



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
ENGENHARIA FLORESTAL

**PEDRO PAULO BORGES CARNEIRO**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MADEIRA DE *Khaya grandifoliola* C. DC.  
CULTIVADA NA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO**

Imperatriz – MA  
2024

**PEDRO PAULO BORGES CARNEIRO**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MADEIRA DE *Khaya grandifoliola* C. DC.  
CULTIVADA NA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Michael Douglas Roque Lima

C289c

Carneiro, Pedro Paulo Borges

Características físicas da madeira de *Khaya Grandifoliola* C. DC. cultivada na Região Tocantina do Maranhão. / Pedro Paulo Borges Carneiro. – Imperatriz, MA, 2024.

42 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2024.

1. *Khaya grandifoliola* C. DC. – Qualidade da madeira. 2. Mercado Florestal. 3. Estabilidade dimensional. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 630\*5

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

**PEDRO PAULO BORGES CARNEIRO**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MADEIRA DE *Khaya grandifoliola* C. DC.  
CULTIVADA NA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Micheal Douglas Roque Lima

Aprovado em: 29/02/2024



---

Micheal Douglas Roque Lima

Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira - UFLA

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL

(Orientador)



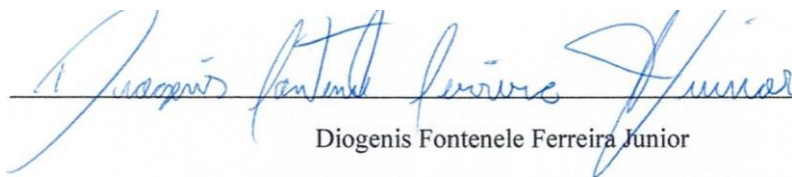
---

Joabel Raabe

Doutor em Ciências Florestais - UNB

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL

(Membro 1)



---

Diogenis Fontenele Ferreira Junior

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais - UFT

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

(Membro 2)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus "Graças, porém, a Deus, que, em Cristo, sempre nos conduz em triunfo e, por meio de nós, manifesta em todo lugar a fragrância do seu conhecimento." 2 Coríntios 2:14

Gostaria de agradecer ao meu orientador Professor Doutor Michael Douglas Roque Lima pela sua orientação constante, incentivo e apoio ao longo de todo o processo de elaboração deste trabalho. Sua paciência e disposição em compartilhar conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento deste projeto.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor, suporte emocional e encorajamento durante essa jornada acadêmica. Seu apoio incondicional foi essencial para que eu pudesse me dedicar aos estudos e alcançar este objetivo.

Agradeço também aos meus amigos e colegas de curso, pela troca de ideias, discussões enriquecedoras e pelo apoio mútuo ao longo desses anos. Suas contribuições foram fundamentais para o amadurecimento das ideias apresentadas neste trabalho.

Também gostaria de expressar minha sincera gratidão ao Laboratório da Anatomia e Tecnologia da Madeira pela sua valiosa contribuição para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Durante todo o processo de pesquisa e experimentação, o Laboratório proporcionou o ambiente e os recursos necessários para a condução dos experimentos e análises, desempenhando um papel fundamental no sucesso deste projeto. Agradeço especialmente ao Professor coordenador Joabel Raabe, cuja competência, dedicação e disponibilidade foram essenciais para o bom andamento das atividades desenvolvidas.

Por fim e não menos importante gostaria de expressar minha profunda gratidão à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão por proporcionar um ambiente acadêmico estimulante e por possibilitar o meu crescimento pessoal e profissional ao longo desta jornada educacional.

## RESUMO

No Brasil, existem aproximadamente 9 milhões de hectares plantados com eucalipto, pinus e outras espécies, voltadas para a indústria de base florestal. As árvores cultivadas representam uma fonte renovável, reciclável e alternativas viáveis frente ao desmatamento das florestas naturais. A seleção apropriada de espécies e a otimização da funcionalidade da madeira exigem um conhecimento aprofundado de suas propriedades. O entendimento abrangente das características anatômicas, físicas, mecânicas e químicas é essencial para avaliar o potencial tecnológico de uma espécie florestal. A lacuna científica sobre a qualidade da madeira proveniente do desbaste de *Khaya grandifoliola* C. DC. com 4 anos de idade pode resultar em decisões inadequadas, levando a uma utilização ineficiente e, por vezes, equivocada desse recurso essencial. O estudo visa analisar as características físicas da madeira de *K. grandifoliola*, cultivada na Região Tocantina do Maranhão, aos 4 anos de idade. As densidades básicas e aparente e a retratibilidade da madeira foram avaliadas. Os fatores posição de amostragem (0, 50 e 100%) e classe diamétrica (0 – 10 e 10 – 20cm) foram testados. Estatística descritiva, pressupostos da análise de variância e ANOVA foram realizadas por meio do *software* R. O valor médio de densidade básica do fuste das árvores de *K. grandifoliola* cultivadas no bioma cerrado aos quatro foi de 0,438 g.cm<sup>-3</sup> para a espécie. A variação da densidade básica ao longo de 12 árvores amostradas foi decrescente da base até o topo. Quanto à retratibilidade da madeira de *K. grandifoliola*, os valores de retração variaram de 0,09% a 0,73% no sentido axial, de 2,44% a 4,05% no sentido radial e de 4,53% a 8,09% no sentido tangencial. As médias correspondentes foram de 0,39%, 3,18% e 6,00%, respectivamente. O estudo revelou que a densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* não é afetada pela classe diamétrica, permanecendo em uma média de 0,438 g cm<sup>-3</sup>, caracterizando-a como de baixa densidade básica. Foi observado um efeito da posição de amostragem na densidade básica, com uma variação decrescente da base para o topo da árvore. Além disso, a densidade aparente, umidade e estabilidade dimensional não foram influenciadas pela classe diamétrica.

**Palavras Chaves:** Mercado Florestal. Qualidade da madeira. Estabilidade dimensional; Desbaste.

## ABSTRACT

In Brazil, there are approximately 9 million hectares planted with eucalyptus, pine and other species, aimed at the forest-based industry. Cultivated trees represent a renewable, recyclable and viable alternative source to the deforestation of natural forests. The appropriate selection of species and the optimization of the functionality of the wood require an in-depth knowledge of its properties. A comprehensive understanding of anatomical, physical, mechanical, and chemical characteristics is essential to assess the technological potential of a forest species. The scientific gap on the quality of wood from the thinning of *Khaya grandifoliola* C. DC. at 4 years of age can result in inappropriate decisions, leading to inefficient and sometimes misguided use of this essential resource. The study aims to analyze the physical characteristics of *K. grandifoliola* wood, cultivated in the Tocantina Region of Maranhão, at 4 years of age. The basic and apparent densities and the shrinkage of the wood were evaluated. The following factors were tested: sampling position (0, 50 and 100%) and diameter class (0 – 10 and 10 – 20cm). Descriptive statistics, analysis of variance assumptions and ANAVA were performed using the R software. The mean value of basic stem density of *K. grandifoliola* trees cultivated in the cerrado biome at four was 0.438 g.cm<sup>-3</sup> for the species. The variation of the basic density over 12 sampled trees was decreasing from the base to the top. Regarding the shrinkage of *K. grandifoliola* wood, the shrinkage values ranged from 0.09% to 0.73% in the axial direction, from 2.44% to 4.05% in the radial direction and from 4.53% to 8.09% in the tangential direction. The corresponding averages were 0.39%, 3.18% and 6.00%, respectively. The study revealed that the basic density of *K. grandifoliola* wood is not affected by the diameter class, remaining at an average of 0.438 g cm<sup>-3</sup>, characterizing it as having low basic density. An effect of the sampling position on the basic density was observed, with a decreasing variation from the base to the top of the tree. In addition, bulk density, moisture and dimensional stability were not influenced by the diameter class.

**Keywords:** Forest Market. Wood quality. Dimensional stability. Thinning.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização do Plantio de <i>K. grandifoliola</i> no município de Porto Franco, Maranhão. .....	18
<b>Figura 2</b> – Plantio abrangendo o Bioma cerrado .....	19
<b>Figura 3</b> – Amostragem da madeira do <i>K. grandifoliola</i> .....	20
<b>Figura 4</b> – Corpos de provas de madeira de <i>K. grandifoliola</i> produzidos para os ensaios físicos da madeira.....	21
<b>Figura 5</b> – Dimensões dos corpos de provas para os ensaios físicos.....	21
<b>Figura 6</b> – Confecção das amostras para os ensaios de densidade básica.....	22
<b>Figura 7</b> – Cunhas dos discos de madeira de <i>K. grandifoliola</i> confeccionadas. ....	22
<b>Figura 8</b> – Amostra seca de madeira de <i>K. grandifoliola</i> sendo pesada em balança de precisão para determinação da massa a 0% de umidade.....	23
<b>Figura 9</b> – Obtenção do volume das amostras de madeira pelo método de imersão.....	24
<b>Figura 10</b> – Padrão decrescente da densidade básica. ....	30
<b>Figura 11</b> –A: Regressão linear da Densidade Básica, B: Regressão quadrática da Densidade Básica .....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Informações do Censo Florestal .....	20
<b>Tabela 2</b> – Densidade Básica média do Fuste em $\text{g cm}^{-3}$ para árvores de <i>K. grandifoliola</i> cultivadas na região tocantina do Maranhão. ....	28
<b>Tabela 3</b> – Variação longitudinal da densidade básica de <i>K. grandifoliola</i> na classe diâmetrica de 0 a 10 cm de DAP. ....	29
<b>Tabela 4</b> – Variação longitudinal da densidade básica de <i>K. grandifoliola</i> na classe diâmetrica de 10 a 20 cm de DAP. ....	29
<b>Tabela 5</b> – Resumo das Análises de variância da variação longitudinal da densidade básica. ....	30
<b>Tabela 6</b> – Resumo das equações de regressão. ....	31
<b>Tabela 7</b> – Densidade aparente média do Fuste em $\text{g cm}^{-3}$ e umidade % para árvores de <i>K. grandifoliola</i> cultivadas na região tocantina do Maranhão. ....	32
<b>Tabela 8</b> – Análises de Variância da Umidade (%). ....	33
<b>Tabela 9</b> – Densidade Aparente da madeira de <i>K. grandifoliola</i> aos 4 anos de idade por classe diamétrica. ....	33
<b>Tabela 10</b> – Análise de variância da densidade aparente. ....	33
<b>Tabela 11</b> – Retratibilidade da madeira de <i>K. grandifoliola</i> .....	34
<b>Tabela 12</b> - Resumo da análise de variância da estabilidade dimensional da madeira de <i>K. grandifoliola</i> colhida aos 4 anos de idade na região tocantina do Maranhão. ....	35

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2.OBJETIVOS</b> .....	13
2.1Objetivo Geral .....	13
2.2Objetivos Específicos .....	13
<b>3.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
3.1Descrição Botânica do Mogno Africano .....	14
3.2Destinação industrial de <i>Khaya grandifoliola</i> .....	14
3.3Características físicas da madeira .....	15
<b>4.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
4.1Origem do material biológico .....	18
4.2Informações do plantio e amostragem da madeira .....	19
4.3Características físicas da madeira .....	20
4.3.1Umidade da madeira .....	22
4.3.2Densidade aparente da madeira .....	23
4.3.3Densidade básica da madeira .....	24
4.4Estabilidade dimensional da madeira .....	25
4.5Fator Anisotropico .....	26
4.6Análises estatísticas .....	27
<b>5.RESULTADOS E DISCUSÃO</b> .....	27
5.1Densidade Básica do Fuste de <i>K. grandifoliola</i> .....	27
5.2Variação Longitudinal da Densidade Básica da Madeira de <i>K. grandifoliola</i> .....	28
5.3Umidade e densidade aparente da madeira de <i>K. grandifoliola</i> .....	32
5.4Estabilidade dimensional <i>K. grandifoliola</i> .....	34
<b>CONCLUSÃO</b> .....	37
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existem aproximadamente 9 milhões de hectares com árvores plantadas de eucalipto, pinus e outras espécies (como mogno-africano e teca), voltadas para as indústrias madeireiras, fabricação de painéis de madeira, pisos laminados, celulose, papel, geração de energia e biomassa (IBÁ, 2023). As árvores cultivadas representam uma fonte renovável, reciclável e ecologicamente favorável ao meio ambiente, especialmente por frear o avanço do desmatamento no Brasil e contribuir para a redução das emissões de gases do efeito estufa. Os reflorestamentos são fontes alternativas para obtenção de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, sendo necessário análises qualitativas visando determinar o potencial das espécies mencionadas anteriormente.

Em 2019, o setor florestal fechou o balanço comercial com o segundo maior percentual comercial dos últimos 10 anos totalizando receita de US\$ 10,3 bilhões e faturamento de R\$ 97,4 bilhões (IBÁ, 2019). O setor dispõe de diferentes produtos, sendo esses originados de flores, frutos, galhos, cascas, madeira e resina, com destinação específica no cotidiano da sociedade. Para melhor e mais adequada destinação, se faz necessário conhecimentos da qualidade da madeira por meio do estudo e da determinação de suas propriedades básicas, especialmente as físicas.

O entendimento das propriedades da madeira é crucial na sua utilização adequada, na seleção apropriada de espécies e na otimização da sua funcionalidade. A avaliação do potencial tecnológico de uma espécie florestal requer uma série abrangente de estudos, abordando as características anatômicas, físicas, mecânicas e químicas (COSTA, 2001). Assim, o estudo das características físicas (densidade básica, umidade e retratibilidade) da madeira de *Khaya grandifoliola* C. DC (mogno africano), em qualquer idade, produzidas em plantios comerciais, se mostram importantes e ajuda a definir usos mais adequados.

O *K. grandifoliola* pertence à família Meliaceae, popularmente conhecida como família do mogno, contém aproximadamente 600 espécies distribuídas entre 53 gêneros (CHRISTENHUSZ & BYNG, 2016). Existem apenas cinco espécies do gênero *Khaya*. Todas essas espécies são utilizadas principalmente na indústria madeireira e de construção civil. Além de ser uma árvore madeireira de boa reputação, *K. grandifoliola* é bastante conhecida por sua ampla utilização, que vai desde o uso na medicina tradicional até o seu emprego na indústria moveleira, naval, construção civil, confecção de painéis e laminados (PINHEIRO et al., 2011; REIS et al., 2019).

A literatura tem apresentado estudos da composição química da casca (OJOKUKU et al., 2010), etnobotânica, fitoquímica, propriedades farmacológicas e toxicologia (MUKAILA et al., 2021), morfobiometria de frutos, sementes e plântulas (CAMPOS et al., 2023), durabilidade natural do tronco contra infestação de térmitas (NDULUE et al., 2023) e de qualidade da madeira produzida sob condições diferentes de irrigação (SANTOS et al., 2023). A escassez de estudos conduzidos acerca da qualidade da madeira de desbaste de *K. grandifoliola* com 4 anos de idade resulta em tomada de decisão inadequada, levando a um uso ineficiente e errôneo desse recurso. A falta de informação detalhada sobre as propriedades da madeira, especialmente as características físicas, pode limitar a sua aplicação otimizada na indústria de base florestal. Nesse sentido, estudos voltados a avaliação da qualidade da madeira de *K. grandifoliola* desbastada aos 4 anos de idade na Região Tocantina do Maranhão são necessários, especialmente para maior rotatividade de capital para os silvicultores.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar as características físicas da madeira de árvores desbastadas de *Khaya grandifoliola* C. DC, aos 4 anos de idade cultivada na Região Tocantina do Maranhão.

### 2.2 Objetivos Específicos

Analisar a relação da densidade aparente e a retratibilidade da madeira para a espécie *K. grandifoliola*.

Avaliar a variação longitudinal das densidades aparente e básica de *K. grandifoliola*.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Descrição Botânica do Mogno Africano

A *Khaya grandifoliola* C. DC., conhecida vulgarmente como mogno africano, é uma espécie originada no continente africano pertencente à família Meliaceae. A madeira dessa espécie é considerada nobre e, notavelmente, a principal alternativa ao *Swietenia macrophylla* (mogno brasileiro). *K. grandifoliola* foi introduzida no território brasileiro durante a década de 70, porém sua disseminação ocorreu de maneira mais significativa nas décadas de 80 e 90, por meio de plantios experimentais promovidos pela Embrapa em diversas regiões do Brasil (IBF, 2020).

A *K. grandifoliola* pertence ao Reino Plantae, Filo Tracheophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Sapindales e Família Meliaceae (IUCN, 2018). Árvores dos gêneros *Swietenia* e *Entandrophragma*, comumente conhecidas como mogno, desempenham um papel econômico relevante como fontes de madeira. A família Meliaceae, globalmente, abrange aproximadamente 600 espécies distribuídas em 50 gêneros de árvores e, sendo nativas de regiões tropicais e subtropicais (RASHMI et al., 2015).

Árvores de *K. grandifoliola* apresentam gemas com catafilos, folhas compostas e paripinadas, folíolos inteiros, opostos a alternos, glabras. A espécie apresenta inflorescências piramidais, axilares, terminais ou ramifloras, determinadas. Flores unissexuais. Cálice gamossépalo, com 4-5 lobos regulares, imbricados. Corola dialipétala, 4-5 pétalas. Estames com filetes unidos formando um tubo. Ovário 4-5-locular, lóculos 12-18 óvulos. Cápsula septífraga, globosa a subglobosa, ereta, lenhosa. Sementes orbiculares menos frequente elipsoides, aladas em toda a sua volta (FLORES, 2020).

O mogno-amazônico, também conhecido como mogno-verdadeiro (*Swietenia macrophylla*) apresenta diferença marcante em relação ao mogno-africano, que é a coloração avermelhada, devido à concentração de antocianina do fluxo de lançamento apical do africano, enquanto no do amazônico é esverdeado.

#### 3.2 Destinação industrial de *Khaya grandifoliola*

As propriedades organolépticas da madeira de mogno-africano, como sua tonalidade de marrom-rosada a escura e suas propriedades físicas que facilitam a manipulação, tornam uma

escolha muito apreciada para a indústria (OPUNI-FRIMPONG et al., 2008). As espécies pertencentes ao gênero *Khaya*, comumente conhecidas como mogno-africano, têm diversas aplicações, abrangendo desde usos madeireiros até usos não madeireiros (REIS et al., 2019).

O gênero *Khaya* é globalmente reconhecido por suas espécies com qualidade nobre. Sendo empregada em uma ampla variedade de aplicações. Destacam-se entre suas principais utilizações a fabricação de móveis de alto padrão, peças ornamentais, entalhes, instrumentos musicais, faqueados, laminados, construção civil e naval, além de revestimentos internos e decorativos em diversas regiões do mundo (REIS et al., 2019).

### 3.3 Características físicas da madeira

As características físicas da madeira são as mais simples de serem determinadas, por serem menos onerosas e não necessitaram de elevado aparato no laboratório, os equipamentos utilizados em laboratórios não são de grande porte, complexidade a se utilizar. Normalmente as principais características analisadas são: umidade, densidade básica e aparente e retratibilidade, que trata da variação dimensional da madeira em função do ganho ou perda de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), normalmente em torno de 30%, na base seca.

A madeira por ser um material higroscópico, ou seja, material que apresenta afinidade para se ligar quimicamente com a água, tem a capacidade de troca de umidade com o ambiente, de acordo com umidade relativa e temperatura do ar da região em que se encontra. Essa relação de umidade exerce influência significativa nas propriedades e no desempenho da madeira.

A umidade na madeira é uma característica importante de ser monitorada nas atividades florestais, especialmente quando se pretende maximizar o potencial de uso madeireiro de alguma espécie. A umidade apresenta correlação negativa com a densidade básica da madeira (ZANUNCIO et al., 2013). Assim, madeiras de densidade básica baixa tendem a apresentar maior potencial para absorção de umidade se comparado as madeiras de densidade mais alta, devido ao maior volume de espaços vazios na madeira (como lúmen celular, poros e espaços intercelulares preenchidos com água livre) (OLIVEIRA et al., 2005).

Com base nos dados apresentados por França et al. (2015), *K. grandifoliola* tem elevado potencial para absorver umidade se comparado as madeiras de *K. senegalensis*, o que implica em maior necessidade de ajuste dos programas de secagem visando mitigar os defeitos em função da retirada de água.

De acordo com Silveira et al. (2013), a secagem é o principal método para garantir qualidade aos produtos madeireiros. A adequada operação de secagem resulta na aprimoração das propriedades de manuseio, na diminuição da variação dimensional, na prevenção contra o ataque de fungos e insetos, e no maior controle de defeitos.

A densidade é uma das características mais cruciais da madeira, influenciando grande parte de suas propriedades tecnológicas. Na prática, a densidade é uma característica física amplamente utilizada para qualificação de madeiras a fim de determinar os usos mais apropriados. A densidade básica é obtida com a madeira a 0% de umidade e o volume saturado. A expressão "densidade aparente" é empregada ao calcular a densidade da madeira pela relação entre sua massa e seu volume aparente, considerando a mesma umidade. Esse volume inclui não apenas o material lenhoso, mas também os extrativos, materiais estranhos e o ar presente nas células da madeira, todos considerados em um determinado valor de umidade (MORESCHI, 2014). A densidade aparente de uma árvore recém-desbastada é influenciada pela presença de água nos espaços celulares e intercelulares, pela água impregnada nas paredes celulares e pela água que faz parte de sua composição química (FPL, 1987; MORESCHI, 2014). A classificação da densidade básica varia de espécie para espécie. De acordo com Melo et al. (1990), Vale et al. (2002, 2005), Silveira et al. (2013) a densidade básica pode ser dividida em categorias, sendo consideradas de baixa densidade aquelas com valores abaixo de  $0,550 \text{ g cm}^{-3}$ , de média densidade aquelas com densidade entre  $0,550$  e  $0,720 \text{ g cm}^{-3}$ , e de alta densidade aquelas com valores acima de  $0,730 \text{ g cm}^{-3}$ .

A densidade é uma propriedade quantitativa sujeita a variações decorrentes do ambiente e do genótipo. Os principais fatores ambientais que a influenciam incluem o ritmo de crescimento, que abrange luminosidade, disponibilidade de água, temperatura, fertilidade do solo, além do espaçamento e manejo (SCANAVACA & GARCIA, 2017). Nesse sentido, para a correta destinação das madeiras para finalidades industriais é imprescindível o estudo da densidade básica, especialmente pela ampla fonte de variação dessa característica física.

A análise das variações dimensionais ou retratibilidade da madeira é fundamental para o seu emprego industrial, tanto na construção civil quanto na fabricação de móveis (FREITAS, 2015). À medida que a madeira entra em contato com conteúdo de água nota-se uma variação nas suas dimensões. Essas alterações podem ocorrer no sentido transversal, tangencial e radial, com a maior alteração nas dimensões no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguidas pelo sentido radial, enquanto é praticamente desprezível no sentido paralelo à grã (SILVA & LIVEIRA, 2003).

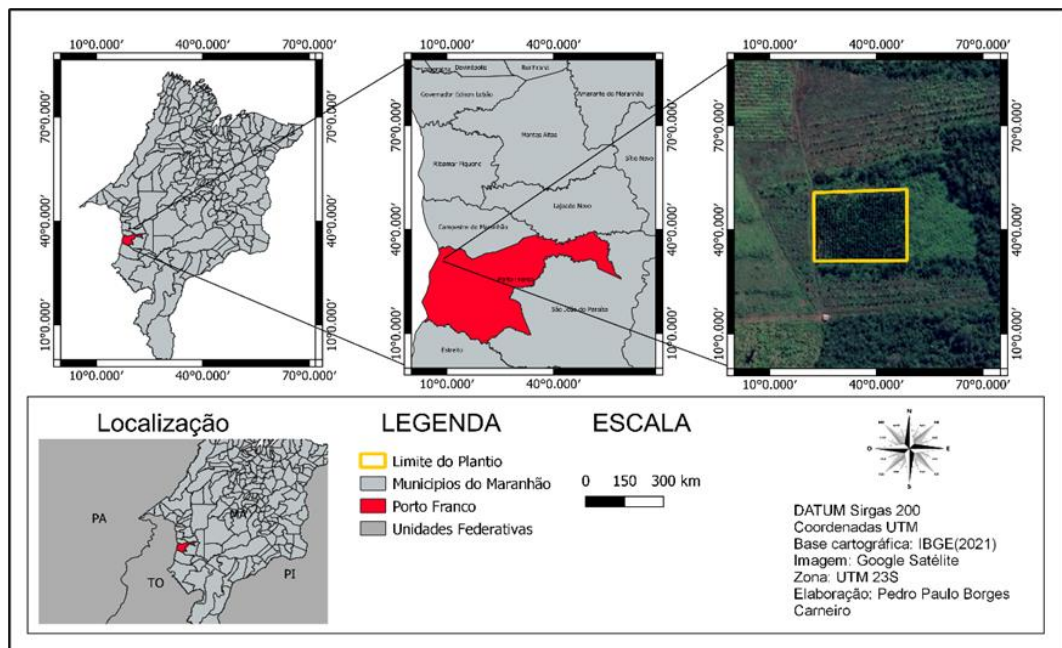
França et al. (2015) avaliaram as propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano, ambas com 19 anos de idade. Valores de densidade básica de 0,588 e 0,491 g cm<sup>3</sup> e retratibilidade, na posição radial 3,11% e 3,39%, tangencial 5,57% e 5,58% e longitudinal, 0,30% e 0,21%, foram reportados para as espécies *Khaya senegalensis* e *Khaya ivorensis*, respectivamente. Com base na classificação da Associação Internacional de Anatomistas da Madeira - IAWA (1989), as espécies *K. senegalensis* e *K. ivorensis* apresentam densidade básica moderada (0,500 – 0,720 g cm<sup>-3</sup>) e leve (< 0,500 g cm<sup>-3</sup>), respectivamente. Vale ressaltar que até 2019 *Khaya grandifoliola* foi tratada e conhecida no Brasil como *Khaya ivorensis*, e está plantada em muitas regiões do país, em que muitos produtores ainda desconhecem tal informação. Contudo, após estudo e reclassificação botânica feitos pelo especialista congolês Dr. Ulrich Gaël, constatou-se que a espécie mais plantada no Brasil era na verdade a *K. grandifoliola*, e não a *ivorensis*. Pesquisadores identificaram a falha na identificação da espécie, corrigindo para o nome científico correto.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Origem do material biológico

O material biológico utilizado no estudo é proveniente de desbaste em um plantio de *K. grandifoliola* (Figura 1) localizado na Fazenda Jacuba, que está inserida no bioma Cerrado e localizada no município de Porto Franco, no oeste do estado do Maranhão, com coordenadas geográficas latitude  $6^{\circ}17'23.78''S$  e longitude  $47^{\circ}21'54,47''$ , bem como altitude de 162 m.

**Figura 1** - Localização do Plantio de *K. grandifoliola* no município de Porto Franco, Maranhão.

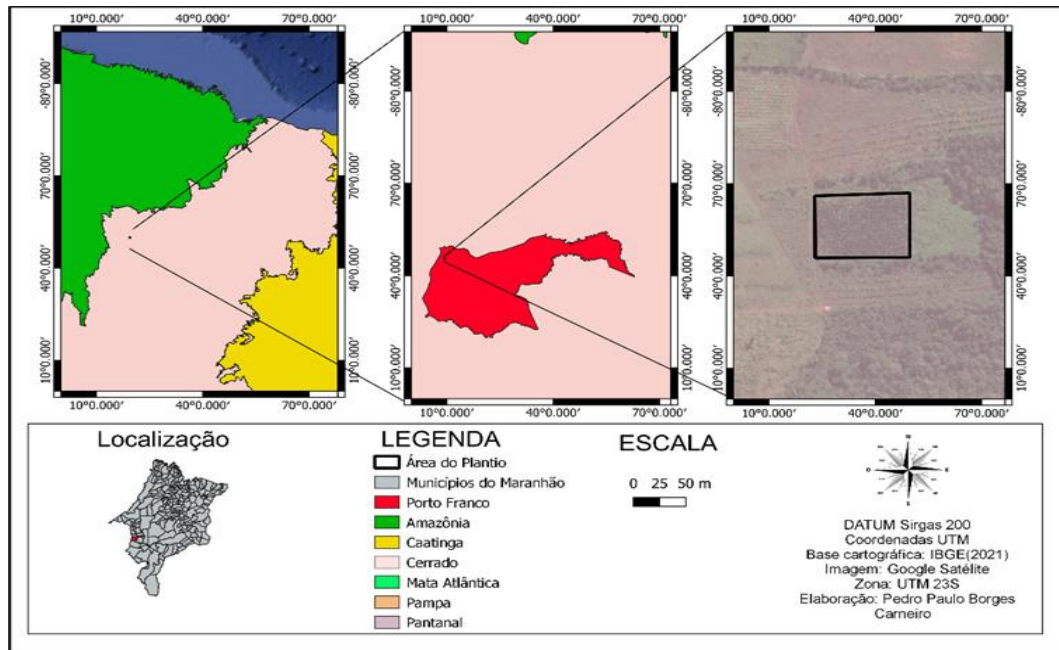


**Fonte:** Autor, 2023.

O plantio abrange os limites do bioma Cerrado (Figura 2). O Cerrado é equivalente às "Oreades" no sistema de Martius, abrangendo uma extensão superior a 2.000.000 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 23% do território brasileiro (RIBEIRO et al., 2008) bioma que tem como características de algumas formações de vegetação: formações florestais, formações campestre e formações savânicas. Dentre essas formações, pode-se destacar as seguintes subdivisões: Campos Limpos, Campo Sujo, Cerrado Stricto Senso, Mata Seca, Cerradão, Matas de Galerias, Veredas e Cerrado Rupestre (RIBEIRO et al., 2008). As características fisiográficas comuns na região envolvem coberturas areno-argilosas e argilosas, originadas de formações sedimentares ou sobrepostas a elas (COSTA et al., 2005). O clima na região do

estudo é caracterizado como estacional, com um período de chuvas que se estende de outubro a março, seguido por uma estação seca que abrange os meses de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500 mm, enquanto as temperaturas geralmente se mantêm amenas ao longo do ano, variando entre 22°C e 27°C em média (CARLOS & RICARDO, 2005).

**Figura 2** – Plantio abrangendo o Bioma cerrado.



**Fonte:** Autor, 2023.

#### 4.2 Informações do plantio e amostragem da madeira

As mudas de *K. grandifoliola*, foram plantadas em covas de 30 x 30 x 30 cm, dispostas em espaçamento de três metros entre plantas e três metros entre linhas de plantio (3 x 3 m). A área total do plantio é de 5.936 m<sup>2</sup>, equivalente a 0,5292 ha, com dimensões de 84 x 63 m. O plantio conta com 351 árvores com 4 anos de idade. Na área foi realizado um censo florestal, onde as árvores do plantio foram divididas em duas classes diamétricas. A primeira classe diamétrica apresenta variação de diâmetro altura do peito (DAP) de 0 a 10 cm e a segunda classe, a variação foi 10 a 20 cm de DAP. Com o censo florestal obteve-se a altura total, altura comercial e o diâmetro médio do plantio (Tabela 1).

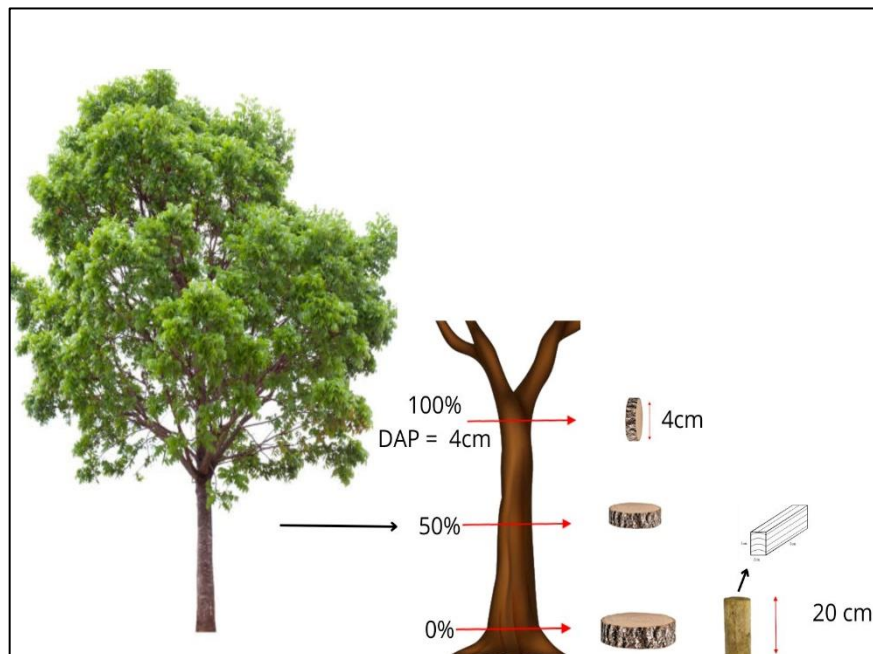
**Tabela 1** – Informações do Censo Florestal

Classe Diamétrica	Ht (m)			Hc (m)			DAP (cm)		
	Mínimo	Média ± Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Média ± Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Média ± Desvio Padrão	Máximo
0 F 10 cm	1,65	7,63 ± 2,02	14,69	1,1	3,71 ± 1,10	6,70	1,6	7,83 ± 1,58	9,9
10 F 20 cm	1,79	9,99 ± 2,16	14,60	2,2	5,22 ± 1,40	9,04	10	11,46 ± 1,39	17,7

F: Intervalo da classe; Ht: Altura Total; Hc: Altura Comercial; e DAP: Diâmetro a Altura do Peito mensurado a 1,30 m da base do solo.

**Fonte:** Autor, 2023.

Para cada classe diamétrica, 6 árvores de *K. grandifoliola*, foram selecionadas, totalizando 12 árvores nas duas classes. As árvores foram colhidas e seccionadas (Figura 3) em 3 posições longitudinais de amostragem (0%, 50% e 100%). Em cada posição de amostragem foi retirado um disco com espessura de 5 cm para determinação das propriedades físicas da madeira. Vale mencionar que a posição 100% da altura comercial representa a parte aérea do fuste em que o diâmetro corresponde a 4 cm, conforme recomendações de Downes et al. (1997) Um torete tirada logo após o disco de 0% para confecção dos corpos de provas dos ensaios físicos de acordo com NBR 7190-3 (ABNT, 2022).

**Figura 3** – Amostragem da madeira do *K. grandifoliola*.

**Fonte:** Autor, 2023.

#### 4.3 Características físicas da madeira

A caracterização física da madeira foi realizada de acordo com as recomendações contidas nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Para estabilidade

dimensional, utilizou-se a NBR 7190-3 (ABNT, 2022), enquanto a densidade básica da madeira foi determinada com base na NBR 11941 (ABNT, 2003).

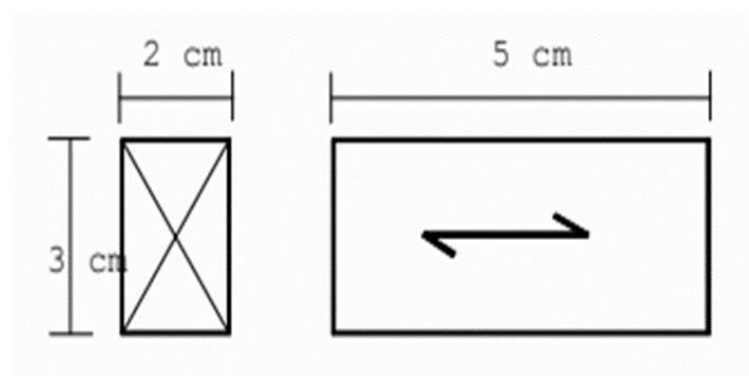
Sendo confeccionados 44 corpos de provas (Figura 4) para os ensaios de retração, inchamento, densidade aparente e umidade da madeira, e divididos em 15 corpos de provas para primeira classe diamétrica e 29 para segunda classe diamétrica, com as seguintes dimensões de 3 x 2 x 5 cm (Figura 5). O maior número de amostras para a segunda classe ocorreu pelo maior diâmetro dos toretes, o que possibilitou mais amostras para as análises do presente estudo. Os corpos de prova são prismáticos, com seção transversal nominal de 2 cm por 3 cm, e comprimento, ao longo das fibras, de 5 cm, com base nas diretrizes da NBR 7190-3 (ABNT, 2022).

**Figura 4** – Corpos de provas de madeira de *K. grandifoliola* produzidos para os ensaios físicos da madeira.



Fonte: Acervo próprio (2023)

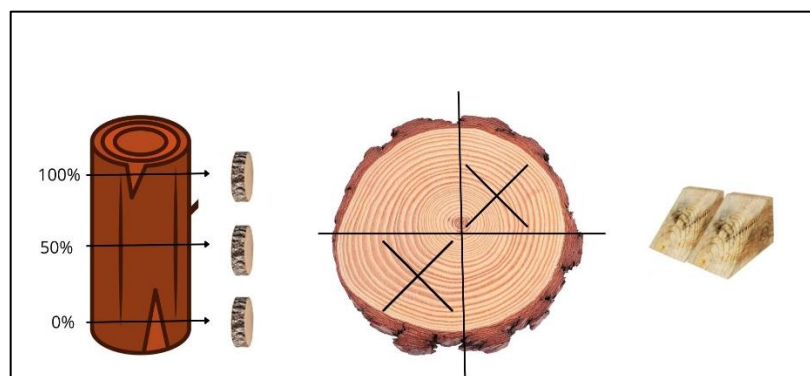
**Figura 5** – Dimensões dos corpos de provas para os ensaios físicos



Fonte: NBR 7190 (2022)

A determinação da densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* foi realizada considerando as madeiras amostradas nas diferentes posições longitudinais do fuste. Nesse sentido, o fuste foi seccionado nas posições de 0% que corresponde a base, 50% ao meio do fuste e 100% a altura comercial até o diâmetro atingir 4 cm (Figura 6), o que possibilitou a retirada de discos com espessura de 5 cm. Com os discos seccionados, foram retiradas cunhas apostas de todas as posições de amostragem, sendo um total de 72 cunhas (Figura 7), com 36 para cada classe.

**Figura 6** – Confecção das amostras para os ensaios de densidade básica.



**Fonte:** Autor, 2023.

**Figura 7** – Cunhas dos discos de madeira de *K. grandifoliola* confeccionadas.



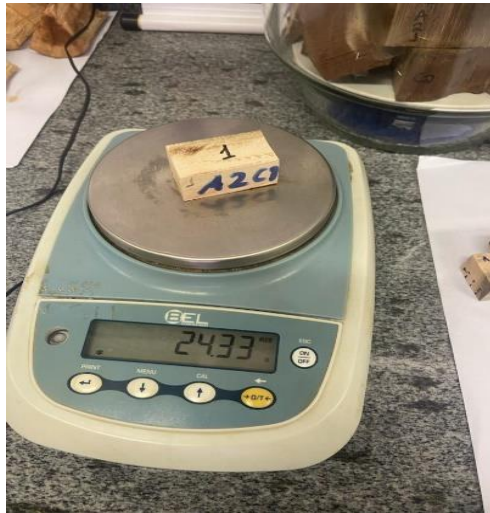
**Fonte:** Acervo próprio, (2023)

#### 4.3.1 Umidade da madeira

A determinação da umidade da madeira de *K. grandifoliola* foi realizada de acordo com as recomendações da norma NBR 7190-3 (ABNT, 2022). A umidade da madeira corresponde a relação entre massa da água presente na madeira e a massa da madeira seca. As amostras foram pesadas em uma balança de precisão (modelo S2202H, da marca Bel) modelo S2202H

(Figura 8) em seu estado *in natura* e depois levadas para a estufa e secas a 0% de umidade com temperatura de  $103 \pm 2 \text{ c}^\circ$  com e determinação da massa seca a partir da estabilização da massa.

**Figura 8** – Amostra seca de madeira de *K. grandifoliola* sendo pesada em balança de precisão para determinação da massa a 0% de umidade.



**Fonte:** Acervo próprio, (2023)

A determinação da umidade foi realizada utilizando-se a Equação 01.

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100 \quad (01)$$

Onde:

U é a umidade da madeira na base seca, expressa em porcentagem;

$m_i$  é a massa inicial da amostra, expressa em gramas;

$m_s$  é a massa da amostra seca, expressa em gramas.

#### 4.3.2 Densidade aparente da madeira

Para densidade aparente foi realizado á mensuração de 44 corpos de provas com paquímetro digital. Com o paquímetro foram medidos comprimento (C), espessura (E) e largura (L) de todas as amostras de madeira visando a determinação do volume (C x L x E). Posteriormente, as amostras foram pesadas com a umidade na condição corrente. A densidade aparente foi calculada mediante a Equação 2, a partir de adaptação da NBR 7190-3 (ABNT, 2022).

$$\rho_{ap} = \frac{m_c}{V_C} \quad (02)$$

Onde:

$\rho_{ap}$  é a densidade aparente da madeira;

$m_c$  é a massa do corpo de prova com umidade corrente, expressa em gramas (g);

$V_C$  é o volume do corpo de prova com umidade corrente, expressa em metros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ).

#### 4.3.3 Densidade básica da madeira

Densidade básica foi determinada de acordo com recomendações expressas na norma NBR-11941 (ABNT, 2003), considerando o método de imersão (Figura 9) para obtenção do volume saturado das cunhas, as cunhas ficaram imersas em água por um período de 10 dias até alcançarem o ponto de saturação das fibras. As cunhas foram levadas a estufas a  $103 \pm 2 \text{ C}^\circ$  até a obtenção da massa seca constante. A massa seca de cada cunha foram determinadas em uma balança de precisão Bel 0,01g, 2200g S2202H. A densidade básica será calculada com a Equação 3.

$$d_b = \frac{m_3}{(m_2 - m_1)} \quad (03)$$

Onde:

$d_b$  é a densidade básica da madeira, em gramas por  $\text{cm}^3$ ;

$m_3$  é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

$m_2$  é a massa de recipiente com e cunha imerso, em gramas;

$m_1$  é a massa do recipiente com água, em gramas.

**Figura 9** – Obtenção do volume das amostras de madeira pelo método de imersão.



Fonte: Acervo próprio (2023)

#### 4.4 Estabilidade dimensional da madeira

Este método de ensaio consiste na determinação do grau de estabilidade dimensional da madeira de um lote considerado homogêneo por meio das propriedades de retração e inchamento, considerando a norma NBR 7190 (ABNT, 2022).

O Procedimento do ensaio de estabilidade dimensional da madeira foi realizado em duas partes, o ensaio de retração e o ensaio de inchamento. O ensaio da retração foi realizado com os corpos de prova que estavam com a umidade acima do ponto de saturação das fibras. Para ensaio de inchamento, os corpos de prova estavam secos. A secagem ocorreu na câmara de secagem, com temperatura máxima de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , com base na NBR 7190-3 (ABNT, 2022). Foram selecionados de forma aleatória 5 corpos de prova, em que as massas desses corpos de provas foram medidas a cada 6 h, até que ocorreu variação, entre duas medidas consecutivas, menor ou igual a 0,5 % da última massa medida para verificar a secagem a 0% de umidade do material.

As deformações específicas de retração, representadas por  $\varepsilon_r$ , e de inchamento, representadas por  $\varepsilon_i$ , são utilizadas como indicadores da estabilidade dimensional. Essas deformações são determinadas para cada direção preferencial, levando em consideração as dimensões da madeira quando está saturada e seca (NBR 7190-3, 2022). Os cálculos das deformações específicas foram realizados com base nas equações 4 a 9.

$$\varepsilon_{r,1} = \left( \frac{L_{1,sat} - L_{1,seco}}{L_{1,sat}} \right) * 100 \quad (4)$$

$$\varepsilon_{r,2} = \left( \frac{L_{2,sat} - L_{2,seco}}{L_{2,sat}} \right) * 100 \quad (5)$$

$$\varepsilon_{r,3} = \left( \frac{L_{3,sat} - L_{3,seco}}{L_{3,sat}} \right) * 100 \quad (6)$$

$$\varepsilon_{i,1} = \left( \frac{L_{1,sat} - L_{1,seco}}{L_{1,seca}} \right) * 100 \quad (7)$$

$$\varepsilon_{i,2} = \left( \frac{L_{2,sat} - L_{2,seco}}{L_{2,seca}} \right) * 100 \quad (8)$$

$$\varepsilon_{i,3} = \left( \frac{L_{3,sat} - L_{3,seco}}{L_{3,seca}} \right) * 100 \quad (9)$$

Onde:

$\varepsilon_r$  é retração da madeira;

$\varepsilon_i$  é inchamento da madeira;

$L_{n,sat}$  é o lado saturado mensurado da madeira;

$L_{n,seco}$  é o lado seco mensurado da madeira;  
 $n$  é o número representante da seção.

Com os cálculos de retração e inchamento, foram calculados o inchamento volumétrico dos corpos de prova e posteriormente a variação volumétrica. Primeiramente calculou-se os volumes com a base seca e a base saturada, sendo calculada conforme a Equação 10 e 11.

$$V_{sat} = L_{1, sat} * L_{2, sat} * L_{3, sat} \quad (10)$$

$$V_{seco} = L_{1, seco} * L_{2, sec} * L_{3, seco} \quad (11)$$

Onde:

$V_{sat}$  é o volume saturado;

$V_{seco}$  é o volume seco.

A variação volumétrica foi calculada com base na Equação 12.

$$\Delta V = \left( \frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{sat}} \right) * 100 \quad (12)$$

Onde:

$\Delta V$  é a variação volumétrica;

$V_{sat}$  é o volume saturado;

$V_{seco}$  é o volume seco.

#### 4.5 Fator Anisotrópico

A relação entre a retração radial e tangencial, inchamento radial e tangencial se calculou o fator de anisotropia dimensional (Equações 13 e 14).

$$Ac = \left( \frac{\epsilon_{r3}}{\epsilon_{r2}} \right) \quad (13)$$

Onde:

$Ac$ : variação anisotrópica de retração

$\epsilon_{r3}$ : Retração Tangencial

$\epsilon_{r2}$ : Retração Radial

$$Ai = \left( \frac{\epsilon_{i3}}{\epsilon_{i2}} \right) \quad (14)$$

Onde:

$Ai$ : deformação anisotrópica de inchamento

E<sub>i3</sub>: Inchamento Tangencial

E<sub>i2</sub>: Inchamento Radial

A qualidade da madeira de *K. grandifoliola* foi classificada de acordo com a proposta de MORESCHI, 2009 que leva em consideração seu fator de anisotropia (Quadro 1).

**Quadro 1** – Qualidade da Madeira

Fator anisotropia	Qualidade Madeira
1,2 a 1,5	Madeiras consideradas excelentes - procuradas para usos que não permitem empenamentos, torções etc. Por exemplo, a produção de janelas, móveis, instrumentos musicais etc.
1,6 a 1,9	Madeiras consideradas normais.
≥ 2,0	Madeiras de baixa qualidade - inapropriada para várias utilizações, mas algumas ainda de grande interesse comercial por reunirem outras propriedades desejadas. Por exemplo a construção civil.

**Fonte:** Adaptado de MORESCHI, 2009

#### 4.6 Análises estatísticas

A condução das análises dos dados foi feita no software R com estatísticas descritivas. Preliminarmente, foram aplicados os testes de Levene ( $p \leq 0,05$ ) e Shapiro-Wilk ( $p \leq 0,05$ ) para verificar a homogeneidade de variância e a normalidade dos dados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), para verificar o efeito da posição de amostragem e classe diamétrica. Foi realizado o teste F de  $\leq 0,05$  para significância da amostragem de 5 %. Para avaliar o efeito da posição longitudinal de amostragem dentro de cada indivíduo, foram aplicados modelos de regressão linear simples e polinomiais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSÃO

### 5.1 Densidade Básica do Fuste de *K. grandifoliola*

Os valores da densidade básica média do fuste das árvores de *K. grandifoliola* cultivadas no bioma cerrado, aos quatro anos, variaram de 0,405 a 0,474 g.cm<sup>-3</sup>, apresentando uma média geral de 0,438 g.cm<sup>-3</sup> para a espécie (Tabela 2).

**Tabela 2** – Densidade Básica média do Fuste em  $\text{g cm}^{-3}$  para árvores de *K. grandifoliola* cultivadas na Região Tocantina do Maranhão.

Árvore	Densidade básica do Fuste ( $\text{g cm}^{-3}$ )
1	0,412
2	0,443
3	0,474
4	0,405
5	0,453
6	0,432
7	0,474
8	0,426
9	0,429
10	0,429
11	0,435
12	0,447
Média	0,438
Desvio Padrão	0,021

**Fonte:** Autor, 2024

Portanto, a madeira de *K. grandifoliola* pode ser classificada na categoria de madeira de baixa densidade básica, com base na proposta de classificação de Melo et al. (1990), Vale et al (2002, 2005) e Silveira et al (2013).

As madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, com 19 anos de idade, provenientes da Reserva Natural Vale, localizada em Sooretama, no norte do Estado do Espírito Santo foram avaliadas. No estudo, foram obtidas densidades básicas de  $0,491\text{g cm}^{-3}$  e  $0,588\text{g.cm}^{-3}$ , o que se configuram como madeiras de baixa e média densidade básica (FRANÇA et al., 2015).

Para madeira de clones de *Eucalyptus* sp. com 6 anos e 9 meses, oriundas do plantio clonal da empresa Plantar localizada no município de Curvelo em Minas Gerais foi observada densidade básica de  $0,524\text{g.cm}^{-3}$  (LIMA et al., 2020). O valor apresentado no estudo mencionado é superior ao valor médio reportado no presente estudo para *K. grandifoliola*.

## 5.2 Variação Longitudinal da Densidade Básica da Madeira de *K. grandifoliola*

Os dados da variação longitudinal da densidade básica de *K. grandifoliola* ao longo do fuste foram avaliados para as duas classes diamétricas. Na primeira classe, cujo diâmetro variou

de 0 a 10 cm de DAP, na seção 0 % a densidade variou de 0,392 g cm<sup>-3</sup> a 0,599 g cm<sup>-3</sup> com a média de 0,504 g cm<sup>-3</sup>, na seção 50% de 0,367 g cm<sup>-3</sup> a 0,501 g cm<sup>-3</sup> com a média de 0,412 g cm<sup>-3</sup> e na seção de 100% de 0,367 g cm<sup>-3</sup> a 0,447 g cm<sup>-3</sup> com a média 0,393 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 3). Os resultados demonstram tendência de redução da densidade básica no sentido base-topo.

**Tabela 3** – Variação longitudinal da densidade básica de *K. grandifoliola* na classe diâmetrica de 0 a 10 cm de DAP.

Árvore	Densidade Básica (g cm <sup>-3</sup> )		
	0%	50%	100%
1	0,490	0,370	0,375
2	0,512	0,432	0,383
3	0,552	0,424	0,447
4	0,482	0,367	0,367
5	0,599	0,380	0,380
6	0,392	0,501	0,404
Média	0,504	0,412	0,393
Desvio Padrão	0,070	0,052	0,030

**Fonte:** Autor, 2024.

Na segunda classe diamétrica, cujo diâmetro varia de 10 a 20 cm de DAP, na posição 0 % a densidade variou de 0,492 a 0,533 g cm<sup>-3</sup> com a média de 0,506 g.cm<sup>-3</sup>, na seção 50% foram reportadas variação de 0,377 g cm<sup>-3</sup> a 0,451 g cm<sup>-3</sup> com a média de 0,413 g cm<sup>-3</sup> e na altura de amostragem de 100%, oscilação de 0,359 g cm<sup>-3</sup> a 0,439 g cm<sup>-3</sup>, com a média 0,401 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 4). Novamente, a tendência foi de redução da densidade básica no sentido base-topo.

**Tabela 4** – Variação longitudinal da densidade básica de *K. grandifoliola* na classe diâmetrica de 10 a 20 cm de DAP.

Árvore	Densidade Básica g cm <sup>-3</sup>		
	0%	50%	100%
1	0,533	0,451	0,439
2	0,492	0,377	0,410
3	0,521	0,409	0,359
4	0,502	0,412	0,373
5	0,495	0,403	0,409
6	0,495	0,430	0,418
Média	0,506	0,413	0,401
Desvio Padrão	0,017	0,025	0,030

**Fonte:** Autor, 2024.

Os fatores classe diamétrica e posição de amostragem foram testados como fonte de variação da densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* aos 4 anos de idade. Os dados residuais da variação longitudinal da densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* seguiram distribuição normal dentro das classes diamétricas, com  $p$ -valor = 0,7776. O teste F ( $p \leq 0,05$ ) mostrou que não há efeito significativo da interação Classe x Posição longitudinal. O teste F ( $p \leq 0,05$ ) mostrou que há efeito significativo da posição de amostragem na densidade básica da madeira. Esses resultados corroboram as tendências apresentadas anteriormente da densidade variando no sentido longitudinal. (Tabela 5).

**Tabela 5** – Resumo das Análises de variância da variação longitudinal da densidade básica.

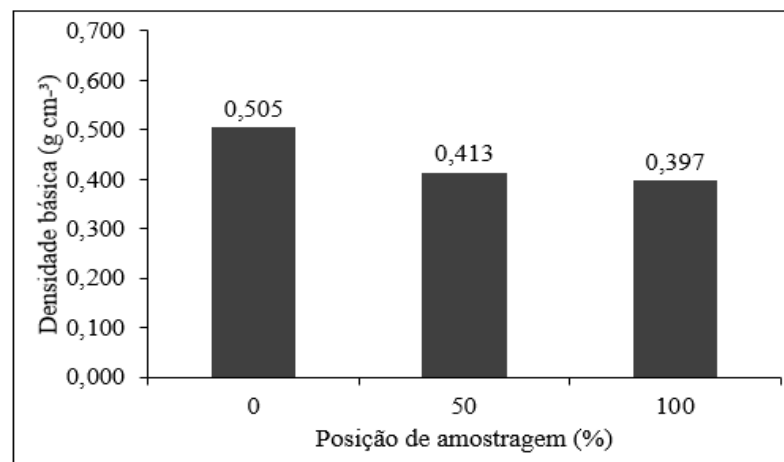
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Classe	1	127
Error A	10	1507
Posição	2	41128*
Classe x Posição	2	48
Error B	20	1808
CVe (%) na Classe	-	8,8556
CVe (%) na Posição de Amostragem	-	9,699

CVe (%) = coeficiente de variação experimental; \* = significativo ao nível de 5% de significância pelo Teste F

Fonte: Autor, 2024.

O padrão da variação da densidade básica das 12 árvores amostradas de *K. grandifoliola* foi decrescente da posição 0% a 100%. indicando a base como a parte do fuste com maior valor médio de densidade básica (Figura 10).

**Figura 10** – Padrão decrescente da densidade básica.



Fonte: Autor, 2024

Para a variação longitudinal da densidade básica, foram analisados dois modelos de regressão (Tabela 6), sendo que o modelo polinomial quadrático mais se adequou ao comportamento natural da densidade básica para árvores de *K. grandifoliola* aos 4 anos de idade. Esse resultado, corroborado pelo valor do coeficiente de determinação ( $R^2 = 1$ ), está associado ao número de pontos de amostragem no fuste (Figura 11).

**Tabela 6** – Resumo das equações de regressão.

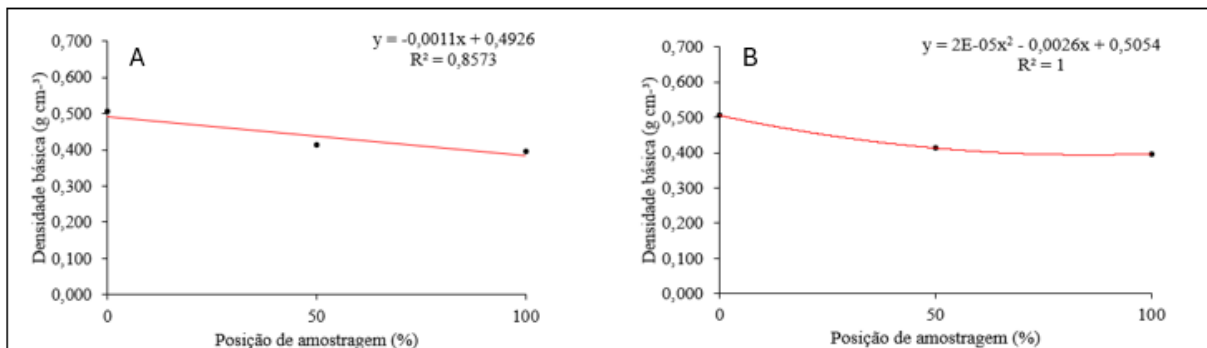
Equação	B0	B1	B2	R <sup>2</sup>
Linear	492,6208	-1,0841	-	0,8573*
Polinomial quadrático	505,3917	-2,6166	0,0153	1,0000*

\* = significativo ao nível de 5% de significância pelo Teste F

Fonte: Autor, 2024

A equação linear teve uma boa aderência aos dados comparada com a equação polinomial quadrática (Figura 11).

**Figura 11** –A: Regressão linear da Densidade Básica, B: Regressão quadrática da Densidade Básica



Fonte: Autor, 2024

A variação longitudinal em cinco posições 2%, 10%, 30%, 50% e 75% da altura comercial da árvore, dos clones de *Eucalyptus* sp. com 6 anos e 9 meses, oriundas do plantio clonal da empresa Plantar localizada no município de Curvelo em Minas Gerais teve 4 padrões distintos entres os clones amostrados. Padrão I: a madeira teve uma crescente densidade até 30%, de 30 a 50 % decrescente e as posições superiores crescente. Padrão II: crescente da base ao topo. Padrão III: pequena variação de densidade. Finalmente, o padrão IV foi decrescente até 10% e crescente até 50%, e poucas variações no restante do fuste (LIMA et al., 2020). Padrões distintos entre os clones de *Eucalyptus* sp. e diferentes ao comparados com padrão de densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* que se caracterizou como decrescente no

sentido base-topo. Comportamento longitudinal da densidade básica semelhante as árvores estudadas de *K. grandifoliola* foi registrado por Matos et al. (2022) estudando árvores de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*.

Os valores de densidade na base da árvore foram mais elevados por se tratar de uma zona composta por tecidos mais velhos, se comparado a parte aérea do fuste. A base precisa suportar e firmar a árvore em relação aos esforços mecânicos promovidos pelos ventos, especialmente por se tratar de árvores jovens com 4 anos de idade. Esse comportamento pode se alterar em árvores mais velhas, como mostra o estudo com eucalipto. Nesse sentido, novos estudos precisam avaliar árvores de *K. grandifoliola* em idades mais avançadas.

### 5.3 Umidade e densidade aparente da madeira de *K. grandifoliola*

Com base nos valores de umidade na base seca, houve variação de 27,11 a 45,21 % (média de 33,94%) para madeiras de árvores de *K. grandifoliola*, aos quatro anos de idade. Para os dados de densidade aparente os valores variaram de 0,624 a 0,786 g cm<sup>-3</sup>, apresentando uma média global de 0,682 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 7).

**Tabela 7** – Densidade aparente média do fuste em g.cm<sup>-3</sup> e umidade (%) para árvores de *K. grandifoliola* cultivadas na Região Tocantina do Maranhão.

Árvore	Classe diamétrica	Umidade (% , bs)	Densidade aparente (g.cm <sup>-3</sup> )
1	0 – 10	27,32	0,741
2	0 – 10	38,27	0,786
3	0 – 10	45,21	0,635
4	0 – 10	39,25	0,635
5	0 – 10	31,66	0,662
6	10 – 20	31,85	0,662
7	10 – 20	27,11	0,624
8	10 – 20	30,65	0,710
9	10 – 20	39,47	0,699
10	10 – 20	28,58	0,671
Média		33,94	0,682
Desvio Padrão		6,18	0,052

**Fonte:** Autor, 2024

Os dados da umidade (%) da madeira de *K. grandifoliola* seguiram distribuição normal dentro das classes diâmetricas, sendo p-valor = 0,239. O teste F ( $p \leq 0,05$ ) mostrou que não há efeito significativo da classe na variável umidade (%), bs) (Tabela 8).

**Tabela 8** – Análises de Variância da Umidade (%).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Classe	1	57,87
Resíduos	8	35,79
Cve (%) na Classe	-	17,6279

Cve (%) = coeficiente de variação experimental

**Fonte:** Autor, 2024.

Na primeira classe, a densidade aparente variou de 0,635 a 0,741 g cm<sup>-3</sup> com a média de 0,786 g cm<sup>-3</sup>. Na segunda classe, a densidade aparente variou de 0,624 a 0,710 g.cm<sup>-3</sup>, com a média de 0,673 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 9).

**Tabela 9** – Densidade Aparente da madeira de *K. grandifoliola* aos 4 anos de idade por classe diamétrica.

Árvore	Densidade Aparente (g.cm <sup>3</sup> )	
	Classe 1	Classe 2
1	0,741	0,662
2	0,786	0,624
3	0,635	0,710
4	0,635	0,699
5	0,662	0,671
Média	0,692	0,673
Desvio Padrão	0,068	0,034

**Fonte:** Autor, 2024

Os dados da densidade aparente da madeira de *K. grandifoliola* seguiram distribuição normal dentro das classes diamétricas, sendo p-valor = 0,605. O teste F ( $p \leq 0,05$ ) mostrou que não há efeito significativo da classe diamétrica na densidade Aparente (Tabela 10), indicando que os valores foram iguais em ambas as classes.

**Tabela 10** – Análise de variância da densidade aparente.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Classe	1	0,0008
Resíduos	8	0,002898
Cve (%) na Classe	-	7,8874

Cve (%) = coeficiente de variação experimental.

**Fonte:** Autor, 2024.

Estudo de Almeida et al. (2014) demonstrou valores de densidade aparente para as madeiras de *Schizolobium amazonicum*, *Pinus oocarpa shiede*, *Tectona grandis*, *Hymenaea sp.*, *Corymbia citrodora* e *Anadenanthera falcata* de 0,360 g cm<sup>-3</sup>, 0,500 g cm<sup>-3</sup>, 0,500 g cm<sup>-3</sup>, 0,570 g.cm<sup>-3</sup>, 0,940 g cm<sup>-3</sup>, 0,990 g cm<sup>-3</sup> e 0,910 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Nota-se que as espécies de *Hymenaea sp.*, *Corymbia citrodora* e *Anadenanthera falcata* tem uma maior densidade aparente se comparados aos valores encontrados para *K. grandifoliola*.

#### 5.4 Estabilidade dimensional *K. grandifoliola*

Para retratibilidade da madeira de *K. grandifoliola*, foram encontrados os valores em retração variando de 0,09 a 0,73 % (com média de 0,39%) para a sentido axial, para seção radial 2,44 a 4,05% (com média de 3,18%) e para seção tangencial variaram de 4,53% a 8,09% (com média de 6,00 %). Para os valores em inchamento, houve variação de 0,09 a 0,73 % (com média de 0,40%) para o sentido axial, para seção radial 2,50 a 4,23% (com média de 3,29%) e para seção tangencial variaram de 4,77 a 8,80% (com média de 6,41%). A variação volumétrica apresentou oscilação de 7,94% a 11,41% (média: 9,35%). A variação anisotrópica de retração variou de 1,42% a 2,85% (com média de 1,93%), enquanto a deformação anisotrópica de inchamento oscilou de 1,45% a 2,99% (com média de 1,99%) (Tabela 11),

**Tabela 11** – Retrabilidade da madeira de *K. grandifoliola*

Árvores	Er1(%)	Er2(%)	Er3(%)	Ei1(%)	Ei2(%)	Ei3(%)	Δv(%)	Ear(%)	Eai(%)
1	0,73	3,49	5,36	0,73	3,62	5,68	9,32	1,54	1,57
2	0,69	3,18	4,53	0,70	3,28	4,77	8,20	1,42	1,45
3	0,19	2,44	6,96	0,19	2,50	7,49	9,39	2,85	2,99
4	0,09	3,08	5,68	0,09	3,18	6,03	8,66	1,85	1,90
5	0,46	3,17	8,09	0,46	3,28	8,80	11,41	2,55	2,69
6	0,36	2,64	5,10	0,37	2,71	5,38	7,94	1,93	1,98
7	0,28	3,15	6,62	0,28	3,25	7,10	9,80	2,10	2,18
8	0,19	4,05	6,38	0,19	4,23	6,82	10,34	1,57	1,61
9	0,67	3,51	5,04	0,68	3,65	5,32	9,00	1,44	1,46
10	0,27	3,13	6,25	0,27	3,24	6,68	9,43	2,00	2,06
Média	0,39	3,18	6,00	0,40	3,29	6,41	9,35	1,93	1,99
Desvio Padrão	0,23	0,45	1,07	0,23	0,48	1,21	1,02	0,48	0,52

Sendo:  $\epsilon_r$ : deformação específica de retração;  $\epsilon_{r,1}$ : retração axial;  $\epsilon_{r,2}$ : retração radial;  $\epsilon_{r,3}$ : retração tangencial;  $\epsilon_i$ : deformação específica de inchamento;  $\epsilon_{i,1}$ : inchamento axial;  $\epsilon_{i,2}$ : inchamento radial;  $\epsilon_{i,3}$ : inchamento tangencial;  $D_v$ : variação volumétrica;  $\epsilon_{A,i}$ : deformação anisotrópica de inchamento;  $\epsilon_{A,r}$ : variação anisotrópica de retração.

**Fonte:** Autor, 2024

Os dados da estabilidade dimensional da madeira de *K. grandifoliola* seguiram distribuição normal dentro das classes diamétrica pelo teste de Shapiro Wilk com  $p > 0,05$  (Tabela 13). O teste F ( $p \leq 0,05$ ) mostrou que não há efeito significativo da Classe na Estabilidade Dimensional (Tabela 12). Isso indica que árvores com diâmetro variando de 0 a 20 cm apresentam mesmo comportamento quando submetidas ao teste de retratibilidade.

**Tabela 12** - Resumo da análise de variância da estabilidade dimensional da madeira de *K. grandifoliola* colhida aos 4 anos de idade na região tocanina do Maranhão.

Fonte de Variação (Classes)	GL	SQ	QM	F cal	p
Retração Axial	1	0,05074	0,05074	1,7940	0,2380
Retração Radial	1	0,1828	0,1281	0,6060	0,4590
Retração Tangencial	1	0,147	0,147	0,1160	0,7420
Inchamento Axial	1	0,05151	0,05151	1,7910	0,2380
Inchamento Radial	1	0,1506	0,1506	0,6190	0,4540
Inchamento Tangencial	1	0,215	0,215	0,1320	0,7250

GL: Grau liberdade; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio; F cal: F calculado, p: P – Valor

**Fonte:** Autor, 2024

França et al (2015) analisaram a retratibilidade, na posição radial 3,11% e 3,39%, tangencial 5,57% e 5,58% e longitudinal, 0,30% e 0,21%, foram reportados para as espécies *Khaya senegalensis* e *Khaya ivorensis*, respectivamente. Se assemelham aos das espécies de *K. grandifoliola* com maior divergência na retratibilidade da posição tangencial. Paes et al. (2015) registraram para madeira de *Tectona grandis* com idades de 6 e 7 anos, retrações radiais, tangenciais e volumétricas em torno de 2,7%, 6,2% e 9,8%, respectivamente. Ao serem comparadas com as retrações radiais, tangenciais e volumétricas de *K. grandifoliola*, as retrações tangenciais e volumétrica são similares as retrações de *K. grandifoliola*.

O coeficiente de anisotropia é um indicador de qualidade da madeira, estando correlacionado com os defeitos de secagem. Um coeficiente de anisotropia ideal para um material seria de 1, indicando que não houve alteração em suas dimensões ou que as alterações em suas diferentes direções anatômicas são iguais (MORESCHI, 2009).

Quanto maior for a discrepância entre as variações dimensionais nos sentidos anatômicos tangencial e radial da madeira, maior será o coeficiente de anisotropia e, por conseguinte, seu comportamento durante a secagem será mais prejudicado.

A média da variação anisotrópica de retração foi de 1,93% e para deformação anisotrópica de inchamento a média foi de 1,99% (Tabela 11). Com isso a madeira de desbaste de *K. grandifoliola* com idade de 4 anos, pode ser classificada com qualidade normal (MORESCHI, 2009) e sua destinação pode levar para usos não tão nobres, como estacas, compensados entre outras destinações. No entanto novos estudos analisando características químicas, anatômicas e energéticas da madeira de *K. grandifoliola* proveniente de desbaste de cultivos na Região Tocantina do Maranhão aos 4 anos de idade devem ser realizados para uma melhor destinação e aproveitamento de sua madeira.

## CONCLUSÃO

A densidade básica da madeira de *K. grandifoliola* não sofre efeito de classe diamétrica. A madeira foi considerada de baixa densidade básica (média de  $0,438 \text{ g cm}^{-3}$ ). Esse estudo encontrou efeito de posição de amostragem na densidade básica, com padrão de variação decrescente no sentido base-topo.

A densidade aparente, umidade e estabilidade dimensional não foram influenciadas pela classe diamétrica.

O presente estudo classificou madeiras de *K. grandifoliola* colhidas aos 4 anos como de estabilidade normal, com uso mais adequado para estacas, compensados entre outras destinações.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. H. D. E.; SCALIANTE, R. M.; CHRISTOFORO, A. L.; VARANDA, L. D.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A.; JUNIOR, C. C. Tenacidade da madeira como função da densidade aparente. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 203–207, jan. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7190-3: **Projeto de estruturas de madeira Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas**. Rio de Janeiro, p. 24. 2022
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941: **Madeira – Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, p. 6. 2003
- CARLOS A. KLINK, RICARDO. B. M. **A conservação do Cerrado brasileiro**. 2005. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Machado-4/publication/228342037\\_A\\_conservacao\\_do\\_Cerrado\\_brasileiro/links/553a78670cf29b5ee4b64c2f/A-conservacao-do-Cerrado-brasileiro.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Machado-4/publication/228342037_A_conservacao_do_Cerrado_brasileiro/links/553a78670cf29b5ee4b64c2f/A-conservacao-do-Cerrado-brasileiro.pdf) >. Acesso em: 26 set. 2023.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas**, 2 ed, Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica ; Colombo, PR : Embrapa Florestas, 2006. 627 p. il. color ; (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 2). ISBN 85-7383-373-4
- CHRISTENHUSZ, M. J. M. & BYNG, J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. **Phytotaxa**. Vol. 261 No. 3: 20 Maio 2016
- CORREA CINDY, **Áreas de Estatística e Comunicação Corporativa da Iba**, 2023, Brasília Disponível em < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/cenarios/cenarios-iba-edicao-75-3o-trim-2023.pdf> > Acesso em 08/12/2023.
- COSTA, K. S. P; COSTA, H. O. S; SOUSA, C. J. S. **Contribuição ao conhecimento hidrogeológico da região sul**: Porto Franco – MA. 2005.
- COSTA, A. Coletâneas de anatomia da madeira. **Anatomia da madeira**. 42p. 2001.
- Downes, G. M., Hudson, I. L., Raymond, C. A., Dean, G. H., Michell, A. J., & Schimleck, R. (1997). **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties**. Hobart: CSIRO. <http://dx.doi.org/10.1071/9780643105287>.
- FLORES, T.B. *Meliaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB614224>>. Acesso em: 10 dez. 2023
- FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano. **Cerne**, v. 2, n. 4, p. 663-640, 2015
- FREITAS, D. L.; CARVALHO, D. E.; BELTRAME, R.; SANTOS, G. A. DO; GATTO, D. A.; HASELEIN, G. R. Estabilidade Dimensional da Madeira de Clones de Eucalyptus spp. **Scientia Agraria Paranaensis** – Sci, Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, out./dez., p. 435-439, 2016
- FOREST PRODUCTS LABORATORY – FPL. **Wood handbook**: Wood as an engineering material. Washington: U.S.D.A., 1987. 466p. (Agriculture Handbook, 72). Disponível em < [https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fpl\\_gtr190.pdf](https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf) > Acesso em 12/12/2023
- HECKLER, C.; SANSIGOLO, C, A.; MANENTE, F, G.; BASSO, S. Densidade básica da madeira de cecropia sp (embaúba) e sua influência na produção de celulose kraft. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Re.C.E.F**. ISSN 1678-3867 Garça, São Paulo, 2014.

- IBA – Indústria brasileira de árvores, **O SETOR PANORAMA BRASILEIRO – Árvores plantadas**, 2023. Disponível em <<https://iba.org/arvores-plantadas>> Acesso em 10/12/2023.
- IBA – Indústria brasileira de árvores, **O SETOR PANORAMA BRASILEIRO – Dados Estatísticos**, 2023. Disponível em < <https://iba.org/arvores-plantadas> > Acesso em 10/12/2023.
- IBF – Instituto Brasileiro de Floresta; **Mogno Africa**, 2020. Disponível em < <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/mogno-africano> > Acesso em 10/12/2023
- International Association of Wood Anatomists – IAWA. International association of wood anatomists: list of microscope features for hardwood identification. **IAWA Journal**, v. 10, n. 3, 219-232, 1989.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **IUCN red list**. Disponível em; <https://www.iucnredlist.org/search?taxonomies=113243&searchType=species> Acesso em: 14/12/2023
- JOFFE, P. C. G. **Indigenous Plants of South Africa**. 2007.
- LIMA, M. D. R., BARROS JUNIOR, U. O., ASSIS, M. R., MELO, I. C. N. A., FIGUEIREDO, I. C. R., PROTÁSIO, T. P., & TRUGILHO, P. F. (2020). Variabilidade das densidades básica e energética e estoque de carbono na madeira no fuste de clones de Eucalyptus. **Scientia Forestalis**, 48(128), e3302. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n128.04>
- MATTOS, B. D. .; GATTO, D. A. .; STANGERLIN, D. M. .; CALEGARI, L. .; MELO, R. R. de .; SANTINI, E. J. . Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 121-126, 2022. DOI: 10.5039/agraria.v6i1a1080. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v6i1a1080>. Acesso em: 12 fev. 2024.
- MENEZES, W. M. DE . et al. Modificação térmica nas propriedades físicas da madeira. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 1019–1024, jun. 2014.
- MELO, J. E.; CORADIN, V. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais**. Campos do Jordão, 1990. v. 3. p. 695-705.
- MORESCHI, J. C.. **Propriedades da Madeira**, 4ª edição, Curitiba – PR, Setor de \ciências agrárias da UFRR, 2014
- MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- MUKAILA, Y. O.; AJAO, A. A. F.; MOTEETEE, A. N. *Khaya grandifoliola* C. DC. (Meliaceae: Sapindales): Etnobotânica, fitoquímica, propriedades farmacológicas e toxicologia. **Revista de Etnofarmacologia**. Vol 278, 5 de outubro de 2021.
- NDULUE, N. B.; OMOLE, A. O.; OLUWADARE, A. O.; IYIOLA, E. A. Natural durability of khaya grandifoliola stem and branchwood against termite infestation. **Pro Ligno**, 2023, Vol 19, Issue 1, p52
- 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**, v. 29, n. 1, p. 115–127, jan. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100013>

- OJOKUKU, S. A.; OKUNOWO, W. O.; APENA, A. Evaluation of the chemical composition of *Khaya grandifoliola* and *Ficus capensis*. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 12, p. 1126-1129, 2010.
- OPUNI-FRIMPONG, E.; KARNOSKY, D. F.; STORER, A. J.; COBBINAH, J. R. Silvicultural systems for plantation mahogany in Africa: influences of canopy shade on tree growth and pest damage. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 328-333, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.07
- Paes, J.B.; Dos Santos, L.L.; Da Silva, L.F.; Mottaj, P.; Braz, R.L & Lombardi, L. (2015) – Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol .10, n. 3, p. 437-442. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v10i3a3906>
- PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETT, J. M. F. C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mogno-africanos (*Khaya* spp.)**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011. 102 p.
- RASHMI YADAV. et al. Uma revisão abrangente sobre a família Meliaceae. **Jornal Mundial de Ciências Farmacêuticas**, [S. l.] , v. 8, pág. 1572–1577, 2015. Disponível em: <https://www.wjpsonline.com/index.php/wjps/article/view/comprehensive-review-meliaceae-family> . Acesso em: 10 dez. 2023.
- REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil - Brasília, DF : **Embrapa**, 2019 Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202696/1/Mogno-Africano-08-10-2019.pdf> Acesso em: 12/12/2023
- Ribeiro, J. F & Walter, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora** v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p
- SANTOS, M. E. C.; MELO, R. R.; CORREIA, D.; SOUSA, J. A.; SANTOS, A. M.; SILVA, A. K. V.; PAULA, E. A. O.; ALVES, A. R.; SCATOLINO, M. V.; RUSCH, F.; MASCARENHAS, A. R.; PIMENTA, A. S.; STANGERLIN. Variação na Densidade Básica da Madeira Produzida no Semiárido Brasileiro Submetida a Diferentes Regimes de Irrigação. Vol 14, **Florestas** 2023 , 14 (11), 2168; <https://doi.org/10.3390/f14112168>
- SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. S. Densidade básica da madeira de eucalipto **IMPÓSIO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA**, 10., 2017, Piracicaba. Novos tempos na pesquisa: transformação, liderança e inovação: resumos. Piracicaba, SP: CENA/USP, 2017. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172480/1/RA-ScanavacaJrL-X-SCPG-Cena-2017-poster.pdf> Acesso em 14/12/2023
- VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.
- VALE, A. T.; SARMENTO, T. R.; ALMEIDA, A. N. Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília - DF. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 15, n. 4, p. 411-420, 2005.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.233-239, 2003.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. DO. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 179–184, jun. 2013.

ZANUNCIO, A.J.V.; LIMA, J.T.; MONTEIRO, T.C.; CARVALHO, A.G.; TRUGILHO, P.F. Drying logs of *Eucalyptus* and *Corymbia* for energy purposes, **Sci. For.** 41 (2013) 353–360.