



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

**MARIANA PINHEIRO DE OLIVEIRA**

**VARIAÇÃO RADIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis*  
ASSOCIADAS AO TEOR DE EXTRATIVO.**

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL DO NASCIMENTO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
Dezembro – 2015



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

**MARIANA PINHEIRO DE OLIVEIRA**

**VARIAÇÃO RADIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis*  
ASSOCIADAS AO TEOR DE EXTRATIVO.**

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

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL DO NASCIMENTO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
Dezembro – 2015

**VARIAÇÃO RADIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis*  
ASSOCIADAS AO TEOR DE EXTRATIVO.**

**MARIANA PINHEIRO DE OLIVEIRA**

Monografia aprovada em 04 de Dezembro de 2015.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Miguel do Nascimento  
UFRRJ / IF / DPF  
Orientador

---

Prof. Dra. Rosilei Aparecida Garcia  
UFRRJ / IF / DPF  
Membro

---

Prof. Dra Natália Dias Souza  
UFRRJ / IF / DPF  
Membro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à Deus  
e aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu grande Pai, Deus, por guiar e iluminar meus caminhos. Pelos erros e ensinamentos, alegrias e tristezas, pelas oportunidades e vivências nessa etapa da minha vida que chegou ao fim. Agradecer ao meu anjo da guarda pelo auxílio e direção e dos ensinamentos espirituais e carnavais.

Aos meus pais, Maria da Conceição Pinheiro de Oliveira e Sebastião Sergio de Oliveira por serem a minha base, e acreditarem e confiarem em mim.

Ao meu irmão Sebastião Sergio de Oliveira Junior por ser o irmão mais ausente e presente do mundo.

A minha tia Ednéa Pinheiro pelas conversas, por me ensinar, enxergar e entender e acreditar mais em mim do que eu mesma.

A Verônica Pinheiro por ser um exemplo que desejo seguir na minha vida.

Aos meus familiares por sempre estarem presentes todas as etapas da minha vida, torcerem por mim

Ao professor Alexandre Miguel Nascimento, pela oportunidade, paciência e orientação na formulação desse trabalho.

Ao professor Heber dos Santos Abreu (*in memoriam*) e Azarias Machado de Andrade por terem disponibilizado os laboratórios para concretização deste trabalho

Aos meus amigos Leila Castro e Pietro Malamace, por entrarem na minha vida e nunca mais saírem, serem meus pilares, quando meus pais não estão. Por serem umas das forças que me movem.

Ao Romulo Nascimento por me aturar no final da faculdade, por ser o chato que faz falta na minha vida.

A Sabrina Alvarenga e Maria Isabel C. C. da Rocha, por serem minhas companheiras desde o 3º ano e 1º ano de faculdade, respectivamente, e por me aturarem por todo este tempo.

A Republica Maracanã por abrir as portas da casa para me receber, dos momentos divertidos e especiais que passei nesse último período de faculdade. Obrigada por ser minha primeira e única República.

Aos amigos da Rural que me proporcionaram a maior oportunidade da vida, que era de me conhecer, aceitar e me ajudar na formação profissional.

Aos excaralhados pelos momentos de alegria e diversão, pelas loucuras e pelos aprendizados, quero levar todos para sempre na minha vida.

A Gisely Oliveira, ao Wagner Lossano, o técnico Zé Carlos e todos os estudantes do Laboratório de Química da Madeira pela assistência, paciência, cuidado e orientação para concretização deste trabalho

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela grande experiência de vida, que não teria em qualquer outro lugar, por ser a minha mãe durante esse tempo de graduação.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a variação radial da cor, densidade e retratibilidade associados ao teor de extrativo da madeira de *Khaya ivorensis*, proveniente de duas árvores isoladas, localizadas no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro. As árvores tinham idade em torno de 30 anos e DAP aproximado de 90 a 100 cm. Foram retiradas baquetas radiais de cada tora da medula até a região do alburno, para confecção dos corpos de prova. A cor da madeira foi avaliada com auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta, que forneceu as variáveis de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A determinação da densidade seguiu a norma ABNT-NBR 7190-1997. Na determinação do teor de extrativo foi utilizado extrator Soxhlet, e os solventes Cicloexano, Acetato de Etila e Metanol. Foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, a nível de 5% para comparação de dados. Observou-se que as coordenadas  $b^*$  e  $L^*$  variam no sentido medula-casca, sendo essa variação diferente das existentes no mogno-africano, porém a medida que seus valores diminuem a densidade e teor de extrativo aumentam e a retratibilidade se manteve constante. O teor de extrativo está associado a densidade e ao escurecimento da madeira no sentido medula-casca.

**Palavras chave:** mogno africano, extrativo, densidade, cor da madeira, variação radial.

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the radial variation of color, density and shrinkage associated with extractive content of the wood of *Khaya ivorensis*, from two isolated trees, located at Seropédica, state of Rio de Janeiro. The trees age were around 30 years and DBH of approximately 90 and 100 cm. Radial Drumsticks were taken of each log, from pith to the sapwood region, for preparation of specimens. The color of the wood was evaluated with the aid of portable Spectrophotometer CM 2600d of Konica Minolta, which provided color variables L \*, a \* and b \*. The determination of density followed the ABNT-NBR 7190-1997 norm. To determine the extractive content was used Soxhlet extractor, and the solvent Cyclohexane, Ethyl Acetate and Methanol. It was performed Kruscall-Wallis test at the 5% level for data comparison. It was observed that the coordinates b \* and L \* range in the pith-bark, and this variation are not usual in african mahogany, however as their values decrease density and the extractive content increase and shrinkage remained constant. The extractive content is associated with density and darkness of the timber in the pith-bark.

**Keywords:** African mahogany, extractive, density, color of wood, radial variation.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	ix
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	x
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	2
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	3
3.1. Mogno Africano.....	3
3.2. Densidade.....	4
3.3. A cor da madeira.....	5
3.3.1. Colorimetria.....	6
3.4. Extrativos.....	7
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	8
4.1. Coleta de material.....	8
4.2. Propriedades físicas.....	10
4.3. Densidade da madeira e Teor de umidade.....	10
4.4. Retratabilidade e Coeficiente de anisotropia.....	11
4.5. Cor da madeira.....	12
4.6. Teor de Extrativo.....	13
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	14
5.1. Variação radial das propriedades físicas da madeira.....	14
5.2. Variação radial da Cor da Madeira.....	17
5.3. Variação radial do teor de extrativo.....	20
5.4. Efeito dos extrativo nas propriedades físicas da madeira.....	21
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	22
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	24

## LISTA DE TABELAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Valores médios das propriedades físicas de densidade aparente, básica em função dos terços radiais.....	14
<b>Tabela 2.</b> Valor médio da propriedade física: teor de umidade em função dos terços radiais.....	15
<b>Tabela 3.</b> Valores médios das propriedades físicas de retratibilidade e coeficiente de anisotropia em função dos terços radiais.....	16
<b>Tabela 4.</b> Valores médios das variáveis colorimétricas em função dos terços radiais.....	18
<b>Tabela 5.</b> Coeficientes de correlação, pelo método de Pearson, entre as variáveis colorimétricas.....	18
<b>Tabela 6.</b> Valores médios do teor de extrativo em função dos terços radiais.....	21
<b>Tabela 7.</b> Coeficientes de correlação, pelo método de Pearson, entre as variáveis cromáticas, propriedades físicas, teor de umidade, máximo teor de umidade, densidade aparente e básica e teor de extrativo.....	22

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1.</b> Discos de madeira de <i>Khaya ivorensis</i> demonstrando as regiões do alburno e do cerne.....	4
<b>Figura 2.</b> Etapas envolvidas na confecção dos corpos de prova.....	9
<b>Figura 3.</b> Esquema das baquetas divididas por terços: Medula, Meio e Zona de Transição.....	9
<b>Figura 4.</b> Variação dos valores médios das densidades aparente, aparente saturada e básica em função da posição radial da madeira de mogno-africano.....	15
<b>Figura 5.</b> Variação do teor de umidade médio (%) e máximo teor de umidade médio (%) em função da posição radial da madeira de mogno-africano.....	16
<b>Figura 6.</b> Variação da retratibilidade nas faces radial e tangencial e volumétrica (%) e coeficiente de anisotropia em função da posição radial da madeira de mogno-africano.....	17
<b>Figura 7.</b> Variação dos valores médios das variáveis colorimétricas L*, a* e b* nas faces tangencial e radial, em função da posição radial da madeira de mogno-africano.....	20

## 1. INTRODUÇÃO

O produto florestal de maior importância comercial é a madeira, por possuir diversas finalidades como: produção de energia, móveis, celulose e papel, entre outros. O seu consumo em larga escala junto a procura por material de qualidade fez com que as florestas nativas sofressem forte pressão dos exploradores. Algumas espécies foram mais exploradas que outras como o jacarandá-da-bahia, ébano, mogno e pinho brasileiro, seriam alguns desses exemplos, estão ameaçadas de extinção. Por conta desse uso indiscriminado, essas espécies, hoje, são protegidas por lei, sendo necessário busca de novas espécies para suprir essa demanda.

Uma das alternativas foi implantação de espécies exóticas no país, que pudessem substituir as nativas. O eucalipto (*Eucalyptus spp.*), pinus (*Pinus spp.*) mogno-africano (*Khaya ivorensis*), teca (*Tectona grandis*), cedro-australiano (*Toona ciliata*) foram algumas dessas espécies introduzidas no Brasil, com objetivo de produzir madeiras de qualidade e com alto valor comercial. Muitos pesquisadores dedicaram-se a estudar essas espécies para aprimorar sua produção, quantidade e qualidade e assim suprir o mercado.

No Brasil as espécies mais estudadas são eucalipto e pinus, a primeira por causa da sua distribuição no território brasileiro, por ser um país tropical e ser de fácil adaptação aos solos brasileiros e com ciclo de corte curto, enquanto o pinus se concentra na região sul e substitui o pinus brasileiro na produção de madeira. Porém, existem espécies como o mogno-africano que apresenta elevado potencial econômico no mercado mundial e não se tem muitos estudos sobre ele (FALESI e BAENA, 1999).

A *Khaya ivorensis*, foi introduzida no país com o intuito de substituir o mogno brasileiro, por apresentar características físicas e tecnológicas, além de seu aspecto, castanho avermelhado brilhante, usado na produção de móveis de luxo, construção civil, instrumentos científicos de alta precisão, e outros (MOURA, 2014).

As propriedades físicas da madeira, como densidade, retratibilidade, teor de umidade e cor da madeira e o teor de extrativo são informações importantes acerca do seu uso e tratamento. Uma das propriedades mais importantes é a densidades da madeira influenciará na resistência e rigidez da madeira, e em outras propriedades. A retratibilidade da madeira é o fenômeno relacionado à variação dimensional em função da troca de umidade do material com o meio ambiente, até chegar a uma temperatura de equilíbrio. Ocorrendo normalmente abaixo do PSF. Coeficiente de anisotropia é fator que relaciona a direção tangencial com a

radial, informando se madeira é estável ou não, se ela tende a fendilhar e empenar. Quanto mais próximo de 1, mais estável será a madeira.

O teor de umidade informa o quanto de água está presente na madeira, é a proporção de massa e água contida na madeira e a massa dessa madeira totalmente anidra. A cor é o primeiro contato que o comprador tem com o produto, sendo uma característica importante para agregar valor ao produto. A quantidade e tipo de teor de extrativos pode influenciar positiva ou negativamente a madeira, causando variações de cor, afetando a durabilidade da madeira ou mesmo a colagem, e alguns casos pode afetar no rendimento em celulose e conseqüentemente no rendimento da qualidade do papel.

Estas características são muito importantes, pois através delas que poderá ser definido o destino madeira. Pelo mogno-africano não possuir muitos estudos associando o teor de extrativos com outras características físicas e além dessas amostras apresentarem uma coloração diferenciada dos outros mognos-africanos, mostra a importância da pesquisa sobre esta espécie tão importante economicamente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Avaliar o efeito dos extrativos nas propriedades físicas da madeira de mogno-africano

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estudar a variação radial da cor em relação ao teor de extrativo da madeira de mogno africano.
- Estudar a variação radial da densidade em relação ao teor de extrativo da madeira de mogno africano.
- Estudar a variação radial da retratibilidade em relação ao teor de extrativo da madeira de mogno africano.
- Estudar a variação radial do teor de umidade em relação ao teor de extrativo da madeira de mogno africano.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Mogno Africano

O mogno-africano (*Khaya ivorensis*) é originário da costa ocidental africana, sendo natural da Costa do Marfim, Gana, Togo, Benin, Nigéria e sul de Camarões. Ela ocorre desde 0 a 450 metros de altitude, normalmente em vales úmidos, inclusive, suportando inundações durante o período de chuva, todavia, é muito sensível ao período de estiagem (ACAJOU, D'AFRIQUE, 1979).

O mogno-africano é uma planta heliófila, que durante a fase jovem é tolerante à sombra. Ele é uma árvore de porte elevado, caducifolia nos climas áridos, atingindo alturas de 40 m a 50 m e DAP de até 200 cm. Apresenta caule retilíneo, isento de ramificações até 30 m de altura e possui sistema radicular tabular bastante vasto. Sua casca, espessa e rugosa, tem coloração marrom-avermelhada e um sabor amargo e suas folhas são paripinadas, com pares de folíolos brilhantes e glabros. A inflorescência é uma panícula e o fruto é constituído por uma cápsula acastanhada de 5cm a 7cm de diâmetro e ao abrir as cinco valvas, soltam cerca de 15 sementes achatadas e aladas. A frutificação ocorre 2 vezes no ano em seu ambiente natural (LAMPRECHT, 1990).

Segundo Falesi e Baena (1999), o mogno-africano não apresenta distinção significativa, quanto ao aspecto fenotípico, em relação ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*). No entanto, existe uma diferença marcante entre eles, a folha do mogno-africano detém uma coloração avermelhada, devido a concentração de antocianina do fluxo de lançamento apical, enquanto que a folha do amazônico é esverdeado.

A espécie *Khaya ivorensis* foi introduzida no Brasil com o objetivo de substituir a *Swietenia macrophylla* por ser mais resistente a “broca das meliáceas”, lepidóptero da espécie *Hypsiphyla grandella*, principal praga do mogno brasileiro (ALBUQUERQUE, 2011). De acordo com Pinheiro et al (2011) e Vergara (1997) este inseto se alimenta dos tecidos do caule da planta em desenvolvimento e quando a larva atinge a gema apical da planta provoca deformação, bifurcação de tronco e produção de ramos laterais, podendo levar a morte da planta, após sucessivos ataques.

A madeira de mogno-africano tem elevado valor comercial, devido as suas características tecnológicas e beleza, com o alburno apresentando uma coloração marrom-amarelada e o cerne, marrom-avermelhado (Figura 1).



Figura 1. – Discos de madeira de *Khaya ivorensis* demonstrando as regiões do alburno e do cerne (Marcelo André)

Segundo Falesi e Baena (1999) sua madeira apresenta alta durabilidade, é fácil de trabalhar e secar, porém de difícil impregnação, sendo ela empregada na movelaria, faqueado, construção naval e em sofisticadas construções de interiores.

A madeira de mogno-africano tende a escurecer no sentido casca-medula, tanto na face radial quanto na tangencial, sendo a face radial mais clara do que a face tangencial, a partir da região de transição cerne-alburno (SILVA, 2014).

### 3.2 Densidade

A densidade da madeira é uma característica complexa resultante da combinação de vários fatores. Ela pode estar relacionada a outras propriedades como: dimensões das fibras, volume de vasos e parênquimas, arranjo dos elementos anatômicos, parede celular e diâmetro de lume, quantidade de células de raio entre outros. Por esse motivo a densidade é considerada um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira que caracterizam diferentes espécies, diferentes arvores de um mesma espécie e diferentes regiões de uma mesma espécie (FOELKEL, 1971; DOWNES et al 1997).

A densidade é uma das propriedades que mais fornece informações sobre as características da madeira, por estar relacionada com sua resistência e rigidez. É dada principalmente em função da parede celular, dos tipos e dimensões de células e, em menor

proporção, da quantidade de extrativos presentes por unidade de volume (PASHIN e DE ZEEUW, 1980).

O conceito físico da densidade reflete a quantidade de matéria lenhosa contida em unidade de volume, ou o volume de espaços vazios em uma madeira. Para determinar a densidade aparente da madeira, a umidade da amostra deve estar em equilíbrio com o ambiente, variando entre 12 e 15%, pois são nestas condições ambientais que as indústrias madeireiras trabalham, enquanto que a densidade básica é medida com a madeira após secagem em estufa (DIAS JUNIOR et al, 2014).

As madeiras tropicais apresentam uma densidade aparente com ampla faixa de variação, variando, aproximadamente, entre 0,20 g/cm<sup>3</sup> e 1,20 g/cm<sup>3</sup>. Esta variação ocorre em função das diversas influências internas e externas que configuram a organização e dimensões das células do lenho. As principais causas de sua variação são: a espécie florestal, teor de umidade da madeira, largura dos anéis, presença de lenho inicial e tardio, local de crescimento da árvore e métodos silviculturais (MORESCHI, 2014).

### **3.3 A cor da madeira**

A cor é uma das características mais importantes para identificação e indicação de usos de madeira, principalmente quando associada aos aspectos de textura e desenho (CAMARGOS e GONZALES, 2001). As tonalidades de cor da madeira podem variar entre bege claro e marrom escuro, chegando a quase preto. Dentro dessa variação existem madeiras amareladas, avermelhadas, arroxeadas e alaranjadas. (MORI et al., 2005).

A cor de uma madeira não é estável, visto que ela tende a alterar-se ao longo do tempo, por conta de diversos fatores, tais como: luz, teor de umidade, temperatura, degradações causadas por ataque de organismos xilófagos ou por reações fotoquímicas. Essa instabilidade tem relação direta com os componentes que influenciam na formação da cor (CAMARGOS e GONZALES, 2001). A presença do tipo e quantidade de extrativos nas paredes celulares, tais como: taninos, óleos, resinas e outros, conferem as diferentes cores no lenho, sobretudo no cerne (PANSIN e ZEEUW, 1970).

A cor da madeira dificilmente é associada a outras características físicas da madeira. A partir do momento em que se relaciona as características, é possível compreender o comportamento da coloração da madeira, assim sendo viável determinar formas de cultivos

mais adequadas para diferentes espécies a fim de obter produtos de qualidade (NISHINO et al., 2000). A cor da madeira é também um grande determinante no preço e valor final do produto, sendo assim um fator fundamental na aparência da madeira, pois é considerada como um atributo que classifica a madeira esteticamente como aceitável ou não, por ser o primeiro contato do consumidor com o produto (MORI et al., 2005).

Devido à subjetividade ao se descrever a cor da madeira, uma ferramenta que pode ser utilizada para a classificação da cor da madeira é a “Munsell Soil Color Chart” (carta padronizada de Munsell para tecidos vegetais), criada pelo professor Albert H. Munsell em 1972 que consiste de 17 cartelas de cores baseadas em tons pelo sistema tridimensional: matriz, pureza da cor e luminosidade. Esta tabela ainda é a mais utilizada para classificação das cores de madeira.

Stangerlin et al. (2013) sugere que o estudo de colorimetria realizado pelo sistema CIELab (recomendado pela Commission Internationale de L'Eclairage), o qual se caracteriza por definir a sensação da cor em razão de três elementos: a luminosidade, a matiz e a cromaticidade apresenta viabilidade na classificação da cor como “qualidade” da madeira, pois agrupa madeiras por propriedades mecânicas e físicas comuns.

### **3.3.1 Colorimetria**

A colorimetria é uma ciência e tecnologia usada para quantificar e descrever as percepções humanas da cor, logo a cor é a interação da luz com os materiais. O sistema CIE (Commission Internationale de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é utilizado para descrever a cor através da padronização de iluminantes e de observadores. (Mori, 2005).

O sistema CIEL\* a\* b\* (ou CIELAB) é um dos métodos mais utilizados para mensuração de cor, no qual é caracterizado por um sistema de coordenadas colorimétricas, sendo essas: L\* que representa a luminosidade, variando de 0 (preto) à 100 (branco), a coordenada cromática a\*, em que o +a\* aumento no vermelho e o -a\* aumento no verde, e a coordenada cromática b\* em que +b\* aumento no amarelo e o - b\* aumento no azul, variando de -60 e +60 (Konica Minolta, 1998). Além disso, este sistema permite a medição de cor de objetos de maneira mais uniforme.

De acordo com Konica Minolta (1998), são três variáveis que definem a cor: Tonalidade (variação das cores existentes), Luminosidade (variação das cores escuras para as mais claras, ou seja, variando do preto ao branco) e Saturação (variável relacionada à quantidade de cor viva ou cores mais turvas).

No sistema CIELAB, 1976 é utilizado dois tipos de aparelhos para a medição de cor, os colorímetros e os espectrofotômetros. Os colorímetros são equipados com uma série de filtros (azul, amarelo, verde, vermelho) e de fotodetectores, que reconstituem a resposta de um observador a uma cor. Enquanto os espectrofotômetros medem a reflectância de uma amostra e de um branco padrão nos mesmos comprimentos de onda, levando à percentagem de refletida pelo objeto em função de um padrão (MICHOT, 1994 apud MORI et al., 2004).

### **3.4 Extrativos**

A madeira é constituída por substâncias primários, sendo eles: a celulose, hemicelulose e lignina, que são responsáveis pela maioria das propriedades físicas da madeira. Além destes, ela possui substâncias secundários denominados extrativos que contribuem para muitas outras propriedades (MORI et al, 2003).

Em seu livro Gonzaga (2006) aponta que nas coníferas, os extrativos predominantes são terebentinas (voláteis) e breu (não volátil) em diferentes composições. Enquanto nas folhosas há uma maior variedade de extrativos, como terpenos, fenóis, taninos, flavonoides, compostos nitrogenados e inúmeros carboidratos. Esses extrativos são depositados de modo variável e em quantidades distintas por toda árvore (BUCHANAN, 1963).

Segundo Silva et al (2004), o alburno é mais suscetível a ataques de agentes biológicos, por apresentar material nutritivo em grande quantidade na sua composição. No caso do cerne, pela presença de extrativos e ausência de material nutritivo, a durabilidade da madeira é maior.

Oliveira et al. (2005) afirmam que a durabilidade da madeira é proveniente da transformação de alburno em cerne, com caráter fenólico e polifenólico, que se acumulam nas paredes celulares e lumens, ocasionando, na maioria das vezes, numa coloração escura do cerne. Desh e Dinwoodie (1993) afirmam que as cores da madeira são consequência da quantidade de extrativos presentes na parede celular do cerne, quando a madeira é exposta a luz, ar, calor ou mesmo ao longo do tempo, ela altera a sua cor, podendo escurecer ou clarear.

A quantidade e qualidade dos extrativos são variáveis de espécie para espécie. (OLIVEIRA et al, 2005). Os teores dessas substâncias variam dentro de uma mesma espécie, variando do cerne mais interno para o recém-formado e variam em idade. Segundo Severo (2006), os extrativos tendem a decrescer no sentido medula-casca, ou seja, o lenho juvenil apresenta maior quantidade desses componentes que o lenho adulto. Oliveira et al (2005) complementa que os extrativos de caráter fungicida e inseticida nas madeiras de elevada durabilidade, ao passarem pelos solventes também são amplamente variáveis e dependentes das espécies.

Os compostos químicos das plantas com potencial inseticida são os metabólitos secundários, principalmente os da classe dos terpenos. Dentre essa classe, os mais ativos são os limonóides, conhecidos como meliacinas, em virtude do seu sabor amargo, suas principais fontes são das famílias Rutaceae, Cneoraceae e Meliaceae, essa última sendo a mais utilizada. O seu uso tornou-se bem conhecido, principalmente por apresentar amplo espectro, tanto em relação ao número de espécies de insetos afetados como seus diferentes modos de ação (VIEGAS JR, 2003).

O gênero *Khaya* contém limonóides na sua composição. Os autores Taylor (1977), Guimarães et al (2004) e Zhang et al. (2007), isolaram os limonóides presentes na *Khaya ivorensis* e na *Khaya grandifoliola* com o propósito de identificar suas estruturas, classificar e verificar o seu princípio ativo.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Coleta de Material**

Neste estudo foram utilizadas toras provenientes da espécie *Khaya ivorensis*, de duas árvores isoladas, localizadas no município de Seropédica-RJ. As árvores tinham idade em torno de 30 anos e DAP aproximado de 90 e 100 cm.

No Laboratório de Processamento da Madeira do Departamento de Produtos Florestais – DPF, do Instituto de Florestas – IF, da UFRRJ, foi realizado o desdobro primário, de toras com 3 metros de comprimento, retirada entre o primeiro e quarto metro de altura. Deste desdobro, foram retirados quatro pranchões radiais de cada tora.

Assim foram retiradas 4 baquetas radiais, de cada tora, da medula até a região do

alburno, sendo utilizada uma de cada árvore. As baquetas apresentavam comprimento de aproximadamente 28 cm, sendo separadas em 3 partes: Medula, Meio e Zona de Transição (Cerne/Alburno e/ou Alburno). Cada terço possui aproximadamente 9 cm de comprimento na direção medula-casca e serviu para avaliar as propriedades físicas. Além disso, as baquetas foram segmentadas em amostras ou corpos de prova com dimensões de 2,5x3,0x7,0cm, num total de 8, sendo os de menor valor numérico aqueles localizados próxima à medula e os de maior valor numérico, aqueles mais próximos ao alburno. A figura 2 ilustra as etapas de confecção dos corpos de prova.

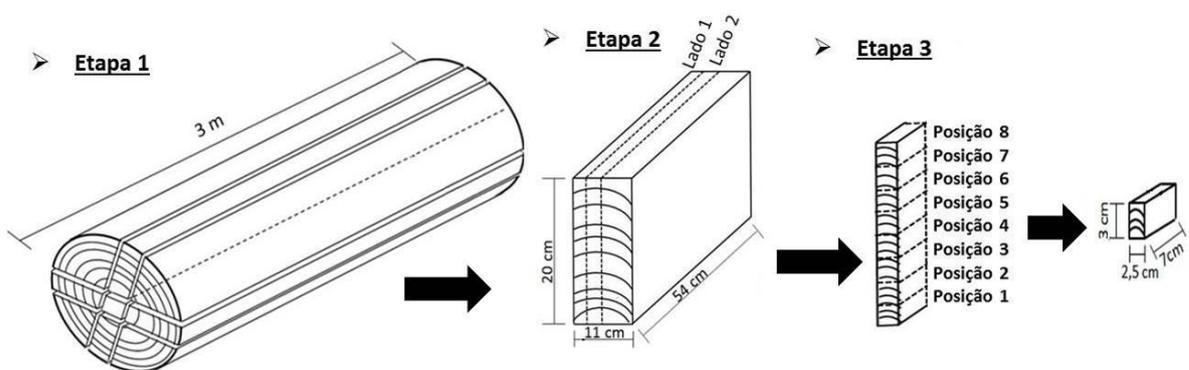


Figura 2 – Etapas envolvidas na confecção dos corpos de prova.

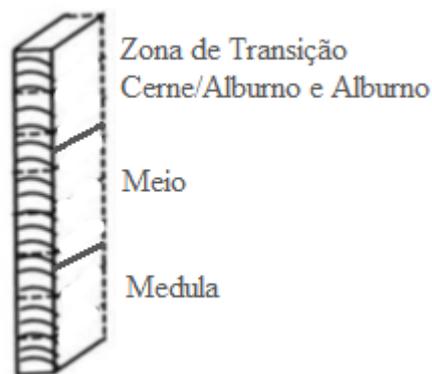


Figura 3 – Esquema das baquetas divididas por terços: Medula, Meio e Zona de Transição.

## 4.2 Propriedades físicas

As propriedades físicas estudadas foram: densidade aparente no teor de umidade de equilíbrio ( $D_a$ ), densidade aparente saturada ( $D_a \text{ sat}$ ), densidade básica ( $D_b$ ), Teor de Umidade em Equilíbrio ( $Tue$ ), Máximo teor de umidade ( $Mtu$ ), Retração, Coeficiente de anisotropia e Cor da Madeira

## 4.3 Densidade da madeira e Teor de umidade

Para determinação da densidade básica os corpos de prova foram colocados dentro de um dessecador cheio de água até a saturação. foram pesadas e mensuradas, em seguida foram mantidas em ambiente climatizado a  $20^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 65%, até que a massa estabiliza-se. Após a climatização, as amostras foram levadas à estufa em uma temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até obter a massa constante. A pesagem e as medições foram feitas após saturação, climatização e secagem em estufa fazendo uso, para tal, balança analítica com 0,01g de precisão e de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Após secagem em estufa as amostras foram novamente condicionadas em ambiente climatizado até atingirem massa constante. Deste modo, pode-se determinar o teor de umidade dos corpos-de-prova desde sua condição saturados, climatizados e anidra, assim como a densidade básica.

A densidade básica é definida pela razão entre massa seca e volume saturado, ela é dada por:

$$\rho_{básica} = \frac{m_s}{V_{sat}}$$

Onde:

$\rho_{básica}$  = densidade básica específica, em  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$m_s$  = massa seca em estufa da madeira, em g;

$V_{sat}$  = volume da madeira saturada, em  $\text{cm}^3$ .

A densidade aparente é definida pela razão entre a massa e o volume de corpos de prova para um mesmo teor de umidade, neste caso, a umidade de equilíbrio. É dada por:

$$\rho_{aparente} = \frac{m}{V}$$

Onde:

$\rho_{aparente}$  = densidade aparente, em g/cm<sup>3</sup>;

$m$  = massa da madeira, em g.

$V$  = volume da madeira, em cm<sup>3</sup>.

O teor de umidade foi calculado em relação a base seca da madeira, dada por

$$Tu = \frac{P_u - P_{se}}{P_{se}} \times 100$$

Onde:

$Tu$  = Teor de umidade da madeira (%)

$P_u$  = Peso úmido da madeira (g)

$P_{se}$  = Peso seco da madeira (g)

#### 4.4 Retratibilidade e Coeficiente de anisotropia

A estabilidade dimensional da madeira é caracterizada pelas propriedades de retração e de inchamento nas direções tangencial, radial e longitudinal. As deformações específicas de retração e de inchamento são consideradas como índices de estabilidade dimensional e são determinadas, para cada uma das direções preferenciais, em função das respectivas dimensões da madeira saturada e da madeira seca. As deformações de retração e inchamento são determinadas a partir de:

Retração:

$$\varepsilon_{r(i)} = \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{sat}} \times 100$$

Inchamento:

$$\varepsilon_{i(i)} = \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{seca}} \times 100$$

Onde:

$L_{sat}$  dimensão nas direções radial, tangencial ou longitudinal na condição saturada;

$L_{seca}$  dimensão nas direções radial, tangencial ou longitudinal na condição seca.

A variação volumétrica é determinada em função dos corpos-de-prova nos estados seco e saturado. São dadas pelas equações:

Retração volumétrica:

$$\Delta V_{retração} = \frac{V_{sat} - V_{seca}}{V_{sat}} \times 100$$

Inchamento volumétrico:

$$\Delta V_{inchamento} = \frac{V_{sat} - V_{seca}}{V_{seca}} \times 100$$

Onde:

$\Delta V_{retração}$  variação volumétrica para retração

$\Delta V_{inchamento}$  variação volumétrica para inchamento

$V_{sat}$  o produto das dimensões radial, tangencial e longitudinal na condição saturada;

$V_{seca}$  produto das dimensões radial, tangencial e longitudinal na condição seca.

O coeficiente de anisotropia definido como a relação entre a retração tangencial e a retração radial, foi também calculado. Esse coeficiente é utilizado com a finalidade de qualificar a madeira quanto aos problemas de secagem.

#### 4.5 Cor da madeira

A cor foi determinada com o auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta que utiliza o espaço de cor  $L^*a^*b^*$  CIE 1976 segundo norma ISO 11664-4:2008 Colorimetry - Part4: CIE 1976  $L^*a^*b^*$  Colour Space. Para cada amostra, foram efetuadas 12 medições de cor, 3 em cada uma das 4 faces, em duas faces radiais e duas faces tangenciais. 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  $D_{65}$  e observador padrão suplementar  $10^\circ$ .

Foram determinadas as variáveis  $L^*$  referentes à luminosidade e as variáveis cromáticas  $a^*$  (verde-vermelho) e  $b^*$  (azul-amarelo).

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

#### **4.6 Teor de extrativos**

Para determinação do teor de extrativos, foi necessário transformar os corpos-de-prova em filetes (palitos) de madeira e posteriormente converte-los em amostras fragmentadas em moinho Tipo Wiley. Para separação do material usou um jogo de peneiras vibratórias e selecionaram-se as partículas que ficaram entre de 1,00 e 0,297 mm e também as inferiores a 0,297mm.

Para determinação do teor de umidade das partículas, foi usada balança OHAUS MB35 Halogen que já fornece diretamente o teor de umidade, por diferença de peso do material antes e após secagem das partículas. Para tal, usou-se partículas de granulação inferior à 0,297 mm, usando-se um total de 0,550 gramas.

Para extração usou-se uma bateria de extratores Soxhlet onde, em cada extrator, foram colocados 3 envelopes de papel filtro com 2 gramas de partículas cada, sendo cada envelope uma repetição para cada posição radial. Foram feitas três sequências de extrações com os seguintes solventes com polaridades distintas e crescentes: Cicloexano, Acetato de Etila e Metanol, com duração de 12 horas para cada solvente. O extrato resultante foi depositado em um vidro até a evaporação total do solvente. O teor de extrativo foi determinado por diferença de peso do material absolutamente seco, antes e após extração.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Variação radial das propriedades físicas da madeira

A tabela 1 expressa os valores médios das densidades aparentes, densidade básica nos diferentes terços. Percebe-se que variação no sentido melula-casca, da densidade aparente e a básica, foi significativa para cada terço, aumentando seu valor médio neste sentido. Segundo Oliveira et al. 2005 e Melo et al., 2006 em trabalhos com outras espécies, como eucalipto, leucena, louro e nim pode-se verificar a mesma tendência da densidade aumentando sentido medula-casca.

Tabela 1. Valores médios das de propriedades físicas de densidade aparente, básica em função dos terços radiais.

Terços	$\rho_{aparente}$ - g.cm <sup>-3</sup>	$\rho_{aparente(sat)}$ - g.cm <sup>-3</sup>	$\rho_{básica}$ - g.cm <sup>-3</sup>
Medula	0,60 a	0,96 a	0,49 a
Meio	0,73 b	1,04 b	0,60 b
Zona de Transição	0,78 c	1,07 b	0,64 c

Onde:  $\rho_{aparente}$  é densidade aparente para o Tue,  $\rho_{aparente(sat)}$  é a densidade aparente no Mtu,  $\rho_{básica}$  é a densidade básica. Letras minúsculas distintas revelam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

A média das densidades aparente e básica foram, respectivamente, 0,72 g.cm<sup>-3</sup> e 0,59 g.cm<sup>-3</sup>. Ou seja, esta madeira é considerada de densidade média. De acordo com os critérios de classificação do IBAMA (2011), a densidade básica é considerada baixa, se os valores forem menores ou iguais a 0,50 g.cm<sup>-3</sup>; média, se os valores situarem entre 0,50 e 0,72 g.cm<sup>-3</sup> e pesada, se os valores estiverem acima de 0,72 g.cm<sup>-3</sup>.

Na figura 4 pode-se verificar a variação no sentido medula-casca das densidades. É possível notar o aumento das densidades a medida que se aproximam da posição 6, zona de transição cerne/alburno e logo em seguida diminuindo na posição que seria o alburno.

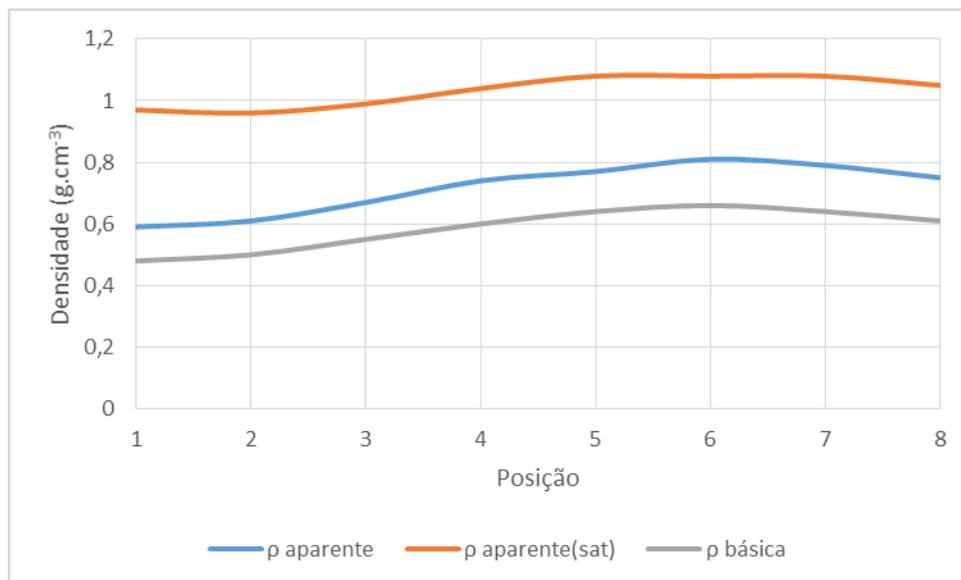


Figura 4: Variação dos valores médios das densidades aparente, aparente saturada e básica em função da posição radial da madeira de mogno-africano.

A tabela 2 mostra os valores médios do teor de umidade de equilíbrio e máximo teor de umidade. Nota-se que o teor de umidade na medula diferenciou-se significativamente do meio e zona de transição. Sendo que o máximo teor de umidade decresceu no sentido medula-casca e o teor de umidade de equilíbrio cresceu neste mesmo sentido.

Tabela 2. Valor médio da propriedade física: teor de umidade em função dos terços radiais.

Terço	Tue (%)		Mtu (%)	
Medula	14,55	a	95,02	a
Meio	15,15	b	74,41	b
Zona de Transição	15,29	b	67,75	b

Onde: Tue é o teor de umidade de equilíbrio; Mtu é o máximo teor de umidade. Letras minúsculas distintas revelam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

A figura 5, mostra a variação do teor de umidade e máximo teor de umidade médio em função da posição radial. O teor de umidade de equilíbrio chega ao seu ponto máximo na posição 6, enquanto que o máximo teor de umidade chega ao seu ponto mínimo. A partir desse ponto seria a zona de transição cerne/alburno, na qual há uma variação dos teores. Oliveira et al (2005) estudando sete espécies de eucalipto verificaram, com exceção do *E. grandis*, uma tendência de queda do teor de umidade da madeira a partir da medula com posterior estabilização e ligeiro acréscimo na região periférica do alburno.

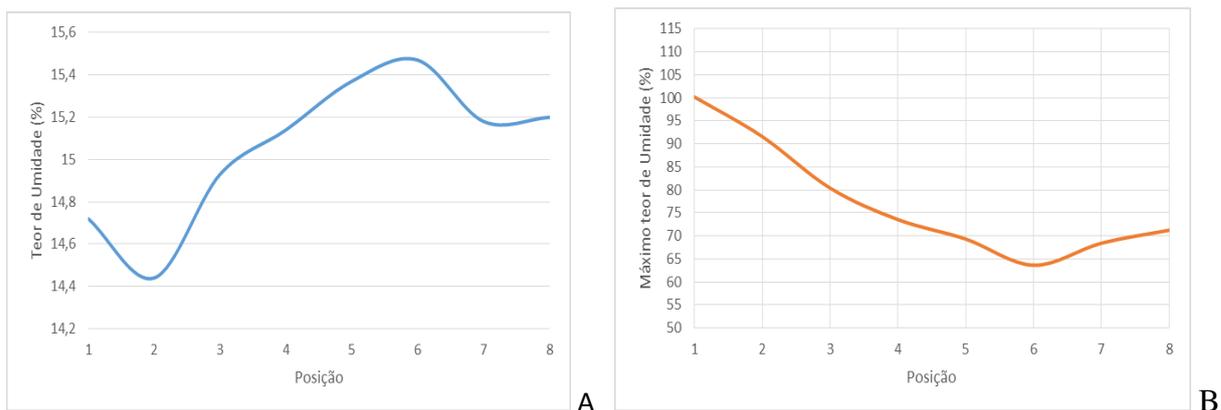


Figura 5: Variação do teor de umidade médio (%) e máximo teor de umidade médio (%) em função da posição radial da madeira de mogno-africano.

A tabela 3 possui os valores médios das propriedades físicas: retratibilidade e coeficiente de anisotropia em função dos terços radiais. Verifica-se que a madeira somente se diferenciou entre os terços medula e meio, em relação a zona de transição, para a retração radial total ( $\epsilon_{r_t}$ ) e coeficiente de anisotropia ( $\epsilon_{r_t}/\epsilon_{r_r}$ ). A retração radial total apresenta padrão crescente na direção medula-casca, enquanto o coeficiente de anisotropia decresce.

Tabela 3. Valores médios das propriedades físicas de retratibilidade e coeficiente de anisotropia em função dos terços radiais.

Terços	$\epsilon_{r_r}$ (%)	$\epsilon_{r_t}$ (%)	$\epsilon_{r_t}/\epsilon_{r_r}$	$\Delta V$ (%)
Medula	4,6 a	7,43 a	1,63 a	12,03 a
Meio	4,75 a	7,44 a	1,57 a	12,19 a
Zona de Transição	5,24 b	7,49 a	1,44 b	12,73 a

Onde:  $\epsilon_{r_r}$  é a retração radial total,  $\epsilon_{r_t}$  é a retração tangencial total,  $\epsilon_{r_t}/\epsilon_{r_r}$  é o coeficiente de anisotropia e  $\Delta V$  é a retração volumétrica total. Letras minúsculas distintas revelam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

A figura 6 mostra a variação da retração radial, tangencial e volumétrica e o coeficiente de anisotropia em função das posições radiais. Na figura 6A pode-se observar que ocorreu pequena variação dos valores médio no sentido medula-casca, afirmando o que foi verificado acima, nos diferentes terços. Oliveira e Silva (2003), estudando *Eucalyptus saligna*, observaram valores inferiores dos coeficientes de contração volumétrica e linear na região medular e redução do valor anisotrópico sentido medula-casca.

Em relação aos coeficientes de anisotropia, decresceu no sentido medula-casca, sendo seu valor mais baixo na posição 8, região de transição do cerne/alburno. Sua média foi igual a

1,54, sendo considerada uma madeira de moderada estabilidade, segundo a classificação de Nock et al, citados por Melo et al. (2008). Na qual os valores da relação ( $\epsilon_{r_t}/\epsilon_{r_r}$ ) entre 1,0 e 1,5 possui elevada estabilidade, entre 1,5 e 2,0 moderada e, acima de 2,0 baixa estabilidade.

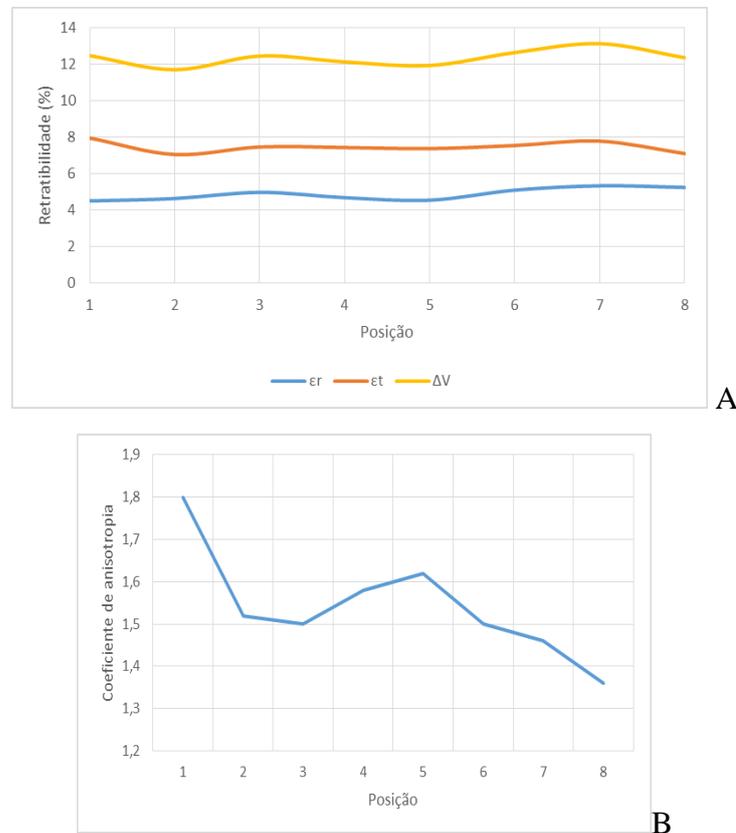


Figura 6: Variação da retratibilidade nas faces radial e tangencial e volumétrica (%) e coeficiente de anisotropia em função da posição radial da madeira de mogno-africano.

## 5.2 Variação radial da Cor da Madeira

Observando a Tabela 4, nota-se que a luminosidade ( $L^*$ ) diferenciou-se significativamente da medula em relação aos outros dois terços, diminuindo na direção medula-casca, ou seja, a medula tende a ser mais clara. Enquanto que os valores das coordenadas cromáticas  $a^*$  não apresentaram variação significativa. A variável  $b^*$ rad e  $b^*$ tang decresce no sentido medula-casca e o 1º terço difere estatisticamente do 2º e 3º terço, isto é a pigmentação amarela é menor nos dois últimos terços.

Tabela 4. Valores médios das variáveis colorimétricas em função dos terços radiais.

Terço	L* rad	a* rad	b* rad	L*tang	a*tang	b*tang
Medula	64,26	a 12,9	a 21,04	a 61,27	a 13,24	a 19,88
Meio	54,16	b 13,25	a 17,33	b 52,69	b 13,57	a 17,31
Zona de Transição	53,72	b 13,51	a 16,28	b 54,6	ab 13,61	a 16,45

Obs: rad: leitura feita no plano radial; tang: leitura feita no plano tangencial. Letras minúsculas distintas revelam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

Na tabela 5 estão os valores de correlação entre as variáveis colorimétricas. Observa-se que a luminosidade L\* rad, tem valores de correlação acima 0,70, entre b\* radial e tangencial e L\*tangencial, mas não tem correlações significativas com as coordenadas a\*. A coordenada b\* rad tem correlações significativas com a coordenada a\*rad, assim como a coordenada b\* tang possui com a\* tang, sendo os valores de correlações os mais baixos encontrados. Isto demonstra que a medida que aumenta a coloração amarela, aumenta a claridade da madeira, nos dois sentidos tangencial e radial.

Pelo pigmento a\* se manter constante pode determinar a coloração mais escura na madeira, pois a medida que o pigmento amarelo decai, mais escura se torna a madeira. Gonzalez et al (2006) também observou essa variação na madeira de *Eucalyptus grandis* em que a face tangencial apresentava maior valor da pigmentação a\* do que na face radial, sendo a a madeira mais escura na face tangencial.

Tabela 5. Coeficientes de correlação, pelo método de Pearson, entre as variáveis colorimétricas.

	L* rad	a* rad	b* rad	L*tang	a* tang	b* tang
L* rad	1,00	-0,01	<b>0,79</b>	<b>0,86</b>	0,10	<b>0,70</b>
a* rad		1,00	<b>0,32</b>	0,07	<b>0,62</b>	0,14
b* rad			1,00	<b>0,64</b>	0,12	<b>0,78</b>
L*tang				1,00	0,15	<b>0,73</b>
a* tang					1,00	<b>0,33</b>
b* tang						1,00

Obs: Os valores em negritos são significativos a 5% de significância. Rad: leitura feita no plano radial; Tang: leitura feita no plano tangencial.

Na figura 7 tem-se os valores médios das variáveis colorimétricas para cada posição. Observa-se que os valores de L\*rad, L\*tang, b\*rad e b\*tang, tem uma propensão de reduzir

seus valores até a posição 6, e após isto há um aumento na posição 7 e decrescendo novamente posição 8 isso ocorre, pois, estas duas últimas posições são regiões de transição cerne/alburno e alburno. As coordenadas  $a^*$  não tem a mesma propensão. As variáveis  $L^*$  e  $b^*$  têm o mesmo padrão de variação, da posição medular até a região de transição.

As variáveis  $L^*$ rad e  $L^*$ tang diferenciam entre si. Sendo que  $L^*$ rad apresenta valor superior que o  $L^*$ tang nas posições 1 à 4 e valor superior nas demais posições, exceto a posição 7 que quase iguala, ou seja, a madeira é mais clara na face radial que a na tangencial na região próxima a medula e meio. Já próximo a Zona de transição ela é mais clara na tangencial que na radial.

O parâmetro  $b^*$ , que é a pigmentação amarela, apresenta maior quantidade na face radial que na tangencial nas posições 1 à 4. E nas posições seguintes o  $b^*$ tang é mais amarelo que o  $b^*$ rad, porém na posição 7, eles se igualam. Pode-se observar que a pigmentação amarela apresenta a mesma tendência que a luminosidade, nas duas faces, ou seja, o parâmetro  $b^*$  está influenciando  $L^*$ .

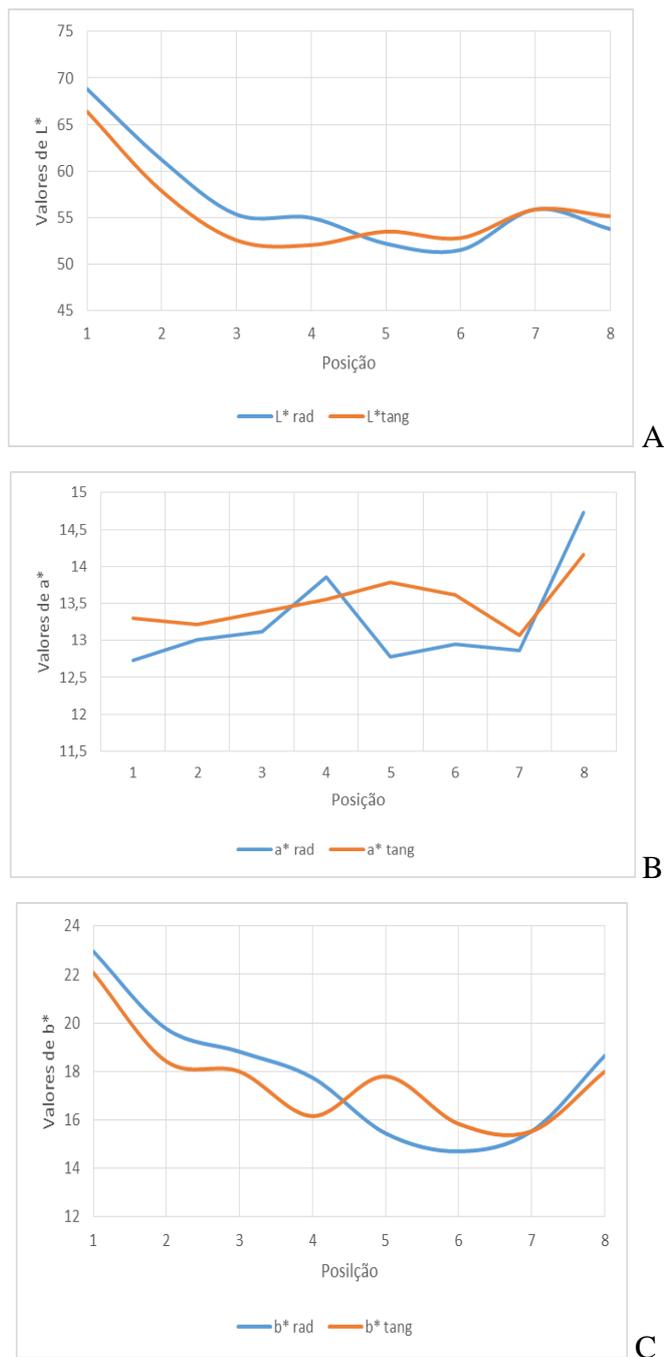


Figura 7: Variação dos valores médios das variáveis colorimétricas L\*, a\* e b\* nas faces tangencial e radial, em função da posição radial da madeira de mogno-africano.

### 5.3 Variação radial do teor de extrativo

A tabela 6 apresenta o valor de extrativo em função dos terços radiais. A quantidade de extrativos na medula varia significativamente em relação ao meio e zona de transição. Sendo

esta região apresentando maior quantidade de extrativo. Longui et al (2010) encontrou na madeira de *Piptadenia gonoacantha* uma variação parecida com este trabalho, em que o teor de extrativo apresentou aumento significativo no sentido medula-casca, sendo esta variável relacionada com a posição radial.

Tabela 6. Valores médios do teor de extrativo em função dos terços radiais.

Terço	Extrato- %
Medula	4,6 a
Meio	7,95 b
Zona de Transição	9,2 b

Obs: Extrato é o teor de extrativo total. Letras minúsculas distintas revelam diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunn.

#### 5.4 Efeito dos extrativo nas propriedades físicas da madeira

Na tabela 7 estão as propriedades que apresentaram os melhores coeficientes de correlação. A máxima correlação negativa do tue é em relação ao L\* rad, e sendo ela a máxima positiva do mtu, pode-se entender que a madeira clareia a medida que aumenta o número de espaços vazios. Oliveira et al. (2005), afirma quanto mais densa for a madeira menor será o volume de vazios internos, ou seja, menor a capacidade de reter água livre, já que a densidade básica, apresenta valores negativos em relação a essas duas propriedades. Contudo as densidades e o teor de extrativo apresentou forte correlação negativa com b\* rad, ou seja, a coloração amarela da madeira tem relação inversamente proporcional com a quantidade de teor de extrativo e com as densidades.

O teor de extrativo apresentou alta correlação com as propriedades físicas estudadas da madeira. Sendo que com as densidades e teor de umidade de equilíbrio foi positiva e com as outras foi negativa. Isso pode ser verificado na tabela 7, de correlação. Pode se observar que o teor de extrativo está relacionado a densidade, podendo um estar afetando a quantidade do outro na madeira.

A região que apresenta o máximo de teor de umidade, que é a região da medula, na qual apresenta menor quantidade de extrativos, ou seja, os extrativos podem estar influenciando na quantidade de espaços vazios dos diferentes terços.

As variáveis colorimétricas apresentaram correlação negativa com o teor de extrativo. Pode-se observar que a medida que a luminosidade L\* e pigmentação b\* diminui, nas duas

faces, o teor de extrativo aumenta, ou seja, a quantidade de teor de extrativo está influenciando na coloração da madeira.

Tabela 7. Coeficientes de correlação, pelo método de Pearson, entre as variáveis cromáticas, propriedades físicas, teor de umidade, máximo teor de umidade, densidade aparente e básica e teor de extrativo.

	Tue	Mtu	$\rho_{aparente}$	$\rho_{aparente(sat)}$	$\rho_{básica}$	Extrato
L* rad	<b>-0,75</b>	<b>0,88</b>	<b>-0,80</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,49</b>
b* rad	<b>-0,65</b>	<b>0,74</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,71</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,70</b>
L*tang	<b>-0,59</b>	<b>0,75</b>	<b>-0,63</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,31</b>
b* tang	<b>-0,54</b>	<b>0,74</b>	<b>-0,72</b>	<b>-0,55</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,52</b>
Tue	1,00	<b>-0,75</b>	<b>0,71</b>	<b>0,48</b>	<b>0,67</b>	<b>0,41</b>
Mtu		1,00	<b>-0,95</b>	<b>-0,69</b>	<b>-0,94</b>	<b>-0,55</b>
$\rho_{aparente}$			1,00	<b>0,86</b>	<b>0,99</b>	<b>0,66</b>
$\rho_{aparente(sat)}$				1,00	<b>0,90</b>	<b>0,72</b>
$\rho_{básica}$					1,00	<b>0,67</b>
extrato						1,00

Obs: rad é leitura feita no plano radial; tang é leitura feita no plano tangencial; Tue: teor de umidade de equilíbrio; Mtu: máximo teor de umidade;  $\rho_{aparente}$ : densidade aparente para Tue;  $\rho_{aparente(sat)}$  é a densidade aparente de Mtu;  $\rho_{básica}$  é a densidade básica; Extrato é o teor de extrativo total.

## 6. CONCLUSÕES

- O parâmetro b\* que corresponde a pigmentação amarela, concentra-se mais próximo a medula diminuindo a medida que se aproxima da casca.
- A retratibilidade volumétrica, não apresentou variação significativa nos diferentes terços no sentido radial, no entanto o coeficiente de anisotropia apresentou variação neste sentido, no qual a casca apresenta valor inferior em relação aos outros terços.

- O máximo teor de umidade apresentou variação decrescente no sentido medula-casca, sendo seu menor valor na posição 6, e crescendo nas próximas posições.
- As densidades variam na direção medula-casca, apresentando seu maior valor na posição 6 e no terço médio denominado casca.
- O teor de extrativo possui uma curva parecida no gráfico, em que a densidade, aumenta radialmente sentido medula-casca.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAJOU D'AFRIQUE. **Revue Bois et Forêts des tropiques**, n2 183, p.33-48, 1979.

ALBUQUERQUE, C.P. et al. **Levantamento bibliográfico sobre o Mogno Africano.**

Consultoria Florestal. FCA. UNESP. P.C. 67, REV.:00, p. 1 – 24, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MOGNO AFRICANO. Galeria.

**Tábuas para corte.** Disponível em: <<http://abpma.org.br/galeria/#jp-carousel-652>> Acesso em 27 novembro 2015.

AUBREVILLE, A. **La flore forestière de la Cota d'Ivoire**, 1959.

BUCHANAN, M.A. - Extraneous components of wood. In: BROWNING, B.L., ed. **The chemistry of wood.** New York, John Wiley, 1963. p.313-68.

CAMARGOS, J A. A.; GONÇALEZ, J. C. **A Colorimetria Aplicada como Instrumento na Elaboração de uma Tabela de Cores de Madeira.** Brasil Florestal, Nº 71, setembro de 2001.

CARVALHO, A.M.; SILVA, B.T.B.; LATORRACA, J.V.F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, Lavras, v. 16, suplemento, p. 106-114, 2010.

DOWNES, G.; HUDSON, I.; RAYMOND, C.; DEAN, G.; MICHELL, A.; SCHMILECK, L.; EVANS, R.; MUNERI, A. **Sampling plantation *Eucalyptus* for wood and fiber properties.** CSIRO, Australia. 132 pp, 1997.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52p.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Piracicaba: IPEF, 1971. (IPEF, 2/3).

**INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS.** Disponível portal eletrônico:  
<<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php?ID=194&caracteristica=138>> e <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa.php?idioma=portugues>>.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa de cor**. 1998 57p

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas -possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.

MELO, R. R. et al. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do Semi-Árido. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, Garça**, v. 4, n. 7, p. 1-8, 2006.

MICHOT, S. **Classification subjective des parquets de chêne**: rapport de stage. Epinal: Université de Nancy, 1994. 48 p.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba, 2014.

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

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

MOURA F.D.G. et al. Velocidade propagação do som na madeira de *Khaya ivorensis* associado a cor. In: XIV – ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E ESTRUTURA DE MADEIRAS, 04, 2014, Natal.

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

OLIVEIRA, J.T. da S.; HELLMEISTER, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.115-127, 2005

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3. ed. New York : McGraw-Hill, 1970. v.1.

PINHEIRO, A.L.et al. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya sp.*)**.- Viçosa, MG : Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011. 102p.

PUC-RIO. **Fundamentos da colorimetria**. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9324/9324\\_3.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9324/9324_3.PDF)> Acesso em 22 novembro 2015.

REZENDE, R.N.; LIMA, J.T.; SILVA, J.R.M.; MONTEIRO, T.C.; PAULA, L.E.R.. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (mogno africano). In: **XIII Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de Madeira – EBRAMEM XIII**, 2012; Vitória, ES: IBRAMEM; 2012. Cdrom.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição química da madeira de *Eucalyptus citriodora* em função das direções estruturais. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 14, p. 113-126, 2006

SILVA, L.V.M.S da. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de mogno africano ( *Khaya ivorensis* )**, 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, L.V.M.S. da; NASCIMENTO, A.M. do; GARCIA, R.A. Variação radial da densidade, umidade e coloração da madeira de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A.Chev). In: **XIV Encontro Brasileiro em Madeira e em Estruturas de Madeira – EBRAMEM XIV**, 2014; Natal, RN

STANGERLIN, D.M. et al. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazonica**, vol. 38, n.3, p.561-568, 2013.

VERGARA, A.J.B. **Aproximación hacia um manejo integrado Del barrenador de lãs meliaceaes, *Hypsipylagrandella* (ZELLER)**. Revista Florestal Venezolana, 41(1) 23-28, 1997.

VIEGAS JR., C. 2003. Terpenos com atividade inseticida: Uma alternativa para o controle químico de insetos. *Quim. Nova*, 26(3): 390-400.