

SIMONE FEITOSA CHAGAS

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Tectona grandis* (L.f.), VISANDO A SUA
UTILIZAÇÃO PARA PEÇAS PRESERVADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C433p
2013

Chagas, Simone Feitosa, 1987-

Propriedades da madeira *Tectona grandis* (L.f.), visando a sua utilização para peças preservadas / Simone Feitosa Chagas. – Viçosa, MG, 2013. viii, 78f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: José de Castro Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 52-62

1. *Tectona grandis*. 2. Madeira - Conservação. 3. Madeira - Densidade. 4. Teca (Árvore). I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt CDD 634.9841

SIMONE FEITOSA CHAGAS

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Tectona grandis* (L.f.), VISANDO A SUA
UTILIZAÇÃO PARA PEÇAS PRESERVADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de fevereiro de 2013.

Carla Priscilla Távora Cabral

Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho
(Coorientadora)

José de Castro Silva
(Orientador)

“Não ouse desistir de tudo o que você sonhou...”

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus passos ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais, José e Nadir, e aos meus irmãos, Heraldo e Juninho, por todo o apoio e incentivo, não medindo esforços no auxílio para que meus objetivos pudessem ser alcançados.

A todos os amigos nestes anos de UFV, em especial Adriano, Bráulio, Karina, Marcela e Rafaela, que sempre estiveram ao meu lado, seja na graduação ou no mestrado, compartilhando dos momentos bons e difíceis, fazendo-se tão presentes e essenciais na minha vida.

A Marcinha, que foi muito além do posto de melhor amiga, tornando-se a irmã que eu não tive, com quem pude dividir alegrias, angústias, dúvidas e conquistas, sendo parte indispensável para que pudesse chegar até aqui.

Aos amigos de Piranga e Belo Horizonte, que mesmo apesar da distância, sempre se fizeram tão especiais.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

À Montana Química e ao Laboratório de Densitometria de Raios-X em Madeira (ESALQ/USP), pela realização dos testes de retenção e densitometria de raios-X.

Ao meu orientador, José de Castro Silva, pela amizade, orientação, ensinamentos e apoio durante todo este período de convivência.

As professoras Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho e Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, e as pós-doutorandas Carla Priscilla Távora Cabral e Solange de Oliveira Araújo, por todas as contribuições e ensinamentos durante a graduação e pós-graduação.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) e Marcenaria da UFV, Osvaldo, Fabiano, Joel, José Cardoso (Seu Maninho), Sálvio (Moiado), Jaqueline, Mariana, Juliana, Flávia, Zaíra, Paulo, Danilo, Marco Túlio, Júlia, Débora, Ana Flávia, Bárbara (Babi), Aylson (Tito), Cássia, Taynan, Bruno, Sete e Artur, pelo auxílio e amizade.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

SIMONE FEITOSA CHAGAS, filha de Nadir Feitosa Chagas e José do Carmo Chagas, nasceu em 22 de janeiro de 1987 na cidade de Andradina, São Paulo.

Em 2006, ingressou no curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Em janeiro de 2011, concluiu o curso de Engenharia Florestal e, em fevereiro deste mesmo ano, iniciou o curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo os requisitos necessários à obtenção do título de *Magister Scientiae* em fevereiro de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. Vantagens do uso da madeira	4
3.2. A espécie <i>Tectona grandis</i> L. f.	5
3.3. Massa específica da madeira	7
3.3.1. Densitometria de raios-X	9
3.4. Anatomia da madeira.....	10
3.5. Lenho juvenil e lenho adulto	11
3.6. Composição Química da madeira	13
3.7. Tratamento preservativo da madeira	14
3.7.1. A indústria de preservação da madeira no Brasil.....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Determinação da massa específica	22
4.2. Caracterização anatômica.....	23
4.3. Análise química	24
4.4. Tratamento preservativo.....	25
4.4.1. Análise de retenção	26
4.4.2. Análise de penetração	28
4.5. Determinação do perfil radial do lenho por densitometria de raios-X	28
4.5.1. Análise e obtenção do perfil radial das amostras	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Caracterização anatômica	30
5.1.1. Descrição anatômica qualitativa	30
5.1.2. Descrição anatômica quantitativa	32
5.2. Massa específica	34

5.2.1.	Densitometria de raios-X antes do tratamento preservativo	35
5.3.	Composição química	39
5.4.	Tratamento Preservativo	41
5.4.1.	Análise de penetração do preservativo CCA	41
5.4.2.	Teste de Retenção	43
5.4.3.	Densitometria de raios-X após o tratamento preservativo	45
5.5.	Correlação entre os parâmetros analisados	47
6.	CONCLUSÕES	50
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
8.	ANEXOS	63

RESUMO

CHAGAS, Simone Feitosa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Propriedades da madeira de *Tectona grandis* (L. f.), visando a sua utilização para peças preservadas.** Orientador: José de Castro Silva. Coorientadora: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

O objetivo foi avaliar as propriedades da madeira de *Tectona grandis* L. f., visando sua utilização como madeira preservada, na forma de mourões. A madeira era proveniente de plantios comerciais, localizados no município de Santo Antônio do Leverger, Estado de Mato Grosso. O material, de três idades diferentes (quatro, seis e doze anos), resultou de desbastes e de aproveitamento das partes superiores do tronco, em uma faixa diamétrica de 9 a 13 cm. A caracterização da madeira envolveu as análises da massa específica (básica, aparente e densitometria de raios X), propriedades anatômicas e composição química (teores de extrativos, lignina, holoceluloses e relação siringila/guaiacila). O tratamento preservativo da madeira foi realizado em autoclave, com uso de vácuo-pressão e arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C), seguindo procedimentos convencionais adotados pelas empresas. Posteriormente, foram feitos testes de retenção e penetração de CCA. As seções de madeira de teca, embora de diferentes idades e retiradas de diferentes alturas ao longo do tronco, apresentaram, em geral, propriedades anatômicas, físicas, químicas e de retenção de sais preservativos semelhantes, possivelmente em função da presença de madeira juvenil e idade fisiológica das peças analisadas. A seção da madeira tratada apresentou aumento da massa específica aparente, em função do acúmulo de sais, e distribuição irregular desses sais ao longo da seção transversal; foi classificada como de tratabilidade difícil. Para todas as idades, os valores médios de retenção de CCA foram superiores a 4,0 kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada, restringindo-se seu uso em situações de contato direto com o solo e umidade, conforme estabelecido pelas normas NBR 7190 e NBR 9480.

ABSTRACT

CHAGAS, Simone Feitosa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2013.
Wood properties of *Tectona grandis* (L. f.), aiming their use as pieces preserved.
Adviser: José de Castro Silva. Co-adviser: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

The goal was to evaluate wood properties of *Tectona grandis* L. f., aiming their use as preserved wood in the form of fence posts. The wood came from commercial plantations, located in the municipality of Santo Antônio do Leverger, State of Mato Grosso. The material, with three different ages (four, six and twelve years), resulted from thinning and harnessing of upper parts of the trunk, in a diameter range of 9 to 13 cm. The characterization of wood involved analyzes of specific gravity (basic, apparent and X-ray densitometry), anatomical properties and chemical composition (content of extractives, lignin, holocellulose and relationship syringyl/guaiacyl). The preservative treatment of wood was done by autoclaving with the use of vacuum-pressure and chromated copper arsenate (CCA type C), following conventional procedures adopted by companies. Later, we made tests of retention and penetration of CCA. The sections of teak wood, although their different ages and heights along the trunk that they were taken, presented, in general, similar properties of anatomical, physical, chemical and retention of preservative salts, possibly due the presence of juvenile wood and physiological age of the pieces analyzed. The section of treated wood showed increase in apparent specific gravity, due to the accumulation of salts, and irregular distribution of these salts along the cross section; it was classified as difficult treatability. For all ages, the average retention of CCA were greater than 4.0 kg of active ingredients per cubic meter of treated wood, restricting its use in situations of direct contact with the ground and moisture, as established by NBR 7190 and 9480 NBR.

1. INTRODUÇÃO

Em 2011, a Associação Brasileira de Florestas Plantadas – ABRAF (2012) – mencionou que a área total reflorestada no Brasil era de 6.515.844 hectares, predominantemente dos gêneros eucalipto e pinus. Os diversos setores industriais, como moveleiro, celulose, construção civil, serrados, siderurgia a carvão vegetal e painéis são abastecidos com a matéria-prima proveniente desses plantios. Os empresários brasileiros, no entanto, têm investido em outras espécies, cuja madeira apresenta alto valor comercial, com propriedades adequadas aos usos mencionados. Essa prática é importante para garantir o suprimento de matéria-prima, nos mercados interno e de exportação, bem como diversificar o mercado de produtos madeireiros.

A *Tectona grandis* (L. f.), vulgarmente conhecida como teca, é uma espécie arbórea, decídua, nativa das florestas tropicais da Índia, Mianmar, Tailândia e Laos, localizadas no sudeste asiático. Em função das amplas possibilidades de uso e de suas características, é considerada uma das madeiras mais valiosas no mercado internacional. A sua madeira é muito valorizada pela beleza, resistência e durabilidade, sendo muito utilizada na carpintaria, marcenaria, produção de peças de usos nobres e de móveis finos e, especialmente, na indústria da construção naval. Os plantios comerciais se estendem por muitos países de vários continentes, à exceção dos países do continente europeu, em função de limitações para o desenvolvimento da planta. No Brasil, a espécie se apresenta como excelente oportunidade de investimento, face à adaptação da cultura às condições edáficas e climáticas em várias regiões. No ano de 2011, de acordo com a ABRAF, a área total de plantios desta espécie no país era de 65.440 hectares, distribuídos entre os Estados do Acre, Amapá, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia, São Paulo, Tocantins e, principalmente, Mato Grosso e Pará (ABRAF, 2012).

Diversas técnicas de implantação e manejo silvicultural têm sido adotadas nos plantios de *Tectona grandis*, resultando em grande produtividade de madeira, numa rotação relativamente curta, quando comparada com os países de origem. Objetivando a produção de madeira para serraria, diversas técnicas silviculturais complementares estão sendo adotadas, como as desramas e desbastes. Tais procedimentos resultam numa madeira isenta de nós e permitem vários cortes intermediários até o corte final, quando se obtêm grandes diâmetros. Além da geração de rendas complementares, os desbastes possibilitam a obtenção de um produto final com maior valor de mercado. Os cortes intermediários apresentam uma madeira de valor comercial mais baixo, com

aproveitamento para vários usos, como geração de energia, móveis rústicos, construção civil, caixotaria, estacas e mourões.

Os estudos realizados no Brasil, com o material proveniente de desbastes com a teca, são muito incipientes; quase sempre estão restritos ao uso exclusivo das empresas reflorestadoras que se dedicam ao plantio comercial da espécie. Face à excessiva quantidade do material proveniente de desbaste, bem como das partes superiores do tronco, que apresenta diâmetros mais reduzidos, surgiu a necessidade de se conhecer as suas propriedades, bem como estudar uma destinação adequada ao material, buscando uma maior agregação de valor ao produto. Questões de ordem econômica e de ordem tecnológica se apresentam como necessárias para a correta utilização do material produzido. Uma análise dessa natureza será muito importante e trará contribuições para o setor florestal, podendo auxiliar na tomada de decisão sobre o planejamento, administração e retorno financeiro com os empreendimentos florestais envolvendo a teca.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral a caracterização da madeira de *Tectona grandis* (L. f.), proveniente de desbastes e de partes superiores do tronco, em três diferentes idades, avaliando a possibilidade de sua utilização como madeira preservada, na forma de mourões.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterização da madeira de *Tectona grandis*, sob três diferentes idades (4, 6 e 12 anos), com diâmetros de 9 a 13 cm, identificando-lhe as seguintes propriedades: anatomia, massa específica (básica e aparente) e composição química;
- Realização de tratamento preservativo de peças de *Tectona grandis* com CCA;
- Avaliação do tratamento preservativo por meio dos testes de retenção e penetração do preservativo CCA;
- Aplicação da densitometria de raios-X na caracterização do lenho de árvores de *Tectona grandis*;
- Analisar as possíveis correlações entre as idades e as propriedades estudadas com a retenção do preservativo CCA;
- Avaliar a possibilidade de uso do material, na forma de madeira preservada, como mourões.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Vantagens do Uso da Madeira

De acordo com Pedreschi *et al.* (2006), o desempenho da madeira pode ser observado sob vários pontos de vista, levando-se em consideração a performance simbólica, técnica e econômica do material. A performance simbólica caracteriza-se pela maneira como a madeira é utilizada na construção civil, como um material construtivo, relacionando aspectos estéticos e decorativos, bem como características de conforto térmico e acústico. A performance técnica está relacionada ao comportamento do material na construção de estruturas, vedações, pisos e esquadrias, avaliando resistência, durabilidade e comportamento quanto às características mecânicas e químicas do material. A performance econômica estabelece a relação entre custo da madeira em relação aos benefícios e, também, com relação a outros materiais e as vantagens de sua utilização. Como qualquer material, a madeira apresenta desvantagens e limitações quanto à utilização.

Para Maringoni (2012), a madeira apresenta uma série de vantagens em relação ao concreto:

- A madeira tem peso específico baixo e alta resistência mecânica. As espécies de eucalipto usadas, como *Eucalyptus citriodora*, resistem à compressão e à tração de, respectivamente, 700 e 1,4 mil quilos por centímetro cúbico. Somente os concretos de alta resistência atingem este valor de compressão. O concreto armado pesa 2,5 vezes mais que a madeira e, portanto, os custos de carga, transporte e descarga aumentam na mesma proporção.
- A madeira resiste a golpes intensos; o concreto, ao contrário, é friável, quebrando-se, com facilidade, aos mesmos golpes. Essas características, associadas, permitem o transporte de grande quantidade de peças de madeira, com facilidade de carregamento e descarga, bem como facilidade de manuseio, como rolagem e arraste sobre terrenos irregulares;
- As peças de madeira são duráveis, quando submetidas a tratamento preservativo industrial. As peças preservadas resistirão aos ataques de agentes físicos, químicos e biológicos.

- Mourões e postes de madeira podem ser furados e entalhados com facilidade, permitindo a sua associação com fios e peças metálicas, sem restrições. Nos países do Hemisfério Norte, cerca de 94% dos postes e mourões são de madeira preservada; além disso, os custos são significativamente menores.

- Com relação às vantagens ambientais considera-se que a madeira apresenta baixo consumo de energia na sua produção, pelo baixo preço e pela possibilidade de uso da matéria-prima de forma sustentada e ambientalmente correta (ALVES; SINAY, 2012).

3.2 A espécie *Tectona grandis* (L. f.)

A *Tectona grandis* é uma espécie nativa das florestas tropicais da Índia, Mianmar, Tailândia e Laos, localizadas no sudeste asiático. As áreas de ocorrência natural apresentam uma grande variação climática, demonstrando uma adaptação da espécie a diferentes locais. Estudos mostram que as condições ideais para o crescimento da espécie são o clima tropical úmido, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco, precipitação anual entre 1.200 e 2.500 mm, déficit hídrico de três a cinco meses e temperatura média anual acima de 22°C (IPEF, 2003). Atualmente, a espécie é plantada comercialmente em muitos países de vários continentes, à exceção dos países do continente europeu, em função de limitações para o desenvolvimento da planta. No Brasil, os plantios comerciais iniciaram-se no final da década de 1960, pela empresa Cáceres Florestal S.A., no município de Cáceres – Estado do Mato Grosso, onde as condições naturais são semelhantes às dos países de origem da espécie (MATRICARDI, 1989). Além das condições climáticas e edáficas favoráveis, com tratamentos silviculturais mais intensos, permitiu-se a redução do ciclo de produção de sessenta para vinte e cinco anos, com incremento médio anual de 24,0 metros cúbicos por hectare (UGALDE; PÉREZ, 2001; IPEF, 2003). Atualmente, os plantios comerciais de teca se estenderam em direção à Amazônia, sendo também encontrados nos estados do Acre, Pará e Rondônia (FIGUEIREDO, 2001; VIEIRA *et al.*, 2001). Segundo Shimizu *et al.* (2007), verificaram-se produtividades extremamente variáveis nos povoamentos de teca em decorrência da diversidade de condições climáticas, bem como condições físicas e nutricionais do solo, combinadas com os diferentes graus de tratamentos culturais dedicados aos plantios.

Em seu habitat nativo, a espécie se apresenta como pioneira, com folhas opostas, coriáceas e ásperas ao tato, dotadas de pecíolos curtos ou ausentes, com ápice e base agudos. Os indivíduos adultos possuem folhas, em média, com comprimento de 30 a 40 cm por 25 cm de largura. Nos indivíduos mais jovens, com até três anos de idade, as folhas podem atingir o dobro dessas dimensões. É uma espécie caducifólia, perdendo as folhas durante a estação seca. Possui flores brancas e pequenas, dotadas de pecíolos curtos, dispostas em grandes inflorescências, do tipo panícula. Seus frutos consistem de drupas subglobosas de mais ou menos 1,2 cm de diâmetro. As sementes, de um a quatro, estão protegidas por um tecido duro (endocarpo), envolvido por uma compacta e densa cobertura feltrosa (mesocarpo). Este conjunto está incluso em um involúcro vesicular inflável de consistência membranosa (exocarpo). O tronco é retilíneo e revestido por uma casca espessa, bem resistente ao fogo (VIEIRA *et al.*, 2002).

A madeira possui um albarno estreito e claro, bem distinto do cerne, cuja cor é marrom viva e brilhante. Apresenta massa específica aparente média de 650 kg/m³, com boa resistência, tração e flexão. A madeira apresenta alta estabilidade dimensional, resistindo às variações de temperatura e umidade no ambiente, não apresentando empenamentos e contrações durante a secagem (LAMPRECHT, 1990; WALKER *et al.*, 1993; LORENZI *et al.*, 2003, citados por LIMA *et al.*, 2009). Ao descreverem as características anatômicas do lenho, Jane (1956) e Cardoso (1991) observaram a formação de anéis de crescimento, demarcados por parênquima marginal e anéis semi-porosos, com a formação de tilos e de substância branca (fosfato de cálcio), no lume dos vasos.

A madeira é de alta qualidade, muito utilizada na produção de móveis, esquadrias de alto padrão, embarcações e decoração, destacando-se pela beleza, resistência e durabilidade. A madeira é muito valorizada no mercado internacional, podendo alcançar preços até três vezes superiores aos do *Swietenia macrophylla* (mogno). Nos países de ocorrência natural, a madeira de pequenas dimensões é usada como fonte de energia, caixotaria, escoramento, construção civil etc. (LORENZI *et al.*, 2003; PIMENTEL *et al.*, 2008).

Quando plantada em escala comercial, é considerada uma cultura pouco exigente a tratamentos culturais e pouco suscetível às pragas e doenças. A árvore atinge o porte adulto entre 25 e 35 m de altura e aproximadamente 1 metro de diâmetro, à altura do DAP (diâmetro à altura do peito). O seu ciclo de rotação é variável de sessenta a cem anos, quando a madeira atinge a maturidade (LAMPRECHT, 1990; LORENZI *et al.*, 2003).

A densidade de plantio pode variar de 1.666 a 2.173 árvores por hectare, equivalente a espaçamentos de 3,0 x 2,0 m a 2,3 x 2,0 m, sendo recomendados os espaçamentos mais densos e desbastes mais frequentes (FIGUEIREDO, 2001). A época do primeiro desbaste depende da qualidade de sítio; no entanto, existem algumas indicações em relação à idade e à intensidade do desbaste. Cordero e Kanninen (2003) indicam o desbaste seletivo de 40% das árvores, aos quatro anos, ou a remoção de 25% das árvores originais no quarto ano, seguida de nova retirada ao quinto ano, do mesmo número de árvores. A aplicação do primeiro desbaste também pode ser efetuada quando as árvores alcançam uma altura média de 9,0 a 9,5 m (KRISHNAPILLAY, 2000). Outro indicador para a época de aplicação do primeiro desbaste, segundo Galloway *et al.* (2001), é o fechamento do dossel, que tem sido um parâmetro muito utilizado para uma tomada de decisão, devido à redução do crescimento em diâmetro.

As intervenções silviculturais estão relacionadas com a forma e dimensões da árvore, bem como as características físicas, mecânicas e químicas da madeira, que atuam como parâmetros de avaliação tecnológica para os vários usos finais. Estudos químicos da madeira da teca registram a presença de uma substância pertencente à classe das antraquinonas, a tectoquinona, à qual são atribuídas propriedades antifúngicas, bactericidas e repelentes aos ataques de alguns insetos, razão do aumento da durabilidade natural da madeira quando exposta ao solo e aos rigores do tempo (RUDMAN, 1958; THULASIDAS; BHAT, 2007). Além da tectoquinona, outras substâncias foram encontradas na madeira, como o lapachol e uma naftoquinona-antraquinona, a tectograndona, que é um corante natural (AGUINALDO *et al.*, 1993). Independente da presença dos produtos naturais de função preservante, é imprescindível o tratamento químico quando a madeira é exposta às condições de solo e intempéries.

3.3 Massa Específica da Madeira

A massa específica da madeira é o resultado de uma complexa combinação dos seus constituintes internos. É uma propriedade muito importante e fornece inúmeras informações sobre as características da madeira, devido a sua relação com várias outras propriedades, tornando-se um parâmetro muito utilizado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos da atividade industrial. Quase sempre, a massa específica se apresenta correlacionada com a retratibilidade, secagem, trabalhabilidade, impregnabilidade, durabilidade natural e várias propriedades mecânicas (EISFELD *et*

al., 2009). Segundo Tsoumis (1991), a massa específica da madeira é uma medida da quantidade de material na parede celular, presente em certo volume e é, também, uma indicadora do volume de espaços vazios na madeira.

Para Cardoso *et al.* (2002), a massa específica é um parâmetro de máxima significância dentre as propriedades físicas da madeira. A massa específica básica trata da relação entre a massa seca e o volume saturado. É uma característica bastante complexa, resultante da combinação de diversos fatores, tais como anatômicos, físicos e químicos. Em algumas espécies, a massa específica tende a ser decrescente da base para o topo; em outras, tende a ser crescente a partir do nível do DAP, podendo, ainda, em outras espécies, apresentar valores alternados, com tendência crescente ou decrescente (BARRICHELO *et al.*, 1983). A massa específica aparente, por sua vez, sempre relaciona massa e volume a um determinado teor de umidade, normalmente a 0, 15 e, com mais frequência, a 12% de umidade.

A massa específica pode variar entre gêneros, espécies do mesmo gênero, árvores da mesma espécie e, até mesmo, entre diferentes partes da mesma árvore (PANSIN; DE ZEEUW, 1980). Aumenta muito rapidamente durante o período juvenil, cresce mais lentamente numa fase intermediária da idade, até se tornar, mais ou menos, constante na fase da maturidade da árvore (LIMA *et al.*, 2000).

De acordo com Kollmann e Côté (1968), as variações da massa específica, que são fortemente influenciadas pelo teor de umidade, devem-se às diferenças na estrutura anatômica da madeira e na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume, em função, principalmente, da idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais. A estrutura da madeira a que se referem os autores está relacionada à espessura da parede celular, tamanho e quantidade proporcional de diferentes tipos de células (fibras, traqueídeos, vasos, dutos de resina e parênquima). Nas madeiras da mesma espécie, as variações são decorrentes, principalmente, de alterações nos componentes estruturais e químicos (SILVA, 2002).

É importante salientar que, quando analisada isoladamente, a massa específica não representa um bom e seguro parâmetro para uma definição de usos, uma vez que outras propriedades devem ser consideradas conjuntamente, como anatômicas, mecânicas e químicas. VITAL (1984) afirmou que os efeitos, em geral, são interativos e difíceis de serem avaliados isoladamente e não se consegue modificar uma propriedade sem que as demais sejam alteradas.

3.3.1 Densitometria de Raios-X

Em função dos objetivos, a literatura apresenta diferentes métodos de determinação da massa específica da madeira, como o gravimétrico e propagação de microondas (JAMES *et al.*, 1985); mais recentemente, surgiram outros métodos, como os de radiação ionizante, raios-X, beta, gama e alta frequência (SCHINKER *et al.*, 2003).

Segundo Tomazello Filho *et al.* (2008), a densitometria de raios-X constitui uma das mais avançadas metodologias para determinação dos perfis e dos valores de massa específica, sendo, portanto, de grande valia para a avaliação da qualidade do lenho e estudos em dendrocronologia. A densitometria de raios-X tem sido apontada como um poderoso instrumento de avaliação para estudar os efeitos dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira, bem como para explicar outros resultados ligados à caracterização tecnológica, permitindo uma qualificação da matéria-prima ao produto final pretendido (SILVA, 2002). Tomazello Filho *et al.* (2005) destacam também sua aplicação em estudos da relação da genética, fertilização, irrigação, desrama, ataque de fungos e insetos e fatores climáticos do solo, com a estrutura e qualidade da madeira. Esta técnica foi desenvolvida por Polge (1963) e implantada no Brasil por Amaral (1994) e Amaral e Tomazello Filho (1998).

Como vantagem ao método gravimétrico convencional, a densitometria de raios-X apresenta medições a pequenas distâncias, possibilitando o registro radiográfico permanente das amostras do lenho e a alta sensibilidade e resolução, aliadas à velocidade de processamento dos dados e a interpretação, através dos perfis radiais de densidade (SILVA; LOUZADA, 2001). A técnica consiste em adquirir resposta para a irradiação transmitida em várias direções de uma amostra fina da seção transversal de madeira (SIQUEIRA, 2004). O fato da madeira ser um material altamente higroscópico, torna-se necessário o acondicionamento das amostras antes da sua exposição aos raios-X, por um período de 24 horas, pois a umidade de equilíbrio residual pode ser facilmente alterada pelas variações ambientais, além de afetar fortemente as medidas de atenuação das radiações pelo teor de umidade nas fibras da madeira (FERRAZ, 1983). Posteriormente, o filme radiográfico é exposto à fonte de raios-X e, com a passagem da radiação, através da amostra de madeira, forma-se uma imagem de sua estrutura transversal (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2005)

Diversos estudos do perfil densitométrico da madeira são encontrados na literatura. Miqueloni *et al.* (2007) trataram o lenho de *Tectona grandis* e construíram o perfil radial de massa específica aparente, obtendo valores crescentes no sentido medula-casca, característicos da espécie, bem como a delimitação, contagem e mensuração da largura dos anéis de crescimento. Castro (2011) aplicou o método na análise do lenho do tronco de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Tectona grandis*, com 18 e 52 anos, respectivamente, concluindo que os perfis diametrais de massa específica aparente do lenho indicaram um aumento da medula para a casca e estabilização no lenho externo; os perfis radiais permitiram, ainda, a precisa demarcação dos anéis anuais de crescimento.

3.4 Anatomia da Madeira

A madeira é um tecido complexo, formado a partir do câmbio vascular, constituído por diferentes tipos de células lenhosas, organizadas em diferentes proporções e arranjos, determinando suas propriedades tecnológicas. O estudo das propriedades anatômicas tem por finalidade obter informações para fins tecnológicos, através da caracterização do xilema secundário, permitindo ao usuário da madeira prever e compreender seu comportamento, além de predizer utilizações adequadas para a madeira (OLIVEIRA, 1997). Além da identificação das espécies, os estudos anatômicos possibilitam, ainda, informações sobre a estrutura do lenho, bem como identificação das relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos aspectos referentes à massa específica, resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade (SILVA, 2002).

De acordo com Moreira (1999), as principais células que formam a madeira das angiospermas dicotiledôneas são as fibras e vasos, responsáveis pela resistência mecânica e pelo transporte de água e nutrientes, respectivamente. As dimensões dessas células são, em geral, influenciadas pela idade, material genético e local de crescimento, conforme relatado por Panshin e De Zeeuw (1980), Zobel e Buijtenen (1989), Malan (1995) e Moreira (1999), citados por Silva (2002).

Quanto às características microscópicas de *Tectona grandis*, segundo Richter e Dallwitz (2009), a madeira apresenta poros solitários e múltiplos; parênquima axial paratraqueal escasso e vasicêntrico; raios homogêneos, compostos por células procumbentes e raios multisseriados.

A estrutura anatômica da madeira influencia na permeabilidade da madeira e podendo apresentar maior ou menor penetração e retenção de preservativos. Nas folhosas, os vasos podem ser reconhecidos como as estruturas anatômicas mais importantes para a penetração inicial dos preservativos na madeira, pois formam o caminho longitudinal de fluxo de menor resistência à passagem de líquidos. Como os elementos de vasos são células de extremidades abertas ou parcialmente abertas, a penetração dos fluídos no sentido longitudinal se torna mais rápida e extensa do que aquela no sentido lateral, entre vasos e raios e vasos e fibras. A permeabilidade dos vasos, no entanto, pode ser reduzida consideravelmente quando há ocorrência de tilos no seu interior (SIAU, 1984). Os vasos, além de permitirem a penetração longitudinal na madeira, podem, também, promover a penetração lateralmente, entre vasos ou entre vasos e outras células, através dos pares de pontuações. Segundo Hunt e Garratt (1938), além da dependência dos vasos estarem desobstruídos, a efetividade da penetração dos preservativos na madeira das angiospermas depende também do seu tamanho, frequência e distribuição.

As fibras podem constituir até 50% do volume da madeira (PANSWIN; DE ZEEUW, 1980) e os preservativos penetram nessas células através dos pares de pontuações dos vasos e das células de parênquima adjacentes (SIAU, 1984). Em geral, as fibras não são importantes na penetração inicial dos preservativos, apesar da sua relativa permeabilidade ter influência marcante em subsequente distribuição de líquidos oriundos dos vasos e outros possíveis pontos de concentração desses preservativos (HUNT; GARRATT, 1967).

Em geral, os raios e o parênquima axial não contribuem para penetração de preservativos na madeira.

3.5 Lenho Juvenil e Adulto

A árvore é formada, inicialmente, apenas por lenho juvenil; em função de seu desenvolvimento, formam-se, simultaneamente, dois tipos de lenho: juvenil e adulto. Fisiologicamente, lenho juvenil é todo aquele que é formado na fase inicial de crescimento da planta, junto à medula, bem como aquele próximo do meristema primário da copa, onde a produção de hormônios afeta o funcionamento do meristema secundário (câmbio) situado na sua proximidade (LOUZADA, 1999). O lenho adulto, por sua vez, não se encontra sob a influência direta da copa, sendo encontrado nas

partes intermediárias do tronco; é considerado um lenho que apresenta uma maior estabilidade estrutural e propriedades físicas e mecânicas superiores ao lenho juvenil.

A formação do lenho é, no entanto, um sistema contínuo, não existindo uma demarcação nítida entre o lenho juvenil e o lenho adulto, sendo esta passagem feita gradualmente, de um tipo para o outro (ZOBEL; BUIJTENEN, 1989). Na base da árvore, a madeira produzida é característica de lenho adulto; no topo e em toda a zona sob a influência da copa, a madeira é características de lenho juvenil. Dessa forma, a árvore possui diferentes idades cronológica e fisiológica, em função do tempo de formação dos tecidos; nas partes mais internas da árvore, os tecidos apresentam características de tecidos mais novos (fisiológica), embora, cronologicamente não o sejam.

As propriedades da madeira não são uniformes da medula para parte externa; Para Leonello *et al.* (2008), do ponto de vista anatômico, a madeira juvenil caracteriza-se por um progressivo acréscimo nas dimensões das células e por correspondentes alterações na sua forma, estrutura e disposição em sucessivos anéis de crescimento. Tal autor destaca também que, segundo a literatura, os estudos sobre a madeira juvenil em coníferas estão consolidados, porém em madeiras de folhosas de rápido crescimento os limites de formação da madeira juvenil ainda não estão claramente conhecidos.

De acordo Bendtsen (1978); Zobel (1984) e Senft *et al.* (1985), citados por Leonello *et al.* (2008), a madeira juvenil, de uma forma geral, caracteriza-se por menor densidade, maior ângulo das microfibrilas na camada S2 da parede celular, traqueídeos mais curtos, contração transversal menor, maior contração longitudinal, maior proporção de lenho de reação, menor porcentagem de lenho tardio, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina e hemiceluloses, menor conteúdo de celulose, menor densidade e menor resistência, em relação à madeira mais adulta. A madeira juvenil de folhosas, especialmente a de *Eucalyptus*, apresenta ainda, em sua grande maioria, baixa porcentagem de extrativos.

A proporção de madeira juvenil existente numa árvore é uma característica que depende fundamentalmente da idade, do sítio e do manejo silvicultural. Entretanto, à mesma idade e em condições semelhantes de ambiente e de manejo, pode-se verificar que existe expressiva variabilidade neste aspecto. Em algumas espécies e indivíduos, a formação de madeira juvenil estende-se por vários anos, enquanto que, em outras, a formação de madeira adulta inicia-se mais cedo. O que caracteriza estas variações são as

diferenças que se estabelecem nas proporções de madeira juvenil em relação à madeira adulta, acumuladas no tronco (ASSIS, 2012).

Para a produção de produtos sólidos, Souza (2010) destaca que a madeira juvenil pode afetar algumas propriedades da madeira, tais como dureza, densidade, estabilidade dimensional etc. Dessa forma, existe interesse considerável no seu conhecimento, pois a proporção desse tipo de lenho influencia na qualidade dos produtos.

O lenho das árvores de *Tectona grandis* não é uniforme na direção medula-casca; os anéis de crescimento no lenho inicial têm menor massa específica, menor comprimento de fibra e maior ângulo microfibrilar; nos anéis de crescimento sucessivos ocorre aumento da massa específica e alterações da estrutura anatômica; nos primeiros anéis de crescimento, a taxa de variação das propriedades do lenho é rápida, assumindo, gradualmente, as características da madeira adulta (BENDTSEN; SENFT, 1986).

Segundo Bendtsen (1978), a demarcação entre os lenhos possibilita um melhor entendimento da extensão e qualidade da madeira juvenil; entretanto, trata-se de uma tarefa complicada, uma vez que a mudança do lenho juvenil para lenho adulto, normalmente, ocorre de forma gradual ao longo dos anos. Vários são os métodos para identificar a demarcação; o mais utilizado é a observação visual de gráficos, construídos a partir de dados mensurados das propriedades da madeira, no sentido medula-casca, tais como comprimento de fibras, massa específica, ângulo microfibrilar e relação cerne-alburno (SOUZA, 2010).

3.6 Composição Química da Madeira

A composição química tem grande importância, devido à sua influência em algumas das propriedades que definem a aptidão da madeira para determinados usos; de acordo com Silva (2002), a madeira é um material constituído de compostos de elevado grau de polimerização, como a celulose, hemiceluloses e lignina, considerados os principais responsáveis pela sua morfologia e estrutura.

Os extrativos, também de reconhecida importância em várias situações, atuam como componentes complementares e apresentam grande variabilidade em sua quantidade e constituição. São componentes acidentais que não fazem parte da estrutura química da parede celular e incluem um elevado número de compostos, cuja maioria é solúvel em água quente, álcool, benzeno e outros solventes orgânicos neutros. Os extrativos apresentam baixo ou médio peso molecular, exceto alguns taninos

(BARRICHELO; BRITO, 1985). Para Pettersen (1984), a presença de alguns desses componentes influencia a resistência ao ataque de fungos e insetos, coloração, odor, permeabilidade, massa específica e dureza da madeira. Podem constituir até 8% do peso seco de madeiras normais de espécies de clima temperado, podendo chegar a até 20% em madeiras de clima tropical. O mesmo autor, ainda, destaca que a composição química da madeira de determinada espécie, ou mesmo de determinada árvore, não pode ser definida com exatidão, uma vez que ela varia com as diferentes partes da árvore (raízes, tronco, ramos e casca), com o tipo de lenho (normal ou de reação) ou com as condições ambientais de crescimento (localização geográfica, clima, tipo de solo etc.).

Castro (1998), comparando as propriedades da *Tectona grandis*, em três diferentes alturas do fuste, encontrou valores de lignina variando entre 31 e 32,1%; os extrativos totais ficaram entre 11,6 e 13,5%. González (2004) ressalta que estudos com teca, provenientes de diferentes locais na Costa Rica, revelaram que madeiras de regiões secas apresentam maiores teores de lignina (31,1%), extrativos totais (11,43%) e compostos inorgânicos (4,86%), quando comparadas com madeiras de regiões úmidas.

Analisando árvores adultas de teca, originadas de povoamentos no Timor Leste, com 50 a 70 anos de idade, Miranda *et al.* (2011) verificaram que a composição química entre cerne e alburno foi semelhante, apresentando variação apenas no teor de extrativos, que aumentou a partir da medula (8,3%) para a região de transição cerne-alburno (12,7%) e diminuiu no alburno (9,2%).

3.7 Tratamento Preservativo da madeira

A madeira apresenta alterações indesejáveis em sua estrutura e propriedades, devido à ação de agentes físicos, químicos e biológicos. Nenhuma espécie de madeira, nem mesmo aquelas de reconhecida durabilidade natural, é capaz de resistir, indefinidamente, às variações das condições ambientais e ataques de insetos e microrganismos xilófagos. Os agentes físicos, químicos e biológicos, atuando em conjunto ou isoladamente, aceleram seu processo de deterioração (SILVA, 2007).

Segundo Oliveira e Lepage (1986), a madeira é degradada biologicamente porque alguns organismos utilizam os polímeros naturais da sua parede celular, como fonte de alimento, e alguns deles possuem sistemas enzimáticos específicos, capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis. O alburno é a parte da madeira que apresenta materiais nutritivos armazenados, o que o torna mais suscetível ao ataque de agentes

biológicos. O cerne normalmente apresenta maior durabilidade natural, devido à ausência de materiais nutritivos e, principalmente, à presença de extrativos.

Para impedir ou atenuar a deterioração da madeira, é necessário que se incorporem produtos químicos à madeira que lhe confirmam maior resistência, como preservativos, ignífugos e acabamentos superficiais. A preservação da madeira pode ser entendida como a adoção de técnicas, objetivando a sua proteção contra a ação de agentes físicos, químicos e, principalmente, biológicos. Quando se fala em preservação da madeira destacam-se três elementos importantes: propriedades da madeira, natureza do produto e o método de aplicação. Preservar a madeira é, portanto, assegurar que ela tenha uma resistência a qual não teria naturalmente, tornando-a tão duradoura quanto possível (SILVA, 2007).

De acordo com Evangelista (2011), o Brasil utiliza pouca quantidade de madeira tratada, embora apresente inúmeras potencialidades de crescimento de uso em vários setores, como rural, elétrico, ferroviário, construções e embalagens.

Mediante a grande disponibilidade de madeiras oriundas de plantios de rápido crescimento, como os dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, tem-se o uso crescente deste material em ambientes expostos ao tempo (em contato direto com o solo e umidade); por isso, faz-se necessário o tratamento preservativo, de forma que lhe seja garantido um aumento de sua vida útil. Da mesma forma, materiais provenientes de desbastes em plantios manejados, como *Eucalyptus* e *Tectona grandis*, apresentam-se como alternativa de matéria-prima que, após preservada, possam ser utilizados na forma de mourões tratados.

Encinas e Contreras (1998) relatam o uso comum de peças de madeira, sobretudo de teca, com pequeno diâmetro, em vigas e colunas na construção de casas das classes média e baixa, na Venezuela. Os autores destacam também que práticas silviculturais em áreas significativas de plantações de *Tectona grandis* estão gerando material de desbaste, que apresentam uma durabilidade menor, devido à maior porcentagem de alburno. Assim, o tratamento preservativo com arseniato de cobre cromatado (CCA) dessas peças de menor diâmetro vem sendo estudado, a fim de aumentar a durabilidade e melhorar o seu emprego como material de construção.

Existem várias formas de se realizar o tratamento preservativo da madeira, destacando-se os métodos sob pressão. Dentre os vários produtos utilizados na preservação de madeiras, destacam-se o creosoto, arseniato de boro cromatado (CCB) e, principalmente, o CCA, destacando-se como um dos preservativos mais eficientes,

atualmente, garantindo proteção contra a podridão por fungos e ataque por insetos e agentes marinhos. O CCA é um produto da combinação básica do Cu (cobre), Cr (cromo) e As (arsênio), introduzida na madeira, por via aquosa. Os métodos empregados na aplicação utilizam pressão, uma vez que as reações de fixação entre os produtos e a madeira ocorrem muito rapidamente (VALLE, 2009).

A eficiência de um tratamento preservativo é determinada pela profundidade de penetração e pela distribuição e quantidade de produto retido pela madeira (HUNT; GARRATT, 1967). Lepage (1986) afirmou que a penetração e retenção dos produtos na madeira são os parâmetros que fornecem o verdadeiro grau de proteção das peças, sendo considerados de máxima importância no controle da qualidade do tratamento. Além desses parâmetros, a eficácia do tratamento depende da toxidez do produto aos organismos xilófagos (CABALLERA; MILANO, 1986).

3.7.1 A indústria de Preservação da Madeira no Brasil

Face à escassez das madeiras nativas de alta durabilidade natural, bem como de restrições legais e ambientais quanto à exploração, o preço de mourões e estacas de madeiras nativas se elevou muito, nos últimos anos. Evidenciou-se a necessidade de sua substituição por madeiras oriundas de florestas de rápido crescimento, como *Eucalyptus* spp., devidamente tratadas com preservativos químicos. Outro aspecto vantajoso para a utilização de espécies plantadas e tratadas é de ordem ambiental, uma vez que haverá redução da pressão sobre os remanescentes nativos (ARAUJO *et al.*, 2012).

A crescente demanda por madeiras tratadas tem estimulado os investimentos na construção de usinas ou unidades de preservação de madeira, com suporte tecnológico e resultando em material com alto controle de qualidade do produto final, de forma sustentável ambientalmente (TUFOLO NETTO, 2010). Segundo o mesmo autor, citando dados do IBAMA, o número de unidades industriais em preservação de madeira, em 2010, era de, aproximadamente, 197 unidades, instaladas, principalmente, nas regiões sudeste, sul e centro-oeste do país. Pesquisas de mercado, entretanto, revelam que existem no país, aproximadamente, 256 usinas já instaladas, bem como várias em fase de instalação (TUFOLO NETTO, 2010).

A expansão da utilização da madeira tratada, de modo geral, conduziu ao surgimento de novas usinas de preservação da madeira, fato esse que dificulta o controle

dos órgãos de fiscalização, podendo, assim, acarretar a produção e o comércio de madeiras tratadas de forma inadequada (PAES *et al.*, 2012).

Os estados de São Paulo e Minas Gerais são os que concentram o maior número de usinas, em decorrência da maior oferta de madeiras de reflorestamento, maior proximidade dos centros produtores de matérias-primas e equipamentos, além de grandes consumidores dos produtos acabados, principalmente na atividades do agronegócio e construção civil. Segundo Tufolo Netto (2010), a indústria de preservação de madeiras nacional trata aproximadamente 1.300.000 m³ de madeiras, assim distribuídos, por segmento de mercado, conforme a Figura 1.

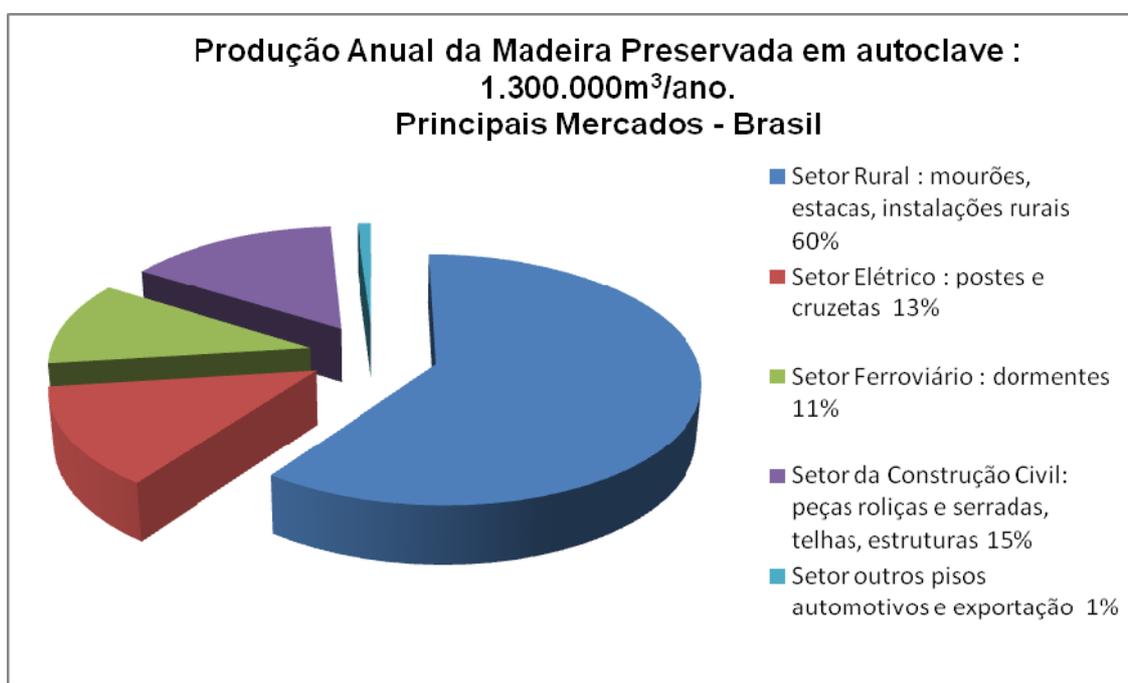


Figura 1: Produção anual da madeira preservada no Brasil (TUFOLO NETTO, 2010).

No Brasil, a produção anual de moirões de eucalipto tratados é da ordem de 40 milhões de unidades. Verifica-se a grande importância das madeiras tratadas para o setor rural no país, onde sua utilização corresponde a 60% do total. Para tal uso, assim como no setor elétrico e construção civil, é possível o emprego de peças de menores diâmetros, como as utilizadas neste trabalho, tornando-se uma ótima oportunidade de mercado. A expansão do agronegócio brasileiro contribui substancialmente para o aumento da demanda de madeira tratada. Economia, durabilidade e facilidade de construção com madeiras são os fortes argumentos que favorecem o crescente emprego de madeira tratada no campo.

A madeira, na forma roliça, é a forma mais usual na confecção de postes na eletrificação rural, construção de cercas, escoras para videiras e de fundação, em construções rústicas; por causa da ampla aplicabilidade desse material, há a necessidade de utilizá-lo sob condições de imunização química adequada (MODES *et al.*, 2011).

Outros setores que despontam como ótimas oportunidades, por razões técnicas são:

- **Elétrico:** no abastecimento de postes e, mais recentemente, no mercado de cruzetas de eucalipto preservado. As cruzetas de eucalipto, por razões técnicas e de sustentabilidade, devem ser o novo e mais promissor exemplo de mercado, atendendo às necessidades do mercado elétrico nacional, graças às questões relacionadas à facilidade de manuseio, manutenção, disponibilidade, entre outros, justificando o seu emprego crescente pelas empresas do setor elétrico. Segundo Sandoz e Benoit (2005), os estados da região sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) se caracterizam pelo uso mais intensivo deste tipo de material em postes, principalmente nas redes de baixa tensão (até 1.000 V) e média tensão (acima de 1.000 V até 36,2 kV). No Rio Grande do Sul, são cerca de 2,9 milhões de postes em serviço, dos quais 79% são de madeira e 21% de concreto. Somente nas redes da AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A, distribuidora que atende a região centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, são quase 710 mil postes, sendo 507 mil de madeira (BRASIL-ANEEL, 2009).

- **Construção Civil:** o segmento de construção civil apresenta grande potencial para o uso intensivo de madeira tratada, contribuindo para soluções habitacionais e atendendo a diversas camadas sociais em todas as regiões do país. As facilidades de construção, transporte, rapidez e versatilidade em obra, economia, conforto e beleza são somente alguns dos fortes argumentos para o crescente uso da madeira preservada nas construções comerciais e habitacionais. Seguindo a tendência dos Estados Unidos, em que o uso de madeira tratada no setor de construção civil ultrapassa a 70% de toda a madeira tratada naquele país, correspondendo a 16 milhões de metros cúbicos anuais, o Brasil, com certeza, deverá ter um novo mercado para a madeira tratada.

Pode-se citar também o uso de peças tratadas de menores dimensões em jardins, paisagismo, mobiliário, pergolados, brinquedos, passarelas etc.

Segundo Sandoz e Benoit (2005), estima-se uma proporção de um poste de madeira para cada dois habitantes na Europa Ocidental. Em Ontário, no Canadá, somente nas redes de distribuição de energia elétrica, são mais de 2 milhões de postes de madeira em serviço (GUSTAVSEN, 2005).

No uso de eucalipto para postes, onde a resistência mecânica, boa tratabilidade e maior resistência à deterioração são relevantes, nem sempre a definição da espécie de eucalipto é garantia da qualidade desejada. Diante disso, as NBRs 8456 e 8457 (ABNT, 1984) estão sendo reavaliadas em relação aos aspectos citados; está sendo proposta a utilização de espécies variadas, híbridos e clones de eucalipto desde que estejam garantidas características dimensionais, resistência à flexão estática e módulo de elasticidade à flexão estática (NBR 8456, Proposta de Revisão).

Com o avanço da utilização da madeira, em geral, fazem-se necessários o estudo e avaliação de técnicas de aproveitamento da madeira, ressaltando suas características mecânicas, durabilidade, resistência, plasticidade e aparência. O projeto deverá contemplar o delineamento do uso da madeira com relação aos limites peculiares desse material, bem como a definição de novos parâmetros de uso, elaboração de uma nova cultura diretamente ligada aos novos usos e tecnologias, principalmente caracterizada pela desmistificação e rompimento com dogmas que permanecem já há muito tempo (PEDRESCHI *et al.*, 2006).

As especificações sobre o uso da madeira tratada, na forma roliça ou de mourões, encontram-se na norma ABNT-9480 (2009). A sua versão, publicada em 1986 e intitulada “Mourões de madeira preservada para cercas” (ABNT-9480, 1986), estabelecia o uso de métodos de tratamento, com ou sem pressão, para os mourões em contato com o solo. A norma estabelecia uma retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada para os preservativos hidrossolúveis (CCA e CCB), 100 kg de creosoto por metro cúbico de madeira tratada ou 5 kg de pentaclorofenol por metro cúbico de madeira tratada. Para todos esses preservativos era estabelecida uma penetração total de todo o alburno (ABNT-9480, 1986). Na nova versão da NBR 9480, publicada em 2009 e intitulada “Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – requisitos”, não se utilizou a terminologia “mourão”, substituindo-a por “peça roliça”, definindo-a como “peça de madeira, de eixo aproximadamente retilíneo, com seção transversal circular, com diâmetro variável e comprimento máximo de até 6,5 metros”; estabeleceram-se, ainda, os mesmos índices de retenção e penetração para o tratamento preservativo com CCA, CCB e creosoto, para uso em contato com o solo, exceto para o pentaclorofenol, que não foi mais recomendado nessa norma. Outra inovação foi, também, a definição de um novo índice mínimo de retenção para peças roliças suspensas, sem contato com o solo, igual a 4 kg/m³ de madeira tratada para CCA e CCB e 100 kg/m³ para creosoto. A penetração

estabelecida para todos os preservativos manteve-se em 100% do alburno (ABNT-9480, 2009).

Os níveis satisfatórios de retenção de CCA e CCB, de acordo com os Standards da AWWPA, publicados no ano de 2010, e as diversas normas da ABNT para cada classe de uso, podem ser vistos no Anexo A.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de material proveniente de plantios comerciais de teca (*Tectona grandis*), localizados no município de Santo Antônio do Leverger, Estado do Mato Grosso. A região apresenta precipitação média anual de 1.346,9 mm, umidade relativa média de 73% e temperatura média inferior e superior de 20°C e 30°C, respectivamente.

Avaliaram-se os materiais provenientes de desbastes e porções superiores do tronco, todos com seções entre 9,0 e 13,0 cm de diâmetro e comprimento de 2,50 m, que não se mostravam adequados para serraria, em idades de 4, 6 e 12 anos, originados de três diferentes talhões (Figura 2).

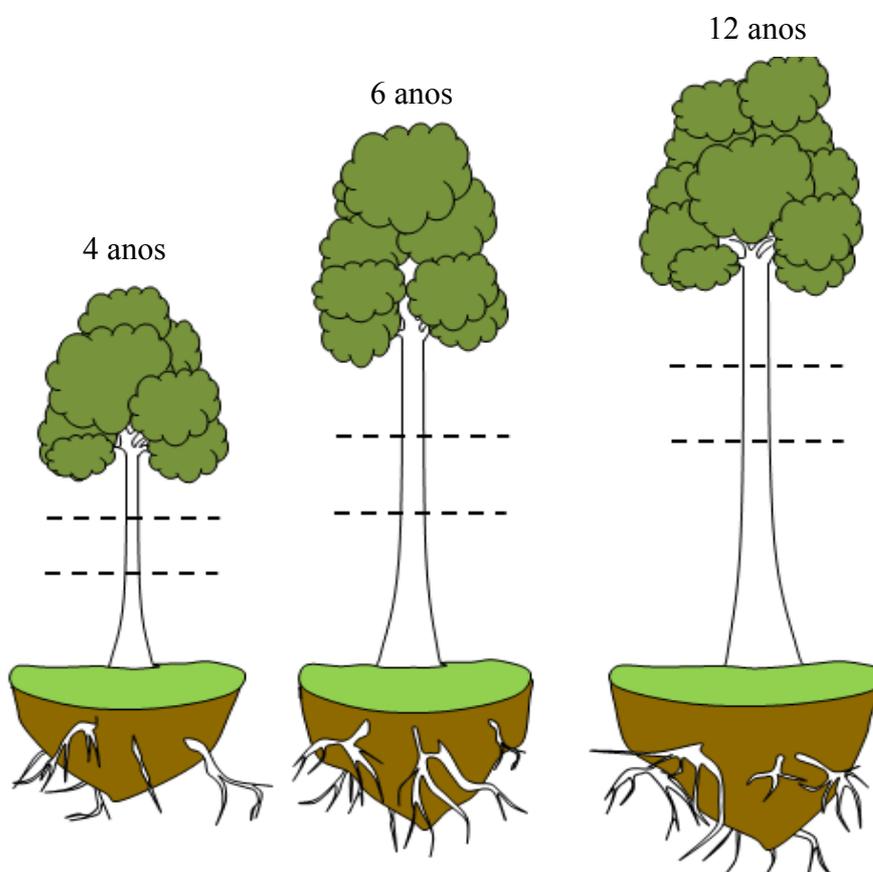


Figura 2. Esquema da retirada dos toretes ao longo da seção do tronco das árvores de *Tectona grandis* nas diferentes idades.

Os dados referentes aos talhões podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados referentes aos talhões de *Tectona grandis**.

Talhão	Idade de desbaste (anos)	Espaçamento	Tipo de Solo	Topografia	Coordenadas (datum WGS 1984)
001	12	3,0 x 2,0	LV	Relevo plano (0 a 2 % de declividade)	Lat. -15,947152509234 Long. -55,6667608175383
005	6	3,0 x 2,0	LV	Relevo plano (0 a 2 % de declividade)	Lat. -15,9506101951114 Long. -55,6723279415385
007	4	3,0 x 2,0	LVA	Relevo suavemente ondulado (2 a 4 % de declividade)	Lat. -15,9518383833228 Long. -55,6847180506616

* Dados fornecidos pela Companhia do Vale do Araguaia, MT.

LV – Latossolo Vermelho; LVA – Latossolo Vermelho Amarelo.

No total, utilizaram-se 144 toras, provenientes de três idades e quarenta e oito toras por idade, retiradas de diferentes alturas do tronco, dentro da faixa diamétrica mencionada. Após a identificação, as toras foram transportadas para o Laboratório de Propriedades da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Estado de Minas Gerais. As peças foram descascadas e submetidas à secagem natural até atingir um teor de umidade médio de 13%. Realizaram-se os ensaios anatômicos, massa específica, composição química, tratamento preservativo e penetração do preservativo na madeira. Os testes de retenção do preservativo foram realizados nos laboratórios da MONTANA Química, na cidade de São Paulo. O teste de densitometria de raios-X foi realizado no Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em Piracicaba, Estado de São Paulo.

4.1 Determinação da Massa Específica

Para a determinação da massa específica da madeira, utilizaram-se 16 toras por idade, que foram tomadas aleatoriamente do conjunto de toras, totalizando 48 toras. A 30 centímetros da base de cada tora, retirou-se um disco com 3 centímetros de espessura. De cada disco retiraram-se duas cunhas diametralmente opostas que

correspondiam a 2/6 do disco. Estas cunhas foram imersas em água, aplicando-se vácuo intermitente até saturação completa. O volume das amostras de madeira na condição saturada foi determinado através do método da balança hidrostática, proposto pela norma NBR 11941 (ABNT, 2003). Para a determinação da massa da madeira absolutamente seca, as amostras de madeira foram colocadas numa estufa de ventilação forçada e controle automático de temperatura, a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida, registrou-se o valor da massa anidra, com o uso de balança de precisão de 0,01g.

No ensaio da massa específica aparente, retiraram-se dos discos corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido longitudinal, que foram acondicionadas em câmara climática a temperatura de 20 °C e umidade relativa de 65%, até atingirem massa constante. A determinação da massa e volume da madeira, a 12% de umidade, foi obtida por pesagem e medições lineares, com auxílio de um paquímetro digital.

4.2 Caracterização anatômica

Utilizando-se, de forma aleatória, quatro toras de cada idade, retirou-se um disco a 30 centímetros da base. Na seção correspondente à região de transição entre o cerne e o alburno, retirou-se um bloco de formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido longitudinal. Foram retirados pequenos fragmentos ao longo do seção radial, correspondente às partes mais periféricas e superficiais dos corpos-de-prova e, em seguida, colocados num tubo de ensaio, com solução de peróxido de hidrogênio, segundo método preconizado por Dadswell (1972). A mistura foi deixada na estufa, à temperatura de 60°C, por um período médio de 72 horas, até a completa dissociação da madeira. Após a individualização das fibras, utilizou-se o corante azul de Astra, na concentração de 1%. Posteriormente, montaram-se lâminas temporárias para cada idade e mediram-se trinta fibras, individualmente, tomando-lhes o comprimento, a largura e o diâmetro do lume. A espessura da parede foi obtida através da relação entre a metade da diferença da largura e o diâmetro do lume da fibra.

Após a retirada dos fragmentos de madeira usados para a maceração, os blocos foram colocados em água quente, em ebulição, por um período de 48 horas, para amolecimento e, em seguida, levadas ao micrótomo para a retirada de finas seções nos

três planos de observação, com aproximadamente 16 µm de espessura, para a realização da medição do diâmetro e frequência de vasos e, também, da descrição anatômica de seus elementos. Para tanto, montaram-se lâminas permanentes, a partir de uma amostra da madeira da região do cerne periférico, apresentando um corte de cada seção de observação: transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial. Os cortes anatômicos foram desidratados em álcool, corados com solução de safranina, na concentração de 1% e, finalmente, as lâminas foram montadas com Entelan. A descrição anatômica qualitativa da madeira foi realizada de acordo com as recomendações da IAWA Committee (1989).

Para as medições, utilizou-se um microscópio ótico, com um sistema de aquisição de imagens, através de uma câmera acoplada, possibilitando a visualização das fibras individualizadas e os cortes anatômicos, diretamente no monitor e posterior captura da imagem, com o auxílio do *software* Axio-Vision. Para a medição do diâmetro do lume, mediram-se somente aqueles de maior diâmetro, uma vez que a espécie apresenta porosidade em anel, conforme as normas da IAWA Committee (1989); também se mediram a largura e altura dos raios.

A análise estatística dos dados obtidos na análise anatômica quantitativa foi realizada através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (correspondente às idades) e 30 repetições (cada medição foi considerada como uma repetição), com o auxílio do *software* Statistica.

4.3 Análise química

Para determinação da composição química da madeira, as amostras foram preparadas de acordo com a norma ASTM (1982). Utilizaram-se duas toras para cada idade e, de cada tora, retiraram-se três discos, cada um correspondendo a diferentes porções da tora (base, intermediária e topo). Pequenas seções de cada disco foram retiradas e moídas, formando-se uma média composta por tora. Obtiveram-se seis amostras provenientes das três idades e duas toras. O material analisado foi aquele cuja fração passou pela peneira com malha de 40 mesh e ficou retida na malha de 60 mesh. A determinação do teor de umidade da madeira foi realizada conforme a norma TAPPI 264 om-88 (TAPPI, 1998).

Os teores de extrativos da madeira foram determinados em duplicata, de acordo com a norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 1996), utilizando-se o método de determinação de extrativos totais, substituindo o etanol/benzeno, pelo etanol/tolueno.

Os teores de lignina insolúvel foram determinados em duplicata pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986). A lignina solúvel foi determinada por espectrometria, conforme Goldschimild (1971), a partir da diluição do filtrado proveniente do procedimento para obtenção da lignina insolúvel. O teor de lignina total foi obtido pela soma da lignina solúvel e insolúvel. O teor de holocelulose foi obtido por diferença da massa do lenho antes e depois dos extrativos totais e da lignina.

A relação siringila/guaiacila (S/G) da lignina foi realizada conforme Lin e Dence (1992), em duplicata, através da cromatografia líquida, após a oxidação da serragem livre de extrativos da madeira com nitrobenzeno.

4.4 Tratamento preservativo

Para o tratamento preservativo, as peças foram empilhadas no pátio para que secassem ao ar livre, até atingir uma umidade inferior a 30%. Para a amostragem do material, utilizaram-se peças bem retilíneas, de diâmetro bem uniforme, sem rachaduras e outros defeitos, usando-se quatro peças para cada uma das idades, com quatro repetições, totalizando 48 peças. Foram realizados quatro tratamentos preservativos, considerados como repetição. Em síntese, o modelo experimental constou de (quatro peças x três idades) x 4 repetições. O tratamento foi feito em autoclave, com 0,80 m x 3,00 m, através do método de célula cheia, com sistema duplo-vácuo, com o produto preservante CCA, tipo C, de ação fungicida e inseticida. O produto foi fornecido pela MONTANA Química S/A, com o registro comercial de Osmose K 33 C, segundo normas da P-5 da AWPA e uso regulamentado no Brasil através das normas da ABNT. É um produto hidrossolúvel, de coloração castanho-alaranjado, numa concentração de 2% de ingredientes ativos. A Tabela 2 apresenta a composição do CCA com suas respectivas porcentagens.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes ativos presente no produto CCA.

CCA	CROMO HEXAVALENTE	COBRE	ARSÊNIO
Tipo C	Calculado como CrO ₃ 47,5%	Calculado como CuO 18,5%	Calculado como As ₂ O ₅ 34,0%

Utilizaram-se quatro bateladas (tratamentos), com doze toras por tratamento, com vácuo inicial e final de 30 e 15 minutos, respectivamente e 90 minutos de pressão. A representação esquemática do processo de tratamento utilizado está na Figura 3.

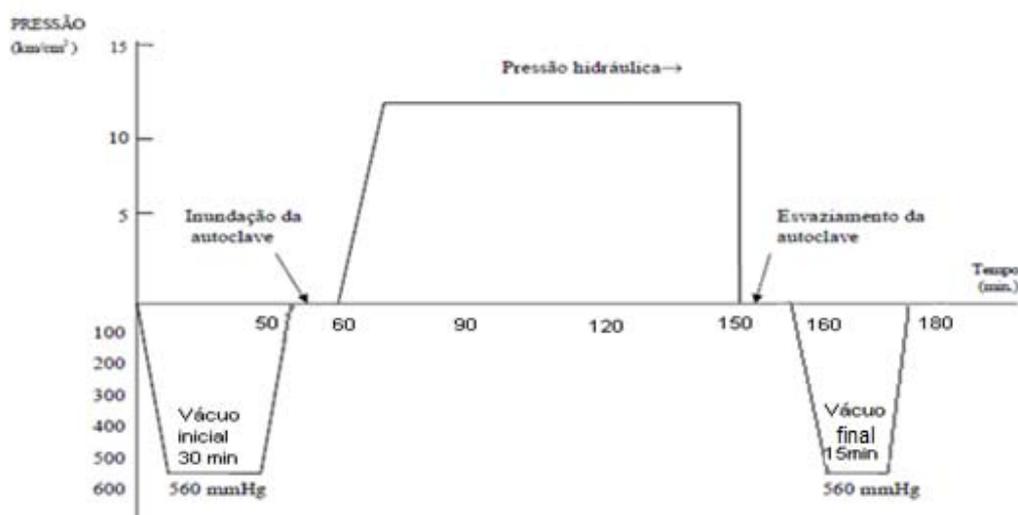


Figura 3. Representação gráfica do processo de tratamento sob pressão célula cheia (CAMPOS-SALES *et. al.*, 2003).

4.4.1 Análise de retenção

Para a análise de retenção, retiraram-se cinco baguetas, ao longo de toda a seção circular da madeira tratada, a 50 cm da base das toras, utilizando uma broca extratora especial, com aproximadamente 53 mm de comprimento e diâmetro interno de 13 mm. Ao retirar as baguetas, separou-se cuidadosamente o albúrnio, descartando o material restante, correspondente ao cerne. Com o auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, procedeu-se à medição do material correspondente à parte tratável (albúrnio) para posterior cálculo da densidade aparente da bagueta, através do mercúrio, conforme a fórmula a seguir:

$$DB = \frac{m_{seca}}{V}$$

onde:

DB = Densidade aparente da bagueta, em g/cm³;

m seca = Massa seca da bagueta, em g; e

V = Volume da bagueta, em cm³.

Para o cálculo do volume da bagueta adotou-se a seguinte fórmula:

$$V = \frac{AB * (LB)^2 * \pi}{4}$$

onde:

V = Volume da bagueta, em cm³;

AB = Altura da bagueta, em cm; e

LB = Largura da bagueta, em cm.

Após a determinação da densidade aparente do alburno, colocou-se o material em estufa a uma temperatura de 103± 2°C, até atingirem peso constante. Posteriormente, as amostras foram climatizadas em dessecador e levadas para o moinho tipo Willey Te-680 para moagem até atingir granulometria de 30 mesh. Esse material foi coletado em saco plástico, devidamente identificado. Após a moagem, o material foi colocado em cubetas de plástico com 2,5 cm de diâmetro e fundo de Myler e cobertas com plástico parafilme, para realização do teste de retenção do preservativo, que foram realizados nos laboratórios da MONTANA Química, em São Paulo. Para leitura e análise, utilizou-se o espectômetro de Raio-X Shimadzu-EDX-720. A análise de retenção foi expressa em kg/m³, relacionada aos componentes ativos do produto preservativo por unidade de volume de madeira preservada.

Para o cálculo da retenção, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$R = LE * D * 10$$

onde:

R = Retenção, em kg/m³;

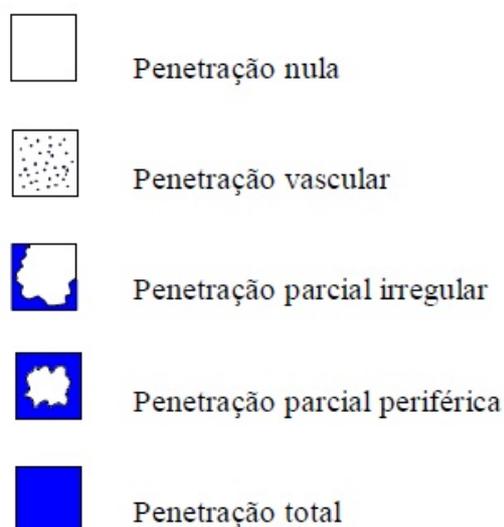
LE = Resultado da leitura do equipamento;

D = Densidade da bagueta, em g/cm³.

4.4.2 Análise de penetração

Para a análise de penetração dos produtos preservativos na madeira, utilizou-se a solução cromoazurool-S, que foi aplicada em toda região transversal do torete, retirado a 60 cm da base de cada peça tratada. Ao detectar a presença de cobre, há uma reação do cromo da solução com o cobre do CCA, fazendo com que a madeira adquira uma coloração azul escuro. A ausência de cobre na madeira, por sua vez, resulta numa coloração rosa.

Para a análise de penetração do produto foram avaliados cinco tipos de penetração:



Para a análise estatística, utilizou-se a análise de variância, em nível de 5% de significância, considerando os efeitos das diferentes idades; quando a análise se mostrou significativa, aplicou-se o teste de Tukey. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software Statistica versão 7.0.

4.5 Determinação do perfil radial do lenho por densitometria de raios-x

Para o teste de densitometria de raios-x foram utilizadas nove peças, sendo selecionadas 3 toras de cada idade, aleatoriamente. Cada tora foi seccionada em duas partes, sendo uma delas submetida ao tratamento preservativo, utilizando a autoclave, em sistema de vácuo-pressão, com solução de sais CCA (cobre, cromo e arsênio). Tomou-se o cuidado de justapor as partes seccionadas na posição exata da condição

anterior ao corte, a fim de comparar a seção tratada e não tratada. De cada uma das seções (tratada e não-tratada) das nove peças avaliadas, retirou-se um disco de madeira, com três centímetros de espessura, para análise do perfil densitométrico por raios-x.

4.5.1 Análise e obtenção do perfil radial das amostras

As amostras do lenho foram enviadas para o Laboratório de Densitometria de Raios X em Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em Piracicaba, São Paulo, onde foram coladas em suporte de madeira, tendo suas seções transversais cortadas em equipamento de dupla-serra circular paralela, com 2 mm de espessura. Em seguida, foram acondicionadas em sala de climatização, à temperatura de 20 °C, umidade relativa de 60%, por um período de 24 horas (AMARAL; TOMAZELLO FILHO, 1998); posteriormente, as amostras foram analisadas pelo equipamento QTRS-01X, através de fonte colimada de feixes de raios-X, sendo os perfis radiais de densidade obtidos pelo software QMS.

A análise estatística dos dados obtidos na densitometria de raios-X das amostras de *Tectona grandis* foi realizada através do teste T para amostras dependentes, a 95% de probabilidade, com o auxílio do software Statistica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização anatômica

5.1.1 Descrição anatômica qualitativa

A Figura 4 apresenta as seções transversal, tangencial e radial da madeira de *Tectona grandis* nas idades de 4, 6 e 12 anos.

Entre todas as idades, verificou-se uma similaridade da estrutura anatômica do material analisado. A madeira de teca apresentou anéis de crescimento distintos em nível microscópico. Os vasos apresentaram porosidade em anéis semi-porosos, arranjo em diagonal, predominantemente solitários, com a presença de vasos geminados e rara ocorrência de vasos múltiplos de três. Os vasos solitários apresentaram-se em formato circular, com tendência a ovalados e não se detectou a presença de tilos. O parênquima axial é paratraqueal escasso; o parênquima radial, por sua vez, é multisseriado, apresentando de duas a cinco células de largura, sendo formado exclusivamente de células procumbentes. As fibras são libriformes e curtas; a parede das fibras é delgada a espessa, possuindo pontuações apenas nas paredes radiais.

Tal descrição assemelha-se à realizada por Richter e Dallwitz (2009), que identificou na madeira de *Tectona grandis* poros solitários e múltiplos, parênquima axial paratraqueal escasso e vasicêntrico e em bandas terminais, além de raios homogêneos, compostos por células procumbentes e raios multisseriados.

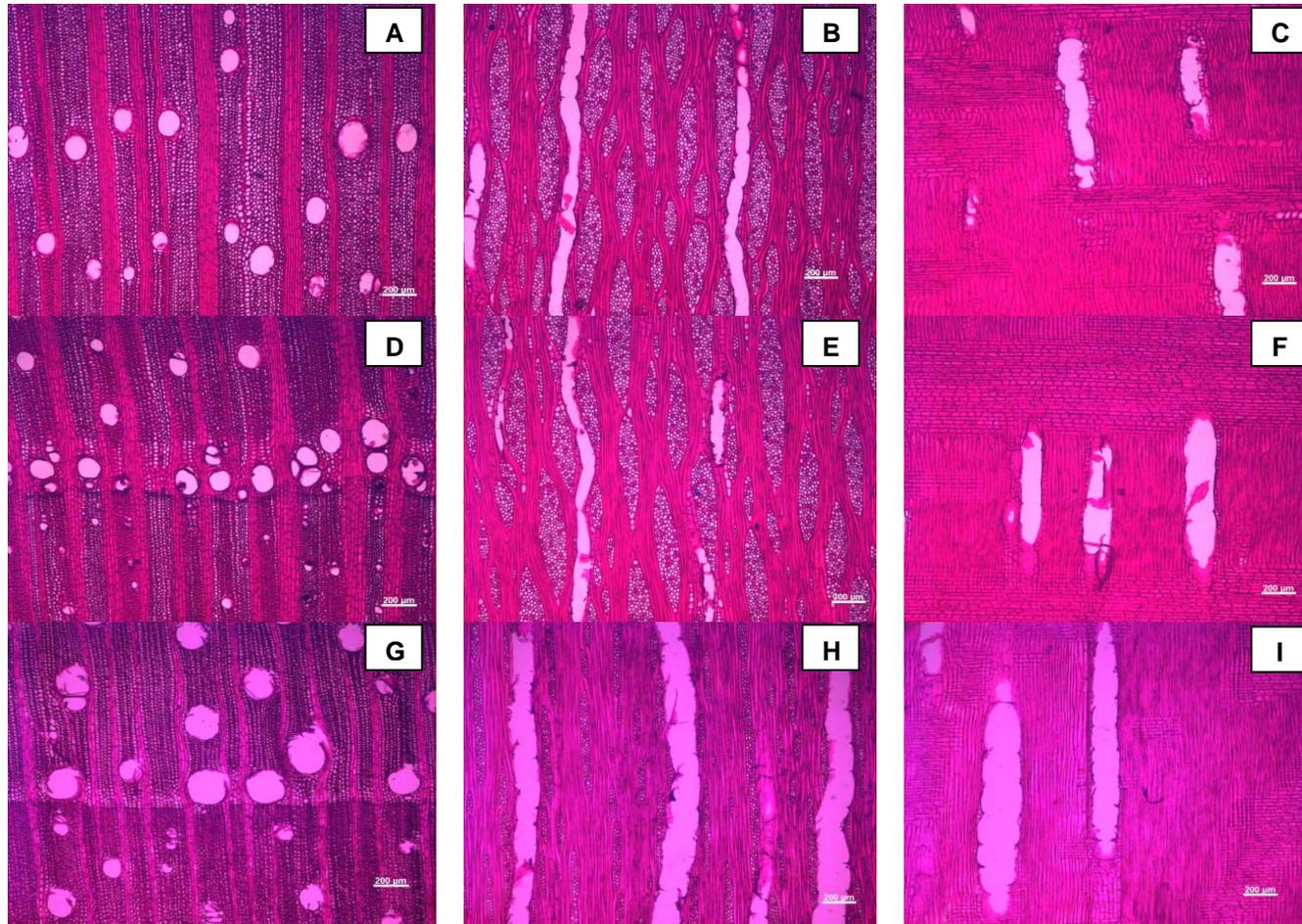


Figura 4. Seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de *T. grandis* aos 4 anos; Seção transversal (D), tangencial (E) e radial (F) da madeira de *T. grandis* aos 6 anos; Seção transversal (G), tangencial (H) e radial (I) da madeira de *T. grandis* aos 12 anos. A barra branca corresponde a 200 μm .

5.1.2 Descrição anatômica quantitativa

Na descrição anatômica quantitativa, procedeu-se à mensuração dos elementos anatômicos por se tratar de um estudo indispensável para o entendimento da composição e organização dos tipos celulares.

A Tabela 3 apresenta os valores médios das dimensões das fibras, considerando-se as diferentes idades estudadas.

Tabela 3. Valores médios do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras da madeira de *Tectona grandis*.

Idade (anos)	Comprimento (mm)	Largura (μm)	Diâmetro do lume (μm)	Espessura da parede (μm)
4	0,94 b (0,11)	24,35 a (2,74)	15,71 a (2,66)	4,32 b (0,62)
6	1,12 a (0,12)	20,87 b (2,15)	11,28 c (2,23)	4,79 a (0,63)
12	0,93 b (0,13)	22,99 a (3,41)	13,96 b (3,40)	4,51 ab (0,61)

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna (idade), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, em nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

No presente estudo, observou-se uma variação significativa entre as madeiras de diferentes idades para todos os parâmetros relacionados às dimensões das fibras.

O comprimento médio das fibras, provenientes da madeira com seis anos de idade (1,12 mm), foi estatisticamente superior ao da madeira com quatro (0,94 mm) e doze (0,93 mm) anos, embora estas idades não apresentassem diferenças significativas entre si. Tais valores enquadram-se dentro da faixa estabelecida por Richter e Dallwitz (2009), que corresponde a 0,7-1,4 mm, mas inferiores aos encontrados por Lobão *et al.* (2011), onde o comprimento das fibras para madeira de *Tectona grandis* foi de aproximadamente 1,5 mm.

Em relação à largura, as idades de quatro e doze anos apresentaram os maiores valores médios (24,35 e 22,99 μm , respectivamente), não diferindo entre si. A madeira com seis anos apresentou largura estatisticamente menor que as demais. Analisando a variação radial da anatomia de *Tectona grandis*, Moya *et al.* (2009) encontraram valores entre 21 e 29 μm para a largura das fibras, condizentes com os valores encontrados no presente trabalho.

O diâmetro do lume foi estatisticamente diferente para todas as idades: a madeira proveniente da árvore com idade de quatro anos apresentou os maiores diâmetros médios do lume da fibra (15,71 μm), seguido da madeira com doze (13,96 μm) e seis anos de idade (11,28 μm). A espessura da parede das fibras foi superior para as madeiras pertencentes às árvores com seis e doze anos de idade (4,79 e 4,51 μm), sendo estatisticamente inferior para a árvore com quatro anos (4,32 μm). Estes valores também apresentaram-se em conformidade com os normalmente encontrados na literatura. Moya *et al.* (2009) encontraram uma variação de 11 a 20 μm , para o diâmetro do lume, e 3,2 a 5,7 μm , para a espessura da parede. Lobão *et al.* (2011), por sua vez, encontraram valores de diâmetro do lume e espessura de parede de 12,56 e 3,58 μm , respectivamente, para tal espécie.

Os valores médios para os parâmetros relacionados às dimensões das fibras, obtidos no presente estudo, estão próximos aos encontrados por Cardoso *et al.* (2009), quando realizaram estudos semelhantes com a mesma espécie: 1,12 mm de comprimento, 28,01 μm de largura e 6,10 μm a espessura média da parede das fibras.

Moya *et al.* (2009), por outro lado, verificaram um aumento no comprimento e diâmetro da fibra, bem como da espessura da parede, em relação à idade. Pereira *et al.* (2010), por sua vez, realizaram um estudo anatômico em amostras retiradas de três posições ao longo da altura total de *Tectona grandis* e constataram uma tendência geral de decréscimo do comprimento, largura e espessura da parede das fibras, no sentido base-topo.

No presente trabalho, as dimensões das fibras apresentaram variações, embora não demonstrassem um incremento em função da idade. Como as peças analisadas foram selecionadas em função do diâmetro, retiradas de diferentes alturas e diferentes idades, provavelmente as variações encontradas nas dimensões das fibras se devem à presença de material juvenil, em proporções diferenciadas. Segundo Maeglin (1987), Zobel e Buijtenen (1989), Carvalho (1997), citados por Castro (2002), os valores reduzidos de dimensões de fibras podem indicar a presença de madeira juvenil, podendo trazer consequências diretas nas suas propriedades e na qualidade final da madeira.

A Tabela 4 apresenta valores médios relativos às dimensões dos vasos e raios.

Tabela 4. Valores médios do diâmetro do lume, frequência de vasos e largura e altura dos raios para as três idades analisadas.

Idade (anos)	Vasos		Raios	
	Diâmetro do lume (μm)	Frequência (poros* mm^{-2})	Largura (μm)	Altura (mm)
4	104,87c (21,19)	5,0a (0,72)	96,53 ^a (31,69)	507,33a (268,09)
6	121,08b (24,12)	7,0a (2,0)	98,86 ^a (23,38)	486,79a (222,77)
12	168,08 ^a (29,08)	5,0a (1,5)	90,13 ^a (18,77)	512,28a (232,84)

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna (idade), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, em 95% de probabilidade. Valores entre parêntesis correspondem ao desvio padrão.

Dentre os parâmetros avaliados para raio e vaso, em função das diferentes idades, observaram-se diferenças estatísticas apenas para o diâmetro do lume dos vasos. O diâmetro médio do lume dos vasos aumentou com a idade da árvore: 104,87; 121,08 e 168,08 μm , para as idades de 4, 6 e 12 anos, respectivamente. A frequência de poros por mm^2 , largura e altura dos raios não apresentaram diferenças estatísticas nas diferentes idades analisadas.

Richter e Dallwitz (2009) estabeleceram para *Tectona grandis* uma variação de 4 a 9 poros por mm^2 e dimensões de 140 a 270 μm para diâmetro do lume da mesma espécie. Verifica-se que os valores obtidos no presente trabalho enquadram-se em tal faixa de variação.

5.2 Massa específica

Os valores médios da massa específica da madeira de *Tectona grandis*, considerando-se as diferentes idades estudadas, podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios da massa específica da madeira de *Tectona grandis* para as três idades analisadas.

Idade (anos)	Massa específica básica (g/cm ³)	Massa específica aparente (g/cm ³)
4	0,512 a (0,64)	0,527 a (0,21)
6	0,506 a (0,77)	0,514 a (0,11)
12	0,518 a (0,35)	0,522 a (0,34)

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna (idade), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parêntesis correspondem ao desvio padrão.

O maior valor médio para a massa específica básica foi verificada na madeira correspondente à idade de doze anos (0,518 g/cm³) e, para a massa específica aparente, o valor de 0,527 g/cm³, correspondente à idade de quatro anos. Entretanto, não se observaram diferenças estatísticas entre as três idades avaliadas, tanto para massa específica básica quanto para a massa específica aparente. Embora as peças fossem retiradas de diferentes alturas e idades, mas de diâmetros semelhantes, a presença de material juvenil, em diferentes proporções, não acarretou diferenças estatísticas nos materiais analisados.

O valor médio da massa específica básica foi ligeiramente superior na idade de doze anos, possivelmente em função dos maiores valores de espessura de parede das fibras e teor de extrativos. Os valores encontrados estão próximos aos obtidos por Pereira *et al.* (2010), ao avaliar a massa específica básica da madeira de teca de diferentes alturas e idades, variando entre 5 e 11 anos, cuja média obtida foi de 0,52 g/cm³. Lobão *et al.* (2011) também encontraram massa específica básica semelhante para tal espécie, com valor de 0,49 g/cm³. Valores superiores de massa específica básica de *Tectona grandis*, na faixa de 0,59 a 0,66 g/cm³, foram apresentados por Melo (2006). Segundo Richter e Dallwitz (2009), a massa específica para esta espécie pode apresentar uma amplitude de variação muito grande, podendo variar de 0,44 a 0,82 g/cm³, em função da idade, do material genético, posição no tronco e várias outras influências.

5.2.1 Densitometria de raios-X

As imagens representativas das amostras de madeira de teca, bem como seus perfis densitométricos, podem ser vistas nas Figuras 5, 6 e 7. Em todas as amostras analisadas, evidenciou-se uma tendência de aumento da densidade aparente ao longo do perfil radial, no sentido medula-casca. Observando-se os valores de massa específica aparente das nove amostras de madeira de teca (Tabela 6), confirma-se a grande amplitude dos dados, podendo ser explicada pela precisão do método, capaz de detectar variações a intervalos de 40 micrômetros. Diante de tal precisão, a detecção da presença ou ausência de certos elementos anatômicos originam os picos de densidade aparente ao longo do perfil. Sendo assim, um vaso detectado, por exemplo, irá provocar queda no valor da densidade, já uma fibra com parede espessa provocará, por sua vez, um aumento deste valor.

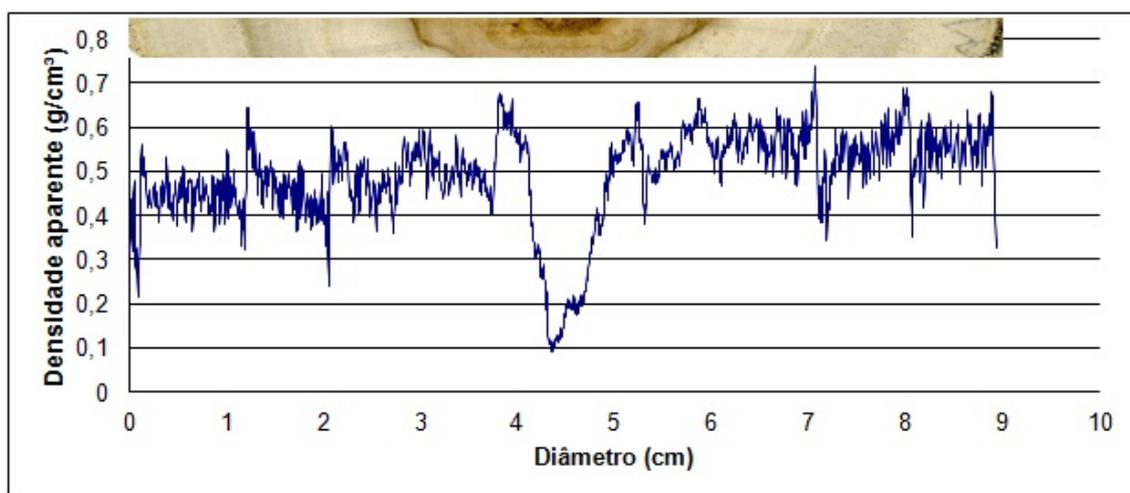


Figura 5. Perfil densitométrico da seção radial da madeira de *Tectona grandis*, com quatro anos de idade.

O valor médio da massa específica aparente entre as amostras com quatro anos de idade foi de $0,517 \text{ g/cm}^3$, com valores de máximo e mínimo de $0,854$ e $0,062 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Mesmo diante da oscilação da massa específica aparente ao longo do perfil das três amostras, observou-se que os menores valores encontraram-se, em sua maioria, na região mais próxima da medula, o que caracteriza a presença de madeira juvenil. Este comportamento certamente é influenciado pelas diferenças entre os elementos anatômicos, que caracterizam as porções de madeira juvenil (fibras de parede mais delgada, vasos de maior diâmetro e maior frequência, maior porcentagem de

parênquima). A presença da medula é facilmente verificada no perfil densitométrico das amostras de 4 anos, sendo que, com o aumento da idade e um posterior aumento da porção de madeira adulta, nas idades de 6 e 12 anos, a presença da medula no perfil densitométrico é mais discreta e menos evidente, mas não deixando de ser perceptível.

Observou-se também uma diminuição da massa específica na região mais próxima da casca, no alburno. Tal modelo de variação também foi verificado por Tomazello Filho *et al.* (2008) em árvores de *Eucalyptus* sp. O aumento da massa específica no cerne é explicado pela presença de extrativos e tilos nos vasos, conferindo maior atenuação aos raios-X em relação ao alburno, que apresenta vasos abertos, funcionais e sem extrativos.

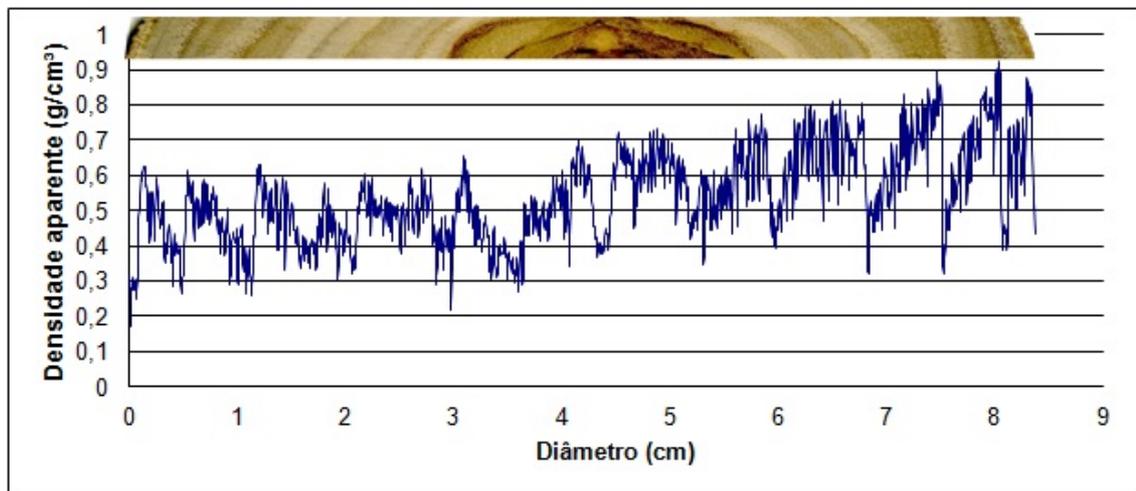


Figura 6. Perfil densitométrico da seção radial da madeira de *Tectona grandis*, com seis anos de idade.

Para as amostras da madeira de teca com seis anos de idade, representadas na Figura 6, o valor médio da massa específica aparente foi de 0,518 g/cm³, com valores médios de máximo e mínimo de 0,817 e 0,180 g/cm³, respectivamente. Já entre as amostras com doze anos (Figura 7), a densidade aparente média foi de 0,508 g/cm³, apresentando máximo de 0,795 g/cm³ e mínimo de 0,136 g/cm³. Embora a tendência fosse de aumento do valor médio da massa específica para as árvores de teca com maior idade, pela maior porcentagem de madeira adulta e pela deposição de extrativos nos tecidos do cerne, de sustentação do tronco, este fato não foi observado, uma vez que as amostras são provenientes de madeiras de idades diferentes, porém na mesma classe de diâmetro, coletadas a diferentes alturas da árvore. Essa diferença de altura, relacionada ao crescimento apical da árvore, faz com que tais amostras, apesar de serem

cronologicamente mais velhas, apresentem células com características de madeiras mais novas, embora as árvores fossem provenientes de diferentes talhões. Segundo Tomazello Filho *et al.* (2001), as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais que afetam seus inúmeros processos fisiológicos, tais como respiração, fluxo de seiva, transpiração, taxa de divisões celulares entre outros fatores, refletindo na atividade cambial, na anatomia do lenho e, conseqüentemente,, na massa específica.

A madeira de *Tectona grandis*, com seis anos de idade, não apresentou diferenças significativas em relação à madeira de quatro anos, a despeito de ter apresentado maiores valores médios para comprimento da fibra (0,94mm) e espessura da parede (4,79 μm). A incidência do feixe colimado de raios-X nas regiões do lenho inicial resultou em valores mais baixos de massa específica; nas regiões de lenho tardio, no entanto, os valores foram mais altos, evidenciando aumento dos valores de massa específica ao longo do perfil, na região correspondente ao cerne.

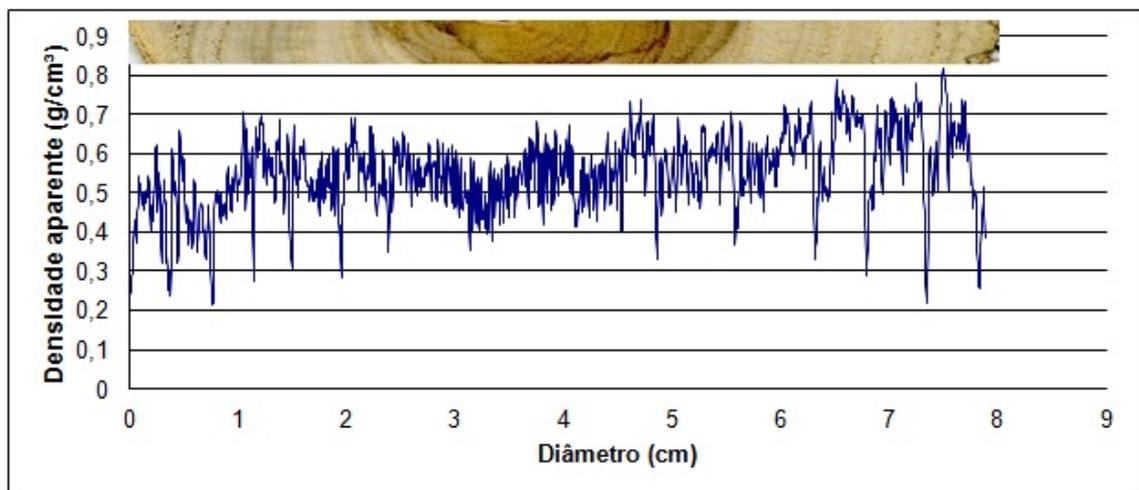


Figura 7. Perfil densitométrico da seção radial da madeira de *Tectona grandis*, com doze anos de idade.

A madeira de doze anos apresentou o menor valor médio de massa específica aparente dentre as idades dos materiais estudados (0,509 g/cm^3), em função da menor espessura de parede das fibras, e provavelmente, maior quantidade de madeira juvenil.

Através da análise de variância observou-se a inexistência de diferenças estatísticas significativas entre as médias das massas específicas aparentes das amostras de madeira, nas diferentes idades.

Tabela 6. Valores médios de massa específica aparente (g/cm^3) por amostra de cada idade de *Tectona grandis*, por densitometria de raios-X.

Idade (anos)	Amostra	Densidade aparente			DP (g/cm^3)	CV (%)
		Média (g/cm^3)	Máximo (g/cm^3)	Mínimo (g/cm^3)		
4	A	0,512	0,854	0,062	0,152	29,67
	B	0,546	0,805	0,252	0,091	16,66
	C	0,492	0,739	0,091	0,106	21,60
6	A	0,538	0,808	0,163	0,108	19,98
	B	0,540	0,923	0,170	0,130	24,04
	C	0,476	0,720	0,207	0,075	15,82
12	A	0,435	0,711	0,059	0,130	29,92
	B	0,538	0,855	0,136	0,126	23,40
	C	0,553	0,818	0,213	0,097	17,61

Os valores de massa específica aparente média do lenho de *Tectona grandis* encontrados no presente estudo estão próximos dos observados por Lima *et al.* (2009) e Pimentel *et al.* (2008). Castro (2011), analisando o lenho de dezoito árvores de *Tectona grandis*, com 52 anos de idade, utilizou também a técnica de densitometria de raios-X para determinação da densidade aparente, encontrando os valores de $0,64 \text{ g/cm}^3$ para densidade aparente média; $0,29 \text{ g/cm}^3$ para o mínimo e $1,04 \text{ g/cm}^3$ para o máximo, sendo o valor médio observado superior aos obtidos neste trabalho, uma vez que foram utilizadas árvores mais velhas e, portanto, com uma porção de madeira adulta, conferindo-lhes maiores valores de massa específica aparente.

5.3 Composição química

Os valores médios de holoceluloses, extrativos, lignina solúvel, lignina insolúvel e relação siringila/guaiacila estão representados na Tabela 7.

Tabela 7: Valores médios de lignina insolúvel, lignina solúvel, lignina total, extrativos, holoceluloses e relação S/G de *Tectona grandis*, em três idades.

Idade	Lignina Insolúvel* (%)	Lignina Solúvel*(%)	Lignina Total*(%)	Extrativos (%)	Holoceluloses (%)	Relação S/G**
4	30,28	1,37	31,65	4,39	63,96	0,86
6	30,17	1,31	31,99	3,59	64,42	0,85
12	30,43	1,05	31,23	4,76	64,01	0,72

* Madeira livre de extrativos. **Relação S/G = Relação siringila/guaiacila.

Para todos os componentes químicos analisados, entre as três idades avaliadas, não se observaram diferenças estatísticas.

Os teores de lignina total ficaram na faixa de, aproximadamente, 31%, considerados altos, em relação à maioria das madeiras tropicais, mas dentro da faixa dos trabalhos realizados com a mesma espécie. Lobão *et al.* (2011) encontraram um teor de lignina de 31,59%. Abarca *et al.* (2010) relataram teores de lignina de 29,98% no alburno, 29,73% no cerne, e 29,95%, no cerne e alburno, conjuntamente. Castro (1998), comparando as propriedades da *Tectona grandis* em três diferentes alturas do fuste, encontrou valores de lignina variando entre 31 e 32,1%. Miranda *et al.* (2011), trabalhando com *Tectona grandis*, encontraram semelhanças na composição química do cerne e alburno, mas verificaram diferenças no teor de extrativos na região da medula (8,3%), transição cerne-alburno (12,7%) e no alburno (9,2%).

Os valores médios de extrativos encontrados foram de 4,39, 3,59 e 4,76%, para as idades de 4, 6 e 12 anos, respectivamente. Verificou-se que as porcentagens médias das três idades estão próximas das observadas por Marinonio (2011), ao avaliar o efeito do espaçamento no teor de extrativos da madeira de *Tectona grandis*. Para o espaçamento de 5x2 metros e idade de 12 anos, o autor encontrou teores de extrativos totais de 4,55%, sendo 3,35% correspondentes ao cerne e 1,2%, ao alburno, confirmando-se a tendência de um maior teor de extrativos no cerne em relação ao alburno. Abarca *et al.* (2010), determinando a composição química de *Tectona grandis*, com 6 anos de idade, constatou um teor de extrativos de 4,13%, evidenciando uma maior porcentagem de extrativos na região do cerne.

Diversos estudos encontrados na literatura destacam teores de extrativos superiores aos encontrados neste trabalho, como o de Lobão *et al.* (2011), indicando um teor de extrativos totais de 9,74%; Guerra (2010) verificou que o teor de extrativos variou de 5,31 a 9,49%, proveniente do alburno e cerne, respectivamente. Haupt *et al.* (2003), citados por Marinonio (2011), realizaram estudos que mostraram o aumento proporcional do teor de extrativos da madeira de teca com a idade da árvore e que a presença de substâncias do tipo tectoquinona estava relacionada à maior durabilidade natural. Entretanto, os teores de extrativos mais baixos encontrados neste trabalho, mesmo nas idades mais elevadas, podem ser justificados pelo fato de o material analisado ser proveniente de seções mais jovens da árvore, pertencendo a classes de

diâmetros menores. Por isto, o material analisado apresentava uma maior quantidade de madeira juvenil e alburno, resultando em menores teores de extrativos totais.

Os teores de holoceluloses para todas as idades estudadas, que também não diferiram estatisticamente, aproximam-se do encontrado por Lobão *et al.*, 2011, cuja porcentagem de holoceluloses obtida foi de 58,68%, para a referida espécie.

A relação entre as estruturas siringil e guaiacil (S/G) demonstrou que a frequência das estruturas guaiacil é maior que a das estruturas siringil, tanto para as idades de 4, 6 ou 12 anos, variando de 0,71 a 0,86. Tais valores encontram-se bem abaixo dos comumente encontrados para espécies do gênero *Eucalyptus*, que se encaixam, geralmente, na faixa de 2,5 a 3,5. Madeiras com maior relação S/G apresentam maior facilidade de deslignificação, uma vez que a estrutura siringil é mais reativa, gerando um menor consumo de álcali e um maior rendimento de polpa.

Pela Tabela 6, nota-se que a idade de 12 anos apresentou menor relação S/G. Castro (2011) e Soares (2011) avaliaram a relação S/G em clones de *Eucalyptus* spp., em diferentes idades, e também observaram diminuição desta relação com o aumento da idade.

5.4 Tratamento preservativo

5.4.1 Análise da Penetração do Preservativo CCA

Para a análise de penetração dos produtos na madeira, utilizou-se a solução cromoazurol-S em toda região transversal da peça tratada, pois ela reage com o cobre do produto preservante CCA, apresentando uma coloração azulada, o que indica sua presença na madeira. A Figura 8 mostra os detalhes da madeira tratada no Laboratório de Propriedades da Madeira da Universidade Federal de Viçosa e os contornos dos tecidos vistos na seção transversal da madeira.



Figura 8. Seção transversal da madeira de *Tectona grandis* de diferentes idades, com diâmetros entre 9 e 13 cm.

A seção da madeira tratada e submetida à aplicação da solução é indicada na Figura 9. Em todos os tratamentos, verificou-se a irregularidade na delimitação dos tecidos cerne e alburno, bem como a seção permeável que recebeu a solução preservativa. A coloração azul indica as partes da madeira que receberam os produtos preservantes, correspondentes à parte permeável da madeira.

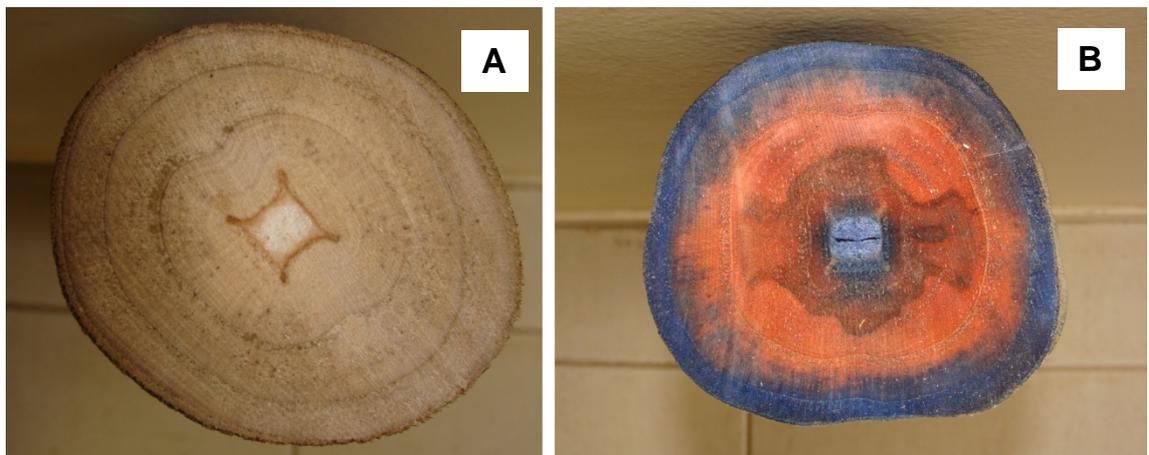


Figura 9. Detalhe da madeira de teca tratada antes (A) e após (B) o teste de cromoazurol.

Na seção correspondente ao cerne da madeira, não ocorreu a formação da coloração azul, indicando que o produto não penetrou nesta parte da madeira, como consequência da impermeabilidade desta região. A maior impermeabilidade do cerne se explica pelas alterações anatômicas, físicas ou químicas que ocorrem durante as transformações do alburno em cerne (HUNT e GARRATT, 1953, citados por EVANGELISTA, 2011).

É possível perceber que elementos não identificados da madeira da teca tenham inibido o teste do cromoazurol. Duas indagações foram interpostas: elementos da

madeira estariam impedindo as reações com o CCA ou certos elementos químicos estariam “mascarando” os resultados? Ao se detectar tal situação, colocaram-se madeiras de teca e eucalipto, simultaneamente, submetidas ao mesmo tratamento, sob as mesmas condições. Na Figura 10 é mostrada a diferença dos resultados.

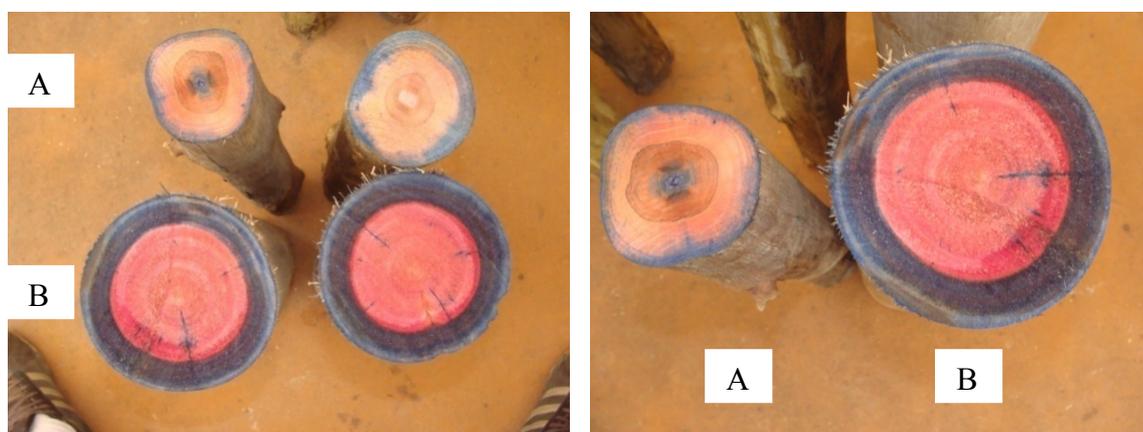


Figura 10. Madeiras de teca e eucalipto submetidas ao teste de cromoazurol após o tratamento preservativo simultâneo das duas espécies. A: Teca, B: Eucalipto.

A norma NBR 9480 (ABNT, 2009) prevê que a penetração de CCA deva abranger 100% do alburno, fato não verificado nas peças de teca, submetidas ao tratamento. Pela Figura 10 observou-se que a penetração do produto, nas peças de madeira de eucalipto, procedeu-se regularmente em toda região do alburno. Para a teca, cuja seção transversal apresentou uma madeira com anéis de crescimento não concêntricos e de forma não orientada, constatou-se uma penetração desuniforme da solução preservante nas camadas permeáveis, provavelmente devido à presença de extrativos, como a tectoquinona.

A distribuição do preservante na peça foi classificada como parcial irregular, de acordo com os padrões mais comuns de penetração (IBDF/LPF 1988; VIANEZ & SALES NETA 1989; INPA/CPPF, 1991).

5.4.2 Teste de Retenção

Os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação da retenção do produto CCA, da madeira de *Tectona grandis*, das três idades, estão sumarizados na Tabela 8. Através da análise de variância, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores de retenção obtidos, a 95% de probabilidade.

Tabela 8: Valores médios de retenção do produto CCA, na madeira de *Tectona grandis*, das três idades.

Idade (anos)	Retenção (kg/m³ de madeira tratada)	Desvio Padrão (kg/m³)	Coefficiente de variação (%)
4	5,2	1,4	26,37
6	4,6	0,8	5,7
12	6,5	17,06	19,38

De acordo com a classificação de retenção de CCA do IBDF/Dpq/LPF (1988) e a penetração parcial irregular constatada, as peças de madeira de *Tectona grandis* das três idades podem ser classificada como de tratabilidade difícil.

A norma NBR 9480 (ABNT, 2009) estabelece para moirões uma retenção mínima de 4,0 kg de CCA por metro cúbico de madeira tratável, para peças suspensas, e 6,5 kg/m³ de madeira tratada, para peças em contato com o solo. Corroborando a observação feita quanto aos testes de penetração, verificou-se que o produto não penetrou uniformemente na parte permeável da madeira. Os dados médios de retenção apresentados na Tabela 8 atenderam, em parte, à norma NBR 9480 (ABNT, 2009), evidenciando que a madeira apresenta restrições quanto à retenção do produto.

Para a madeira de quatro anos, verificou-se que os menores e maiores valores médios de retenção foram de 3,9 e 6,5 kg/m³ de madeira tratada e apenas 25% das amostras apresentaram uma retenção mínima igual a 6,5 kg/m³; para a madeira de seis anos, os menores e maiores valores médios de retenção foram de 3,9 e 5,7 kg/m³ de madeira tratada e nenhuma das amostras apresentou uma retenção mínima igual a 6,5 kg/m³; finalmente, para a madeira de doze anos, os menores e maiores valores médios de retenção foram de 4,7 e 6,8 kg/m³ de madeira tratada e 50% das amostras apresentaram uma retenção mínima igual ou superior a 6,5 kg/m³ estabelecida pela norma para uso como mourões, ou seja, em contato com o solo.

Dessa forma, aliando-se os resultados da retenção às classes de risco estabelecidas pela norma NBR 7190 (Anexo A), verifica-se que, para as três idades, os valores médios encontram-se superiores a 4,0 kg/m³, sendo viável sua utilização, em ambientes internos e externos, como corrimões, vigas, cruzetas para postes e móveis. Somente nos valores médios superiores a 6,5 kg/m³ de madeira tratada, a madeira poderá ser utilizada em contato com o solo.

Vale ressaltar que a norma NBR 9480 (ABNT, 2009) refere-se às madeiras de reflorestamento e tem sido utilizada, sem restrições, para a madeira de eucalipto. Os valores estabelecidos pelas normas brasileiras baseiam-se em recomendações de instituições americanas que, por sua vez, elaboraram suas normas com base em resultados de madeiras de clima temperado, mais intensamente utilizadas nos países do Hemisfério Norte. A generalização ou extrapolação de quaisquer dados das madeiras de clima temperado para as condições tropicais poderia acarretar erros de natureza diversa e tal situação poderia gerar questionamentos sobre a possibilidade de se estar utilizando valores superestimados ou defasados para as madeiras preservadas e utilizadas no Brasil. Face à grande variabilidade das características físicas, anatômicas e químicas das madeiras, torna-se importante uma regulamentação para espécies diferentes. A título de exemplo, a referida norma cita a necessidade de maiores densidades e algumas propriedades mecânicas à medida em que se aumenta o teor de umidade da madeira; para o uso de mourões tratados, não se observa qualquer correlação entre tais propriedades.

5.4.3 Densitometria de raios-X após o tratamento preservativo

Para as amostras submetidas ao tratamento preservativo, observou-se uma grande diferença nos valores da massa específica aparente quando comparados às respectivas amostras não tratadas. Em todas as amostras tratadas, semelhante ao ocorrido com as amostras não tratadas, evidenciou-se uma uniformidade no modelo de variação da massa específica aparente ao longo do perfil radial, com uma tendência visível de aumento no sentido medula-casca. Na posição referente ao alburno, mais próxima da casca, a retenção apresentou valores máximos, evidenciando a presença de material muito jovem e permeável, facilitando a penetração e retenção de sais hidrossolúveis. Imagens representativas das amostras de madeira de teca, bem como seus perfis densitométricos podem ser vistos nas Figuras 11, 12 e 13.

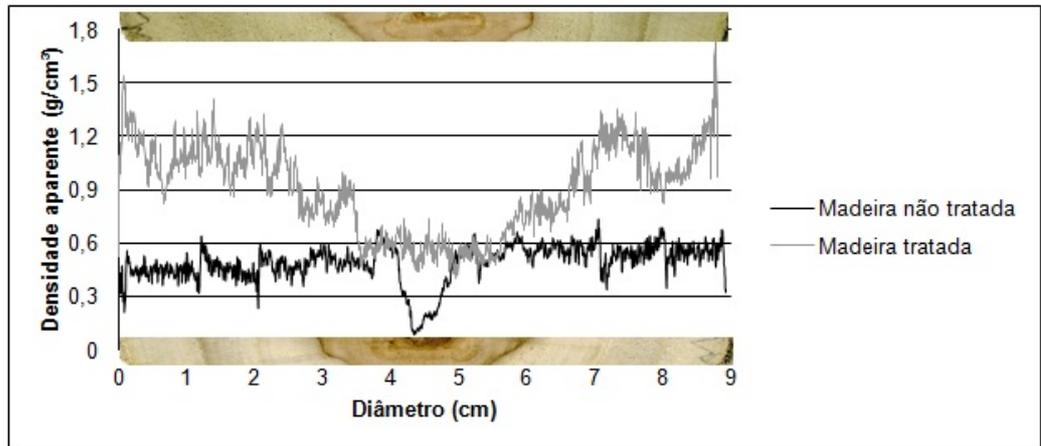


Figura 11: Perfil densitométrico da seção radial da madeira de *T. grandis*, tratada e não tratada, com quatro anos de idade.

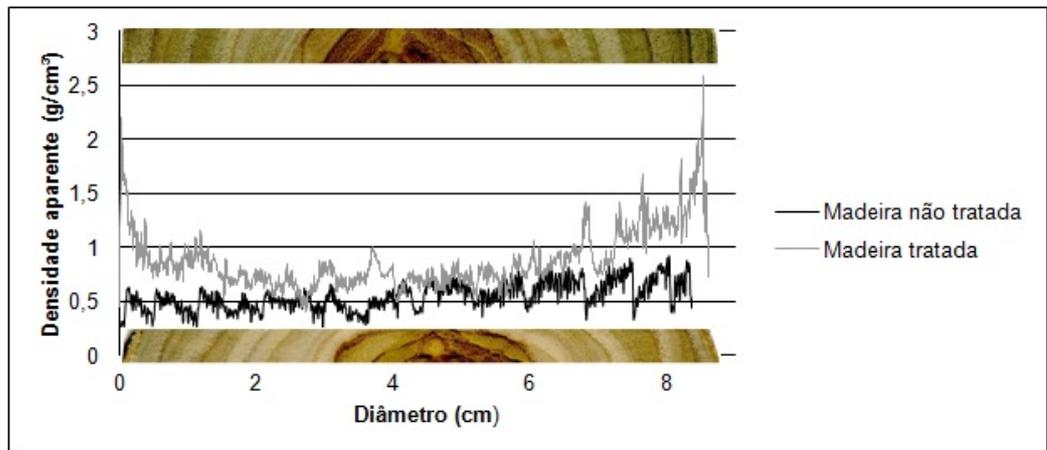


Figura 12. Perfil densitométrico da seção radial da madeira de *T. grandis*, tratada e não tratada, com seis anos de idade.

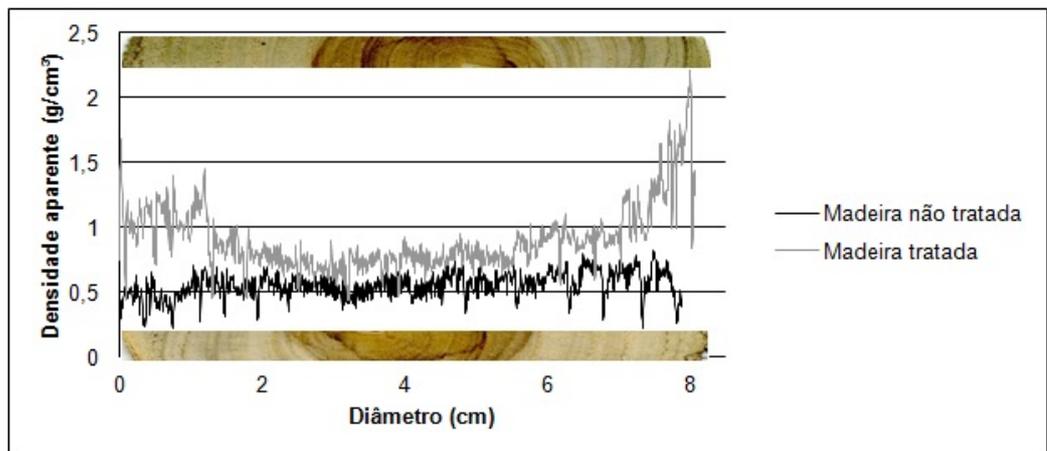


Figura 13. Perfil densitométrico da seção radial da madeira de *T. grandis*, tratada e não tratada, com doze anos de idade.

A maior massa específica aparente média foi encontrada nas amostras tratadas de teca com quatro anos de idade ($0,943 \text{ g/cm}^3$), com extremos de mínimo e máximo de

0,392 e 2,050, respectivamente. Tais amostras apresentaram também um coeficiente de variação muito elevado (33,44%). As amostras tratadas, com seis anos de idade, apresentaram o menor valor de massa específica média (0,797 g/cm³) e o maior coeficiente de variação (38,28%), com máximo de 2,361 g/cm³ e mínimo de 0,384 g/cm³. Para as amostras tratadas, com doze anos de idade, a massa específica média foi de 0,895 g/cm³, observando-se entre elas a menor variação entre o material tratado (27,37%), com picos de máximo e mínimo de 1,922 e 0,480 g/cm³, respectivamente.

Semelhante às amostras não tratadas, a análise de variância para as amostras tratadas indicou que não houve diferença significativa entre as médias de massa específica aparente nas três idades.

Comparando-se os valores encontrados para as amostras tratadas e não tratadas, através do teste T para amostras dependentes, a 95% de probabilidade, constataram-se diferenças significativas entre a massa específica aparente das amostras, antes e após o tratamento preservativo (Tabela 9). Nas três idades avaliadas, as amostras de madeira de *Tectona grandis*, submetidas ao tratamento preservativo, apresentaram massas específicas estatisticamente diferentes e superiores; após o tratamento, o lume e espaços intercelulares foram preenchidos por solução preservante hidrossolúvel, resultando no aumento da massa específica.

Tabela 9. Valores médios de massa específica aparente (g/cm³) para as madeiras tratadas e não tratadas de *T. grandis*, sob três idades diferentes, por densitometria de raios-X.

Idades (anos)	Madeiras tratadas	Madeiras não-tratadas
4	0,943 a	0,517 b
6	0,797 a	0,518 b
12	0,895 a	0,508 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, em nível de 95% de probabilidade.

5.5 Correlação entre os parâmetros analisados

A madeira é uma combinação complexa de diversos fatores, incluindo a constituição anatômica, química e morfológica e a interação desses fatores gera efeitos interativos, tornando quase impossível sua análise isolada (VALLE, 2009).

A Tabela 10 apresenta os coeficientes de correlação entre as propriedades da madeira de *Tectona grandis*, idades e retenção de produtos preservativos.

Conforme observado na Tabela 10, não se verificaram correlações significativas entre as propriedades da madeira de *Tectona grandis* e as idades com a retenção de CCA. Segundo Evangelista (2011), em geral, não existem na literatura trabalhos mostrando correlações significativas e lógicas da retenção de CCA com as propriedades da madeira.

Valle (2009), ao avaliar as correlações de retenção de CCA com as propriedades da madeira de híbridos de *Eucalyptus urophylla*, constatou correlações significativas apenas com o comprimento e largura das fibras e com a frequência dos vasos, embora tais correlações não fossem suficientes para explicar os resultados de retenção na madeira.

Tabela 10. Coeficientes de correlação entre as diversas propriedades da madeira de *Tectona grandis*, idades e a retenção de produtos preservativos.

	Retenção	Idade	MEB	CF	LF	DLF	EPF	DLV	FV	LR	AR	Lignina	Extrativos
Retenção	-	0,85	0,98	-0,77	0,4	0,4	-0,4	0,85	-0,74	-0,62	0,85	-0,99	0,91
Idade	0,85	-	0,72	-0,32	-0,1	-0,1	0,1	0,89	-0,28	-0,88	0,45	-0,76	0,56
MEB	0,98	0,72	-	-0,89	0,6	0,6	-0,6	0,72	-0,87	-0,97	0,94	-0,82	0,98
CF	-0,77	-0,32	-0,89	-	-0,9	-0,9	0,9	-0,32	0,76	0,74	-0,99	0,86	-0,96
LF	0,43	-0,12	0,60	-0,90	-	1,0*	-1,0*	-0,12	-0,92	-0,38	0,84	-0,55	0,76
DLF	0,42	-0,12	0,60	-0,90	1,0*	-	-1,0*	-0,13	-0,92	-0,37	0,83	-0,55	0,75
EPF	-0,41	0,13	-0,59	0,90	-1,0*	-1,0*	-	0,14	0,92	0,36	-0,83	0,54	-0,75
DLV	0,85	0,89	0,72	-0,32	-0,1	-0,1	0,1	-	-0,27	-0,87	0,44	-0,76	0,56
FV	-0,74	-0,28	-0,87	0,76	-0,9	-0,9	0,9	-0,27	-	0,71	-0,98	0,83	-0,95
LR	-0,62	-0,88	-0,97	0,74	-0,4	-0,4	0,4	-0,87	0,71	-	-0,82	0,98	-0,89
AR	0,85	0,45	0,94	-0,99	0,8	0,8	-0,8	0,44	-0,98	-0,82	-	-0,92	0,99
Lignina	-0,99	-0,76	-0,82	0,86	-0,6	-0,6	0,5	-0,76	0,83	0,98	-0,92	-	-0,96
Extrativos	0,91	0,56	0,98	-0,96	0,8	0,8	-0,7	0,56	-0,95	-0,89	0,99	-0,96	-

* Significativo a 95% de probabilidade

MEB= massa específica básica; CF= comprimento das fibras; LF= largura das fibras; DLF= diâmetro do lume das fibras; EPF= espessura da parede das fibras; DLV= diâmetro do lume dos vasos; FV= frequência dos vasos; LR= largura dos raios; AR= altura dos raios.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1. Embora cronologicamente diferentes, seções de madeiras retiradas de diferentes alturas ao longo do tronco, podem ser fisiologicamente semelhantes.
2. Em geral, as madeiras de *Tectona grandis* das três idades, com diâmetros semelhantes, apresentaram uma similaridade das propriedades anatômicas, físicas, químicas e de retenção de sais preservativos.
3. As variações encontradas nas dimensões das fibras, possivelmente, se devem à presença de madeira juvenil, em proporções diferenciadas.
4. A técnica de densitometria de raios-X confirmou a variação radial da massa específica aparente das amostras do lenho de teca, apresentando-se como um método de grande precisão.
5. As massas específicas aparentes das amostras tratadas, nas três idades, foram superiores e diferiram estatisticamente das amostras de madeiras não tratadas.
6. Os valores médios das propriedades analisadas que mostraram-se inferiores aos encontrados na literatura, possivelmente se devem as diferenças de idades dos materiais envolvidos.
7. A madeira de *Tectona grandis*, nas três idades analisadas, apresentou penetração parcial irregular de soluções preservativas e pode ser classificada como de tratabilidade difícil.
8. Todos os valores médios de retenção de CCA encontraram-se superiores a 4,0 kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada, para todas as idades, sendo viável sua utilização, em ambientes internos e externos, mas restringindo seu uso em situações de contato com o solo e umidade.
9. Não se observaram correlações entre as propriedades da madeira e a retenção de CCA, avaliadas no presente estudo.

Com base nos estudos e conclusões deste trabalho, recomendam-se:

- a) Estudar outras propriedades da madeira, que não foram contempladas neste trabalho, como permeabilidade, identificação e quantificação dos extrativos

testes de apodrecimento e ataque acelerado por organismos xilófagos, entre outras.

- b) Realizar o estudo de outras idades de corte, bem como de seções retiradas de diferentes alturas ao longo do tronco das árvores.
- c) Diminuir fontes de variação do material testado, utilizando-se idênticas situações de local e tratos silviculturais.
- d) Desenvolver estudos de viabilidade técnico-econômica para se determinar a melhor idade de corte e aproveitamento do material desbastado, visando criar alternativas de usos para a madeira em questão.
- e) Realizar pré-testes para identificar a melhor combinação dos fatores envolvidos no trabalho de preservação da madeira, como outras concentrações de princípio ativo e tempos de pressão em autoclave.
- f) Utilizar métodos não destrutivos, como a densitometria de raios-X, tomografia de impulso, sonda de Pressler, resistógrafo, entre outros, que possibilitem o acompanhamento do processo de formação e desenvolvimento da madeira.
- g) Ter cautela na extrapolação dos dados, por se tratar de situações muito específicas, em vista do material e das técnicas de avaliação utilizadas no presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARCA, R. E.; BLANCO, L. R.; SOLANO, P. S. **Composición química de *Tectona grandis***. 2010. Disponível em: <<http://www.una.ac.cr/inis/docs/>>. Acesso em: 24 set. 2012.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**, 2012. 149 p.

AGUINALDO, A. M.; OCAMPO, O. P. M.; BOWDEN, B. F.; WATERMAN, P. G. Tectograndone, an anthraquinone-naphthoquinone pigment from the leaves of *Tectona grandis*. **Phytochemistry**, Amsterdam, v.33, p. 933-935, 1993.

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

ALVES, G. K. A.; SINAY, M. C. F. **Os dormentes ferroviários, seu tratamento e o meio ambiente**. 2012. Disponível em: <<http://www.cbtu.gov.br/>>. Acesso em: 14 mai. 2012.

AMARAL, A. C. B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira**. 1994. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

AMARAL, A. C. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela microdensitometria de raios X. **Revista Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v.6, n.11, p. 17-23, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. **Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials**. Philadelphia: 1982.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. 2010 **AWPA book of standarts**. Birmingham, Alabama, USA, 2010. 576 p.

ARAÚJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L. A. S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v. 42, n. 1, p. 49-58. 2012.

ASSIS, T. F. **Estratégias de melhoramento para a obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria**. Disponível em: <<http://www.celso-foelkel.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8456**. Postes de Eucalipto Preservado para Redes de Distribuição. Rio de Janeiro, 1984. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8457**. Postes de Eucalipto Preservado para Redes de Distribuição. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Proposta de Revisão das NBRs 8456 e 8457.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**. Mourões de madeira preservada para cercas. Rio de Janeiro, 1986. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**. Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6236**. Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos. Rio de Janeiro, 2004. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7511**. Dormente de madeira – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos: **ABNT 9480**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. **Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials**. Philadelphia: 1982.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de Eucalyptus spp. In: Silvicultura. **Anais... IV Congresso Florestal Brasileiro**. São Paulo, SP, 8(28):726-731, 1983.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **Química da madeira**. Piracicaba, SP, ESALQ, 1985. 125p.

BRAZOLIN, S.; LANA, E. L.; MONTEIRO, M. B. B.; LOPEZ, G. A. C.; PLETZ, E. **Preservação de madeiras: sistemas de classes de risco**. Madeira: Arquitetura e engenharia, São Carlos, SP, v. 13, 2004.

BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, Madison, WI, v. 28, n.10, p. 69-72. 1978.

BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown cottonwood and loblolly pine. **Wood Fiber Science**, v. 18, n. 1, p. 23-28, 1986.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Anexo 1 - Nota Técnica 107/2009 – SRE-ANEEL, Anexo 1 - Nota Técnica 108/2009 – SRE-ANEEL, Anexo 1 - Nota Técnica 320/2009 – SRE-ANEEL.

CAMPOS-SALES, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. F. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae – (Pau-Rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 845-853. 2003.

CARBALLEIRA LOPEZ, G. A.; MILANO, S. Avaliação da durabilidade da madeira e de produtos usados na sua proteção. In: LEPAGE, E.S., (Coord.) **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, v. 2. p. 473-521. 1986.

CARDOSO, N. S. **Caracterização anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de Teca (*Tectona grandis* L.f.) – Verbenaceae**. 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

CARDOSO, G. V., FRIZZO, S. M. B., ROSA, C. A. B. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus globulus* no sentido longitudinal da árvore. **Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP)**. São Paul, 2002. 5p.

CARDOSO, S.; SOUSA, V.; QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. - Variabilidade anatômica da teca (*Tectona grandis*) de Timor-Leste. In: **Anais...** Congresso Florestal Nacional, 6º, Ponta Delgada, 2009 - A floresta num mundo globalizado. Disponível em: <www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1713/1/REP-H.Pereira-6.pdf>. Acesso em: 12 fev 2012.

CARVALHO, H. G. **Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose kraft branqueada de eucalipto**. 1997. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. na madeira e carvão vegetal**. 2011. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CASTRO, F. **Propiedades tecnológicas de la madera de teca procedente de Colorado de Abangares**. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, CR. 1998.

CASTRO, V. R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L.f.)**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CORDERO, L. D. F.; KANNINEN, M. **Hacia el manejo intensivo de la teca (*Tectona grandis*) en Centroamérica**. 2003. 10 p. Disponível em: <www.una.ac.cr/inis/docs/teca/temas/PerezyKanninen1.pdf>. Acesso em: 17 Abr. 2012.

DADSWELL, H.E. The anatomy of eucalypt wood. **CSIRO Forest Products Laboratory**, Melbourne, n. 66, p. 1-28, 1972.

EISFELD R.; EISFELD C. de L.; FERREIRA J. M., PIMENTEL A.; RODRIGUES F.; ALMEIDA A. Modelagem da massa específica básica dos cavacos a partir de variáveis dendrométricas e da massa específica do disco. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 877-886, 2009.

ENCINAS, O.; CONTRERAS, W. El uso de la teca (*Tectona grandis* L.f.) preservada con sales cca en lãs tecnologías constructivas alternativas del pueblo venezolano. **Revista Forestal Venezolana**, n. 42(2), p. 113-118, 1998. Disponível em: <<http://www.saber.ula.ve/revistaforestal/>>. Acesso em 12 out. 2011.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

EVANGELISTA, W. V. **Penetração e retenção de arsenato de cobre cromatado em madeira de eucalipto**. 2011. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

FERRAZ, E. S. B. Anéis de crescimento e clima em *Eucalyptus*. **Silvicultura**, v. 8, n. 32, p. 821-822. 1983.

FIGUEIREDO, E. O. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis* L.F.) no estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA, 2001. 28p. (Documento, 65).

GALLOWAY, G.; UGALDE, L.; VÁSQUEZ, W. Importance of density reductions in tropical plantations: Experiences in Central America. **Forests, Trees and Livelihoods**, Aboyné, v.11, n.3, p.217-232, 2001.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Eds) **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

GONZÁLEZ, W. F. **Manual para produtores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica**. Heredia, Costa Rica, 2004. 115 P.

GUERRA, S. C. S. **Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos**. 2010. 27 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2010.

GUSTAVSEN, B.; ROLFSENG, L. **Asset management of wood pole utility structures**. Elsevier, p. 641-646, 2005.

HAUPT, M.; LEITHOFF, D.; MEIER, D.; PULS, J.; RICHTER, H. G.; FAIX, O. Heartwood extractives and natural durability of plantation grown teakwood (*Tectona grandis* L.f.) – a case study. **Holz als Roh- und Werkstoff**, v. 61, p. 473-474, 2003.

HUNT, G.M.; GARRATT, G.A. **Wood preservation**. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1967. 433p.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.3, p.221-332, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL/
LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia, características e utilização**. Estação Experimental de Curuá-Una, v. 2, p. 30-32, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA / CENTRO DE PESQUISA DE PRODUTOS FLORESTAIS – INPA/PPF. **Catálogo de madeiras da Amazônia: características tecnológicas; área da hidrelétrica de Balbina**. Manaus: 1991. 163 p.

IPEF, INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. **Tectona grandis (Teca)**. 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 12 fev 2012.

JANE, F.W. **The Structure of Wood**. 2nd. Ed. London: Adam and Charles Black, 1956. 427 p.

JAMES, W. L.; YEN, Y.; KLING, R. **A microwave method for measuring moisture content, density and grain angle of wood**. United States, 1985. 10p. Forest Products laboratory, United States Department of agriculture, (Research Note, FPL-0250).

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlim: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

KRISHNAPILLAY, B. **Silviculture and management of teak plantations**. Unasyuva, Rome, v.51, n. 201, p. 14-21, 2000.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**, Berlim: GTZ, 1990. 343p.

LEPAGE, E. S. Preservativos e sistemas preservativos. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1. p. 279-342.

LEONELLO, E. C.; PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Delimitação da madeira juvenil e adulta de *Eucalyptus grandis* em São Paulo, Brasil. **Revista Forestal Venezuelana**, Venezuela, v. 52, n. 1, p. 93-98. 2008.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in wood density and mechanical properties in Eucalyptus clones. In: THE FUTURE OF EUCALYPTUS FOR WOOD PRODUCTS. 2000, Launceston, Tasmania. **Proceedings...** Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. f. **Revista Cerne**, Lavras, MG, V. 15, n. 2, p. 244-250. 2009.

LIN, S. Y.; DENCE, C. W. **Methods in lignin chemistry**. Berlin: Springer Verlag, 1992. 578 p.

LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R.; RANGEL, A. SARTO, C.; TOMAZELLO-FILHO, M.; SILA-JUNIOR, F. G. S.; CAMARGO-NETO, L.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 39, n. 92, p. 469-477. 2011.

LOUZADA, J. L. P. C. **Variação fenotípica e genética em características estruturais na madeira de *Pinus pinaster* Ait. O comprimento das fibras e a densidade até aos 80 anos de idade das árvores. Parâmetros genéticos na evolução juvenil-adulto das componentes da densidade da madeira**. UTAD, Série Didáctica, Ciências Aplicadas nº 143, Vila Real, 293p. 2000.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores Exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 68 p.

MAEGLIN, R. R. Juvenile wood, tension wood and growth stresses effects on processing hardwoods. In: ANNUAL HARDWOOD SYMPOSIUM OF THE HARDWOOD RESEARCH COUNCIL, 15, Memphis, 1987. **Proceedings ...** Memphis: IUFRO. 1987, p. 100-108.

MALAN, F. S. Eucalyptus improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ ESALQ/ USP. 1995, p. 1-19.

MARINGONI, M. V. **Madeira versus concreto**. Documento interno. 2012.

MARINONIO, G. B. **Efeito da densidade e do teor de extrativos na variação da cor da madeira de *Tectona grandis* L. f.** 2011. 20 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

MATRICARDI, W. A. T. **Efeito dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L. F.) cultivada em Grande Cárceres – Mato Grosso**. 1989. 135 f. Dissertação (Mestrado - Ciências Florestais) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1989.

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**, Garça, SP, ano IV, n. 7. 2006. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/florestal07/pages/revista.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2012.

MIQUELONI, P.D.; ROGOSCHI, N.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da densidade da madeira de árvores de *Tectona grandis* através de densitometria de raios X. In: **SIICUSP - SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 15., 2007. Resumo 745, Piracicaba-SP, 2007.

MIRANDA, I.; SOUSA, V.; PEREIRA, H. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. **Journal of Wood Science**, Volume 57, Issue 3, pp 171-178, 2011. Disponível em: <<http://rd.springer.com/article/10.1007/s10086-010-1164-8>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

MODES, K. S.; BELTRAME, R.; VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; SOUZA, J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 21, n. 3, p. 579-589. 2011.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira do *Pinus oocarpa* parte II: Caracterização estrutural da lignina de madeira moída. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3. p. 471-478. 2005.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. Viçosa (MG), 1999, 107f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J. R.; TOMAZELLO FILHO, M. Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica. **Forest Systems**, Madrid, Espanha, v. 18, n. 2, p. 119-131. 2009. Disponível em: <<http://revistas.inia.es/index.php/fs>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

OLIVEIRA, A. M. F.; LEPAGE, E. S. Controle de qualidade. In: LEPAGE, E. S. (Coord). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT; SICCT, v.1, cap. 5, p. 99-278, 1986.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. de F.; TOMAZELLO FILHO, M.; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. Correlações dendroclimatológicas do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na região de Rio Claro, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 499-508, 2011.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. de F.; TOMAZELLO FILHO, M.; PALERMO, G. P.; CARVALHO, A. M.; PASTRO, M. S. Microdensitometria de raios - X aplicada na determinação da variação da densidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2012.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo, 1997. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C.; DELLA LUCIA, R. M.; SOUZA-JUNIOR, P. S. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 819-826. 2005.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PAES, J. B.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, L. F.; SANTOS, L. L. Qualidade de moirões de eucalipto tratados comercializados em três municípios do Espírito Santo. **Floresta e ambiente**, n. 01. Disponível em: <<http://www.floram.org/articles/view/id/5037713c5ce02a8913000004>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

PEDRESCHI, R.; GOMES, F. C.; MENDES, L. M. Estudo analisa uso racional da madeira em habitações. **Revista da Madeira**, Curitiba, PR, n. 87. 2006. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 21 jul. 2012.

PEREIRA, L. C. P.; CARNEIRO, A. C. O.; GORGENS, E. B.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Efeito da variação longitudinal e das condições edáficas na massa específica da madeira de teca. In: **Anais...** Encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira, XII, Lavras/MG, 2010. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 19 mar. 2012.

PETTERSEN, R.C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (ed). **The chemistry of solid wood**. Washington, American Chemical Society, 1984. p.54-126.

PIMENTEL, M. M.; SELEGATO, P. A. M.; GARCIA, J. N.; LIMA, I. L. Variações das propriedades da madeira de *Tectona grandis* Linn. F. (teca) em função do espaçamento e da posição radial na tora. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 2., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, v. 39, 2008. 6p.(Série Registros).

POLGE, H. Study of wood density variations by densitometric analysis of X-ray negatives of samples taken with a Pressler Auger. Symposium of I.U.F.R.O., Section 41, Melbourne, 1965. 19 p.

RICHTER, H. G., DALLWITZ, M. J. 2000 onwards. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009. Disponível em: <<http://delta-intkey.com>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

ROQUE, R. M.; TOMAZELLO, M. **Avaliação da densidade da madeira de árvores de *Gmelina arborea* pela aplicação da densitometria de raios x**. 2005 International Nuclear Atlantic Conference, Santos. 7p. 2005.

RUDMAN, P.; DA COSTA, E. W. B. Relationship of tectoquinone to durability in *Tectona grandis*. **Nature**, Philadelphia, v.181, p.721-722, 1958.

SALAZAR, R. F.; ALBERTIN, W. **Requerimentos edáficos e climáticos para *T. grandis* L**. Turrialba: CATIE, 1974.

SANDOZ, J. L.; BENOIT, Y. The Importance of the Nondestructive Technologies for Wooden Poles Network Asset Management. **University of Applied Sciences**, Eberswalde, Germany, 2005.

SCHINKER, M. G.; HANSEN, N.; SPIECKER, H. High-Frequency densitometry – a new method for the rapid evaluation of wood density variations. **IAWA Journal**, 24, p. 231-239 (2003).

SENF, J. F.; BENDTSEN, B. A.; GALLIGAN, W. L. Weak wood, **Journal of Forestry**, n. 83, p. 476-485. 1985.

SETTE-JUNIOR, C. R. **Aplicação de potássio e sódio no crescimento e na qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2010.

SHIMIZU, J. Y.; KLEIN, H; OLIVEIRA, J. R. V. de. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá, MT: Central de Texto, 2007.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. Berlim; Heidelberg; New York: Springer-verlag, 1984. 245 p.

SIQUEIRA, K. P. **Variabilidade da massa específica de *Pinus taeda* L. em diferentes classes de sítio**. 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2004.

SILVA, M. E. C. M; LOUZADA, J. L. P. C. Utilização da microdensitometria por raios X na avaliação qualitativa da madeira de choupo (*Populus x euramericana*.cv I.214).In: SIMPÓSIO DEL CHOPO,1., 2001. Zamora. **Proceedings...** Zamora, 2001. p.469-478.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.

SILVA, J. C. Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da madeira**, Curitiba, PR, ed. 103, 2007. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 20 mai. 2012.

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry – Fundamentals and applications**. Academic Press, Inc. 1993, 293 p.

SOARES, V. C.. **Comportamento térmico, químico e físico da madeira e do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes idades**. 2011. 108p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Lavras, 2011.

SOUZA, M. T. **Influência do espaçamento e da posição radial nas dimensões das fibras da madeira de *Tectona grandis* Linn.f**. 2010. 31 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 204 om-88: solvent extractives of wood and pulp**. 1996. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2001.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 264 om-88: preparation of wood for chemical analysis**. 1998. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2001.

THULASIDAS, P. K.; BHAT, K. M. Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teakwood. **Holz Roh Werkst**, Berlin, v.65, p.121-124, 2007.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B; MARTOS, H. L; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP, 2001. p. 117-143.

TOMAZELLO FILHO M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BALLARIN, A.W. Application of technique in nondestructive evaluation of eucalyptus wood. **Maderas: Ciencia y Tecnologia**. Concepcion, v. 10, n. 2, p. 139-150, 2008.

TOMAZELLO FILHO, M.; CARDOSO, N.S. Seasonal cambium variations of the vascular cambium of teak (*Tectona grandis* L. f.) in Brazil. CAB international. **Tree-Rings Analysis**, p. 147-154. 1999.

TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P.; ROQUE, R. M. **Manual de aplicação densitometria de raios-X em amostras de madeira, Crad e Cerd**. Departamento de Ciências Florestais, ESALQ – USP. Piracicaba-SP. 32 p. 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, MG, v.2 , n.1, 15 p. 2009.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: Structure, properties and utilization**. New York: Van Nostrand Reinold, 1991, 494p.

UGALDE, L.; PÉREZ, O. **Mean annual volume increment of selected industrial forest**. FAO, working paper FP/1. 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 22 mai. 2012.

TUFOLO NETTO, H. **Benefícios do uso da madeira de reflorestamento tratada para a construção civil**. 2010. 47 p. Monografia (Especialista em Gestão Empresarial) - Instituto Nacional de Pós Graduação, São Paulo, 2010.

VALLE, M. L. A. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VIANEZ, B. F.; SALES NETA, C. Proposta de um método simples para interpretação dos resultados de tratabilidade de madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS, 3., 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1989. 9 p.

VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. L.; LOCATELLI, M. **Aspectos silviculturais da teca em Rondônia**. Porto Velho/RO: Embrapa CPAF – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Documentos 68), p.8, agosto, 2002.

VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENOS, P. L. L.; LOCATELLI, M.; SOUZA, M. G. **Técnicas de produção de sementes florestais**. Rio Branco: EMBRAPA, 2001, p.1-4. (Documento nº 205).

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).

WALKER, J. C. F.; BUTTERFIELD, B. G.; HARRIS, J. M.; LANGRISH, T. A. G.; UPRICHARD, J. M. **Primary wood processing: principles and practice**. London: Chapman & Hall, 1993. 611 p.

ZOBEL, B. J. The changing quality of the world wood supply. **Wood Science and Technology**, Railegh, NC, v.18, p. 1-17. 1984.

ZOBEL, J. B.; BUJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 1989. 363 p.

ANEXOS

Anexo A - Valores mínimos de retenção de CCA tipo C e CCB recomendados na madeira tratada, de acordo com a sua condição de uso.

Categoria de uso*	Condições de uso	Aplicação**	Retenção mínima (kg/m³)***	Xilófagos nocivos****
1	<p>A madeira está inteiramente protegida as intempéries e não sujeita a reumidificação. A umidade média da madeira varia entra 12 e 18%*</p> <p>Situações: interior de construções com ou sem contato com alvenaria, mas fora do contato com o solo ou com fundações, e protegido de intempéries e de fontes internas de umidade**</p>	Carreteis ^{1/} /janelas/móveis internos/portas/embalagens/batentes/ assoalhos/guarda-corpos/montantes/subcoberturas de telhado	4,0 ou 6,5 ^{2/}	Cupins de madeira seca, cupins subterrâneos, cupins arborícolas e brocas de madeira
2	<p>A madeira está inteiramente protegida as intempéries, mas sujeita a reumidificação ocasional. A umidade média da madeira varia entra 12 e 18%**</p> <p>Situações: interior de construções, fora de contato com o solo e continuamente protegida de intempéries, que pode ocasionalmente ser exposta a fontes de umidade*</p>	Corrimãos/lambris/vigas/soleiras/columnas	4,0 ou 6,5 ^{2/}	Cupins de madeira seca, cupins subterrâneos, cupins arborícolas e brocas de madeira, fungos emboloradores, fungos manchadores e fungos apodrecedores
3	<p>A madeira não está protegida das intempéries ou está, mas sujeita a reumidificação frequente. A umidade média de equilíbrio da madeira é superior ou igual a 25%**</p> <p>Situações: uso exterior, fora de contato com o solo e sujeita a intempéries*</p>	Batentes/telhas/shingles/tabeira/cumeeiras/caibros/terças/tesouras/móveis externos/ fechamentos/cruzetas para postes/carrocerias de caminhões/tampas laterais e assoalhos para semireboques/ assoalhos para ônibus e vagões ferroviários	4,0 ou 6,5 ^{2/}	Cupins de madeira seca, cupins subterrâneos, cupins arborícolas e brocas de madeira, fungos emboloradores, fungos manchadores e fungos apodrecedores

Continua...

Tabela, Cont.

Categoria de uso*	Condições de uso	Aplicação**	Retenção mínima (kg/m³)***	Xilófagos nocivos****
4	A madeira está permanentemente em contato com o solo ou com água doce**	Peças roliças(mourões)	4,0 ou 6,5 ^{2/}	Cupins de madeira seca, cupins subterrâneos, cupins arborícolas e brocas de madeira, fungos emboloradores, fungos manchadores e fungos apodrecedores
		Postes	9,6 ^{4/}	
		Dormentes	9,6 ^{5/}	
		Cercas/pérgulas/ playgrounds/torres de resfriamento/ estacas/escadas/ fundações	9,6 a 12,8 ^{6/}	
5	A madeira está permanentemente em contato com água salgada**	Colunas/defensas/ pontes/passarelas	24,0 a 40,0 ^{7/}	Perfuradores marinhos, fungos emboloradores, fungos manchadores e fungos apodrecedores

Fonte: Evangelista, 2011.

* Classe de risco de uso da madeira, de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997).

** Adaptado de MONTANA QUÍMICA S.A., 2008.

*** Retenção mínima recomendada – quilos de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira.

**** Exemplo dos xilófagos nocivos, de acordo com Brazolin *et al.* (2004).

^{1/} Standards da AWWA (2010), para componentes estruturais de fácil manutenção, reparo ou substituição (4,0 kg/m³) e para componentes estruturais de difícil manutenção, reparo ou substituição e críticos para o desempenho e segurança do sistema construtivo (6,5 kg/m³).

^{2/} NBR 6236 (ABNT, 2004).

^{3/} NBR 9480 (ABNT, 2009), para peças roliças suspensas, fora do contato com o solo (4,0 kg/m³) e em contato direto com o solo (6,5 kg/m³).

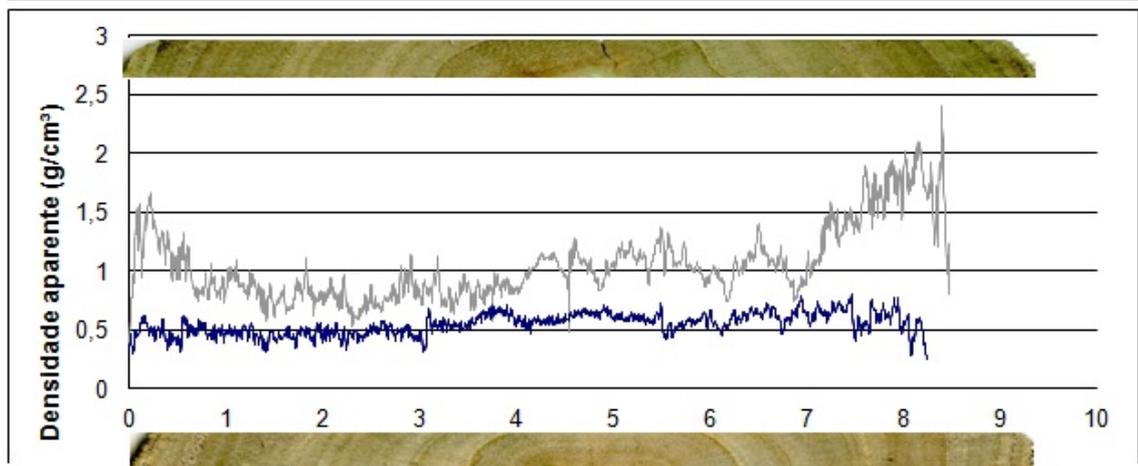
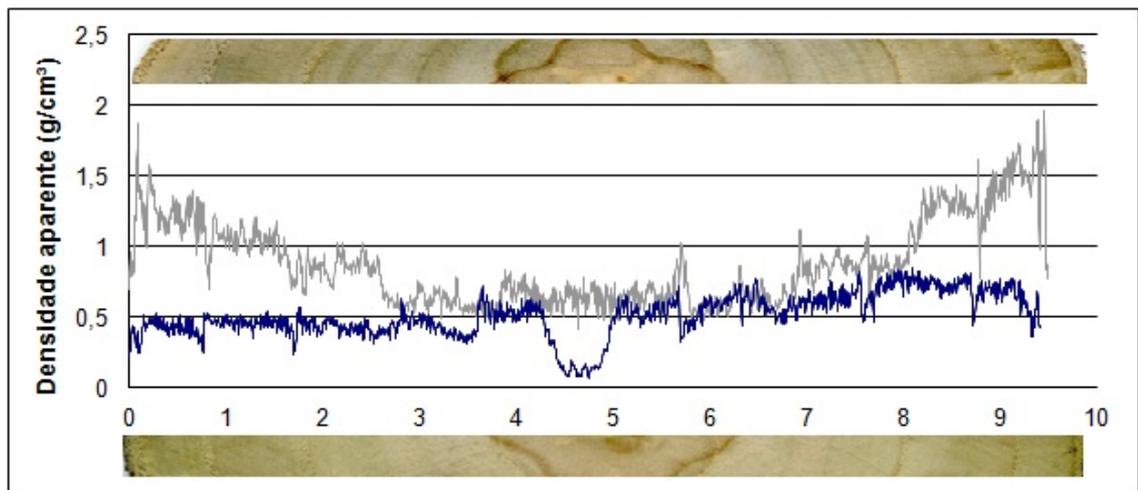
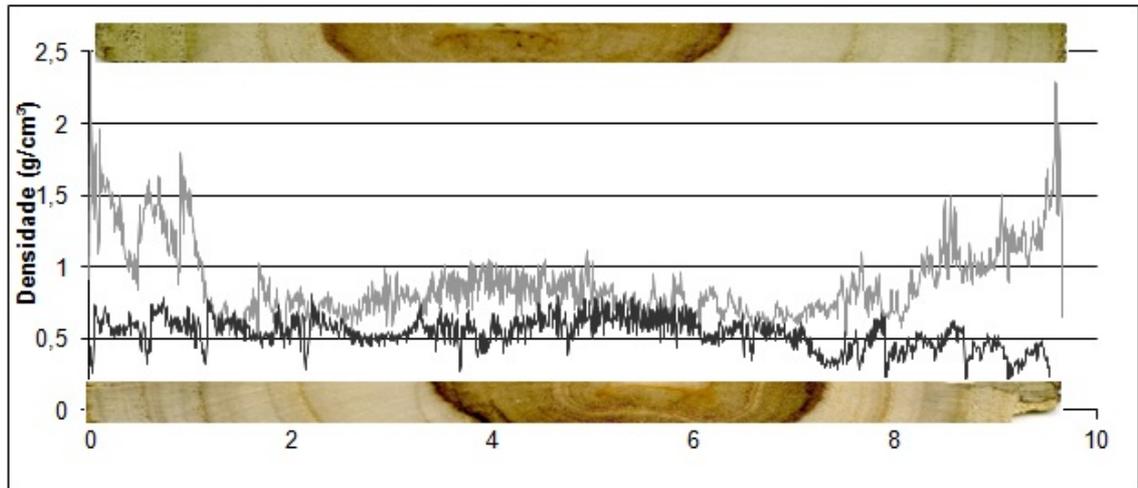
^{4/} NBR 8456 (ABNT, 1984).

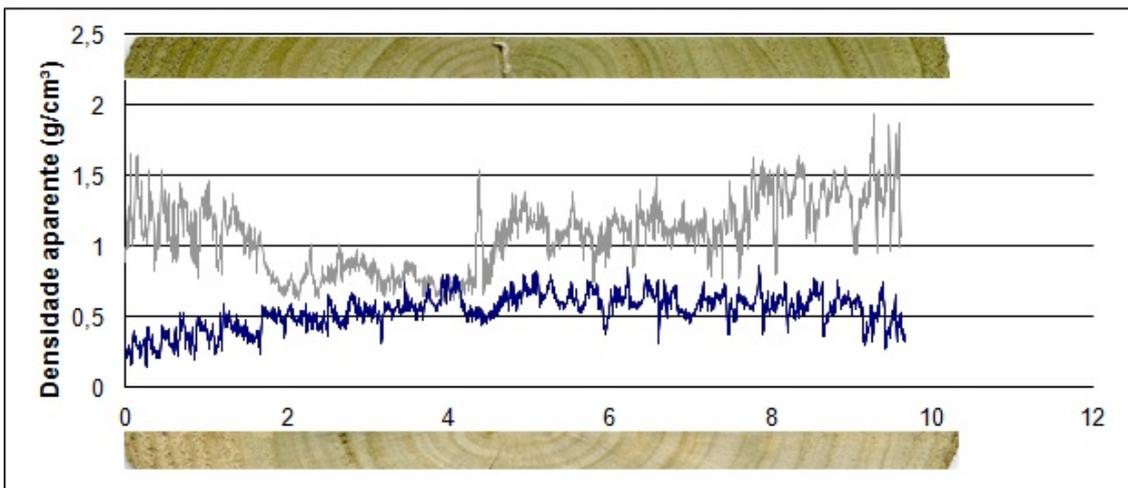
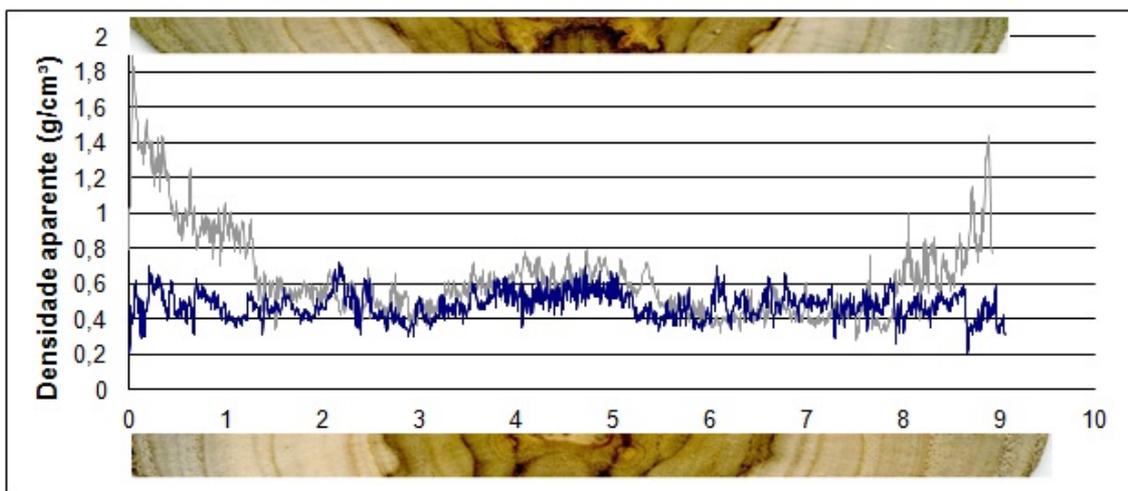
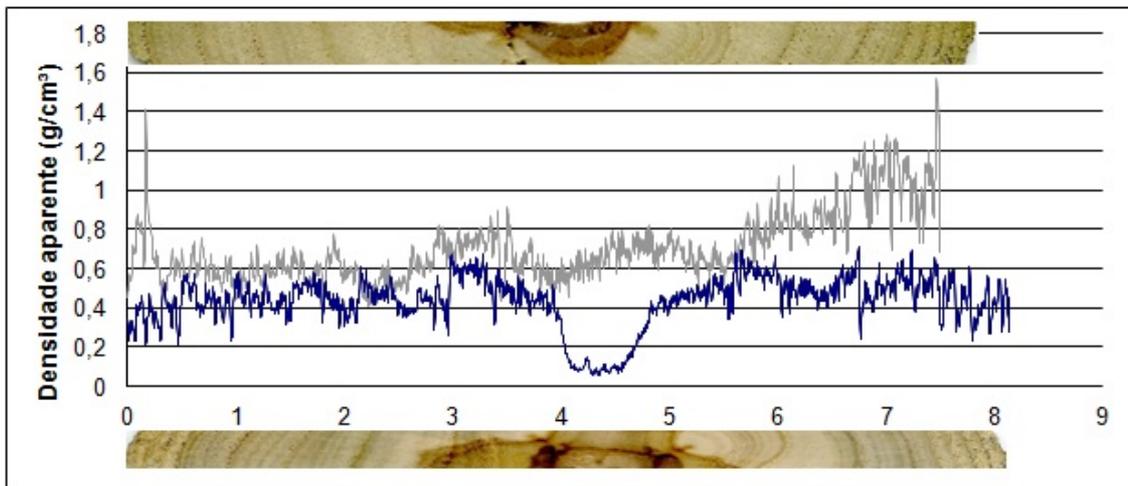
^{5/} NBR 7511 (ABNT, 2005).

^{6/} Standards da AWWA (2010), para componentes estruturais de fácil manutenção, reparo ou substituição (6,4 kg/m³) e para componentes estruturais de difícil manutenção, reparo ou substituição e críticos para o desempenho e segurança do sistema construtivo (9,6-12,8 kg/m³).

^{7/} Standards da AWWA (2010), para locais com menor incidência (24 kg/m³) e maior incidência (40 kg/m³) de *Limnoria* sp.

Anexo B - Perfis de densidade aparente do lenho do tronco das árvores de *Tectona grandis* por densitometria de raios-X.





Anexo C – Relatórios de Ensaio do Teste de Retenção.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 063/11

Ref. n.º: CQ 048/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 048
AMOSTRA: T 1-2 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	2,4	50,0	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	1,0	20,8	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	1,4	29,2	27,3	40,7	
TOTAL	4,8	100,0			

PARECER**RETENÇÃO:** abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).**PENETRAÇÃO:** amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.**RECOMENDAÇÃO:** recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.**OBSERVAÇÕES:** os resultados restringem-se as amostras fornecidas.Densidade: 511,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 064/11

Ref. n.º: CQ 049/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 049
AMOSTRA: T 1-3 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	2,3	48,9	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	1,0	21,3	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	1,4	29,8	27,3	40,7	
TOTAL	4,7	100,0			

PARECER

RETENÇÃO: abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).

PENETRAÇÃO: amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.

RECOMENDAÇÃO: recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.

OBSERVAÇÕES: os resultados restringem-se as amostras fornecidas.

Densidade: 567,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 065/11

Ref. n.º: CQ 050/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 050
AMOSTRA: T 1-4 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	3,0	46,2	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	1,4	21,5	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	2,1	32,3	27,3	40,7	
TOTAL	6,5	100,0			

PARECER**RETENÇÃO:** conforme o mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).**PENETRAÇÃO:** amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.**RECOMENDAÇÃO:** manter e controlar todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.**OBSERVAÇÕES:** os resultados restringem-se as amostras fornecidas.**Densidade:** 519,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 067/11

Ref. n.º: CQ 052/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 052
AMOSTRA: T 5-2 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	2,3	52,3	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	0,9	20,5	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	1,2	27,3	27,3	40,7	
TOTAL	4,4	100,0			

PARECER

RETENÇÃO: abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).

PENETRAÇÃO: amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.

RECOMENDAÇÃO: recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.

OBSERVAÇÕES: os resultados restringem-se as amostras fornecidas.

Densidade: 507,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 068/11

Ref. n.º: CQ 053/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 053
AMOSTRA: T 5-3 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	1,9	48,7	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	0,8	20,5	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	1,2	30,8	27,3	40,7	
TOTAL	3,9	100,0			

PARECER

RETENÇÃO: abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).

PENETRAÇÃO: amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.

RECOMENDAÇÃO: recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.

OBSERVAÇÕES: os resultados restringem-se as amostras fornecidas.

Densidade: 576,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 069/11

Ref. n.º: CQ 054/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 054
AMOSTRA: T 5-4 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	2,1	48,8	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	0,9	20,9	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	1,3	30,2	27,3	40,7	
TOTAL	4,3	100,0			

PARECER**RETENÇÃO:** abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).**PENETRAÇÃO:** amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.**RECOMENDAÇÃO:** recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.**OBSERVAÇÕES:** os resultados restringem-se as amostras fornecidas.Densidade: 543,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 071/11

Ref. n.º: CQ 056/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 056
AMOSTRA: T 7-2 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	3,0	48,4	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	1,3	21,0	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₃ (Arsênio)	1,9	30,6	27,3	40,7	
TOTAL	6,2	100,0			

PARECER**RETENÇÃO:** abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).**PENETRAÇÃO:** amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.**RECOMENDAÇÃO:** recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.**OBSERVAÇÕES:** os resultados restringem-se as amostras fornecidas.**Densidade:** 521,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 072/11

Ref. n.º: CQ 057/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 057
AMOSTRA: T 7-3 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	2,2	53,7	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	0,8	19,5	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₅ (Arsênio)	1,1	26,8	27,3	40,7	
TOTAL	4,1	100,0			

PARECER

RETENÇÃO: abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³). O balanceamento do arsênio está abaixo e, do cromo acima dos limites estabelecidos.

PENETRAÇÃO: amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.

RECOMENDAÇÃO: recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho e o teor de umidade antes do tratamento.

OBSERVAÇÕES: os resultados restringem-se as amostras fornecidas.

Densidade: 497,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

**Departamento Técnico e Industrial**

Divisão: Osmose

Laboratório: Controle de Qualidade

Responsável pelo relatório: Jackson Marcelo Vidal

NL n.º: 073/11

Ref. n.º: CQ 058/11

Data: 08/02/11

RELATÓRIO DE ENSAIO

CLIENTE: Universidade Federal de Viçosa Avenida P H Rolfs S/N - Campos Federal de Viçosa 36570-000 Viçosa - MG	FACQ: 058
AMOSTRA: T 7-4 (<i>Tectona grandis</i>)	DATA ENTRADA: 02/02/11
FINALIDADE: determinação da retenção de I. A (CCA - C)	

Ingredientes	Resultados da retenção (kg/m ³)	Resultados do balanceamento químico (%)	Padrões do balanceamento químico		Método de ensaio
			Mínimo	Máximo	
Teor de CrO ₃ (Cromo)	2,0	51,3	41,8	53,2	ME 22/05
Teor de CuO (Cobre)	0,8	20,5	15,2	22,8	
Teor de As ₂ O ₃ (Arsênio)	1,1	28,2	27,3	40,7	
TOTAL	3,9	100,0			

PARECER

RETENÇÃO: abaixo do mínimo estabelecido pela norma NBR 7190 - em revisão (6,5 kg IA/m³).

PENETRAÇÃO: amostra enviada em pó, impossibilitando a análise de penetração.

RECOMENDAÇÃO: recomenda-se criteriosa verificação de todos os parâmetros operacionais, incluindo a concentração da solução de trabalho.

OBSERVAÇÕES: os resultados restringem-se as amostras fornecidas.

Densidade: 562,00 kg/m³

Relatório com emissão eletrônica.

Anexo D - Valores de retenção de CCA para as amostras das três diferentes idades, em kg por metro cúbico de madeira tratada.

Repetições	Idades (anos)		
	4	6	12
01	6,5	5,7	6,8
02	6,2	4,4	4,8
03	4,1	3,9	6,2
04	3,9	4,3	4,7
Média	5,2	4,6	6,5
Desvio padrão	1,4	0,8	5,7
CV	26,37	17,06	19,38
% amostras retenção $\geq 6,5$	25	0	50