



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**GABRIEL BITTENCOURT MARINONIO**

**EFEITO DA DENSIDADE E DO TEOR DE EXTRATIVOS NA VARIAÇÃO  
DA COR DA MADEIRA DE *Tectona grandis* L. f.**

**Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> ROSILEI A. GARCIA**  
Orientadora

**SEROPÉDICA, RJ**  
**Julho-2011**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**GABRIEL BITTENCOURT MARINONIO**

**EFEITO DA DENSIDADE E DO TEOR DE EXTRATIVOS NA VARIAÇÃO  
DA COR DA MADEIRA DE *Tectona grandis* L. f.**

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

**Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> ROSILEI A. GARCIA**  
Orientadora

**SEROPÉDICA, RJ**  
**Julho-2011**

**EFEITO DA DENSIDADE E DO TEOR DE EXTRATIVOS NA VARIAÇÃO  
DA COR DA MADEIRA DE *Tectona grandis* L. f.**

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 06 de julho de 2011.

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosilei A. Garcia  
UFRRJ/IF/DPF  
Orientadora

Prof. Dr. Roberto Carlos Costa Lelis  
UFRRJ/IF/DPF  
Membro

Prof<sup>a</sup> M.Sc. Natália Dias de Souza  
UFRRJ/IF/DPF  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela benção da vida.

À professora e orientadora Rosilei Garcia por toda ajuda e tempo dedicado para que este trabalho fosse concluído.

À empresa M. Berbert Consultoria Geoambiental por ter aberto as portas para o meu primeiro estágio e a todos os parceiros de trabalho que estão ou estiveram comigo nessa.

Aos meus pais, Tadeu e Ana, meus irmãos, Larissa, Betina e Vinícius, minha avó Oscarlinda e a todos os meus familiares pelo amor, carinho e apoio em todas as horas.

A Fabiane por sempre cuidar tão bem de mim.

À Carol, que será sempre uma pessoa muito especial na minha vida, por toda cumplicidade, carinho, atenção e amor em todos os nossos momentos juntos.

Não podia deixar de agradecer também aos amigos que fiz ao longo dessa jornada universitária, principalmente Gustavo “Kiko”, Vitor “Mahone”, Flávia “Filo” e Vinícius “Silvinho”, por fazerem dessa experiência algo único na minha vida.

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito da densidade e do teor de extrativos na variação da cor da madeira de *Tectona grandis* L. f. proveniente de plantios de diferentes espaçamentos (5 x 2 m e 6 x 2 m). As árvores foram coletadas na região de Cáceres, Mato Grosso e as toras processadas no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (DPF/IF/UFRRJ). Foram obtidas amostras de cerne e alburno com dimensões de 50 x 25 x 25 mm, perfeitamente orientadas nos três planos de corte (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial). A densidade aparente foi determinada à 12% de umidade enquanto que os teores de extrativos foram determinados após extração com três solventes orgânicos: ciclohexano, acetato de etila e metanol, utilizando-se um extrator Soxhlet após 24 horas ininterruptas para cada solvente. As análises colorimétricas da madeira foram realizadas através do sistema CIE-L\*a\*b\* com o auxílio de um espectrofotômetro CM 2600d da Konica Minolta, o qual forneceu os valores das coordenadas L\* (luminosidade), a\* (vermelho) e b\* (amarelo) nas seções longitudinal radial e longitudinal tangencial. Os resultados mostraram que o plantio menos denso (6 x 2 m) apresentou madeira mais densa e com maior teor de extrativos. As madeiras mais densas do cerne apresentaram mais pigmento amarelo (b\*) na seção radial, enquanto que na seção tangencial, as madeiras mais densas são mais escuras (menor L\*) e apresentam menos pigmento amarelo (b\*). As madeiras mais densas de alburno são mais escuras (menor L\*) e apresentam mais pigmento vermelho (a\*) em ambas as seções longitudinal radial e tangencial. As madeiras mais escuras (menor L\*) e com mais pigmento vermelho (a\*) apresentaram um maior teor de extrativos. As coordenadas de cor variaram de acordo com o plano de corte observado.

**Palavras-chave:** colorimetria, densidade, extrativos, sistema CIE-L\*a\*b\*, *Tectona grandis*.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to evaluate the effect of density and extractive content on color variation of *Tectona grandis* L. f. wood from plantation of different tree-spacing (5 x 2 m e 6 x 2 m). Trees were obtained from Cáceres, Mato Grosso and the logs were processed at the Laboratory of Wood Processing (DPF/IF/UFRRJ). Heartwood and sapwood samples with dimensions of 50 x 25 x 25 mm and perfectly oriented in three sections (transverse, radial and tangential) were used. Wood density was determined at 12% moisture while extractive contents were determined after extraction with three organic solvents: cyclohexane, ethyl acetate and methanol by using a Soxhlet extractor after 24 hours, for each solvent. Color analysis were performed on the CIE-L\*a\*b\* system by using a CM 2600d spectrophotometer from Konica Minolta, which gave values for L\* (lightness), a\* (red) and b\* (yellow) coordinates on radial and tangential sections. The results showed that less dense plantation (6 x 2 m) presented denser wood and with a higher extractive content. Denser heartwoods had more yellow hue (b\*) in the radial section, while in tangential section, the denser heartwoods are darker (lower L\*) and have less yellow hue (b\*). Denser sapwoods are darker (lower L\*) and have more red hue (a\*) in both radial and tangential sections. Darker woods (lower L\*) present more red hue (a\*) and higher extractive content. The color coordinates varied according to the section observed.

**Keywords:** colorimetry, density, extractives, CIE-L\*a\*b\* system, *Tectona grandis*.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 Características da espécie de <i>Tectona grandis</i> L. f.....	2
3.2 A cor da madeira.....	4
3.2.1 Importância da cor da madeira.....	4
3.2.2 Fatores que afetam a cor da madeira.....	5
3.3 Colorimetria no sistema CIE-L*a*b*.....	6
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4.1 Material.....	7
4.2 Determinação da densidade aparente.....	7
4.3 Determinação da cor no sistema CIE-L*a*b*.....	7
4.4 Determinação do teor de extrativos.....	8
4.5 Análises estatísticas.....	9
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
5.1 Efeito do espaçamento na variação da densidade e da cor da madeira.....	9
5.2 Efeito do espaçamento na variação do teor de extrativos da madeira.....	12
5.3 Efeito da densidade na variação da cor da madeira.....	13
5.4 Efeito do teor de extrativos na variação da cor da madeira.....	15
6. CONCLUSÕES.....	17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Características morfológicas da espécie de *Tectona grandis* L. f. (A) Povoamento. (B) Ramo (C) Folha. (D) Casca. (E) Inflorescência. (F) Frutos (Fonte: <http://www.ipef.com.br>; <http://www.multiflorestal.com>; LORENZI *et al.*, 2003).. 3
- Figura 2.** Características anatômicas da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.). (A) Madeira de cerne e alburno. (B) Seção transversal macroscópica. (C) Seção transversal microscópica. (C) Seção longitudinal radial. (D) Seção longitudinal tangencial (Fonte: <http://www.delta-intkey.com>)..... 4
- Figura 3.** (A) Espaço tridimensional de cor no sistema CIE-L\*a\*b\*. L\*: luminosidade (eixo preto-branco). a\* e b\*: variáveis cromáticas (eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente). (B) Diagrama de cromaticidade (Fonte: KONICA MINOLTA SENSING Inc., 1998)..... 6
- Figura 4.** Espectrofotômetro portátil CM 2600d (Konika Minolta) utilizado para as análises colorimétricas..... 8
- Figura 5.** (A) Amostras de madeira fragmentadas. (B) Moinho de rotor vertical, modelo MA 340 da Marconi<sup>®</sup> utilizado para moer a madeira. (C) Amostras moídas de cerne e alburno de cada espaçamento. (D) Processo de extração no Soxhlet..... 9
- Figura 6.** Densidade aparente da madeira de cerne e alburno de *Tectona grandis* L. f. em função do espaçamento..... 11
- Figura 7.** Coordenadas de cor obtidas para a madeira do cerne e do alburno, nas seções radial e tangencial, de *Tectona grandis* L. f. proveniente de dois diferentes espaçamentos..... 12
- Figura 8.** Correlações entre a densidade e as coordenadas de cor da madeira do cerne de *Tectona grandis* L. f..... 14
- Figura 9.** Correlações entre a densidade e as coordenadas de cor da madeira do alburno de *Tectona grandis* L. f..... 15
- Figura 10.** Correlações entre o teor de extrativos e as coordenadas de cor (L\* e a\*), nas seções longitudinal radial e longitudinal tangencial, da madeira de *Tectona grandis* L. f..... 16

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação) e valores de F obtidos pela análise de variância (ANOVA) para a densidade aparente e as coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da madeira de cerne e alburno de *Tectona grandis* L. f., proveniente de diferentes espaçamentos..... 10
- Tabela 2.** Teor de extrativos da madeira de cerne e alburno de *Tectona grandis* L. f., proveniente de diferentes espaçamentos..... 12
- Tabela 3.** Análises de correlação de Pearson entre a densidade, o teor de extrativos e as coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da madeira de *Tectona grandis* L. f. para as seções longitudinal radial e longitudinal tangencial..... 13

## 1. INTRODUÇÃO

A *Tectona grandis* L. f. (teca) é uma espécie nativa das zonas úmidas do subcontinente Índico e do Sudeste Asiático. As árvores apresentam entre 20 e 35 metros de altura na idade adulta, e a madeira possui um bom mercado internacional por sua beleza e excelente qualidade, sendo utilizada para obtenção de madeira serrada e nos processos de laminação e fabricação de compensados (MIRANDA *et al.*, 2011), além de ser considerada insuperável na indústria naval (BAILLERES & DURAND, 2000).

No Brasil, a teca foi introduzida há 80 anos, no entanto, as plantações florestais com esta espécie são ainda inexpressivas, sendo que as maiores áreas plantadas estão situadas na região de Cáceres no Estado do Mato Grosso (EMBRAPA FLORESTAS, 2004).

A madeira apresenta alburno estreito e claro, bem distinto do cerne, cuja cor é marrom viva e brilhante. Devido à beleza peculiar e ao efeito decorativo da madeira de teca, ela é utilizada em interiores luxuosos e mobiliário fino.

As características físicas, mecânicas e estéticas tais como massa específica, dureza, textura, orientação da grã, brilho e cor influenciam diretamente na qualidade da madeira (MORI *et al.*, 2005)

De acordo com MORI *et al.* (2005), a análise final da cor de qualquer produto, componente da estética que se associa à superfície e ao desenho da peça de madeira, lhe garante um padrão de qualidade de mercado, exigido mundialmente. Por esta razão, esta propriedade deve ser incorporada ao planejamento, visando a caracterização tecnológica da madeira, para atender aos usos mais nobres desse material.

Segundo JANIN *et al.* (2001), a cor é uma característica estética importante por direcionar o uso da madeira para suas diferentes finalidades, além de ser um atributo para o valor comercial da madeira. A descrição da cor da madeira torna-se uma característica ainda mais importante quando a madeira é menos conhecida ou nova no mercado.

A variação da cor natural da madeira é facilmente perceptível aos olhos humanos. Essa variação é devido à impregnação de diversas substâncias orgânicas nas paredes celulares, sendo depositadas de forma mais acentuada no cerne (TSOUMIS, 1968). O padrão de coloração de uma madeira pode variar em tonalidades que vão desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto. Dentro dessa variação, existem madeiras amarelas, avermelhadas, roxas e alaranjadas (MORI *et al.*, 2005).

Para a determinação precisa da cor utiliza-se a colorimetria, ciência que, por meio de aparelhos específicos, conhecidos como espectrofotômetros e colorímetros, permite medir e analisar cada elemento da composição de uma cor, quantificando-a, ou seja, atribuindo-lhe valores numéricos.

Um dos sistemas mais usados e precisos para mensuração de cor da madeira é o CIE-L\*a\*b\*, o qual trabalha de acordo com a norma CIE «*Commission Internationale de l'Éclairage*» (1976). Segundo HUNTERLAB (1995), o sistema CIE-L\*a\*b\* estima a cor da madeira através de três coordenadas: L\* (luminosidade) representando a cor no eixo preto-branco, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco); a\*, coordenada cromática, definindo a cor no eixo verde-vermelho; e b\*, coordenada cromática, definindo a cor no eixo azul-amarelo.

Devido à importância da cor da madeira, como uma ferramenta de verificação de padrão de qualidade e à grande variabilidade de cor na madeira de teca, sendo um material de difícil padronização, foi realizado o estudo da madeira dessa espécie, proveniente de árvores plantadas na zona experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (Cáceres, MT), visando determinar o efeito das características físicas e químicas da madeira na variabilidade da cor.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da densidade e do teor de extrativos na variação da cor da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.) proveniente de plantios de diferentes espaçamentos.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar a densidade aparente e o teor de extrativos da madeira de teca;
- Determinar a variação da cor da madeira de teca, através do sistema CIE-L\*a\*b\*, nas seções longitudinal radial e longitudinal tangencial;
- Determinar as correlações entre as variáveis estudadas: coordenadas de cor (L\*, a\* e b\*), densidade e teor de extrativos da madeira.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Características da espécie de *Tectona grandis* L. f.

A teca (*Tectona grandis* L.f., Família Verbenaceae) tem se tornado uma das mais valiosas e mais importantes espécies tropicais no mercado internacional devido às características físicas, mecânicas e estéticas de sua madeira (MIRANDA *et al.*, 2011; MOYA & PÉREZ, 2007).

As excelentes propriedades da madeira associadas ao ciclo de rotação relativamente curto (entre 20 e 25 anos) tem aumentado as áreas de plantio comercial de teca em todo o mundo (DERKYI *et al.*, 2009; SCHMINCKE, 2000). Segundo a FAO (2006), estima-se que os reflorestamentos com teca na Ásia, África, Oceania e América do Sul, já somam mais de seis milhões de hectares. No Brasil, a superfície plantada ainda é inexpressiva, sendo na sua maioria localizada no Estado de Mato Grosso, que totaliza, atualmente, pouco mais do que 50.000 hectares (EMBRAPA FLORESTAS, 2004). O Estado do Mato Grosso apresenta condições ambientais adequadas para o pleno desenvolvimento da espécie, o que proporciona taxas de crescimento superiores às dos plantios da maioria dos países produtores dessa madeira.

Nos últimos anos, a espécie tem sido amplamente plantada em povoamentos de monocultura ou em sistemas agroflorestais, principalmente na região Norte e Centro-Oeste do Brasil (ORFANÓ, 2005).

As árvores são caducifólias, com alturas variando entre 20 e 30 metros. A espécie possui tronco ereto, espesso, cilíndrico, de casca parda e fissurada longitudinalmente (Figuras 1A e 1D). As folhas são simples e opostas, grandes, de 20 a 30 cm de comprimento, e decíduas, de coloração verde-opaca, inserida em ramos quadrangulares (Figuras 1B e 1C). As inflorescências são grandes, terminais, em panículas ramificadas dicotomicamente, com flores branco-azuladas, pequenas e com tubo expandido em 5 a 6 divisões curtas, formadas de janeiro a março (Figura 1E). Os frutos são do tipo drupa, secos, envolvidos por remanescentes do cálice, externamente esponjosos com 4 sementes num envoltório duro (Figura 1F) (LORENZI *et al.*, 2003).

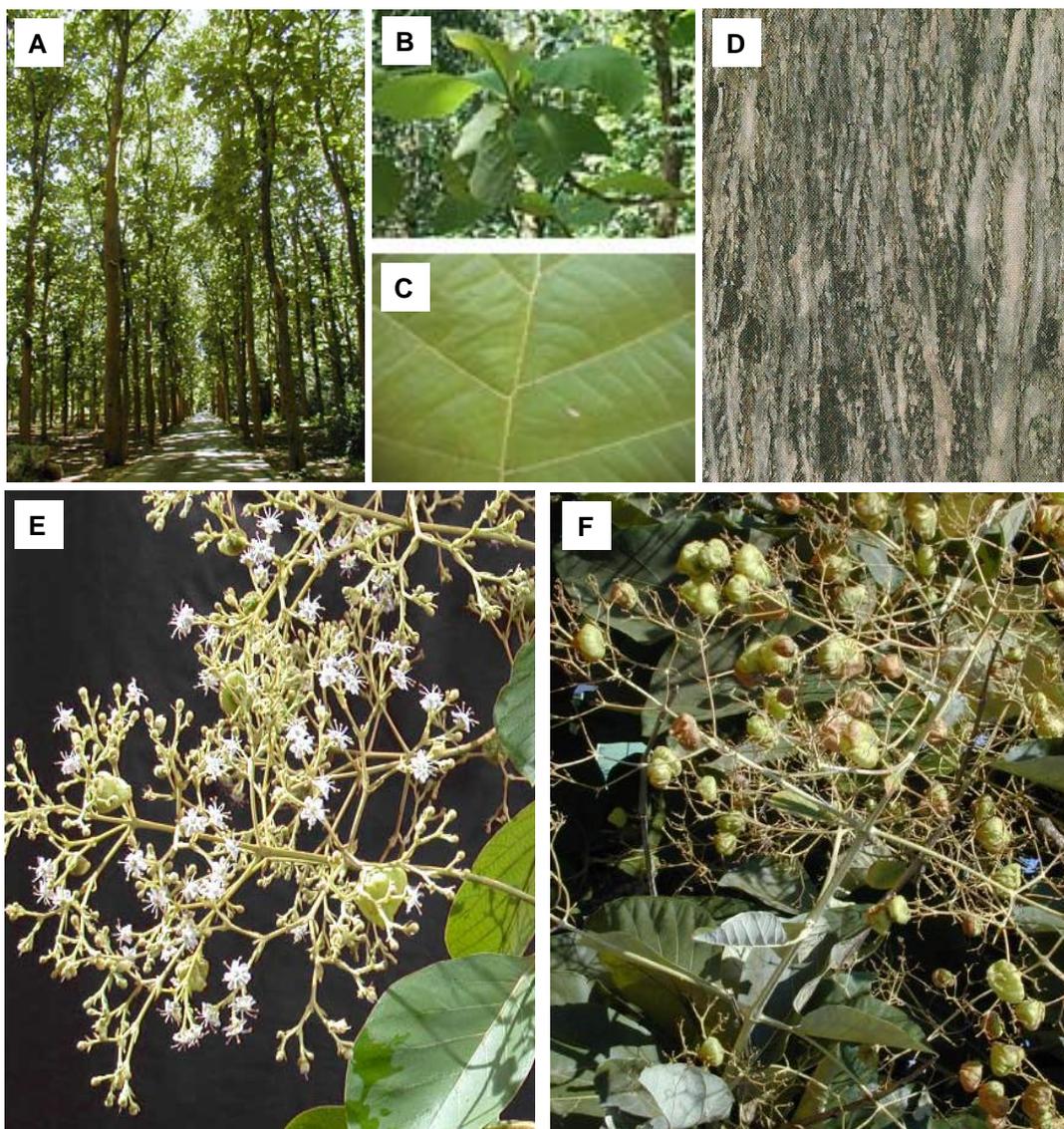


Figura 1. Características morfológicas da espécie de *Tectona grandis* L. f. (A) Povoamento. (B) Ramo. (C) Folha. (D) Casca. (E) Inflorescência. (F) Frutos (Fonte: <http://www.ipef.com.br>; <http://www.multiflorestal.com>; LORENZI *et al.*, 2003).

De acordo com MIRANDA *et al.* (2011), a madeira de teca é moderadamente dura e pesada, com densidades variando entre 0,44 e 0,82 g cm<sup>-3</sup>, seca bem em estufa e apresenta bons resultados quando processada mecanicamente. É considerada privilegiada devido à alta durabilidade natural do cerne, alta estabilidade dimensional e estética agradável, sendo altamente recomendada para a construção naval, madeira serrada, mobília e na carpintaria em geral. A alta durabilidade natural e alta estabilidade dimensional da madeira de teca são causadas pela presença de algumas substâncias tais como o caucho, espécie de látex responsável pela redução de absorção de água e a tectoquinona, um preservativo natural contido nas células da madeira (KOKUTSE *et al.*, 2006).

A madeira apresenta alburno de cor clara, bem distinto do cerne, cuja cor é marrom viva e brilhante (Figura 2A). A madeira é semi-porosa com anéis de crescimento distintos demarcados por linhas de parênquima marginal (Figura 2B).

Quanto às características microscópicas, a madeira apresenta poros solitários e múltiplos (Figura 2C); parênquima axial paratraqueal escasso e vasicêntrico e em bandas terminais; raios homogêneos, compostos por um único tipo de célula (procumbentes) (Figura 2D) e raios multisseriados (Figura 2E).

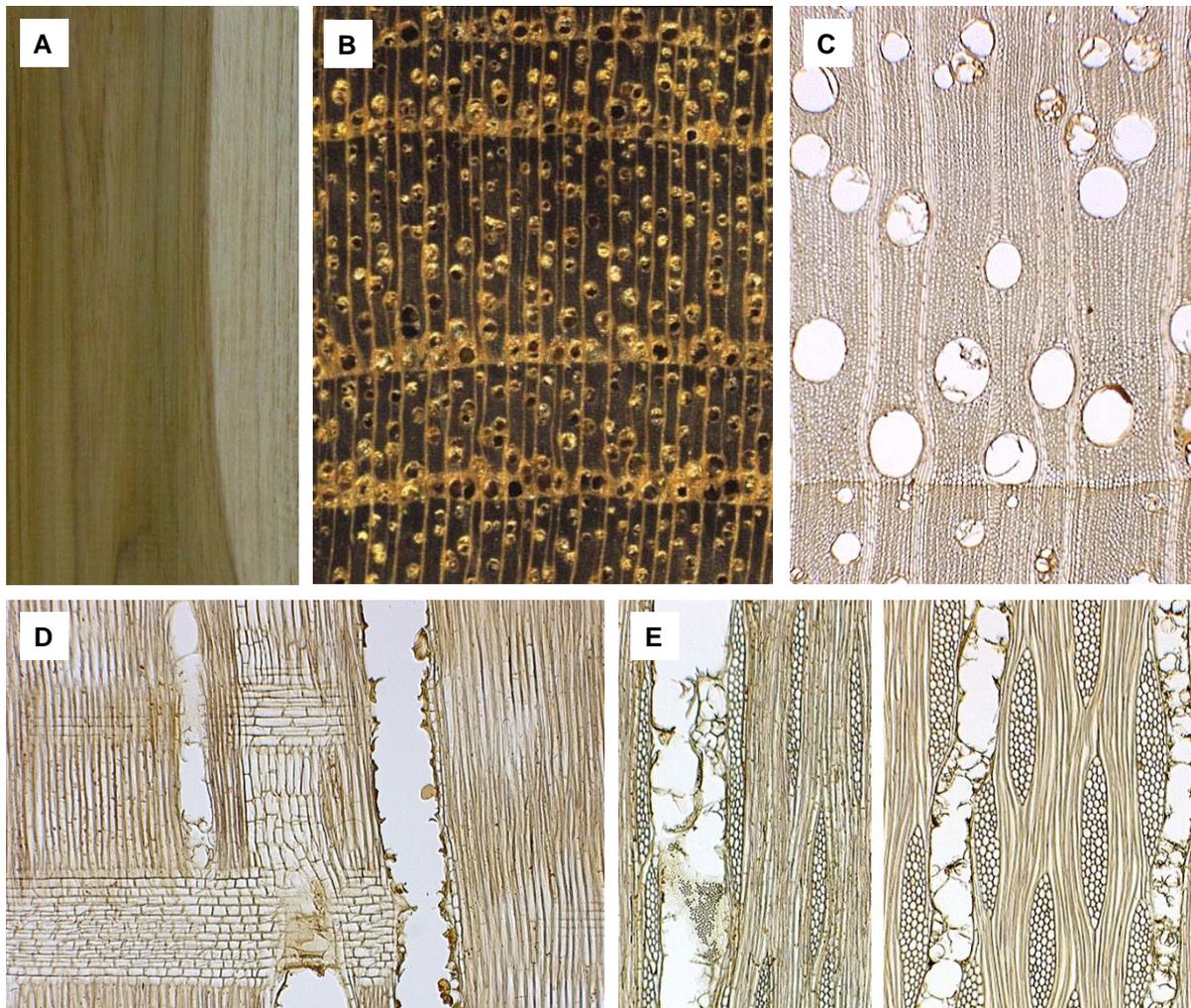


Figura 2. Características anatómicas da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.). (A) Madeira de cerne e alborno. (B) Seção transversal macroscópica. (C) Seção transversal microscópica. (D) Seção longitudinal radial. (E) Seção longitudinal tangencial (Fonte: <http://www.delta-intkey.com>).

### 3.2 A cor da madeira

#### 3.2.1 Importância da cor da madeira

Características como a densidade, textura, grã e dureza são bastante utilizadas na classificação e na avaliação da qualidade da madeira. Recentemente, a cor também vem sendo considerada como um importante índice de classificação e qualidade da madeira (MORI *et al.*, 2004).

Segundo NISHINO *et al.* (2000), a cor é uma das mais importantes características da madeira, assim como suas propriedades mecânicas, quando usada nas mais variadas formas. A

cor da madeira dificilmente é associada à outras características físicas da madeira, entretanto, conhecendo-se melhor esta relação, pode-se entender o comportamento da coloração da madeira. Essa relação pode ser aplicada para determinar o uso apropriado das mais diferentes espécies e as condições mais adequadas de cultivo para a obtenção de produtos de qualidade.

MÖTTÖNEN *et al.* (2002) observaram que as características e a uniformidade da coloração da madeira representam um papel direto no estabelecimento do preço e no valor final do produto. A cor é, portanto, um fator crucial na aparência da madeira.

Através dessa característica é possível também obter a valorização de espécies pouco conhecidas, fazendo analogias com outras espécies já tradicionais, o que induz a utilização de termos de referência, como “padrão mogno”, “padrão cerejeira”, entre outros (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

Sendo assim, torna-se claro a importância da cor, uma vez que ela é um dos primeiros contatos visuais, podendo indicar de forma imediata a finalidade de um determinado produto. Além disso, no caso da madeira, a cor tem essa importância, por ser uma das características que a classifica esteticamente como aceitável ou não (MORI *et al.*, 2005).

### 3.2.2 Fatores que afetam a cor da madeira

Vários fatores podem influenciar a cor da madeira, tais como a composição química, a estrutura anatômica, o método de derrubada, a posição da amostra na árvore, as condições do meio ambiente, a altura, o diâmetro e a idade da árvore, além dos fatores genéticos inerentes a cada espécie (GONÇALES, 1993).

Segundo MADY (2000) e DESH & DINWOODIE (1993), as cores das madeiras são fortemente influenciadas pela quantidade e pela composição química de extrativos presentes na parede celular. Segundo PHILIPP & ALMEIDA (1988), os extrativos são compostos de baixo peso molecular, geralmente formados por terpenos, óleos essenciais, resinas, taninos, graxas e corantes, polifenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas, entre outros, conferindo diferenciadas cores ao lenho.

HITTLER *et al.* (1972) afirmam que o alto teor de extrativos está relacionado com a luminosidade ou claridade ( $L^*$ ), ou seja, quanto mais escura for a madeira, maior será a quantidade de extrativos presentes no seu lenho.

As características anatômicas tais como anéis de crescimento, vasos, raios e tipos de parênquima axial, também podem influenciar a cor da madeira (MADY, 2000). MACGUINNES & PHELPS (1983), estudando lâminas de *Junglans nigra*, observaram que as diferenças de cor encontradas manifestaram-se em todos os elementos anatômicos. Entretanto, estes autores encontraram poucas diferenças entre as lâminas claras e escuras dessa espécie em relação a porcentagem de elementos anatômicos, concluindo que a cor da madeira de *Junglans nigra* é mais afetada pelo teor de componentes corantes que pelos elementos anatômicos.

Além da grande variabilidade de cor entre as espécies e entre indivíduos da mesma espécie, a cor também é instável no mesmo indivíduo, ou seja, ela tende a alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com os componentes químicos da madeira, tais como a lignina (MORI *et al.*, 2005). WEBB & SULLIVAN (1964) e DESH & DINWOODIE (1993) também afirmam que o contato com a luz pode alterar a cor da madeira através da oxidação de determinados extrativos.

A mudança da cor na madeira resulta da ação de múltiplos agentes externos nos componentes estruturais e nos extrativos da madeira (HON, 1975), especialmente as radiações ultravioletas, que provocam a deterioração dos seus elementos constitutivos, destacando-se a

lignina (ROWELL, 1990). De acordo com HON & CHANG (1985), a celulose é menos susceptível aos raios ultravioletas.

O processo de secagem da madeira em estufa também pode causar o seu escurecimento (DESH & DINWOODIE, 1993). MÖTTÖNEN *et al.* (2002) relataram que a madeira tende a escurecer no processo de secagem, ou seja, ocorre uma redução na luminosidade ( $L^*$ ). SULLIVAN (1967) observou que durante a secagem da madeira, a luminosidade aumentou e a cromaticidade diminuiu.

### 3.3 Colorimetria no sistema CIE- $L^*a^*b^*$

Na maioria das vezes, a determinação de um padrão de cor na madeira é realizado de forma bastante subjetiva. Dentre a variedade de formas de descrever precisamente uma cor, existem métodos capazes de discerní-la cientificamente e de modo preciso (MORI *et al.*, 2004).

A colorimetria é um método básico no qual as cores podem ser expressas de forma precisa, descrevendo numericamente cada elemento da composição de uma cor, através de aparelhos apropriados (colorímetros ou espectrofotômetros). Um dos sistemas mais utilizados para medição de cores é o sistema CIE- $L^*a^*b^*$ , o qual trabalha de acordo com a norma CIE «*Commission Internationale de l'Éclairage*» (1976), sendo caracterizado por três diferentes coordenadas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) em um espaço de cor tridimensional (Figura 3A). A coordenada  $L^*$  representa a luminosidade ou claridade, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco), enquanto que  $a^*$  e  $b^*$  representam as variáveis cromáticas nos eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente, ambas variando entre -60 e +60 (STANAZIOLA, 1986). No diagrama de cromaticidade CIE- $L^*a^*b^*$ , os sinais positivos e negativos indicam: aumento na cor vermelha ( $+a^*$ ), aumento na cor verde ( $-a^*$ ), aumento na cor amarela ( $+b^*$ ) e aumento na cor azul ( $-b^*$ ) tal como apresentado na Figura 3B.

Geralmente, as cores das madeiras estão situadas no primeiro quadrante do diagrama de cromaticidade, ou seja, tendendo ao vermelho ( $a^*$ ) ou ao amarelo ( $b^*$ ) (Figura 3B).

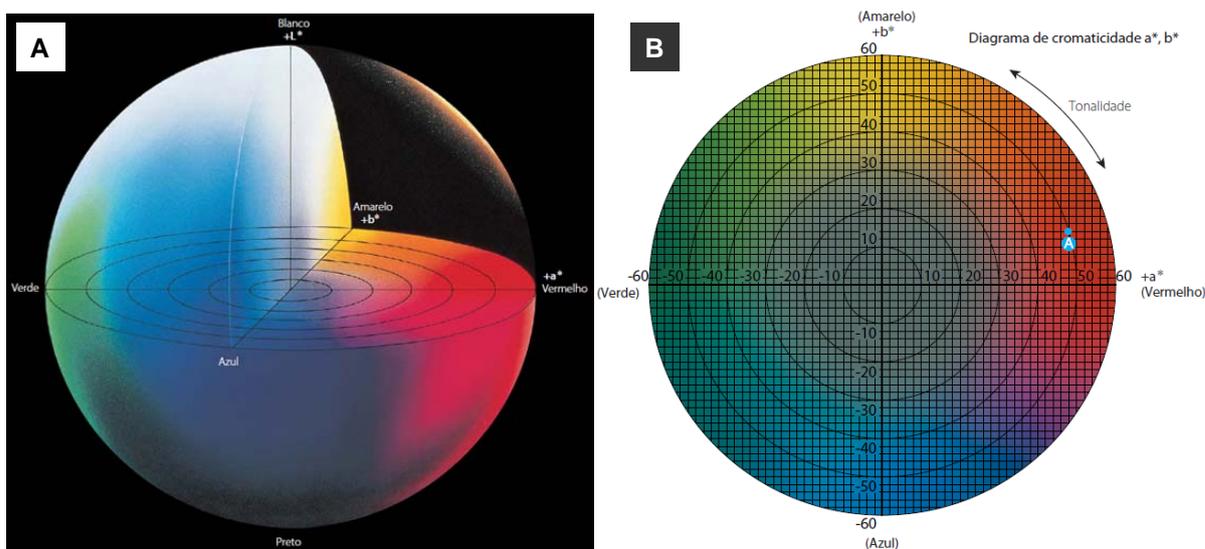


Figura 3. (A) Espaço tridimensional de cor no sistema CIE- $L^*a^*b^*$ .  $L^*$ : luminosidade (eixo preto-branco).  $a^*$  e  $b^*$ : variáveis cromáticas (eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente). (B) Diagrama de cromaticidade (Fonte: KONICA MINOLTA SENSING Inc., 1998).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Foram utilizadas duas árvores de *Tectona grandis* L. f. provenientes de plantios de 12 anos de idade, sendo uma para cada espaçamento (5 x 2 m e 6 x 2 m), localizados na zona experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, na cidade de Cáceres, Estado de Mato Grosso, cujas coordenadas geográficas são de 16°11'42''S e 57°40'51''W, e altitude de 117 m.

As toras foram processadas no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira, do Departamento de Produtos Florestais (DPF) do Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

À partir das toras processadas, foram retiradas amostras do cerne e alburno, perfeitamente orientadas nos três planos de corte (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial), as quais apresentaram as seguintes dimensões: 50 x 25 x 25 mm (comprimento x largura x espessura). As amostras foram obtidas à 2 m de altura à partir do DAP.

Foram utilizadas 5 amostras de cerne e 5 amostras de alburno para cada espaçamento, totalizando 20 amostras. As amostras foram acondicionadas em câmara climática à temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa, até atingirem o teor de umidade de equilíbrio de aproximadamente 12%.

### 4.2 Determinação da densidade aparente

Para a determinação da densidade aparente à 12% de umidade, as amostras foram pesadas com o auxílio de uma balança eletrônica e um paquímetro digital Starrett®, ambos disponíveis no Departamento de Produtos Florestais (IF/UFRRJ). A densidade foi então calculada através da seguinte equação:

$$DENS = M/V \quad (1)$$

onde: DENS: densidade aparente da madeira à 12% de umidade ( g cm<sup>-3</sup>); M: peso da amostra à 12% de umidade (g); V: volume da amostra à 12% de umidade (cm<sup>3</sup>).

### 4.3 Determinação da cor no sistema CIE-L\*a\*b\*

As análises colorimétricas foram realizadas com o auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta (Figura 4), disponível no Departamento de Produtos Florestais (IF, UFRRJ).

A medição foi realizada através do contato direto da superfície da amostra em pontos pré-determinados e a área de iluminação do aparelho, com diâmetro de 3 mm (SAV), utilizando-se o iluminante padrão D<sub>65</sub> e observador padrão suplementar 10°. Antes das medições as superfícies das amostras foram lixadas com uma sequência de lixas de granulometria de 120 e 220.

Para cada amostra, foram determinadas as variáveis L\* (luminosidade), a\* (verde-vermelho) e b\* (azul-amarelo) nas seções longitudinal radial (L\*-radial, a\*-radial e b\*-radial) e longitudinal tangencial (L\*-tang., a\*-tang. e b\*-tang.). Foram efetuadas 5 observações em cada seção, para cada uma das 20 amostras, totalizando 200 observações.

Os dados coletados pelo espectrofotômetro foram então transferidos para o software SpectraMagic NX™ (Konica Minolta) e então exportados para o software Microsoft Office EXCEL.



Figura 4. Espectrofotômetro portátil CM 2600d (Konica Minolta) utilizado para as análises colorimétricas.

#### 4.4 Determinação do teor de extrativos

O teor de extrativos da madeira foi determinado de acordo com os métodos de análises químicas utilizados no Laboratório de Química da Madeira (DPF/IF/UFRRJ) tal como descrita por ABREU *et al.* (2006).

Para tal análise, as mesmas amostras utilizadas para determinação da densidade e da cor foram fragmentadas e posteriormente moídas através de um moinho de rotor vertical, modelo MA 340 da Marconi®, disponível no Laboratório de Pesquisa e Estudos em Reflorestamento do Departamento de Silvicultura (IF/UFRRJ), seguindo as especificações da norma ABCP M1 (Figura 5A-C).

A extração foi realizada a partir de 20 gramas da amostra seca ao ar com três solventes orgânicos de ordem crescente de polaridade, sendo eles: ciclohexano, acetato de etila e metanol, utilizando-se um extrator Soxhlet durante 24 horas ininterruptas para cada solvente (Figura 5D).

Após cada extração, utilizou-se um rotavapor giratório para retirar o excesso de solvente por sucção, e os extrativos foram então armazenados em recipientes de vidro previamente tarados e depositados em capela para a completa evaporação do solvente. Em seguida, os recipientes de vidro contendo os extrativos foram pesados, obtendo-se a massa de extrativos em gramas. Considerando-se a quantidade de partículas empregadas, calculou-se a porcentagem de extrativos de acordo com a norma ACP M2/71. Foi realizada somente uma repetição para cada tratamento.

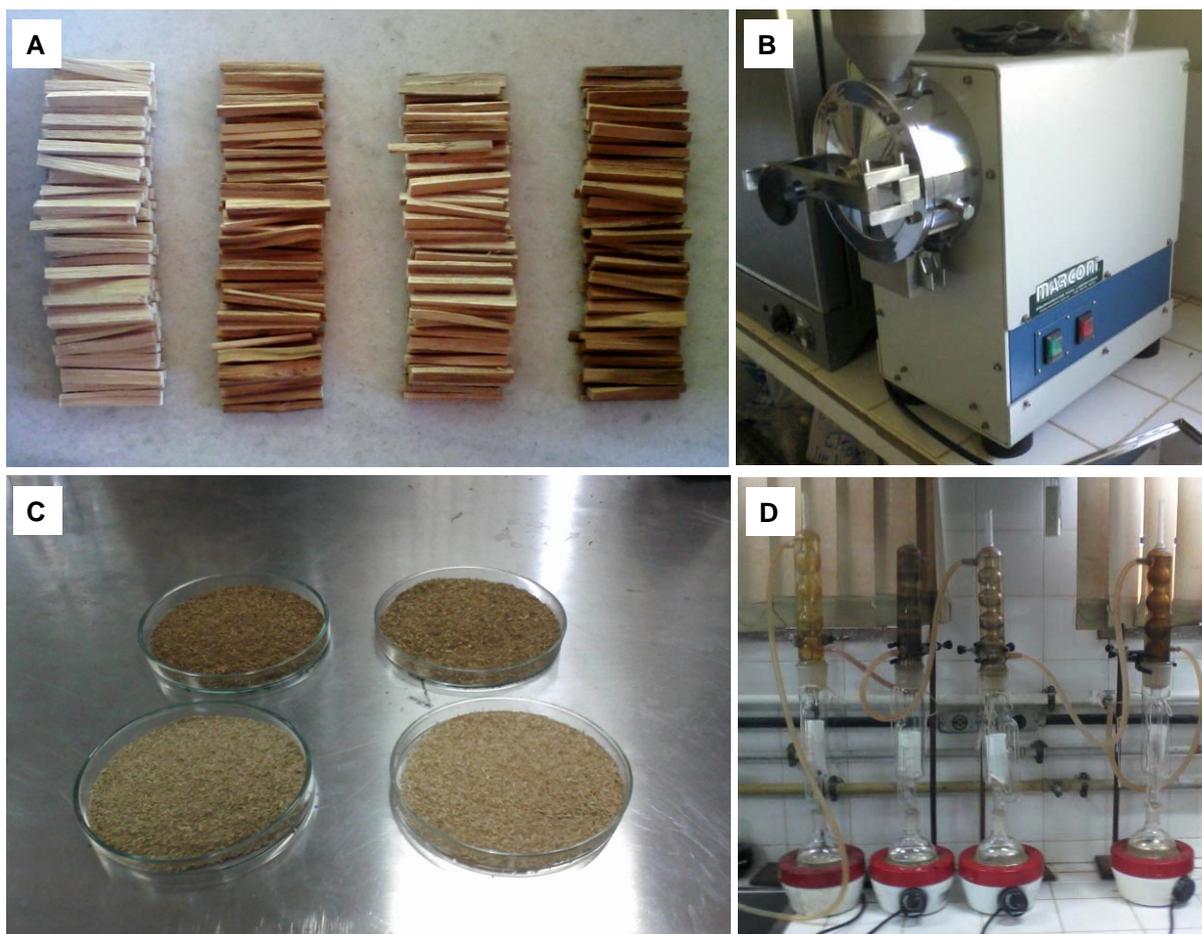


Figura 5. (A) Amostras de madeira fragmentadas. (B) Moinho de rotor vertical, modelo MA 340 da Marconi<sup>®</sup> utilizado para moer a madeira. (C) Amostras moídas de cerne e alburno de cada espaçamento. (D) Processo de extração no Soxhlet.

#### 4.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos para a densidade aparente e as coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA) com o auxílio do programa SAS<sup>®</sup> System a fim de determinar as diferenças significativas entre as médias de cada tratamento. As variáveis independentes estudadas foram: dois espaçamentos (6 x 2 m e 5 x 2 m) e dois tipo de madeira (cerne e alburno), enquanto que as variáveis dependentes foram: densidade,  $L^*$ -radial,  $a^*$ -radial,  $b^*$ -radial,  $L^*$ -tang.,  $a^*$ -tang.,  $b^*$ -tang e teor de extrativos.

Análises de correlação de Pearson foram realizadas a fim de determinar o efeito da densidade e do teor de extrativos na variação da cor da madeira de cerne e alburno.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Efeito do espaçamento na variação da densidade e da cor da madeira

As análises estatísticas indicaram diferenças significativas ( $F = 25,62$ ,  $Pr > F < 0,0001$ ) entre as densidades da madeira de cerne e alburno para ambos os espaçamentos

(Tabela 1). A Figura 6 apresenta os valores médios para a densidade aparente da madeira do cerne e alburno, para os dois espaçamentos utilizados (6 x 2 m e 5 x 2 m). As madeiras do espaçamento menos adensado (6 x 2 m), apresentaram densidades mais altas que o espaçamento mais adensado (5 x 2 m). Isso pode ser explicado pela taxa de crescimento e pelas características anatômicas da teca, ou seja, as madeiras do espaçamento 1 (6 x 2) apresentam uma taxa de crescimento maior e conseqüentemente anéis de crescimento mais largos. Como a espécie de teca apresenta uma madeira semi-porosa (Figura 2B), anéis mais largos caracterizam uma madeira com maior proporção de fibras e menor proporção de vasos, resultando em uma maior densidade.

Tabela 1. Estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação) e valores de F obtidos pela análise de variância (ANOVA) para a densidade aparente e as coordenadas de cor (L\*, a\* e b\*) da madeira de cerne e alburno de *Tectona grandis* L. f., proveniente de diferentes espaçamentos.

Variáveis	Espaçamento 1 (6 x 2 m)		Espaçamento 2 (5 x 2 m)		Valor F
	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	
Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	0,607 b (0,01) [1,65]	0,627 a (0,01) [1,59]	0,585 c (0,01) [1,71]	0,562 d (0,01) [1,78]	25,62** Pr>F <0,0001
L*-radial	59,17 c (2,90) [5,07]	72,19 b (2,05) [2,84]	59,47 c (3,33) [5,60]	77,60 a (1,36) [1,75]	26,56** Pr>F <0,0001
a*-radial	10,42 a (0,50) [4,80]	4,26 c (0,34) [7,98]	9,25 b (0,49) [5,30]	3,36 d (0,20) [5,95]	125,67** Pr>F <0,0001
b*-radial	26,78 a (0,81) [3,02]	19,10 c (0,88) [4,60]	21,51 b (2,50) [11,62]	18,43 c (0,83) [4,50]	18,64** Pr>F <0,0001
L*-tang.	61,27 c (2,70) [1,48]	69,52 a (1,48) [2,12]	65,78 b (1,85) [2,40]	71,50 a (0,80) [1,12]	19,21** Pr>F <0,0001
a*-tang.	9,52 a (0,97) [10,19]	5,34 c (0,20) [3,74]	8,65 b (0,49) [5,66]	5,17 c (0,21) [4,06]	39,45** Pr>F <0,0001
b*-tang.	25,94 a (1,86) [7,21]	20,74 b (0,38) [1,83]	27,03 a (1,82) [6,73]	21,43 b (0,54) [2,52]	13,17** Pr>F <0,0001

L\*-radial e L\*-tang.: luminosidade variando entre zero (preto) e 100 (branco) nas seções radial e tangencial, respectivamente. a\*-radial e a\*-tang.: variável cromática a\* (vermelho) nas seções radial e tangencial, respectivamente e b\*-radial e b\*-tang.: variável cromática b\* (amarelo) nas seções radial e tangencial, respectivamente. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão e os valores entre colchetes ao coeficiente de variação experimental. \*\* Significativo à 99% de probabilidade. Médias com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si segundo o teste de Duncan.

Quanto às variáveis de cor, as análises estatísticas indicaram diferenças significativas entre os espaçamentos para a luminosidade (L\*). Para a madeira do cerne, não foram observadas diferenças significativas entre os valores de L\*-radial dos dois espaçamentos na seção radial (Figura 7A). Entretanto, na seção tangencial, L\*-tang. do cerne foi estatisticamente menor para o espaçamento 1 (6 x 2 m), comparado ao espaçamento 2 (5 x 2 m), indicando que a madeira é mais escura no primeiro espaçamento (Figura 7C).

Para o alburno, a variável L\*-radial foi maior no espaçamento 2, indicando que o alburno é mais claro (maior L\*) tal como observado na Figura 7B. Na seção tangencial, não foram observadas diferenças significativas entre os espaçamentos para a madeira do alburno (Figura 7D).

Para a coordenada de cromaticidade a\*, as análises estatísticas indicaram diferenças significativas entre os espaçamentos. Na seção radial, a madeira de cerne apresentou diferenças entre os valores de a\*-radial para os dois espaçamentos (Figura 7A), assim como

na seção tangencial (Figura 7C), sendo os valores do espaçamento 1 maiores em ambos os casos.

Na seção radial, os valores de  $a^*$ -radial para o alburno foram estatisticamente diferentes, sendo maior para o espaçamento 1, comparado ao espaçamento 2 (Figura 7B). Na seção tangencial, no entanto, o alburno não apresentou diferenças significativas entre os valores de  $a^*$ -tang. dos dois espaçamentos (Figura 7D). Os valores de ( $a^*$ ) apresentados indicam que o espaçamento 1 possui mais pigmento vermelho.

As análises estatísticas também indicaram diferenças significativas entre os espaçamentos para a variável cromática ( $b^*$ ). Na seção radial, a variável  $b^*$ -radial da madeira do cerne apresentou diferenças entre os dois espaçamentos (Figura 7A), onde o maior valor foi observado para o espaçamento 1, indicando a presença de mais pigmento amarelo.

Entretanto, na seção tangencial não foram observadas diferenças significativas entre os valores de  $b^*$ -tang dos dois espaçamentos (Figura 7C). Para o alburno, não foram observadas diferenças significativas entre os espaçamentos para a variável  $b^*$  em nenhuma das seções, tanto radial quanto tangencial.

Os resultados obtidos neste estudo para a cor da madeira de teca corroboram com os resultados de OLIVEIRA *et al.* (2010). Estes autores determinaram a variação da cor da madeira de teca na face tangencial, proveniente de árvores de diferentes espaçamentos e encontraram diferenças significativas entre as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  do alburno e  $a^*$  do cerne.

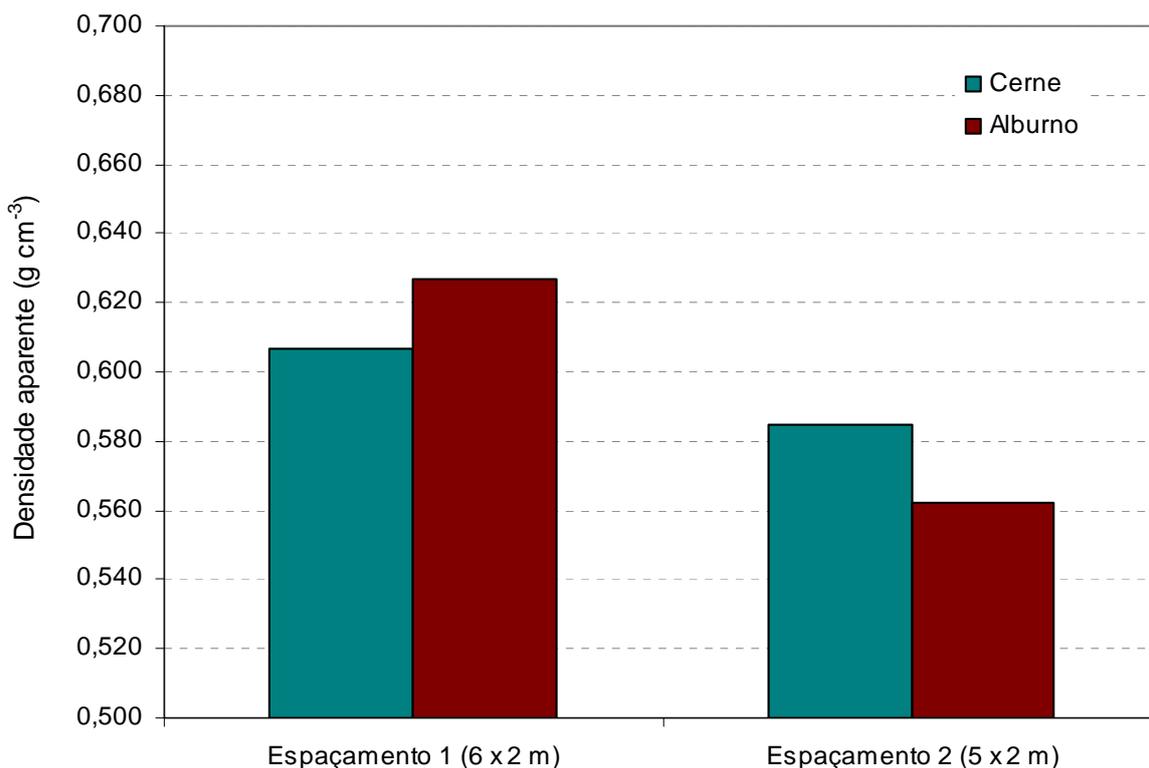


Figura 6. Densidade aparente da madeira de cerne e alburno de *Tectona grandis* L. f. em função do espaçamento.

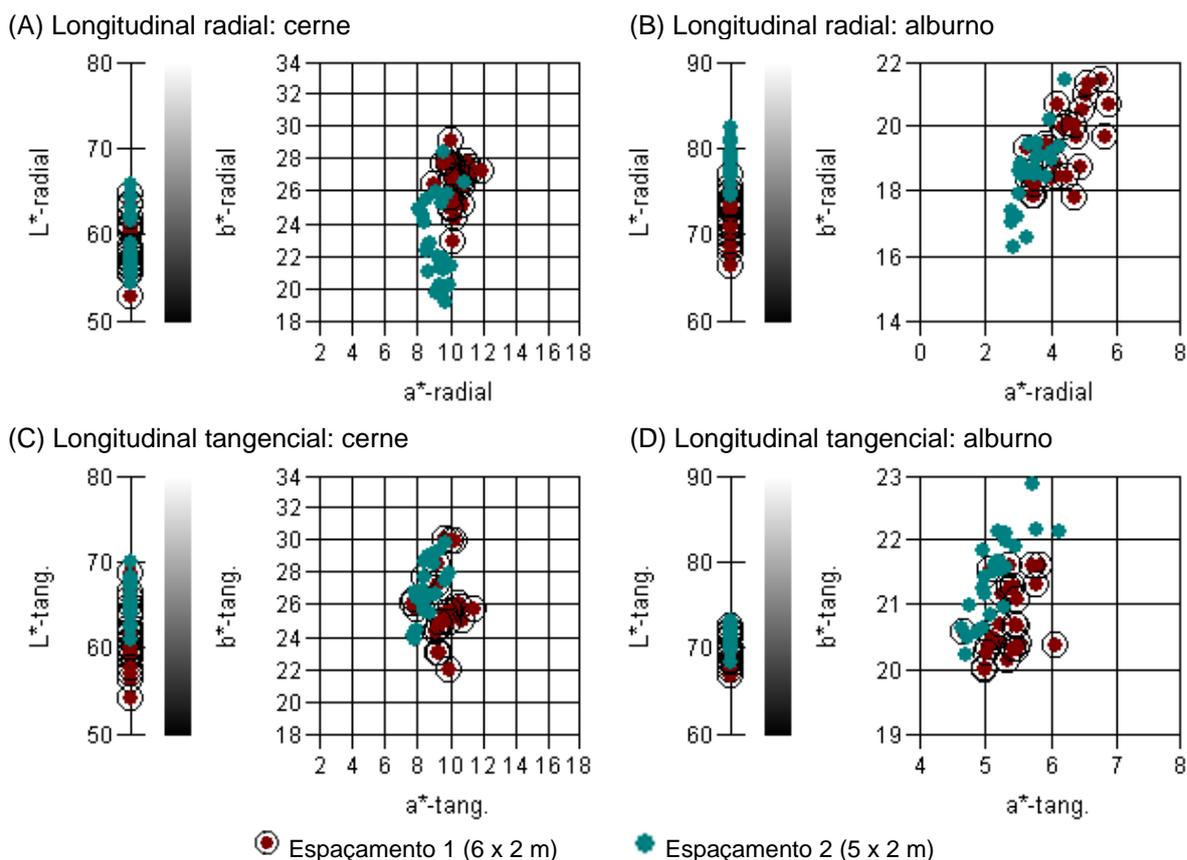


Figura 7. Coordenadas de cor obtidas para a madeira do cerne e do alburno, nas seções radial e tangencial, de *Tectona grandis* L. f. proveniente de dois diferentes espaçamentos.

## 5.2 Efeito do espaçamento na variação do teor de extrativos da madeira

O espaçamento 1 apresentou um maior teor de extrativos total tanto para o cerne quanto para o alburno com valores de 4,35 e 1,55%, respectivamente, o que poderia explicar as maiores densidades aparentes encontradas (Figura 6). O espaçamento 2 apresentou um teor de extrativo total de 3,35 e 1,20% para o cerne e alburno, respectivamente. OLIVEIRA (2011) encontrou uma diferença significativa entre as densidades da madeira de teca com e sem extrativos, com valores médios de 0,669 e 0,631 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Tal como esperado, o cerne apresentou um maior teor de extrativos que o alburno, o que corrobora com os resultados de DESH & DINWOODIE (1993).

Tabela 2. Teor de extrativos da madeira de cerne e alburno de *Tectona grandis* L. f., proveniente de diferentes espaçamentos.

Teor de extrativos (%)	Espaçamento 1 (6 x 2 m)		Espaçamento 2 (5 x 2 m)	
	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno
Ciclohexano	1,10	0,40	0,95	0,25
Acetato de Etila	1,70	0,65	1,25	0,40
Metanol	1,55	0,50	1,15	0,55
Total	4,35	1,55	3,35	1,20

### 5.3 Efeito da densidade na variação da cor da madeira

As análises de correlação entre a densidade e as coordenadas de cor indicaram correlações significativas, tanto para o cerne quanto para o albúrneo (Tabela 3). Para a madeira de cerne, a densidade apresentou uma correlação positiva ( $r = 0,8509$ ) com a coordenada  $b^*$ -radial (Figura 8A), indicando que as madeiras mais densas do cerne apresentam mais pigmento amarelo na seção radial. A densidade do cerne também apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,6484$ ) com a coordenada  $L^*$ -tang. (Figura 8B), enquanto que  $L^*$ -tang. apresentou uma correlação positiva ( $r = 0,7276$ ) com  $b^*$ -tang. (Figura 8C). Estes resultados indicam que, na seção tangencial, as madeiras mais densas do cerne são mais escuras (menor  $L^*$ ) e apresentam menos pigmento amarelo ( $b^*$ ). Os diferentes comportamentos de  $b^*$  nas faces radial e tangencial, poderiam ser explicados pela maior ou menor exposição dos raios e estudos futuros são recomendados a fim de verificar o efeito da orientação das células na variação da cor da madeira.

Tabela 3. Análises de correlação de Pearson entre a densidade, o teor de extrativos e as coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da madeira de *Tectona grandis* L. f. para as seções longitudinal radial e longitudinal tangencial.

LONGITUDINAL RADIAL		DENS	Extrativos	$L^*$ -radial	$a^*$ -radial	$b^*$ -radial
CERNE	DENS	1				
	$L^*$ -radial	0,2783	-	1		
	$a^*$ -radial	0,3731	-	-0,2805	1	
	$b^*$ -radial	<b>0,8509**</b>	-	0,4216	0,5284	1
ALBURNO	DENS	1				
	$L^*$ -radial	<b>-0,8545**</b>	-	1		
	$a^*$ -radial	<b>0,8843**</b>	-	<b>-0,9404**</b>	1	
	$b^*$ -radial	0,3940	-	-0,4057	0,5560	1
CERNE+ALBURNO	DENS	1				
	Extrativos	0,2078	1			
	$L^*$ -radial	-0,1960	<b>-0,9558*</b>	1		
	$a^*$ -radial	0,1434	<b>0,9900**</b>	<b>-0,9553**</b>	1	
	$b^*$ -radial	0,2758	0,9470	<b>-0,7365**</b>	<b>0,8676**</b>	1
LONGITUDINAL TANGENCIAL		DENS	Extrativos	$L^*$ -tang.	$a^*$ -tang.	$b^*$ -tang.
CERNE	DENS	1				
	$L^*$ -tang.	<b>-0,6484*</b>	-	1		
	$a^*$ -tang.	0,4007	-	-0,4856	1	
	$b^*$ -tang.	-0,1888	-	<b>0,7276*</b>	0,0523	1
ALBURNO	DENS	1				
	$L^*$ -tang.	<b>-0,7161*</b>	-	1		
	$a^*$ -tang.	0,4662	-	<b>-0,8179**</b>	1	
	$b^*$ -tang.	-0,5862	-	0,1230	0,1951	1
CERNE+ALBURNO	DENS	1				
	Extrativos	0,2078	1			
	$L^*$ -tang.	-0,3186	<b>-0,9854*</b>	1		
	$a^*$ -tang.	0,1009	<b>0,9909**</b>	<b>-0,8732**</b>	1	
	$b^*$ -tang.	-0,0811	0,8967	<b>-0,5888**</b>	<b>0,8711**</b>	1

\* Significativo à 95% de probabilidade. \*\* Significativo à 99% de probabilidade.

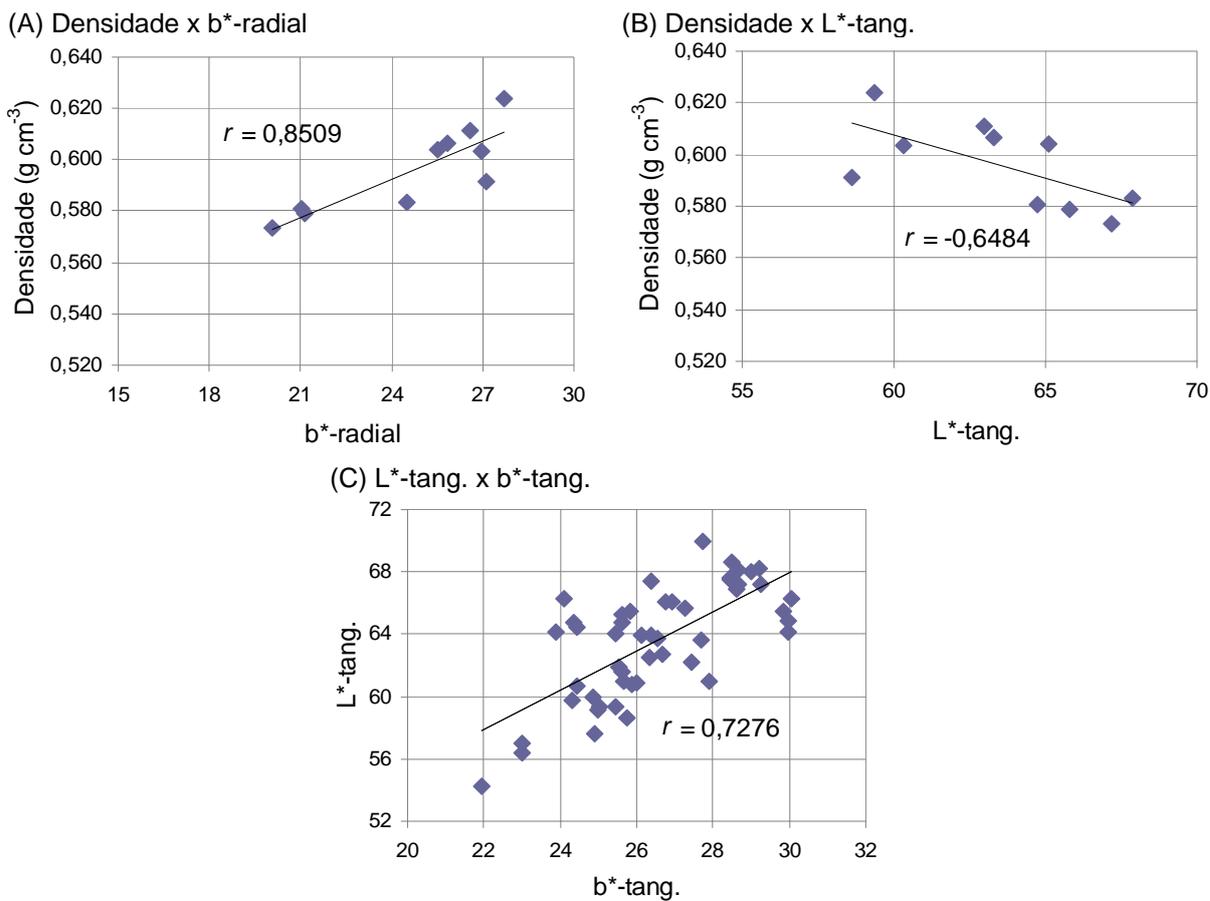
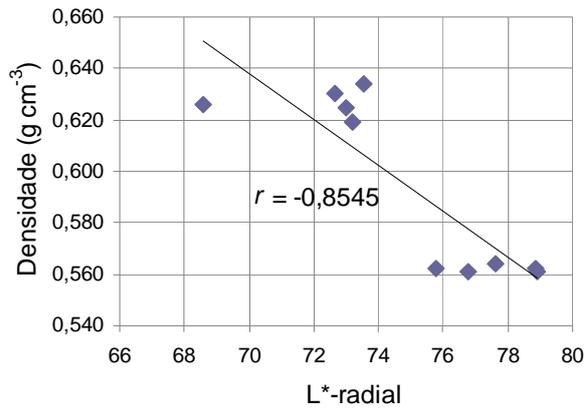


Figura 8. Correlações entre a densidade e as coordenadas de cor da madeira do cerne de *Tectona grandis* L. f.

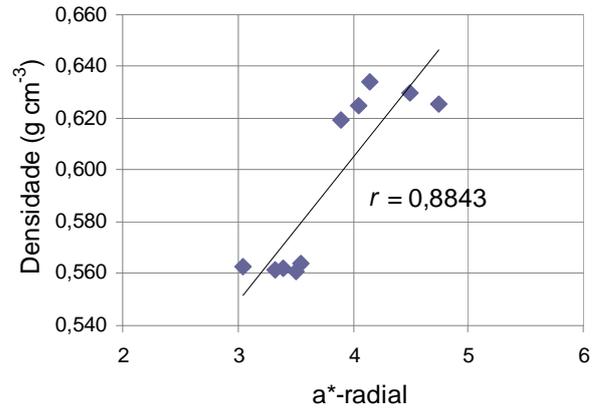
Para a madeira do alburno, a densidade apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,8545$ ) com a coordenada L\*-radial (Figura 9A) e uma correlação positiva ( $r = 0,8843$ ) com a coordenada a\*-radial (Figura 9B), enquanto que L\*-radial apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,9404$ ) com a\*-radial (Figura 9C), indicando que as madeiras de alburno mais densas são mais escuras e apresentam mais pigmento vermelho (a\*) na seção radial. Na seção tangencial, observou-se um comportamento similar ao plano radial, ou seja, a densidade do alburno apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,7161$ ) com a coordenada L\*-tang. (Figura 9D), enquanto que L\*-tang. apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,8179$ ) com a\*-tang. (Figura 9E), indicando que as madeiras mais densas do alburno também são mais escuras e apresentam mais pigmento vermelho (a\*) na seção tangencial.

Para as análises de correlação considerando todos os dados (cerne + alburno), foram observadas correlações negativas entre L\* e as variáveis cromáticas (a\* e b\*), para ambas as seções, enquanto que as coordenadas a\* e b\* apresentaram uma correlação positiva. Isso mostra que a madeira do alburno, mais clara (maior L\*), apresenta menos pigmentos vermelho (a\*) e amarelo (b\*), enquanto que a madeira do cerne, mais escura (menor L\*) apresenta mais pigmentos vermelho e amarelo.

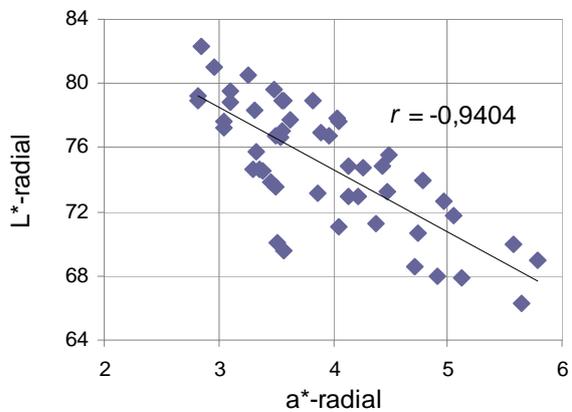
(A) Densidade x L\*-radial



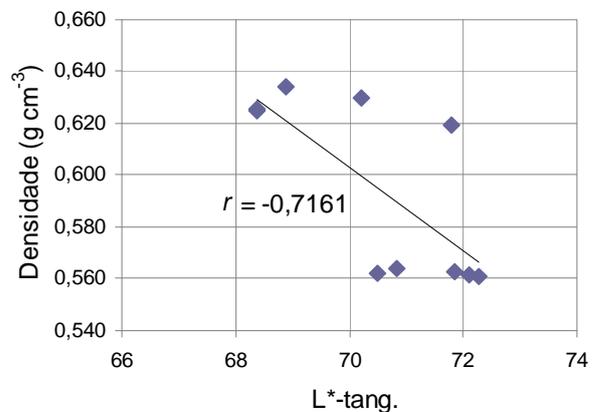
(B) Densidade x a\*-radial



(C) L\*-radial x a\*-radial



(D) Densidade x L\*-tang.



(E) L\*-tang. x a\*-tang.

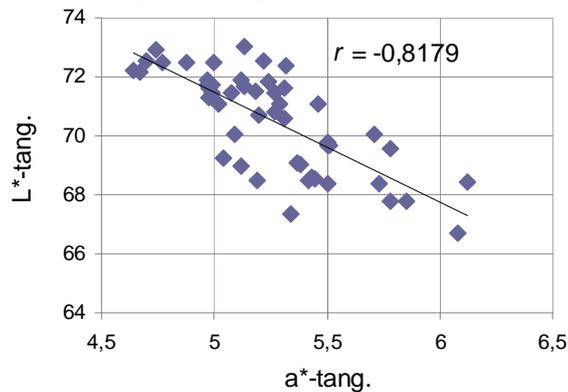


Figura 9. Correlações entre a densidade e as coordenadas de cor da madeira do alburno de *Tectona grandis* L. f.

#### 5.4 Efeito do teor de extrativos na variação da cor da madeira

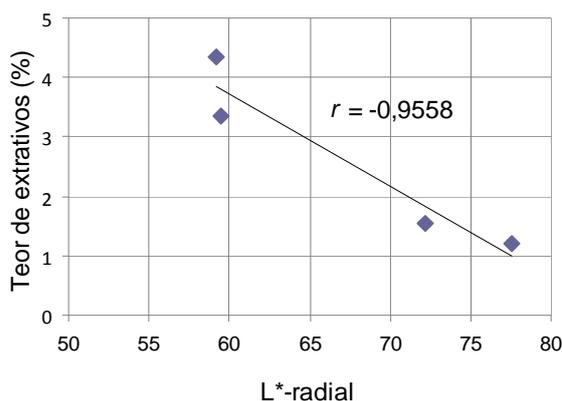
Para as análises de correlação entre os extrativos e as coordenadas de cor foram considerados todos os dados, incluindo cerne e alburno. Foram observadas correlações significativas entre o teor de extrativos total e as coordenadas L\* e a\*, para ambas as seções (Tabela 3).

As variáveis L\*-radial e L\*-tang. apresentaram uma correlação negativa com o teor de extrativos ( $r = -0,9558$  e  $r = -0,9854$ , respectivamente) (Figuras 10A e 10C), enquanto que as variáveis a\*-radial e a\*-tang. apresentaram uma correlação positiva com o teor de extrativos ( $r = 0,9900$  e  $r = 0,9909$ , respectivamente), (Figuras 10B e 10D). Estes resultados indicam que as madeiras mais escuras (menor L\*), apresentam mais pigmento vermelho e mais extrativos, o que caracteriza a madeira de cerne. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por GIERLINGER *et al.* (2004). Estes autores também observaram que a cor vermelha (a\*) e a luminosidade (L\*) da madeira de *Larix decidua* Mill estava correlacionada com o teor de extrativos.

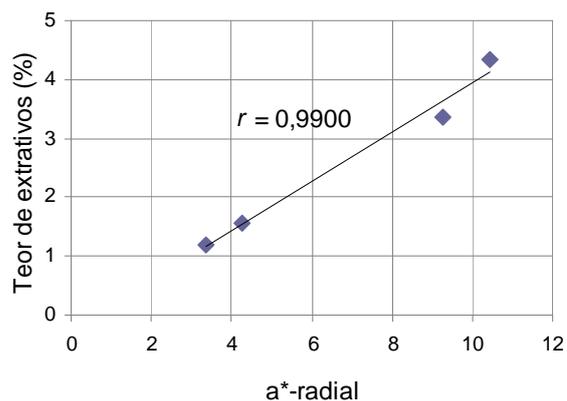
Estudos realizados por HAUPT *et al.* (2003) mostraram que o teor de extrativos da madeira de teca aumentou com a idade da árvore e que a presença de substâncias do tipo tectoquinona estava relacionado à maior durabilidade natural. GIERLINGER *et al.* (2004) também observaram que as madeiras com mais pigmento vermelho (a\*) apresentaram maior resistência à podridão.

De acordo com KOKUTSE *et al.* (2006), a colorimetria apresenta potencial para ser utilizada como indicador de qualidade e durabilidade da madeira, além de apresentar a vantagem de ser um método relativamente barato, simples e portátil.

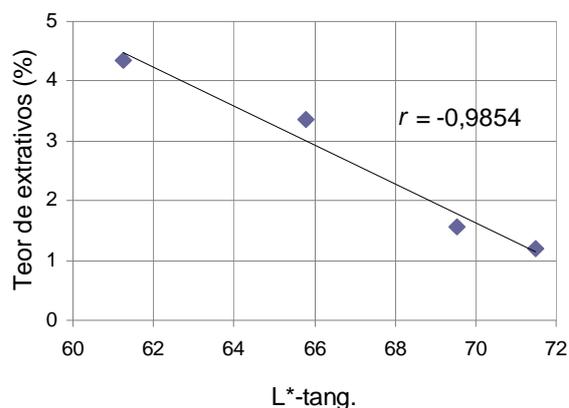
(A) Teor de extrativos x L\*-radial



(B) Teor de extrativos x a\*-radial



(C) Teor de extrativos x L\*-tang.



(D) Teor de extrativos x a\*-tang.

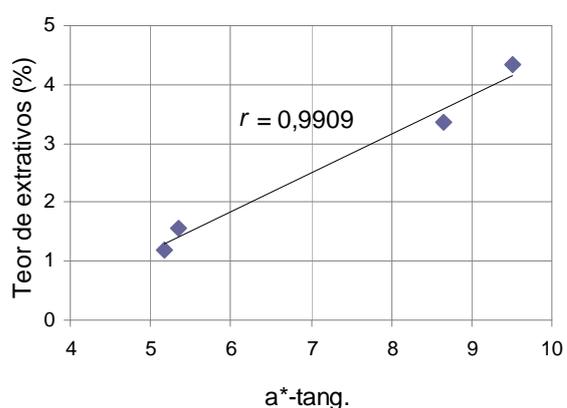


Figura 10. Correlações entre o teor de extrativos e as coordenadas de cor (L\* e a\*), nas seções longitudinal radial e longitudinal tangencial, da madeira de *Tectona grandis* L. f.

## 6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos para a densidade, o teor de extrativos e a cor da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.) proveniente de plantios de diferentes densidades, pode-se concluir que:

1. A árvore proveniente do plantio menos denso (6 x 2 m) apresentou madeira mais densa e com maior teor de extrativos;
2. As madeiras mais densas do cerne apresentam mais pigmento amarelo (b\*) na seção radial, enquanto que na seção tangencial, as madeiras mais densas são mais escuras (menor L\*) e apresentam menos pigmento amarelo (b\*);
3. As madeiras mais densas de alburno são mais escuras (menor L\*) e apresentam mais pigmento vermelho (a\*) em ambas as seções longitudinal radial e tangencial;
4. O teor de extrativos apresentou uma correlação significativa com a luminosidade (L\*) e a coordenada cromática (a\*), indicando que as madeiras mais escuras (menor L\*) e com mais pigmento vermelho (a\*) apresentam um maior teor de extrativos;
5. As coordenadas de cor variam de acordo com o plano de corte observado, indicando que a orientação das células pode afetar a cor da madeira;
6. Devido às variações de cor entre as seções radial e tangencial, pode-se utilizar a colorimetria na classificação das peças de madeira em função das exigências do mercado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H. S.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. C. A.; AMPARADO, K. F.; CHALITA, D. B. Métodos de análise em química da madeira. **Série Técnica Floresta e Ambiente**, p. 1-20, 2006.

BAILLÈRES, H.; DURAND, P. Y. Non destructive techniques for wood quality assessment of plantation-grown teak. **Bois et Forêt des Tropiques**, v. 283, p. 17-27, 2000.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Floresta**, n. 71, 2001.

DERKYI, N. S. A.; BAILLERS, H.; CHAIX, G.; THEVENOM, M. F.; OTENG-AMOAKO, A. A.; ADU-BREDU, S. Colour variation in teak (*Tectona grandis*) wood from plantations across the ecological zones of Ghana. **Ghana J. Forestry**, v. 25, p. 40-49, 2009.

DESCH, H. E.; DINWOODIE, J. M. **Timber-its structure, properties and utilization**. London: McMillan, 1993. 410 p.

EMBRAPA FLORESTAS. **Desenvolvimento da Teca no Brasil**, 2004.

FAO. **Global planted forest thematic study: results and analysis**. Rome: Working paper 38, 2006.

GIERLINGER, N.; JACQUES, D.; GRADNER, M.; WIMMER, R.; SCHWANNINGER, M.; ROZENBERG, P.; PÂQUES, L.E. Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. **Trees**, v. 18, p. 102-108, 2004.

GONÇALEZ, J. C. **Caractérisation technologique de quatre espèces peu connues de la forêt amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. 1993. 445 p. Tese (Doutorado) – École Nationale de Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Université de Nancy I, Nancy.

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.) – a case study. **Holz als Roh- und Werkstoff**, v. 61, p. 473-474, 2003.

HITTLER, C. R. FREESE, F.; SMITH, D. M. Relationships in black walnut heartwood between color and other physical and anatomical characteristics. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 4, n. 1, p. 38-42, 1972.

HON, N. S. Formation of tree radicals in photoirradiated cellulose – VI: effect of lignin. **Journal of Science Polymer Chemistry**, New York, n. 12, p. 2641-2652, 1975.

HON, D. N. S.; CHANG, S. T. Photoprotection of wood surfaces by wood-ion complexes. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 17, n. 1, p. 92-100, 1985.

HUNTERLAB. **Use measurement of appearance**. New York: A. Wiley-Interscience Publication, Wiley and Sons, 1995.

JANIN, G.; GONCALEZ, J.; ANANIAS, R.; CHARRIER, B.; FERNANDES, G.; DILEM, A. Aesthetics appreciation of wood colour and patterns by colorimetry. Part 1. Colorimetry theory for the CIELab System. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, v. 3, p. 3-13, 2001.

KOKUTSE, A. D.; STOKES, A.; BAILLÈRES, H.; KOKOU, K.; BAUDASSE, C. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L. f.) heartwood and relationship with colour. **Trees**, v. 20, p. 219-223, 2006.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor: Controle de qualidade da percepção à instrumentação**. 1998, 59 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V. & BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil - madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantaru, 2003. 368 p.

MACGINNES, E. A.; PHELPS, J. E. Growth-quality evaluation of black walnut wood. Part III: An anatomical study of color characteristics of black walnut veneer. **Wood and Fiber Science**, Madison, v.15, n 3, p. 212-218, 1983.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais**. Manaus: SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000, 212 p.

MIRANDA, I.; SOUZA, V.; PEREIRA, H. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. **Journal of Wood Science**, 2011. doi: 10.1007/s10086-010-1164-8.

MORI, C. L. S. DE O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MORI, C. L. S. DE O.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C. Influência das características da cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab Measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver birch wood. **Scandinavian Journal Forest Research**, v. 17, p. 179-191, 2002.

MOYA, R.; PÉREZ, D. Processing and marketing of teakwood products from fast-grown teak plantations in Costa Rica. In: REGIONAL WORKSHOP PRODUCTS AND MARKETING OF TEAK WOOD PRODUCTS OF PLANTED FOREST, 2007. **Proceedings...** Peechi, India: KFRI, 2007, p. 24-32.

NISHINO, Y.; JANIN, G.; YAINADA, Y.; KITANO, D. Relations between the colorimetric values and densities of sapwood. **Journal of Wood Science**, v. 46, p. 267-272, 2000.

OLIVEIRA, B. R. U. **Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de *Tectona grandis* L.f., do município de Cáceres, MT**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

OLIVEIRA, B. R. U.; AMODEI, J. B.; GARCIA, R. A.; HERNANDEZ, R.; LATORRACA, J. V. F. Colorimetria da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis* L. f.) proveniente de diferentes espaçamentos. In: VI SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E II SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2010. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

ORFANÓ, E. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): produção de mudas tipo loco**. EMBRAPA Acre, Rio Branco, 2005.

PHILIPP, P.; ALMEIDA, M. L. **Celulose e papel. Volume 1. Tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Centro Técnico em Celulose e Papel, 1988.

ROWELL, R. M. Chemical modification of wood: it's application to composite products. **FRI Bulletin**, Bogor, n. 153, p. 57-67, 1990.

SCHMINCKE, K. H. Plantaciones de teca en Costa Rica: la experiencia de la empresa Precious Woods. **Unasyuva**, v. 201, p. 1-8, 2000.

STANAZIOLA, R. **Colorimetry and the calculation of color difference**. São Paulo: Superlab, 1986. 27 p.

SULLIVAN, J. D. Color characterization of wood: color parameters of individual species. **Forest Products Journal**, Madison, v. 17, p. 25-29, 1967.

TSOUMIS, G. **Wood as raw material**. Nancy, 1968. 276 p.

WEBB, D. A.; SULLIVAN, J. D. Surface effect of light and water wood. **Forest Products Journal**, Madison, v. 14, p. 531-534, 1964.