



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ZOOTECNIA
COLEGIADO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

DARLAN DOS SANTOS DE SOUSA

**METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM DE FIBRAS DA MADEIRA DE *Pterogyne
nitens* Tul. PARA CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
DEZEMBRO - 2019**

DARLAN DOS SANTOS DE SOUSA

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM DE FIBRAS DA MADEIRA DE *Pterogyne nitens* Tul. PARA CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito para a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Dalton Longue Júnior.

VITÓRIA DA CONQUISTA – BAHIA
DEZEMBRO - 2019

DARLAN DOS SANTOS DE SOUSA

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM DE FIBRAS DA MADEIRA DE *Pterogyne nitens* Tul. PARA CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito para a obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Dalton Longue Júnior.

Aprovado em: 12/12/2019

Banca examinadora:

Prof. D.Sc. Dalton Longue Júnior - Orientador
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB

Prof. M.Sc. Roger Luiz da Silva Almeida Filho
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB

Prof. D.Sc. Ricardo Gabriel de Almeida Mesquita
Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Carmélia Viana e Sinvaldo Ferreira, por sempre acreditarem em mim e por se dedicarem tanto para que esse momento se tornasse possível.

A minha irmã Daiely Sousa, pelo companheirismo, carinho e apoio.

Aos meus familiares, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos de república, pelos momentos descontraídos e brincadeiras.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela oportunidade na realização desse curso.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

Ao meu orientador, professor Dr. Dalton Longue Júnior, pelos ensinamentos, amizade, apoio e confiança nesse trabalho. Imensa honra ser seu orientado.

Aos professores do curso de Engenharia Florestal pelo conhecimento compartilhado, principalmente a professora Daíse Cardoso, pelo apoio e conselhos.

Aos professores, Roger Luiz da Silva Almeida Filho e Prof^o. Dr^o Ricardo Gabriel de Almeida Mesquita que aceitaram participar da banca examinadora. E as suplentes Allana Katiussya Silva Pereira e a Prof^a. Dr^a Rita de Cássia Antunes Lima de Paula.

Aos meus amigos da turma de Engenharia Florestal, Ângela, Carmela, Carol, Laerte, Juliana e Vaniele pela amizade, resenhas e por todas as lutas vencidas juntos.

Aos amigos da universidade, Érika Susan, Esther Queiroz, Elienildo, José Luíz, Thaís e Fabiano, pelo companheirismo e bons momentos que dividimos durante esses anos.

A todos que de alguma forma, contribuíram para essa monografia.

RESUMO

Os estudos relativos a procedimentos metodológicos, visando uma melhor amostragem das madeiras para análise das dimensões das fibras, devem ser realizados para reduzir o erro amostral e o custo de amostragem. Com isso, o objetivo deste trabalho foi implementar e otimizar a metodologia de amostragem da madeira e análise anatômica das dimensões das fibras, com foco na espécie *Pterogyne nitens* Tul. nos laboratórios da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Vitória da Conquista - BA. As amostras de madeira *P. nitens* foram coletadas em um plantio experimental de 10 anos localizado no campo experimental da UESB. Foram colhidas 3 árvores e retirados discos de 20 cm de espessura a 0%, 50% e 100% da altura comercial. De cada disco de madeira foram confeccionados corpos de prova da região próxima do centro (medula) e da periferia (casca), totalizando 6 tratamentos. As fibras foram maceradas (método de Nicholls e Dasdwell), coradas com safranina e, em seguida, foram mensuradas 30 fibras inteiras até um total de 120 fibras nas dimensões comprimento, largura e diâmetro do lume (M1=30; M2=60; M3=90; M4=120). Em seguida, foi calculado o número de fibras mínimo a serem mensuradas considerando um erro amostral entre 1 e 10% ao nível de 95% de probabilidade. A medição de 30 fibras (M1) foi suficiente para obter um resultado satisfatório em todas as dimensões avaliadas. Quanto a amostragem da madeira, a dimensão comprimento das fibras exigiu a coleta de amostra nas posições medula e casca, apenas na região do diâmetro à altura do peito (DAP=1,30 m). Para a caracterização da dimensão largura das fibras, foi necessária a coleta de amostras apenas na posição do DAP, independentemente da posição no sentido medula-casca. A dimensão diâmetro do lume das fibras exigiu coletas de amostras em todas as posições do tronco sugeridas neste estudo, para permitir uma maior representatividade e confiabilidade dos dados. Considerando um erro amostral de 10%, a dimensão comprimento das fibras exigiu a medição de pelo menos 15 fibras inteiras; a dimensão largura das fibras um total de 5 fibras inteiras; e a dimensão diâmetro do lume 119 fibras inteiras. A metodologia para análise das dimensões das fibras de madeiras, com foco na espécie *P. nitens*, foi implementada no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da UESB, após alguns ajustes metodológicos, contidos num protocolo disponível no referido laboratório.

Palavras-chave: Comprimento das fibras; Largura das fibras; Diâmetro do lume das fibras; Dimensões das fibras; Caatinga.

ABSTRACT

Studies about methodological procedures, aimed at better wood sampling for fiber size analysis, should be carried out to avoid sampling error and sampling cost. Then, the objective of this study was to implement and optimize the methodology of anatomical analysis of wood fiber dimensions, focusing on the species *Pterogyne nitens* Tul., at the laboratories of Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), located in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. *P. nitens* wood samples were collected in a 10-year experimental planting located in the UESB experimental field. Three trees were harvested and wood discs of 20 cm thick were removed from 0%, 50% and 100% of commercial height. From each wooden disc specimens were made samples from the region near the center (pith) and the periphery (bark), totalizing 6 treatments. The fibers were macerated (Nicholls and Dasdwell method), stained with safranin, and then, 30 whole fibers were measured to a total of 120 fibers in the length, width and diameter of the lumen dimensions (M1=30; M2=60; M3=90; M4=120). Then, the minimum number of fibers to be measured was calculated considering a sampling error between 1 and 10% at the 95% probability level. The measurement of 30 fibers (M1) was sufficient to obtain a satisfactory result to all evaluated dimensions. To sampling wood considering the length dimension, fibers required the sampling in the medulla and bark positions, in the region of diameter at breast height (DBH = 1.30 m). For characterization of fiber width dimension, it was necessary to collect samples only in the DBH position, regardless of the position in the pith-bark direction. The fiber lumen diameter required sample collection in all trunk positions suggested in this study, to allow greater representativeness and reliability of the data. Considering a sampling error of 10%, the fiber length dimension required the measurement of at least 15 whole fibers; the fiber width dimension a total of 5 whole fibers; and the lumen diameter 119 whole fibers. The methodology for analysis of wood dimensions, focusing on *P. nitens* species, was implemented at the Forest Products Technology Laboratory of UESB, after some methodological adjustments, contained in a protocol available in that laboratory.

Keywords: Fiber length; Fiber width; Fiber lumen diameter; Fiber dimensions; Caatinga.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre as médias do comprimento das fibras (mm) em função da quantidade de fibras mensuradas e da amostragem nas posições base-topo e medula-casca...	19
Tabela 2 – Análise da necessidade de amostragem da árvore no sentido medula-casca e base-topo em função da heterogeneidade do lenho, levando em consideração n=30 fibras.....	20
Tabela 3 – Comparação entre as médias da dimensão largura das fibras (μm) em função da quantidade de fibras mensuradas e da amostragem nas posições base-topo e medula-casca...	21
Tabela 4 – Comparação entre as médias da dimensão diâmetro do lume das fibras (μm) em função da quantidade de fibras mensuradas e da amostragem nas posições base-topo e medula-casca.....	22
Tabela 5 – Número mínimo de fibras a serem medidas para determinação do comprimento das fibras, visando atender a um erro amostral entre 1 e 10% ao nível de 95% de probabilidade.....	24
Tabela 6 – Número mínimo de fibras a serem medidas para determinação da largura das fibras, visando atender a um erro amostral entre 1 e 10% ao nível de 95% de probabilidade..	24
Tabela 7 – Número mínimo de fibras a serem medidas para determinação do diâmetro do lume das fibras, visando atender a um erro amostral entre 1 e 10% ao nível de 95% de probabilidade.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 A madeira como material heterogêneo e anisotrópico.....	11
3.2 Importância dos estudos anatômicos da madeira.....	12
3.3 Intensidade amostral em estudos anatômicos	12
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 Amostragem da madeira	14
4.2 Maceração da madeira	15
4.3 Mensuração das fibras	16
4.4 Análise estatística	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
5.1 Intensidade amostral e caracterização das fibras da madeira.....	19
5.2 Determinação do número mínimo de fibras a serem mensuradas em função da heterogeneidade da madeira.....	23
6 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo e anisotrópico. Sua anisotropia está associada à diferença do seu comportamento físico-mecânico nas diferentes direções estruturais a que pode ser submetida, enquanto a sua heterogeneidade natural se deve aos aspectos químicos e anatômicos.

O estudo dos elementos anatômicos da madeira permite conhecer a composição e organização da formação do tecido xilemático e, conseqüentemente, estabelecer correlações com suas propriedades físico-mecânicas. O aumento do rendimento e da eficiência do uso do recurso madeireiro é resultado do desenvolvimento de tecnologias que permitam o melhor entendimento da estrutura da madeira. Dessa forma, surge a necessidade do conhecimento acerca da anatomia da madeira de espécies brasileiras, especialmente das madeiras nativas de biomas pouco estudados, como a Caatinga.

Para serem possíveis os estudos anatômicos, normas e procedimentos devem ser bem estabelecidos e seguidos criteriosamente. A normatização dos procedimentos e estudos da anatomia do lenho das madeiras no Brasil está baseada em recomendações da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) e da Associação Internacional de Anatomistas de Madeira (IAWA Committee). Essas metodologias orientam e indicam os equipamentos a serem usados, a confecção de corpos de prova (formato e dimensões), a amostragem das fibras e como tais amostras devem ser descritas macroscópica e microscopicamente em seus diferentes planos de observação.

Entretanto, a amostragem ainda é um desafio na caracterização de fibras. Em diversos estudos sobre a caracterização das dimensões das fibras de madeiras, normalmente são medidas 30 fibras para caracterização de uma amostra (COSTA et al. 2017; MOTA et al., 2017; NOBRE et al., 2019; TREVISAN et al., 2017). Porém, nenhum desses estudos leva em consideração a intensidade amostral, função da heterogeneidade da árvore e/ou do plantio florestal, do erro amostral e/ou medida de dispersão pré-estabelecidos.

A variação das características anatômicas proporciona uma série de dificuldades para a indústria de transformação e processamento da madeira, que exige uma amostragem representativa e a classificação das madeiras de acordo com essas características.

A amostragem é uma das etapas mais complexas para a caracterização das dimensões das fibras de madeira. As propriedades da madeira variam em função de variáveis internas como espécies, posição medula-casca, cerne-alburno e posição base-topo; e de variáveis

externas como florestas nativas x florestas plantadas, espaçamento e condições edafoclimáticas. Isso dificulta a elaboração de uma metodologia de amostragem para as mais variadas espécies lenhosas, de modo a garantir uma adequada representatividade e confiabilidade da análise.

Neste contexto, o desafio de amostrar uma espécie para a determinação das dimensões das fibras, sem considerar a intensidade amostral, está no controle do custo de amostragem e do tempo de análise. A falta de controle do custo e tempo pode inviabilizar o estudo de parâmetros anatômicos.

Assim, conhecer as propriedades anatômicas se torna uma excelente estratégia para o melhor direcionamento industrial da madeira, desde haja uma suficiente amostragem, que considere sua heterogeneidade natural, com baixo custo e tempo reduzido de análise, mais adequado no apoio aos processos industriais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Implementar e otimizar a metodologia de amostragem da madeira e análise anatômica das dimensões das fibras, com foco na espécie *Pterogyne nitens* Tul. no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais e no Laboratório de Botânica, ambos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Vitória da Conquista - BA.

2.2 Objetivos específicos

- Estabelecer um procedimento de avaliação das dimensões das fibras no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da UESB;
- Determinar o comprimento das fibras, a largura das fibras e o diâmetro do lume das fibras da espécie *Pterogyne nitens*;
- Verificar a necessidade da amostragem completa da madeira nos sentidos medula-casca e base-topo para sua caracterização;
- Determinar a quantidade mínima de fibras a serem mensuradas, por dimensão das fibras, num estudo de caracterização da madeira;
- Estabelecer um protocolo relativo ao número de medições necessárias para uma adequada caracterização da madeira, considerando o erro amostral e a heterogeneidade da amostra.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A madeira como material heterogêneo e anisotrópico

A madeira é um material heterogêneo, biológico e extremamente complexo, com elevada variabilidade em decorrência das suas diferentes propriedades e características (BRAZ et al., 2013; BRAZ et al., 2015; CARVALHO et al., 2010; MONTIES, 1991). Segundo Castro (2009), a madeira, também denominada de xilema secundário, é um importante tecido das espécies arbóreas, constituída por um complexo e heterogêneo conjunto de elementos celulares, que exercem funções vitais para a sustentação da planta, condução e armazenamento de nutrientes e água.

Essas características tornam a madeira muito requisitada pela sociedade e, conseqüentemente, é utilizada como fonte de matéria-prima em diferentes setores da indústria, como a produção de polpa celulósica, carvão vegetal, lenha e fabricação de móveis (COSTA et al., 2017; DIAS e SIMONELLI, 2013)

A madeira é considerada um material anisotrópico, por apresentar propriedades distintas em cada direção estrutural (BOTOSSO, 2011; BURGER e RICHTER, 1991; LEWIN e GOLDSTEIN, 1991). De acordo a Panshin e De Zeeuw (1980) as variações de comportamento da madeira são diferentes ao longo dos seus três eixos de direção, sendo função de sua característica anisotrópica. Estas propriedades diferentes são resultados diretos das características da parede celular, da orientação das células (fibras e vasos), do tipo dos elementos celulares, sua distribuição e disposição na região onde estão presentes (ALBUQUERQUE et al., 2000; BOTOSSO, 2011; BURGER e RICHTER, 1991; DIAS e SIMONELLI, 2013; NISGOSKI, 2005).

A madeira pode apresentar propriedades diferentes tanto entre espécies, quanto entre árvores de uma mesma espécie e até mesmo entre diferentes regiões da própria árvore, como no sentido medula-casca (BURGER e RICHTER, 1991; GONÇALVES et al., 2007). As características e propriedades da madeira podem ser afetadas por fatores ambientais e genéticos que, conseqüentemente, afetam a qualidade final da madeira (FREITAS et al., 2015; LATORRACA et al., 2000; TREVISAN et al., 2013)

O conhecimento da heterogeneidade e anisotropia da madeira permite um melhor direcionamento industrial, conseqüentemente, melhoria da eficiência do rendimento de processos, melhor seleção de matéria prima e melhora da qualidade do produto final (FREITAS et al., 2015; GALÃO, 2017; SILVA et al., 1994; VALENTE et al., 2013; ZANUNCIO et al., 2018).

3.2 Importância dos estudos anatômicos da madeira

A Anatomia da Madeira é o ramo da ciência botânica que estuda a composição e arranjo estrutural dos elementos celulares da madeira (BURGER e RICHTER, 1991; CURY, 2001). A anatomia de madeira tem como principal objetivo estudar o arranjo estrutural dos elementos celulares que formam o xilema secundário ou lenho, com finalidade de determinar a sua origem, dimensões, forma, filogenia e as suas relações recíprocas (SILVA, 2005).

Para Fan et al. (2009), o estudo da Anatomia da Madeira colabora para compreensão das adaptações ecológicas em diferentes vegetais, cujos fatores genéticos e as diferentes condições ambientais influenciam na sua formação. Desta forma, o estudo da anatomia da madeira permite o desenvolvimento da taxonomia e filogenética das espécies (BOTOSSO, 2011; SILVA, 2005).

Estes estudos são de grande importância para direcionar adequadamente a madeira para uma aplicação industrial (ARAÚJO e MATTOS FILHO, 1980; OLIVEIRA et al., 2006; RIBEIRO, 2018; VALENTE et al., 2013). Segundo Braz et al. (2013), o estudo das propriedades da madeira é importante para aumentar a quantidade de informações sobre os potenciais usos deste material. Neste sentido, o estudo da anatomia do tecido lenhoso de uma espécie florestal pode representar o meio mais seguro para definir um uso adequado, e fornecer ao consumidor a necessária garantia da identidade e qualidade da madeira (ARAÚJO e MATTOS FILHO, 1980; BOTOSSO, 2011). De acordo com Rodrigues (2013), o conhecimento das características dos elementos anatômicos é de suma importância no processo de produção de polpa celulósica e papel, visto que estes produtos são constituídos por fibras de madeira.

Neste contexto, utilizar informações da Anatomia da Madeira auxilia no uso mais adequado possível e melhor direcionamento desta matéria-prima (ARAÚJO e MATTOS FILHO, 1980; VALENTE et al., 2013).

3.3 Intensidade amostral em estudos anatômicos

Diversos estudos sobre a caracterização anatômica de lenhos realizam a amostragem das mais variadas posições na madeira, sem considerar totalmente a heterogeneidade nos sentidos medula-casca e base-topo (Quadro 1).

Quadro 1 – Amostragem em vários estudos envolvendo características anatômicas.

Autor	Espécie	Amostragem
-------	---------	------------

Costa <i>et al.</i> (2017)	<i>Mimosa schomburgkii</i>	DAP; região intermediária entre cerne e alburno; 3 árvores.
Freitas <i>et al.</i> (2019)	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	DAP; cerne e alburno; 5 árvores.
Mauri <i>et al.</i> (2017)	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	DAP; medula, região intermediária e casca; 5 árvores.
Melo <i>et al.</i> (2016)	<i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Corumbia citriodora</i>	DAP; medula e casca; 3 árvores.
Monteiro <i>et al.</i> (2017)	<i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Corumbia citriodora</i>	DAP; medula e casca; 3 árvores.
Mota <i>et al.</i> (2017)	<i>Casearia sylvestris</i>	DAP; medula e casca; 3 ecossistemas diferentes;
Pereira <i>et al.</i> (2016)	<i>Eucalyptus</i> spp.	Base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100%; cerne, alburno e região de transição; 3 árvores.
Rezende <i>et al.</i> (2018)	<i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i>	Parte central do primeiro tronco; 2 árvores.
Soares <i>et al.</i> (2019)	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Pranchas do lenho juvenil e madura; 2 árvores.
Trevisan <i>et al.</i> (2017)	<i>Eucalyptus grandis</i>	DAP; região interna, central e externa; 4 árvores.
Zanuncio <i>et al.</i> (2016)	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	0,5 m a 1,3 m do tronco; 3 árvores.
Zanuncio <i>et al.</i> (2018)	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	DAP; região intermediária, entre medula e casca; 3 árvores.

Devido à falta de um critério específico para a determinação da quantidade de amostras em estudos anatômicos de madeiras e pelo fato de cada autor considerar um critério de amostragem, baseado no número de árvores e no número de fibras, sem considerar a heterogeneidade da madeira/plantio florestal, é necessário o estabelecimento de um critério estatístico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostragem da madeira

Foram amostradas três árvores de *Pterogyne nitens*, de forma casual, em um plantio experimental de dez anos, com espaçamento 3 x 3 metros, localizado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista, Bahia (coordenadas 14°52'58.4"S e 40°47'53.1"W).

De acordo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwb (Subtropical de altitude), com temperatura média anual de 25 °C e precipitação média anual de 850 mm (BARRETO-GARCIA et al., 2019). O solo da área é classificado como latossolo amarelo distrófico, com textura variável, desde argilosa a muito argilosa (BARRETO-GARCIA et al., 2019; SANTOS et al. 2006).

Foram retirados discos de madeira de 20 cm de altura das posições 0%, 50% e 100% da altura comercial do fuste com diâmetro mínimo de 7 cm (Figura 1), configurando a amostragem vertical do fuste (sentido base-topo). No Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais, foram confeccionados corpos de prova do lenho mais próximo do centro (medula) e da periferia (casca), que corresponde a amostragem horizontal do fuste (sentido medula-casca), de cada disco de madeira resultando em um total de 6 corpos de prova para cada árvore (Figura 2).



Figura 1 – Madeira da espécie *Pterogyne nitens*.

Fonte: Autor (2019).

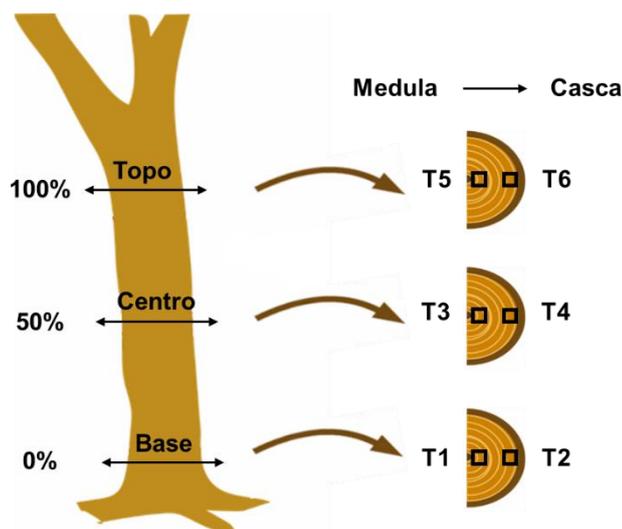


Figura 2 – Representação da amostragem da madeira, evidenciando as posições em que foram retirados os corpos de prova (T1 até T6).

Fonte: Autor (2019).

4.2 Maceração da madeira e coloração das fibras

Para a dissociação dos elementos celulares foi utilizado o método de maceração de Nicholls e Dasdwell, descrito por Ramalho (1987). Foram retirados pequenos fragmentos dos corpos de prova e colocados em tubos de ensaio. Após esse processo, foi adicionada a solução macerante, composta por peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e ácido acético glacial (CH_3COOH), na proporção 1:1, até que a solução cobrisse todos os fragmentos de madeira (Figura 3A). Em seguida, os tubos de ensaio foram encaminhados à estufa aquecida à temperatura constante de $60\text{ }^\circ\text{C}$ por aproximadamente 48 horas (Figura 3B).



Figura 3 - Fragmentos de madeira inicialmente imersos em solução macerante (A). Fibras imersas em solução macerante após 48 horas na estufa (B). Coloração das fibras dissociadas com o corante safranina (C).

Fonte: Autor (2019).

Após esse período, o material foi lavado com água corrente a fim de eliminar os resíduos químicos. O macerado foi transferido para pequenos recipientes, onde foi adicionado água destilada e corante safranina para facilitar a visualização das dimensões das fibras (Figura 3C).

4.3 Mensuração das fibras

A confecção das lâminas temporárias foi realizada a partir de gotas do material dissociado em uma lâmina de vidro e, posteriormente, coberta com uma lamínula com cuidado para evitar a formação de bolhas de ar. As lâminas montadas foram levadas ao microscópio para retirada das fotomicrografias no Laboratório de Botânica da UESB.

Utilizou-se um microscópio óptico ZEISS, modelo LEICA ICC50 HD (Figura 4A), com a lente objetiva de 4x para a determinação do comprimento das fibras (Figura 4B) e a lente objetiva de 20x foi utilizada para determinação da largura das fibras e diâmetro do lume das fibras (Figura 4C). As mensurações das dimensões das fibras foram realizadas com auxílio do software AxionVision, versão 4.9.1.

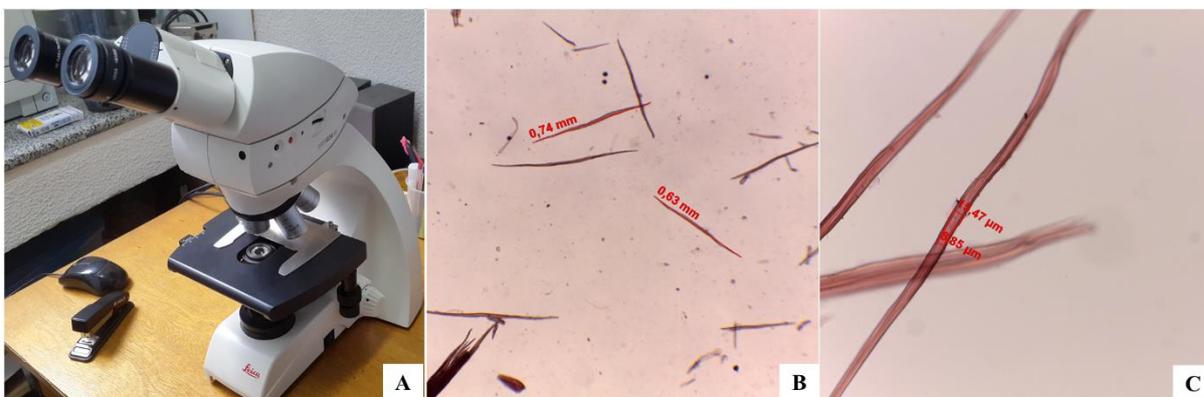


Figura 4 – Mensuração das dimensões das fibras: Microscópio ZEISS, modelo LEICA ICC50 HD (A); fotomicrografias evidenciando o comprimento das fibras (B); fotomicrografias evidenciando a largura da fibra e diâmetro do lume (C).

Fonte: Autor (2019).

Inicialmente foram mensuradas 30 fibras inteiras, consideradas como referência ($M1=30$). Em seguida, foram feitas novas mensurações de 30 fibras que foram acrescidas a primeira média, totalizando 60 fibras ($M2=60$). Mais 30 fibras inteiras foram medidas e acrescidas a segunda média, totalizando 90 fibras ($M3=90$). Esse processo foi realizado até alcançar o número de 120 fibras mensuradas ($M4=120$).

Este procedimento foi realizado para cada posição da árvore, totalizando 6 tratamentos, conforme descrito na amostragem da madeira.

4.4 Análise estatística

Os dados das dimensões das fibras foram testados quanto a normalidade (Teste de D'Agostino-Pearson) e homogeneidade (Teste de Cochran) a 95% de probabilidade. Para a avaliação das dimensões do comprimento, largura e diâmetro do lume das fibras; para a determinação do número mínimo de fibras inteiras a serem mensuradas; e para a necessidade de amostragem da madeira nos sentidos base-topo e medula-casca (T1 até T6), foi realizada uma análise de variância (ANOVA), ao nível de 95% de probabilidade. Quando houve necessidade, foi utilizado o Teste de Tukey para a comparação das médias. Todas as análises foram realizadas com auxílio do software estatístico BioEstat (Versão 5.5).

Em seguida, uma metodologia foi proposta para definir estatisticamente o número de medições de fibras e diminuir o tempo de análise/custos com a medição de fibras para caracterização de madeiras, sem comprometer a representatividade amostral e de forma a garantir um baixo erro amostral.

Para a determinação do número mínimo de fibras a serem mensuradas em cada amostra, em função do erro amostral (1,0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10,0%), foi utilizada Equação 1, descrita por Soares et al. (2006), para determinação do tamanho da amostra (intensidade amostral) ao nível de 95% de probabilidade, considerando as fibras das árvores como uma população infinita de indivíduos.

$$n = \frac{t^2 * (CV)^2}{(E\%)^2} \quad (1)$$

Onde:

n = número de fibras necessárias de serem mensuradas (tamanho da amostra);

t = valor tabelado da estatística “t” de Student, a dado nível de significância (5%) e n-1 graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação;

E% = erro amostral, em porcentagem.

Na prática, trabalhos envolvendo estudos anatômicos aceitam erros amostrais de até 10%, a depender da homogeneidade da matéria prima e do nível de precisão da informação. Trabalhos mais precisos em que envolvam material mais homogêneo exigem a utilização de

erros amostrais menores, entre 1,0 a 5,0%. Por outro lado, estudos que demandam materiais mais heterogêneo permitem a utilização de erros amostrais maiores, entre 5,0 a 10,0%.

Inicialmente foram mensuradas as dimensões de 30 fibras inteiras (M1=referência), com base em trabalhos acadêmicos (COSTA et al. 2017; MOTA et al., 2017; NOBRE et al., 2019; TREVISAN et al., 2017), para a verificação do atendimento da intensidade amostral, considerando a heterogeneidade da madeira (coeficiente de variação) e o erro amostral desejável.

A partir dos resultados foi possível determinar o número mínimo de fibras a serem medidas, considerando cada dimensão das fibras, a fim de atender adequadamente os requisitos de representatividade da amostra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Intensidade amostral e caracterização das fibras da madeira

Todos os dados avaliados nesse trabalho seguiram a distribuição normal e foram considerados homogêneos pelos testes estatísticos. Inicialmente foram apresentados os resultados do comprimento das fibras da madeira *Pterogyne nitens* (Tabela 1) conforme a amostragem completa proposta neste estudo (T1 a T6) e as médias considerando o aumento do número de fibras analisadas (M1 a M4). Pelos resultados, não houve diferença significativa entre as médias a 95% de probabilidade, em todos tratamentos. Assim, foi concluído que as medições de 30 fibras foram suficientes para obter um resultado satisfatório na determinação do comprimento das fibras da madeira estudada.

Esta informação contribui para garantir uma redução no número de fibras mensuradas para a dimensão comprimento das fibras, sem comprometer a representatividade e confiabilidade da análise, para as seis posições analisadas da madeira (T1 até T6). Isso permite uma economia de tempo e recurso na caracterização de amostras da madeira.

Tabela 1 – Comparação entre as médias do comprimento das fibras (mm) em função da quantidade de fibras mensuradas e da amostragem nas posições base-topo e medula-casca.

Vertical	Horizontal	Teste	M1 n=30	M2 n=60	M3 n=90	M4 n=120	Teste F*
0%	MED	T1	0,766	0,760	0,761	0,760	ns
	CSC	T2	0,838	0,839	0,833	0,832	ns
50%	MED	T3	0,736	0,732	0,734	0,735	ns
	CSC	T4	0,870	0,877	0,879	0,883	ns
100%	MED	T5	0,805	0,794	0,796	0,799	ns
	CSC	T6	0,838	0,843	0,841	0,839	ns
Média da espécie			0,809	0,807	0,807	0,808	ns

MED = Região próxima a medula. CSC = Região próxima a casca. Teste F* realizado com o nível de 95% de probabilidade (ns = não significativo; * = significativo).

Segundo Braz et al. (2015), a madeira é um material heterogêneo, por apresentar composição química e anatômica diversificadas, e anisotrópico, por apresentar propriedades físico-mecânicas variáveis de acordo com as direções das estruturas da madeira e local de

amostragem. Sendo assim, após as medições das dimensões das fibras (M1=30 fibras) em todas as posições amostradas (T1 a T6), foi necessário comparar essas amostras para avaliar a heterogeneidade e a real necessidade de amostrar todos as seis posições da madeira da espécie *P. nitens*.

Para a dimensão comprimento das fibras (Tabela 2) houve diferença entre as amostras coletadas na região próxima a medula (MED) e na região mais próxima a casca da árvore (CSC). Porém, não houve diferença estatística entre as amostras coletadas na base (0%), meio (50%) e topo (100%) do tronco.

Assim, a madeira da espécie *P. nitens* comprovou a necessidade da coleta de amostras nas duas posições horizontais, tanto na região próxima a medula (MED) quanto na região mais próxima a casca (CSC). Para amostragem no sentido base-topo, ocorreu a necessidade de amostragem apenas na posição do diâmetro à altura do peito (DAP = 1,30 metros), com a mensuração de pelo menos 30 fibras inteiras para cada amostra da madeira, sem perda de representatividade e confiabilidade dos dados.

Tabela 2 – Análise da necessidade de amostragem da árvore no sentido medula-casca e base-topo em função da heterogeneidade do lenho, levando em consideração a medição de 30 fibras.

Dimensões	Sentido	F calculado	F tabelado	Resultado
Comprimento das fibras	MED - CSC	69,345	3,859	*
	0% - 50% - 100%	1,475	3,013	ns
Largura das fibras	MED - CSC	1,732	3,859	ns
	0% - 50% - 100%	2,469	3,013	ns
Diâmetro do lume das fibras	MED - CSC	21,960	3,859	*
	0% - 50% - 100%	5,897	3,013	*

MED = Região próxima a medula. CSC = Região próxima a casca. Teste F realizado com o nível de 95% de probabilidade (ns = não significativo; * = significativo).

Na Tabela 3, os resultados da análise do número de medições de fibras para a dimensão largura das fibras, demonstraram que os quatro grupos de médias a cada 30 fibras inteiras medidas (M1=30 até M4=120) não diferiram entre si. Desta forma, concluiu-se que a medição de 30 fibras foi suficiente para obter um resultado satisfatório na determinação da largura das fibras da madeira de *P. nitens*.

Isso permite uma redução no número de fibras mensuradas para a dimensão largura das fibras, sem comprometer a representatividade e confiabilidade da análise, para as seis

posições analisadas da madeira (T1 até T6), possibilitando uma redução de mão-de-obra e insumos para a caracterização de amostras da madeira.

Tabela 3 – Comparação entre as médias da dimensão largura das fibras (μm) em função da quantidade de fibras mensuradas e da amostragem nas posições base-topo e medula-casca.

Vertical	Horizontal	Teste	M1 n=30	M2 n=60	M3 n=90	M4 n=120	Teste F*
0%	MED	T1	17,03	16,94	16,96	17,02	ns
	CSC	T2	16,68	16,66	16,60	16,60	ns
50%	MED	T3	16,84	16,90	16,93	16,97	ns
	CSC	T4	17,09	16,98	17,06	17,02	ns
100%	MED	T5	16,91	16,87	16,84	16,86	ns
	CSC	T6	17,64	17,51	17,43	17,38	ns
Média da espécie			17,03	16,98	16,97	16,97	ns

MED = Região próxima a medula. CSC = Região próxima a casca. Teste F* realizado com o nível de 95% de probabilidade (ns = não significativo; * = significativo).

Os resultados do estudo da amostragem T1 – T6 para a dimensão largura das fibras foram apresentados na Tabela 2. Não houve diferença entre as médias das amostras coletadas tanto no sentido base-topo quanto no sentido medula-casca para esta dimensão, indicando uma maior homogeneidade anatômica no material estudado para a largura das fibras.

Para a caracterização da dimensão largura das fibras da madeira de *P. nitens*, necessitou-se da coleta de amostras apenas na posição do DAP = 1,30 metros, independentemente da posição no sentido medula-casca, com a mensuração de pelo menos 30 fibras inteiras. Isso permitiu a caracterização desta dimensão com menor custo de amostragem e menor tempo de análise.

Seguindo o mesmo raciocínio para dimensão diâmetro do lume das fibras, os seis tratamentos também apresentaram as quatro médias similares estatisticamente (Tabela 4). Devido ao teste F não ter detectado diferença entre as quatro médias com o aumento do número de fibras mensuradas, foi concluído, como nas demais dimensões apresentadas anteriormente, que as medições de 30 fibras foram suficientes para obter um resultado satisfatório na determinação do diâmetro do lume das fibras da madeira estudada.

Tabela 4 – Comparação entre as médias da dimensão diâmetro do lume das fibras (μm) em função da quantidade de fibras mensuradas e da amostragem nas posições base-topo e medula-casca.

Vertical	Horizontal	Teste	M1 n=30	M2 n=60	M3 n=90	M4 n=120	Teste F*
0%	MED	T1	8,80	8,71	8,67	8,70	ns
	CSC	T2	7,40	7,39	7,47	7,54	ns
50%	MED	T3	8,11	8,16	8,13	8,11	ns
	CSC	T4	7,78	7,68	7,69	7,67	ns
100%	MED	T5	8,80	8,75	8,77	8,77	ns
	CSC	T6	8,35	8,27	8,30	8,29	ns
Média da espécie			8,21	8,16	8,17	8,18	ns

MED = Região próxima a medula. CSC = Região próxima a casca. Teste F* realizado com o nível de 95% de probabilidade (ns = não significativo; * = significativo).

Quanto à amostragem no sentido medula-casca e base-topo para a dimensão diâmetro do lume das fibras (Tabela 2), o Teste F demonstrou que existe diferença estatística entre as amostras coletadas na região próxima a medula (MED) e próxima a casca (CSC), bem como nas amostras das posições base-topo (0%, 50% 100%). Perante os resultados, entendeu-se que a realização de estudos sobre o diâmetro do lume de fibras depende da coleta de amostras de madeira nas diferentes partes do tronco (T1 até T6), já que as médias obtidas da segmentação se apresentaram diferentes.

A medição do diâmetro do lume das fibras é mais complexa devido a maior dificuldade na observação dos limites internos da parede celular. Essa complexidade exigiu uma maior dedicação na etapa de coloração das fibras e no treinamento de pessoal qualificado, para maior garantia de observância aos procedimentos laboratoriais de aquisição de imagens e medições das dimensões das fibras.

Assim, para a caracterização do diâmetro do lume das fibras é importante compreender a real necessidade dessa informação, visto que a amostragem deve contemplar todas as partes previstas (T1 até T6), para permitir uma maior representatividade e confiabilidade dos dados, porém com menor custo e tempo de execução.

Muitos estudos amostram partes de uma árvore sem levar em consideração toda a sua heterogeneidade nos sentidos medula-casca e base-topo. Na amostragem de fibras da madeira

de *Astronium graveolens* para determinação do seu comprimento, Longui et al. (2016) coletou amostras de cinco árvores em quatro posições do tronco, no sentido base-topo e somente na região próxima à casca. Ramos et al. (2016), caracterizou o comprimento das fibras de *Hevea brasiliensis*, ao coletar amostras numa posição central entre a medula e a casca e nas posições 0% e 50% da altura da árvore. Vieira et al. (2019) caracterizaram o comprimento e diâmetro do lume das fibras de quatro espécies da caatinga (*Aspidosperma pyriforme*, *Libidibia ferrea*, *Tabebuia aurea* e *Ziziphus joazeiro*), a partir de corpos de prova retirados na posição do DAP, em três locais (medula, albúrnio e casca).

Por outro lado, alguns trabalhos realizam amostragens mais intensas, sem apresentarem os benefícios. Como na determinação das dimensões das fibras de clones de *Eucalyptus* spp., Pereira et al. (2016) coletaram discos nas alturas da base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco. Destes discos, foram retiradas amostras nas regiões do cerne, do albúrnio e da região de transição entre cerne e albúrnio, formando uma amostra composta.

O ideal num procedimento de amostragem é garantir uma melhor representatividade do material, ter uma maior confiabilidade dos dados, sem, contudo, promover um aumento do custo de amostragem e tempo de análise.

5.2 Determinação do número mínimo de fibras a serem mensuradas em função da heterogeneidade da madeira

A respeito da dimensão comprimento das fibras, pelas informações obtidas da Tabela 2, em que foi necessário retirar amostras das posições próxima a medula e casca, independente das posições base-topo. Considerando um erro amostral de 10% e demais informações do estudo de 30 fibras (M1), e aplicando a Equação 1, pode-se adotar a medição de 15 fibras, sendo 8 fibras inteiras na posição próxima a medula e 7 fibras inteira na posição próxima a casca (Tabela 5). No entanto, ao considerar um estudo mais rigoroso com erro amostral de 1%, a quantidade de fibras a ser mensurada aumentou consideravelmente para 1.473 fibras inteiras, sendo 811 fibras na região próxima da medula e 662 fibras na região próxima a casca. Esse aumento no número de fibras em função do menor erro amostral provoca aumento no custo de amostragem, maior tempo de análise e, conseqüentemente, maior custo com pessoal.

Tabela 5 – Número mínimo de fibras a serem medidas para determinação do comprimento das fibras, visando atender a um erro amostral entre 1 e 10% ao nível de 95% de probabilidade.

Erro Amostral (%)	n MED	n CSC	n REC
1,0	811	662	1473
2,5	130	106	236
5,0	32	26	58
7,5	14	12	26
10,0	8	7	15

n MED = número de medições na posição da região próxima a medula. n CSC = número de medições na posição da região próxima a casca. n REC = número de medições recomendadas para a espécie *P. nitens*.

Em seguida, considerando a dimensão largura das fibras e conforme os dados da Tabela 2, cuja a amostragem da madeira *P. nitens* requereu apenas uma amostra na região do DAP da árvore, ao considerar um erro amostral de 10% foram necessárias medições de 5 fibras inteiras (Tabela 6). Na tentativa de reduzir o erro amostral para 1,0%, a quantidade de fibras a serem medidas aumentou para 459, que conseqüentemente provoca um aumento no custo com amostragem, tempo de análise e pessoal.

Tabela 6 – Número mínimo de fibras a serem medidas para determinação da largura das fibras, visando atender a um erro amostral entre 1 e 10% ao nível de 95% de probabilidade.

Erro Amostral (%)	n DAP	n REC
1,0	459	459
2,5	74	74
5,0	18	18
7,5	8	8
10,0	5	5

n DAP = número de medições na posição do diâmetro a altura do peito (DAP). n REC = número de medições recomendadas para a espécie *P. nitens*.

A amostragem da madeira de *P. nitens* para a determinação do diâmetro do lume das fibras exigiu coletas de amostras em todas as posições do tronco sugeridas neste estudo (T1 até T6), conforme a Tabela 2. Considerando um erro amostral de 10,0%, foram necessárias medições de 119 fibras inteiras (Tabela 7), sendo: 50 fibras na posição 0% (19 fibras na região próxima a medula e 31 fibras na região próxima a casca); 40 fibras na posição 50% (23

fibras na região próxima a medula e 17 fibras na região próxima a casca); e 29 fibras na posição 100% (15 fibras na região próxima a medula e 14 fibras na região próxima a casca).

Ao buscar a redução do erro amostral para 1,0%, a quantidade total de fibras inteiras medidas aumentou drasticamente para 11.921 fibras. Por esse motivo, os cuidados com as técnicas de amostragem, preparo do material e aquisição de dados devem ser rigorosos para que seja viável uma avaliação do diâmetro do lume das fibras de madeira, de forma representativa e confiável, mas também com agilidade e menor custo.

Tabela 7 – Número mínimo de fibras a serem medidas para determinação do diâmetro do lume das fibras, visando atender a um erro amostral entre 1,0 e 10,0% ao nível de 95% de probabilidade.

Erro Amostral (%)	n 0-MED	n 0-CSC	n 50-MED	n 50-CSC	n 100-MED	n 100-CSC	n REC
1,0	1890	3117	2349	1685	1464	1416	11921
2,5	302	499	376	270	234	227	1908
5,0	76	125	94	67	59	57	478
7,5	34	55	42	30	26	25	212
10,0	19	31	23	17	15	14	119

n MED = número de medições na posição da região próxima a medula. n CSC = número de medições na posição da região próxima a casca. n REC = número de medições recomendadas.

Na amostragem de fibras da madeira de *Astronium graveolens* para determinação do seu comprimento, Longui et al. (2016) mensurou 25 fibras inteiras em cinco árvores. Ramos et al. (2016), caracterizou o comprimento das fibras de *Hevea brasiliensis*, ao mensurar 25 fibras inteiras. Vieira et al. (2019) caracterizaram o comprimento das fibras e diâmetro do lume para quatro espécies da caatinga (*Aspidosperma pyriformium*, *Libidibia ferrea*, *Tabebuia aurea* e *Ziziphus joazeiro*), mensurando 30 fibras para cada corpo de prova. Na determinação das dimensões das fibras de clones de *Eucalyptus* spp., autores como Melo et al. (2016), Pereira et al. (2016), Monteiro et al. (2017), Rezende et al. (2018) e Zanuncio et al. (2018) mensuraram 30 fibras para cada árvore, embora não apresentaram o erro amostral.

Outros autores mediram mais fibras sem também apresentarem o erro amostral, como Soares et al. (2019) que ao estudarem o comportamento de amostras de madeira de *Eucalyptus cloeziana* juvenil e madura submetida ao processo de secagem e a influência da anatomia nesse comportamento, mensuraram 40 fibras inteiras para cada amostra. Han et al. (1999), ao estudarem o comprimento das fibras de *Hibiscus cannabinus*, *Populus grandidentata* e *Pinus resinosa*, mediram 80 fibras inteiras de cada amostra. Silva (2017)

adotou a medição de 100 fibras de cada espécie - *Agave americana*, *Saccharum spp.*, *Heliconia rostrata*, *Arundo donax*, *Musa spp.* e *Ananas comosus*. Para a determinação do comprimento das fibras, largura das fibras e diâmetro do lume de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Zanuncio et al. (2016) mediram 75 fibras inteiras de amostras retiradas entre 0,5 metros a 1,3 metros do tronco.

6 CONCLUSÕES

A metodologia para análise das dimensões das fibras de madeiras, com foco na espécie *Pterogyne nitens*, foi implementada no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, Bahia, após alguns ajustes metodológicos, contidos num protocolo disponível no referido laboratório.

A espécie *P. nitens* apresentou fibras com 0,81 mm de comprimento, 17,0 μm de largura e 8,2 μm de diâmetro do lume.

Considerando a madeira de *P. nitens* estudada, para a dimensão comprimento das fibras foi necessária a amostragem apenas no sentido medula-casca; para a dimensão largura das fibras a amostragem pode ser feita apenas na altura do DAP; e para o diâmetro do lume das fibras é necessária a amostragem nas três posições base-topo e nas duas posições medula-casca.

Considerando a madeira de *P. nitens* e um erro amostral de 10%, a dimensão comprimento das fibras exigiu a medição de pelo menos 15 fibras inteiras; a dimensão largura das fibras um total de 5 fibras inteira; e a dimensão diâmetro do lume 119 fibras inteiras.

O número de fibras a ser medido para caracterizar as dimensões das fibras das madeiras aumenta com a redução do erro amostral e com o aumento da heterogeneidade da madeira.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n.1, p. 158-166, jan./dez. 2000.
- ARAÚJO, P. A. M.; MATTOS FILHO, A. A importância da anatomia do lenho para a comercialização da madeira. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 53, p. 315-318, abr./jun. 1980.
- BARRETO-GARCIA, P. A. B.; MATOS, P. S.; SANQUETTA, C. R.; MONROE, P. H. M. Inventory of Organic Carbon in a *Pterogyne nitens* Tul. Plantation in Southwest Bahia, Brazil. **Florestal e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 4, p. 1-9, 2019.
- BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 65p.
- BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; ROSADO, A. M. Curva Característica de Secagem da Madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao Ar Livre. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 117-123, 2015.
- BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; RODRIGUES, B. P.; ARANTES, M. D. C. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Revista Floresta**, Curitiba, v.43, n.4, p. 663-670, 2013.
- BURGER, L.M. & RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- CARVALHO, A. M.; DA 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, n. 5, p. 106-114, jul. 2010.
- CASTRO, E. M. **Histologia vegetal: Estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora UFLA, 2009.
- COSTA, L. J.; LOPES, C. B. S.; REIS, M. F. C.; CÂNDIDO, W. L.; FARIA, B. F. H.; PAULA, M. O. Caracterização anatômica e descrição físico-química e mecânica da madeira de *Mimosa schomburgkii*. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 383-390, out./dez. 2017.
- CURY, G. **Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do cerrado e da Mata Atlântica do Estado de São Paulo**. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.17, p. 3632-3646, 2013.
- FAN, Z. CAO, K. BECKER, P. Axial and radial variations in xylem anatomy of Angiosperm and Conifer trees in Yunna, China. **IAWA Journal**, v. 30, n. 1, p.1 -13, 2009.

FREITAS, T. P.; FEUCHARD, L. D.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ARANTES, M. D. C. Caracterizações anatômica e físico-mecânica da madeira de *Liquidambar* sp. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 723-734, out./dez. 2015.

FREITAS, T. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; LIMA, J. L. Environmental Effect on Growth and Characteristics of Eucalyptus Wood. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 4, p.1-9, 2019.

GALÃO, A. T. D. **Incremento médio anual, anatomia e propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. com sementes de duas procedências.** 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

GONÇALVES, M. P. M. et al. Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de *Tectona grandis* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 14, n. 1, p. 70-75, 2007.

HAN, J. S.; MIANOWSKI, T.; LIN, Y. Validity of plant fiber length measurement-a review of fiber length measurement based on kenaf as a model. In: **Kenaf Properties, Processing and Products**. Mississippi State: Mississippi State University, Ag & Bio Engineering, 1999. cap. 14, p. 149-167.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LEWIN, M.; GOLDSTEIN, J. S. **Wood structure and composition**. New York: Marcel Dekker Inc, 1991. 488 p.

LONGUI, E. L.; GONDO, C. C. S.; LIMA, I. L.; FREITAS, M. L. M.; FLORESHEIM, S. M. B.; ZANATTO, A. C. S.; GARCIA, J. N. Some Properties of *Astronium graveolens* Wood Along the Stem. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 1, p. 142-149, 2016.

MAURI, R.; ALVES, J. A.; OLIVEIRA, J. T. S.; LIMA, J. T.; TOMAZELLO FILHO, M. CALEGARIO, N. Morfologia das fibras do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes topografias e altitudes. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 113, p. 77-87, mar. 2017.

MELO, L. E. L.; SILVA, J. R. M.; NAPOLI, A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; NASCIMENTO, D. F. R. Influence of genetic material and radial position on the anatomical structure and basic density of wood from *Eucalyptus* spp. and *Corymbia citriodora*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 611-621, set. 2016.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 115, p. 493-505, set. 2017.

MONTIES, B. Plant cell walls as fibrous lignocellulosic composites: relations with lignin structure and function. **Animal Feed Science and Technology**, Nantes, v. 32, p. 159-175, jan. 1991.

MOTA, G. S.; MELO, L. E. L.; RIBEIRO, A. O.; SELVATI, A. O.; PEREIRA, H.; MORI, F. A. Ecologic features of wood anatomy of *Casearia sylvestris* SW (Salicaceae) in three brazilian ecosystems. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 445-453, 2017.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 2005.174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NOBRE, J. R. C.; MELO, L. E. L.; FIGUEIREDO, M. F.; COUTO, A. M.; GOMES, J. I. Anatomical Differences Between the Wood of Three Species Commercialized as “Freijó” in the Amazon Region. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 4, p. 1-10, 2019.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 311-318, 2006.

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

PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; MAGALHÃES, M. A. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 545-557, abr./jun. 2016.

RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 4p.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. F.; CASTOR NETO, T. C.; MARTINS, L. S.; SEVERO, E. T. D. Anatomical characterization of tension wood in *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Mull. Arg. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 1099-1107, 2016.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; RAMOS E PAULA, L. E. R.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Wood Permeability in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, 2018.

RIBEIRO, É. S. M. **Avaliação tecnológica de plantios e da madeira de eucalipto na região sudoeste da Bahia**. 2018. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2018.

RODRIGUES, B. P. **Qualidade do lenho de árvores de clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SILVA, A. C.; SILVA, M. N.; SILVA, M. B. C.; VASCONCELLOS, F. J. **Noções Básicas de Anatomia da Madeira**. Manaus: Instituto de Tecnologia do Amazona, 1994. 15 p.

SILVA, F. P. **Características morfológicas das fibras de *Agave americana* L., *Saccharum spp.*, *Heliconia rostrata*, *Arundo donax*, *Musa spp.* e roseta de *Ananas comosus* visando a produção de papel artesanal.** 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas.** Viçosa: Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, 2005. 140 p.

SOARES, B. C. D.; LIMA, J. T.; ROCHA, M. F. V.; ARAÚJO, A. C. C.; VEIGA, T. R. L. A. Behavior of Juvenile and Mature *Eucalyptus cloeziana* Wood Subjected to Drastic Drying. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 3, 2019.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal.** Viçosa: Ed. UFV, 2006. 276 p.

TREVISAN, R.; SOUZA, J. T.; DENARDI, L.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 461-473, abr./jun. 2013.

TREVISAN, R.; ROSA, M.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. Dimensões das fibras e sua relação com a idade de transição entre lenho juvenil e adulto de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1385-1393, out./dez. 2017.

VALENTE, B. M. R. T.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; LUCIA, R. M. D. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da madeira de angico-vermelho. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 485-496, dez. 2013.

VIEIRA, A. J. R.; LISI, C. S. Caatinga Tree Wood Anatomy: Perspectives on Use and Conservation. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 2, p. 1-14, 2019.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; CARNEIRO, A. C. O.; FILHO, M. T.; VALENZUELA, P.; GACITÚA, W.; COLODETTE, J. L. Anatomical, ultrastructural, physical and mechanical wood properties of two-year-old *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* clones. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 2, p. 1-8, 2018.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; DAMÁSIO, R. A. P.; OLIVEIRA, B. S.; CARNEIRO, A. C. O.; COLODETTE, J. L. Relationship between the anatomy and drying in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* wood. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 723-729, 2016.