

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Avaliação da Madeira de Teca Jovem (*Tectona grandis* L. f.) Visando Uso em  
Movelaria**

**Elaine Ferreira Avelino**

**2012**



**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E**  
**FLORESTAIS**

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE TECA JOVEM (*Tectona grandis* L.f.)**  
**VISANDO USO EM MOVELARIA**

**ELAINE FERREIRA AVELINO**

*Sob orientação do professor*  
**Alexandre Monteiro de Carvalho**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração Tecnologia de Produtos Florestais.

Seropédica, RJ  
Maio de 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**ELAINE FERREIRA AVELINO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 31/05/2012

---

Alexandre Monteiro de Carvalho. Prof. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Juarez Benigno Paes. Prof. Dr. UFES

---

Alexandre Miguel do Nascimento. Prof. Dr. UFRRJ

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, pela força para superar obstáculos e por direcionar meus caminhos.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade da realização deste mestrado;

A CAPES, pela bolsa concedida permitindo total dedicação à elaboração deste.

Ao orientador Alexandre Monteiro de Carvalho, pela confiança depositada no meu trabalho, pela paciência e oportunidade de crescimento profissional.

Aos funcionários do Laboratório de Processamento da Madeira, em especial Dinaldo, pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos estagiários Ananias Dias Jr., Erick Andrade, Pablo, José Pace, Victor Werneck, pela ajuda na coleta dos dados e apoio durante o curso.

Aos professores da UFRRJ que compartilharam o conhecimento e experiência durante toda minha formação, possibilitando crescimento com responsabilidades exigidas e em principal, o professor Alexandre Miguel Nascimento, pela atenção dada ao meu trabalho e minhas dúvidas e participar da banca, junto ao professor Juarez Benigno Paes, o qual também agradeço pela disponibilidade, colaboração e atenção.

Aos meus amigos de curso que foram fundamentais nessa caminhada, em especial Juliana L. Oliveira pela troca de experiências, ajuda com os testes e acima de tudo pela sincera amizade e carinho em todos os momentos.

Ao Euan Russano pela paciência, incentivo, amor e companheirismo em todos os momentos;

Aos meus pais por todo o apoio e amor.

## RESUMO

AVELINO, Elaine Ferreira. **Avaliação da madeira de teca jovem (*Tectona grandis* L. f.) visando uso em movelaria.** 2012. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais e Florestais, Tecnologia da Madeira). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Muito tem se discutido sobre a possibilidade de uso da madeira de teca jovem para confecção de artigos de movelaria e decoração com qualidade de acabamento como superfície lisa, uniformidade de cor, apelo estético e “design”. O trabalho proposto teve como objetivos avaliar o comportamento da madeira de *Tectona grandis* L.f. frente a ensaios de usinagem (de plaina, lixa, furação, rasgo e fendilhamento por prego), testes físico-mecânicos (densidade básica e aparente, ensaios de flexão estática, Dureza Janka, cisalhamento e compressão paralela) e de aderência de vernizes. O material utilizado foi obtido de plantio experimental da região de Cáceres-MT, e com aproximadamente 11 anos de idade, advindas de três espaçamentos e utilizadas as normas NBR 7190:1997, ASTM D 1666-87 (2004), o trabalho do IBDF/DPq - LPF (1998) e ABNT NBR 11003/2010. Os resultados foram avaliados por meio de interpretação estatística considerando o experimento inteiramente casualizado, aplicando testes de normalidade e análises de variância por meio de comparação das médias pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Com base nos resultados e discussões pode-se concluir que a madeira de teca jovem avaliada apresentou-se com densidade e variação volumétrica similar à madeira com maior idade comumente comercializada. Os valores dos testes físico-mecânicos demonstraram comportamento satisfatório, podendo oferecer bom desempenho quando utilizada na confecção de produtos, em especial da área de movelaria. Na usinagem, a madeira foi qualificada como boa a excelente, tendo boa aceitação a pregos. Os resultados obtidos nos testes de aderência mostraram ótimo desempenho em ambos os materiais utilizados não diferindo entre si. Tais fatos sugerem a utilização da madeira de desbaste para usos mais valorizados do que lenha, como móveis, revestimentos e outros.

**Palavras-chave:** Teca, Caracterização físico-mecânica, Usinagem, Aderência de verniz.

## ABSTRACT

AVELINO, Elaine Ferreira. **Evaluation of young teak wood (*Tectona grandis* L. f.) in order to use in furniture industries.** 2012. 127 p. Dissertation (Master Science in Environmental Science and Forestry, Wood Technology). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Much has been discussed about the possibility of using young teak wood for making furniture industries items and decoration with finishing quality and smooth surface, uniform color, aesthetic appeal and “design”. The proposed work aims at evaluating the behavior of the wood of *Tectona grandis* Lf compared to machining tests (planer, sanding, drilling, tearing and cracking per nail), physical-mechanical tests (apparent and basic density, static bending tests, Janka hardness, shear and compression tests) and evaluation of adhesion of coatings. The material used was obtained from experimental planting in the region of Cáceres-MT, with approximately 11 years of age, resulting from three spacings and it was used the NBR 7190:1997, ASTM D 1666-87 (2004), the work of IBDF / PDS - LPF (1998) and ABNT NBR 11003/2010. The results were evaluated by considering the statistical interpretation completely randomized experimental design, applying normality tests and analyzes of variance by means of comparison of means by Tukey test at 5% significance level. Based on the results and discussions can be concluded that the young teak evaluated presented a density and volume variation similar to the older wood commonly sold. The values of physical-mechanical tests have shown satisfactory behavior, providing good performance when used in the manufacture of products, in particular in the field of furniture industries. In machining, the wood has been described as good to excellent, with good acceptance of the nails. The results of adhesion tests have shown excellent performance in both the materials used differ from one another. These facts suggest the use of wood for uses valued more than wood, such as furniture, and other coatings.

**Keywords:** Teak wood, Physical-Mechanical Characterization, Machining, Adhesion of varnish.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO GERAL DE LITERATURA.....	3
2.1 A Indústria de Móveis no Brasil.....	3
2.2 Espécie <i>Tectona grandis</i> .....	4
2.3 A teca jovem.....	5
3 METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO.....	7
CAPÍTULO I.....	8
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE <i>Tectona grandis</i> L. F. DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS VISANDO O USO EM MOVELARIA. ....	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Coleta do Material e Confecção dos Corpos-de-Prova .....	13
3.1 Determinação da densidade básica e aparente.....	14
3.3 Variação volumétrica.....	14
3.4 Teste de flexão paralela às fibras.....	14
3.5 Teste de Cisalhamento Paralela às Fibras.....	15
3.6 Teste de Dureza Janka .....	15
3.6 Teste de compressão paralelo às fibras.....	15
3.7 Avaliação dos Resultados.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1 Caracterização Física.....	17
4.2 Caracterização Mecânica.....	19
5 CONCLUSÕES .....	23
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
CAPÍTULO II.....	26
AVALIAÇÃO DE TECA JOVEM ( <i>Tectona grandis</i> L. f.) EM ENSAIOS DE USINAGEM DA MADEIRA .....	26
RESUMO .....	27
ABSTRACT .....	28
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 Coleta do Material e Confecção dos Corpos-de-Prova .....	31
3.2 Teste de Plaina.....	32
3.3 Teste de Lixa .....	32
3.4 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça.....	33
3.5 Teste de Rasgo Lateral .....	34
3.6 Teste de Fendilhamento por Pregos.....	35
3.7 Tratamento dos dados.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1 Teste de plaina.....	36

4.2 Teste de Lixa .....	39
4.3 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça .....	40
4.4 Teste de Rasgo.....	44
4.5 Teste de Fendilhamento por Pregos .....	44
5 CONCLUSÕES .....	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
CAPÍTULO III .....	49
ACABAMENTO SUPERFICIAL COM VERNIZES NITROCELULÓSICO E POLIURETÂNICO PARA MADEIRA DE <i>Tectona grandis</i> L. f. DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS .....	49
RESUMO .....	50
ABSTRACT .....	51
1 INTRODUÇÃO.....	52
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	53
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
4.1 Corte em Grade.....	56
4.2 Corte em X .....	58
5 CONCLUSÕES .....	61
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
3 CONCLUSÃO GERAL .....	63
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

# 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um recurso natural renovável que exige baixo consumo de energia para seu processamento, que possui propriedades tecnológicas como alta resistência específica em função da densidade, isolamento termoeletrico e boa trabalhabilidade, tanto manual como por máquinas. Apresenta ainda propriedades organolépticas como cor, cheiro, grã, textura, brilho e desenho que são desejáveis para diversas aplicações e usos. Tais fatores fazem deste material um recurso de extrema importância tanto ambiental quanto econômica para o país.

O constante crescimento do emprego da madeira em diversos setores como indústrias de papel e celulose, recursos energéticos, segmento moveleiro e construção civil têm colocado este produto em destaque na economia nacional.

A madeira de reflorestamento apresenta inúmeras vantagens, porém o volume da mesma constitui uma pequena parcela do total comercializado a nível nacional e internacional. Entretanto, são crescentes novos usos e quantidades de espécies tropicais plantadas como a teca (*Tectona grandis*), o eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e a gmelina (*Gmelina arborea*).

Segundo Silva et al (2005), as dificuldades no uso da madeira de *Eucalyptus* spp. sob a forma sólida, estão embasadas na falta de conhecimento de como trabalhar corretamente esse material. É preciso conhecer a estrutura da madeira e os parâmetros de usinagem para entender as relações que proporcionam os bons resultados em qualidade. A mesma observação é válida para as demais espécies de reflorestamento como a teca, o guanandi e que apresentam características ideais para usos mais nobres.

Um dos principais impasses para o aumento da participação do Brasil no mercado internacional de madeira serrada e de produtos florestais em geral é a necessidade de melhoria da qualidade da madeira serrada proveniente de florestas plantadas, principalmente a de espécies de reflorestamento com a teca. Embora existam muitos estudos relacionados ao processamento da madeira, em sua maioria estes são destinados ao uso da madeira na construção civil, ocasionando uma carência de trabalhos relacionados com o desdobro de madeira com qualidade para a indústria moveleira, de modo a contribuírem significativamente para o fortalecimento do setor e da economia nacional.

Quando a madeira é destinada à confecção de móveis, assoalhos e esquadrias que demandam alta qualidade da superfície das peças, a usinagem bem executada melhora o desempenho frente aos processos de acabamento superficial, tornando a operação economicamente ajustada. Para tanto, é necessário conhecer suas propriedades, os parâmetros de usinagem e suas interações como afirma Silva et al. (2005), o que justifica a necessidade de novos estudos referentes ao comportamento diante de ensaios de usinagem e acabamento superficial, assim como conhecer as características físico-mecânicas do material utilizado.

A quantidade de árvores por área e a distribuição delas na área podem modificar as condições ambientais dos povoamentos florestais e a participação dos fatores de produção como luz, água, nutrientes e mão-de-obra, afetando a produtividade, as características da madeira e os custos de produção (PASSOS et al., 2006). Assim, diferentes espaçamentos aumentam a possibilidade de variação anatômica e físico-química da madeira por apresentarem condições edafoclimáticas diferenciadas.

Este trabalho baseia-se na hipótese que há possibilidade de uso da teca jovem para confecção de artigos de movelaria e decoração com qualidade de acabamento como superfície lisa, apelo estético e facilidade para design.

Portanto, com este trabalho objetivou-se avaliar o comportamento da madeira de *Tectona grandis* (teca) frente a ensaios de usinagem e acabamento superficial, incluindo a execução de testes físico-mecânicos com a finalidade de conhecer o material estudado.

Como objetivos específicos buscou-se determinar a densidade básica e resistência mecânica do material estudado, analisar o comportamento da espécie na usinagem e acabamento superficial e correlacionar os resultados obtidos ao espaçamento utilizado no manejo silvicultural do material. Diante de tais resultados propõe-se orientar um melhor uso da teca jovem, assim como, desenvolver metodologias de ensaios de usinagem a partir dos equipamentos existentes no Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Floresta da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para melhor abordagem do assunto como a exposição dos dados e resultados esta dissertação é constituída de Introdução, Revisão e Metodologia Geral. Posteriormente são apresentados três capítulos, cada um compreendendo Introdução, Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão inerentes ao assunto abordado pelo mesmo.

## 2 REVISÃO GERAL DE LITERATURA

### 2.1 A Indústria de Móveis no Brasil

O segmento de móveis é um dos principais consumidores de peças de madeira que exigem qualidade em seus processos de usinagem. As exportações da indústria de base florestal (madeira, móveis, papel e celulose) vêm crescendo nos últimos anos, destacando-se no conjunto da economia nacional. Em 2008 as vendas externas deste segmento chegaram a US\$ 9,5 bilhões, ou seja, 7% do total exportado pelo Brasil.

Neste segmento (móveis) as vendas externas em 2007 totalizaram um crescimento de 3,8% em relação ao ano anterior. Do total exportado o item “móveis para quarto” representou 29%. No último ano este item foi responsável por US\$ 288 milhões em exportações. Móveis diversos de madeira totalizaram US\$ 311 milhões, com expressiva participação ainda de assentos e suportes, com US\$ 204 milhões, móveis para cozinha, com US\$ 55 milhões e móveis para escritório, com US\$ 33 milhões (REVISTA DA MADEIRA, 2008).

Em 2010 o setor moveleiro atingiu os valores de 15,5 mil indústrias, produzindo 443,8 milhões de peças por ano. Referente às vendas, estas atingiram os valores de R\$ 31,46 bilhões, dos quais US\$ 770 milhões em exportações. Foram investidos ao longo do ano R\$ 737 milhões (MOVERGS, 2011).

A competitividade do setor moveleiro brasileiro é uma realidade. Fatores como variedade das matérias-primas, mão-de-obra, profissionalismo e experiência acumulada nos últimos tempos, sobretudo, nos pólos localizados nas Regiões Sul e Sudeste, contribuíram para a sua efetivação (PEREIRA, 2003).

Contudo, segundo Lucas Filho (2004), o setor produtivo de madeiras e derivados enfrenta enormes dificuldades para tornar seus produtos competitivos no exterior, uma vez que em relação à países como Estados Unidos e Canadá, apresenta um parque tecnológico defasado, seletividade de espécies, mão-de-obra menos qualificada e organização industrial rudimentar.

Neste aspecto, diversos estudos para melhorar a eficiência produtiva nas indústrias do setor têm sido desenvolvidos visando não somente reduzir a perda e o volume de resíduos gerados no beneficiamento, mas também melhorar a gestão da empresa florestal a qual deve se empenhar em implantar uma estratégia para melhorar métodos e processos no sentido de agregar valor aos produtos e gerar produtos com padrão de qualidade e preços competitivos e simultaneamente, melhorias de controle da qualidade ambiental (ALMEIDA, 1998).

No Brasil, o suprimento do mercado com as denominadas madeiras de lei provenientes da Mata Atlântica e, atualmente, da Floresta Amazônica é apontado como causa da lenta evolução tecnológica do uso da madeira de eucalipto. Com a provável escassez destas madeiras pela expansão da fronteira agrícola, exploração predatória e não utilização de um plano de manejo sustentado, vem abrindo um amplo mercado para utilização de madeiras de reflorestamento (SILVA et al, 2004).

Novas pesquisas vêm sendo executadas com a finalidade de identificar espécies que por meio de técnicas mais elaboradas nas operações de aplainamento, fresamento, lixamento e furação dentre outras, pode-se obter aumento do rendimento e melhores resultados e valorização no mercado.

Segundo Mendes & Albuquerque (2000), a utilização de madeiras de rápido crescimento possui aspecto ecológico positivo, pois reduz a pressão sobre florestas nativas, proporcionando ciclos de corte em períodos menores e aumentando o rendimento do processo de beneficiamento, visto que produz madeira com características homogêneas.

Segundo Tomaselli (1998) apud Néri (2003), as espécies mais utilizadas nos reflorestamentos são os eucaliptos (*Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus grandis*), os pinus subtropicais (*Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus patula*) e os pinus tropicais (*Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* e *Pinus hondurensis*). Outras espécies com áreas florestadas relevantes são o pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), a seringueira (*Hevea brasiliensis*), a acácia negra (*Acacia mearnsii*), a teca (*Tectona grandis*) e a gmelina (*Gmelina arborea*).

Os principais fatores que influenciam na escolha de espécies são empregabilidade, trabalhabilidade e viabilidade econômica. Entretanto, nos últimos anos tem havido uma maior consideração à questão ambiental, proporcionando maior importância e diversificação de uso das espécies de reflorestamento no mercado.

## 2.2 A Espécie *Tectona grandis*

A madeira de teca vem se tornando muito usual na indústria moveleira e de decoração, tanto para cozinhas e salas de estar como para ambientes especiais como uma adega ou um espaço para descanso e leitura, ou mesmo um jardim. A espécie foi introduzida do oriente, e hoje é cultivada em vários países, inclusive no Brasil. A multiplicidade de usos e a beleza tornam esta madeira uma excelente escolha (OLIVEIRA et al, 2007).

Segundo Lorenzi (2003), a espécie *Tectona grandis* é uma folhosa pertencente à família Verbenaceae, originária da Índia e Indonésia, popularmente conhecida como teca, apresenta de 20 a 30 metros de altura, tronco ereto, espesso, cilíndrico, de casca parda, fissurada longitudinalmente. Possui copa globosa aberta, composta por folhas simples, grandes, decíduas, largo-ovaladas, espessas, verde-opacas, opostas e tomentosas na face de baixo. Sua multiplicação exclusivamente por semente produzidas abundantemente nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil.

A madeira é nobre e foi muito utilizada pelos antigos povos colonizadores do oriente, para confecção de embarcações, por causa da sua alta resistência a intempéries. Porque pode ser exposta a ação do sol e da chuva e apresenta excelente durabilidade nessa situação, a madeira passou a ser utilizada na execução de móveis externos, para varandas e jardins. É uma das espécies tropicais mais cultivadas em reflorestamentos comerciais em diversos países no mundo, atualmente (OLIVEIRA et al, 2007).

Ainda segundo Oliveira et al (2007) a madeira é fácil de trabalhar, praticamente não racha e não trinca, sendo moderadamente pesada, com densidade de 0,65 g/cm<sup>3</sup> e apresenta boa resistência a peso, tração e flexão, sendo recomendada para mobiliário em geral. Sua utilização concentra-se mais para mobiliário e alguns pisos e decks de médio tráfego. Nos países onde a teca é explorada toda a madeira é aproveitada, incluindo as toras de pequeno diâmetro obtidas nos desbastes. Painéis de sarrafos são utilizados para a fabricação de móveis, portas, decoração interna e também na produção dos mais diversos utensílios. A madeira de pequeno diâmetro é largamente usada na edificação de construções rústicas, como vigamento, esteio ou madeiramento do telhado.

Segundo Figueiredo et al (2005), o valor de mercado para a madeira de teca madura, livre de nós e com diâmetro para serraria, chega a superar os valores comercializados com a espécie

mogno (*Swietenia macrophylla*), cujo metro cúbico serrado é comercializado por valores que chegam a US\$ 1500,00. A expectativa é de que investimentos em povoamentos de teca no Brasil constituam uma ótima opção econômica para as regiões que atendam às demandas edafoclimáticas da espécie. Estudos realizados por Leite (2003), Paim (2003) e Tuoto (2003) apontam um déficit mundial de madeira de aproximadamente de 500 milhões de metros cúbicos por ano, já no ano de 2010.

A rusticidade, resistência a incêndios florestais e, principalmente, a qualidade da madeira têm estimulado seu emprego na Amazônia. Em regiões aptas da Amazônia, a expectativa é obter uma rotação da teca em torno de 25 anos (FIGUEIREDO, 2001).

No estado do Mato Grosso, na região de Cáceres, esta espécie é cultivada com muito sucesso, obtendo-se uma redução dos ciclos para apenas 25 a 30 anos, com obtenção de madeira para serraria de ótima qualidade. O somatório destas características e a busca de novas alternativas florestais atrativas estimularam a produção de teca na região noroeste de Minas Gerais (MACEDO et al, 1999 apud MACEDO et al, 2005).

### 2.3 A Teca Jovem

O termo “teca jovem” é utilizado para a madeira proveniente de plantações entre 7 e 18 anos no Brasil. No exterior o termo pode ser utilizado para madeira entre 21 e 30 anos com mesma qualidade, caracterizada por proporções não definidas de cerne e alburno.

A madeira de teca jovem diferencia-se por possui cor mais clara, sendo amplamente utilizada na indústria moveleira e da decoração, mostrando-se apropriada para trabalho de design final dos móveis, por apresentar características de densidade média que confere maleabilidade assim como ausência de desvio de grã, facilitando o manuseio durante a execução do acabamento superficial. Questiona-se a durabilidade da teca jovem em relação à madeira adulta, embora nos últimos anos algumas empresas brasileiras comercializem este produto alegando a um custo muito menor.

Hoje o estado do Mato Grosso representa 90% da produção de teca do país, com registro de 48.526 hectares de área plantada em 2007, hoje sendo manejada para corte final com 25 anos e estudada como teca jovem a madeira oriunda de desbastes, entre 7 a 18 anos, com bom valor de mercado que justifica a viabilidade econômica dos plantios.

A teca jovem tem sido assim chamada no mercado investidor por apresentar qualidade semelhante à madeira adulta de outras espécies, mas com a vantagem de custar 85% a 90% mais barato do que madeira de *Tectona grandis* L. f. oriunda de maiores ciclos de cultivo. O produto ainda tem a vantagem de apresentar a mesma durabilidade e firmeza da teca adulta a um custo muito menor. O metro cúbico custa em média 12,5% do valor total da árvore de 25 anos de idade (GARCIA, 2009).

A crescente aceitabilidade da teca jovem no mercado tem explicação. A madeira nesta idade possui características como estabilidade, maleabilidade e tato aveludado, que a tornam adequada para a versatilidade da indústria moveleira e da decoração. Somado a estas vantagens, a matéria-prima, fruto da atividade de reflorestamento, atende à proposta de responsabilidade sócio-ambiental com a garantia de durabilidade e resistência para a construção civil (REMADE, 2009).

No estado do Mato Grosso, diversos experimentos têm utilizado diferentes espaçamentos de plantio assim como manejos com ciclos de diferentes idades. Dentre eles os mais utilizados são 25 e 35 anos. Já o município de Guarapari, no Espírito Santo, apresenta plantios jovens, com previsão de corte aos 25 e 35 anos. Alguns trabalhos também mencionam investimentos em

plantios de teca com ciclo curto na região de São Paulo. A característica comum de todos esses reflorestamentos recentes é o primeiro desbaste entre 7 e 10 anos, com madeira geralmente destinada à lenha ou uso experimental, porém, com previsão de uso mais nobre da madeira oriunda de desbaste aos 15 anos e posteriormente, do corte final.

A madeira de teca jovem apresenta aspecto diferenciado em relação à cor e dimensões das peças comercializadas, o que tornou comum o uso de tratamentos como o Thermoteak® para maior valorização do produto e aceitação externa. O tratamento apresenta-se livre de substância química que modifica características físicas e químicas, aumentando a estabilidade dimensional, o isolamento térmico e a resistência a ataques de fungos responsáveis pelo apodrecimento da madeira, modificando a coloração da teca jovem tornando-a mais escura e uniforme, assemelhando-se ao marrom médio de algumas essências nativas (ÚNICA, 2012) .

Embora os tratamentos térmicos apresentem apelo ecológico, o custo envolvido nos mesmo ainda é alto no país. Sendo assim, a maioria das empresas produtoras de móveis e decoração utilizam-se de um bom acabamento superficial oriundo de um bom aplainamento e lixamento como por meio de uso de seladoras e vernizes, tingimentos que podem acrescentar brilho e cor ou apenas ressaltar as características da madeira dando um aspecto natural, mas acrescido de durabilidade.

Como alternativa para aproveitamento da madeira de menores dimensões, algumas empresas produzem também painéis ecológicos, utilizando as cascas e medulas como detalhes que são considerados importantes em alguns projetos de design e decoração. Essa diversidade de constituição cerne-alburno é vista como versatilidade da matéria-prima, cujas possibilidades de oferta de diferentes tons e cores, proporcionam aos profissionais uma melhor exploração do design de superfície e confecção de peças exclusivas.

A densidade de plantio influencia as taxas de crescimento das plantas, a qualidade da madeira, a idade de corte, bem como as práticas de exploração e manejo florestal, e, conseqüentemente, os custos de produção (SIMÕES, 1989).

Segundo Scolforo (1997) e Chies (2005), quando o povoamento é muito denso, o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, o crescimento e o desenvolvimento da planta são retardados, comprometendo o desenvolvimento das raízes e da copa, conseqüentemente, afetando a quantidade e qualidade da produção. Por outro lado, espaçamentos muito amplos também podem afetar a qualidade e comprometer a produção (MACEDO et al., 2005).

### 3 METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO

A madeira de *Tectona grandis* L. f. utilizada foi oriunda de plantio em Cáceres - MT, no qual docentes do Departamento de Produtos Florestais e Departamento de Silvicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia mantém projetos de pesquisa em conjunto com professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para o fornecimento do material foi realizado o desdobro de toras oriundas de três espaçamentos, 4x2m, 5x2m e 6x2m, com aproximadamente 11 anos. De cada espaçamento, selecionou-se um total de cinco árvores, tendo cada árvore fornecido uma tora que foi seccionada em três alturas, originando “toretas” de 1,40 metros de comprimento.

Para confecção dos corpos-de-prova foram empregados os toretes correspondentes à primeira altura da tora, correspondente à porção da base da árvore até o diâmetro à altura do peito (DAP), tomado a 1,30m do solo.

Após o processamento primário, a madeira foi levada para o Laboratório de Processamento da Madeira (LPM) do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Foram confeccionados corpos-de-prova segundo parâmetros e padrões das normas ABNT NBR 7190:1997 (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM 1666/68 (American Society for Testing and Material) e Laboratório de Produtos Florestais do Departamento de Produtos Florestais (1981), sendo os corpos-de-prova separados pelos seus espaçamentos de origem.

## **CAPÍTULO I**

# **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE *Tectona grandis* L. F. DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS VISANDO O USO EM MOVELARIA.**

## RESUMO

Este capítulo objetivou conhecer as densidades básica e aparente do material assim como determinar sua resistência aos principais esforços mecânicos através dos ensaios de flexão, compressão, cisalhamento e dureza visando sugerir usos apropriados e futuramente correlacionar estas propriedades às outras características para melhor aplicação ou trabalhabilidade do material. Para a realização dos testes foi utilizada a madeira de *Tectona grandis* L. f. com aproximadamente 11 anos, oriunda de desbaste de um plantio em Cáceres – MT. Para obtenção dos corpos-de-prova foi realizado o desdobro de toras oriundas de três espaçamentos no plantio, 4x2m, 5x2m e 6x2m. A confecção dos corpos-de-prova e os ensaios foram realizados conforme a norma ABNT NBR 7190:1997. Os resultados foram avaliados por meio de interpretação estatística considerando o experimento inteiramente casualizado, aplicando testes de normalidade e análises de variância por meio de comparação das médias pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Com base nos resultados e discussões pode-se concluir que a madeira de teca jovem avaliada apresentou-se com densidade similar à madeira com maior idade comumente comercializada, apresentando valores próximos aos encontrados em literatura para a densidade básica ( $0,590 \text{ g.cm}^{-3}$ ) e aparente ( $0,697 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Os valores dos demais testes demonstraram comportamento satisfatório, podendo oferecer bom desempenho quando utilizada na confecção de produtos, em especial da área de movelaria. Para finalidades que requerem maiores valores de resistência à flexão, à dureza, ao cisalhamento e à compressão, propõe-se que sejam realizados mais estudos que envolvam um maior número de amostras e que sejam observados mais critérios.

**Palavras-chave:** Teca jovem, Caracterização físico-mecânica, Espaçamento de plantio.

## ABSTRACT

This chapter aimed to identify the basic and apparent densities of the material as well as determine their resistance to the main mechanical stresses through bending tests, compression, shear and hardness in order to suggest appropriate uses and eventually correlate these properties to other features for improved application or workability of the material. For the tests was used the *Tectona grandis* L. f. wood with approximately 11 years old, originating from a plantation in Cáceres – Mato Grosso state, Brazil. To obtain the samples was performed sawing of logs from three planting spacings, 4x2m, 5x2m and 6x2m. The preparation of samples and tests were performed according to ABNT NBR 7190:1997 (Brazilian normatization). The results were evaluated by considering the statistical interpretation completely randomized experimental design, applying normality tests and analyzes of variance for comparison of means by Tukey test at 5% significance level. Based on the results and discussions can be concluded that the young teak wood had a density similar to the older commonly marketed, values close to the literature found in the basic ( $0.590 \text{ g.cm}^{-3}$ ) and apparent ( $0.697 \text{ g.cm}^{-3}$ ) density. The values of the other tests have shown satisfactory behavior and can offer good performance when used in the manufacture of products, especially in the field of furniture industries. For purposes which require higher values of flexion strength hardness, shear and compression, it is proposed to be carried out further studies involving a larger number of samples and to be observed more criteria.

**Key-words:** Young teak, Physical-mechanical characterization, Planting spacing.

# 1 INTRODUÇÃO

A densidade é uma propriedade importante por estar diretamente correlacionada às propriedades mecânicas, químicas e caloríficas da madeira. Altos valores de densidade correspondem quase sempre a menor contração volumétrica e maior resistência mecânica assim como em maiores teores de componentes químicos.

O uso da madeira para diversas finalidades depende diretamente de sua densidade, uma vez que essa característica confere massa, resistência a esforços mecânicos, a reações químicas e até comportamento anatômico e dimensional da madeira.

Sendo assim, determinar a densidade do material estudado permite sugerir o melhor uso deste conforme a recomendação de uso para cada faixa de densidade ou de acordo com o esforço e demais exigências de determinada aplicação ou uso.

O uso da madeira seja em construção civil ou em outros usos como movelaria requer a resistência da mesma a esforços mecânicos em diferentes sentidos e direções da madeira.

Características anatômicas de formação do lenho conferem a cada grupo vegetal características próprias que também diferem entre espécies e até mesmo no próprio indivíduo. Outro fator importante que confere características ao material é a idade, que se correlaciona diretamente à formação anatômica do material, justificando sua estrutura.

As peças constituintes de um móvel sofrem diferentes esforços mecânicos em diferentes sentidos e direções da madeira de acordo com o uso. Como exemplo peças constituintes de um estrado de cama sofrem alto esforço a flexão, o que torna importante conhecer o desempenho do material frente a tais esforços de modo a dimensionar melhor a peça.

Já na confecção de pisos e revestimentos é importante avaliar a resistência destes ao intenso pisoteio e abrasão causada por materiais edáficos e produtos de limpeza. A determinação da dureza Janka pode possibilitar planejar um melhor dimensionamento das peças para uma maior durabilidade e resistência a este uso.

A madeira de teca é amplamente usada também em tampos de mesa, bancos maciços ou montáveis os quais recebem constantemente cargas na direção paralela ao sentido das fibras da peça o que requer conhecer a resistência deste material a este esforço.

Desta forma, indústrias necessitam de informações sobre a variação da densidade em diferentes alturas do fuste, posições no tronco, e espaçamentos diferentes, uma vez que a utilização do material oriundo de partes diferentes da própria árvore e dentro do mesmo plantio podem se apresentar não uniformes quanto à sua formação.

Este capítulo objetivou conhecer as densidades básica e aparente do material assim como determinar sua resistência aos principais esforços mecânicos, através dos ensaios de flexão, compressão, cisalhamento e dureza visando sugerir usos apropriados e futuramente correlacionar estas propriedades às outras características para melhor aplicação ou trabalhabilidade do material.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Rezende et al. (1995), o estudo do comportamento das variações dimensionais da madeira é essencial para sua utilização industrial, tanto na construção civil como na confecção de móveis. As relações existentes entre massa específica, umidade, contração volumétrica e expansão da madeira, são de fundamental importância para sua correta utilização.

Segundo Paes et al. (1995), a massa específica constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois ela se relaciona às outras propriedades físicas e tecnológicas úteis na classificação da madeira, e a partir do seu comportamento, recomendam-se diferentes utilizações.

A densidade refere-se à quantidade de substância madeira existente num determinado volume a uma determinada umidade. Em função da madeira ser um material poroso, constituído de uma matriz de fibras e espaços vazios, o valor da densidade depende da inclusão ou não do volume de poros e as determinações da mesma pode ser feita de duas formas. Na primeira determina-se o volume de uma forma global, incluindo o volume de poros e obtendo a densidade aparente. Na segunda, o volume da amostra é determinado sem a inclusão dos poros, obtendo-se o volume real ou densidade da parede celular (VITAL, 1984).

A utilização da densidade ocorre por causa da mesma ser de fácil determinação e apresentar boa correlação com as características celulares e outras propriedades físicas da madeira. Geralmente, a densidade utilizada é aquela determinada com base na massa de madeira seca em relação ao seu volume saturado (densidade básica). Porém, outro tipo de densidade pode ser utilizado, como é o caso da densidade aparente a 0 e a 12% de umidade (PALERMO, 2010).

Segundo Silva et al. (2005), é necessário conhecer as propriedades da madeira, os parâmetros de usinagem e suas interações, o que justifica a necessidade de novos estudos referentes ao comportamento diante de ensaios de usinagem e acabamento superficial, assim como conhecer as características físico-mecânicas do material utilizado.

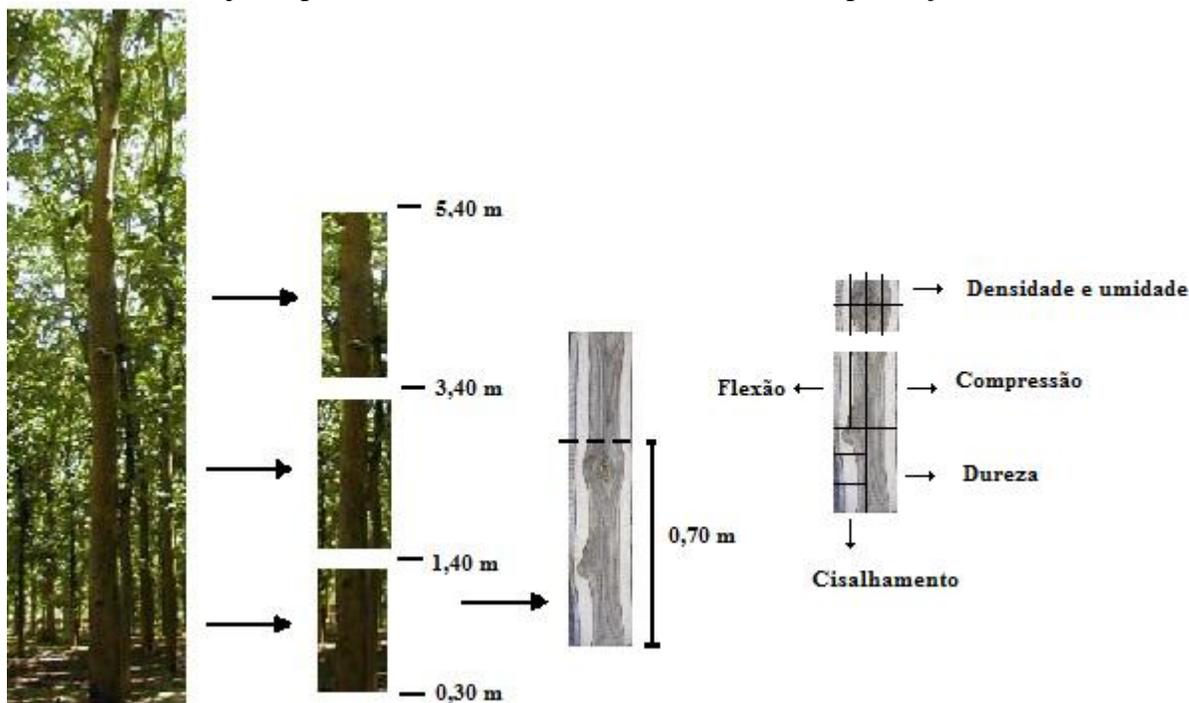
Segundo Melchiorretto e Eleotério (2003) apud Botelho (2011), a determinação das propriedades tecnológicas da madeira tem grande importância para a estimativa da sua resistência em relação às forças externas que tendem a deformá-la, bem como definir os usos mais indicados. Além disso, as principais características físicas da madeira podem ser obtidas a partir de ensaios que avaliam a estabilidade dimensional da madeira.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta do Material e Confeção dos Corpos-de-Prova

Para a realização dos testes foi utilizada a madeira de *Tectona grandis* L. f. com aproximadamente 11 anos, oriunda de desbaste de um plantio em Cáceres - MT, no qual docentes do Departamento de Produtos Florestais e Departamento de Silvicultura mantém projetos de pesquisa.

Para obtenção dos corpos-de-prova foi realizado o desdobro de toras oriundas de três espaçamentos no plantio, 4x2m, 5x2m e 6x2m. De cada espaçamento selecionou-se um total de cinco árvores, tendo cada árvore fornecido uma tora de 1,40 metros de comprimento retirada da base como observado na figura 1. A amostragem das árvores foi executada ao longo de um desbaste de manejo no plantio realizado no 11º ano a contar da implantação das mudas no campo.



**Figura 1** - Esquema de corte do fuste para obtenção do pranchão e corpos-de-prova.

Após o processamento primário a madeira foi levada para o Laboratório de Processamento da Madeira (LPM) do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas da UFRRJ. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova por espaçamento com dimensões de 2x3x5cm segundo parâmetros e padrões da norma ABNT NBR 7190:1997 para a determinação da densidade aparente, densidade básica, umidade e variação volumétrica.

Para os ensaios de cisalhamento, dureza Janka e compressão paralela às fibras, foi utilizada a ABNT NBR 7190:1997. Nos ensaios de flexão estática foram utilizados corpos-de-

prova com dimensões de 2x2x30 cm segundo Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso (INDEA/MT) (\_\_\_\_).

Observaram-se critérios como posição dos nós e defeitos, evitando-se retirar peças dos extremos e também provenientes de partes defeituosas. Em função da pouca quantidade de toras e com pequeno diâmetro e comprimento não foi possível excluir totalmente os nós. Os corpos-de-prova foram mantidos em câmara climatizada a 20°C e 65% de U.R., onde permaneceram até o momento de realização dos ensaios.

### 3.2 Determinação da Densidade Básica e Aparente

Para determinação das densidades aparente e básica utilizou-se roteiro do LPM elaborado a partir da norma ABNT NBR 7190:1997.

Inicialmente foram realizadas as medições dos corpos-de-prova com paquímetro digital, a fim de obter-se o volume úmido (VU) e pesados em balança de precisão para obtenção do “Peso” Úmido (PU).

Posteriormente, os corpos-de-prova foram imersos em água e foram realizadas pesagens sucessivas até se constatar valores constantes de massa indicando a completa saturação da madeira. Neste ponto os corpos-de-prova foram medidos para obtenção do volume saturado (Vsat).

Em sequência, os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas na câmara fria e depois levados à estufa (103° ±2) até atingirem peso constante para a determinação do “Peso” Seco (PS) e Volume Seco (VS) da amostra.

### 3.3 Variação Volumétrica

Os ensaios de estabilidade dimensional (contração volumétrica) foram realizados conforme parâmetros da norma ABNT NBR 7190:1997, utilizando os mesmos 20 corpos-de-prova com dimensões de 2x3x5cm para cada espaçamento.

### 3.4 Teste de flexão paralela às fibras

Para os ensaios de flexão, foram utilizados 18 corpos-de-prova, com dimensões de 2x2x30cm de acordo com uma adaptação da norma ABNT NBR 7190:1997 e anteriormente utilizada como método brasileiro NB26 da ABNT (1940).

Tais corpos-de-prova foram testados na máquina universal mecânica UMC 300 pertencente ao Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

A resistência da madeira à flexão é dada pelo módulo de elasticidade obtida a partir da inclinação do trecho linear (reta secante à curva definida pelos pontos 10% e 50%) do gráfico carga x deslocamento, como segue:

$$MOE_{M0} = \frac{(F_{M,50\%} - F_{M,10\%})L^3}{(V_{50\%} - V_{10\%})4bh^3} \quad (1)$$

Onde:

F = cargas em Newton

v = deslocamento no meio do vão  
b = largura da seção transversal  
h = altura da seção transversal  
L = comprimento

### **3.5 Teste de Cisalhamento Paralelo às Fibras**

Para os ensaios de cisalhamento, foram utilizados 20 corpos-de-prova, com dimensões de 5x5x15cm. Tais dimensões e seus respectivos parâmetros e padrões seguiram as normas da ABNT NBR 7190.

Tais corpos-de-prova foram testados na máquina universal mecânica UMC 300 pertencente ao Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para determinação da resistência ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ), foi utilizado um carregamento monotônico crescente, correspondente a uma taxa de 30 kgf/cm<sup>2</sup>.min. A resistência ao cisalhamento é dada pela razão entre a máxima força cisalhante aplicada ao corpo de prova ( $F_{v0,máx}$ ) e a área inicial da seção crítica do mesmo em um plano ( $A_{v0}$ ) paralelo às fibras, conforme fórmula abaixo:

$$f_{v0} = F_{v0,máx} / A_{v0} \quad (2)$$

### **3.6 Teste de Dureza Janka**

Para os ensaios de dureza Janka foram utilizados 20 corpos-de-prova, com dimensões de 5x5x15cm, conforme dimensões e parâmetros da norma ABNT NBR 7190:1997.

Tais corpos-de-prova foram testados na máquina universal mecânica UMC 300 e software Pavitest® pertencente ao Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

O ensaio da dureza Janka consiste na medição da força para penetração de uma semi-esfera de aço com seção diametral de 1 cm<sup>2</sup> nos corpos-de-prova, em um período pré-determinado pela máquina utilizada no teste, a qual possui um sensor acoplado no dispositivo citado. Tal sensor é o responsável pela finalização automática do teste e tem a finalidade de propiciar resultados mais precisos.

### **3.7 Teste de compressão paralelo às fibras**

Para os ensaios de compressão, foram utilizados 20 corpos-de-prova, com dimensões de 5x5x15cm. Tais dimensões e seus respectivos parâmetros e padrões seguiram as normas da ABNT NBR 7190:1997.

Os ensaios foram realizados na máquina universal mecânica UMC 300 e software Pavitest® pertencente ao Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

A resistência à compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ ) é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar em um corpo-de-prova ( $F_{c0,máx}$ ) por unidade de área (A) sendo calculada pela fórmula abaixo:

$$f_{c0} = F_{c0,máx}/A \quad (7)$$

### **3.8 Avaliação dos Resultados**

Os resultados foram avaliados por meio de interpretação estatística considerando o experimento inteiramente casualizado, aplicando testes de normalidade e análises de variância por meio de comparação das médias pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização Física da Madeira

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios de umidade de equilíbrio, densidade básica, densidade aparente e variação volumétrica para madeira de teca jovem oriunda dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. Verifica-se que houve diferença significativa entre as médias de cada espaçamento, exceto para variação volumétrica.

**Tabela 1** - Médias de valores para umidade de equilíbrio, densidade básica, densidade aparente e variação volumétrica para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

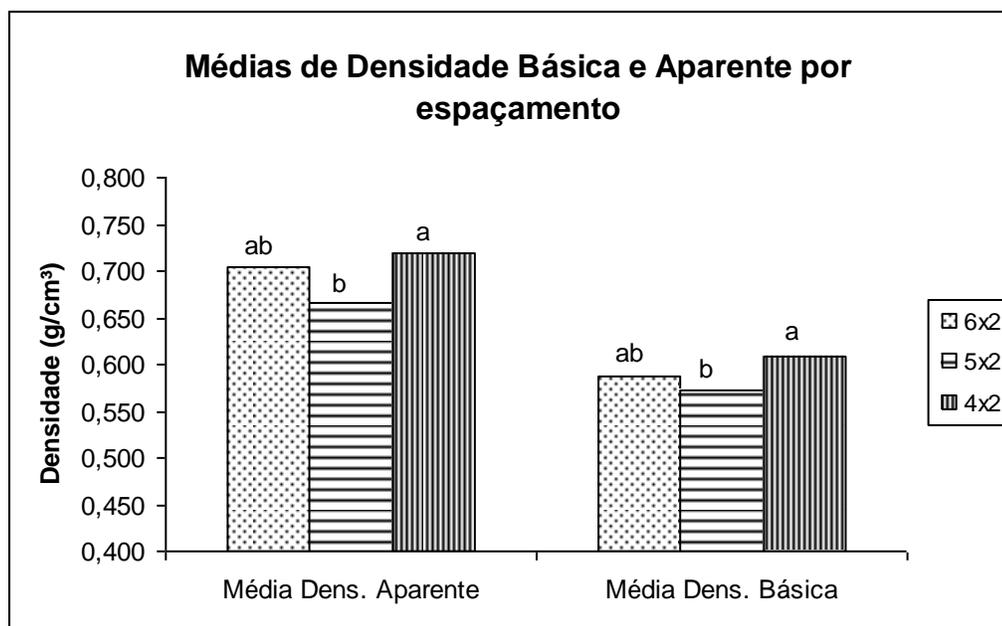
<b>Espaçamento</b>	<b>Umidade de equilíbrio (%)</b>	<b>Densidade Básica (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Variação Volumétrica (%)</b>
6x2 m	12,946 a	0,588 ab	0,704 ab	6,779 a
5x2 m	12,236 ab	0,573 b	0,666 b	6,295 a
4x2 m	11,833 b	0,608 a	0,720 a	6,514 a
<b>Média</b>	12,338	0,590	0,697	6,529

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para os dados referentes à umidade de equilíbrio, houve diferença significativa entre os espaçamentos 6x2m e 4x2m, tendo o espaçamento 5x2m valores intermediários entre os demais espaçamentos. Tal fato associado a valores decrescentes de densidade básica pode ser atribuído ao fato de haver maior proporção de cerne no espaçamento 4x2m do que na madeira de espaçamento 6x2m. Quanto maior os valores de umidade de equilíbrio, supõe-se uma maior porosidade e conseqüentemente menor variação volumétrica, como observado na Tabela 1.

Verificando a dispersão dos dados de umidade de equilíbrio para os três espaçamentos, pôde-se observar uma homogeneidade dos valores obtidos para cada espaçamento.

Na Figura 2, encontram-se os valores médios de densidade aparente e densidade básica para a madeira de teca proveniente dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. Observou-se diferença significativa entre os espaçamentos 4x2m e 5x2m, tendo o espaçamento 6x2m apresentado valores intermediários.



**Figura 2** - Médias de Densidade Aparente e Básica para corpos-de-prova de teca oriundos dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m respectivamente. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância..

Os valores encontrados neste estudo, no que se refere à densidade básica, estão próximos daqueles mencionados por Bolzan et al. (2006), a qual encontrou o valor médio de  $0,583 \text{ g.cm}^{-3}$  para madeira de *Tectona grandis* L. f. com 10 anos de idade a 1,25m de altura do tronco.

Em estudo realizado por Lima et al. (2009), ao comparar valores de densidade básica em plantios de *Tectona grandis* L. f. com 31 anos e espaçamentos 3x1,5m, 3x2m e 3x2,5m o mesmo obteve valores médios de  $0,53 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,56 \text{ g/cm}^3$  e  $0,56 \text{ g/cm}^3$  respectivamente.

Segundo Vital (1984), a densidade tende a aumentar com a idade como consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura das células. Trugilho et al. (1996) citou que o teor da lignina tende a diminuir com o aumento da idade, pois as espécies mais jovens tendem a possuir uma maior proporção de madeira juvenil, que é mais rica em lignina do que a madeira madura.

Estudos realizados por Melo et al. (2006) demonstraram valores de densidade básica menores para o alburno em relação ao cerne para a espécie de *Tectona grandis* L. f., o que sugere que o valor médio encontrado para o espaçamento 6x2m esteja associado a maior quantidade de alburno em relação ao cerne para os corpos-de-prova deste espaçamento, refletindo em uma densidade inferior ( $0,588 \text{ g.cm}^{-3}$ ) ao encontrado para o espaçamento 4x2m ( $0,608 \text{ g.cm}^{-3}$ ), embora esses valores tenham sido iguais estatisticamente (Tabela 1).

Na tabela 2 são apresentados os dados referentes às variações tangenciais, radiais e volumétricas para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m respectivamente.

**Tabela 2** - Médias de Contração Tangencial, Radial e Volumétrica para corpos-de-prova de teca oriundos dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

<b>Espaçamento</b>	<b>Variação Longitudinal (%)</b>	<b>Variação Tangencial (%)</b>	<b>Variação Radial (%)</b>	<b>Variação Volumétrica (%)</b>
6x2 m	0,742 a	3,109 a	2,798 a	6,779 a
5x2 m	0,908 a	2,681 a	2,601 a	6,295 a
4x2 m	0,477 a	3,530 a	2,395 a	6,514 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Como demonstrado na Tabela 2, não houve diferença significativa entre os espaçamentos na direção tangencial, sendo perceptível uma maior variação neste sentido para o espaçamento 5x2m, não tendo sido observado menor densidade da madeira este espaçamento que justificasse tal comportamento.

Quanto à variação radial, não foi observada diferença significativa entre os espaçamentos, porém, diferente do comportamento na direção tangencial, neste caso, observou-se maior variação quanto maior o espaçamento utilizado.

Os dados encontrados neste trabalho referentes à variação radial estão compatíveis com o valor de 2,73% encontrado por Santos (2010), ao avaliar amostras de *Tectona grandis* L. f. com idade entre seis e sete anos. Porém, os valores encontrados para a direção tangencial foram abaixo do valor (6,17%) descrito pelo mesmo autor.

Embora o valor de variação volumétrica tenha sido inferior ao valor (9,83%) encontrado por Santos (2010), os valores obtidos para os três espaçamentos são compatíveis com o valor (7,0%) citado pelo LPF (1977) para madeira adulta de teca de origem asiática.

#### 4.2 Caracterização Mecânica da Madeira

Na Tabela 3 são apresentados os valores obtidos para módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. É possível verificar que houve diferença significativa entre os valores obtidos para o módulo de ruptura, embora o mesmo não tenha sido observado para o módulo de elasticidade entre os espaçamentos estudados.

O espaçamento 4x2m apresentou maior módulo de ruptura (MOR), sendo estatisticamente semelhante ao espaçamento 6x2m, tendo também o mesmo apresentado maior densidade dentre os espaçamentos.

**Tabela 3** - Média de valores para Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

<b>Espaçamento</b>	<b>MOR (MPa)</b>	<b>MOE (MPa)</b>
6x2 m	96,0 ab	21657 a
5x2 m	91,0 b	23604 a
4x2 m	106,1 a	22950 a

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores obtidos para módulo de ruptura mostraram-se inferiores ao valor encontrado por Miranda et al. (2011), a qual estudou árvores de *Tectona grandis* L. f. com idades entre 50 a 70 anos provenientes de um plantio sem manejo no Timor Leste, tendo obtido o valor de 141 N.mm<sup>-2</sup> (141 MPa). No entanto o valor de 10684 N.mm<sup>-2</sup> (10684 MPa) para módulo de elasticidade encontrado pelo mesmo autor mostrou-se muito inferior aos valores encontrados para diferentes espaçamentos neste trabalho para teca juvenil.

De acordo com Panshin e De Zeeuw (1980) apud Gonçalves et al. (2009), a resistência da madeira está diretamente relacionada à sua densidade, justificando assim os valores superiores para ruptura de peças provenientes do espaçamento 4x2m. Os valores encontrados para módulo de ruptura foram também compatíveis com o valor encontrado por Gonçalves et al. (2009), o qual obteve os valores médios de 103,2 MPa e 101,4 MPa para madeira seca de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, os quais são amplamente utilizados em movelaria, disputando mercado com a madeira de Teca.

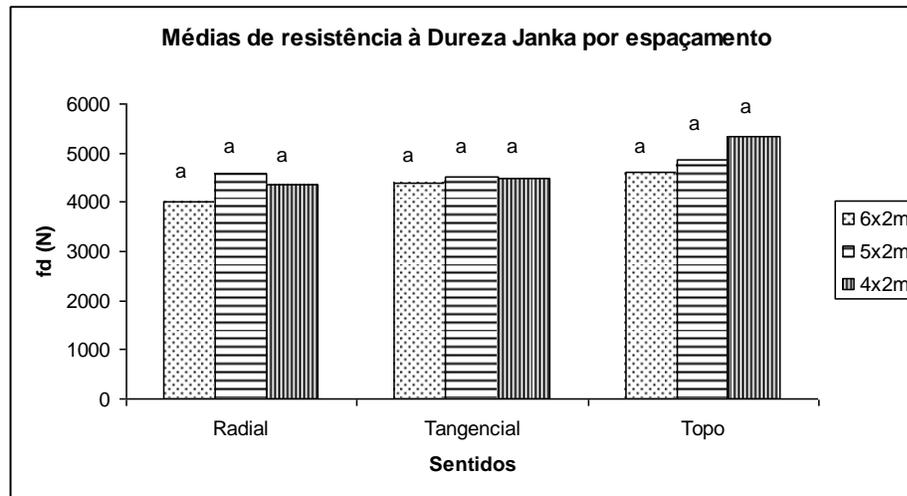
Os valores obtidos para módulo de elasticidade mostraram-se próximos ao valor de 17738 MPa encontrado por Scanavaca Junior e Garcia (2004) ao estudar a madeira de *Eucalyptus urophylla* com idade de aproximadamente 19 anos proveniente da Indonésia, justificando que ambas madeiras ainda jovem apresentam potencial para o mercado moveleiro.

A tabela 4 apresenta os valores médios para resistência à dureza Janka nos sentidos radial, tangencial e transversal para os três espaçamentos estudados. Observa-se que não houve diferença significativa para resistência à dureza Janka entre os três espaçamentos avaliados.

**Tabela 4** - Médias de valores para os testes de dureza Janka nos sentidos radial, tangencial e transversal para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

<b>Espaçamento</b>	<b>Dureza Janka radial (N)</b>	<b>Dureza Janka tangencial (N)</b>	<b>Dureza Janka paralela (N)</b>
6x2 m	4021 a	4375 a	4616 a
5x2 m	4573 a	4527 a	4849 a
4x2 m	4362 a	4488 a	5323 a

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.



**Figura 3** - Médias de resistência à dureza Janka para corpos-de-prova de teca oriundos dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m respectivamente. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o ensaio de dureza Janka paralela às fibras, embora não se tenha obtido diferenças significativas entre os espaçamentos, é possível observar o aumento da dureza com a redução do espaçamento. Isto pode ser justificado uma vez que a dureza Janka paralela possui alto grau de correlação positiva com a densidade aparente, conforme descrito em estudos realizados por Dias e Lahr (2004), ao empregar 40 espécies florestais.

Os resultados obtidos demonstram que o espaçamento 6x2m obteve os menores valores de dureza Janka em todas as direções, embora não tenha apresentado diferença significativa, tendo o espaçamento apresentado um valor intermediário de densidade sugerindo uma correlação positiva entre estas características.

Na tabela 5 são apresentadas as médias de valores obtidos para os ensaios de cisalhamento tangencial às fibras e compressão paralela para os diferentes espaçamentos. Nesta é possível verificar que para o ensaio de cisalhamento tangencial não foi observada diferença significativa entre os espaçamentos, embora os valores obtidos tenham sido superiores aos encontrados por Scanavaca Junior e Garcia (2004) para espécie de *Eucalyptus urophylla*, o qual obteve valor de 18,64 MPa para o mesmo ensaio. É possível verificar que embora o material dos três espaçamentos tenha demonstrado valores satisfatórios, o espaçamento 5x2m apresentou valor inferior aos demais espaçamentos.

**Tabela 5** - Médias de valores para os testes de flexão estática, cisalhamento paralelo, dureza janka e compressão paralela para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Cisalhamento Tangencial (MPa)	Compressão Paralela(MPa)
6x2 m	22,296 a	41,888 b
5x2 m	20,572 a	44,192 ab
4x2 m	22,419 a	48,095 a

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em trabalho realizado por Pimentel et al. (2008b) utilizando madeira juvenil de teca oriunda de três espaçamentos (3x1,5m, 3x2m e 3x2,5m), não encontrou diferença significativa para o ensaio de cisalhamento, sendo encontrado os valores de 10,66 MPa, 11,78 MPa e 12,01 MPa em relação a direção medula-casca. Tais dados são inferiores aos valores de 22,296 MPa, 20,572 MPa e 22,419 MPa encontrados para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m neste trabalho.

Botelho (2011) ao considerar IBAMA (2011), classificou a madeira de Pau-Jacaré como de alta resistência ao cisalhamento ao encontrar o valor de  $166 \text{ kgf.cm}^{-2}$  (16,28 MPa), valor também inferior ao encontrado, sugerindo que a teca jovem apresenta alta resistência ao cisalhamento, sendo desejável não somente na indústria de móveis como em outros segmentos.

Os valores encontrados neste estudo, para a compressão paralela, foram próximos aos descritos por Pimentel et al. (2008a), o qual avaliou a espécie *Tectona grandis* L. f., com aproximadamente 33 anos, oriunda de três espaçamentos (3x1,5m, 3x2m e 3x2,5m), tendo encontrando os respectivos valores 46,93 MPa, 46,30 MPa e 46,55 MPa, em que o mesmo observou não haver influência do espaçamento sobre a resistência à compressão paralela, diferentemente do encontrado neste trabalho.

Santos (2010), ao caracterizar a madeira de *Tectona grandis* L. f. com aproximadamente seis anos, encontrou o valor médio de 39,23 MPa para o ensaio de compressão paralela às fibras.

Sendo assim, os valores obtidos para teca jovem não se distanciam do valor 41,1 MPa citado pelo Forest Products Laboratory (2010) para teca do Sudeste asiático, com idade entre 65 e 80 anos, evidenciando que a madeira de teca jovem pode ser utilizada em produtos que requeiram boa resistência a compressão paralela.

Sob compressão axial as células que compõem as fibras atuam como tubos de paredes finas, paralelos e colados entre si. O colapso envolve a fratura do material ligante e flambagem das células (BRITEZ & NOGUEIRA, 2006).

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados podemos concluir que a madeira de teca jovem avaliada apresentou-se com qualidade similar à madeira com maior idade comumente comercializada, quanto às densidade básica e aparente.

Os resultados encontrados sugerem que o espaçamento utilizado no plantio de teca pode resultar em diferentes valores de densidade da madeira e conferir propriedades físicas que refletem diferenças significativas nos valores de variação volumétrica, o que influenciará os possíveis usos da madeira.

Embora não encontrada diferença na variação volumétrica entre os espaçamentos, os valores encontrados foram compatíveis com a literatura para a espécie *Tectona grandis* L. f., tanto em idade jovem como adulta.

A maior retração encontrada foi na direção tangencial, e embora os valores obtidos tenham ficado um pouco abaixo do encontrado em literatura, estes foram suficientes para qualificar a madeira como boa para confecção de produtos que exijam boa estabilidade dimensional, como no caso de portas, esquadrias e mobiliário.

Quanto às propriedades mecânicas, os ensaios de flexão estática apresentaram resultados satisfatórios uma vez que os valores obtidos foram próximos aos descritos por outros autores, tanto para a espécie *Tectona grandis*, quanto para outras espécies em idade adulta.

Os testes de Dureza Janka demonstraram uma influência da densidade no comportamento da madeira, uma vez que os melhores valores de dureza radial e tangencial foram obtidos no espaçamento 4x2m, o qual apresentou maior densidade, sendo assim, pode-se dizer que a madeira oriunda deste espaçamento apresenta densidade e dureza suficientes para confecção de pisos, revestimentos imobiliários que exijam resistência a pisoteios e riscos.

Os resultados obtidos no teste de cisalhamento demonstraram que embora encontrados comportamentos distintos embora não tenha ocorrido diferença estatística para madeira dos três espaçamentos, estes foram elevados, o que é satisfatório para a produção de móveis que se utilizam encaixes como cavilhas e espigas, ou que requeiram alta resistência ao cisalhamento.

A resistência à compressão se mostrou compatível com os valores disponíveis em literatura para teca jovem e adulta. Desta forma, a madeira estudada demonstra aptidão para servir de matéria-prima na confecção de móveis como assentos, móveis de apoio e uma variedade de usos na área de decoração, revestimento, dentre outras aplicações.

Por fim, podemos concluir que embora haja um certo “pré-conceito” quanto a teca jovem em relação à madeira de mesma espécie oriunda de plantios com ciclos mais longos como ocorre em países europeus e asiáticos, os resultados demonstraram comportamento satisfatório, podendo oferecer bom desempenho quando utilizada como matéria-prima na confecção de produtos, em especial da área de movelaria. Para finalidades que requerem maiores valores de resistência à flexão, à dureza, ao cisalhamento e à compressão, propõe-se que sejam realizados mais estudos que envolvam um maior número de amostras e que sejam observados mais critérios.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Projeto de estruturas de madeira** – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997. 107p
- BOLZAN, P. C., PENNA, J. E., BORGES, P. H. M. Estudo da variação axial da densidade básica de *Tectona grandis* L. f. (“teca”), usando-se três métodos de avaliação do volume saturado - teste de metodologia. Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas em Madeira – EMBRAMEM 2006. São Pedro, SP, 2006.
- BOTELHO, M. N. **Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da Madeira de Piptadenia gonoacantha (Mart.) J. F. Macbr.** Monografia (Engenharia Florestal). UFRRJ, Seropédica, RJ, 2011.
- BRITEZ, C. A., NOGUEIRA, V. **Inter-relação entre as propriedades e a microestrutura das madeiras.** PCC USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, SP, 2006.
- DIAS, F. M., LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedade de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Florestalis**, nº 65, p. 102-113, 2004.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY-FPL. **Wood handbook: wood as an engineering material.** Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010, 508p. (General Technical Report FPL-GTR-190).
- GONÇALVES, F. G., OLIVEIRA, J. T. S., LUCIA, R. M. D., SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.501-509, 2009.
- IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia: características e utilizações.** CNPq. Brasília, 1981. 113 p.
- LIMA, I. L., MONTEIRO, S. B. F., LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. **Cerne**, Vol. 15, nº. 2, abril-junho, 2009, pp. 244-250.
- INDEA/MT – Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do Mato Grosso. Laboratório de Tecnologia da Madeira, Área Físico-mecânica. **Métodos de Ensaio.** INDEA/MT s/d.
- MELO, R. R., PAES, J. B., LIMA, C. R., FERREIRA, A. G. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semi-árido. **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça, ano IV, nº 7, 2006.
- MIRANDA, I., SOUSA, V., PEREIRA, H. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. **Journal of wood science**. Vol. 57, Nº 3, 2011 ,p. 171-178.
- PAES, J. B.; LIMA, C. R.; SILVA, J. M. Variação Longitudinal e radial da densidade básica da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* D.C.). In: **Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira**, Belo Horizonte-MG, p.225-234, 1995.
- PALERMO, G. P. M. **Propriedades e comportamento tecnológico da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex-maiden visando a sua utilização em produtos de maior valor agregado.** 2010. 237p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.
- PIMENTEL, M. M. LIMA, I. L. GARCIA, J. N. **Variação de propriedades da madeira de *Tectona grandis* Linn.F. (Teca) em função do espaçamento e da posição radial na tora.** 20º Siicusp. São Paulo, SP, 2008(a).

- PIMENTEL, M.M., SELEGATO, P. A. M., GARCIA, J. N., LIMA, I. L. Variação de propriedades da madeira de *Tectona grandis* Linn.F. (Teca) em função do espaçamento e da posição radial na tora. **IF Ser. Reg. São Paulo**, nº 36 p 19-24, jul.-2008(b).
- REZENDE, M.A.; SAGLIETTI, J.R.C.; GUERRINI, I.A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, n.48/49, p.133-141, 1995.
- SANTOS, L. L. **Caracterização tecnológica da madeira juvenil de *Tectona grandis* L.f. visando a produção de móveis**. Monografia (Engenharia Industrial Madeireira). UFES. Jerônimo Monteiro, ES, 2010.
- SCANAVACA JUNIOR, L., GARCIA, J. N. **Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla***. **Scientia Florestalis**, nº 65, p. 120-129, 2004.
- SILVA, J. R. M.; MUÑIZ, G. I. B.; LIMA, J. T.; BONDUELLE, A. F. Relações da usinabilidade com a morfologia das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.479-487, 2005.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influências da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1996.
- VITAL, B. R. Métodos de determinação de densidade da madeira. **Boletim técnico**, Viçosa-MG, SIF, 1984. 21p.

## **CAPÍTULO II**

# **AVALIAÇÃO DE MADEIRA DE TECA JOVEM (*Tectona grandis* L.f.) EM ENSAIOS DE USINAGEM**

## RESUMO

A usinagem da madeira reduz a perda de material aumentando a quantidade de peças produzidas, enquanto a melhor qualidade das peças depende não somente dos ajustes operacionais como do material para cada finalidade, considerando as características físicas e anatômicas de cada espécie. Objetivando reduzir o desgaste de máquinas e perdas de material durante as operações, busca-se estudar melhor o comportamento das espécies florestais utilizadas na construção civil, móveis e decoração, obtendo-se resultados úteis para o ajuste de processos, adequação de máquinas e treinamento. A espécie *Tectona grandis* L.f. tem sido utilizada em diversas áreas, tendo participação expressiva no mercado de móveis e assoalhos, visto possuir características de madeira nobre em relação à qualidade, durabilidade e aspecto visual. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as características do material teca jovem por meio de testes de plaina, lixa, furação, rasgo e fendilhamento por prego e pela observação de defeitos de superfície após a execução dos testes, verificar se houve diferença significativa entre os espaçamentos de plantio e a aprovação da madeira para o uso em movelaria. O material foi obtido pelo desdobro de toras oriundas de três espaçamentos, 4x2m, 5x2m e 6x2m, provenientes de um povoamento da região de Cáceres - MT, com aproximadamente 11 anos. Foram realizados testes de plaina a 6m/min e 12,4m/min, lixa com grão 80 e 100, furação por brocas 6, 8 e 12mm e por broca chata 24mm passante e não-passante, rasgo lateral e fendilhamento por prego segundo a norma ASTM 1666/87 e LPF/DPF (1981). Não foram observadas diferenças significativas nos testes de plaina nas duas velocidades e lixa com grãos 80 e 100, mostrando-se excelente para esses processos. Para os testes de furação tipo dobradiça e rasgo lateral, não foram encontradas diferenças significativas, porém houve desempenho diferenciado entre os espaçamentos. Nos testes de fendilhamento por prego a madeira mostrou-se apta a receber pregos quando excluídas as bordas sendo peculiar o comportamento das peças do espaçamento 5x2m.

Palavras-chave: *Tectona grandis* L.f., Usinagem, Movelaria.

## ABSTRACT

The correct machinability reduces the loss of material raising the quantity of itens produced whereas the better quality of itens depends not only of operational adjustments but also of the material for each purpose, considering the physical and anatomical characteristics of each specie. Aiming at reducing the machinery wear and loss of material along the operations, it is searched to better study the performance of Forest species used in civil construction, furniture and decoration, to obtain useful results for the processes adjustment, machinery adequation and training. The *Tectona grandis* L.f. has been used in various areas, having expressive participation on the furniture and floor market as it has noble wood characteristics relating to its quality, durability and visual aspect. So, this chapter proposes to know the material characteristics of young teak through the planing test in 6m/min and 12,4 m/min, sanding with grain 80 and 100, drilling with hole 6, 8 e 12mm and boring drill 24mm passing and not passing, lateral tear and shearing by nails according to norm ASTM 1666/87 and LPF/DPF (1981), and through the observation of surface damages after the tests execution, verify if there is significant difference between the spacings and the approval for use in furniture industry. For the supply of material it was realized the sawing of logs from three spacings, 4x2m, 5x2m e 6x2m, from the region of Cáceres, Mato Grosso state, with approximately 11 years old. There were no significant differences in the planing tests at the two velocities and the sanding with grain 80 and 100, presenting excellent for theses processes. For the boring for hinge test and lateral tear there were no significant differences, although there was difference in performance between the spacings. In the shearing by nail test the material presented capable to receive nails when it is excluded the edges being peculiar the behavior of itens from the 5x2m spacing.

Key-words: *Tectona grandis* L.f. Machinability. Furniture industry

# 1 INTRODUÇÃO

Em serrarias, para o cálculo da eficiência no processamento da madeira, geralmente utiliza-se o volume de toras trabalhadas desconsiderando o diâmetro das mesmas e o rendimento. Há a desconsideração da perda de madeira resultante da geração de resíduos causado pelos desajustes no processo de usinagem.

Um adequado processamento reduz a perda de material e conseqüentemente, aumenta a quantidade de peças produzidas, enquanto a melhor qualidade nas peças depende não somente de tais ajustes, como do material escolhido para cada finalidade, considerando as características físicas e anatômicas de cada espécie.

Com a finalidade de reduzir o desgaste de máquinas e perdas de material durante as operações busca-se estudar melhor o comportamento das espécies florestais utilizadas na construção civil, móveis e decoração, obtendo-se resultados úteis para o ajuste de processos e adequação de máquinas e treinamento para cada espécie, o que resultará em um produto de maior qualidade e valor de mercado.

A espécie *Tectona grandis* L. f têm sido utilizada ao longo dos anos nas mais diversas áreas, sendo muito significativa sua participação no mercado de móveis e assoalhos, visto possuir características de madeira nobre em relação à qualidade, durabilidade e aspecto visual.

A madeira de teca comercializada mundialmente é oriunda de árvores entre 35 e 65 anos, sendo recente o uso, principalmente no Brasil, de madeira de corte próximo aos 15 anos. Em Cáceres-MT, pesquisadores do Instituto Federal do Mato Grosso (IFMT) acompanham um plantio experimental utilizando diferentes espaçamentos com a finalidade de acompanhar o desenvolvimento da teca diante dos tratamentos silviculturais.

Assim, este trabalho teve como objetivo conhecer as características do material teca jovem por meio de testes de plaina, lixa, furação, rasgo e fendilhamento por prego e pela observação de defeitos de superfície após a execução dos testes e verificar se houve diferença significativa entre os espaçamentos de plantio e a aprovação da madeira para o uso em movelaria.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A madeira apresenta características anisotrópicas e diferentes propriedades físicas e mecânicas, o que dificulta a generalização do rendimento das operações de usinagem. O processo de transformação da madeira em móveis permite a agregação de grande valor ao produto, sendo importante que a usinabilidade da madeira seja compatível com as necessidades de qualidade, custo e produtividade. Assim, faz-se necessário desenvolver estudos com a finalidade de caracterizar o efeito das propriedades das diferentes espécies utilizadas sobre a usinabilidade das mesmas, como afirma Lucas Filho (2004).

Para Baptista (2002), a usinabilidade é um resultado da interação do material com a operação de usinagem. As condições de usinagem são estabelecidas para cada tipo de material e ferramenta. O avanço e a velocidade são limitados pelo calor gerado, pelos atritos e pela deformação plástica do cavaco.

Segundo Silva et al. (2007) e Iskra & Tanaka (2005) apud Carvalho (2006), os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados às 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 adequada) e treinamento do operador (regulagem e o ajuste das máquinas).

A uniformidade da densidade entre as peças de uma mesma madeira é uma característica importante ao se pensar em usos mais nobres, como pisos, móveis, lambris e assoalhos, etc. O processamento e beneficiamento da madeira são relativamente fáceis quando a madeira é uniforme em suas propriedades (PALERMO, 2010).

A diversidade dos espaçamentos iniciais e dos procedimentos silviculturais (desbastes e desramas), adotados nas florestas de diferentes idades, implicará na obtenção de madeira com propriedades bem distintas, confirmadas nos diferentes ensaios realizados por Silva, J. C. (2002).

As características físicas ligadas à aparência como a textura e a grã influenciam na qualidade da superfície usinada. As madeiras de grã irregular apresentam superfícies mais ásperas na região onde a ferramenta corta em sentido contrário a direção normal das fibras. Espécies de textura fina, como no caso da peroba rosa apresentam uma melhor qualidade da superfície usinada quando comparadas à superfície de espécies com textura grossa, como, por exemplo, o angelim pedra (PALERMO, 2010).

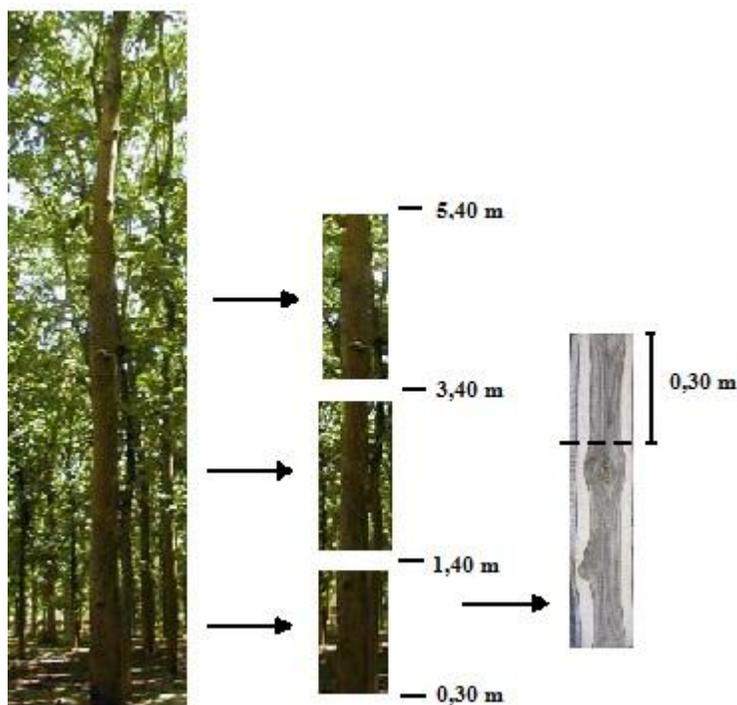
Para Batista et al. (2007), o rendimento ou porcentagem de aproveitamento está relacionado ao volume total de toras de madeira utilizada pela serraria, tipo de desdobro utilizado, dimensões finais da peça desejada (número de cortes feitos), máquinas utilizadas e uso mão-de-obra especializada.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta do Material e Confeção dos Corpos-de-Prova

A madeira de *Tectona grandis* L. f. utilizada foi oriunda de um plantio situado em Cáceres - MT, no qual docentes do Departamento de Produtos Florestais e Departamento de Silvicultura da UFRRJ mantêm convênios e desenvolvem projetos de pesquisa.

Para o fornecimento do material foi realizado o desdobro de toras oriundas de três espaçamentos, 4x2m, 5x2m e 6x2m, com aproximadamente 11 anos. De cada espaçamento, selecionou-se um total de cinco árvores, tendo cada árvore fornecido uma tora de 1,40 metros de comprimento, retirada primeira altura como ilustrado na Figura 4.



**Figura 4** - Esquema de corte do fuste para obtenção do pranchão e corpos-de-prova.

Após o processamento primário a madeira foi levada para o Laboratório de Processamento da Madeira (LPM) do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Foram confeccionados 10 corpos de prova por espaçamento, medindo 2,4 x 12 x 30 cm segundo a Figura 5. Foram realizados testes de usinagem propostos na norma American Society for Testing and Materials (ASTM) 1666 (2005) e Laboratório de Produtos Florestais do Departamento de Produtos Florestais (LPF/DPF 1981).



**Figura 5** Corpo-de-prova de teca jovem após os ensaios de Furação para dobradiça não passante e passante, furação para cavilha e fendilhamento por prego executados na face aplainada.

### 3.2 Teste de Plaina

Foi utilizada uma plaina desgrossadeira de 2 facas, com velocidade de alimentação por avanço de  $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  e  $12,4\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  e rotação de 3600rpm, com espessura de corte de 3mm e o ângulo de ataque de  $30^\circ$ .

Nesta operação os corpos-de-prova foram avaliados em três critérios. O primeiro critério observou a presença de defeitos, arrancamento de grã e arrepimento nas superfícies das peças. O segundo observou a ocorrência de desvio de grã, sendo este defeito classificado em grã direita, inclinada, ondulada, entre-cruzada ou reversa. Na terceira avaliação, foi observado o arrancamento de cavacos. As notas foram atribuídas por três avaliadores de modo a eliminar a subjetividade e conforme a Tabela 6.

**Tabela 6** - Notas para avaliação do teste de plaina quanto à presença de defeitos, arrancamento de cavaco e posição da grã, de acordo com o Laboratório de Produtos Florestais /DPF/IBAMA (1981).

Nota	Presença de Defeitos	Arrancamento de Cavaco	Posição da Grã
1	Superfície isenta de defeitos.	Peça isenta de marcas de cavaco.	Leve, pequena parte da peça com desvio de grã.
2	Arrepimento leve a médio.	Leve, poucas e/ou pequenas marcas.	Média, metade da peça com desvio de grã.
3	Arrepimento forte e arrancamento leve.	Média, marcas maiores que anteriores	Severa, com desvio em toda a peça.
4	Arrepimento forte e arrancamento leve a médio.	Severa, muitas e/ou maiores marcas.	
5	Arrancamento forte, independente de arrepimento.		

### 3.3 Teste de Lixa

Para este teste utilizou-se uma lixadeira de esteira, possuindo 2,70m entre a roda motriz e a roda guia, sobre as quais montada a lixa de cinta estreita de 150mm de largura, com costado em tecido “drill”, camada aberta, grão 80 e 100. A face lixada por meio de pressão manual foi a mesma utilizada no teste de plaina.

Buscou-se aplicar a mesma pressão durante quarenta segundos em cada peça. Para isto, o ensaio foi realizado pelo mesmo operador para todos os corpos-de-prova. No teste foi observada por três avaliadores, a presença de riscamento de superfície e grã felpuda, e para cada situação conferiram-se notas conforme a Tabela 7.

**Tabela 7** - Notas para avaliação do teste de lixa quanto à presença de riscamento de superfície e grã felpuda, de acordo com o Laboratório de Produtos Florestais /DPF/IBAMA (1981).

Nota	Presença e intensidade de riscamento e grã felpuda
1	Superfície sem defeitos.
2	Leve, superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas um quarto da peça.
3	Média, presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça.
4	Severa, presença de riscamento ou grã felpuda em três quartos ou toda a peça.

### 3.4 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça

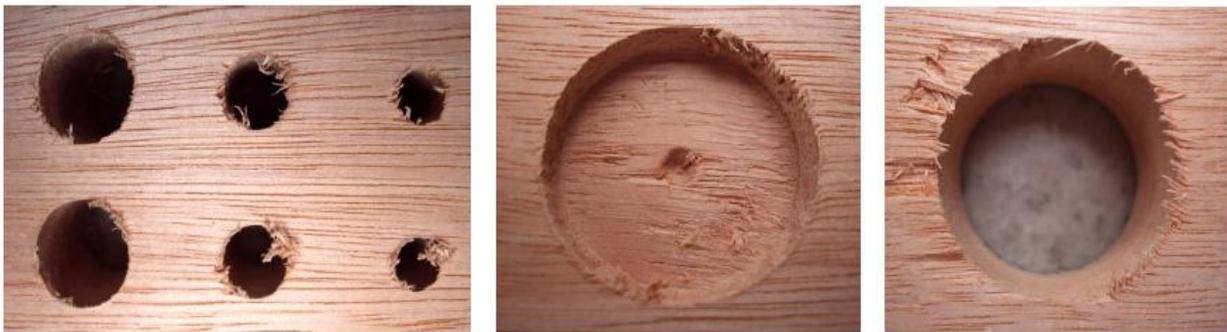
Utilizou-se uma furadeira de coluna de 1 HP, equipada com broca, tipo helicoidal de aço. Perfurou-se cada amostra de madeira em dois pontos localizados a uma distância mínima de 25 mm de suas bordas e entre os furos, sendo um dos furos passante e outro não-passante.

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, atribuindo notas de acordo com a Tabela 8.

**Tabela 8** - Notas para avaliação do teste de furação para cavilha e dobradiça quanto à presença de defeitos de grã, de acordo com o Laboratório de Produtos Florestais /DPF/IBAMA (1981).

Nota	Ocorrência e intensidade de defeitos de grã
1	Superfície isenta de defeitos.
2	Leve, superfície com queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã em uma parte pequena da peça
3	Média, presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã, em metade da superfície da peça
4	Severa, presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento de grã, em toda ou grande parte da peça.

Na Figura 6 são apresentadas exemplos de ensaios de furações para cavilha (brocas helicoidais com furação passante) e furações para dobradiças (não-passante e passante), em que se observa a presença de defeitos de arrancamento de grã.



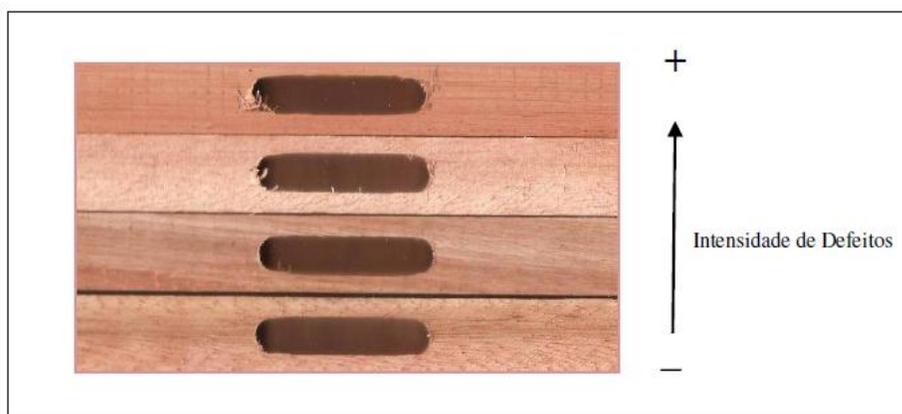
**Figura 6** - Furações para cavilha representando médio arrancamento de grã a severa e furação não passante apresentando arrancamento nas bordas e esmagamento de grã e passante, com arrancamento severo de grã.

### 3.5 Teste de Rasgo Lateral

Para o teste de rasgo lateral foi utilizado uma furadeira horizontal acoplada a um equipamento de múltiplas funções (serra circular, tupia e furadeira), com uma broca helicoidal de 8 mm. Para avaliação, foram atribuídas notas de um a cinco, em função do levantamento de fibras presente nas superfícies do rasgo, conforme a Tabela 9. Um exemplo dos parâmetros de avaliação utilizados os testes de rasgo é apresentado na Figura 7

**Tabela 9** - Notas para avaliação de rasgo lateral quanto à presença de levantamento de fibras, de acordo com o Laboratório de Produtos Florestais /DPF/IBAMA (1981).

Nota	Ocorrência e intensidade do levantamento de fibras
1	Ausência de levantamento de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo
2	Presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer
3	Presença de levantamento forte em uma face e leve em outra
4	Presença de levantamento forte em duas a quatro faces e fundo isento de levantamentos
5	Presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo



**Figura 7** - Rasgos laterais produzidos com teste de rasgo com diferentes intensidades de defeitos.

### 3.6 Teste de Fendilhamento por Prego

Para este teste foram utilizados pregos de 15 x 15 com 35 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro, os quais 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 nos mesmos corpos-de-prova utilizados no teste de lixa.

Avaliou-se o grau de aceitação dos pregos através da observação da presença de rachas ou trincas e de suas dimensões, mesmo quando estas se apresentaram insignificantes, não alcançando o topo dos corpos-de-prova (observados na superfície de penetração). A presença ou não determinaram a aceitação da madeira ao uso de pregos. Na Figura 8 é apresentado um corpo de prova com a aplicação de pregos e aparecimento de algumas trincas.



**Figura 8** - Corpo de prova do teste de fendilhamento por prego demonstrando o aparecimento de trincas em parte das pregações.

### 3.7 Análise Estatística dos Resultados

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente com o emprego de um delineamento experimental inteiramente casualizado, compreendendo três grupos (6x2m, 5x2m e 4x2m), e no caso do teste de plaina foi comparada a média entre os espaçamentos para cada velocidade, e no teste de lixa os grupos foram comparados após cada tipo de grão utilizado, com 10 repetições por grupo. Para a comparação de média das notas atribuídas foi utilizado teste de Tukey a um nível de 5% de significância. Para o teste de fendilhamento por prego calculou-se apenas a frequência de corpos-de-prova aprovados e reprovados segundo a norma adotada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste de Plaina

Na tabela 10 foram inseridas as frequências obtidas para cada nota atribuída às peças no teste de plaina à velocidade de  $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  quando observado os defeitos relacionados às fibras.

**Tabela 10** - Frequências e médias de notas na avaliação de defeitos de arrancamento e levantamento de fibras após teste de plaina com velocidade de  $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos estudados.

Espaçamento	Avaliação de defeitos à velocidade de $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$										Nota Média	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
<b>5x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
<b>4x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100

Como observado na tabela 10, não houve diferença entre os três espaçamentos. Não foi necessário realizar a análise estatística referente às médias de notas na avaliação de defeitos de arrancamento e levantamento de fibras após teste de plaina com velocidade de  $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  pois a soma dos resíduos é igual a zero.

Na tabela 11 é possível verificar que o mesmo ocorreu quanto à avaliação de defeitos de grã na mesma velocidade não sendo necessário a análise estatística para comparação de médias.

**Tabela 11** - Frequências e médias de notas na avaliação de defeitos de grã após teste de plaina com velocidade de  $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m.

Espaçamento	Avaliação de grã à velocidade de $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$						Notas Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	10	100	0	0	0	0	1 a	100
<b>5x2m</b>	10	100	0	0	0	0	1 a	100
<b>4x2m</b>	10	100	0	0	0	0	1 a	100

Para os três espaçamentos (6x2m, 5x2m e 4x2m) avaliados observou-se aprovação de todas as peças com total isenção de defeitos visíveis sem uso de equipamentos ópticos, sendo válido ressaltar que na avaliação destas buscou-se apenas excluir as regiões de grandes nós e extremidades como a própria norma sugere.

Na tabela 12 constam as médias para cada espaçamento após a avaliação de defeitos quanto ao arrancamento de cavacos para teste de plaina com velocidade de  $6\text{m}/\text{min}$  demonstrando

que não houve diferença significativa entre as médias dos espaçamentos embora as peças do espaçamento 6x2m tenham se mostrado numericamente inferiores aos espaçamentos 5x2m e 4x2m.

**Tabela 12** - Frequências e médias de notas na avaliação de defeitos quanto a arrancamento de cavaco após teste de plaina com velocidade de 6m/min em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação quanto a arrancamento de cavaco à 6m/min								Notas Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	8	80	2	20	0	0	0	0	1,2 a	100
<b>5x2m</b>	9	90	1	10	0	0	0	0	1 a	100
<b>4x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	1 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em geral as avaliações em testes de plaina não diferiram significativamente entre os três espaçamentos. Foi observado que não houve arrepiamento ou arrancamento de grã em nenhuma das peças analisadas, tendo sido descartada regiões pertencentes à medula e nós com dimensões considerados inapropriados para comercialização, os quais não foram descartados na produção dos corpos-de-prova para não limitar o tamanho das peças com a finalidade de garantir o manuseio seguro das peças.

Os valores obtidos na avaliação de arrepiamento e arrancamento mostraram-se superiores aos encontrados em literatura, como é possível verificar nos resultados obtidos por Teixeira et al. (2010) para ensaio de plaina realizado manualmente sem controle de velocidade para Teca jovem proveniente da mesma região embora não especificado os espaçamentos ou da porção da árvore utilizada na confecção dos corpos-de-prova.

A média geral de avaliação de todos os defeitos nos testes de plaina para a velocidade de 6m/min sugere atribuição de nota 1 classificando-a como excelente neste tipo de processamento sendo similar às obtidas por Carvalho et al. (2010) para a madeira de mogno africano para o desempenho em concordância quanto em oposição ou discordância após a passagem das amostras em uma plaina desempenadeira, de duas facas, com a velocidade de avanço da peça determinada pelo operador, que foi de, aproximadamente, 18m/min.

Sabe-se que tensões e esforços sofridos no plantio ou a disposição anatômica de determinadas espécies resultam no desvio de grã, não sendo este característico da espécie *Tectona grandis* L.f. e sendo conhecido o manejo silvicultural de modo experimental evitando-se o desenvolvimento de tais tensões nos indivíduos, fato que justifica a ausência de defeitos de grã.

Na Tabela 13 foram inseridas as frequências obtidas para cada nota atribuída às peças no teste de plaina à velocidade de 12,4m/min quando observado os defeitos relacionados às fibras.

**Tabela 13** - Frequências e médias de notas na avaliação de defeitos de arrancamento e levantamento de fibras após teste de plaina com velocidade de  $12,4\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação de defeitos à velocidade de $12,4\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$										Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	8	80	2	20	0	0	0	0	0	0	1,2 a	100
<b>5x2m</b>	8	80	2	20	0	0	0	0	0	0	1,2 a	100
<b>4x2m</b>	8	80	2	20	0	0	0	0	0	0	1,2 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a madeira dos três espaçamentos (6x2m, 5x2m e 4x2m) avaliados no teste de plaina considerando defeitos de levantamento e arripiamento de grã obteve-se o mesmo valor médio correspondente a 80% de notas 1 e 20% de notas 2 correspondente a classificação excelente e boa, respectivamente, representando a aprovação de todas as peças observando que na avaliação destas buscou-se apenas excluir as regiões de grandes nós e extremidades como a norma empregada sugere.

Na tabela 14 é possível observar a mesmo valor de média para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m correspondente a 90% das notas com valor 1, correspondendo à total aprovação das peças e classificação excelente do material ao que refere à ausência de defeitos por desvio de grã e não possuindo diferença significativa ao mesmo teste à velocidade de 6m/min.

**Tabela 14** - Frequências e médias de notas na avaliação de defeitos de grã após teste de plaina com velocidade de 12,4 m/min em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação de grã à velocidade de $12,4\text{m}/\text{min}$						Médias	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	9	90	1	10	0	0	1,1 a	100
<b>5x2m</b>	9	90	1	10	0	0	1,1 a	100
<b>4x2m</b>	9	90	1	10	0	0	1,1 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação de defeitos quanto ao arrancamento de cavaco para teste de plaina a velocidade de  $12,4\text{m}/\text{min}$  não foi observada diferença significativa entre as médias dos três espaçamentos, sendo observado apenas que o material dos espaçamentos 6x2m e 4x2m apresentaram os mesmos valores que no mesmo teste com velocidade de  $6\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ .

**Tabela 15** - Frequências e médias de notas na avaliação de defeitos quanto a arrancamento de cavaco após teste de plaina com velocidade de 12,4 m/min em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação quanto à arrancamento de cavaco à 12,4m/ min								Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	<b>8</b>	<b>80</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,2 a</b>	<b>100</b>
<b>5x2m</b>	<b>9</b>	<b>90</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,1 a</b>	<b>100</b>
<b>4x2m</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,0 a</b>	<b>100</b>

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como observado nas tabelas 8 e 11, todas as peças do espaçamento 4x2m apresentaram ausência de defeitos de arrancamento de cavaco para o teste em plaina nas velocidades 6 e 12m/min, o que sugere que esse espaçamento mostra-se o mais adequado para obtenção de madeira livre de cavacos, considerando também o bom estado e desempenho das máquinas e operadores no processamento da madeira.

Em geral as avaliações em testes de plaina não diferiram significativamente entre os três espaçamentos, embora tenham se comportado diferentemente na avaliação de arrancamento de cavaco. Outra observação remete-se ao fato de ser observado o aumento gradual no arrancamento de cavaco com o aumento do espaçamento.

De acordo com Silva, J. R. (2002) velocidades de corte mais altas facilitam minimizar os efeitos dos arrancamentos das fibras as incisões das fibras, contudo sendo necessário dimensionar as ferramentas de corte e estabelecer velocidades de avanço que evitem a raspagem que geram queimaduras de superfícies, considerando também que a qualidade do fio de corte da ferramenta será melhor quanto mais afiado.

Como observado por Oliveira (2008) no plantio experimental houve maior crescimento em diâmetro com o aumento do espaçamento embora esta relação fosse inversa quando observado o volume por área, que sugere diferenças anatômicas ao longo da árvore e entre os espaçamentos.

O fato de algumas peças do espaçamento 6x2m terem apresentado arrancamento de cavaco pode ser associado à formação de madeira com maior diâmetro, causado pela maior disposição de nutrientes neste espaçamento podendo refletir uma maior proporção cerne/alburno sendo as regiões do cerne constituídas por maior quantidade de lignina e extrativos sendo mais resistente do que a madeira correspondente ao alburno, já que a segunda é constituída em sua maior parte por espaços anteriormente ocupados por água apresentando também paredes menos lignificadas.

## 4.2 Teste de Lixa

Os valores obtidos no teste de lixamento com grão 80 e 100 para os três espaçamentos estão apresentados nas tabelas 12 e 13. É possível observar que todas as peças apresentaram ausência de defeitos quanto ao riscamento observado sem o auxílio de equipamento óptico, não sendo necessária a análise estatística visto a nulidade dos resíduos. Assim, a madeira de teca jovem mostrou-se excelente segundo LPF/DPF/IBAMA (1981).

**Tabela 16** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após lixamento com grão 80 em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m.

Espaçamento	Avaliação do ensaio com lixa grão 80										Médias	Peças Aprovadas (%)	
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5				
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%			
<b>6x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 a	100
<b>5x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 a	100
<b>4x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como observado não houve diferença entre a utilização de lixa 80 e 100, embora pudesse ser observado que a lixa de grão 100 conferiu melhor brilho e superfície mais lisa desejável a um bom acabamento final sem a aplicação de verniz, selador ou adesivo.

**Tabela 17** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após lixamento com grão 100 em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m.

Espaçamento	Avaliação do ensaio com lixa grão 100										Médias	Aprovadas (%)	
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5				
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%			
<b>6x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 a	100
<b>5x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 a	100
<b>4x2m</b>	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores obtidos foram superiores aos descritos por Teixeira (2011) em que no teste de lixa, as amostras demonstraram acabamento superficial excelente, com 87% das peças sem riscamento e 70% das peças sem grã felpuda. Além disso, todas as peças que apresentaram defeitos foram avaliadas com a nota 2 (bom).

### 4.3 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça

Na tabela 18 estão apresentadas as frequências e médias obtidas no teste de furação com broca 6 mm, em que é possível verificar que não houve diferença significativa das médias de notas sendo os resultados obtidos para os espaçamentos 5x2 m e 4x2 m correspondente a 60% de notas 1 classificando como excelente a madeira obtida de tais espaçamentos e como boa (80% de notas 2) a madeira proveniente de espaçamento 6x2 m.

**Tabela 18** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após furação com broca 6mm em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação para furação com broca 6mm								Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	2	20	8	80	0	0	0	0	1,8 a	100
<b>5x2m</b>	6	60	4	40	0	0	0	0	1,4 a	100
<b>4x2m</b>	6	60	4	40	0	0	0	0	1,4 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela 19, na furação com broca 8 mm os espaçamentos não diferiram significativamente embora os espaçamentos 5x2 m e 6x2 m tenham obtido 50% das peças reprovadas em comparação a 10% de reprovação no espaçamento 4x2m.

Para o espaçamento 6x2 m foram encontrados 10% de peças isentas de defeito sendo a maioria de peças classificadas com danos de leve a moderado (40%). Apenas 10% das peças deste espaçamento apresentaram danos severos.

Para o espaçamento 5x2m observou-se também que a minoria das peças receberam notas 1 e 4 (20% das peças para cada nota), ficando a maioria das peças apresentando danos leve ou moderado (30% de cada), correspondente a nota média de 2,5. O espaçamento 4x2m apresentou 50% das peças com danos classificados como leves e 40% de peças isentas de defeitos.

**Tabela 19** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após furação com broca 8mm em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação para furação com broca 8mm								Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	1	10	4	40	4	40	1	10	2,5 a	50
<b>5x2m</b>	2	20	3	30	3	30	2	20	2,5 a	50
<b>4x2m</b>	4	40	5	50	1	10	0	0	1,7a	90

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

É importante salientar que as piores notas corresponderam a furos próximos a região de transição cerne/alburno ou furos próximos à medula como no caso das peças oriundas de espaçamento 6x2m, de onde foi possível tirar até dois corpos-de-prova no diâmetro.

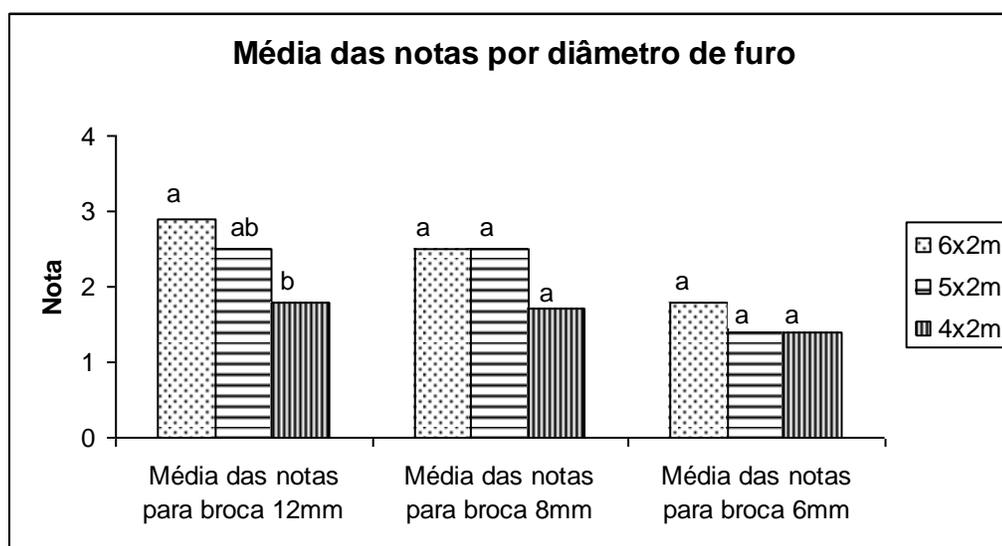
Verifica-se na tabela 20 a diferença significativa entre os espaçamentos 6x2m e 4x2m para a presença de defeitos com furo de broca 12mm, em que o primeiro apresentou apenas 10% de peças correspondentes a defeitos leves, enquanto o segundo apresentou 80% de peças com esta classificação. O espaçamento 5x2m apresentou 50% das peças com danos leves e o único a apresentar 20% de peças com danos severos.

**Tabela 20** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após furação com broca 12mm em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação para furação com broca 12mm								Médias Aprovadas (%)	
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
6x2m	0	0	1	10	9	90	0	0	2,9 a	10
5x2m	1	10	5	50	2	20	2	20	2,5 ab	60
4x2m	2	20	8	80	0	0	0	0	1,8 b	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na figura 9 são apresentadas as médias de notas correspondes à furação por brocas 12, 8 e 6 mm onde é possível observar que o espaçamento 4x2m apresentou melhores resultados, seguido por 5x2m e 6x2m respectivamente. Os três espaçamentos apresentaram as melhores notas na furação com boca de 6mm e os piores resultados na furação com broca de 12mm.



**Figura 9** - Médias de notas atribuídas por furação com broca 12mm, 8mm e 6mm respectivamente para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao executar o mesmo teste, Silva, J. R. (2002) encontrou correlação positiva entre a furação e o comprimento das fibras, observando maior arrepiamento ao trabalhar com velocidades mais baixas, tornando também mais evidente as incisões das fibras, pois quanto maior o comprimento da fibra, maior a possibilidade de levantamento após incisão, principalmente se forem utilizadas baixas velocidades de corte, e sendo a furação executada na face do corpo-de-prova, evidenciando haver tais influências além das propriedades provenientes dos espaçamentos utilizados.

Os testes de furação passante com broca chata 24mm do tipo utilizado para dobradiça demonstraram não haver diferença significativa entre os três espaçamentos, entretanto o

espaçamento 4x2m apresentou 30% de suas peças isentas de defeitos e 70% classificadas com danos leves enquanto os espaçamentos 6x2m e 5x2m apresentaram apenas 10% de suas peças isentas de defeitos, apresentando 90 e 80% de peças com danos leves respectivamente. O espaçamento 5x2m foi o único a apresentar 10% de suas peças com defeitos moderados, como apresentado na tabela 21.

**Tabela 21** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após furação passante com broca chata 24mm em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação para furação passante com broca chata 24mm									
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Médias (%)	Aprovadas (%)
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	1	10	9	90	0	0	0	0	1,9 a	100
<b>5x2m</b>	1	10	8	80	1	10	0	0	2,0 a	90
<b>4x2m</b>	3	30	7	70	0	0	0	0	1,7 a	100

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores obtidos na furação não-passante com broca chata 24mm são apresentados na tabela 22, em que se observa não haver diferença significativa entre os espaçamentos. Entretanto, os espaçamentos 5x2m e 6x2m apresentaram 30% de suas peças isentas de defeitos e 70% das mesmas com danos leves. Embora não tenha diferido significativamente dos demais, o espaçamento 4x2m foi o único a apresentar peças com defeitos moderados (30%), tendo apenas 20% de suas peças isentas de defeitos.

**Tabela 22** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após furação não-passante com broca chata 24mm em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação para furação não-passante com broca chata 24mm									
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Médias (%)	Aprovadas (%)
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	3	30	7	70	0	0	0	0	1,7 a	100
<b>5x2m</b>	3	30	7	70	0	0	0	0	1,7 a	100
<b>4x2m</b>	2	20	6	60	2	20	0	0	2,0 a	80

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando os desempenhos obtidos em cada espaçamento para os furos passantes e não-passantes observa-se que embora não houvesse diferença significativa entre os resultados, ocorreu comportamento diferenciado entre os três espaçamentos.

As peças provenientes do espaçamento 4x2m obtiveram melhores resultados para furo passante, enquanto para furo não-passante os melhores resultados foram observados para os espaçamentos 6x2m e 5x2m.

É importante salientar que a maioria dos corpos de prova dos espaçamentos 5x2m e 4x2m originaram corpos de prova que correspondiam a todo diâmetro da tora, de forma que os furos localizaram-se próximos à medula o que justificaria o comportamento diante dos testes similar ao

encontrado por Silva et al. (2007) para a espécie *Eucalyptus grandis* em que a região central das peças apresentou o pior desempenho, mostrando um padrão de variação decrescente para as regiões radiais amostradas. Esse resultado é similar ao apresentado pela moldura no topo, pois apresenta características semelhantes aos esforços de corte frente à disposição das fibras.

#### 4.4 Teste de Rasgo

Os resultados obtidos para o teste de rasgo lateral estão apresentados na tabela 23, em que é possível verificar não haver diferença significativa entre as médias dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. Entretanto, apenas o espaçamento 6x2m não apresentou levantamento forte em uma face e leve em outra. Os espaçamentos 5x2m e 4x2m apresentaram respectivamente 40% e 50% de peças isentas de defeitos e ambas 10% de peças com levantamento forte em uma das faces.

**Tabela 23** - Frequências e médias de acordo com os defeitos após rasgo lateral em corpos-de-prova de Teca para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m\*.

Espaçamento	Avaliação para rasgo lateral										Médias	Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,9 a</b>	<b>100</b>
<b>5x2m</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,7 a</b>	<b>90</b>
<b>4x2m</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,6 a</b>	<b>90</b>

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Embora não encontrada diferença significativa entre as médias dos espaçamentos, verifica-se que quanto maior o espaçamento, mais severo são os danos nas faces com defeitos.

#### 4.5 Teste de Fendilhamento por Prego

No teste de fendilhamento por prego são apresentadas frequências de peças aprovadas incluindo as bordas e excluindo as bordas separadamente, como é observado nas tabelas 24 e 25. Considerando os prego das bordas, os espaçamentos 6x2m e 4x2m apresentaram respectivamente 50% e 60% de suas peças aprovadas enquanto o espaçamento 5x2m não demonstrou desempenho satisfatório visto que obteve 60% de suas peças rejeitadas devido às trincas e rachaduras.

**Tabela 24** - Frequências de peças aprovadas ou rejeitadas após ensaio de fendilhamento por prego incluindo os das bordas em corpos-de-prova de Teca nos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m.

Espaçamento	Avaliação de trinca por pregos incluso bordas				Situação
	Peças Aprovadas		Peças Rejeitadas		
	Nº	%	Nº	%	
<b>6x2m</b>	5	50	5	50	Aprovado
<b>5x2m</b>	4	40	6	60	Reprovado
<b>4x2m</b>	6	60	4	40	Aprovado

Uma vez excluídos os pregos das extremidades laterais, observa-se na tabela 21 um ótimo desempenho dos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m que obtiveram aprovação de 90%, 80% e 90% de suas peças respectivamente. Observando que todos os pregos localizados na região do cerne não causaram trincas ou rachaduras.

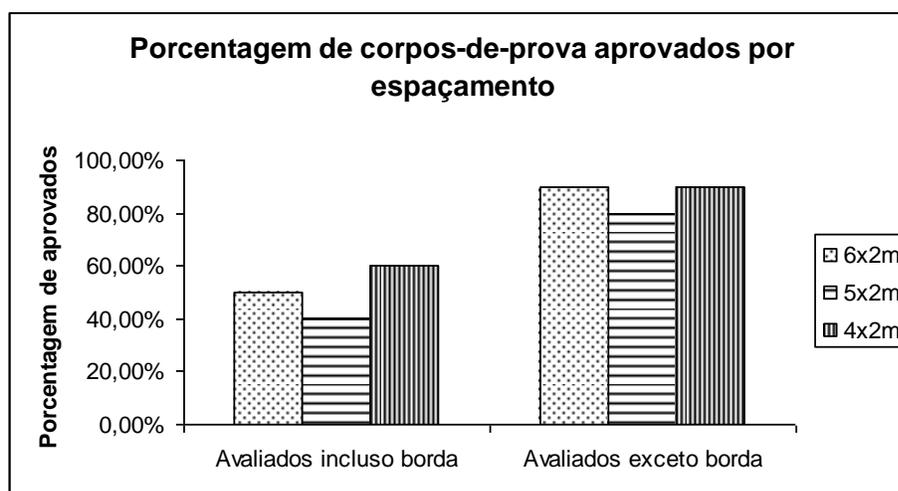
**Tabela 25** - Frequências de peças aprovadas ou rejeitadas após ensaio de fendilhamento por prego excluindo os das bordas em corpos-de-prova de Teca nos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m.

Espaçamento	Avaliação de trinca por pregos exceto bordas				Situação
	Peças Aprovadas		Peças Rejeitadas		
	Nº	%	Nº	%	
<b>6x2m</b>	9	90	1	10	Aprovado
<b>5x2m</b>	8	80	2	20	Aprovado
<b>4x2m</b>	9	90	1	10	Aprovado

Após a obtenção dos resultados incluindo as bordas laterais, avaliaram-se as peças desconsiderando os pregos das bordas laterais uma vez que foi observado que estes em quase sua totalidade pertenciam à região do albarno.

Na figura 10 observa-se que houve grande diferença no desempenho de cada espaçamento quando considerada os pregos da borda (maioria no albarno) em relação ao desempenho encontrado na região do cerne.

Em geral, apenas o espaçamento 5x2m apresentou 60% das peças reprovadas considerando as bordas laterais enquanto os demais espaçamentos tiveram a maioria das peças aprovadas. Assim constata-se que a madeira de teca jovem aceita pregos.



**Figura 10** - Porcentagem de corpos-de-prova de Teca aprovados para os espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m incluindo os pregos da borda e posteriormente, excluindo-os. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos são semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2010) para a madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis*) assim como os encontrados por Salomone (2011) no mesmo teste com as madeiras de canela, cedro e muiracatiara amplamente utilizadas na movelaria.

## 5 CONCLUSÕES

Os testes de plaina não evidenciaram haver diferença entre as velocidades utilizadas neste processo, embora os melhores desempenhos tenham sido obtidos na velocidade de 6m/mim. Em ambas as velocidades foram observadas apenas arrancamentos de cavacos leves sendo gradual o aumento do arranque de cavacos com o aumento do espaçamento utilizado no plantio.

No lixamento não foram encontrados riscamentos visíveis sem o auxílio de equipamentos ópticos em nenhuma das peças avaliadas após o uso de lixa grão 80 e grão 100 considerando os três espaçamentos, sendo apenas observado que no uso de grão 100 conferiu brilho.

Cabe salientar que quando desejável o uso de vernizes ou seladores a fim de modificar a cor, brilho, textura ou outras características deve-se optar pelo grão 80 que embora não tenha ocasionado riscamento, não conferiu brilho o que neste caso indica que não reduziu a superfície de contato necessária para adesão destas substâncias.

O teste de furação mostrou diferença significativa entre os espaçamentos para uso da broca 12mm, mostrando os melhores resultados com uso de broca de 6mm. As peças do espaçamento 4x2m se destacaram por apresentarem os valores mais baixos de defeitos mostrando-se excelente para a fabricação de peças com encaixe do tipo cavilha.

Em geral, a média de valores obtidos para madeira de teca jovem para furação passante com broca chata 24mm classificaram-na como sujeita a danos leves. Esses danos podem ser facilmente corrigidos com um acabamento final com lixa após a furação, sendo assim o material é bem indicado para uso em armários e demais móveis que exigem o uso de itens passantes na sua montagem.

Para furação não-passante com broca chata 24mm não houve diferença significativa entre os espaçamentos, porém as peças dos espaçamentos 6x2m e 5x2m demonstraram os melhores desempenhos, apresentando 30% de suas peças isentas de defeitos e 70% com danos leves, sendo mais indicadas para fabricação de peças que exigem o uso de dispositivos não passantes em sua montagem e fabricação.

Na execução do teste de rasgo lateral não foi encontrada diferença significativa entre os espaçamentos, embora visualmente verificou-se que quanto maior o espaçamento, mais severo são os danos nas faces com defeitos. Sendo assim, a madeira mostrou um bom desempenho sendo apta para confecção de móveis e itens que requeiram encaixe do tipo espiga.

No teste de fendilhamento por prego apenas as peças oriundas do espaçamento 5x2m apresentaram a maioria das peças rejeitadas quando considerados os pregos da borda. Porém, não houve grande diferença no desempenho de cada espaçamento quando desconsiderados os pregos da borda (maioria no alburno) em relação ao desempenho encontrado na região do cerne, demonstrando o bom desempenho desta operação especificadamente na madeira do cerne, sugerindo o uso da madeira nessas condições na fabricação de itens que necessitem de pregos em sua composição como bancos, sofás e outros artigos de movelaria, como a aplicação destes em revestimentos e peças estruturais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA, A. L. B. Aspectos metalúrgicos na avaliação da usinabilidade de aços. Rem: **Rev. Esc. Minas.** vol. 55. nº2. Ouro Preto, Apr. 2002.
- BATISTA, D. C., CARVALHO, A. M. Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo do tempo, rendimento e eficiência. **Sci. For.**, Piracicaba, n. 75, p. 31-38, set. 2007
- CARVALHO, A. M., SILVA, B. T. B., LATORRACA, J. V. F. **Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*khaya ivorensis* a. chev.).** Cerne, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 106-114, jul. 2010
- CARVALHO, D. S. **Avaliação da secagem ao ar livre e usinagem da madeira de *Eucalyptus urophylla* para produção de móveis.** Monografia (Engenharia Florestal). UFRRJ. Seropédica, RJ. 2006. 54p.
- IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia: características e utilizações.** CNPq. Brasília, 1981. 113 p.
- LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). UFSC. Florianópolis, 2004. 176p.
- OLIVEIRA, R. P. R. P. E. **Desempenho silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em diferentes espaçamentos, no município de Cáceres, MT.** Monografia (Engenharia Florestal). UFRRJ. Seropédica, RJ. 2008. 29p.
- PALERMO, G. P. M. **Propriedades e comportamento tecnológico da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex-maiden visando a sua utilização em produtos de maior valor agregado.** 2010. 237p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.
- SALOMONE, L. G. C. **Ensaio de usinagem em amostras da madeira de cinco espécies nativas brasileiras.** Monografia (Engenharia Florestal). UFRRJ. Seropédica, RJ. 2011. 31 p.
- SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex. maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.
- SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* hill ex. Maiden.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.
- SILVA, J. R. M., LIMA, J. T., TRUGILHO, P. F. **Usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes regiões da medula à casca.** Cerne, v. 13, n. 1, p. 25-31, jan./mar. Lavras, MG, 2007.
- TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).** Monografia (Engenharia Florestal). UFRRJ. Seropédica, 2011.
- TEIXEIRA, V. C. M., FARIA, T., ANDRADE, E. PACHECO, A. CARVALHO, A. M. **Avaliação qualitativa da madeira de *Tectona grandis* l.f. frente a testes de usinagem.** VI Simpósio de Pós-Graduação em Ciências Florestais e II Simpósio de Ciência e Tecnologia da Madeira do RJ. Rio de Janeiro, RJ, 2010.

**CAPÍTULO III**

**ACABAMENTO SUPERFICIAL COM VERNIZES NITROCELULÓSICO E**

**POLIURETÂNICO PARA MADEIRA DE *Tectona grandis* L. f. DE**

**DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

## RESUMO

Com a finalidade de proteger a superfície de móveis e revestimentos de ações climáticas e tráfego intenso, é desejável o tratamento das peças com produtos como seladoras, esmaltes e vernizes que além de proteção, conferem melhores características estéticas, agradando diferentes mercados consumidores. Para o acabamento superficial são utilizadas resinas naturais e sintéticas. Cada material se comporta de modo diferenciado ao uso destas substâncias devido, principalmente, às suas características anatômicas e físico-químicas. É necessário conhecer o material utilizado e seu comportamento para o tipo de acabamento desejado, que pode ser apenas proteção ou alto brilho, superfície fosca, natural, coloração uniforme, mudança de padrão de cor e textura dentre outros. Este capítulo objetivou avaliar o material teca jovem diante dos ensaios de aderência superficial após a aplicação de verniz com base nitrocelulósica e poliuretânica pela norma NBR 11003:2010 através dos métodos de corte em grade e em X, verificando se há diferença no desempenho no material obtido de três espaçamentos, 6x2m, 5x2m e 4x2m. Pelo método em grade, embora o material oriundo dos três espaçamentos tenha sido aprovado, o melhor desempenho foi obtido para peças dos espaçamentos 6x2 m e 4x2 m. No corte em X houve aprovação do material oriundo dos três espaçamentos e desempenho ótimo do espaçamento 6x2m o qual diferiu significativamente dos demais em relação ao desempenho do verniz com base nitrocelulósica. Tal fato sugere que seja utilizado tal espaçamento quando a madeira se destinar a usos que requerem acabamento com vernizes de base poliuretânica como peças submetidas a maior esforço físico-mecânico como pisos, decks e revestimentos em geral além de peças de decoração e movelaria com acabamento de alto brilho e maior valor agregado.

**Palavras-chave:** *Tectona grandis*. Aderência de Verniz. Acabamento Superficial.

## ABSTRACT

In order to protect the furniture and coating surface from climate action and intense traffic, it is desirable the treatment of pieces with products like sealings, enamels and varnishes that, beyond protection, confers better estetic characteristics, pleasing different consumer markets. For surfacial finishing it is used natural and sinthetic resins. Each material behaves different in the use of these substances mainly caused by its anatomical and physical chemical characteristics. It is necessary to know the used material and its behavior to the desirable finishing, that can be either protection or high gloss, matte surface, natural, uniform color, changing color pattern, texture and others. The objective of this chapter is to evaluate the material young teak through the surface adhesion testing after the aplication of nitrocellulose and polyurethane varnishes through the norm NBR 11003:2010 using the methods cutting grid and X in order to verify the difference between the material performance obtained from three spacings: 6x2m, 5x2m e 4x2m. From the grid cutting method, although the material obtained from the three spacings has been approved, the best performance was obtained for pieces from the spacings 6x2 m e 4x2 m. In the X cutting method, there was approval of the material obtained from the three spacings and the best perfomance was obtained for the spacing 6x2m with significant difference from the others relative to the performance of nitrocellulose varnish. This fact suggests this spacing for use when it is required finishing with polyurethane varnish like items that are submitted to a great physical-mechanical effort like floors, decks and coatings beyond decoration and furniture items with high gloss finishing and greater added value.

Key-words: *Tectona grandis*. Varnish Adherence. Superficial Finishing.

# 1 INTRODUÇÃO

Móveis são valorizados por diversos aspectos dentre eles, material, design e acabamento. Diferentes materiais como chapas de MDF, aglomerado, compensado e madeira maciça, permitem trabalhabilidade específica e requerem acabamento com materiais próprios para cada finalidade e condições de uso.

Com a finalidade de proteger a superfície de móveis e revestimentos de ações climáticas e tráfego intenso, é desejável o tratamento superficial das peças com produtos como “Stain”, seladoras, esmaltes e vernizes que além de proteção, conferem melhores características estéticas, possibilitando agradar diferentes mercados consumidores.

O acabamento superficial acrescenta não somente apelo estético e maior valor agregado como pode aumentar a durabilidade do material em condições adversas ou mesmo sob a ação do tempo.

Os produtos de acabamento mais utilizados pela indústria moveleira são tintas, vernizes e seladoras. As seladoras são aplicadas diretamente com finalidade de corrigir pequenos defeitos, fechar poros e melhorar a adesão na superfície a ser pintada.

Para o acabamento superficial são utilizadas resinas naturais e sintéticas. As primeiras são reversíveis (voltam ao estado líquido após cura) e as segundas, irreversíveis (não voltam ao estado líquido). Cada material se comporta de modo diferenciado ao uso destas substâncias devido, principalmente, às suas características anatômicas e físico-químicas.

Conhecer a melhor técnica e material é necessário para o tipo de acabamento desejado, que pode ser apenas proteção ou alto brilho, superfície fosca, natural, coloração uniforme, mudança de padrão de cor e textura dentre outros.

É conhecido que a formação celular a estágio de maturação anatômica está correlacionado com a disponibilidade de água, luz e nutrientes e outras características que variam de acordo com o espaçamento utilizado no plantio, originando um material que pode conter diferentes propriedades visto a madeira ser heterogênea dentro de um plantio da mesma espécie, ou até mesmo em diferentes partes de um próprio indivíduo.

Este capítulo pretendeu classificar o material teca jovem diante dos ensaios de aderência superficial após a aplicação de verniz com base nitrocelulósica e poliuretânica, testando a hipótese de que a teca pode ter uma idade de corte reduzida, caso não haja diferença no desempenho em relação a madeira de maior ciclo, assim como entre diferentes espaçamentos utilizados no plantio.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Por ser um material altamente higroscópico, a madeira está sujeita a constantes trocas de umidade com o ambiente, de modo que a Umidade de Equilíbrio Higroscópico (UEH) varia, em função das condições do ambiente e da espécie considerada. Conforme perde ou ganha umidade, a madeira retrai ou incha e, em função das tensões internas geradas, surge uma série de defeitos, como rachaduras e empenamentos, que podem prejudicar ou até mesmo inviabilizar o uso de esquadrias e as peças estruturais de uma edificação (CERCHIARI et al, 2010).

Os primeiros vernizes eram extrativos vegetais diluídos em álcool, ou outro solvente. Como exemplo pode-se citar a goma-laca. Com a evolução do mercado de tintas e vernizes, hoje é possível encontrar versões com proteção UV solar e ar salitrado e até mesmo vernizes a base de água (GONZAGA, 2006)

Seladoras e vernizes com base nitrocelulósica são utilizadas para acabamento superficial, principalmente em móveis. Apresentam em sua composição álcoois, éster, éter glicólico, solventes aromáticos, resina alquídica e nitrocelulose. Possui solventes tóxicos, inflamáveis e insolúveis em água.

Segundo Souza (2007) as resinas sintéticas como a poliuretânica (PU) e a poliéster são formadas por dois componentes que reagem entre si, dos quais um contém grupos reativos (catalisador). A cura ocorre pela evaporação do solvente e pela reação química entre os componentes e é irreversível. Possuem a desvantagem de serem produtos tóxicos, caros e exigirem mão-de-obra especializada para aplicação.

A resina nitrocelulósica é do tipo natural, com limitada resistência química, mecânica e brilho final.

Já as resinas poliuretânicas apresentam alta eficiência na aplicação e resistência, mas são mais caras e não permitem retoques (SILVA, 2002).

Há também tingidores que permitem alterar a cor da madeira e podem ser adicionados ao verniz, porém, só sua aplicação direta permite um aspecto mais natural (SOUZA, 2007).

De acordo com Cerchiari et al. (2010), alguns desses produtos utilizam como solventes substâncias orgânicas voláteis tóxicas (VOC), cujo emprego sofre restrições governamentais em vários países. Produtos menos nocivos à saúde e ambientalmente mais amigáveis têm sido desenvolvidos, mas foram encontrados poucos relatos científicos a respeito de testes que demonstram sua eficiência.

Muitos trabalhos têm testado resinas naturais com a finalidade de impermeabilização da madeira e embora alguns resultados, como os obtidos por Souza (2007) utilizando cera de carnaúba em *Eucalyptus urophylla* e *E. camaldulensis* e Nogueira et al. (2002) utilizando resina natural de jatobá em *Ficus monckii*, tenham mostrado eficiência para este fim, tais resinas não apresentaram função de proteção à risco ou mudança de padrões visuais da madeira.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o teste de aderência de verniz foram testados 30 corpos-de-prova, nas dimensões 24x120x300mm, correspondendo a 10 corpos-de-prova para cada espaçamento.

As peças foram preparadas com lixamento com lixa grão 80 e 120, passado pano seco para a retirada do pó e preparadas com duas mãos de seladora à base de nitrocelulose, como determinado pelo fabricante.

Uma das faces recebeu aplicação de verniz base nitrocelulose com diluição 10% utilizando-se de pistola de alta pressão com bico 1,4mm. Foi respeitado o tempo de secagem de 12 horas entre cada uma das duas demãos, de acordo com recomendação do fabricante.



**Figura 11** - Estante com corpos-de-prova após aplicação de verniz nitrocelulose.

Para a aplicação de verniz base poliuretano (PU) com diluição 20%, utilizou-se o mesmo procedimento anterior, desta vez na outra face e após a avaliação do verniz utilizado anteriormente.

Na avaliação da aderência de cada verniz utilizou-se a norma NBR 11003:2010 Aderência de tintas e vernizes, que determina o uso de um dispositivo de corte com seis gumes separados 2mm, arranhadura em grade e em alguns casos, o uso de estilete para corte em X.

Após os cortes é realizada a fixação de fita adesiva semitransparente, 24mm de largura e adesividade 32g/ mm e avaliada porcentagem de área destacada segundo figuras da norma. Assim, peças com aderência maior que 85% foram aprovadas e as demais reprovadas.



**Figura 12** - Corpos-de-prova com verniz PU para espaçamentos 6x2m, 5mx2m e 4mx2m.

Após a realização dos testes e atribuição de notas, os resultados foram avaliados através de interpretação estatística considerando o experimento inteiramente casualizado, aplicando testes de normalidade e análises de variância por meio de comparação das médias pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de aderência refletiram o comportamento da madeira em relação à formação de filme adesivo e sua aderência na superfície da mesma, não tendo sido avaliado o desempenho quanto a qualidade do produto utilizado, embora estes sejam do mesmo fabricante.

Buscou-se reproduzir do mesmo modo a aplicação dos dois tratamentos embora não tenham sido avaliadas, a técnica, os equipamentos utilizados ou as condições ambientais nas quais o teste foi realizado.

### 4.1 Corte em Grade

Os resultados obtidos nos testes de avaliação de aderência para corte em grade em corpos-de-prova sob tratamento com verniz a base de PU e a base de nitrocelulose estão apresentados na tabelas 22 e 23 respectivamente.

**Tabela 26** - Avaliação e porcentagem de peças aprovadas para ensaio de aderência através do método de corte em grade na aplicação de verniz PU\*.

Espaçamento	Avaliação de Aderência										Média (%)	Situação	
	100%		95%		85%		65%		35%				
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%			
6x2m	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	a	Aprovado
5x2m	6	60	2	20	1	10	0	0	1	10	91	a	Aprovado
4x2m	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	a	Aprovado

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os dados da tabela 22, nos testes de aderência com uso do verniz à base PU não houve diferença significativa entre os três espaçamentos avaliados. Embora todos os espaçamentos tenham sido aprovados, a média dos corpos-de-prova para o espaçamento 5x2m não alcançou 100% de aprovação como ocorreram nos demais espaçamentos.

Os resultados encontrados são compatíveis com os valores encontrados por Souza (2007), nos testes de aderência para corte em grade nas espécies *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* com idades entre 6 e 10 anos.

**Tabela 27** - Avaliação e porcentagem de peças aprovadas para ensaio de aderência através do método de corte em grade na aplicação de verniz nitrocelulósico\*.

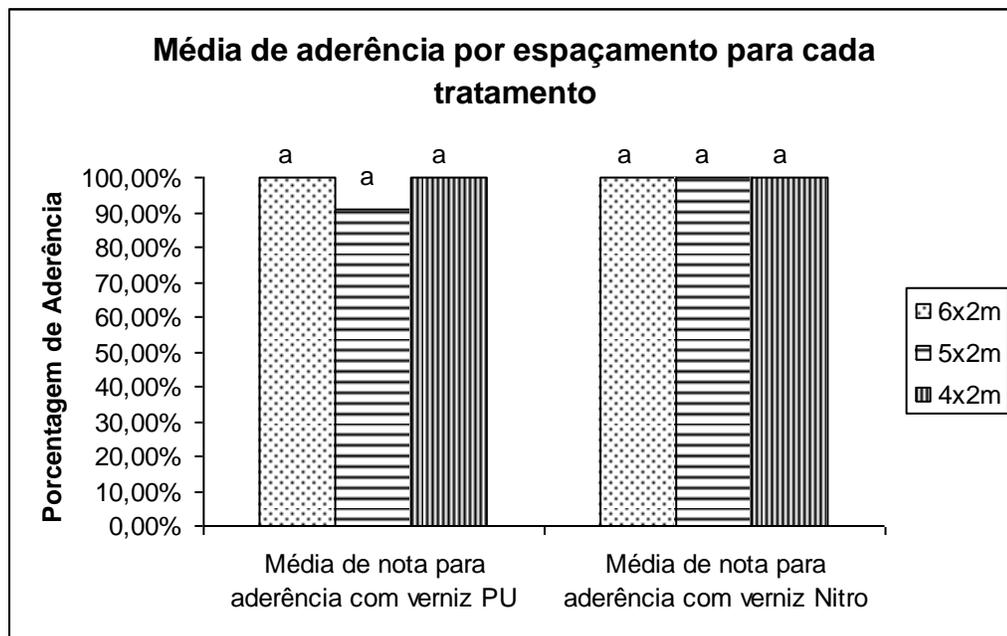
Espaçamento	Avaliação de Aderência										Média (%)	Situação	
	100%		95%		85%		65%		35%				
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%			
6x2m	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	a	Aprovado
5x2m	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	a	Aprovado
4x2m	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	a	Aprovado

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 23, correspondente aos dados de avaliação de aderência do verniz à base de nitrocelulose é possível verificar que não houve diferença significativa entre os espaçamentos e os mesmos apresentaram desempenho superior quando comparado ao uso do verniz à base de PU para teste de corte em grade.

Os valores obtidos foram superiores aos encontrados por Souza (2007) para o teste de corte em grade com verniz à base de nitrocelulose para as espécies *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*,

Uma hipótese para o bom desempenho do verniz independente do espaçamento utilizado seria o fato de que os processos de usinagem durante o preparo das superfícies como o processo de aplainamento e lixamento possibilitam o corte de fibras evidenciando também cavidades internas que assim ficam mais sujeitas à impregnação do produto.



**Figura 13** - Médias de aderência atribuídas no teste em grade para os tratamentos com os vernizes a base de PU e a base de nitrocelulose respectivamente em corpos-de-prova de Teca nos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na figura 21 observa-se que para o teste de aderência pelo método de corte em grade a madeira dos três espaçamentos obtiveram o mesmo desempenho para os espaçamentos 6x2 m e 4x2 m sugerindo alta similaridade do material oriundo destes espaçamentos ou mesmo que haja uma maior correlação entre o preparo da madeira e o desempenho do verniz do que sutis variações físico-químicas e anatômicas devido ao espaçamento utilizado no plantio.

Embora o verniz nitrocelulósico não seja reconhecido como um verniz de bom desempenho mecânico, os bons resultados podem indicar que haja uma boa compatibilidade química do material com a madeira pelo fato da Teca apresentar uma composição química rica em tecnoquinona a qual é atribuída característica de proteção física.



**Figura 14** - Teste de aderência de verniz à base de PU para corte em grade com 35% e 0% de destacamento respectivamente.

## 4.2 Corte em X

Os resultados obtidos nos testes de avaliação de aderência para corte em X em corpos-de-prova sob tratamento com verniz a base de PU e a base de nitrocelulose estão apresentados na tabelas 24 e 25 respectivamente.

**Tabela 28** - Avaliação e porcentagem de peças aprovadas para ensaio de aderência através do método de corte em X na aplicação de verniz PU\*.

Espaçamento	Avaliação de Aderência										Média (%)	Situação
	100%		95%		85%		65%		35%			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
<b>6x2m</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100 a</b>	<b>Aprovado</b>							
<b>5x2m</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100 a</b>	<b>Aprovado</b>							
<b>4x2m</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100 a</b>	<b>Aprovado</b>							

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Através da tabela 24, é possível verificar que para este teste em específico, não houve diferença significativa entre os espaçamentos e foi possível verificar um desempenho superior quando comparado ao teste em grade realizado nos corpos-de-prova sob aplicação do mesmo verniz PU.

De acordo com Silva (2002) a presença de cavidades como pequenos sulcos sugere o corte de lumes na direção axial, o que permite uma ancoragem do produto de acabamento, melhorando a aderência do verniz e o mesmo atenta para que as dimensões dos sulcos não devem ser muito grandes o que afetaria negativamente a qualidade da superfície.

Os valores obtidos nesta avaliação são compatíveis com os obtidos por Silva (2002), o qual obteve aprovação para peças de *Eucalyptus grandis* quando avaliadas pelo método de corte em X considerando o arrancamento na intersecção e ao longo dos cortes.

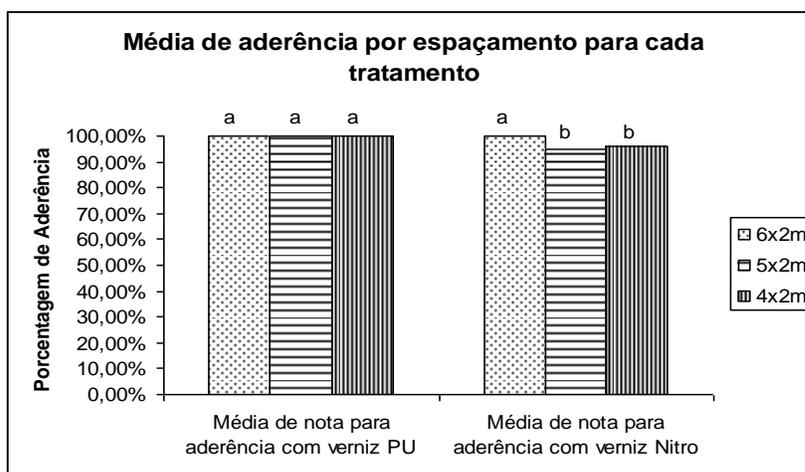
**Tabela 29** - Avaliação e porcentagem de peças aprovadas para ensaio de aderência através do método de corte em X na aplicação de verniz nitrocelulósico\*.

Espaçamento	Avaliação de Aderência										Média (%)	Situação
	100%		95%		85%		65%		35%			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
6x2m	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100 a	Aprovado
5x2m	2	20	7	70	1	10	0	0	0	0	95 b	Aprovado
4x2m	2	20	8	80	0	0	0	0	0	0	96 b	Aprovado

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo a tabela 25, no teste de avaliação com corte em X na aplicação do verniz nitrocelulósico observa-se que embora todos os espaçamentos tenham sido aprovados, houve diferença significativa entre os corpos-de-prova do espaçamento 6x2m apresentando desempenho superior aos demais.

O teste de aderência pelo corte em X é recomendada para adesivo que forme película com profundidade superior ou igual a 70 µm, o que indica que o material do espaçamento 6x2 m apresenta uma ótima permeabilidade e ampla cobertura superficial pelo verniz quando comparada a permeabilidade inferior obtida nos demais espaçamentos.



**Figura 15** - Médias de aderência atribuídas no teste de corte em X para os tratamentos com os vernizes a base de PU e a base de Nitrocelulose respectivamente em corpos-de-prova de Teca nos espaçamentos 6x2m, 5x2m e 4x2m. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

É possível observar na figura 23 que o material dos três espaçamentos obteve aprovação em teste de aderência pelo método de corte em X embora somente o espaçamento 6x2 m tenha apresentado mesmo comportamento diante da aplicação tanto de verniz com base poliuretânica quanto verniz com base nitrocelulósica.

O resultado obtido pode ser explicado devido a utilização deste teste ser recomendada para superfícies com película de adesivo maior ou igual a 70 µm, indicando que um bom comportamento diante do mesmo representa a formação de uma película mais espessa e de boa aderência, característica dos vernizes à base de PU.

Contrariamente ao que ocorre com o verniz à base poliuretânica, uma das características dos vernizes com base nitrocelulósica é a baixa resistência química e mecânica, porém houve bom desempenho deste material em relação a espécie estudada.



**Figura 16** - Teste de aderência de verniz à base de nitrocelulose para corte em X com 0% de destacamento.

## 5 CONCLUSÕES

Através dos resultados apresentados na avaliação da aderência do verniz pelo método em grade, supõe-se que embora o material oriundo dos três espaçamentos tenham sido aprovados, o melhor desempenho foi obtido para peças dos espaçamentos 6x2 m e 4x2 m sugerindo que o material de desbaste oriundo de plantios de Teca na idade de aproximadamente 11 anos em tais espaçamentos mostra-se ótimo para a confecção de móveis e artigos de decoração visto que esses são mais valorizados pela integridade de cobertura de superfície.

Os resultados obtidos no teste de aderência em verniz pelo método de corte em X demonstraram aprovação do material oriundo dos três espaçamentos e desempenho ótimo do espaçamento 6x2 m o qual diferiu significativamente dos demais em relação ao desempenho do verniz com base nitrocelulósica. Tal fato sugere que seja utilizado tal espaçamento quando a madeira se destinar a usos que requerem acabamento com vernizes de base poliuretânica como peças submetidas a maior esforço físico-mecânico como pisos, decks e revestimentos em geral além de peças de decoração e movelaria com acabamento de alto brilho e maior valor agregado.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CERCHIARI, A. M. F., GAVA, M., GARCIA, J. N. **Avaliação de produtos para impermeabilização da madeira.** Cerne, Lavras, v.16, Suplemento, p. 1-8, jul.2010
- GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação.** IPHAN/ MONUMENTA. Cadernos técnicos v.6. Brasília, DF.2006. 246 p.
- NOGUEIRA, J. S., LAHR, F. A. R., PRIANTE FILHO, N., NOGUEIRA, M. C. J. A. **Impregnação com resina natural na Figueira Branca como forma alternativa de impermeabilização.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.6 n°.2 Campina Grande 2002.
- SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* hill ex. Maiden.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.
- SOUZA, M. O. A. **Madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake visando seu uso na indústria moveleira.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 2007.

### 3 CONCLUSÃO GERAL

A partir dos resultados podemos concluir que a madeira de teca jovem avaliada apresentou-se com qualidade similar à madeira com maior idade. Os resultados encontrados sugerem que o espaçamento utilizado no plantio de teca pode resultar em diferentes valores de densidade da madeira e conferir propriedades físicas que refletem diferenças significativas nos valores de variação volumétrica.

Quanto às propriedades mecânicas, os ensaios de flexão estática, Dureza Janka, cisalhamento e compressão apresentaram resultados satisfatórios, uma vez que os valores obtidos foram próximos aos descritos por outros autores, tanto para a espécie *Tectona grandis*, quanto para outras espécies em idade adulta.

Os testes de plaina evidenciaram não haver diferença significativa entre as velocidades utilizadas neste processo, embora os melhores desempenhos tenham sido obtidos na velocidade de 6m/mim. Em ambas as velocidades foram observadas apenas arrancamentos de cavacos leves sendo gradual o aumento do arranque de cavacos com o aumento do espaçamento utilizado no plantio, sendo isto habitual a outras espécies classificadas como boas ou excelentes.

No lixamento não foram encontrados riscamentos visíveis sem o auxílio de equipamentos ópticos em nenhuma das peças avaliadas após o uso de lixa grão 80 e grão 100 considerando os três espaçamentos, sendo apenas observado que no uso de grão 100 conferiu brilho, o que resulta num bom acabamento superficial das peças sem a necessidade do uso de aditivos.

Para o teste de furação, observou-se diferença entre os espaçamentos para uso da broca 12mm, mostrando os melhores resultados com uso de broca de 6mm. Em geral, a média de valores obtidos para madeira de teca jovem para furação passante com broca chata classificaram-na como sujeita a danos leves. Para furação não-passante e passante, embora tenha sido encontrada algumas diferenças entre os espaçamentos, ambos os testes obtiveram notas superiores, apresentando cerca de 70% com danos leves, sendo mais indicadas para fabricação de peças que exigem o uso de dispositivos não passantes em sua montagem e fabricação.

Na execução do teste de rasgo lateral verificou-se que quanto maior o espaçamento, mais severo são os danos nas faces com defeitos. Sendo assim, a madeira mostrou um bom desempenho sendo apta para confecção de móveis e itens que requeiram encaixe do tipo espiga.

Através dos resultados apresentados na avaliação da aderência do verniz demonstraram para o teste em grade que o melhor desempenho foi obtido para peças dos espaçamentos 6x2 m e 4x2 m portanto esses são ideais para usos mais valorizados pela integridade de cobertura de superfície.

No teste em X, o espaçamento 6x2m se destacou dos demais, sugerindo que seja utilizado tal espaçamento quando a madeira se destinar a usos que requerem acabamento com vernizes de base poliuretânica como peças submetidas a maior esforço físico-mecânico como pisos, decks e revestimentos em geral, de decoração e movelaria com alto acabamento.

## 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Alcir R. B. Reengenharia florestal: necessidade perante a evolução do mercado consumidor. **Revista da madeira**. n. 21, p. 9, mar. /abr. 1998.
- CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade do rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** Tese (Dissertação de Doutorado em Engenharia Florestal).UFPR. Curitiba, 2005, p. 137.
- FIGUEIREDO, E. O. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis* L.f.) no Estado do Acre.** Embrapa Acre, Rio Branco, AC. 2001. 28 p.
- FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. E SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, out./dez. 2005.
- GARCIA, C. **Teca jovem é apresentada ao mercado brasileiro.** Cuiabá, MT, 2009. Disponível em: <http://conteudo.portalmoveleiro.com.br>. Acessado em: 06/06/2012.
- IBDF/DPq – LPF. **Madeiras da Amazônia, características e utilização. Estação Experimental de Curuá-Uma.** Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1998. 113 p.
- IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia: características e utilizações.** CNPq. Brasília, 1981. 113 p.
- LEITE, N. B. **A silvicultura brasileira como vetor de desenvolvimento social, ambiental e econômico.** Disponível em: <http://www.sbs.org.br>. Acessado em: 12/03/2012.
- PAIM, A. **A potencialidade inexplorada do setor florestal brasileiro.** Disponível em: <http://www.sbs.org.br>. Acessado em: 12/03/2012.
- TUOTO, M. **Apagão florestal e suas implicações.** Disponível em: <http://www.sbs.org.br>. Acessado em: 12/03/2012.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M.A.V; BACKER, L. B. **Árvores exóticas do Brasil.** Instituto Plantarum. Nova Odessa, SP. 2003. 384p.
- LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). UFSC. Florianópolis, 2004. 176p.
- MACEDO, R.L.G.; GOMES, J.E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B.G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Revista CERNE**, Lavras, V. 11, n. 1, p. 61-69, 2005.
- MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Aspectos técnicos e econômicos da indústria brasileira de chapas de fibras e de partículas. **REVISTA DA MADEIRA**, Curitiba. n. 53, p. 14 – 22. 2000.
- MOVERGS. **Setor Moveleiro Panorama Brasil e RS.** Disponível em: <http://www.movergs.com.br/numeros-setor>. Acessado em: 2/02/2012.
- 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.**
- OLIVEIRA, L. C.; ANGELI, A. e STAPE, J. L. Teca é nova opção na indústria mundial. **Revista da Madeira**. V. 106. 2007.
- PEREIRA, M. C. S. **Produção e consumo de produtos florestais: perspectivas para a região sul com ênfase em Santa Catarina.** Florianópolis : BRDE/AGFLO/GEPLA, 2003. 51p.
- SCOLFORO, J. R. **Manejo florestal. Universidade Federal de Lavras / Fundação de apoio ao ensino pesquisa e extensão.** Lavras, 1997. 433 p.

SILVA, J. R. M.; MUÑIZ, G. I. B.; LIMA, J. T.; BONDUELLE, A. F. Relações da usinabilidade com a morfologia das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.479-487, 2005.

SILVA, J. R. M.; MENDES, L. M.; KUMMER-WENZEL, M.; TRUGILHO, P. F. Preparo do Eucalipto para produção de móveis. **Revista da Madeira**, v. 79. 2004.

SIMÕES, J. W. Reflorestamento e manejo de florestas implantadas. Piracicaba:, USP/ESALQ 1989. 29 p. Documentos Florestais, 4. In: SOUZA, M. T. **Influência do espaçamento e da posição radial nas dimensões das fibras da madeira de *Tectona grandis* Linn.f.** Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal. UFRRJ. Seropédica, 2010.

ÚNICA. **Produtos**. Disponível em: [www.unicalaminados.com.br](http://www.unicalaminados.com.br). Acessado em: 07/06/2012.

## ANEXOS

### **ANEXO I - Análises de Variância e Médias de tratamento na Determinação das características físico-mecânicas de *Tectona grandis* L.f jovem para os três espaçamentos.**

**Anexo 1.1** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de umidade de equilíbrio.

**Anexo 1.2** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de densidade básica.

**Anexo 1.3** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de densidade aparente.

**Anexo 1.4** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de variação volumétrica.

**Anexo 1.5** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de cisalhamento paralelo.

**Anexo 1.6** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de compressão paralela.

### **ANEXO II - Análises de Variância e Médias na Avaliação de superfície da madeira após usinagem de *Tectona grandis* L.f jovem oriunda de três espaçamentos.**

**Anexo 2.1** – Justificativa dos resultados.

**Anexo 2.2** – Justificativa dos resultados.

**Anexo 2.3** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de notas na avaliação de defeitos quanto a arrancamento de cavaco após teste de plaina com velocidade de 6m/min.

**Anexo 2.4** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de notas na avaliação de defeitos de arrancamento e levantamento de fibras após teste de plaina com velocidade de 12,4m/min

**Anexo 2.5** -Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de notas na avaliação de defeitos de grã após teste de plaina com velocidade de 12,4m/min

**Anexo 2.6** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de notas na avaliação de defeitos quanto a arrancamento de cavaco após teste de plaina com velocidade de 12,4m/min.

**Anexo 2.7** - Justificativa dos resultados.

**Anexo 2.8** - Justificativa dos resultados.

**Anexo 2.9** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação com broca 6mm.

**Anexo 2.10** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação com broca 8mm.

**Anexo 2.11** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação com broca 12mm.

**Anexo 2.12** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação passante com broca chata 24mm

**Anexo 2.13** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação semi-passante com broca chata 24mm.

**Anexo 2.14** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após rasgo lateral.

**ANEXO III - Análises de Variância e Médias na avaliação pelo teste de aderência para acabamento superficial com vernizes base Nitrocelulose e base PU em *Tectona grandis L.f* jovem oriunda de três espaçamentos.**

**Anexo 3.1** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de peças aprovadas para ensaio de aderência com corte em grade na aplicação de verniz PU.

**Anexo 3.2** - Justificativa dos resultados.

**Anexo 3.3** - Justificativa dos resultados.

**Anexo 3.4** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de peças aprovadas para ensaio de aderência com corte em X na aplicação de verniz Nitrocelulose.

## ANEXO I

### Análises de Variância e Médias de tratamento na Determinação das características físico-mecânicas de *Tectona grandis* L.f jovem para os três espaçamentos

**Anexo 1.1** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de umidade de equilíbrio.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	12.06140	6.03070	6.5781 **
Resíduo	53	48.58924	0.91678	
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>60.65065</b>		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	53	5.0305	6.5781	0.0028

#### Médias de tratamento

2	12.94629 a	nr = 19
3	12.23625 ab	nr = 18
1	11.83302 b	nr = 19

$$dms = 2.30910 \times \text{RaizQuadrd}(1/nr1 + 1/nr2)$$

Onde nr1 e nr2 são os números de

repetições de duas médias comparadas

nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 12.34035                      CV% = 7.75898

**Anexo 1.2** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de densidade básica.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.01106	0.00553	5.0743 **
Resíduo	53	0.05777	0.00109	
Total	55	0.06883		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	53	5.0305	5.0743	0.0096

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	0.60752 a	nr = 19
2	0.58759 ab	nr = 19
3	0.57313 b	nr = 18

$$dms = 0.07962 \times \text{RaizQuadr}(1/nr1 + 1/nr2)$$

Onde nr1 e nr2 são os números de

repetições de duas médias comparadas

nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.58970                      CV% = 5.60  
Ponto médio = 0.58813

**Anexo 1.3** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de densidade aparente.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.02968	0.01484	6.4626 **
Resíduo	53	0.12171	0.00230	
Total	55	0.15139		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )  
 ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	53	5.0305	6.4626	0.0031

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1	0.71958 a	nr = 19
2	0.69832 ab	nr = 19
3	0.66336 b	nr = 18

dms =  $0.11557 \times \text{RaizQuadr}(1/\text{nr}1 + 1/\text{nr}2)$   
 Onde nr1 e nr2 são os números de  
 repetições de duas médias comparadas  
 nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem  
 estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste  
 de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.69429                      CV% = 6.90  
 Ponto médio = 0.70665

**Anexo 1.4** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de variação tangencial.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	6.46917	3.23458	2.7399 ns
Resíduo	51	60.20887	1.18057	
Total	53	66.67804		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )  
 \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )  
 ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	51	3.1791	2.7399	0.0741

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1	3.53000 a	nr = 19
2	3.10944 a	nr = 18
3	2.68118 a	nr = 17

$dms = 2.62306 \times \text{RaizQuadr}(1/nr1 + 1/nr2)$   
 Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas  
 nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 3.12259                      CV% = 34.80

Ponto médio = 3.36000

**Anexo 1.5** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de contração na direção longitudinal.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1.71455	0.85727	0.9946 ns
Resíduo	51	43.95691	0.86190	
Total	53	45.67145		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	51	0.0253	0.9946	>0.050

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1	0.47684 a	nr = 19
2	0.74167 a	nr = 18
3	0.90824 a	nr = 17

$dms = 2.24126 \times \text{RaizQuadr}(1/nr1 + 1/nr2)$   
 Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas  
 nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.70093                      CV% = 132.45  
 Ponto médio = 3.31500

=====

ASSISTAT - TESTE DE KRUSKAL-WALLIS  
<http://www.assistat.com>

=====

Data: 21/05/2012 Hora: 00:32:54

H0: As médias não são diferentes

Ao nível de 5% de probabilidade  
 H = 1.0183 Hkrit = 5.9915  
 p-valor > 0.05 H0 não rejeitada

Ao nível de 1% de probabilidade  
 H = 1.0183 Hkrit = 9.2104  
 p-valor > 0.01 H0 não rejeitada

Tratamento	Repetições	Média	SomaDosPostos	Classific.
1	19	0.47684	511.000	a
2	18	0.74167	455.000	a
3	17	0.90824	519.000	a

**OBSERVAÇÃO**

Este programa faz a correção de H para dados iguais nos tratamentos

**Anexo 1.6** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de contração na direção radial.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1.50274	0.75137	0.4620 ns
Resíduo	51	82.94316	1.62634	
Total	53	84.44590		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)  
 \* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	51	0.0253	0.462	>0.050

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

-----		
1	2.39474 a	nr = 19
2	2.79778 a	nr = 18
3	2.60118 a	nr = 17

$$dms = 3.07871 \times \text{RaizQuadr}(1/nr1 + 1/nr2)$$

Onde nr1 e nr2 são os números de

repetições de duas médias comparadas

nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 2.59407

CV% = 49.16

Ponto médio = 5.09500

**Anexo 1.6** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de contração volumétrica.

FV	GL	SQ	QM	F
-----				
Tratamentos	2	2.06564	1.03282	0.3858 ns
Resíduo	51	136.53756	2.67721	
-----				
Total	53	138.60320		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	51	0.0253	0.3858	>0.050

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

-----		
1	6.51368 a	nr = 19
2	6.77944 a	nr = 18

3 6.29471 a nr = 17

-----  
dms =  $3.95007 \times \text{RaizQuadr}(1/\text{nr1} + 1/\text{nr2})$   
Onde nr1 e nr2 são os números de  
repetições de duas médias comparadas  
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem  
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste  
de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 6.53333 CV% = 25.04  
Ponto médio = 7.88000

**Anexo 1.5** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de Módulo de Ruptura (MOR) no ensaio de flexão estática.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	712.72424	356.36212	4.1937 *
Resíduo	16	1359.60524	84.97533	
Total	18	2072.32947		

-----  
\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )  
\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )  
ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	16	3.6337	4.1937	0.0343

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

-----  
1 106.08330 a nr = 6  
2 95.98572 ab nr = 7  
3 90.98333 b nr = 6  
-----

dms =  $23.79164 \times \text{RaizQuadr}(1/\text{nr1} + 1/\text{nr2})$   
Onde nr1 e nr2 são os números de  
repetições de duas médias comparadas  
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem  
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste  
de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 97.59474                      CV% = 9.45  
 Ponto médio = 103.40000

**Anexo 1.6** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de Módulo de Elasticidade (MOE) no ensaio de flexão estática.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	12893885.92054	6446942.96027	0.1539 ns
Resíduo	16	670288040.2569	41893002.5161	
Total	18	683181926.1774		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )  
 \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )  
 ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	16	0.0254	0.1539	>0.050

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	22950.10000 a	nr = 6
2	21656.63000 a	nr = 7
3	23604.22000 a	nr = 6

dms =  $16705.08239 \times \text{RaizQuadrada}(1/\text{nr1} + 1/\text{nr2})$   
 Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas  
 nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 22680.12000                      CV% = 28.54  
 Ponto médio = 23543.50500

**Anexo 1.7** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de Dureza Janka radial (valores em kgf).

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	9685.51694	4842.75847	1.1767 ns
Resíduo	15	61734.60583	4115.64039	
Total	17	71420.12278		

-----  
 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )  
 \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )  
 ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	15	3.6823	1.1767	0.3352

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	444.81670 a
2	410.02500 a
3	466.32500 a

-----  
 dms = 96.11898

MG = 440.38889                      CV% = 14.57  
 Ponto médio = 406.75000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Anexo 1.9** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de Dureza Janka tangencial (valores em kgf).

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	771.42528	385.71264	0.2526 ns
Resíduo	15	22906.67208	1527.11147	
Total	17	23678.09736		

-----  
 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )  
 \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )  
 ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	15	0.0254	0.2526	>0.050

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	457.68330 a
2	446.17500 a

3 461.60000 a

-----  
dms = 58.54985

MG = 455.15278

CV% = 8.59

Ponto médio = 452.90000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Anexo 1.10** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de Dureza Janka transversal(valores em kgf).

FV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	2	16032.96333	8016.48167	1.8009	ns
Resíduo	15	66772.10167	4451.47344		
Total	17	82805.06500			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	15	3.6823	1.8009	0.1991

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1 542.76670 a

2 470.73330 a

3 495.95000 a

-----  
dms = 99.96371

MG = 503.15000

CV% = 13.26

Ponto médio = 544.17500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Anexo 1.11** – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de cisalhamento paralelo.

FV	GL	SQ	QM	F
----	----	----	----	---

Tratamentos	2	1358.96520	679.48260	0.5781 ns
Resíduo	16	18804.44294	1175.27768	

Total 18 20163.40814

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	16	0.0254	0.5781	>0.050

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

1	228.61850 a	nr = 6
2	227.35400 a	nr = 7
3	209.77800 a	nr = 6

$dms = 88.48061 \times \text{RaizQuadrd}(1/nr1 + 1/nr2)$

Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas

nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 222.20300                      CV% = 15.43  
Ponto médio = 218.68850

### Anexo 1.12 – Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para os dados de compressão paralela.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	14330.61501	7165.30750	3.8563 *
Resíduo	18	33445.65129	1858.09174	

Total 20 47776.26630

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	18	3.5546	3.8563	0.0404

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

-----  
1 490.43430 a  
2 427.14290 b  
3 450.63430 ab  
-----

dms = 58.81549

MG = 456.07048

CV% = 9.45

Ponto médio = 441.30500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

## ANEXO II

### Análises de Variância e Médias na Avaliação de superfície da madeira após usinagem de *Tectona grandis* L.f jovem oriunda de três espaçamentos.

**Anexo 2.1** – Não foi necessário apresentar a análise estatística referente às médias de notas na avaliação de defeitos de arrancamento e levantamento de fibras após teste de plaina com velocidade de 6m/min pois a soma dos resíduos é igual a zero.

**Anexo 2.2** – Não foi necessário apresentar a análise estatística referente às médias de notas na avaliação de defeitos de grã após teste de plaina com velocidade de 6m/min pois a soma dos resíduos é igual a zero.

**Anexo 2.3** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de notas na avaliação de defeitos quanto a arrancamento de cavaco após teste de plaina com velocidade de 6m/min.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.20000	0.10000	1.0800 ns
Resíduo	27	2.50000	0.09259	
Total	29	2.70000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	27	3.3541	1.08	0.3538

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1	1.00000 a
2	1.20000 a
3	1.10000 a

dms = 0.33700

MG = 1.10000

CV% = 27.66

Ponto médio = 1.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Anexo 2.4** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de notas na avaliação de defeitos de arrancamento e levantamento de fibras após teste de plaina com velocidade de 12,4m/min





**Anexo 2.9** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação com broca 6mm.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1.06667	0.53333	2.2500 ns
Resíduo	27	6.40000	0.23704	
Total	29	7.46667		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	27	3.3541	2.25	0.1248

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	1.40000 a
2	1.80000 a
3	1.40000 a

dms = 0.53920

MG = 1.53333 CV% = 31.75

Ponto médio = 1.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Anexo 2.10** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação com broca 8mm.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	4.26667	2.13333	2.7299 ns
Resíduo	27	21.10000	0.78148	
Total	29	25.36667		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	27	3.3541	2.7299	0.0832

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento



Total 29 5.46667

-----  
 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	27	3.3541	1.26	0.2998

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1	1.70000 a
2	1.90000 a
3	2.00000 a

-----  
 dms = 0.47659

MG = 1.86667 CV% = 23.05

Ponto médio = 2.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Anexo 2.13** - Análise de variância e resultados do Teste de Tukey para médias de acordo com os defeitos após furação semi-passante com broca chata 24mm.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0.60000	0.30000	0.9878 ns
Resíduo	27	8.20000	0.30370	
Total	29	8.80000		

-----  
 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	27	0.0253	0.9878	>0.050

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Médias de tratamento

1	2.00000 a
2	1.70000 a
3	1.70000 a

-----  
 dms = 0.61034

MG = 1.80000 CV% = 30.62

Ponto médio = 2.00000





Tratamentos	2	140.00000	70.00000	9.9474 **
Resíduo	27	190.00000	7.03704	
-----				
Total	29	330.00000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

GL	GLR	F-crit	F	p
2	27	5.4881	9.9474	<0.001

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Médias de tratamento

-----	
1	95.00000 b
2	96.00000 b
3	100.00000 a

-----  
dms = 2.93791

MG = 97.00000

CV% = 2.73

Ponto médio = 92.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade