A conicidade foi calculada pela razão entre a diferença dos diâmetros médios de cada extremidade pelo comprimento da tora. Já o achatamento das toras foi calculado pela relação do menor pelo maior diâmetro de cada extremidade. A avaliação e classificação (Tabela 3) da conicidade e achatamento das toras seguiu a Norma para Medição e Classificação de Toras de Folhosas (IBDF, 1984).

Tabela 3 - Critérios para classificação das árvores quanto ao achatamento

Item	Classes				
	SU	I	II	III	V
<b>Conicidade</b>	≤ 3%	≤ 3%	≤ 4%	n.e.	n.e.
<b>Achatamento</b>	≥ 90%	≥ 80%	≥ 70%	≥ 60%	n.e.

n.e.: não especificado pela norma

Fonte: IBDF (1984).

O deslocamento de medula foi mensurado pelo método proposto por Lima, Garcia e Stape (2007), subtraindo-se o maior raio entre a medula e a periferia da tora pelo raio médio. A avaliação do comportamento das rachaduras ao longo do tempo de estocagem das toras seguiu a metodologia proposta por Schaitza, Mattos e Pereira (2003), e para o cálculo do índice de rachaduras de topo foi de acordo com a metodologia proposta por Lima, Garcia e Piedade (2002). A evolução das rachaduras com tempo foi avaliada pela diferença em valores absolutos das duas medições (logo após o corte e 5 dias após o corte).

### 3.3 Máximo desvio angular (MAD)

O MAD foi determinado no sentido medula-casca e base-topo das árvores de mogno, pelo método da divisão radial com posterior análise de imagens, proposto por Webb (1969) e empregado por Coelho (2016), França, (2014) e Hernández (2007). Foram preparadas amostras de 5 x 5 x 5 cm<sup>3</sup> nos discos retirados ao longo do fuste [Figura 6 (B)]. Cada uma das 105 amostras foram divididas radialmente em uma das faces, promovendo o fendilhamento na face oposta, com um martelo e uma faca. As duas partes fendilhadas foram unidas novamente com uma fita adesiva e escaneadas (Figura 8) para possibilitar a mensuração dos desvios no *software* analisador de imagens e posterior cálculo do MAD.



Figura 8 - Procedimento adotado para fendilhamento das amostras de grã  
Fonte: o autor.

O MAD foi determinado pela soma do arco tangente dos ângulos máximos formados nos desvios da grã para o lado esquerdo e direito da direção de fendilhamento (Figura 9, Equação 7).

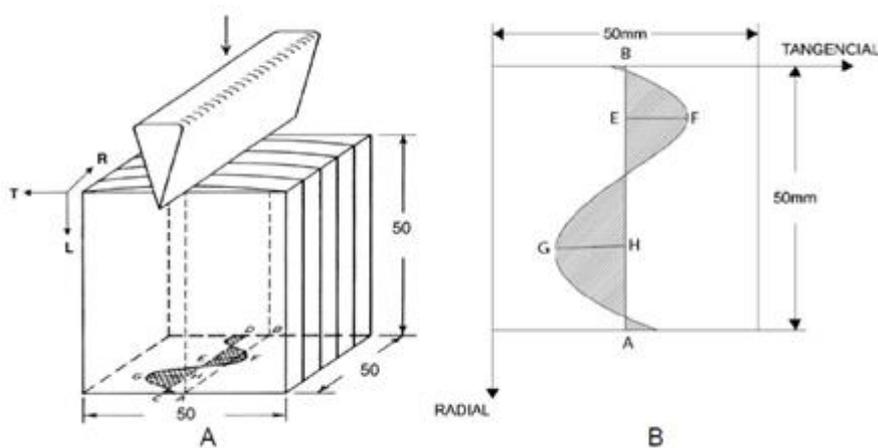


Figura 9 - Região do fendilhamento (A); e pontos de análise da grã para cálculo do MAD (B)

Fonte: Adaptado de Hernández e Almeida (2003).

$$\text{MAD} = \tan^{-1} \left( \frac{\text{EF}}{\text{L}} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{\text{GH}}{\text{L}} \right) \quad (7)$$

Em que: MAD: máximo desvio angular ( $^{\circ}$ ); EF: raio do desvio formado pela grã para o lado esquerdo (cm); GH: raio do desvio formado pela grã para o lado direito (cm); L: altura da amostra.

Em virtude do maior diâmetro, as amostras dos discos da base das árvores foram utilizadas para a avaliação da influência da posição medula-casca nos valores de MAD e, para avaliação dos desvios no sentido base-topo do fuste, utilizou-se as amostras retiradas próximas à região da medula dos discos das três posições do fuste comercial (base, 50% e topo).

### **3.4 Empenamentos e rachaduras de topo de tábua**

Após o desdobro das toras, realizou-se as medições das dimensões, das rachaduras e das flechas de empenamentos (encurvamento, arqueamento e encanoamento) de 56 tábuas úmidas. Após essas medições, as tábuas foram dispostas em uma pilha de secagem ao ar livre onde permaneceram por 90 dias até atingir uma umidade de equilíbrio de 12%. Decorrido o tempo de estocagem, as tábuas foram novamente mensuradas para obtenção da evolução dos defeitos. Os defeitos da madeira serrada foram avaliados conforme a NBR 9487 (ABNT, 1986).

### **3.5 Análise estatística**

Os resultados dos índices de qualidade de toras, máximo desvio angular e defeitos da madeira serrada foram avaliados pela estatística descritiva (média e desvio padrão). Para as duas idades de corte do mogno brasileiro foram avaliadas a relação funcional do MAD com os índices de rachaduras de topo de toras e defeitos da madeira serrada por meio da análise de correlação de Pearson ( $P < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Índices de Qualidade de toras

De acordo com a norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas, IBDF (1984), as toras analisadas para ambas as idades foram classificadas como classe superior tanto para a conicidade quanto para o achatamento, demonstrando uniformidade ao longo do fuste. O menor valor de conicidade foi para as árvores na idade de 16 anos (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias e desvio padrão (S) de conicidade, achatamento, deslocamento de medula e índice de rachadura de topo de tora de mogno brasileiro nas idades de 16 e 14 anos.

Idade (anos)	Estatística descritiva	Conicidade (cm/m)	Achatamento (%)	Deslocamento de medula (cm)
16	Média	1,41 (SU)*	94,57 (SU)	1,38
	S	0,89	4,50	1,23
14	Média	1,89 (SU)	94,09 (SU)	0,94
	S	1,16	4,49	0,47
Média geral		1,65	94,33	1,16
<b>Rachaduras de topo de toras</b>				
		<b>Após o corte (%)</b>		<b>5 dias após o corte (%)</b>
16	Média	0,07		0,18
	S	0,14		0,08
14	Média	0,05		0,17
	S	0,08		0,09
Média geral		0,06		0,175

\*(SU) Classe superior de conicidade e achatamento.

A classe superior de conicidade é aquela em que a conicidade é praticamente insignificante e que a madeira ao ser desdobrada, a espessura das costaneiras retiradas tendem a ser diminuídas, dessa forma, se ganha em rendimento final.

O índice de conicidade do mogno brasileiro de 16 e 14 anos foi superior ao índice de 0,98 cm/m observado em toras de faveira (*Parkia multijuga*) na pesquisa de Araújo et al. (2014) e próximo ao índice 1,6 cm/m encontrado no trabalho de Nassur et al. (2012) para *Toona ciliata* (18 anos).

Os valores médios de achatamento do mogno brasileiro (16 e 14 anos), foram superiores quantitativa e qualitativamente ao valor de 87,3% observado por Nassur et al. (2012) para as toras de *Toona ciliata* de 18 anos, e a média 90,6% observado por Polli et al. (2006) para toras de um clone de *Eucalyptus grandis*. Comparativamente, pode-se dizer que os troncos das árvores de mogno brasileiro são mais cilíndricos que as espécies estudadas por Polli et al. (2006) e Nassur et al. (2012).

O deslocamento de medula das árvores de 16 e 14 anos do mogno brasileiro foi de 1,38 e 0,94 cm, respectivamente. Vale ressaltar que pela declividade relativamente plana do local de implantação do povoamento, o mogno brasileiro apresentou deslocamento da medula, mas, em valores inferiores aos 2,17 e 1,53 cm das árvores de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos), encontrados por Silva et al. (2016), que também cresceram em terrenos relativamente planos.

O aumento dos valores médios de deslocamento de medula para a idade de 16 anos pode ser em razão da maior altura das árvores juntamente com correntes de ar frequentes que passam entre os talhões, favorecendo a movimentação em demasia das árvores pelo vento e ocasionando por consequência madeira de reação, alterando assim a geometria de desenvolvimento das medulas.

O índice de rachaduras de topo de toras (IRTT) logo após o corte e após 5 dias foi maior na idade de 16 anos. Em relação ao comportamento das rachaduras ao longo dos 5 dias, houve uma evolução nos valores médios de 0,11% para as árvores de 16 anos e de 0,12% para as de 14 anos.

As toras que melhor representam as médias de evolução de rachaduras de topo de toras nas duas idades estão representadas na Figura 9.

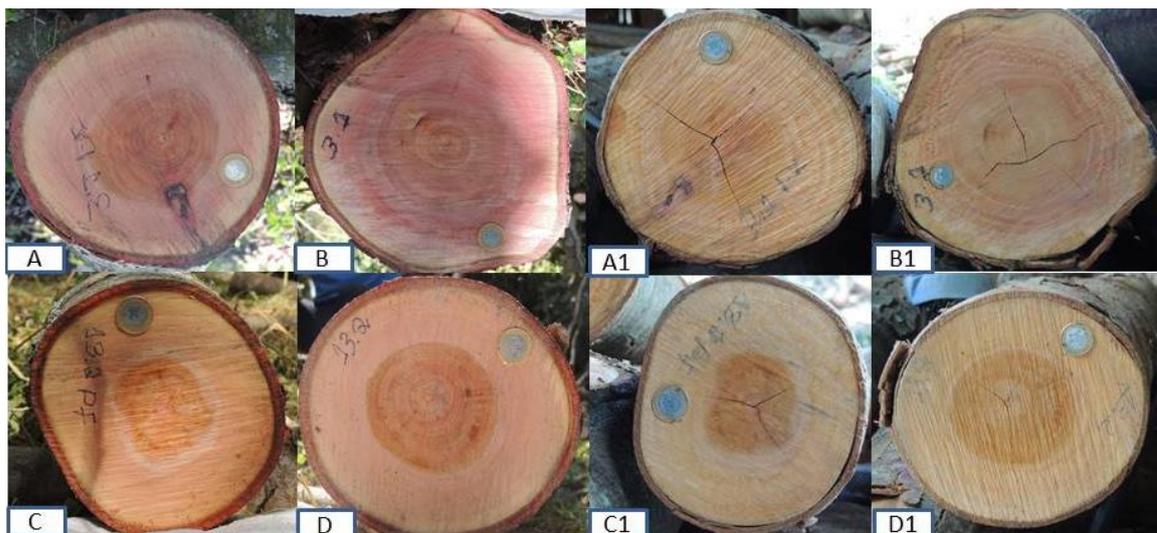


Figura 9 - Evolução das rachaduras de topo de tora de mogno brasileiro. 16 anos: (A) tora 3.1 Ponta Fina (PF) após corte e (A1) após 5 dias de corte; (B) tora 3.1 Ponta grossa(PG) após corte e (B1) após 5 dias de corte; 14 anos: (C) tora 13.2 PF após corte e (C1) após 5 dias de corte; (D) tora 13.2 PG após o corte; (D1) após 5 dias de corte

As rachaduras de topo de tora do mogno brasileiro são do tipo “Y”, como observado na Figura 9 (A1, B1, C1 e D1).

O IRTT do mogno brasileiro após abate e após 5 dias em campo para as duas idades foi inferior aos índices 0,113% e 0,427% após e 7 dias após o corte, observados nas toras de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (13 anos) na pesquisa de França (2014). Silva et al. (2016) obteve 0,20% e 0,5% de IRTT após o corte para *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos) respectivamente, índices próximos ao encontrado para as duas idades do mogno brasileiro.

Comparativamente, os valores encontrados para o mogno brasileiro foram inferiores aos encontrados para o gênero *Eucalyptus*, demonstrando que a espécie não possui elevadas tensões de crescimento. Já se comparado com as *Khayas ivorensis* e *senegalensis* o mogno brasileiro apresentou índices médios próximos.

#### 4.2 - Máximo desvio angular (MAD)

Os valores médios do MAD da madeira do mogno brasileiro em duas idades (16 e 14 anos), no sentido medula-casca e no sentido base-topo, estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios em graus do máximo desvio angular - MAD para as posições medula-casca e base-topo e do desvio padrão (S).

Idade (anos)		Posição medula-casca			Posição base-topo		
Disposição		Norte	Medula	Sul	Base*	50%*	Topo*
16	Média	6,83	5,70	8,66	7,07	6,19	6,29
	s	3,01	2,69	3,24	1,75	2,56	2,96
14	Média	5,61	3,47	4,43	4,50	4,02	5,98
	s	6,22	4,60	6,55	1,35	1,53	3,67
Média geral		6,22	4,59	6,55	5,79	5,10	6,13

\* base, 50% e 100% do tronco de cada árvore de mogno brasileiro em relação à altura comercial.

No geral, os ângulos médios de inclinação da grã da madeira de 16 anos apresentaram maiores que na idade de 14 anos. A variação da grã no sentido medula-casca da madeira de mogno brasileiro apresentou o mesmo comportamento para as duas idades, onde o MAD foi maior próximo à casca quando comparado à região próxima a medula. A mesma tendência foi encontrada por Cown, Young e Kimberley (1991) para a madeira de *Pinus radiata* (25 anos).

A média geral do MAD encontrada para as duas idades (16 e 14 anos) para a madeira de mogno brasileiro, foi inferior a 8,53° na região próxima a casca e 4,60° próximo a medula, respectivamente, observado por Lopes (2013) para a madeira de *Eucalyptus* spp. (6 e 7 anos).

Os valores do MAD da madeira de mogno brasileiro foram maiores na posição da base e do topo para as duas idades em relação ao encontrado na posição de 50% da árvore. Na base das árvores há uma maior presença de madeira adulta, onde as dimensões das fibras (espessura, largura e comprimento) e vasos podem influenciar o máximo desvio da grã (COELHO, 2016). E na região do topo, o aumento dos valores do MAD pode ter sofrido influência do arranjo dos elementos da madeira próximo às bifurcações das árvores.

Hernández (2007) estudou as propriedades da madeira de nove espécies tropicais do Peru, dentre elas a *Swietenia* sp. de origem nativa, e obteve valor médio de inclinação de grã de 3° para essa espécie, valor inferior as médias encontradas para as duas idades de mogno brasileiro nesse trabalho. É descrito também que a

grã é reta, ligeiramente inclinada, e que dependendo do corte produz desenhos na madeira atraentes para determinado uso (ITTO, 2016).

A madeira possui variações nos seus componentes anatômicos (largura, comprimento, espessura e orientação) tanto na direção medula-casca quanto na direção base-topo, (SILVA et al., 2005), tendo influência sobre as propriedades mecânicas, químicas e físicas. Considerando que o ângulo de inclinação da grã está diretamente relacionado com a resistência mecânica da madeira (PANSHIN e ZEEUW (1980) citado em VITAL (2007)), nesse sentido pode-se dizer que os valores de MAD encontrados na posição medula-casca e base topo sofreram influência do tipo de madeira encontrada em cada região. Cown, Young e Kimberley (1991) afirmaram que a variação da grã está fortemente relacionada com a altura na árvore e com a madeira juvenil e adulta.

Coelho (2016) encontrou para um híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* a média geral do MAD igual a  $6,34^{\circ}$ , na posição base, 5 m ( $6,16^{\circ}$ ) e ( $5,77^{\circ}$ ) na posição do topo. Apresentando assim variações do MAD ao longo do fuste como observado para o mogno brasileiro.

Para as duas idades de mogno brasileiro foram avaliadas a relação funcional do MAD com o índice de rachaduras de topo de toras e com os defeitos da madeira serrada. Houve correlação negativa baixa entre o MAD e o IRTT, uma vez que, o segundo menor MAD está para o maior IRTT, e o segundo maior MAD está para o menor valor de IRTT representados na Figura 10. Explicando assim uma tendência que quanto maior o MAD, menores os valores de IRTT obtidos.

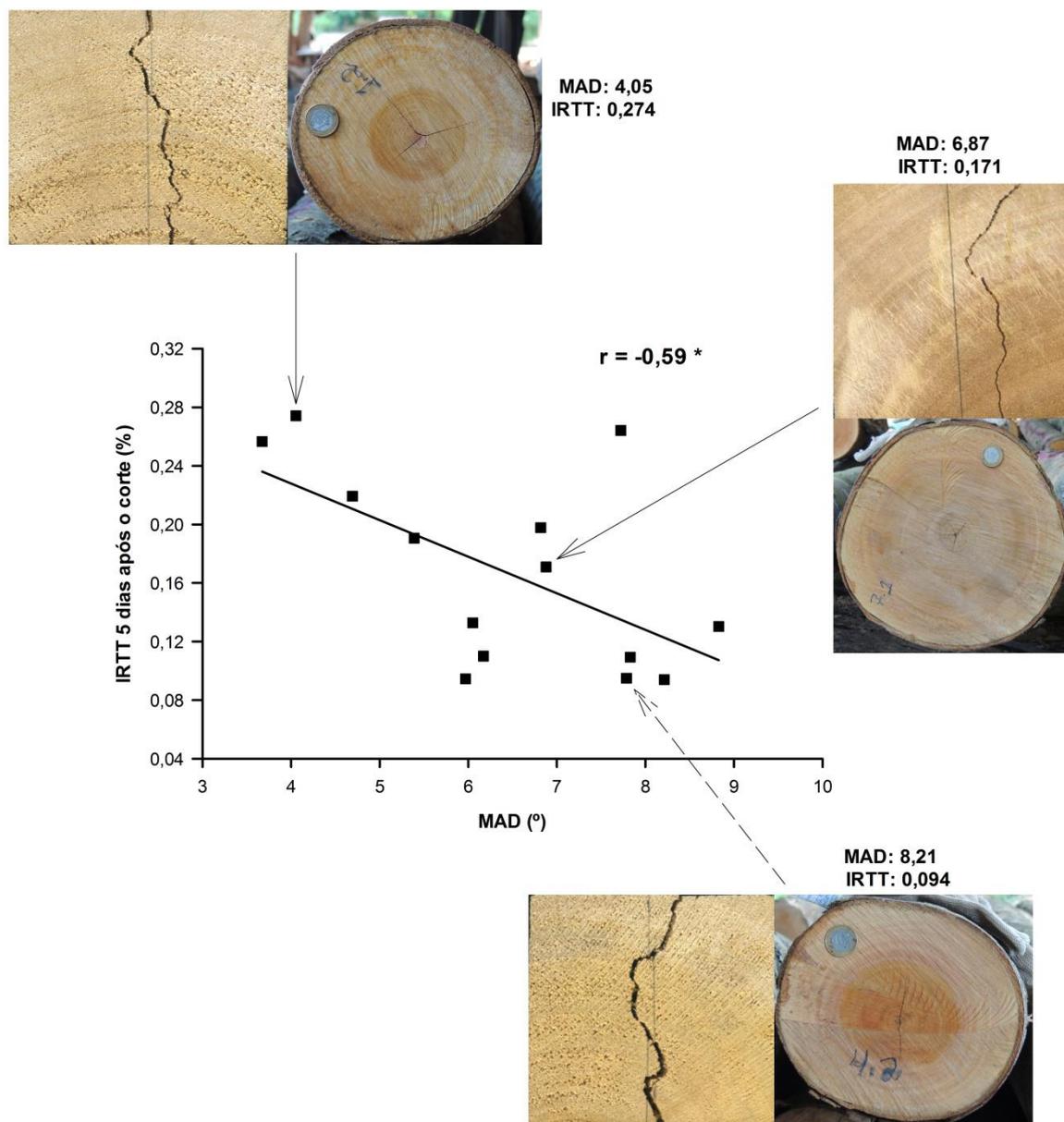


Figura 10 – Índice de rachaduras de topo de toras em função do máximo desvio angular do mogno brasileiro nas idades de 16 e 14 anos

França (2014) encontrou a mesma tendência para um híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (13 anos) onde os valores elevados de MAD reduziram o desenvolvimento de rachaduras no topo das toras.

Não houve correlação dos valores de MAD com os defeitos da madeira serrada.

### 4.3 Defeitos da madeira serrada

Os valores médios dos empenamentos (encurvamento, arqueamento, encanoamento) e rachaduras de topo de tábuas no estado úmido e seco estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios de encurvamento, arqueamento, encanoamento e rachaduras de topo (IRTt) em tábuas úmidas (TU) e secas (TS), e seus respectivos desvios padrão (S).

Idade (anos)		Encurvamento (%)		Arqueamento (%)		Encanoamento (%)		IRTt (%)	
		TU	TS	TU	TS	TU	TS	IRTtU	IRTtS
16	Média	0,46	0,5	0,16	0,22	-	0,04	0,68	2,46
	S	0,24	0,28	0,11	0,14		0,03	1,14	3,64
14	Média	0,28	0,40	0,12	0,18	-	0,06	0,37	2,89
	S	0,19	0,23	0,07	0,08		0,06	0,76	3,65
Média geral		0,37	0,45	0,14	0,20	-	0,05	0,53	2,68

As tábuas de mogno brasileiro de 16 e 14 anos apresentaram índices de encurvamento, arqueamento e encanoamento menor ou igual a 0,5%, atendendo ao limite estabelecido pela NBR 9487 (ABNT), para o estado úmido e seco a 12%.

O índice de encurvamento aumentou ao final da secagem das peças de mogno brasileiro na idade de 16 e 14 anos. Já para Coelho (2010) os valores de encurvamento também aumentaram com o processo de secagem das tábuas de *Eucalyptus grandis* (23 anos). Rocha (2000) obteve redução nos valores de encurvamento para o *Eucalyptus grandis* (12 anos) e *Eucalyptus dunni* (16,5 anos). Esse comportamento é explicado pela forma de empilhamento das tábuas durante a secagem ao ar livre. Uma vez que as tábuas dispostas na pilha de secagem de maneira criteriosa há uma contribuição para que o encurvamento não evolua, tendendo até a diminuir.

A evolução do valor médio de arqueamento das tábuas úmidas para as tábuas secas de mogno brasileiro na idade de 16 anos foi de 37,5% e na idade de 14 anos 50%, mostrando assim que as tábuas continuaram a arquear durante o processo de secagem. Rocha (2000) encontrou 33,33% de evolução do arqueamento das tábuas úmidas para as tábuas secas para *Eucalyptus grandis* (12 anos) e 80% para o *Eucalyptus dunni* (16,5 anos). Coelho (2010) encontrou 78,76% de evolução de arqueamento para o *Eucalyptus grandis* (23 anos), valores

superiores aos encontrados para as duas idades do mogno brasileiro estudado nesse trabalho.

O encanoamento ocorre somente nas tábuas após o processo de secagem. De acordo com Coelho (2010) a questão das tábuas não apresentarem encanoamento após o desdobro, é devido ao fato que este defeito não possui nenhuma relação com as tensões de crescimento, e somente com o processo de secagem, sendo explicado pela diferença de contração entre os sentidos tangencial e radial das peças. O encanoamento médio das tábuas secas foi maior para a idade de 14 anos (0,06%) do que para a de 16 anos (0,04%).

Os valores médios de encanoamento do mogno brasileiro (16 e 14 anos), foram inferiores a 1,42% e 1,81% observado por Silva et al. (2016) para as tábuas de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos) e inferiores a média de 3,12% analisado por Caixeta et al. (2002) para as tábuas de um híbrido de *Eucalyptus* (13 a 17 anos).

O IRTt úmida e seca do mogno brasileiro aumentou 1,78% ao fim dos 3 meses de secagem na idade de 16 anos, e de 2,52% para as tábuas de 14 anos. O índice de rachadura de topo das tábuas úmidas de 16 anos foi maior que a de 14 anos, porém o resultado foi o inverso para as tábuas secas.

Os IRTt úmida e seca do mogno brasileiro (16 e 14 anos) foram significativamente menores que 62,79% e 26,24% notado por França (2014) para as tábuas de um clone do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (13 anos). Valor médio de 63,56% de rachadura de topo após 6 meses de secagem foi encontrado na pesquisa de Haselein et al (2004) para a espécie de *Eucalyptus grandis* (27 anos).

## 5 CONCLUSÕES

A conicidade, o achatamento e o índice de rachaduras de topo nas toras encontrados estão conforme o mínimo estabelecido pelas normas, não inviabilizando seu uso ou mesmo depreciando a qualidade da madeira.

As árvores de mogno brasileiro apresentaram um deslocamento de medula mesmo plantadas em lugares planos, sendo necessário desenvolver estudos para conhecer como pode afetar a qualidade dos produtos serrados e minimizar assim eventuais problemas decorrentes do deslocamento de medula.

O valor médio encontrado para o máximo desvio angular para as duas idades foi maior que o encontrado nas literaturas para o mogno brasileiro nativo e para outras espécies, e apresentou correlação somente com as rachaduras de topo de tora, onde geralmente com o aumento dos valores de MAD, há uma diminuição dos valores de IRTT.

As tábuas apresentaram empenos e rachaduras em níveis mínimos e não inviabilizam o uso nem a qualidade da madeira.

Pesquisas com a espécie *Swietenia macrophylla* precisam ser continuadas, visto as poucas informações existentes a respeito das formas de secagem, monitoramento e análise de sua qualidade para determinados usos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, R. J.; TOMAZELLO, M.; POLLITO, P. A. Z.; LOBÃO, M. S. Variação da densidade do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 171-179, 2010.

ARAÚJO, J. de A.; COSTA, N. S. da; LIMA, R. da S.; CALDERON, C. M. A.; CALDERON, R. de A. Rendimento e eficiência operacional do desdobro da madeira de faveira (*Parkia multijuga* Benth.- Fabaceae). **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 1656, 2014.

ARÉVALO, R. L. F. **Influence des composantes secondaires et de la structure anatomique sur les propriétés physico-mécaniques du bois d' acajou (*Swietenia macrophylla* king)**. 2002. 167f. Tese(Doutorado em Ciências Florestais)- Faculdade de Engenharia Florestal E GEOMATICS LAVAL UNIVERSITY QUEBEC, Canadá, Quebec, 2002.

ARÓSTEGUI, A.; GONZÁLEZ, V. R.; SATO, A. Propiedades tecnológicas y usos de la madeira de 40 especies del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. **Revista Forestal del Peru**, V. 10, 86 p. 1975

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9487**: Classificação da madeira serrada de folhosas. Rio de Janeiro, 1986. 32 p.

BARBOSA, M. C. R.; MARMONTEL, C. V. F.; NUNES, R. L. **Revisão de literatura do cultivo e usos da madeira do mogno (*Swietenia macrophylla* King.)**. Garça, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABQGIAD/revisao-literatura-cultivo-usos-madeira-mogno-swietenia-macrophylla-king>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

BOSCHETTI, W. T. N.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; LEITE, F. P. Parâmetros dendrométricos e excentricidade da medula em árvores inclinadas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p. 781-789, 2015.

BRANDÃO, A. T. O. **Determinação de metodologia para a indicação de programas de secagem de madeiras**. 1989. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

BRAZIER, J. D. The effect of forest practices on quality of the harvested crop. **Forestry**, v. 50, n. 1, p. 49-66, 1977.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 155 p.

CARVALHO, P. E. R. **Mogno *Swietenia macrophylla*: Taxonomia e Nomenclatura**. 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117338/1/Doc-114-A5.pdf>>. Acesso em: 17 de nov. 2016.

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

COELHO, A. S. **Qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*, procedente da região Sul do Rio Grande do Sul**. 2010. 71f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

COELHO, J. C. F. **Efeitos dos desvios da grã nas variáveis dendrométricas e propriedades físico-mecânicas em madeiras de eucalipto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. (Não publicado)

COSTA, J. R.; MORAIS, R. R. de; CAMPOS, L. da S. **Cultivo e manejo do mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013, 36 p. (Documentos/ Embrapa Amazônia Ocidental, 114)

CYRA, G.; TANAKA, C. The effects wood-fiber directions on acoustic emission in routing. **Wood Science and Technology**, n. 34, p. 237-252, 2000.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; MONTEIRO, T. C. Excentricidade da medula em caules de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 335-340, 2008.

FORWEBAN, J.; MAVROU, I.; GARDINER, B.; MACDONALD, E.; Modeling the effect of spacing and site exposure on spiral grain angle on Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain. **Forestry**, v. 86, n.3, p. 331-342, 2013.

FRANÇA, F. J. N. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

GROGAN, J.; BARRETO, P. Big-Leaf Mahogany on CITES Appendix II: Big Challenge, Big Opportunity. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 973-976, 2005.

GUIMARÃES NETO, A. B.; FELFILI, J. M.; SILVA, G. F.; MAZZEI, L.; FAGG, C. W.; NOGUEIRA, P. E. Avaliação do plantio homogêneo de mogno, *Swietenia macrophylla* King., em comparação com o plantio consorciado com *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, após 40 meses de idade. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 777-784, 2004.

HARRIS, J. M. **Spiral grain and wave phenomena in wood formation**. New York: Springer-Verlag, 1989. 225 p.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. de C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. de. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.

HERNÁNDEZ, R. E. Influence of accessory substances, wood density and interlocked grain on the compressive properties of hardwoods. **Wood Science and Technology**, v. 41, p. 249-265, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. **Norma para classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília, 1984, 40 p.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION - ITTO. **Lesser used species**. Disponível em: <<http://www.tropicaltimber.info/pt-br>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

JANKOWSKY, I. P. Fundamentos de secagem de madeiras. **Documentos florestais**, Piracicaba, n. 10, p. 1-13, 1990.

JANKOWSKY, I. P.; GALINA, I. C. M. **Curso técnico: Secagem de madeiras**. 2013. Disponível em: [http://pimads.org/documento\\_atividades/Apostila%20%20Secagem%20de%20Madeiras..pdf](http://pimads.org/documento_atividades/Apostila%20%20Secagem%20de%20Madeiras..pdf)>. Acesso em: 20 out. 2016.

KRISNAWATI, H., KALLIO, M., KANNINEN, M. **Swietenia macrophylla King: ecology, silviculture and productivity**. CIFOR, Bogor, Indonésia. 2011.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidade e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Cooperação Técnica Federal da Alemanha, p 343, 1990.

LIMA, I. L. de. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 2005. 137f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. de S. Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 13-24, 2002.

LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, J. T.; SARTÓRIO, R. C.; TRUGILHO, P. F.; CRUZ, C. R.; VIEIRA, R. S. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 85-93, 2007.

LOPES, J. O. **Uniformidade e estabilidade da cor da madeira termorretrificada de *Tectona grandis* L. f.** 2012. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras- Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 1**. 4ª. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368 p.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF/DPq-LPF, p. 52, 1988.

MATTHECK, C.; WALTHER, F. A. New felling technique to avoid end-splitting of deciduous trees. Karlsruhe, Germany. **Karlsruhe Nuclear Research Centre**, Institute for Materials Research II, 1991. p. 110-113.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. da S.; CARVALHO, P. M. de. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 43-49, 2012.

SEVERO, E. T. D. A secagem da madeira de eucalipto e seus desafios. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora.p. 320 -, 2007.

PEDROSA-MACEDO, J. H. **Manual de pragas em florestas**. Viçosa, MG: Folha Viçosa, 1993. 112 p.

PEDROSO, J. A. **Doses crescentes de corretivo e boro no crescimento, produção de matéria seca, teor de nutrientes e avaliação de incidência da broca das meliáceas no mogno**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

POLLI, H. Q.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M; FONTAN, I. da C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 557-566, 2006.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil** - manual de dendrologia brasileira. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1990, 286 p.

ROCHA, M. P. da. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000, 183f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RODRIGUES, E. de A. C. **Estimação de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para qualidade da madeira de *Eucalyptus* em árvores vivas**. 2007. 83f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SATO, S. A. S.; LOOSE, C. E.; ALEIXO, A. D.; OLIVEIRA, N. D. A.; THOMAZIN, M. S. S. **Gestão sustentável dos produtos florestais madeiráveis: um estudo a partir das indústrias madeireiras de Pimenta Bueno (RO)**. Disponível em: <http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/193.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2016.

SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F. **Princípios Básicos da Dendrometria**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1979. 191 p.

SILVA, J. G. M. da; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; BATISTA, D. C.; SORANSO, D. R.; BILLO, D. F. Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 181-190, 2016.

THINLEY, C.; PALMER, G.; VANCLAY, J. K.; HENSON, M. Spiral and interlocking grain in *Eucalyptus dunnii*. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 63, n. 5, p. 372-379, 2005.

TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2006. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Santa Maria.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.

VITAL, B. R.; **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 211 p.

WEBB, C. D. Variation of interlocked grain in Sweetgum. **Forest Products Journal**, v. 19, n. 8, 1969.