

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Florestal

ANATOMIA ECOLÓGICA DA MADEIRA DE *Guarea kunthiana* A. Juss.

Emmyle Katterine Souza Santos

Montes Claros - MG

2021

Emmyle Katterine Souza Santos

**ANATOMIA ECOLÓGICA DA MADEIRA DE *Guarea kunthiana* A. Juss.**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Profa. Dra. Talita Baldin

Montes Claros  
Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

### ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos nove dias do mês de setembro de 2021, às 08h00min, a estudante Emyle Katterine Souza Santos, matrícula 2015058685, defendeu o Trabalho intitulado "Anatomia Ecológica da Madeira de *Guarea kunthiana* A. Juss." tendo obtido a média (90) noventa pontos.

Participaram da banca examinadora os indicados abaixo, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

**Nota:** 90 (noventa)

**Orientador(a):** Talita Baldin

**Nota:** 90 (noventa)

**Examinador(a):** Edy Eime Pereira Baraúna

**Nota:** 90 (noventa)

**Examinador(a):** Sâmara Magdalena Vieira Nunes



Documento assinado eletronicamente por **Talita Baldin, Professora do Magistério Superior**, em 09/09/2021, às 10:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sâmara Magdalene Vieira Nunes, Usuário Externo**, em 09/09/2021, às 12:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edy Eime Pereira Barauna, Membro**, em 09/09/2021, às 14:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0926141** e o código CRC **70D6E1DB**.

10/09/2021 19:12

SEI/UFMG - 0926141 - Ata de defesa de Monografia/TCC

**Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.**

---

**Referência:** Processo nº 23072.244920/2021-22

SEI nº 0926141

## AGRADECIMENTOS

Sou grata primeiramente a Deus que me concedeu a vida, saúde e me dotou de inteligência para que eu conseguisse chegar até aqui e obter mais esta vitória (o título de bacharel em Engenharia Florestal). Foram muitos obstáculos pelo caminho, sentimento de incapacidade e dúvidas que por vezes surgiram nesses longos anos de faculdade, mas agradeço ao meu Deus que nunca me deixou desamparada, hoje vivencio o que o sábio Salomão disse certa vez no seu livro de Eclesiastes capítulo 3:1: “Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.”

Aos meus pais Antônio Eustáquio e Cleuza Aparecida que acreditaram em mim e me incentivaram a buscar ser uma pessoa melhor dia após dia, a minha irmã Sandy (também colega de profissão) que me dava conselhos sobre como proceder frente algumas situações do ambiente acadêmico, aos familiares e amigos que oravam por mim e também apoiaram.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da UFMG pelo conhecimento ofertado, as oportunidades e experiências proporcionadas através dos seus funcionários, coordenadores, técnicos, professores e alunos. Agradeço em especial a minha orientadora Talita Baldin que acreditou no meu projeto e não mediu esforços para que fosse concretizado, também ao Bruno Semensato e Breno Rafael que participaram me ajudando diretamente com a obtenção dos dados da minha monografia.

Aos colegas de faculdade que se tornaram amigos devido a convivência, desabafos e momentos alegres compartilhados, especialmente: Lindinéia Matias, Ítalo Magno, Jonathan Ezequiel, Denise Lopes, David Lopes, Thainar Rodrigues, Keyte Lianne e Carlos Pastorello.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela experiência singular obtida no voluntariado/estágio no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, local aonde foram retiradas as amostras para este trabalho, e a minha equipe de campo que foi fundamental para esse feito.

A Cíntia Sorandra, Catherine Aparecida e Sarita Pimenta pela solicitude na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) aonde estagiei no setor de regularização ambiental.

A todos, **muito obrigada!**

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê” (Arthur Schopenhauer, Parerga und Paralipomena, 1851).*

## RESUMO

O estudo da anatomia ecológica do lenho busca um aprofundamento mais detalhado do comportamento da árvore em relação as adversidades ambientais, a luminosidade juntamente com a disponibilidade de água é um determinante para as variações nas características anatômicas e morfológicas de uma espécie. A espécie *Guarea kunthiana* A. Juss. ocorrente no interior da gruta do janelão demonstra fenótipos diferentes ao longo da extensão da caverna, sendo assim, este trabalho teve como objetivo relacionar a anatomia do lenho dessa espécie com a morfologia foliar, diferentes intensidades luminosas e índices de condutividade, vulnerabilidade e mesomorfia para chegar-se a conclusão de como o fator externo influenciaria essas características. Para isso, foi necessário mensurar três árvores em diferentes posições da caverna, foram coletadas amostras de madeira, de folhas e de luminosidade; o teste de médias (tukey) e a correlação de Spearman propiciou a obtenção de resultados para as análises. Foi observado que a amostra 1 e 3 não se diferenciaram quanto a luminosidade, mas, apresentaram características foliares (largura e área) e anatômicos (frequência e diâmetro de poros) diferentes entre si.

**Palavras-chave:** caverna; plasticidade fenotípica; luminosidade.

## ABSTRACT

The study of the ecological anatomy of the wood seeks a more detailed study of the behavior of the tree in relation to environmental adversities; luminosity together with water availability is a determinant for variations in the anatomical and morphological characteristics of a species. The species *Guarea kunthiana* A. Juss. occurring inside the Janelão cave shows different phenotypes along the extension of the cave. Thus, this work aimed to relate the anatomy of the wood of this species with the leaf morphology, different light intensities and conductivity, vulnerability and mesomorphy indexes in order to conclude how the external factor influences these characteristics. For this, it was necessary to measure three trees in different positions in the cave, and wood, leaf, and light samples were collected; the mean test (tukey) and Spearman correlation provided the results for the analyses. It was observed that samples 1 and 3 did not differ with respect to luminosity, but showed leaf characteristics (width and area) and anatomical characteristics (frequency and diameter of pores) different from each other.

**Keywords:** cave; phenotypic plasticity; luminosity.



## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	10
2.1. Objetivo geral .....	10
2.2. Objetivos específicos .....	10
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
3.1. Parque Nacional Cavernas do Peruaçu .....	11
3.2. Anatomia da família Meliaceae .....	12
3.3. Anatomia ecológica da madeira .....	13
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
4.1. Coleta das amostras .....	14
4.1.1. Local .....	14
4.1.2. Árvores amostradas .....	15
4.1.3. Coleta do material de estudo.....	16
4.2. Confeção de lâminas anatômicas .....	18
4.2.1. Avaliações .....	19
4.3. Biometria das folhas .....	20
4.4. Análise de luminosidade.....	20
4.5. Análise estatística .....	21
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
5.1. Observações in situ das árvores coletadas .....	21
5.2. Luminosidade nos locais amostrados.....	24
5.3. Morfologia das folhas .....	24
5.4. Anatomia da madeira de <i>Guarea kunthiana</i> .....	26
5.4.1. Caracteres quantitativos do lenho.....	31
5.5. Índices de condutividade (IC), vulnerabilidade (IV) e mesomorfia (IM). .....	33
5.6. Correlação de Spearman.....	34
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da anatomia da madeira, facilitado pelas análises microscópicas do lenho, permitiu a descoberta das diversas células que compõem os tecidos das espécies vegetais, essas células estão interligadas entre si e organizadas dentro do vegetal de maneira que cada sistema (junção dos tecidos) desempenhe funções específicas. O conhecimento acerca da anatomia da madeira é um dos principais pilares para discernir qual será o uso adequado de cada espécie, entretanto entender o comportamento ecológico frente as variações ambientais é um determinante para prever e compreender o comportamento da madeira no que diz respeito a sua utilização. Sendo assim, torna-se necessário um estudo mais aprofundado da interação entre planta e ambiente, denominada anatomia ecológica.

A luminosidade, por exemplo, é um dos fatores ambientais que afeta as características anatômicas do lenho, Soares (2012) verificou que as principais modificações do lenho das espécies arbóreas devido à radiação solar ocorrem na densidade, diâmetro e comprimento de vasos, comprimento e espessura da parede das fibras e composição do parênquima axial, essas estruturas estão relacionadas com a função de condução da água.

A espécie do gênero *Guarea*, *Guarea kunthiana* A. Juss., objeto do presente estudo, popularmente conhecida como canjambo, mancore, jatuaúba, figo-do-mato, peloteira, pau d'arco ou jitó é uma espécie nativa, não endêmica, presente nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica nas vegetações do tipo: Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea e Floresta Ombrófila (FLORA DO BRASIL, 2019), está classificada dentro da família botânica Meliaceae a qual abrange 8 gêneros e 84 espécies distribuídas pelo Brasil, muito visada devido o potencial madeireiro como as do gênero *Cedrela* e *Swietenia* e para a extração de óleos essenciais caso do *Carapa* e *Trichilia*, fatores que favorecem o desmatamento. (MARTINELLI, G.; MORAES, M. A 2013).

O figo-do-mato, não demanda muitos cuidados para cultivar, podendo ser plantado a pleno sol ou meia sombra, aceitando a maioria dos solos (GIACON, 2016), por seus frutos chamarem a atenção de pássaros e seu florescimento ser quase o ano todo também implica para ser utilizada na recuperação de áreas degradadas (LORENZI, H., 1998). A elevada densidade de sua madeira (0,82 g/cm<sup>3</sup>) recomenda - se para a construção civil e indústria moveleira.

A ocorrência da *Guarea kunthiana* na Gruta do Janelão, caverna do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, chama atenção por apresentar alta plasticidade fenotípica, ou seja, os fenótipos se expressam de maneiras distintas dependendo das condições do ambiente onde o vegetal se encontra, a diferença nas características dendrológicas foliares e no porte da árvore ao longo de toda a extensão da caverna é notável dependendo da intensidade luminosa que cada indivíduo recebe, esse fenômeno pode ser explicado devido a unidade de conservação estar situada em uma área de transição entre dois biomas, Cerrado e Caatinga, favorecendo a diversificação da vegetação.

O Parque Nacional Cavernas do Peruaçu - PARNA, administrado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO, é um atrativo turístico da região Norte do estado de Minas Gerais devido à riqueza da flora e da fauna além de apresentar uma beleza natural exuberante. Posto isso, os sítios arqueológicos identificados, as pinturas rupestres e as diversas cavernas do PARNA são fontes de inesgotáveis estudos científicos que despertam a curiosidade dos pesquisadores e dos inúmeros visitantes, dentre essas destaca-se a Gruta do Janelão, cartão postal do parque, a maior caverna dessa unidade de conservação e uma das mais visitadas, pois nela contém a maior estalactite do mundo conhecida como: Perna de Bailarina. (MUNGAI, M. F 2018).

Em suma, são poucos os estudos do xilema secundário envolvendo o gênero *Guarea*, o mais recente foi realizado para a espécie *Guarea guidonia* por da Silva, D.B., de Vasconcellos, T.J. & Callado (2021), para a *G. kunthiana* não há relatos sobre sua estrutura anatômica em biomas brasileiros, apenas um estudo feito na Venezuela por León, H. (2006) tornando interessante aprofundar o conhecimento desta espécie para aumentar o rol de informações na literatura e contribuir para a sua preservação. Igualmente, para testar a associação da anatomia e da ecologia é preciso relacionar os dados de luminosidade com o comprimento das fibras e biometria das folhas através do coeficiente de correlação de Spearman.

Nesse sentido, o estudo anatômico-ecológico do lenho e da morfologia foliar da *Guarea kunthiana* A.Juss no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu será de grande importância no entendimento da interação planta-ambiente e de como a plasticidade fenotípica afeta as características anatômicas da madeira. Ademais, a anatomia ecológica da madeira desta espécie ainda não foi descrita na literatura, aumentando ainda mais a importância desta pesquisa.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Descrever os caracteres anatômicos da madeira de *Guarea kunthiana* A. Juss ocorrente na Gruta do Janelão, localizado no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu-MG, relacionando-os com fatores ecológicos.

### 2.2. Objetivos específicos

- Analisar os caracteres dendrológicos frente as diferentes intensidades luminosas.
- Descrever detalhadamente a anatomia microscópica da madeira, tendo por base descrições da literatura sobre a família Meliaceae.
- Analisar a relação entre os vasos e as diferentes intensidades luminosas pelos índices de condutividade (IC), de mesomorfia (IM) e de vulnerabilidade (IV).
- Analisar a correlação entre os caracteres anatômicos, morfológicos, de luminosidade e os índices (IC, IV e IM).

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Parque Nacional Cavernas do Peruaçu

O Parque Nacional Cavernas do Peruaçu é uma importante unidade de conservação de proteção integral presente no norte do Estado de Minas Gerais, criado em 21 de setembro de 1999 com uma área aproximada de 56,8 mil hectares (SAGARANA, 2017), administrado com o propósito de “proteger o patrimônio geológico e arqueológico, amostras representativas de cerrado, floresta estacional e demais formas de vegetação natural existentes, ecótonos e encaves entre estas formações, a fauna, as paisagens, os recursos hídricos, e os demais atributos bióticos e abióticos da região” (BRASIL, 1999).

Segundo Issa (2006), a UC localiza-se entre os municípios de Januária e Itacarambi cerca de 45 km e 15 km respectivamente motivo esse que facilita o acesso ao parque em razão das estradas apresentarem bom estado de conservação.

A origem do Peruaçu começou milhões de anos atrás, época em que parte do Brasil estava submersa pelas águas de um mar interior e que com a elevação do nível da Terra fez secar esta água. Este processo deixou inteiros grandes maciços de calcário que hoje abrigam milhares de cavernas espalhadas por várias regiões do país. (ISSA, 2006, p.1)

Estudos feitos no PARNA Peruaçu mostrou a relevância desse ambiente, visto que ele abriga diversos animais ameaçados de extinção, além de apresentar uma extensa área que não sofreu antropização, chamando atenção para a realização de pesquisas científicas. (BRASIL, 2005). O parque tem visibilidade nacional e também a nível internacional, “na Europa, África, Ásia, Oceania e nas Américas existem patrimônios espeleológicos e geológicos de grandes dimensões e beleza cênica, porém, nenhum se compara à riqueza integrada do Vale do Peruaçu” (BRASIL, 2005).

Destaca-se a Gruta do Janelão, “no âmbito mundial, a Gruta do Janelão parece ter apenas um concorrente, Deer Cave, no Parque Nacional de Mulu em Sarawak, Borneo. Espeleólogos ingleses que conhecem ambas as áreas asseguram que a Gruta do Janelão, em termos cênicos, é infinitamente mais bela” (BRASIL, 2005).

A gruta do Janelão localiza-se no último segmento subterrâneo do rio Peruaçu. Apresenta setores com mais de 100m de altura em sua galeria principal. Na primeira metade da caverna abrem-se clarabóias, que permitem a entrada de luz e a

formação de pequenas florestas em seu interior. Caverna de padrão sinuoso e com 4.740 m de extensão horizontal e 176m de desnível. Na porção iluminada há evidências de grandes cones de detritos, formados de blocos e matacões calcários; sedimentos terrígenos originados da abertura das clarabóias; e leques aluviais próximos a essas. No leito do rio depósitos de canais, areias e seixos da carga de fundo. Nas margens depósitos de transbordamento, com diques naturais, depósitos de planícies de inundação; praias fluviais e terraços de areia lamosa em vários pontos. Os depósitos químicos são abundantes com a formação de grandes estalactites e estalagmites (BRASIL, 2005).

### **3.2. Anatomia ecológica da madeira**

“A Anatomia da Madeira é o ramo da ciência botânica que se ocupa do estudo das variadas células que compõem o lenho, bem como sua organização, função e relação com a atividade biológica do vegetal” (COSTA, 2001). A anatomia ecológica é um ramo dentro do estudo da anatomia da madeira, ela busca elucidar aspectos além dos caracteres quantitativos da madeira relacionando-os com os aspectos do ambiente associada aos órgãos vegetais, tais como folhas e raízes (CARQUIST, 1977 e BAAS et al. 1983).

O primeiro pesquisador a estudar sobre o ambiente influenciando na anatomia da madeira foi Vesque, no final do século XIX, segundo Baas (1982). Ceccantini (1996) cita que o pioneirismo em associar a anatomia ao clima local veio de Kaneshira (1921) e Webber (1936). Metcalfe (1983) constatou que as variações do lenho são advindas de seleções naturais do passado, portanto não são resultados da interação com o ambiente, em contrapartida Chalk (1989a) aponta para o estudo dos elementos de vasos pois é a estrutura do xilema secundário que mais se relaciona com as condições ambientais que determinada espécie está inserida (CHALK, 1989a). Logo, o maior impasse está em saber “até que ponto determinadas variações na estrutura da madeira são devidas à influência do ambiente ou a causas genéticas” (DENARDI, 2004).

Algumas características foliares, bem como do lenho, mesmo sendo geneticamente controladas, usualmente experimentam variações decorrentes de fatores ambientais. A forma da folha, embora determinada geneticamente, pode ser modificada como resposta adaptativa a certas condições ambientais (NULTSCH, 2000).

### 3.3. Anatomia da família Meliaceae Juss.

A família Meliaceae é advinda da ordem Sapindales, possui 51 gêneros que se subdividem em cerca de 550 espécies (PENNINGTON e STYLES 1975; JUDD 2009), têm-se predominância tropical, caracteres vegetativos variáveis e a maioria dessas espécies são árvores robustas que podem chegar até 30m, fator que corrobora para o valor econômico dessas madeiras (GIRARDI, 1975).

Anatomia da madeira é importante para a classificação das espécies, serve como uma contribuição para a solução de problemas taxonômicos e filogenéticos (CHALK 1989; DICKISON 2000). Sendo assim, a anatomia da família Meliaceae foi definida em um estudo por Metcalfe e Chal (1972), tem-se a seguir a descrição:

Poros pequenos a médios, geralmente em múltiplos radiais de 2 a 3; placas de perfuração simples; elementos vasculares de comprimento médio; pontoações intervasculares tipicamente pequenas, ocasionalmente grandes; pontoações raiovasculares semelhantes às intervasculares; parênquima paratraqueal (vasicêntrico, aliforme ou confluyente) e em faixas marginais, por vezes com células cristalíferas; parênquima apotraqueal em faixas regulares, em poucas espécies; raios heterogêneos, embora homogêneos em alguns gêneros; raios unisseriados, com 2-4 células de largura, por vezes com mais de 9 células de largura e estratificados; fibras libriformes, de comprimento curto a médio, septadas na maioria das espécies; e canais intercelulares ou traumáticos esporádicos (METCALFE & CHAL, 1972)

Em estudos feitos por Sieglöch (2015) sobre a anatomia da madeira de *Melia azedarach l.* comprovou-se à similaridade da espécie com as características anatômicas da família:

Porosidade em anel ou semi-difusa; poros em múltiplos radiais; placas de perfuração simples; parênquima paratraqueal vasicêntrico, confluyente e marginal; pontoações intervasculares pequenas; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares; raios com 2-7 células de largura; tecido radial homogêneo; e fibras não septadas, de comprimento médio (SIEGLOCH, A.M, 2015).

O gênero *Guarea*, pertencente à família Meliaceae, foi definido por Klein (1984) e Pennington (1981) como apresentando domínio tropical com 35 espécies na América e 5 na África. Porém, atualmente o gênero aponta 69 espécies e é considerado como exclusivamente americano devido aos estudos moleculares filogenéticos, as espécies africanas foram divididas em outros dois gêneros. (KOENEN & de WILDE, 2012)

A espécie em estudo, *Guarea kunthiana* está escassa de dados na literatura, foi encontrado apenas um estudo realizado na Venezuela em 2006 com os seguintes resultados:

Anéis de crescimento não definidos. Porosidade difusa, poros sem padrão definido; radiais solitários, múltiplos de 2-3 (-4-7), alguns aglomerados dois; 6-10 poros por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial (85-) 117-125 (-190) µm, comprimento de elementos vasculares (280-) 441-471 (-670) µm, placas de perfuração simples, alternado, circular a oval, pequenas fossas intervasculares, diâmetro 5 a 6,25 µm, fossas radiovasculares semelhantes às intervasculares, depósitos de goma nos poros. Fibras septadas, paredes finas a médias, comprimento (870-) 1.091-1.150 (-1.325) µm, poços indistintamente delimitados. Parênquima paratraqueal matricular, aliforme de asa curta, confluyente; predominantemente em bandas com mais de três células de largura, em séries de 4-8 células. Raios predominantemente homocelulares de células procumbentes e alguns heterocelular com um caminho celular marginal; 6-13 raios por mm linear; unisseriado exclusivamente, altura (190-) 272-344 (-460) µm (LEÓN, H., 2006).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

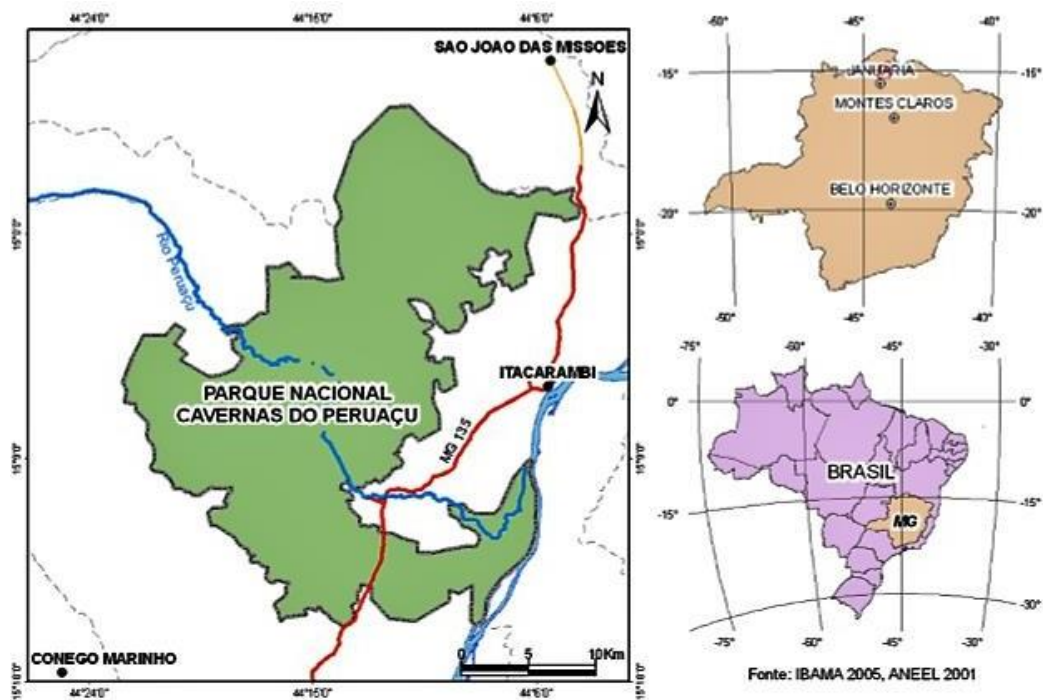
### **4.1. Coleta das amostras**

#### **4.1.1. Local**

A área de estudo compreende o interior da caverna Gruta do Janelão no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, localizado na porção norte do Estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). No parque há predomínio da Floresta Estacional Decidual popularmente conhecida por mata seca, uma formação que apresenta espécies arbóreo-arbustivas decíduas que está sobre substrato geológico cárstico. (GBPE, 1999).



**Figura 1** - Localização do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu.



Fonte: IBAMA 2005, ANEEL 2001.

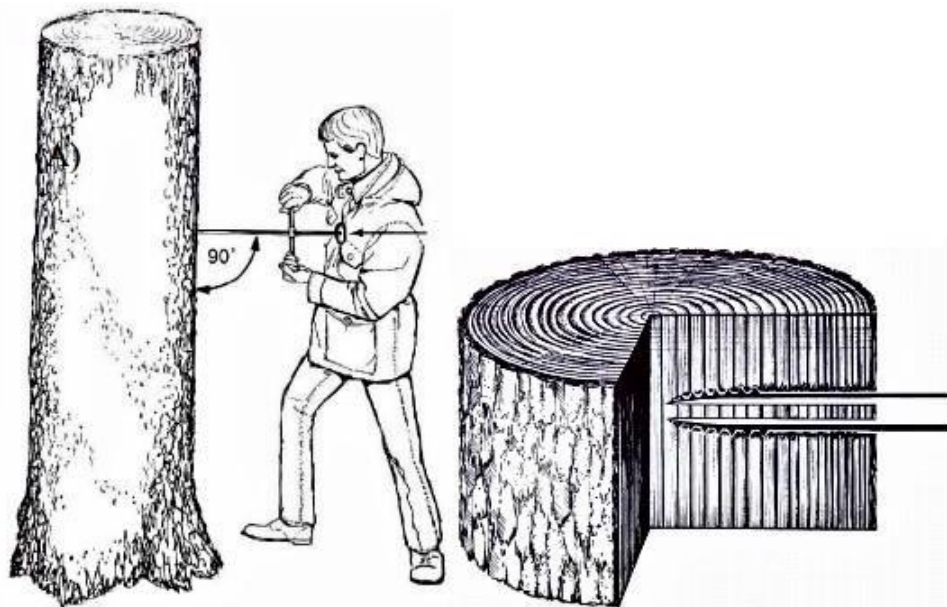
#### 4.1.2. Árvores amostradas

Três árvores de *Guarea kunthiana* foram selecionadas. A seleção deu-se por meio das características morfológicas da parte aérea considerando a diferença de padrões botânicos de folhas e porte arbóreo das espécies no ambiente averiguado, também foi um critério a distância das amostras em relação ao curso d' água que adentra nessa caverna (rio Peruaçu) e a incidência de luz sobre as mesmas. As medidas dendrométricas das árvores (altura e diâmetro) foram tomadas.

### 4.1.3. Coleta do material de estudo

Para a coleta das amostras de madeira utilizou-se o método não-destrutivo o qual consiste em retirar pequenas porções de madeira com o auxílio da sonda de Pressler (figura 2), esse método proporciona a conservação da árvore em pé e intacta mesmo após a amostragem (figura 3). A amostragem foi conduzida à altura do peito (1,3m do solo).

**Figura 2** - Amostragem não-destrutiva.



Fonte: PRESTES (2009).

**Figura 3** - Demonstração da árvore intacta mesmo após a amostragem da madeira.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para a coleta do material arbóreo foram retirados ramos aleatórios das três árvores selecionadas que estavam com folhas, elas serviram para a identificação das espécies e para análise da morfologia foliar. As exsiccatas confeccionadas a partir do material coletado (figura 4) foram incorporadas ao Herbário do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, a identificação botânica do material foi confirmada mediante exame da literatura especializada, comparação com exsiccatas incorporadas no mesmo herbário e por fim com os herbários virtuais.

**Figura 4** – Folíolos coletados da *Guarea kunthiana* para posterior confecção de exsicata.



Fonte: Composição do autor.

#### 4.2. Confecção de lâminas anatômicas

As lâminas anatômicas histológicas e de macerado foram confeccionadas no laboratório de tecnologia da madeira da Universidade Federal do Paraná UFPR, a técnica utilizada para a confecção de lâminas histológicas consistiu em: ferver as três amostras, seccionar os corpos de provas (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial) com o auxílio do micrótomo de deslizamento, passar pela dupla coloração (safranina 1% e azul-de-astrea 1%), desidratação (bateria alcoólica: 30%, 50%, 75%, 90%, 95%, álcool absoluto, álcool absoluto), diafanização (xilol) e ,então, a montagem das lâminas.

Para a produção de lâminas de macerado as amostras foram transformadas em palitos com posterior fervura (50% ácido acético glacial, 38% de peróxido de hidrogênio 130 V e 12% de água destilada), maceração, coloração, desidratação, diafanização e enfim a montagem.

#### 4.2.1. Avaliações

A caracterização anatômica seguiu as orientações e terminologias propostas pelo Iawa Committee (1989). O número de mensurações foi fixado em n=25 e para todos os atributos quantitativos do lenho foram calculados os valores mínimos, médios, máximos e desvios-padrão.

Como forma de relacionar a anatomia da madeira com a eficiência no transporte de água e à suscetibilidade à cavitação durante a condução hídrica foram calculados índices de condutividade (IC), pela razão entre a média dos raios dos vasos elevado à quarta potência e a média da frequência de vasos (equação 1). (ZIMMERMANN, 1983 modificado por Fahn et al. 1986); de vulnerabilidade (IV), pela razão entre a média do diâmetro do lúmen e da frequência de vasos (equação 2) e o índice de mesomorfia (IM), que foi calculado pela multiplicação entre o índice de vulnerabilidade e a média do comprimento dos vasos (equação 3) (CARLQUIST, 1977).

(Equação 1)

$$IC = \frac{r^4}{FP}$$

Onde,

IC = índice de condutividade;

$r^4$  = média dos raios dos poros ( $\mu\text{m}$ ) elevado a quarta potência;

FP = frequência média de poros (poros/ $\text{mm}^2$ ).

(Equação 2)

$$IV = \frac{DLP}{FP}$$

Onde,

IV = índice de vulnerabilidade;

DLP = diâmetro médio do lúmen de poros ( $\mu\text{m}$ );

FP = frequência média de poros (poros/ $\text{mm}^2$ ).

(Equação 3)

$$\text{IM} = \text{IV} \times \text{CV}$$

Onde,

IM = índice de mesomorfia;

IV = Índice de vulnerabilidade;

CV = comprimento médio dos vasos ( $\mu\text{m}$ ).

### **4.3. Biometria das folhas**

Os ramos coletados que estavam com folhas foram utilizados para as seguintes comparações dos aspectos morfológicos: comprimento da lâmina (cm), largura da lâmina (cm), proporção comprimento/largura, área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e comprimento do pecíolo (cm).

### **4.4. Análise de luminosidade**

A medida da luminosidade (L) na faixa visível do espectro foi realizada com auxílio do aparelho luxímetro analógico (marca Gossen, modelo Panlux Eletronic, com receptor de 4 cm de diâmetro). Para isso foram feitas quatro leituras a 1 m do solo em cada ponto de coleta próximo as árvores amostradas: a norte, sul, leste e oeste, posteriormente tomada a média aritmética dos valores obtidos.

As condições climáticas de precipitação, umidade relativa e velocidade do vento no interior da caverna Gruta do Janelão não puderam ser tomadas considerando a ausência de dados de estações meteorológicas do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia e estações meteorológicas *in situ*.

#### **4.5. Análise estatística**

A comparação das médias das características anatômicas, morfológicas, de luminosidade e os índices (IC, IV e IM) foi viável através do teste de Tukey ( $p < 0.05$ ) no software Excel, a correlação entre essas características foi dada pelo coeficiente de correlação de Spearman através do programa estatístico Jamovi assim como as suas análises descritivas.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Observações *in situ* das árvores coletadas**

Para que pudesse ser feita as primeiras medições foi selecionada uma árvore (amostra 1) que estava a meia sombra, distante do curso d' água e com folhas pequenas (figura 5), as medidas do luxímetro marcaram 0.01, 0.02, 0.03 e 0.02, o indivíduo apresentou uma altura de 9 metros e 9,67 centímetros de DAP. Posteriormente foi preferida uma árvore (amostra 2) que recebia maior incidência de luz, estava distante do curso de água e exibia folhas em tamanho reduzido quando comparadas com árvores a meia sombra (figura 6), as medidas do luxímetro foram 0.07, 0.04, 0.06, 0.08, a altura foi de 16 metros e DAP de 18,84 centímetros. Por último foi escolhida uma árvore (amostra 3) a meia sombra, próxima ao curso de água e com dimensões de folhas maiores (figura 7), o luxímetro aferiu 0.03, 0.01, 0.01, 0.01, a altura 12 metros e o DAP 13,62 centímetros.

**Figura 5** - Amostra 1: árvore a meia sombra, distante do curso d' água e folhas pequenas, apresentou medidas no luxímetro de 0.01, 0.02, 0.03 e 0.02, altura de 9 m e DAP de 9,67 cm.



Fonte: Composição do autor.

**Figura 6** - Amostra 2: árvore exposta a luz devido a claraboia, distante do curso d'água, folhas em tamanho reduzido, as medidas do luxímetro foram 0.07, 0.04, 0.06, 0.08, a altura de 16 m e DAP de 18,84 cm.



Fonte: Composição do autor.



**Figura 7** – Amostra 3: árvore a meia sombra, próxima ao curso de água e folhas com dimensões maiores, as medidas no luxímetro foram 0.03, 0.01, 0.01, 0.01, altura de 12 m e o DAP 13,62 cm.



Fonte: Composição do autor.

As mensurações de altura e diâmetro da espécie no interior da gruta estão de acordo a descrição na literatura sendo estas, altura podendo chegar até 20m e diâmetro até 60 cm (BACKES, P e IRGANG, B, 2002).

Embora não se possa afirmar que as três amostras apresentam o mesmo período de vida, idade juvenil ou fase adulta, para uma melhor comparação em relação ao crescimento de diâmetro e altura, pode-se afirmar que as três amostras estão sob microclima estável favorecendo que as amostras cresçam em um mesmo padrão. De acordo com Bourges et al. (2006), ambientes subterrâneos apresentam elevado grau de estabilidade devido os agentes intemperizadores e processos climáticos externos não exercerem influências significativas.

## 5.2. Luminosidade nos locais amostrados

As médias de luminosidade de cada amostra estão dispostas na tabela a seguir (tabela 1), a amostra 1 (figura 5) não diferiu estatisticamente da amostra 3 (figura 7), ambas apresentaram o mesmo valor de intensidade luminosa (0,02) afirmando a característica de estarem a meia sombra, elas foram estatisticamente menores que a amostra 2 (figura 6), essa amostra obteve a maior média de intensidade luminosa (0,06) comprovando a maior incidência de luz devido a claraboia.

**Tabela 1** - Luminosidade em diferentes posições amostradas na gruta do janelão.

<b>Luminosidade (lx)</b>	
<b>Amostra</b>	<b>lx</b>
<b>1</b>	<b>0,02b</b>
<b>2</b>	<b>0,06a</b>
<b>3</b>	<b>0,02b</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com Croce e Floss, (1999) a luz solar é fator determinante para a realização de fotossíntese e o crescimento da planta, por esse motivo a amostra 2 (figura 6) que estava debaixo da claraboia apresentou maiores médias do luxímetro (tabela 1) e conseqüentemente a maior altura e DAP (16 m e DAP de 18,84 cm respectivamente) em relação as demais amostras distantes da claraboia.

## 5.3. Morfologia das folhas

Embora as amostras 1 (figura 5) e 3 (figura 7) foram estatisticamente iguais em relação a intensidade luminosa (tabela 1), elas diferiram estatisticamente entre si em relação aos aspectos morfológicos de área e largura laminar (tabela 2), a amostra 3 (tabela 2) apresentou

maior largura da lâmina e área foliar (71, 65 cm e 5554,12 cm<sup>2</sup>, respectivamente) em oposição a 48,73 cm de largura da lâmina e 1627,06 cm<sup>2</sup> de área foliar da amostra 1 (tabela 2), os demais aspectos (comprimento, comprimento/largura e comprimento de pecíolo) mostraram-se estaticamente iguais entre as três amostras.

**Tabela 2** - Caracteres morfológicos de *Guarea kunthiana* A. Juss em diferentes posições amostradas na gruta do janelão.

Amostra	Caracteres morfológicos das folhas				
	CL	LL	C/L	A <sup>2</sup>	CP
<b>1</b>	32,67 <b>a</b>	48,73 <b>b</b>	0,70 <b>a</b>	1627,06 <b>b</b>	10,4 <b>a</b>
<b>2</b>	35,13 <b>a</b>	48,69 <b>b</b>	0,72 <b>a</b>	2136,16 <b>b</b>	8,67 <b>a</b>
<b>3</b>	<u>56,67<b>a</b></u>	<u>71,65<b>a</b></u>	<u>0,79<b>a</b></u>	<u>5554,12<b>a</b></u>	<u>10,47<b>a</b></u>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda:

CL = comprimento da lâmina (cm)

LL = largura da lâmina (cm)

C/L = comprimento da lâmina dividido pela sua largura

A<sup>2</sup> = área da lâmina (cm<sup>2</sup>)

CP = comprimento do pecíolo (cm)

Segundo Harper (1990), a intensidade de luz recebida pela planta influencia diretamente na perda de água, uma vez que o aumento da absorção da quantidade de luz solar acarreta no aumento da temperatura interna do vegetal, isso resulta em maiores perdas de água pelos estômatos das folhas, em função disso, a amostra 2 (figura 6) que estava exposta a maior intensidade de luz e distante do curso d'água apresentou folhas menores para que o contato da lâmina foliar e o raio solar fosse menor e a planta poupasse água nesse processo de evapotranspiração e controle do estresse hídrico. Napp-Zinn (1984) também afirma que folhas de sol tendem a ser menores que as de sombra.

Larcher (2000) aponta que folhas menores poupam no processo de transpiração pois os estômatos ficam mais próximos um do outro, a amostra 1 (figura 5) embora não recebesse

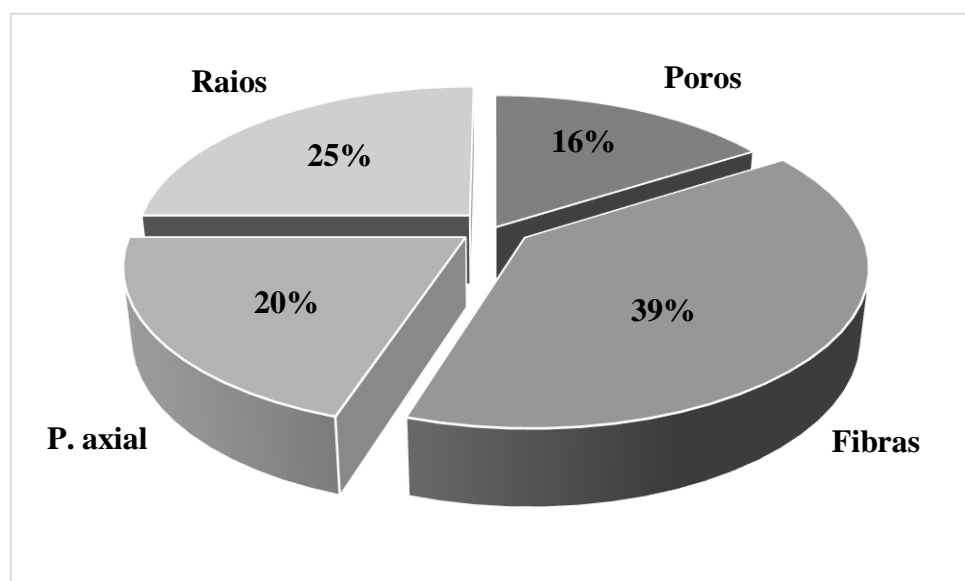
tanta radiação solar teve que adaptar o tamanho de suas folhas por causa da baixa disponibilidade de água Briggs & Walters (1997).

A amostra 3 (figura 7) está perto do curso de água, mas a meia sombra, isso impactou em uma maior dimensão de largura e área foliar, fator explicado por Allard et al. (1991), o autor esclarece que pouca radiação reduz a densidade estomática, essa redução ocorre quando a folha cresce em área, como a espécie não precisava poupar água suas folhas obtiveram as maiores dimensões.

#### 5.4. Anatomia da madeira de *Guarea kunthiana*

Levando - se em consideração as três amostras de madeira que foram transformadas em lâminas anatômicas, obteve-se a porcentagem de cada unidade que compõe o lenho da *Guarea kunthiana*, o figo-do-mato é composto inteiramente por poros, parênquima axial, raios e fibras, em diferentes proporções (figura 8).

**Figura 8.** - Porcentagens da composição do lenho de *Guarea kunthiana* A. Juss.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como pode-se observar na (figura 8), grande parte do tecido lenhoso é composto por fibras, seguido por células de raios, posteriormente parênquimas axiais e com menor porcentagem de poros, tipos celulares descritos detalhadamente a seguir. Os dados quantitativos dos caracteres anatômicos estão representados na (Tabela 3).

A *G. Kunthiana* se assemelha com a composição do lenho da espécie *G. lessoniana* segundo o estudo feito por Marchiori (1985), onde apresenta as seguintes porcentagens: fibras com 37,7%, raios com 17,7%, já o parênquima axial possui 35,3% e os vasos com 9,3%. A diferença mostra-se apenas no parênquima axial sendo a segunda maior parte do tecido na *G. lessoniana* enquanto na *G. Kunthiana* possui os raios como a segunda maior porcentagem.

A descrição microscópica da espécie *G. Kunthiana*, configurada pela avaliação das lâminas anatômicas histológicas e de macerado, foi viável através das análises das três amostras das árvores, tem-se o detalhamento a seguir:

**Anéis de crescimento:** indistintos

**Vasos:** pouco numerosos ( $6,3 \pm 2,6$  (1,0 - 14,0) poros/mm<sup>2</sup>) representando (16%) do volume da madeira, dispostos em arranjo radial e de seção arredondada tendendo a oval ( $123,0 \pm 40,2$  (38,8 - 210,8)  $\mu\text{m}$ ), com paredes espessas ( $7,0 \pm 4,1$  (0,7 - 28,6)  $\mu\text{m}$ ). Vasos em porosidade difusa uniforme, agrupados em cachos de 3-6 (4%), múltiplos radiais de 2-3 (51%) e solitários (45%). Elementos vasculares de comprimento médio ( $548,7 \pm 137,5$  (166,9 - 861,2)  $\mu\text{m}$ ). Placas de perfuração simples, transversal e apêndices longos ( $56,6 \pm 28,2$  (16,6 - 189,9)  $\mu\text{m}$ ) em uma das extremidades ou em ambas. Pontoações intervasculares extremamente numerosas, pequenas ( $3,31 \pm 0,51$  (2,40 - 4,97)  $\mu\text{m}$ ), arredondadas, alternas, com abertura lenticular, inclusa, horizontal ou fenda, coalescente, horizontal. Pontoações raio-vasculares ( $3,55 \pm 0,80$  (2,12 - 5,02)  $\mu\text{m}$ ) semelhante as intervasculares quanto ao formato, arranjo e abertura (lenticular, inclusa, horizontal). Pontoações parênquima-vascular ( $3,49 \pm 0,46$  (2,18 - 4,42)  $\mu\text{m}$ ) semelhante às intervasculares. Tilos presentes, mas não abundantes, espessamentos helicoidais, estriações, ornamentos e depósitos, ausentes.

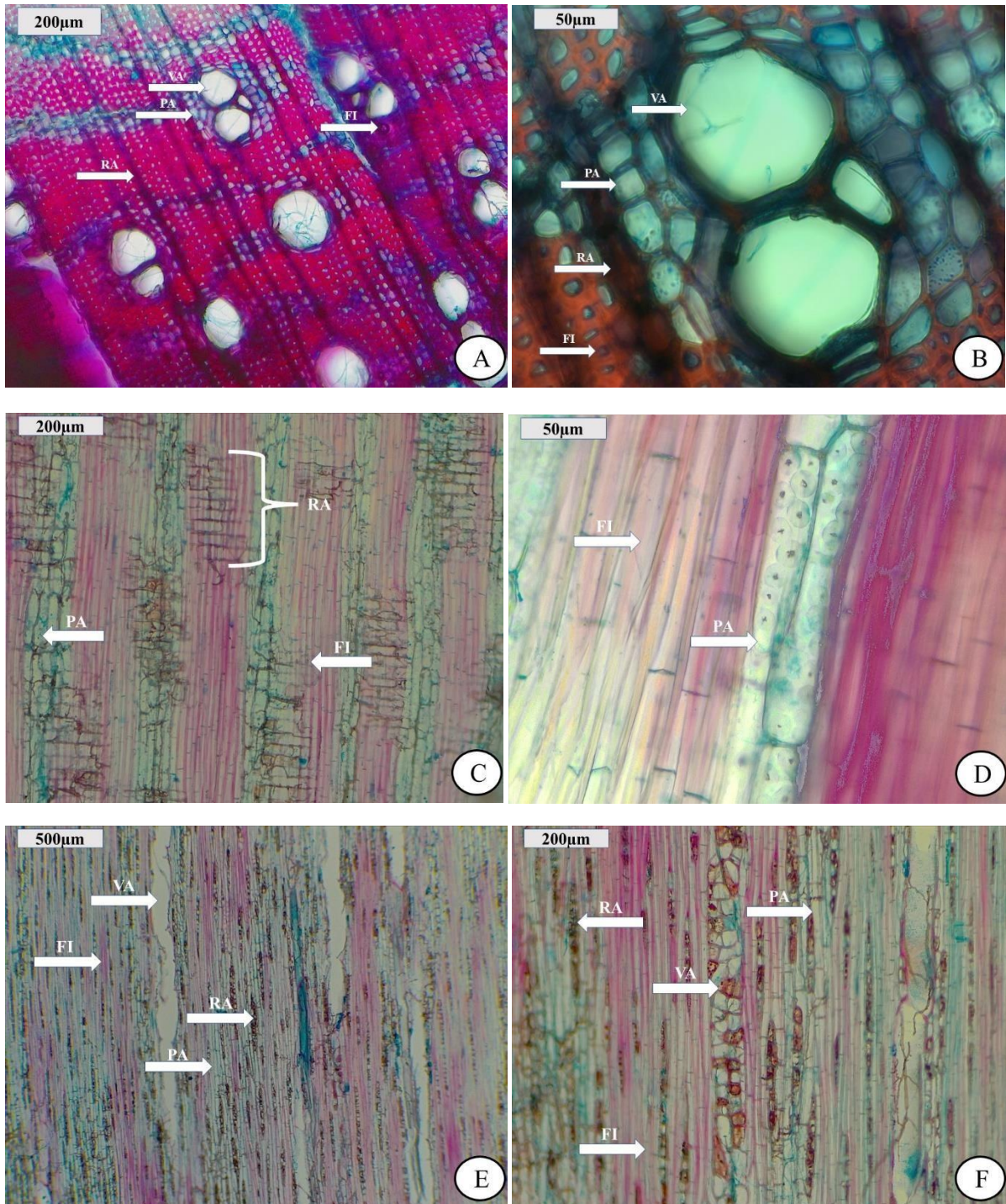
**Parênquima axial:** representa (20%) do volume da madeira, do tipo paratraqueal aliforme em faixas englobando os vasos. As faixas apresentam a média de 4 células de largura, podendo chegar até 6 células. As séries parenquimáticas, em geral formadas por 2 - 11 células, medem  $539,35 \pm 140,65$  (235,86 - 843,93)  $\mu\text{m}$  de altura por  $25,84 \pm 4,30$  (15,11 - 37,49)  $\mu\text{m}$  de largura.

**Raios:** heterogêneos, totalizando (25%) do volume da madeira, com abundância de  $10 \pm 2,91$  (3 - 16) raios/mm<sup>2</sup>. Os raios unisseriados que correspondem a 90% do tecido radial (90%), apresentam células procumbentes, (288,34 + 85,69 (135,11 - 534,70) µm de altura), com (9,16 + 3,24 (3,00 - 20,00) de células) e (16,45 + 3,98 (6,12 - 27,22) µm de largura). Os raios multisseriados (10%) são em sua totalidade bisseriados composto por células procumbentes ao centro e geralmente uma fileira superior de células quadradas (311,07 + 84,49 (123,54 - 515,70) µm de altura), com (10,58 + 2,78 (4,00 - 16,00) de células) e (26,86 + 7,81 (15,05 - 55,96) µm de largura). Raios agregados, de dois tamanhos distintos e fusionados, ausentes. Células envoltentes, perfuradas de raios e latericuliformes, ausentes.

**Fibras:** ocupa a maior porcentagem do volume da madeira (39%), são do tipo libriformes e septadas. São fibras médias (1455,97 + 218,14 (1055,25 - 2037,25) µm) e de paredes delgadas (4,86 + 1,30 (2,75 - 8,28) µm). Pontoações simples, oblíquas em forma de fenda, visíveis em plano radial da parede. Fibras gelatinosas, espessamentos helicoidais e traqueoides, ausentes.

**Outros caracteres:** cristais presentes em câmaras nas células de parênquima axial. Estrutura estratificada, células oleíferas, canais celulares e intercelulares, floema incluso, máculas medulares, cistos glandulares e trabéculas, ausentes.

**Figura 9** - Aspectos anatômicos do lenho da *Guarea kunthiana* A. Juss. em planos: transversal (A e B), longitudinal radial (C e D) e longitudinal tangencial (E e F).



Fonte: composição do autor.

Legenda:

No plano transversal (A e B), destacam-se fibras: ocupa a maior porcentagem da madeira; poros: com paredes espessa, pouco numerosos, dispostos em arranjo radial, tendentes a ovais, porosidade difusa uniforme, agrupados em cachos, múltiplos radiais e solitários; raios: abundantes; parênquima axial: são do tipo paratraqueal aliforme em faixas englobando os vasos. No plano longitudinal radial (C e D), observam-se parênquima axial: média de 4 células de largura, pontoações parênquima-vascular extremamente numerosas, pequenas alternas e arredondadas;

raios: heterogêneos, composto por células procumbentes ao centro e bem poucos com uma fileira superior de células quadradas; fibras: são do tipo libriformes e septadas, paredes delgadas, pontoações simples. Em plano longitudinal tangencial (E e F), são observadas fibras: médias e de paredes delgadas; raios: com no máximo 3 células de largura; parênquima axial: séries parenquimáticas 2-11 células; vasos: com tiloses, mas não abundantes. (VA = vaso; PA = parênquima axial; RA = raio; FI = fibra).

As principais características anatômicas da madeira de *Guarea kunthiana* A. Juss., tais como poros pequenos a médios, em múltiplos radiais, placa de perfuração simples, elementos vasculares médios, pontoações intervasculares pequenas, presença de cristais, raios heterogêneos são de ocorrência comum na família Meliaceae, como descrito por Metcalfe & Chalk (1972).

A espécie também corrobora para as seguintes características descritas por Record (1941) sobre o gênero *Guarea*, poros médios, solitários ou em múltiplos, pontoações intervasculares pequenas, raios de 1-2 células de largura, pontoações intervasculares e raio-vasculares pequenas, parênquima axial abundante, séries cristalíferas e fibras septadas.

A *Guarea kunthiana* se assemelha anatomicamente a *Guarea lessioanada* A. Juss., segundo o estudo da anatomia descritiva da madeira de *Guarea lessioanada* A. Juss., do autor Marchiori (1985). Detalhes anatômicos mais importantes como vasos distintos em distribuição difusa uniforme, formato oval estando agrupados em cachos solitários ou múltiplos radiais. Placas de perfuração simples e transversal. Pontuações intervasculares de tamanho pequeno, forma arredondada e distribuída de maneira alterna. Pontoações raio-vasculares semelhante às intervasculares quanto ao formato, arranjo e abertura. Parênquima disposto de forma paratraqueal em faixas, na *G. kunthiana* observou-se que as faixas tangenciais apresentam em média de 4 a 6 células de largura e nas faixas verticais apresentam de 2 á 11 células por séries, já na *G. lessioanada* as faixas tangenciais são de 2 á 7 células de largura e no sentido vertical, as séries de faixas verticais podem conter de 2 a 8 células por séries. Outras características que ambas têm em comum, são cristais presentes em câmaras de parênquima axial e canais secretores. Já as máculas medulares e cistos glandulares e trabéculas ausentes. Entre todas as características mais importantes, destaca-se que não demarcação dos Anéis de crescimento, que são indistintos em ambas as espécies.

O único estudo anatômico da *Guarea kunthiana* feito por Léon (2006) no estado de Mérida - Venezuela é possível constatar que a maioria das características anatômicas do lenho correspondem ao estudo feito da mesma espécie coletada no parque Peruaçu-MG. O número de células, formatos e arranjos são semelhantes, o que diferencia uma espécie da outra é em relação



ao tamanho das células de elementos de vaso, raios e fibras e a quantidade de poros/mm<sup>2</sup>, a espécie do Peruçu apresenta células em dimensões maiores e maiores quantidades de vasos por mm<sup>2</sup>, essa diferença pode ser explicada pela diferença das condições ambientais.

#### 5.4.1. Caracteres quantitativos do lenho

**Tabela 3** – Caracteres quantitativos anatômicos do lenho da *Guarea kunthiana* A. Juss das três amostras coletadas na Gruta do Janelão.

Caracteres Anatômicos	Amostra		
	1	2	3
Frequência de poros (poros/mm <sup>2</sup> )	8,08a	3,5b	5,45c
Ø total de poros (µm)	106,04b	116,96b	145,56a
Ø lúmen de poros (µm)	90,49b	104,42b	131,78a
Espessura parede de poros (µm)	7,78a	6,27a	6,89a
Comprimento de elementos vasculares (µm)	525,66b	618,59a	609,90ab
Comprimento de apêndices (µm)	51,39a	51,44a	66,81a
Ø pontoações intervasculares (µm)	3,22b	3,71a	3,15b
Ø pontoações raio-vasculares (µm)	4,06a	2,94b	3,32ab
Ø pontoações parênquima-vasculares (µm)	3,44a	3,50a	3,54a
Altura séries parênquima axial (cél.)	5,00b	6,04ab	6,68a
Altura séries parênquima axial (µm)	531,21ab	492,84b	594,00a
Largura séries parênquima axial (µm)	24,37b	25,59ab	27,56a
Frequência de raios (raios/mm <sup>2</sup> )	8b	12a	11a
Altura raios unisseriados (cél.)	7,96a	9,56a	10,15a
Altura raios unisseriados (µm)	269,18a	290,33a	309,83a
Largura raios unisseriados (µm)	18,62a	14,23b	16,50ab
Altura raios multisseriados (cél.)	9,31b	10,70ab	12,50a
Altura raios multisseriados (µm)	286,24b	282,70b	379,14a
Largura raios multisseriados (µm)	32,51a	20,95b	23,75b
Comprimento das fibras (µm)	1315,10b	1477,98a	1574,83a
Ø total das fibras (µm)	20,62a	18,53a	19,66a
Ø lúmen das fibras (µm)	10,69a	7,92b	11,03a
Espessura parede das fibras (µm)	4,96ab	5,31a	4,32b

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda:

Ø = diâmetro; µm = micrômetro.

A quantidade de poros por  $\text{mm}^2$  diferenciou-se entre as três amostras, a amostra 1 (figura 5) apresentou a maior média (8,08 poros/ $\text{mm}^2$ ), em seguida a amostra 2 (figura 6) (3,5 poros/ $\text{mm}^2$ ), em contrapartida foram as que tiveram menores diâmetros de poros e comprimento de elementos vasculares. Esses indivíduos foram os que estavam mais distantes do curso d' água, a planta quando está em um ambiente com pouco recurso hídrico disponível investe em maior quantidade de poros e em menor espessura (Baas & Carlquist, 1985; Barajas-Morales, 1985; Carlquist & Hoekman, 1985; Lindorf, 1994) para que a probabilidade de embolia diminua e, se caso ocorrer interrupção do fluxo d' água haverá outros poros disponíveis. Já para os diâmetros (total e de lúmen) a amostra 3 apresentou a maior média (145,56  $\mu\text{m}$  e 131,78  $\mu\text{m}$  respectivamente), pois se encontra perto do curso d' água, não havendo grandes chances de ocorrer embolia nos vasos.

As pontoações intervasculares mostraram diferença significativa, a amostra 2 (tabela 3) apresentou as maiores dimensões de pontoações, essa árvore além de estar distante do curso d' água, estava exposta a luz solar, aumentando a quantidade de poros e da conexão entre eles para um melhor aproveitamento da água livre no vegetal. (SIAU, 1971; KEDROV, 2012).

Com relação as especificidades do parênquima axial e radial, a amostra 3 (figura 7) apresentou maiores médias (tabela 3) por causa da proximidade da água, fator explicado devido esse tecido ser responsável pelo armazenamento e condução de água. (APPEZZATO-da-GLORIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

Com relação as fibras, a amostra 1 (figura 5) tem o menor comprimento (1315,10  $\mu\text{m}$ ) e a amostra 2 (figura 6) menor diâmetro de lúmen (7,92  $\mu\text{m}$ ), pois estavam distantes do curso d' água, fibras com dimensões maiores favorece fluxo da água (MONTEIRO, C. T, 2017).

### 5.5. Índices de condutividade (IC), vulnerabilidade (IV) e mesomorfia (IM)

A amostra 2 (figura 6) obteve as maiores médias nos três índices: condutividade, vulnerabilidade e mesomorfia (tabela 4), como consequência das maiores médias de comprimento do elemento vascular (tabela 3).

**Tabela 4** - Índices resultantes das amostras coletadas em diferentes posições na gruta do janelão.

<b>Índices</b>			
<b>Amostra</b>	<b>IC</b>	<b>IV</b>	<b>IM</b>
<b>1</b>	741467,59 <b>b</b>	11,81 <b>b</b>	6324,74 <b>b</b>
<b>2</b>	9925520,4 <b>a</b>	44,52 <b>a</b>	26325,66 <b>a</b>
<b>3</b>	4659711,65 <b>ab</b>	25,13 <b>b</b>	14854,13 <b>b</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda:

IC = índice de condutividade

IV = índice de vulnerabilidade

IM = índice de mesomorfia

O índice de condutividade é descrito por Carlquist, (1977) como uma adaptação da planta para melhorar a eficiência na quantidade de água transportada, valores maiores são esperados em ambientes mais áridos, a amostra 2 (figura 6) comprova isso pois estava recebendo maior incidência de luz solar e estava distante do curso d' água.

O índice de vulnerabilidade relatado por Carlquist, (1977) demonstra que valores de IV abaixo de 1.0 indica que a espécie apresenta segurança no transporte de água, todas as três amostras (figura 5, 6 e 7) apresentaram valores bem acima, ou seja, a probabilidade da interrupção de água por embolia é grande, mas as amostras 1 e 3 apresentam maior segurança no percurso da água do que a amostra 2 (tabela 4), devido o menor comprimento de elemento vascular em relação a amostra 2 (tabela 3).

O índice de mesomorfia indica se a planta possui estruturas anatômicas adaptadas a condições com pouca umidade, valores acima de 200 indica essa adaptação Carlquist, (1977). Todas as amostras mostraram-se adaptadas (tabela 3), principalmente a amostra 2 (figura 6) que obteve o maior valor de mesomorfia, ela também obteve o maior comprimento de diâmetro das pontoações intervasculares (tabela 3).

Em um estudo feito por JCFM Júnior, MM Silva e P Soffiatti (2016), corrobora para essa afirmação que indivíduos em ambientes mais secos apresentam maior mesomorfia, observaram valores de IM, 1118, 14 para Campo Rupestre e 1326, 35 para Campo Cerrado, também foi observado que os indivíduos de Cerrado apresentam maiores valores de IV (19,7), embolias e cavitação de vasos, como consequência da necessidade de investirem em condutividade (73232,50)

## **5.6. Correlação de Spearman**

A análise de correlação entre os caracteres anatômicos do lenho, folhas, intensidade luminosa e índices de condutividade, vulnerabilidade e mesomorfia basearam-se no coeficiente de Spearman (tabela 5). De acordo com o exposto na tabela, foi confirmada a associação entre esses atributos, entretanto algumas variáveis da anatomia não se relacionaram, são elas: comprimento de apêndice, diâmetro de pontoações raio-vascular, número de células de parênquima axial, largura da série de parênquima axial e altura de raio multisseriado.

Em relação a morfologia, a área foliar ( $a^2$ ) foi a variável de melhor correlação com a anatomia do lenho, quanto a luminosidade tem-se o diâmetro das pontoações intervasculares (DPI), já em relação aos índices o diâmetro de lúmen destacou-se (DLU1).

As folhas estão estreitamente ligadas com a anatomia do lenho, ambas apresentam xeromorfismo de acordo as condições ambientais expostas. Em um estudo feito por Denardi (2004), a correlação entre o comprimento e a área foliar foram negativos ao contrário do obtido nesse estudo.

Quanto a luminosidade, o comprimento do elemento vascular e diâmetro das pontuações intervasculares diminuí à medida que a intensidade de luz aumenta, esperava-se isso visto que são elementos responsáveis pela condução de água (HARPER, 1990).

Os índices também se comportaram como o esperado, pois o diâmetro total e de lúmen dos poros, assim como frequência de poros são variáveis utilizadas para a realização do cálculo dos índices (CARLQUIST, 1977).

**Tabela 5** - Correlação de Spearman entre os caracteres anatômicos do lenho da *Guarea kunthiana* A. Juss com a morfologia, luminosidade e os índices de condutividade, vulnerabilidade e mesomorfia da referida esp.

### Coeficientes da Correlação de Spearman

Variáveis	Morfologia					Luminosidade	Índices		
	CL	LL	C/L	A <sup>2</sup>	CP		LUM	IC	IV
<b>Anatomia</b>									
FVA	<b>0,82</b>	n.s	n.s	<b>0,74</b>	n.s	n.s	n.s	<b>-0,65</b>	<b>-0,69</b>
DTOT1	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>0,73</b>	<b>0,61</b>	<b>0,5</b>
DLU1	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>0,75</b>	<b>0,6</b>	<b>0,52</b>
Esp	n.s	n.s	n.s	<b>-0,77</b>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
CEV	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>-0,53</b>	n.s	<b>0,34</b>	<b>0,47</b>
<b>C apend</b>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
DPI	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>-0,75</b>	n.s	n.s	n.s
DPRV	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
DPPV	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
N1	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
ASE	n.s	n.s	n.s	<b>-0,75</b>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
LSE	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
FRE	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>0,28</b>	<b>0,43</b>	<b>0,46</b>
N2	n.s	n.s	<b>-0,68</b>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
ALT1	n.s	n.s	n.s	<b>-0,7</b>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
LAR1	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>-0,34</b>	<b>-0,3</b>
N3	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,6</b>
ALT2	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
LAR2	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>-0,42</b>	<b>-0,45</b>
CFI	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>-0,8</b>	n.s	n.s	<b>0,28</b>	<b>0,34</b>
DTOT2	n.s	n.s	<b>-0,9</b>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
DLU2	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>-0,27</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,39</b>
ESP	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	<b>0,55</b>	n.s	n.s	n.s

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda:

n.s = correlação não significativa;

>0,9 = correlação muito forte;

0,7 a 0,89 = correlação forte;

0,4 a 0,69 = correlação moderada;

0,2 a 0,39 = correlação fraca;

FVA: frequência de vaso, DTOT1: diâmetro total de vaso, DLU1: diâmetro do lúmen de vaso, Esp: espessura de vaso, CEV: comprimento do elemento vascular, C apend: comprimento de apêndice, DPI: diâmetro de pontuação intervascular, DPRV: diâmetro de pontuação raio-vascular, DPPV: diâmetro de pontuação parênquima-vascular, N1: número de célula de parênquima axial, ASE: altura da série de parênquima axial, LSE: largura da série de parênquima axial, FRE: frequência de raio, N2: número de célula de raio unisseriado, ALT1: altura de raio unisseriado, LAR1: largura de raio unisseriado, N3: número de célula de raio multisseriado, ALT2: altura de raio multisseriado, LAR2: largura de raio multisseriado, CFI: comprimento de fibra, DTOT2: diâmetro total de fibra, DLU2: diâmetro do lúmen da fibra, ESP: espessura de fibra, CL: comprimento da lâmina, LL: largura da lâmina, C/L: comprimento da lâmina dividido pela largura, A<sup>2</sup>: área da lâmina, CP: comprimento de pecíolo, LUM: média de luminosidade (norte, sul, leste e oeste), IC: índice de condutividade, IV: índice de vulnerabilidade, IM: índice de mesomorfia.

## 5. CONCLUSÃO

Mesmo dentro da gruta aonde há pouca incidência de luz, verificou-se um bom crescimento das árvores em relação à altura e DAP.

Quando o ambiente é sombreado e próximo ao curso d' água geram folhas com maior dimensão de largura e área foliar.

A maior parte das características anatômicas do lenho da *Guarea kunthiana* concorda com a família Meliaceae e o gênero *Guarea*, diferenciando-se, portanto, em relação ao tamanho das células de elementos de vaso, raios, fibras e a quantidade de poros/mm<sup>2</sup>.

Maiores valores dos índices de condutividade (IC), de mesomorfia (IM) e de vulnerabilidade (IV) são para ambientes xeromórficos.

Os caracteres anatômicos se correlacionaram fortemente com os morfológicos, de luminosidade e os índices (IC, IV e IM), sendo eles: a frequência e espessura de poros com a área foliar, o diâmetro das pontuações intervasculares e a luminosidade, os índices (IC, IV e IM) com o diâmetro de lúmen dos poros.



## REFERÊNCIAS

- ALLARD, G.; NELSON, C.J. & PALLARDY, S.G. **Shade effects on growth of tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning.** 1991.
- APPEZZATO-da-GLORIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (editoras) **Anatomia Vegetal.** 2ª edição. Editora da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2006.
- BAAS, P & CARLQUIST, S. **A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel.** IAWA bull. n.s., v.6, n.4, p.349-353, 1985.
- BAAS, P. **Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy – History and perspectives.** In: BAAS, P. (ed): New perspectives in wood anatomy. The Hague Martinus Nijhoff Publishers, p.23-58,1982.
- BAAS, P.; WERKER, E.; FAHN, A. **Some ecological trends in vessel characters.** Iawa Bull. n.s, v.4, n. 2-3, p.141-160, 1983.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: Guia de identificação e interesse ecológico.** Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz. 2002. 321p.
- BARAJAS-MORALES, J. **Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico.** IAWA Bull., v.6, n.4, p.355-364, 1985.
- BOURGES, F.; GENTHON, P.; MANGIN, A.; D’HULST, D. **Microclimates of l’Aven d’Ornac and other French limestone caves (Chauvet, Esparros, Marsoulas).** International Journal of Climatology, v.26, p.1651-1670. 2006.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Cria o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, no Estado de Minas Gerais, e dá outras providências.** Fernando Henrique Cardoso. Brasília, DF, p. 1-1, set. 1999.
- BRASIL. **Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu.** Volume 1. Brasília, mai. 2005.
- CARLQUIST, S & HOEKMAN. **Ecological wood anatomy of the woody Southern Californian flora.** IAWA Bull., v.6, n.4, p.319-347, 1985.

- CARLQUIST, S. **Ecological factors in wood evolution: a floristic approach**. American Journal of Botany 64:887-896, 1977.
- CECCANTINI, G. **Anatomia ecológica do lenho em espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. *Machaerium villosum* Vog.** São Paulo: USP, 1996. 117f. Dissertação (Mestrado em Botânica) -Universidade de São Paulo, 1996.
- CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons: systematic anatomy of the leaf and stem**. 2nd ed., Oxford: Clarendon Press, vol. 1, 1989. 276p
- CHALK, L. The effect of ecology conditions on wood anatomy. In: METCALFE, CR;
- CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Oxford Science, 1989, v. 2: Wood structural and conclusion of the general introduction, cap. 6, p. 126-152.
- COSTA, A. **Coletâneas de Anatomia da Madeira**. Ed. UFT, 2001.
- DA CROCE, D. M. & FLOSS, P. A. **Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 81p. (Boletim Técnico, 100)
- DA SILVAi, D.B., DE VASCONCELLOS, T.J. & CALLADO, C.H. **Effects of urbanization on the wood anatomy of *Guarea guidonia*, an evergreen species of the Atlantic Forest**. Trees (2021).
- DENARDI, Luciano. **Estudo anatômico do lenho e morfologia foliar de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg, em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 2004. 109f. Dissertação de mestrado – Universidade de Santa Maria, RS, 2004.
- DICKSON, W.C. 2000. **Integrative plant anatomy**. Academic Press. 533p.
- FLORA DO BRASIL - **Flora do Brasil 2020** [em construção] Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- GBPE. Levantamento Espeleológico da Área de Proteção Ambiental - APA - Cavernas do Peruaçu: Subsídios para o Plano de Manejo. **Projeto FNMA/MMA** - Convênio 035/97. Belo Horizonte. 130 p. 1999.
- GIACON - Gustavo - **Ciprest - Viveiro de Muda de Plantas** – 2016. Disponível em:<<https://www.ciprest.com.br>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

GIRARDI, A.M.M. 1975. **Flora Ilustrada do RS. Boletim do Instituto de Biociências nº 33.** Série Botânica. UFRGS.

HARPER J.L. 1990. **Population biology of plants.** Academic Press, San Diego.

IAWA COMMITTEE. **IAWA list of microscopic features for hardwood identification.** Iawa Bull. v.10, n.3 , p.218-359, 1989.

ISSA - Eduardo Issa - **Expedição Parques Nacionais do Brasil**, 2006. Disponível em:<<https://web.archive.org/web/20101125110612/http://expedicaoparquesnacionais.com.br/brasil/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

JCFM JÚNIOR, MM SILVA, P SOFFIATTI. **Anatomia ecológica da madeira de Rudgea viburnoides (Cham.) Benth. (Rubiaceae) em campo cerrado e rupestre.** BALDUINIA, n. 54, p. 22-31, 10-X-2016.

JUDD, W.S. et al. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético.** 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

KEDROV, G. B. **Functioning wood.** Wulfenia, Klagenfurt, v. 19, p. 57 - 95, 2012.

KLEIN, M.S. **Flora ilustrada catarinense: meliáceas.** Reitz, R. ed. Florinópolis. 1984. p.83-92.

KOENEN, E. J. M. & D E WILDE, J. J. F. E. A taxonomic revision of the reinstated genus *Leplaea* and the newly recognized genus *Neoguarea* (Meliaceae: Sapindales). *Plant Ecol. Evol.* 145: 209–241. 2012.

leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, 31: 163-167.

LEÓN, H. **Anatomía de la madera de 13 especies del Orden Sapindales que crecen en el Estado de Mérida**, Venezuela. *Acta Botánica Venezolana* 29:269-296, 2006.

LINDORF, H. **Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest.** *IAWA Journal*, v.15, n.4, p.361-376, 1994.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil:** 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, p.232. 1998.

MARCHIORI, J.; N.; C. **Anatomia Descritiva da Madeira de *Guarea lessoniana* A. Juss.** (Meliaceae). Departamento de Ciências Florestais. Centro de Ciências Rurais. UFSM. Revista: Ciência Natura, Santa Maria, RS, 7 : 63 – 71, 1985.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil:** 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p.697. 2013.

METCALFE, C. R. & CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons.** Oxford: Clarendon Press. v.2, 1500p., 1972.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons.** Oxford: Clarendon Press. p. 349-358, 1972.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons.** Oxford: Clarendon Press, 1972.p. 349-358.

MONTEIRO, C. T. **Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*.** Sci. For. Piracicaba, v. 45, n. 115, p. 493-505, set. 2017.

MUNGAI, M. F. **Mosaico de interesses, representações e conflitos: O Parque Nacional Cavernas do Peruaçu - MG.** Dissertação – Faculdade de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

Napp-Zinn, K. 1984. **Handbuch der Pflanzenanatomie.** VIII Anatomie des Blattes, 2. Blattanatomie der Angiospermen, B. Experimentelle und ökologische Anatomie des Angiospermenblattes. Germany, Gbdr. Borntraeger. 520p

PENNINGTON, T.D. e STYLES, B.T. **A generic monograph of the Meliaceae.** BLUMEA, 22: 419 - 54.0, 1975.

PENNINGTON, T.D. **Flora neotropica Monograph n° 28, Meliaceae.** New York, The New York Botanical Garden. 1981. p. 281-287.

RECORD, S.J. **American timbers of the Mahogany family.** Tropical Woods, 66: 7-34, 1941.

SAGARANA - **Revista Sagarana** - Parque Nacional Cavernas do Peruaçu: Legado de 11 milhões de anos, 2017. Disponível em:< <http://revistasagarana.com.br/parque-nacional-cavernas-do-peruacu-legado-de-11-milhoes-de-anos/>>. Acesso em 12 nov. 2019.

SIAU, J. F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131 p.

SIEGLOCH, A.M. Anatomia da madeira de *Melia azedarach l.* (MELIACEAE). **Revista Balduinia**, Santa Maria n. 50, p. 24-28, set. 2015.

SOARES, MANUELA GONORING. **Plasticidade fenotípica de plantas jovens de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart.ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) em resposta a radiação solar**. 2012. p 25. Dissertação (Pós-Graduação em Biologia Vegetal) - Mestrado em Fisiologia molecular de plantas, Universidade Federal do Espírito Santo, [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/5728>>. Acesso em: 29 out. 2018

ZIMMERMANN MH. **Xylem structure and the ascent of sap**. Berlin: Springer-Verlag, 1983.