

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DA ESPÉCIE *PROTIUM HEPTAPHYLLUM*
(AUBL.) MARCHAND - BREU BRANCO (BURSERACEAE) EM UM GRADIENTE
LONGITUDINAL**

MARIA HELENA DE ARAÚJO RICARDO

Brasília - Distrito Federal

2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DA ESPÉCIE *PROTIUM HEPTAPHYLLUM*
(AUBL.) MARCHAND - BREU BRANCO (BURSERACEAE) EM UM GRADIENTE
LONGITUDINAL**

Aluna: Maria Helena De Araújo Ricardo

Matrícula: 14/0027360

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Júlia Sonsin Oliveira - Botânica/ Unb

*Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade de Brasília, como parte das exigências
para obtenção do Título de Engenheiro florestal*

Brasília – Distrito Federal

2019

Agradecimentos

Primeiramente a meus pais, José Ricardo e Maria Gorete que nunca mediram esforços para que pudesse chegar até aqui.

Meus irmãos Ana Carolina e Uriel Ricardo, que são bons amigos e incentivadores.

A professora Júlia Sonsin Oliveira, pela amizade e paciência excepcional, disposta a ajudar e enriquecer o trabalho desde o princípio.

Às amigas que mantenho de longa data, Gabrielle Dias e Isabella Borges, que sempre me apoiaram.

E as amigas que tive o prazer de fazer durante a graduação, Daiane Jesus, Caroline Freitas, Janaína Cunha, Bianca Vilela e demais colegas.

RESUMO

A família Burseraceae é constituída por 19 gêneros e 615 espécies, dentre elas, destaca-se o *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand em função de sua importância econômica, sendo comumente utilizado para diversas enfermidades, como tônico e estimulante, para o tratamento de ulcerações e inflamações. A anatomia da madeira, busca compreender a estrutura e função dos diversos elementos que constituem o lenho, e quando relacionada a diferentes ambientes ou Biomas, podemos verificar como variáveis edafoclimáticas modificam as características anatômicas. Esse trabalho tem por objetivo comparar a anatomia do lenho da espécie de *P. heptaphyllum*, de ocorrência em matas de galeria, dos Biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia, verificando suas adaptações anatômicas em função dos fatores edafoclimáticos. Foram seguidos os métodos usuais para análise anatômica da madeira. Foram calculados os índices de vulnerabilidade e de mesomorfia. As características qualitativas da madeira não apresentaram variações entre os ambientes de coleta. A análise do PCA evidenciou que 2 variáveis explicam 53,11% da variância total, em que as amostras do cerrado ficaram separadas em dois grupos distintos, no entanto, as amostras coletadas na Amazonia e Mata Atlântica ficam misturadas e, as vezes, as amostras da Mata Atlântica permeavam as de cerrado. O comprimento e diâmetro de vaso foi maior para as coletas realizadas na Amazônia, sugerindo uma maior eficiência na condução. Já as amostras do Cerrado apresentaram maior densidade de vasos, característica ligada a segurança. Entretanto, a madeira da espécie apresentou predominância de vasos solitários em todos os ambientes. Fibras maiores e mais espessas foram observadas na Mata Atlântica. Os raios tiveram maior frequência e largura no Cerrado, o que poderia assegurar a sobrevivência da planta em períodos de seca. Entretanto, a maior altura foi observada na Mata Atlântica. Os índices de vulnerabilidade (V) e Mesomorfia (M) foram maiores para a Amazônia - Campinarana Florestada seca do Pará, estando mais adaptada a ambientes com maior disponibilidade de água. Por fim, concluímos que as características anatômicas da madeira variaram entre as espécies coletadas no mesmo Bioma e nos diferentes Biomas, e essas variações são influenciadas por características climáticas.

PALAVRAS CHAVES: Amazônia; anatomia ecológica da madeira; cerrado; mata atlântica.

ABSTRACT

The *Burseraceae* family is constituted by 19 genera and 615 species, among them, *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand stands out in function of its economic value, being usually used for several diseases as a tonic and stimulant, for ulcer and inflammation treatment. The wood anatomy tries to understand the structure and function of the various elements that constitute the wood, and when related to different environments and Biomes, we can verify how edaphoclimatic variables modify the anatomical features. This research aimed to compare the wood anatomy of *P. heptaphyllum* species, occurring in Gallery forests of Cerrado, Atlantic Forest and Amazon Biomes, and verifying its anatomical adaptations in function of edaphoclimatic factors. The usual methods for wood anatomy analyses were followed. The vulnerability and mesomorphy indexes were calculated. The qualitative wood anatomical features didn't show variations within the different collection sites. The PCA analyses showed that 2 variables explain 53,11% of the total variance, in which the Cerrado samples remain separated in two distinct groups, however, the Amazon and Atlantic Forest samples are mixed and, sometimes, the Atlantic Forest ones, permeated those from Cerrado. Large vessels with greater length were found on the collections realized at Amazon, suggesting greater hydraulic efficiency. While a greater vessel density was observed in Cerrado, feature related to safety. Predominance of solitary vessels was observed at all environments. The fibres were higher and thicker in individual of Atlantic forest. Higher frequency and large rays were observed at Cerrado, which could ensure plant survival in dry periods. However, rays were taller in plants collected at the Atlantic forest. The vulnerability and mesomorphy indexes were higher for individual collected at Amazon – “Campinarana Florestada seca” from Pará, being more adapted to environments with higher water availability. In Conclusion, we observed that the wood anatomical features vary among the collected species in the same Biome and in different Biomes, and these variations are influenced by climatic characteristics.

KEY WORDS: Amazon; Atlantic forest; Cerrado; ecological wood anatomy.

LISTA DE FIGURAS

	P
Figura 1: Distribuição geográfica da família Burseraceae.....	13
Figura 2: Distribuição geográfica da espécie <i>Protium heptaphyllum</i>	14
Figura 3: Mapa da distribuição geográfica da Amazônia.....	16
Figura 4: Mapa da distribuição geográfica do Cerrado.....	18
Figura 5: Mapa de distribuição geográfica do bioma Mata Atlântica.	20
Figura 6: Mapa do Brasil com os locais de coleta da espécie <i>Protium heptaphyllum</i>	24
Figura 7: Anatomia de <i>Protium heptaphyllum</i> . A-M. Plano Transversal. A-F. Cerrado; G-J. Mata Atlântica; K-M. Amazônia; N. Detalhe da espessura parede da fibra; O. Elemento de vaso com apêndice.....	27
Figura 8: Anatomia de <i>Protium heptaphyllum</i> . A-N. Plano tangencial; A-F. Cerrado; G-J. Mata Atlântica; K-M. Amazônia; N. Pontoações intervasculares alternas poligonais; O. Plano Radial com cristais prismáticos (seta) em células do raio..	28
Figura 9: Diferença estatística para o comprimento de vaso. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	29
Figura 10: Diferença estatística para os diâmetros de vaso. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	30
Figura 11: Diferença estatística para densidade de vaso. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	30
Figura 12: Diferença estatística para os vasos solitários. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	31
Figura 13: Diferença estatística para pontoações intervasculares. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	32
Figura 14: Diferença estatística para pontoações radiovasculares. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	32
Figura 15: Diferença estatística para o comprimento das fibras. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	33
Figura 16: Diferença estatística para espessura da parede da fibra. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	33
Figura 17: Diferença estatística para a frequência de raio/mm. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	34
Figura 18: Diferença estatística para a altura dos raios. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	34

Figura 19: Diferença estatística para a largura dos raios. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.	35
Figura 20: Diferença estatística para o índice de vulnerabilidade. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas... ..	35
Figura 21: Diferença estatística para o índice de mesomorfia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas	36
Figura 22: Análise do componente principal. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.....	42

LISTA DE TABELAS

	P
Tabela 1. Coordenadas das áreas de coleta de <i>Protium heptaphyllum</i>	22
Tabela 2. Análise estatística (Anova, Tukey ao nível de 5% de probabilidade) comparando os dados quantitativos entre os locais de coleta e entre os Biomas.....	36
Tabela 3. Dados dos autovalores do PCA.....	41

SUMÁRIO

Agradecimentos	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	11
2.1. Objetivo Geral	11
2.2. Objetivo Específico	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Família Burseraceae Kunth	12
3.2 A espécie <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	13
3.3. Mata Ripária	14
3.4. Amazônia	15
3.5. Cerrado	16
3.6. Mata Atlântica	18
3.7. Estudos anatômicos da madeira e anatomia ecológica	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Área de Coleta	22
4.2. Análises Anatômicas	24
4.3. Microscopia de luz	25
4.4. Análise de Dados	25
5. RESULTADOS	25
5.1. Características qualitativas	25
5.2. Características quantitativas	29
5.2. Análise do componente principal (PCA):	36
6. DISCUSSÃO	42
8. REFERÊNCIAS	45

1.INTRODUÇÃO

O Brasil é formado por seis biomas de características distintas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, os quais abrigam os mais diferentes tipos vegetais e de fauna (MMA 2019). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupa 21% do território nacional e é superado em área apenas pela Amazônia (Klink & Machado 2004). É considerado um dos “hotspots” mundiais, áreas com elevado grau de endemismo que devem ser tidas como prioritárias na conservação (MMA 2010), é formado por formações florestais, savânicas e campestres (Silva Junior et. al. 2014). O clima é o estacional, com um período chuvoso de outubro a março e um período seco de abril a setembro, apresenta precipitação média de 1500 mm e temperaturas variando em média entre 22 e 27 °C (Klink & Machado 2005).

Ainda, dentro das áreas de cerrado as matas ripárias, são divididas em Mata ciliar e Mata de Galeria, a primeira é definida como a vegetação florestal que acompanha os rios de médios e grande porte na região do Cerrado, sem a formação de galeria, ocorre geralmente em terrenos acidentados, a segunda acompanha rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil central, formando corredores ou galerias sobre os cursos de água (ICMBio, 2019).

A Mata Atlântica por sua vez, ocupa 13,04% da área do Brasil (IBGE, 2004) e é composta por formações florestais nativas, como: floresta ombrófila densa; floresta ombrófila mista; floresta ombrófila aberta; floresta estacional semidecidual; e floresta estacional decidual (MMA, 2018). Assim como o Cerrado, existem na Mata Atlântica cerca de 20 mil espécies vegetais, incluindo endêmicas e ameaçadas, o que lhe rendeu o título nada desejado de hotspot mundial de conservação (MMA, 2019). Os tipos climáticos variam de climas quentes e úmidos a moderadamente frios, com temperatura média variando de 23 a 25°C, umidade do ar e precipitações abundantes entre 1600 e 1800 mm (Pereira, 2009; Semarh, 2003). Ocorre em solos como Latossolos e Argissolos, ambos Amarelos e Vermelho-Amarelos, normalmente com baixa fertilidade natural (Oliveira Filho et al. 2000).

A Amazônia é o maior bioma brasileiro e ocupa aproximadamente uma área de 4.2 milhões de km² (IBGE, 2004). Esse Bioma não só sustenta 60% do restante das florestas tropicais do mundo, como também armazena bilhões de toneladas de carbono (Laurence, 2002). Segundo Ferreira et al. (2015), a perda de habitats é apontada como uma das maiores causas da perda de sua biodiversidade. Dentre as fisionomias

Amazônicas, a Campinarana é caracterizada por sub-bosque relativamente aberto que se desenvolve sobre solos arenosos extremamente pobres (oligotróficos), na maioria dos casos hidromórficos (Silveira, 2003; Anderson, 1978).

A família Burseraceae é constituída por 19 gêneros e 615 espécies (Christenhusz & Byng, 2016). As espécies dessa família apresentam enormes possibilidades econômicas, com destaque para óleo resinas produzidas pela espécie do gênero *Protium*. Na medicina popular, são utilizadas para diversas enfermidades, como tônico e estimulante, para o tratamento de ulcerações e inflamações (Siani et al. 1998).

A espécie *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand ocorre em quase todos os domínios fitogeográficos, incluindo Amazônia, Cerrado, Pantanal, Caatinga e Mata Atlântica (Lista de espécies da Flora do Brasil, 2020 em construção), e é a mais estudada. Existem diversos relatos na literatura sobre estudos fitoquímicos e farmacológicos desta espécie (Rodrigues, 2010). É uma madeira de fácil trabalhabilidade, utilizada também para produção de carvão, compensados, caixotaria, na construção civil, tem potencial para ser utilizada em acabamentos, e divisórias (Remade, 2019).

Os estudos sobre o xilema secundário das plantas lenhosas proporcionam compreender como as variações ambientais e genéticas modificam as células presentes no lenho, as quais variam em tamanho, quantidade, forma e distribuição, buscando otimizar a eficiência, segurança e condução (Teixeira, 1978). Os trabalhos voltados para estudos anatômicos e a influência do clima estão se tornando de maior interesse entre os pesquisadores, dentre estes podemos citar (Baas & Carlquist 1985, Carlquist 1988; Lindorf 1994, Dickison 2000, Alves & Angyalossy-Alfonso 2000, 2002, Luchi 2004, 2005, Barros et al. 2006, Sonsin et al. 2014, Leme 2016). Já os estudos relativos a tendências latitudinais e altitudinais são escassos (Noshiro & Baas, 2000; Aguilar-Rodríguez et al. 2005). Essas tendências demonstram que são as características quantitativas como frequência, diâmetro e comprimento dos elementos de vaso no lenho que apresentam maior variação de acordo com a altitude e latitude (Van den Oever et al. 1981; Noshiro & Bass, 2000).

2.OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

- Comparar anatomicamente a espécie *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand coletada em um gradiente longitudinal.

2.2. Objetivo Específico

- Analisar as diferenças estatísticas dentro e entre os biomas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Família Burseraceae Kunth

A família Burseraceae foi descrita pela primeira vez por Carl Sgismund Kunth em 1824, pertencendo inicialmente a ordem Rutales e foi incluída na ordem Sapindales por Cronquist (1981), junto com as famílias Anacardiaceae e Julianiaceae (Rodrigues, 2017). A família Burseraceae está distribuída em todas as regiões tropicais e subtropicais do planeta, apresentando grande riqueza de espécies na América do Sul (Daly, 1987), é constituída por 19 gêneros e 615 espécies (Christenhusz & Byng, 2016) (Fig. 1).

É formada por membros de porte arbóreo e menos comum arbustivos, com caules revestidos por casca lisa; possuem folhas alternas, compostas, geralmente imparipinadas, sem estípulas, nectaríferas, polinizadas por insetos, os frutos são dispersos por aves e formigas (Judd et al. 2009; Oliveira 2014). Sua madeira é utilizada em construções, embarcações, chapas, instrumentos musicais, caixas, engradados, móveis, artigos domésticos e torneados (Silva 2012).

As espécies dessa família apresentam canais secretores, associados ao floema (Metcalf & Chalk 1950 apud, Palermo, 2018) e são conhecidas por produzirem uma resina aromática de importância econômica para a produção de cosméticos, pois são fonte de linalol, o monoterpene que é utilizado para compor perfumes. Sua casca e folhas são ainda utilizadas na indústria farmacêutica, para a produção de anti-inflamatório, antitumoral e adstringente (Souza et al. 2016; Queiroz et al. 2006).

A importância ecológica está associada ao mecanismo de defesa contra o ataque de herbívoros (Bowers et al. 2001) e ainda importância histórica, onde era utilizado o óleo de mirra (*Commiphora myrrha* (T. Nees) Engl.) para o embalsamento dos mortos na época do Egito faraônico (3000 a.C) (Langenheim 2003).

No Brasil o gênero *Protium* tem a maior distribuição geográfica, apresentando cerca de 68 espécies (Santos 2015) e também é o mais aceito no mercado internacional, pois é utilizado como fixadores para tintas artísticas, propriedade essa, que deriva da riqueza de triterpenos (Freitas 2010).

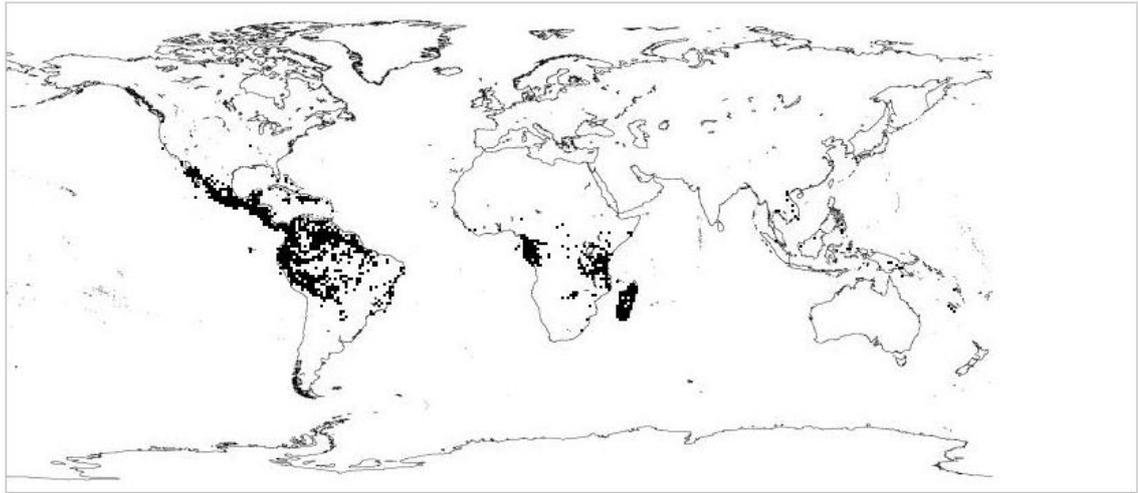


Figura 1: Distribuição geográfica da família Burseraceae. Fonte: www.tropicos.org.

3.2 A espécie *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand

O gênero *Protium* é o maior representante da família, com mais de 80% das espécies (Siqueira 1991), com destaque para a espécie *Protium heptaphyllum*, a qual apresenta inconsistência morfológica, resultando em subespécies (Pirani 1987; Santos et al. 2015). Apresenta diversos nomes populares, podemos citar, amescla, almecega e o mais comum breu branco (Paula & Alves 1997).

É originária das Antilhas e ocorre na América do Sul (Argentina, Venezuela, Suriname, Paraguai, Colômbia, Guiana Francesa) e no Panamá (Ferrão 2001, Vieira-Júnior 2005; Citó et al. 2006). No Brasil ocorre na região amazônica e nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Rio grande do Norte, Sergipe, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Flora Brasil 2019; Bandeira et al. 2002; Citó et al. 2006).

Ocorre em florestas pluviais e estacionais, savanas, restingas, florestas ripárias, matas de terra firme, áreas com solo inundável, secos ou úmidos, argilosos ou arenosos (Santos et al. 2015). Produz uma resina que é utilizada como incenso em cerimônias religiosas (Funch et al. 2004) e também muito utilizada na indústria farmacêutica (Bandeira et al. 2006; Rao et al. 2007; Amaral et al. 2008; Marques et al. 2010; Forte 2012).

Estudos recentes demonstram a elevada concentração de compostos químicos voláteis e terpenóides (Gottlieb et al. 1981, Siani et al. 1998, Siqueira et al. 1995, Maia et al. 2000; Sussunaga et al. 2001). Estudos farmacológicos demonstram ainda a ação

antitumoral, gastroprotetora, antimicótica, antioxidante, anti-obesidade, fotoquimiotetora e anti-hiperglicêmica (Araújo et al. 2011; Araújo 2012; Mobin et al. 2016). E, aparentemente, a resina utilizada comercialmente, é produzida pela indução de ferimentos provocados por insetos, como abelhas que a utiliza para construção da colmeia, ou humanos em diferentes utilizações, como por exemplo, incenso (Langenheim 2003).



Figura 2: Distribuição geográfica da espécie *Protium heptaphyllum*. Fonte: Flora Brasil.

3.3. Mata Ripária

Por definição, as Matas Ripárias são caracterizadas por margearem os cursos de água (Ribeiro & Walter, 2008). São divididas em duas categorias, Mata Ciliar e Mata de Galeria. (ICMBio, 2019). Segundo Silva Junior et al. (2014), as Matas Ciliares são comunidades ribeirinhas, decíduas ou semidecíduas, com 50 a 90% de cobertura, associadas aos maiores cursos d'água e sua largura é raramente maior que 100 metros. Já a Mata de galeria, segundo o mesmo autor, compreende a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central. Com 70 a 90% de cobertura, forma corredores fechados sobre os cursos de águas, conhecidos como galerias e está presente em 5% do território nacional. Esse tipo florestal é responsável por manter a biodiversidade animal e vegetal, além da manutenção do solo e

qualidade da água (Fonseca & Redford 1986), entretanto vem sendo fortemente ameaçada pelo agronegócio (Santos et al. 2001).

3.4. Amazônia

O bioma Amazônia é o maior bioma brasileiro e ocupa aproximadamente uma área de 4,2 milhões de km² como mostra a Figura 3 (IBGE 2004). Esse Bioma não só sustenta 60% do restante das florestas tropicais do mundo, como também armazena bilhões de toneladas de carbono (Laurance 2002). Segundo Ferreira et al. (2015), a perda de habitats é apontada como uma das maiores causas da perda de sua biodiversidade. Segundo o mesmo autor, dois tipos de vegetação são particularmente ameaçados: as campinas e campinaranas amazônicas, pois, suas áreas vêm sendo destruídas para extração de areia, provavelmente para atender a demanda de mercado da construção civil.

O termo Campinarana é geralmente aplicado a um tipo de vegetação ou fisionomias florestais, caracterizadas pelo sub-bosque relativamente aberto que se desenvolve sobre solos arenosos extremamente pobres (oligotróficos), na maioria dos casos hidromórficos, e ricos em ácido húmico e ocupam aproximadamente, 7% da Amazônia Legal Brasileira (Silveira 2003; Anderson 1978). Suas fitofisionomias são fortemente influenciadas pelos ciclos sazonais e pelas variações nos níveis do lençol freático, em gradações fitofisionômicas associadas a diferentes níveis de hidromorfismo (Mendonça et al. 2015). Esses ecossistemas possuem um alto grau de endemismos e baixa riqueza de espécies, que as diferenciam de outras formações florestais amazônicas (Demarchi et al. 2018).



Figura 3: Mapa da distribuição geográfica da Amazônia. Fonte: www.wwf.org.br

3.5. Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando uma área de 2.036.448 km², aproximadamente 22% do território nacional e abrange os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito federal e ainda os enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas. Abrigam as três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/ Tocantins, São Francisco e Prata) (Fig. 4). o que contribui para sua elevada biodiversidade (MMA 2019).

É considerado uma das Savanas mais ricas em biodiversidade do mundo (Silva & Bates 2002) e apresenta altos índices de espécies endêmicas (Machado et al. 2004). Sua flora apresenta 12.356 espécies vasculares (Mendonça et. 2008), 251 espécies de mamíferos, 856 aves, 800 espécies de peixes, 262 répteis e 204 anfíbios (Mittermeier 2004, Paglia 2012, Sawyer et al. 2017). Porém, nas últimas décadas esse bioma vem sendo fortemente desmatado em virtude dos avanços agropecuários (Pena 2016), o que lhe deu o título nada desejável de Hotspot, áreas que apresentam altos índices de espécies endêmicas além de perda excepcional de habitat (Myers et al. 2000).

O Cerrado é formado por um mosaico vegetacional de grande heterogeneidade, podendo ser dividido em 3 grandes formações: florestas, savanas e campos (Silva Junior et al. 2014). Ribeiro & Walter (2008), sugerem 11 fitofisionomias para o Cerrado: florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão); formações savânicas (Cerrado *stricto sensu*, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e formações campestres (Campos Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo). Para Henriques (2005), a ocorrência desses tipos vegetacionais está relacionado diretamente com o histórico da região e as relações edafoclimáticas e a influência do fogo é também uma importante característica

Além da importância ecológica, o Cerrado é relevante na economia local, sendo fonte de renda para diversos agricultores familiares. Dentre as espécies mais conhecidas, podemos citar o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), ingrediente de receitas tradicionais de doces, cremes, licores e sorvetes, além de usos fitoterápicos; Baru (*Dipteryx alata* Vogel) com polpa e sementes comestíveis, além do endocarpo, que pode ser transformado em carvão para uso industrial; e Capim dourado (*Syngonanthus nitens* Ruhland) que é onipresente em quase todo o Cerrado e é um dos principais produtos utilizados no artesanato regional (Carvalho 2007).

O clima típico do cerrado é estacional, com um período chuvoso (outubro-março) e outro seco (abril-setembro); a precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22 e 27 °C. (Klink & Machado 2005). 46% dos solos presentes são do tipo Latossolos, os quais apresentam uma coloração vermelha-amarela, são profundos, bem drenados, ácidos com altos teores de alumínio e pobre em nutrientes, tem-se ainda os tipos: Pedregosos e rasos (Neossolos Litólico); Arenosos (Neossolos Quartzarênicos), e orgânicos (Organossolos) (Portal Embrapa Solos 2019).

Argissolos, ambos Amarelos e Vermelho–Amarelos, normalmente com baixa fertilidade natural (Araújo Filho, 2018).

Com a chegada dos portugueses ao Brasil, as faixas de mata do litoral foram fortemente desmatadas, e teve seu agravamento com o ciclo do pau-brasil, o qual era responsável por suprir a demanda europeia por corantes e tintas (Siqueira, 1982). Este ciclo de devastação contínua durou 375 anos (Reis, 1982). Desde o período colonial, as grandes atividades econômicas do Brasil, assim como sua população se concentram nas faixas litorâneas, o que resultou em um desmatamento desordenado da Mata Atlântica (Silva, 1999). Atualmente, por sua ampla distribuição no território nacional, esse bioma abriga também cerca de 72% da população do Brasil e três dos maiores centros urbanos do continente sul americano.

Por sua importância biológica, é uma das florestas mais ricas em diversidade no mundo, abrigando mais de 15 mil espécies de plantas e mais de 2 mil espécies de vertebrados; das 633 espécies ameaçadas de extinção no Brasil, 383 ocorrem na Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2019) e por isso, em 2005 a “Conservation International”, incluiu a Mata Atlântica, assim como o Cerrado, na lista de hotspot mundiais, locais que merecem atenção especial para sua conservação (Mittermeier et al. 1999). A necessidade de preservar foi além, e na década de 80, cientistas, empresários, jornalistas e defensores da questão ambiental lançaram as bases para a criação da primeira ONG destinada a defender os últimos remanescentes da Mata Atlântica, a Fundação SOS Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2019)

A principal característica desse bioma é a umidade e temperatura elevadas. Pode-se distinguir um período chuvoso de outubro a abril e um período mais seco de maio a setembro, ficando a temperatura média ao redor dos 25°C e a pluviosidade variando de 2400 a 4000 mm (Leitão Filho, 1993; Goerck, 1999).

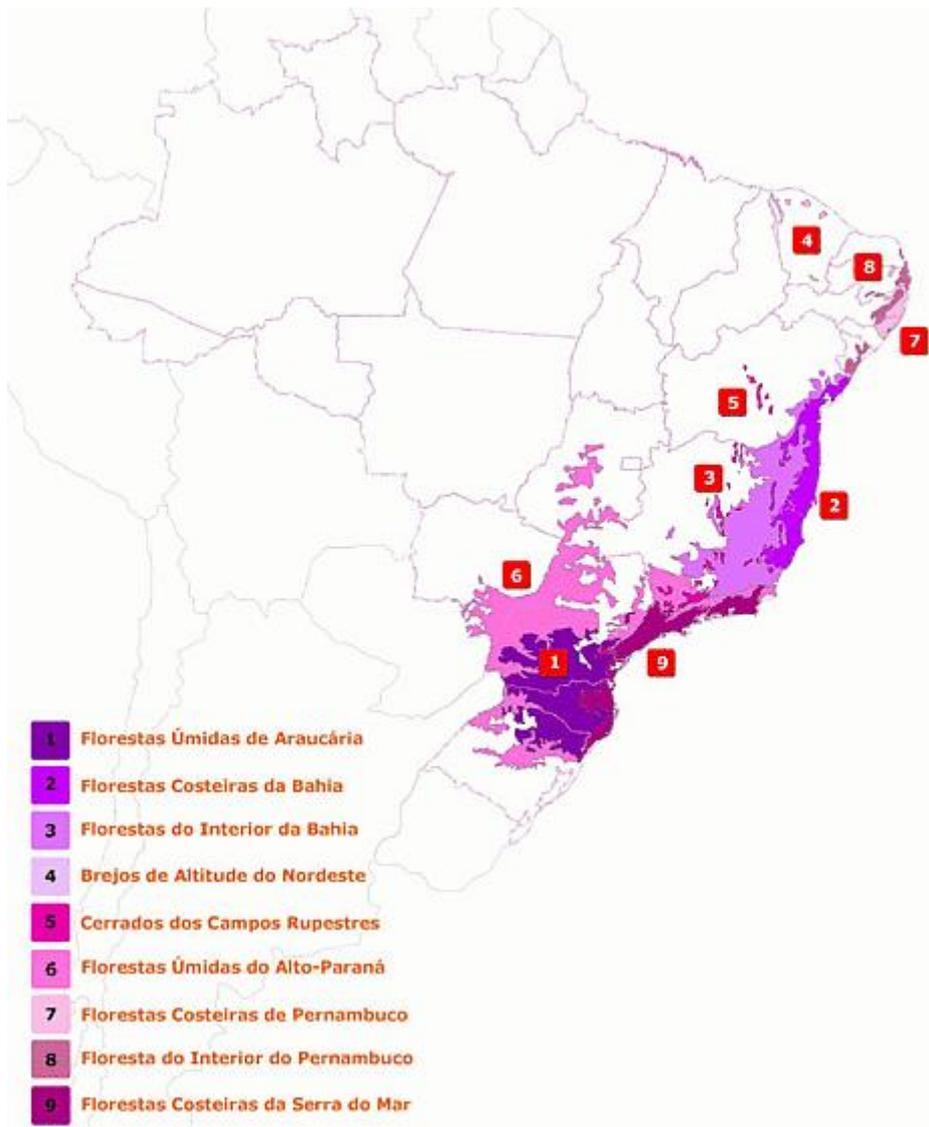


Figura 5: Mapa de distribuição geográfica do bioma Mata Atlântica. Fonte: www.wwf.org.br

3.7. Estudos anatômicos da madeira e anatomia ecológica

Com a crescente demanda por produtos florestais, a identificação correta de madeiras se faz de extrema importância, sendo a descrição anatômica o meio mais confiável e seguro para identificá-las, fornecendo aos vendedores e compradores a garantia necessária (Araújo et al. 1980; Zenid & Ceccantini, 2009). Apesar de tal importância, existem limitações em identificação a nível de espécie, para tal, se faz necessário associá-la a identificação botânica. A identificação correta auxilia no controle do manejo florestal, diminui prejuízos econômicos e auxilia a manutenção da biodiversidade (Kanashiro, 2002).

A anatomia da madeira é um ramo da ciência que busca compreender a estrutura e função dos diversos elementos que constituem o lenho (Burger e Richter, 1991). O xilema secundário é composto pelos tipos celulares: vasos, fibras e células do parênquima axial e radial, os quais se originam no câmbio vascular (Plomion et al. 2001).

Os estudos de anatomia ecológica demonstram que as variáveis edafoclimáticas, tais como fertilidade do solo, acidez, disponibilidade de água e outros podem influenciar de forma significativa as características do lenho, o que explica a grande diversidade na estrutura do xilema secundário (Marcati et al. 2001; Machado et al. 2007; Melo Jr. et al. 2012; Sonsin et al. 2012; Melo Jr. et al. 2016). Além disso, os fatores genéticos influenciam na formação das células (Baas, 1973; Alves e Angyalossy-Alfonso, 2000, 2002; Lens et al. 2004).

A variação na estrutura anatômica prevê melhorar a distribuição do fluxo de água para minimizar a cavitação das raízes à copa (Hacke e Sperry, 2001). Atualmente os estudos anatômicos são voltados para explicar como o xilema é estruturado para suprir a necessidade de água na planta desde as raízes até as folhas (Anfodillo et al. 2013). Os trabalhos que comparam ambientes distintos mostram as variações quantitativas nas dimensões e frequência das células (Longui et al. 2009).

Em regiões secas, algumas espécies apresentam vasos numerosos, elementos de vasos mais curtos e pontoações com aberturas menores, sendo essa, uma estratégia do sistema condutor ao aperfeiçoamento do transporte de água (Alves & Angyalossy-Alfonso, 2000; Melo Jr. & Boeger, 2017). Vasos de diâmetros maiores tendem a ser mais eficientes na condução hídrica, entretanto são mais vulneráveis, ou seja, menos resistentes; já vasos com menores diâmetros proporcionam uma maior segurança, em função da tensão que ocorre dentro dos vasos (Zimmermann 1983; Baas et al. 1983). A segurança na condução é um valor adaptativo em ambientes xéricos e a eficiência na condução, como adaptação às regiões méxicas (Zimmermann, 1983; Carlquist, 1988).

Quanto a variação qualitativa, segundo Carlquist & Hoekman, (1985), a tendência é que os vasos se agrupem quando em ambientes mais secos e permaneçam solitários em ambientes com maior teor de umidade. As placas de perfuração também apresentam uma tendência ecológica, onde as placas simples são geralmente encontradas em regiões tropicais e ambientes áridos, locais em que a taxa de transpiração é maior (Wheeler & Baas, 1991).

Com relação aos raios, espécies tropicais tendem a possuir raios altos, e as de regiões temperadas apresentam raios de menor altura (Baas, 1973). As fibras por sua vez

apresentam paredes mais finas em ambientes de maior umidade, já em ambiente mais secos elas tendem a ser mais espessas (Alves & Angyalossy-Alfonso, 2002; Luchi, 2004; Luchi et al. 2005).

A correlação entre o gradiente longitudinal e latitudinal é um fator importante, já que este, pode representar determinadas combinações dos caracteres anatômicos, contendo informações ecológicas fundamentais para a fomentação de estratégias de manejo adequadas (Grytnes; Vetaas, 2002). Segundo Noshiro & Bass, (2000), é necessário ainda considerar as condições climáticas ao longo dos gradientes latitudinais e longitudinais, além de alterações ontogenéticas. Estudos recentes têm sido feitos para uma melhor compreensão das variações associadas aos gradientes, podemos citar os trabalhos de Ferreira et al. (2015); Urbanetz et al. (2012); Grytnes et al. (2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Coleta

Foram coletados os ramos, com diâmetro de 2 cm de 3 indivíduos da espécie *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand para cada local de coleta. Os locais de coleta foram determinados a partir de dados espaciais já compilados e georeferenciados pelo SpeciesLink, rede organizada pelo CRIA (Centro de Referência e Informação Ambiental), que armazena e organiza as informações das coletas depositadas nos principais herbários da flora Sul Americana (Damasco, GV. Comunicação pessoal, 2015). A Tabela 1 e a Figura 6 indicam as coordenadas dos locais de coleta. O clima é tropical, classificado como AF de acordo com Koppen e Geiger.

Localização	Latitude	Longitude	Elevação	TMA (°C)	PM (mm)
Cerrado- Mata de Galeria					
Córrego Lageado (TO)	-10,413	-48,3103	230,6	22,7	1303
	-10,414	-48,311	225,794		
	-10,414	-48,311	226,274		
Estação Ecológica de Águas Emendadas (GO)	-15,578	-47,6599	996,5249	21,7	1433
	-15,578	-47,6601	989,0747		
	-15,578	-47,6602	990,2763		
Estrada do PARNA- Chapada Guimarães (MT)	-15,337	-55,8979	257,7573	26,1	1337
	-15,337	-55,8979	257,7573		
	-15,337	-55,8979	256,0749		
Cerrado- Mata Ciliar					
Rio Preto (PI)	-11,054	-45,201	498,789	27,2	1069
	-11,054	-45,2009	498,7895		

	-11,053	-45,2008	498,7895		
Cerrado- Floresta Estacional Semidescidual					
	-9,21778	-43,49355	526,9244		
Serras de Arenito (PI)	-9,21778	-43,49354	526,9244	27,2	1069
	-9,21762	-43,49353	527,8856		
Cerrado-Floresta Estacional					
	-10,2078	-48,27234	289,481		
Serra do Lajeado (TO)	-10,2073	-48,27259	295,489	26,7	1760
	-10,2071	-48,27241	295,489		
Mata Atlântica- Mata de Galeria					
	-22,2352	-41,59366	4,692139		
PARNA_ Juurubatiba (RJ)	-22,2356	-41,59356	3,971191	23,2	1278
	-22,2357	-41,59367	4,451782		
Mata Atlântica- Floresta Ombrófila					
	-12,5658	-38,02795	31,36		
Salvador (BA), Mata de São João	-12,5658	-38,02795	31,36	24,8	1733
	-12,5657	-38,02816	35,45		
	-2,6031	-44,2749	9,979		
São Luís (MA), PESBa	-2,6031	-44,2748	10,45	27	1896
	-2,6031	-44,2748	10,45		
Mata Atlântica- Mata de Galeria					
	-12,929	-38,3541	31,1281		
Área do Aeroporto Salvador (BA)	-12,929	-38,354	27,2828	20,6	1781
	-12,929	-38,354	25,1199		
Amazônia- Campinarana úmida					
	-2,67787	-60,29753	44,82		
Manaus (AM), Rio Cueras	-2,67786	-60,29746	49,39	27,4	2145
	-2,67784	-60,29747	50,83		
Amazônia- Campinarana Florestada seca					
	-2,58671	-60,33066	37,13		
Manaus (AM), Rio Cueras	-2,58684	-60,33067	43,38	27,4	2145
	-2,58701	-60,33132	50,11		
	-2,19055	-56,68623	28,72		
Faro (PA), Nhamundá	-2,1906	-56,68617	25,84	27,6	2324
	-1,98752	-56,79868	22,95		

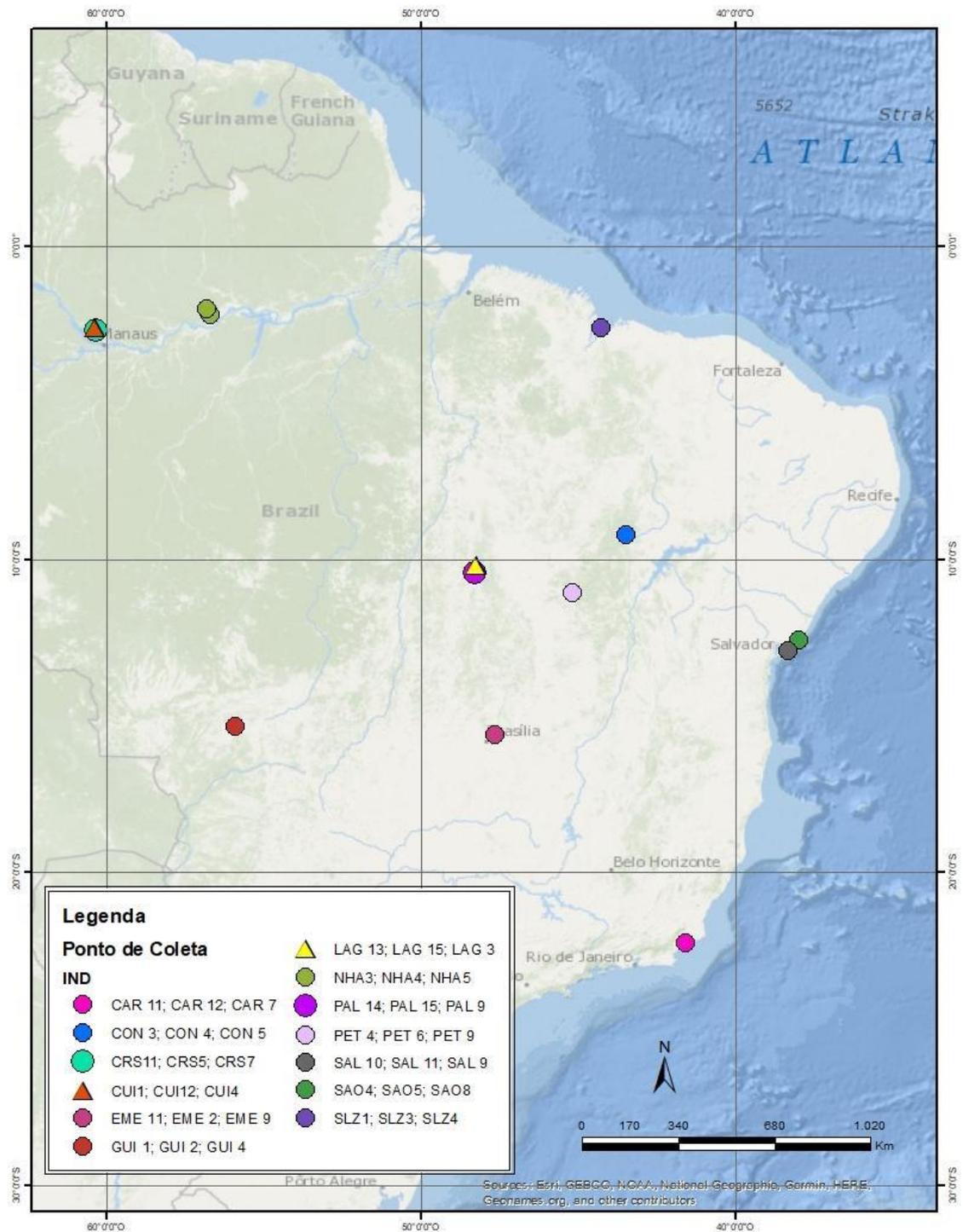


Figura 6: Mapa do Brasil com os locais de coleta da espécie *Protium heptaphyllum*.

4.2. Análises Anatômicas

Das amostras do lenho foram obtidas seções de aproximadamente 15 a 20 μm de espessura das seções transversais e longitudinais - radiais e tangenciais, com o auxílio do micrótomo de deslize Jung para madeira, regulado com espessura nominal de 15 μm e

os cortes foram duplamente coradas com safranina aquosa 1% e azul de alcian aquoso 1% (1:9) (Kraus & Arduim, 1997). As lâminas histológicas foram montadas permanentemente com verniz vitral. A dissociação das células seguiu o método de Franklin (1945, modificado por Kraus & Arduim, 1997) e o corante safranina 50% alcoólico (Sass, 1958) foi utilizado para a coloração dessas células. As lâminas semi-permanentes foram montadas em glicerina, utilizando pequena quantidade do material dissociado.

4.3. Microscopia de luz

A documentação fotográfica microscópica foi realizada utilizando o microscópio de luz da marca Zeiss e as imagens registradas com fotomicroscópio da marca Leica associado ao microcomputador com sistema de captura de imagens LAS EZ nos aumentos 4X, 10X e 40X.

4.4. Análise de Dados

As análises microscópicas qualitativas e quantitativas seguiram as instruções do IAWA Committee (1989), utilizando o microscópio de luz da marca Zeiss e as imagens foram registradas com fotomicroscópio marca Leica associado ao microcomputador com sistema de captura de imagens LAS EZ. Foram realizadas 30 medições das características quantitativas.

Foram calculados os de índices de vulnerabilidade ($V = \text{diâmetro dos elementos de vaso/frequência de vasos}$) e de mesomorfia ($M = V \times \text{comprimento dos elementos de vaso}$) (Carlquist, 1977).

Para a análise estatística, foram calculados: média, desvio-padrão e o coeficiente de variação (CV) para verificar a variabilidade das características anatômicas. Um teste ANOVA foi realizado para responder se as variáveis anatômicas da madeira são significativamente distintas entre as populações estabelecidas os diferentes biomas e tipos de vegetação. A Análise dos Componentes Principais (PCA) foi realizada para verificar se e quais variáveis anatômicas separam ou agrupam as populações.

5. RESULTADOS

5.1. Características qualitativas

As características qualitativas não apresentaram diferença entre os diferentes locais, por isso será realizada uma descrição para todas as espécies, apontando as diferenças entre as mesmas (Figura 7 e 8).

Dados qualitativos (descrição anatômica) (Figura 7):

Camadas de crescimento: mal definida, demarcadas por fibras do lenho tardio de paredes espessas e achatadas radialmente.

Vasos: porosidade difusa; predominantemente solitários (> 80%); placas de perfurações simples; pontoações intervasculares alternas, poligonais; pontoações radiovasculares com aréolas reduzidas a aparentemente simples, horizontais a verticais, de tamanhos distintos em uma mesma célula.

Fibras: com pontoações simples ou com aréolas muito pequenas; septadas; parede fina a espessa; presença de fibras gelatinosas.

Parênquima axial: paratraqueal escasso; de 3 a 4 células de largura.

Parênquima radial: de 1 a 2 células de largura, poucos localmente bisseriado, poucos raios maiores que 1µm e com o unisseriados da mesma largura que o multisseriados; corpo do raio procumbente com 1 fileira marginal de células eretas e/ou quadradas.

Inclusões minerais: presença de cristal prismático em células eretas e procumbentes do parênquima radial.

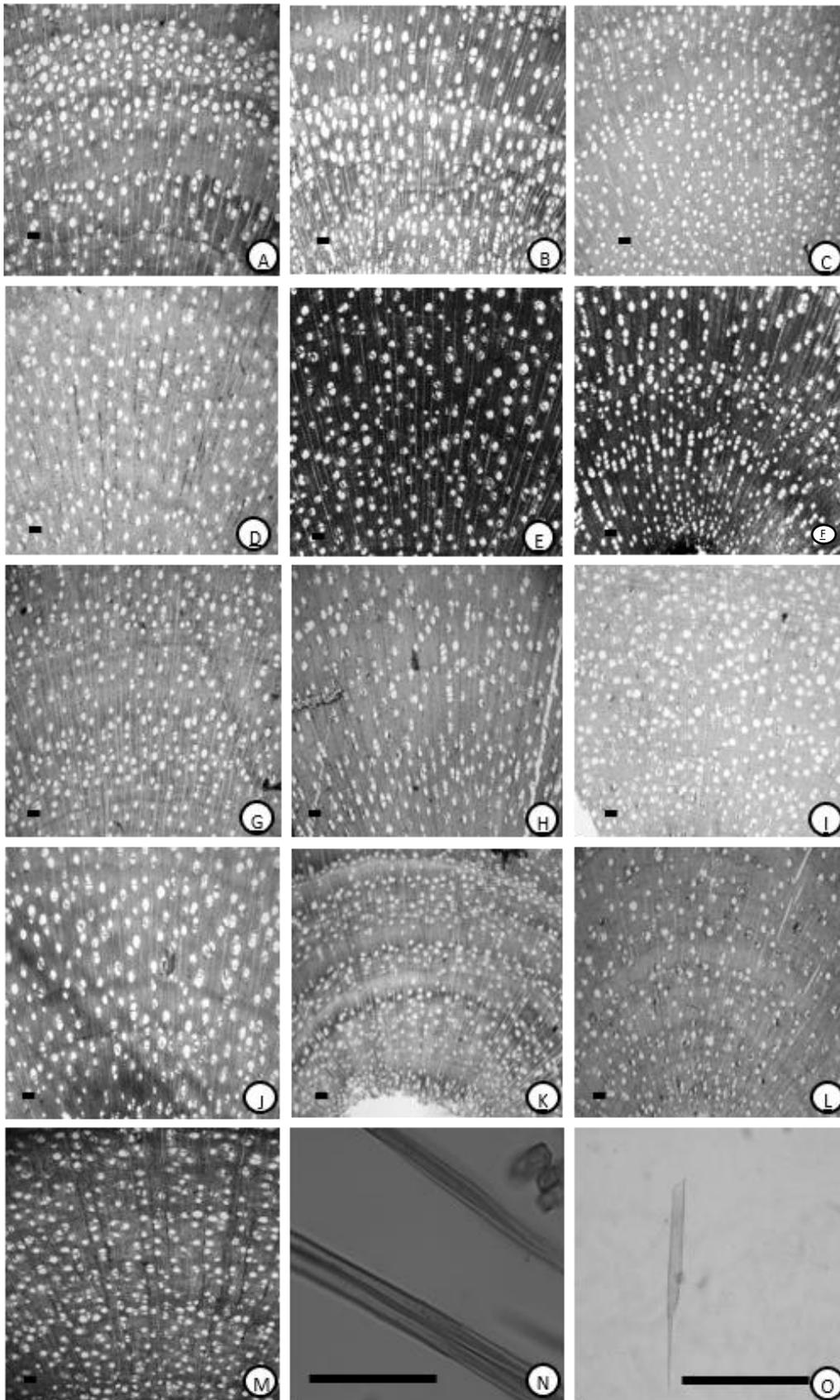


Figura 7: Anatomia de *Protium heptaphyllum*. A-M. Plano Transversal. A-F. Cerrado; G-J. Mata Atlântica; K-M. Amazônia; N. Detalhe da espessura parede da fibra; O. Elemento de vaso com apêndice. Barras: A-M; O = 100 μm ; N = 50 μm .

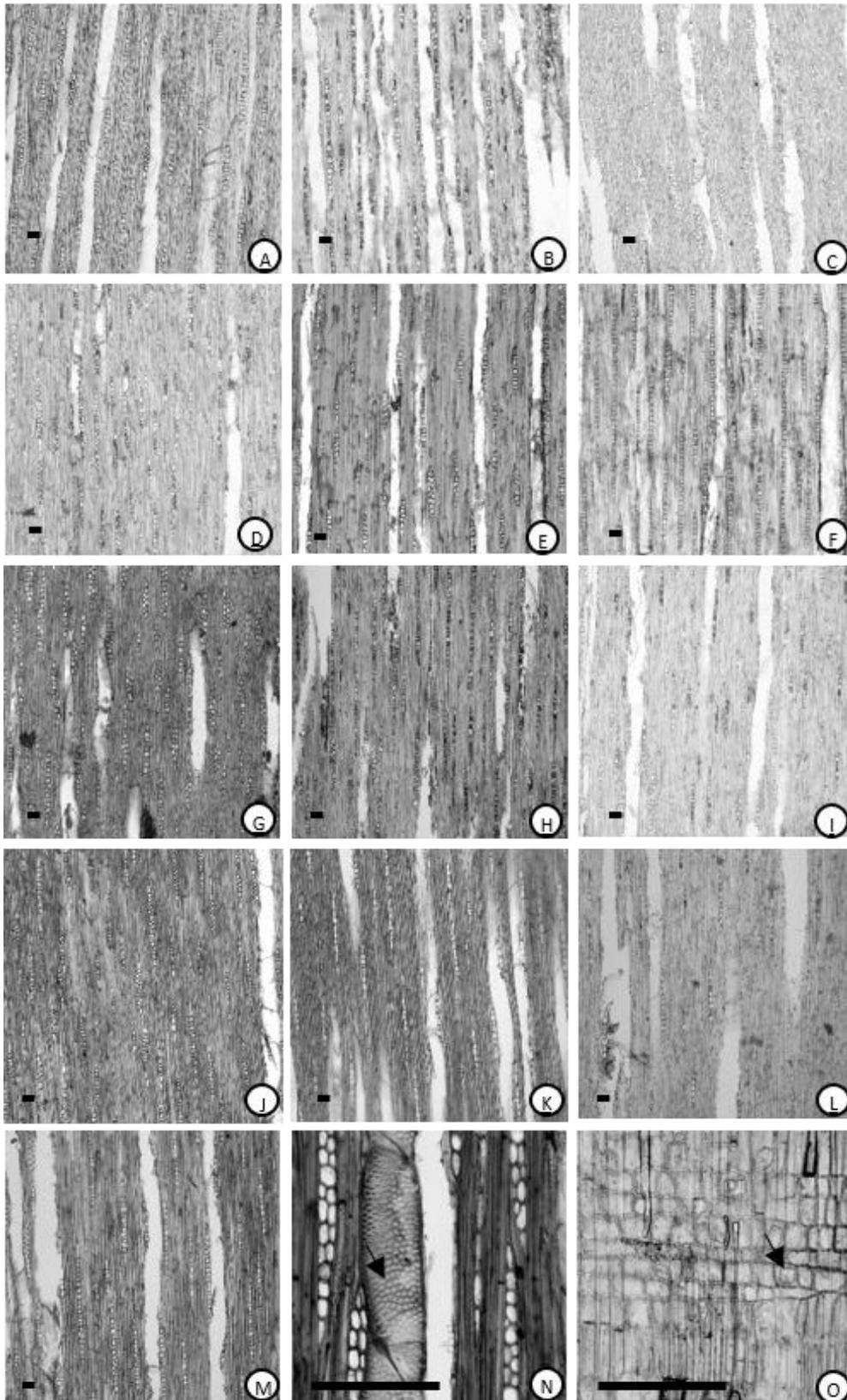


Figura 8: Anatomia de *Protium heptaphyllum*. A-N. Plano tangencial; A-F. Cerrado; G-J. Mata Atlântica; K-M. Amazônia; N. Pontoações intervasculares alternas poligonais; O. Plano Radial com cristais prismáticos (seta) em células do raio. Barras: A-M = 100 μ m; N-O = 50 μ m.

5.2. Características quantitativas

Os dados quantitativos analisados para a espécie *P. heptaphyllum* apresentaram variações dentro o ambiente de coleta e entre os diferentes Biomas. Os resultados são apresentados na Tabela 2 e 3, e figuras 10 a 21.

Quando comparados os Biomas, foi observado maior comprimento de vasos de para o Bioma Amazônico (Fig. 9). Dentro do mesmo Bioma, as amostras que tiveram vasos mais curtos foram: Piauí e Mato Grosso para o Cerrado; Rio de Janeiro para a Mata atlântica; e Campinarana florestada seca de Manaus e Pará.

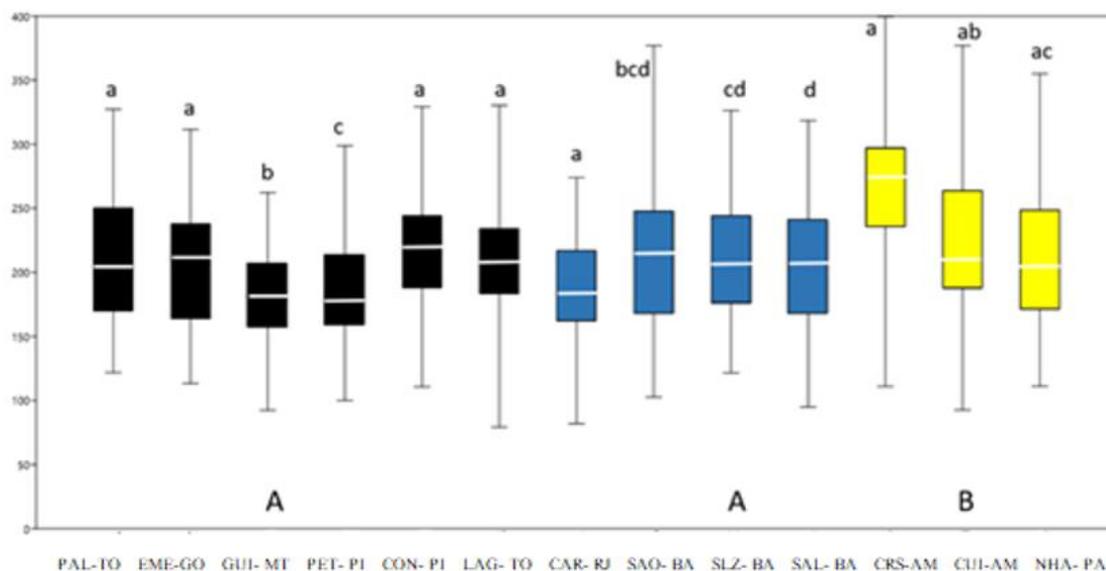


Figura 9: Diferença estatística para o comprimento de vaso. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

O diâmetro dos vasos foi maior para o bioma Amazônico, entretanto foi estatisticamente diferente para os três biomas (Fig. 10). Ao comparar a espécie dentro do mesmo Bioma, foi observado que vasos mais finos ocorreram nas coletas de Piauí e Tocantins para o bioma Cerrado, Mata de galeria- RJ e Floresta ombrófila- Maranhão para a coleta da Mata Atlântica e Campinarana Florestada seca do Pará na Amazônia.

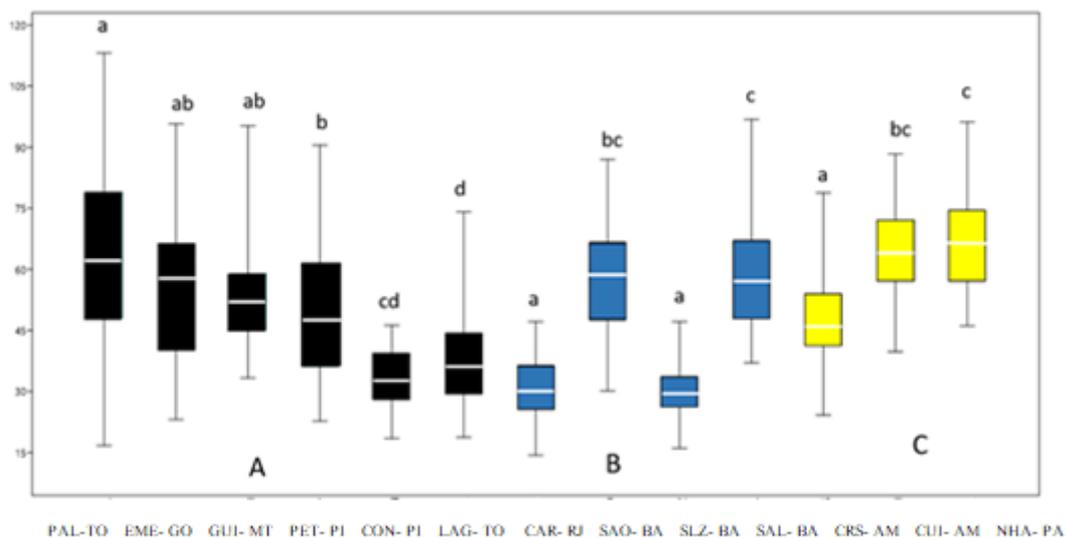


Figura 10: Diferença estatística para os diâmetros de vaso. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

A densidade de vasos foi maior no Bioma Cerrado (Fig. 11). Sendo que foi maior na coleta de Mato Grosso, e menor para a coleta de Campinara Florestada seca do Pará, no Bioma Amazônico. A diferença estatística foi no Bioma Mata Atlântica.

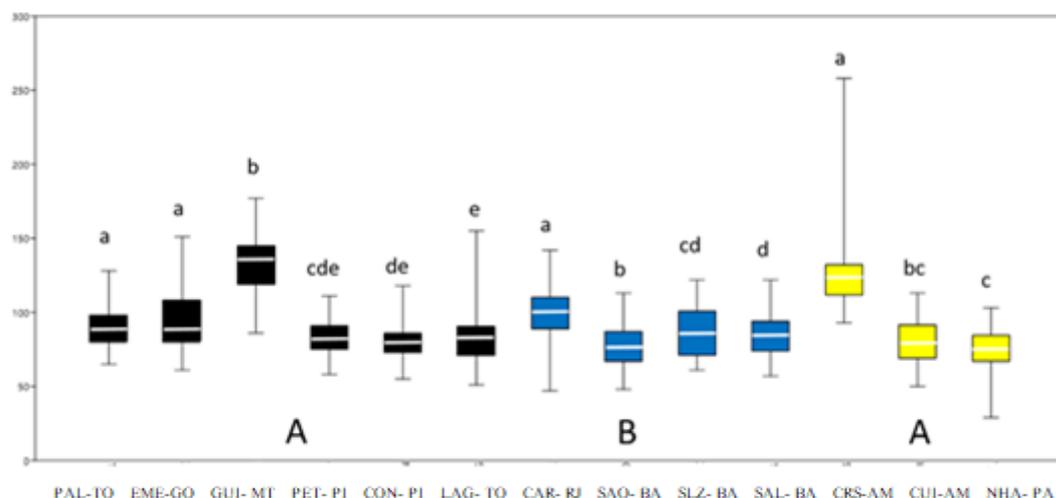


Figura 11: Diferença estatística para densidade de vaso. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

Os vasos solitários tiveram maior ocorrência nas amostras coletadas no Bioma Amazônico (Fig. 12). No bioma Cerrado, a amostra do Mato Grosso e de Tocantins foram diferentes estatisticamente das demais sendo estas de maior e menor ocorrência de vasos

solitários, respectivamente. Para a Mata Atlântica as coletas realizadas na Bahia, na Floresta Ombrófila e Mata de galeria foram diferentes estatisticamente, sendo de menor e maior ocorrência, respectivamente. Entre as coletas da Amazônia todas as amostras foram diferentes estatisticamente, sendo que a campinarana florestada úmida apresentou maior quantidade de vasos solitários.

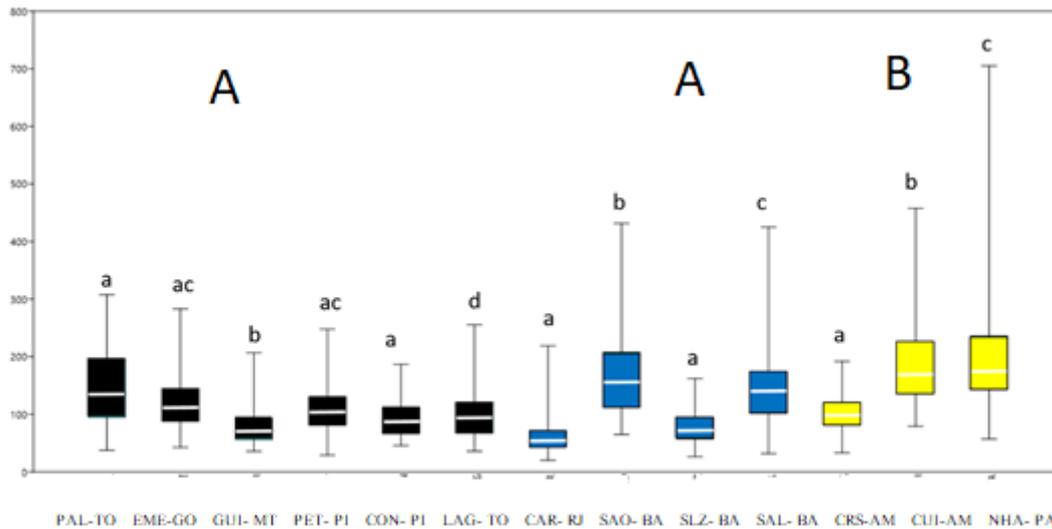


Figura 12: Diferença estatística para os vasos solitários. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

As pontuações intervasculares foram menores para o Bioma Mata Atlântica, já as radiovasculares para o Bioma Cerrado (Fig. 13 e 14). Quando comparadas dentro do mesmo Bioma, as amostras coletadas nos Cerrados de Goiás, Piauí e Tocantins foram menores. As coletas da Mata Atlântica foram maiores em mata de galeria da Bahia. Na Amazônia a coleta Campinarana florestada seca de Manaus foi menor das demais, sendo está estatisticamente diferente. Por sua vez, as pontuações radiovasculares foram menores em Tocantins no Cerrado, Rio de Janeiro e Bahia para as amostras da Mata Atlântica e maiores para Campinarana Florestada seca coletada no Bioma Amazônico.

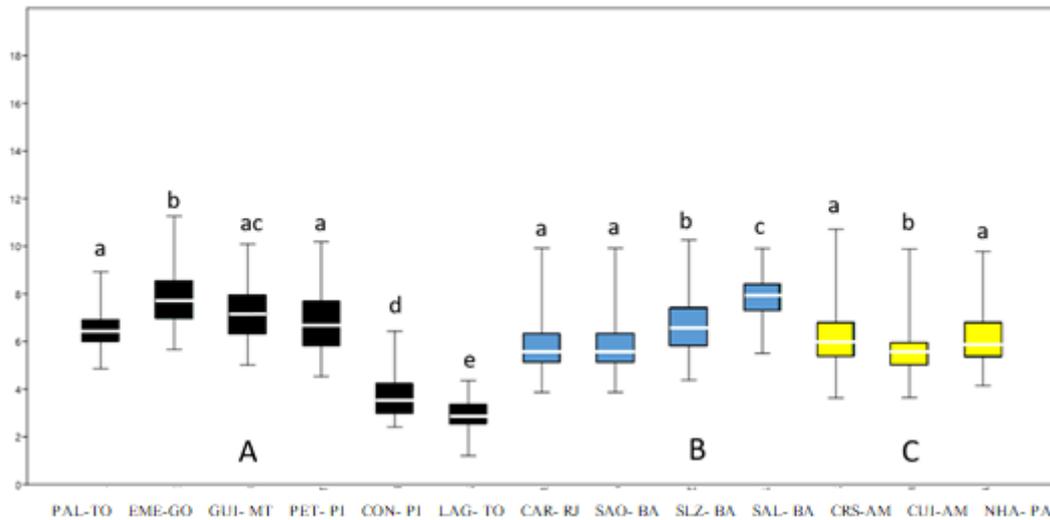


Figura 13: Diferença estatística para pontuações intervasculares. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

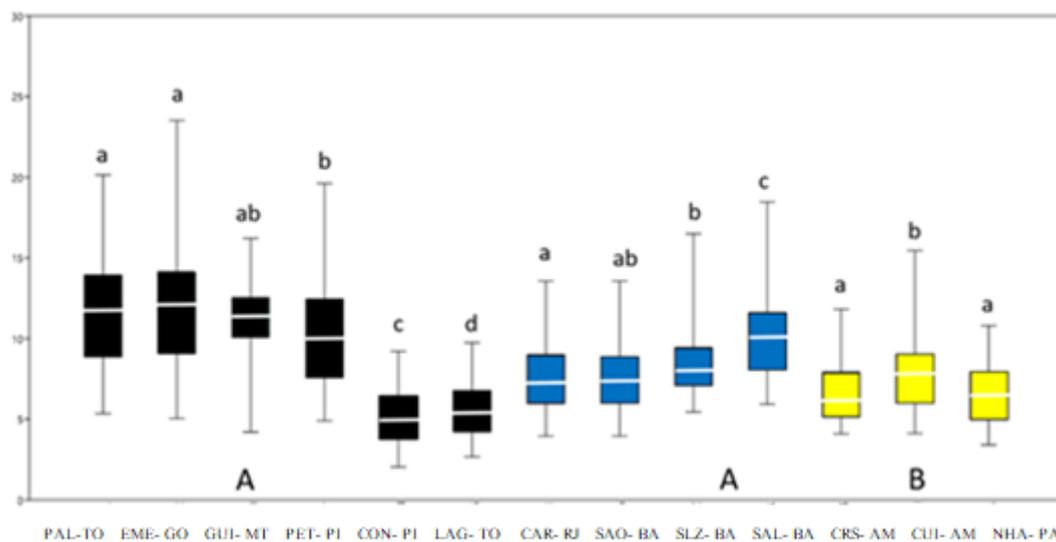


Figura 14: Diferença estatística para pontuações radiovasculares. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

Menores valores foram observados tanto para o comprimento quanto para a espessura as fibras no Bioma Cerrado (Fig. 15, 16). Quando comparado dentro do mesmo Bioma, o comprimento das fibras foi maior na Mata de galeria de Goias, sendo que a menor espessura foi em Mato Grosso no Cerrado, no Bioma da Mata Atlântica, as coletas do Rio de Janeiro tiveram maior comprimento e espessura da parede das fibra, já no Bioma amazônico o maior comprimento de fibras foi observado na Campinarana

Florestada seca de Manaus, sendo que a maior espessura foi na Campinarana Florestada Seca do Pará.

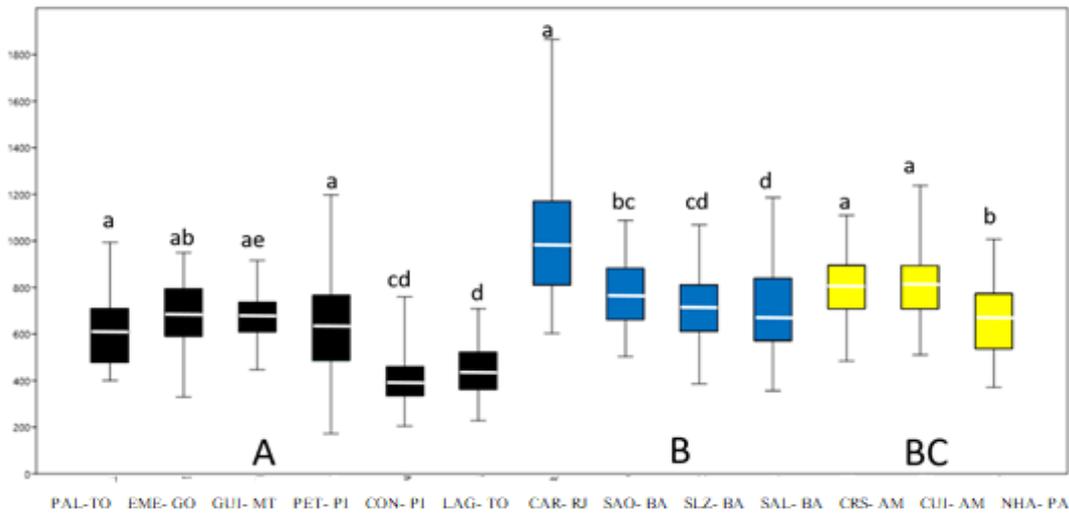


Figura 15: Diferença estatística para o comprimento das fibras. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

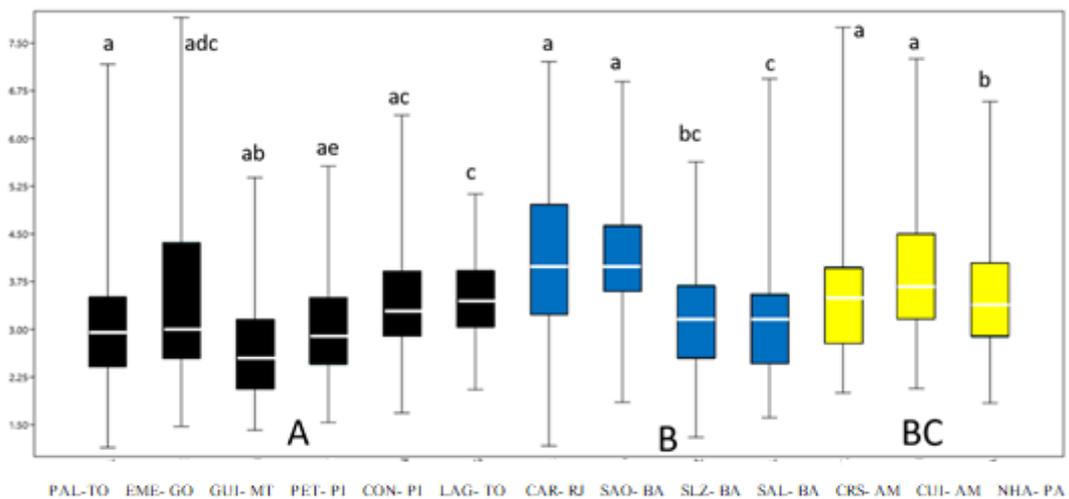


Figura 16: Diferença estatística para espessura da parede da fibra. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

As amostras do Bioma Cerrado apresentaram maior frequência de raios por mm linear (Fig. 17). Sendo que quando comparada as coletas dentro deste Bioma, as amostras de mata ciliar do Piauí (Mata Ciliar) tiveram a maior frequência. Para a Mata Atlântica, foi observada maior frequência na Mata de galeria da Bahia, já as amostras do Bioma Amazônico não tiveram diferença estatística.

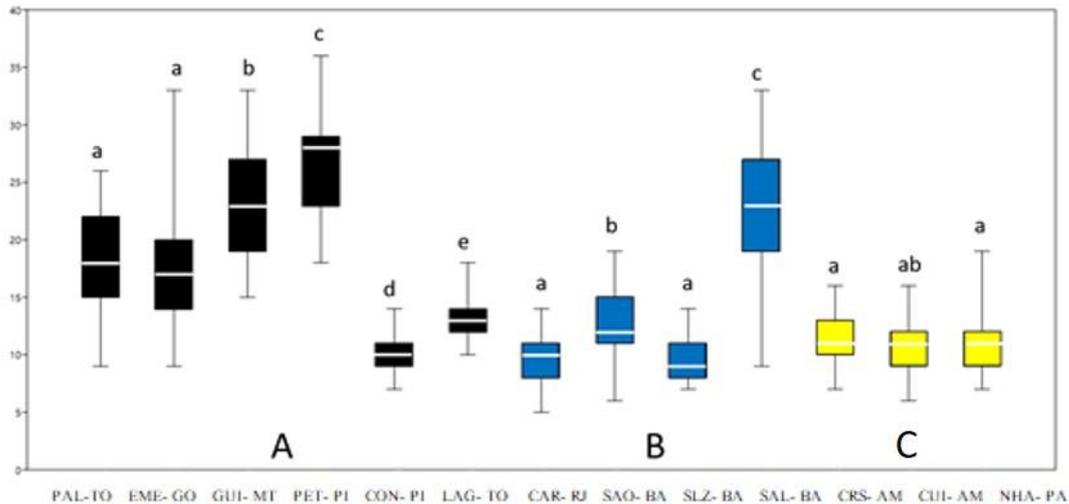


Figura 17: Diferença estatística para a frequência de raio/mm. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

Raios mais altos foram encontrados no Bioma Amazônico, sem diferença estatística entre as áreas coletadas. Já a largura é relativamente semelhante para todos os Biomas, se diferenciando um pouco para a Mata Atlântica com menor largura (Fig. 18 e 19). Para a Mata Atlântica raios mais altos foram observados na Floresta Ombrófila da Bahia, enquanto os mais finos nas amostras do Rio de Janeiro. Para as amostras do Cerrado, a menor largura foi observada na Floresta estacional do Piauí.

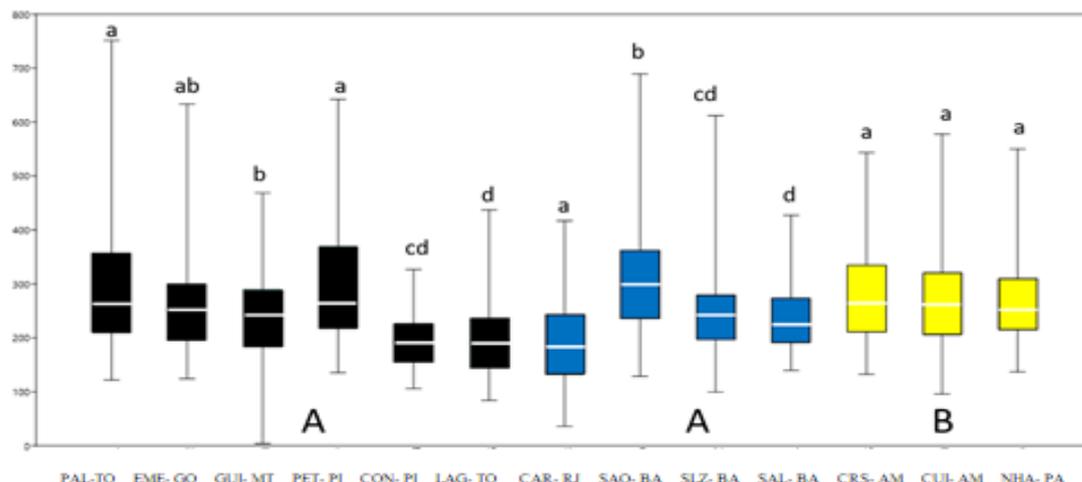


Figura 18: Diferença estatística para a altura dos raios. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

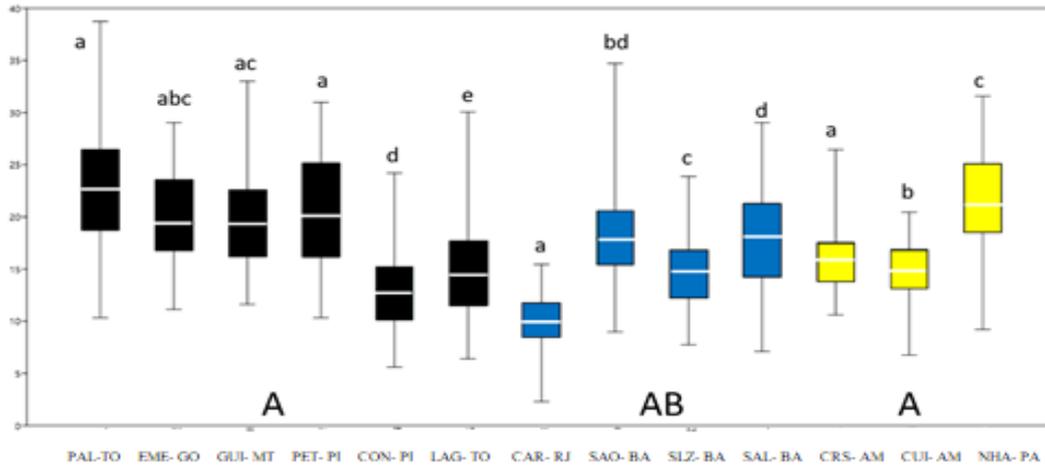


Figura 19: Diferença estatística para a largura dos raios. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

O índice de vulnerabilidade e de Mesomorfia foi maior para a Amazônia (Fig. 20 e 21), sendo que quando comparada as coletas neste Bioma, os maiores valores observados foram para a Campinarana Florestada Seca do Pará. Já os menores valores ocorreram na mata de galeria do Rio de Janeiro e no Mato Grosso, para a Mata Atlântica e Cerrado, respectivamente.

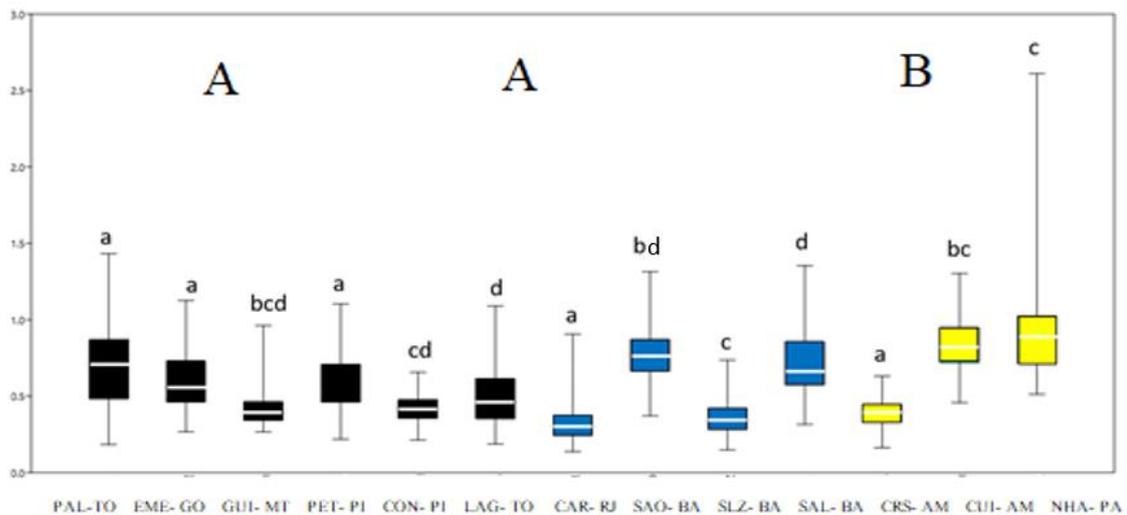


Figura 20: Diferença estatística para o índice de vulnerabilidade. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

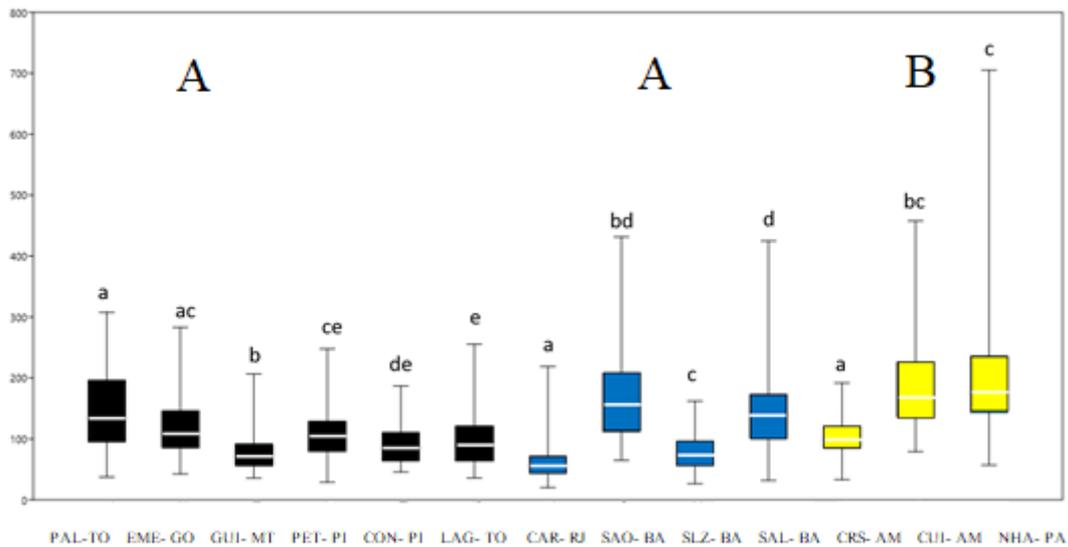


Figura 21: Diferença estatística para o índice de mesomorfia. Preto= Cerrado; Azul= Mata Atlântica; Amarelo= Amazônia. Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas.

Tabela 2. Análise estatística (Anova, Tukey ao nível de 5% de probabilidade) comparando os dados quantitativos entre os locais de coleta e entre os Biomas. CV = coeficiente de variação; Ce = Cerrado; MG = Mata de Galeria; TO =Tocantins; GO= Goiás; MT= Mato Grosso; FE= Floresta estacional; PI= Piauí; MA= Mata Atlântica; FO= Floresta Ombrófila; BA= Bahia; MA= São Luiz; CFU= Campinarana Florestada úmida; CFS= Campinarana Florestada Seca; AM= Manaus; PA= Pará.

Características	Local de coleta	Média	CV	Tukey 5%		
				Dentro do Bioma	Entre os Bioma	
Comprimento do elemento de vaso (μm)	Ce/MG TO	PAL	202	\pm 23,19	a	A
	Ce/MG GO	EME	208	\pm 22,81	a	
	Ce/MG MT	GUI	180	\pm 19,67	b	
	Ce/MC PI	PET	175	\pm 21,59	c	
	Ce/FE PI	CON	220	\pm 20,99	a	
	Ce/ FE TO	LAG	208	\pm 20,85	a	
	MA/MG RJ	CAR	183	\pm 21,54	a	A
	MA/FO BA	SAO	210	\pm 26,5	bcd	
	MA/FO MA	SLZ	207	\pm 21,58	cd	
	MA/MG BA	SAL	207	\pm 23,05	d	
	AM/CFU AM	CRS	274	\pm 19,67	a	B
	AM/CFS AM	CUI	225	\pm 27,39	ab	
	AM/CFS PA	NHA	204	\pm 23,64	ac	

Características	Local de coleta	Média	CV	Tukey 5%			
				Dentro do Bioma	Entre Biomas		
Diâmetro dos vasos (µm)	Ce/MG TO	PAL	62,32	± 35,56	a	A	
	Ce/MG GO	EME	58,16	± 30,23	ab		
	Ce/MG MT	GUI	52,39	± 22,07	ab		
	Ce/MC PI	PET	47,06	± 32,3	b		
	Ce/FE PI	CON	32,44	± 21,13	cd		
	Ce/ FE TO	LAG	36,3	± 29,57	d		
	MA/MG RJ	CAR	29,97	± 25,17	a	B	
	MA/FO BA	SAO	58,47	± 21,5	bc		
	MA/FO MA	SLZ	29,92	± 20,5	a		
	MA/MG BA	SAL	56,76	± 24,87	c		
	AM/CFU AM	CRS	46,09	± 20,15	a	C	
	AM/CFS AM	CUI	64,25	± 14,89	bc		
	AM/CFS PA	NHA	66,57	± 17,31	c		
	Densidade de vasos / mm ²	Ce/MG TO	PAL	89	± 14,21	a	A
		Ce/MG GO	EME	88,5	± 20,7	a	
		Ce/MG MT	GUI	136	± 14,85	b	
		Ce/MC PI	PET	82	± 14,94	cde	
		Ce/FE PI	CON	80	± 12,76	de	
Ce/ FE TO		LAG	81,5	± 19,24	e		
MA/MG RJ		CAR	99	± 18,66	a	B	
MA/FO BA		SAO	75,5	± 18,12	b		
MA/FO MA		SLZ	86	± 18,79	cd		
MA/MG BA		SAL	83,5	± 15,83	d		
AM/CFU AM		CRS	123	± 16,26	a	A	
AM/CFS AM		CUI	80	± 17,15	bc		
AM/CFS PA		NHA	76	± 16,73	c		
Vasos Solitários / mm ²		Ce/MG TO	PAL	69	± 15,08	a	A
		Ce/MG GO	EME	64	± 17,38	ac	
		Ce/MG MT	GUI	89	± 16,94	b	
		Ce/MC PI	PET	60	± 12,59	ac	
		Ce/FE PI	CON	62	± 11,18	a	
	Ce/ FE TO	LAG	49,5	± 37,07	d		
	MA/MG RJ	CAR	70,5	± 21,63	a	A	
	MA/FO BA	SAO	52,5	± 16,67	b		
	MA/FO MA	SLZ	69	± 11,94	a		
	MA/MG BA	SAL	63	± 15,76	c		
	AM/CFU AM	CRS	98	± 15,92	a	B	
	AM/CFS AM	CUI	57,5	± 15,88	b		
	AM/CFS PA	NHA	61	± 19,07	c		

Características	Local de coleta	Média	CV	Tukey 5%		
				Dentro do Bioma	Entre Biomas	
Diâmetro das pontoações intervasculares (μm)	Ce/MG TO	PAL	6,47	\pm 12,69	a	A
	Ce/MG GO	EME	7,69	\pm 13,6	b	
	Ce/MG MT	GUI	7,16	\pm 14,66	ac	
	Ce/MC PI	PET	6,65	\pm 17,38	a	
	Ce/FE PI	CON	3,5	\pm 22,19	d	
	Ce/ FE TO	LAG	2,89	\pm 17,98	e	
	MA/MG RJ	CAR	5,57	\pm 19,51	a	B
	MA/FO BA	SAO	5,53	\pm 19,69	a	
	MA/FO MA	SLZ	6,53	\pm 16,91	b	
	MA/MG BA	SAL	7,92	\pm 10,64	c	
	AM/CFU AM	CRS	5,93	\pm 20,79	a	C
	AM/CFS AM	CUI	5,61	\pm 17,57	b	
	AM/CFS PA	NHA	5,88	\pm 19,09	a	
Diâmetro das pontoações radiovasculares (μm)	Ce/MG TO	PAL	11,72	\pm 27,95	a	A
	Ce/MG GO	EME	12,06	\pm 29,22	a	
	Ce/MG MT	GUI	11,42	\pm 20,26	ab	
	Ce/MC PI	PET	9,91	\pm 32,24	b	
	Ce/FE PI	CON	4,99	\pm 33,8	c	
	Ce/ FE TO	LAG	5,38	\pm 28,48	d	
	MA/MG RJ	CAR	7,18	\pm 29,19	a	A
	MA/FO BA	SAO	7,42	\pm 27,87	ab	
	MA/FO MA	SLZ	8	\pm 23,41	b	
	MA/MG BA	SAL	10,08	\pm 24,82	c	
	AM/CFU AM	CRS	6,08	\pm 29,09	a	B
	AM/CFS AM	CUI	7,78	\pm 30,91	b	
	AM/CFS PA	NHA	6,46	\pm 29	a	
Comprimento de fibra (μm)	Ce/MG TO	PAL	609	\pm 2,93	a	A
	Ce/MG GO	EME	685	\pm 18,93	ab	
	Ce/MG MT	GUI	668	\pm 15,94	ae	
	Ce/MC PI	PET	632	\pm 34,74	a	
	Ce/FE PI	CON	391	\pm 29,26	cd	
	Ce/ FE TO	LAG	440	\pm 24,34	d	
	MA/MG RJ	CAR	981	\pm 27,02	a	B
	MA/FO BA	SAO	763	\pm 18,22	bc	
	MA/FO MA	SLZ	721	\pm 19,48	cd	
	MA/MG BA	SAL	666	\pm 24,56	d	
	AM/CFU AM	CRS	798	\pm 16,94	a	BC
	AM/CFS AM	CUI	820	\pm 18,12	a	
	AM/CFS PA	NHA	664	\pm 21,58	b	

Características	Local de coleta	Média	CV	Tukey 5%		
				Dentro do Bioma	Entre Biomas	
Espessura da parede da fibra (µm)	Ce/MG TO	PAL	2,94	± 32,89	a	A
	Ce/MG GO	EME	2,98	± 43,89	adc	
	Ce/MG MT	GUI	2,56	± 3,48	ab	
	Ce/MC PI	PET	2,88	± 26,2	ae	
	Ce/FE PI	CON	3,28	± 23,1	ac	
	Ce/ FE TO	LAG	3,43	± 19,45	c	
	MA/MG RJ	CAR	3,98	± 29,45	a	B
	MA/FO BA	SAO	3,98	± 25,89	a	
	MA/FO MA	SLZ	3,15	± 28,12	bc	
	MA/MG BA	SAL	3,15	± 30,81	c	
	AM/CFU AM	CRS	3,46	± 56,2	a	BC
	AM/CFS AM	CUI	3,67	± 26,64	a	
	AM/CFS PA	NHA	3,38	± 25,64	b	
	Raio / mm	Ce/MG TO	PAL	18	± 22,18	a
Ce/MG GO		EME	17	± 28,23	a	
Ce/MG MT		GUI	23	± 18,41	b	
Ce/MC PI		PET	27,5	± 17,8	c	
Ce/FE PI		CON	10	± 18,27	d	
Ce/ FE TO		LAG	13	± 14,28	e	
MA/MG RJ		CAR	10	± 20,84	a	AB
MA/FO BA		SAO	12	± 23,39	b	
MA/FO MA		SLZ	9	± 17,21	a	
MA/MG BA		SAL	22,5	± 21,37	c	
AM/CFU AM		CRS	11	± 19,06	a	AB
AM/CFS AM		CUI	11	± 21,64	ab	
AM/CFS PA		NHA	11	± 20,04	a	
Altura de raio (µm)		Ce/MG TO	PAL	262	± 38,28	a
	Ce/MG GO	EME	250	± 34,07	ab	
	Ce/MG MT	GUI	242	± 32,14	b	
	Ce/MC PI	PET	259	± 35,44	a	
	Ce/FE PI	CON	187	± 24,47	cd	
	Ce/ FE TO	LAG	189	± 33,17	d	
	MA/MG RJ	CAR	181	± 40,33	a	A
	MA/FO BA	SAO	296	± 32,14	b	
	MA/FO MA	SLZ	238	± 33,21	cd	
	MA/MG BA	SAL	220	± 26,04	d	
	AM/CFU AM	CRS	267	± 33,05	a	B
	AM/CFS AM	CUI	259	± 31,14	a	
	AM/CFS PA	NHA	250	± 29,46	a	

Características	Local de coleta	Média	CV	Tukey 5%			
				Dentro do Bioma	Entre Biomas		
Largura de raio (µm)	Ce/MG TO	PAL	22,6	± 26,11	a	A	
	Ce/MG GO	EME	19,39	± 21,8	abc		
	Ce/MG MT	GUI	19,36	± 23,6	ac		
	Ce/MC PI	PET	20,06	± 24,1	a		
	Ce/FE PI	CON	12,8	± 28,96	d		
	Ce/ FE TO	LAG	14,04	± 29,48	e		
	MA/MG RJ	CAR	9,99	± 25,58	a	AB	
	MA/FO BA	SAO	17,86	± 24,69	bd		
	MA/FO MA	SLZ	14,83	± 23,47	c		
	MA/MG BA	SAL	18,08	± 25,18	d		
	AM/CFU AM	CRS	15,84	± 20,82	a	A	
	AM/CFS AM	CUI	14,86	± 18,61	b		
	AM/CFS PA	NHA	21,07	± 21,49	c		
	Índice de vulnerabilidade	Ce/MG TO	PAL	0,69	± 39,09	a	A
		Ce/MG GO	EME	0,55	± 32,35	a	
Ce/MG MT		GUI	0,38	± 26,24	bcd		
Ce/MC PI		PET	0,57	± 28,47	a		
Ce/FE PI		CON	0,41	± 23,56	cd		
Ce/ FE TO		LAG	0,45	± 37,61	d		
MA/MG RJ		CAR	0,3	± 39,14	a	A	
MA/FO BA		SAO	0,76	± 25,05	bd		
MA/FO MA		SLZ	0,34	± 28,51	c		
MA/MG BA		SAL	0,66	± 30,13	d		
AM/CFU AM		CRS	0,38	± 24,22	a	B	
AM/CFS AM		CUI	0,82	± 20,67	bc		
AM/CFS PA		NHA	0,88	± 32,5	c		
Índice de mesomorfia		Ce/MG TO	PAL	133	± 40,51	a	A
		Ce/MG GO	EME	106	± 43,2	ac	
	Ce/MG MT	GUI	72,07	± 34,67	b		
	Ce/MC PI	PET	103	± 35,02	ce		
	Ce/FE PI	CON	85,5	± 33,78	de		
	Ce/ FE TO	LAG	92,71	± 42,9	e		
	MA/MG RJ	CAR	55,73	± 49,31	a	A	
	MA/FO BA	SAO	155	± 41,06	bd		
	MA/FO MA	SLZ	72,17	± 36,35	c		
	MA/MG BA	SAL	138	± 43,89	d		
	AM/CFU AM	CRS	98,99	± 30,76	a	B	
	AM/CFS AM	CUI	169	± 38,62	bc		
	AM/CFS PA	NHA	174	± 44,89	c		

* Letras maiúsculas indicam a comparação dentro de Biomas. Letras minúsculas indicam comparação entre Biomas

5.2. Análise do componente principal (PCA):

A análise do componente principal foi realizada com a média das medições por indivíduos, e sendo que foram selecionadas somente as características anatômicas quantitativas, pois as qualitativas não apresentaram variância e, portanto, não contribuíram na PCA. O PCA evidenciou que 2 variáveis explicam 53,11 % da variância total. O componente 1 explica 37,02 % do total da variância e é influenciado positivamente pelas pontoações inter e radiovasculares e negativamente pela espessura da parede da fibra, o componente 2 explica 16,08 % da variância total e é influenciado por comprimento das fibras, comprimento de vaso e raio/mm. No PCA foi observado que as amostras do Cerrado se separaram em dois grupos distintos. As amostras coletadas no Bioma Amazônico apresentaram um único grupo, entretanto as amostras de Mata Atlântica ficaram dispersas no plano permeando todos os grupos.

Tabela 3. Dados dos autovalores do PCA.

	Eixo 1	Eixo 2
Densidade de vasos/mm ²	0.1377	-0.12624
Comprimento de vaso	-0.12101	0.44355
Diâmetro de vaso	0.33186	0.2021
Comprimento de fibra	0.10959	0.54502
Espessura da parede da fibra	-0.25223	0.30892
Raio/mm	0.39479	-0.35984
Diâmetro das pontoações intervasculares	0.4084	0.24539
Diâmetro das pontoações radiovasculares	0.44395	-0.096895
Altura de raio	0.31985	0.39098
Largura de raio	0.39823	-0.045242

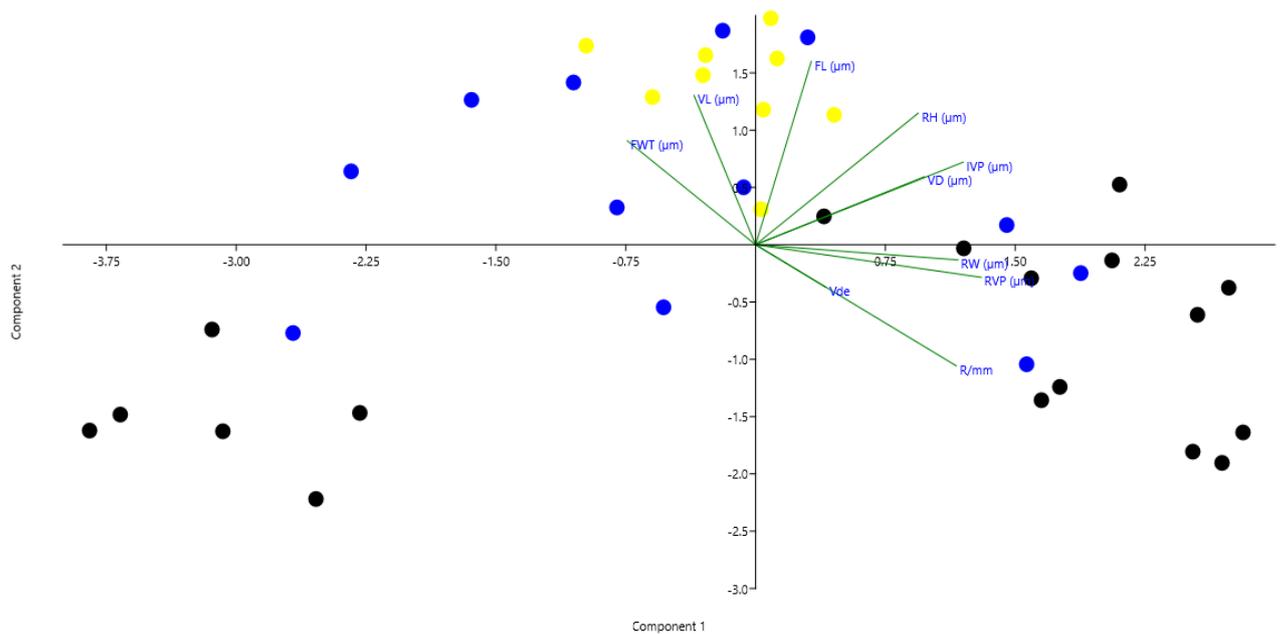


Figura 22: Análise do componente principal. Círculos Pretos = Cerrado; Círculos Azuis = Mata Atlântica; Círculos amarelos = Amazônia.

6. DISCUSSÃO

Os dados qualitativos não apresentaram variação entre os ambientes e estão de acordo com a literatura (Sonsin et al. 2012, Tomazello et al. 1983). A análise dos parâmetros quantitativos no geral, foi significativa ($\alpha < 0,05$) para as variáveis anatômicas.

O maior diâmetro do vaso foi encontrado no Bioma Amazônico ($59 \mu\text{m}$), na região de Campinarana Florestada seca do Pará ($66,6 \mu\text{m}$) (Fig.10), o que pode ser explicado pelas características edáficas, já que este ambiente é de clima úmido e solos arenosos, predominantemente hidromórficos da Amazônia (Anderson 1981). De acordo com Carlquist (1985), vasos largos transportam um maior volume de seiva, o que resulta em um maior percentual de tecido condutor e são mais eficientes onde a disponibilidade hídrica não constitui um fator limitante ao transporte seguro da água. Assim, plantas de ambientes úmidos tendem a apresentar um maior diâmetro dos vasos, com uma menor frequência, pois assim facilita o transporte de um maior fluxo de água (Baas 1983).

Entretanto, a densidade de vasos foi menor para a Mata Atlântica (86 vasos/mm^2), ambiente com maior precipitação que o Cerrado e que não sofre tanto com o período seco. Já valor médio do Cerrado foi de $92,8 \text{ vasos/mm}^2$, e de 93 vasos/mm^2 para a Amazônia (Fig.11).

O comprimento de vaso foi maior para a espécie coletada no Bioma Amazônico, na Campinarana florestada úmida (AM), resultado que aponta para uma adaptação da espécie com relação a presença de água, pois segundo Carlquist (2001) elementos de vasos de maior comprimento estão associados a ambientes méxicos, sendo esse a segunda localidade de maior precipitação média.

A madeira da espécie apresentou predominância de vasos solitários em todos os ambientes, sendo maior para a Amazônia 98 vasos solitário e menor para o Cerrado com 49,5. A presença de uma maior quantidade de vasos solitários, indica menor investimento em segurança, pois caso um vaso perca a função, não há outro adjacente que dê uma continuidade (Carlquist 1977). Há também a questão de que em caso de embolismo, as bolhas de ar não se espalhariam na ausência dos vasos múltiplos (Knipfer et al. 2015), e a alta densidade de vasos garantiria a segurança.

O diâmetro das pontoações intervasculares e radiovasculares, foi maior para os Biomas Mata Atlântica e Cerrado, nas coletas realizadas na mata de galeria da Bahia e de Goiás, respectivamente, sendo que os dois menores valores foram também encontrados para a área de Cerrado de Floresta estacional (Fig. 13 e Fig. 14). Barajas-Morales (1985), menciona que menores aberturas em pontoações intervasculares são tidas como aspectos anatômicos xeromórficos, voltados para uma melhor condução hídrica e menos vulneráveis ao embolismo. No entanto, as menores pontoações foram encontradas no Bioma Amazônico. Levando em conta que os vasos de maior calibre foram observados neste mesmo Bioma, essa característica pode ser considerada um “tradeoff” para segurança.

O comprimento de fibras, assim como sua espessura de sua parede foram maiores para as coletas de Mata Atlântica, 981 μ m e 3,98 μ m respectivamente, de acordo com a figura 16, parâmetro esse, que está diretamente relacionado as propriedades mecânicas de resistência do material (Soares et al. 2014). O menor comprimento de fibras foi observado na amostra de Cerrado de Floresta estacional do Piauí, a qual possui menor precipitação de todos os locais analisados, este resultado está em concordância com o observado por Noshiro & Baas (2000) Denardi & Marchiori (2005), que mencionaram a ocorrência de fibras mais curtas em ambiente com menor precipitação. Segundo Luchi et al. (2005) e Alves & Angyalossy-Alfonso (2002), fibras com paredes mais espessas são mais frequentes em ambientes mais secos. Entretanto, as fibras mais espessas foram encontradas nas coletas da Mata Atlântica. Surpreendentemente, até mesmo as amostras

coletadas na Amazônia apresentaram fibras mais espessas que as do cerrado, o que indica uma maior sensibilidade ao período de seca (Fig.16).

Na média raios mais altos foram maiores no Bioma amazônico, no entanto, nas análises entre biomas, esses foram na Mata Atlântica e os mais largos no Cerrado de Tocantins 259,84 μm e 22,6 μm (Fig. 18) e (Fig. 19), respectivamente. Segundo Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), raios mais largos são observados em ambientes com maior disponibilidade hídrica, já Luchi (2004) observou raios mais largos em ambientes xéricos, semelhante ao resultado aqui observado. Bass (1973) e Oever et al. (1981) relacionam a maior altura dos raios com a menor latitude, sendo uma relação inversa. Metcalf & Chalk (1989), Lindfort (1997) e, Morris et al. (2015) relacionam a maior quantidade de parênquima radial, com o armazenamento de nutrientes, o que assegura a sobrevivência da planta em períodos de seca. Segundo Morris et al. (2015), a forma de crescimento da planta está relacionada a fração de parênquima radial que será formada, sendo que árvores e arbustos tropicais apresentam maior quantidade desse tipo celular que as subtropicais. Os resultados na literatura são divergentes, entretanto, há uma maior correlação entre menor disponibilidade de água e nutrientes e maior largura e altura dos raios, facilitando assim, o transporte mais eficiente. E apesar da altura e largura dos raios serem semelhantes às vezes com os Biomas Amazônico e Mata Atlântica, o Bioma Cerrado apresentou uma alta frequência quando comparado com os mesmos.

Desenvolvido por Carlquist (1977), o índice de vulnerabilidade representa a segurança em condutividade hídrica do xilema, dessa forma, quanto menor a razão entre diâmetro de vaso e sua frequência, maior será a xeromorfia e menor sua vulnerabilidade (Denardi 2005). O ambiente menos vulnerável das amostras analisadas foi a coletada na Mata Atlântica do Rio de Janeiro, apresentou valor médio de 0,3047 (Fig. 20). Já o índice de mesomorfia foi maior para a Campinarana florestada seca, com valor médio de 174,88, estando mais adaptada a ambientes com maior disponibilidade de água (Fig. 21). Ema vez que segundo Carlquist (1977), valores próximos de 200 estão relacionados a ambientes méxicos, e valores abaixo de 75 são de ambientes áridos.

No PCA ficou pouco evidente a separação em grupos distintos, entretanto é possível observar dois grupos entre algumas espécies coletados no Cerrado, as quais são influenciadas pelo maior comprimento das fibras, menor comprimento de vaso e raio/mm. E, apesar das amostras coletadas na Amazonia formarem um grupo, essas ficam misturadas com as da Mata de galeria, que ainda permeiam as amostras do Bioma cerrado,

ficam misturadas, sendo influenciadas pela espessura da parede da fibra, comprimento de vaso e comprimento de fibras.

Seria interessante dar uma explicação mais das características do ambiente e também do Bioma, ao invés de citar as características igual ao resultado sem acrescentar nada.

7. CONCLUSÃO

As características anatômicas da madeira estão de acordo com o observado na literatura, entretanto, os caracteres quantitativos variaram entre as espécies coletadas no mesmo Bioma e nos diferentes Biomas, o que sugere a possibilidade de serem classificadas em diferentes táxons (Damasco, comunicação pessoal). Essas variações são influenciadas por características climáticas, altitude e latitude, no entanto, os valores da maior parte das características são aproximados, demonstrando que estas variam dentro de uma amplitude, refletido no PCA em que as amostras da Mata Atlântica se misturam com as dos outros Biomas, entretanto as coletadas no Cerrado e Amazônia, mesmo que inconspicuamente formam grupos.

8. REFERÊNCIAS

AGUILAR-RODRÍGUEZ S, BAJARAS-MORALES J. 2005. Anatomia de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, v. 77, p. 51-58.

ALVES ES, ANGYALOSSY-ALFONSO V. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal*, v. 21, p. 3-30.

ALVES ES, ANGYALOSSY-ALFONSO V. 2002. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Axial parenchyma, rays and fibres. *IAWA Journal*, v. 23, p. 391-418.

AMARAL DD, PROST MT, BASTOS MNC, COSTA-NETO SV, SANTOS JUM. 2008. Restingas do litoral amazônico, estados do Pará e Amapá, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi série Ciências Naturais*, v. 3, p. 35-67.

ANDERSON AB. 1978. Aspectos florísticos e fitogeográficos de campinas e campinaranas na Amazônia Central. Manaus.

ANDERSON AB. 1981. White-sand Vegetation of Brazilian Amazonia. *Biotropica*, Flórida, v. 13, p. 199-210.

- ANFODILLO T, PETIT G, CRIVELLARO A. 2013. Axial conduit widening in woody species: a still neglected anatomical pattern. *IAWA Journal*, v. 34, p. 352-364.
- ARAÚJO DAOV. 2012. Avaliação da gastroproteção do óleo essencial do *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March (Burseraceae) bem como os possíveis mecanismos de ação envolvidos em modelos de úlcera gástrica em ratos. Dissertação (Mestrado em Farmacologia), Universidade Estadual de Campinas, p. 127.
- ARAÚJO DAOV, TAKAYAMA C, FARIA FM, SOCCA EAR, DUNDER RJ, MANZO LP, FERREIRA AL, SOUZA-BRITO ARM. 2011. Gastroprotective effects of essential oil from *Protium heptaphyllum* on experimental gastric ulcer models in rats. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 21, p. 721-729.
- ARAÚJO PAM, ARAÚJO-FILHO AM. 1980. A importância da anatomia do lenho para a comercialização da madeira. Rio de Janeiro.
- BAAS P, CARLQUIST S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *IAWA Bull.*, v. 6, p. 349-353.
- BAAS P. 1973. The anatomy of *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea*, v. 21, p. 193-258.
- BANDEIRA PN, LEMOS TLG, SANTOS HS. 2006. Atividade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de *Protium heptaphyllum*. In: 46º Congresso Brasileiro de Química, Resumos, Salvador-BA: ABQ.
- BANDEIRA PN, PESSOA ODL, TREVISAN MTS, LEMOS TLG. 2002. Metabólitos secundários de *Protium heptaphyllum* March. *Química Nova*, v. 25, p. 1078-1080.
- BARAJAS-MORALES J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in México. *IAWA Bulletin*, v.6, p. 355-364.
- BARROS CF, MARCON-FERREIRA ML, CALLADO CH, LIMA HRP, CUNHA M, MARQUET O, COSTA CG. 2006. Tendência ecológica na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da reserva biológica de poço das antas. Rio de Janeiro, Brasil.
- BROWN KS, BROWN GG. 1992. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. In: Whitmore TC, Sayer JA. (Ed). *Tropical deforestation and species extinction*. London: Chapman and Hall. Cap. 6, p. 119-147.
- BURGER LM, RICHTER HG. 1991. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel p. 154.
- CARLQUIST S. 2001. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. 2nd ed. New York: Springer.
- CARLQUIST S. 1988. Comparative wood anatomy. Systematic ecological and evolutionary aspects of Dicotyledon Wood. 1 Ed. Springer.

- CARLQUIST S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany*, v. 64, p. 887-896.
- CARLQUIST S, HOEKMAN DA. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. *IAWA Bulletin*, v. 6, p. 319-347.
- CARVALHO ISH. 2007. Potenciais e limitações do uso sustentável da biodiversidade do Cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado.
- CHRISTENHUSZ MJ, BYNG JW. 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, v. 261, p. 201-217.
- CITÓ AMGL, COSTA FB, LOPES JAD, OLIVEIRA VMM, CHAVES MH. 2006. Identificação de conteúdo voláteis de frutos e folhas de *Protium heptaphyllum* Aubl. (March.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* v. 8, p. 4-7.
- CRONQUIST A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York, p. 248-250.
- DALY DC. 1987. *A Taxonomic Revision of Protium (Burseraceae) in Eastern Amazonia and the Guianas*. Tese de Doutorado. City University of New York.
- DEMARCHI LO, SCUDELLER VV, MOURA LC, DIAS-TERCEIRO RG, LOPES A, WITTMANN FK, PIEDADE MTF. 2018. Floristic composition, structure and soil-vegetation relations in three white-sand soil patches in central Amazonia. *Acta Amazonica*, v.48, p. 46-56.
- DENARDI L, MARCHIORI JNC. 2005. Anatomia ecológica da madeira de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg. *Ciência Florestal*, v.15, p.119-127.
- DICKISON WC. 2000. *Integrative plant anatomy*. San Diego: Harcourt Academic Press, p. 533.
- FERRÃO JEM. 2001. *Fruticultura tropical: espécies com frutos comestíveis*. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical. p. 652.
- FERREIRA TS, HIGUCHI P, SILVA AC, MANTOVANI A, MARCON AK, SALAMI B, DALLA ROSA A. 2015. Distribuição e riqueza de espécies arbóreas raras em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista ao longo de um gradiente altitudinal, em SANTA CATARINA. *Revista Árvore*, v. 39, p. 447-455.
- FLORA DO BRASIL. Em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. 2020 Acesso em: 19 de outubro de 2019.
- FORTE ALSA. 2012. Avaliação do potencial fotoquimioprotetor de *Protium heptaphyllum* da Amazonia em gel de aplicação tópica. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

FUNCH LS, HAYLEY R, FUNCH R, GIULETTI AM, MELO E. 2004. Chapada Diamantina Useful Plants. São Carlos: RiMa. p. 206.

GOERCK JM. 1999. Patterns of rarity in the birds of the Atlantic forest of Brazil. Conservation Biology, Cambridge, v. 11, p. 112-118.

GOTTLIEB OR, KOKETZU M, MAGALHÃES MT, MAIA JGS, MENDES PH, ROCHA AI, SILVA ML, WILBERG VC. 1981. Amazonian Essential Oils VII. Acta Amazônica, v. 11, p. 143- 148.

GRYTNES JA, VETAAS OR. 2002. Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. The American Naturalist, v. 159, p. 294-304.

HENRIQUES RPB. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma Cerrado. In: Scariot A. et al. (Orgs). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 73-92.

IAWA COMMITTEE. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, v. 10, p. 219-332.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/ MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2004. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/pt/biodiversidade3/fitofisionomias.html?showall=&start=>>. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DE BIODIVERSIDADE. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/pt/biodiversidade3/fitofisionomias.html?showall=&start=6>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

JUDD WS, CAMPBELL CS, KELLOGG EA, STEVENS PF, DONOGHUE MJ. 2009. Sistemática vegetal: um enfoque filogenético. 3ª ed. Artmed, Porto Alegre. p.612.

KANASHIRO M. 2002. As diferenças entre as árvores. São Paulo. Pesquisa FAPES, n. 82, p. 20-33.

KLINK CA, MACHADO RB. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. Brasília.

KNIPFER T, BRODERSEN CR, ZEDAN A, KLUEPFEL DA, ELRONE AJ. 2015. Patterns of drought- induced embolism formation and spread in living walnut saplings visualized using X- ray microtomography. Tree Physiology, v. 35, p. 744-755.

KRAUS JE, ARDUIN M. 1997. Manual básico de métodos em Morfologia Vegetal. Editora EDUR, Seropédica, Rio de Janeiro.

LANGENHEIM JH. 2003. Plant resins: chemistry, evolution, ecology and ethnobotany. Timber Press, Portland, Cambridge.

- LAURANCE WF, POWELL G, HANSEN L. 2002. A precarious future for Amazonia. *Trends in Ecology & Evolution*, v.17, p. 251-252.
- LEITÃO FILHO HF. 1982. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, v.16, p. 197-206.
- LEME CLD. 2016. Wood Anatomy of seven species known as “pau-para-tudo” in Brazil. *CERNE*, v. 22, p. 204-209.
- LENS F, LUTEYN JL, SMETS E, JANSEN S. 2004. Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (Ericaceae s.l.). *Flora*, v. 199, p. 309-319.
- LINDORF H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal*, v. 15, p. 361-376.
- LONGUI EL, BUFOLO A, AGUIAR OT, LIMA IL, FLORSHEIM SMB. 2009. Comparative wood anatomy of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr. in two vegetation types. *Hoehnea*, v. 36, p. 715-724.
- LUCHI AE. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 27, p. 271- 280.
- LUCHI AE. et al. 2005. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, p. 809-820.
- MACHADO RB, NETO MBR, PEREIRA PGP, CALDAS EF, GONÇALVES DA, SANTOS NS, TABOR K, STEININGER M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Brasília. Conservação Internacional, Brasília, DF.
- MACHADO SR, RODELLA RA, MARCATI CR, ANGYALOSSY-ALFONSO V. 2007. Structural variations in root and stem wood of *Styrax* (Styracaceae) from Brazilian Forest and Cerrado. *IAWA Journal*, v. 28, p. 173–188.
- MAIA JGS, ZOGHBI MGB, ANDRADE EHA. 2001. Plantas aromáticas na Amazônia e seus óleos essenciais. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. p. 173.
- MAIA RM, BARBOSA PR, CRUZ FG, ROQUE NF, FASCIO M. 2000. Triterpenos da resina de *Protium heptaphyllum* March (Burseraceae): caracterização em misturas binárias. *Química Nova* v. 23, p. 623-626.
- MARCATI CR, ANGYALOSSY-ALFONSO V, BENETATI L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 3, p. 311-320.
- MARQUES DD, SARTORI RA, LEMOS TLA, MACHADO LL, SOUZA JSN, MONTE FJQ. 2010. Chemical composition of the essential oils from two subspecies of *Protium heptaphyllum*. *Acta Amazônica*, v. 40, p. 227-230.

MELO JR. JCF BONA C, CECCANTINI G. 2012. Anatomia foliar de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae): interpretações ecológicas em diferentes condições edáficas de Cerrado. Biotemas, v. 25, p.29-36.

MELO JR. JCF BOEGER MRT. 2017. Functional Traits of Dominant Plant Species of the Brazilian Sandy Coastal Plain. International Journal of Current Research. v. 9, p. 45585- 45593.

MELO JR. JCF, SILVA MM, SOFFIATTI P. 2016. Anatomia ecológica da madeira de *Rudgea Viburnoides* (cham.) Benth. em campo cerrado e rupestre. BALDUINIA, n. 54, p. 22-31.

MENDONÇA BAF, FILHO EIF, SCHAEFERCEGR, SIMAS FNB, PAULA MD. 2015. Os solos das campinaranas na Amazônia brasileira: Ecossistemas arenícolas oligotróficos. Ciênc. Florest., v. 25, p. 827-839.

METCALF C R, CHALK L. 1989. Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction. Oxford University Press, Oxford. p. 297.

METCALFE CR, CHALK L. 1950. Anatomy of the dicotyledons leaves stem and wood in relation to taxonomy with notes on economy uses. Clarendon press, Oxford.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento>. Acesso em: 09 de abril de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biomas.html>>. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2010. Mata Atlântica, Manual de Adequação Ambiental. Brasília.

MITTERMEIER RA, MYERS N, MITTERMEIER CG. 1999. Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cidade do México: CEMEX, p. 430.

MITTERMEIER RA. 2004. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington, D.C.: Cemex.

MORRIS H, PLAVCOVÁ L, CVECKO P, FICHTLER E, MARK AF. 2015. A global analysis of parenchyma tissue fractions in secondary xylem of seed plants. New Phytologist. v. 209, p. 1553-1565 .

MYERS N, MITTERMEIER RA, MITTERMEIER CG, FONSECA GAB, KENT J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Washington.

NOSHIRO S, BAAS P. 2000. Latitudinal trends in wood anatomy within species and genera: case study in *Cornuss*. l. (Cornaceae). American Journal of Botany, v. 87, p. 1495-1506.

OLIVEIRA FILHO AT, FONTES MAL. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* v. 32, p. 793-810.

OLIVEIRA MAM. 2014. Potencial de regeneração de um fragmento de Floresta Baixa de Restinga, em Ilha Comprida, SP, degradado para cultivo agrícola. Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo.

PAGLIA AP. 2012. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2ed. Occasional Papers in Conservation Biology, n.6. Arlington: Conservation International.

PALERMO FH. 2018. Aspectos subcelulares e influência de fatores exógenos nos espaços secretores de resina de *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. (Burseraceae). Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica), Botucatu.

PAULA JE, ALVES JLH. 1997. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada, p. 544.

PENA RFA. "Desmatamento do Cerrado"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/desmatamento-cerrado.htm>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2016.

PEREIRA AB. 2009. Mata Atlântica: Uma abordagem geográfica. *Nucleus*, v.6, p.27-53.

PIRANI JR. 1987. Flora da Serra do Cipó Minas Gerais: Burseraceae. Universidade de São Paulo. Boletim de Botanica da v. 9, p. 211-218.

PLOMION C, LEPROVOST G, STOKES A. 2001. Wood formation in trees. *Plant Physiology*, v. 127, p. 1513-1523.

PORTAL EMBRAPA SOLOS. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos>. Acesso em 19 de outubro de 2019.

QUEIROZ GACL. et al. 2006. Extração do óleo essencial de folhas de *Bursera aloexylon* (Shied ex. Schlecht) Engler e avaliação de linalol. In: Reunião anual da sociedade Brasileira de química. Águas de Lindóia, v. 29.

RAO VS, MAIA JL, OLIVEIRA FA, LEMOS TLG, CHAVES MH, SANTOS FA. 2007. Composition and Antinociceptive Activity of the Essential Oil from *Protium heptaphyllum*. *Resin Nat. Prod. Commun*, v. 2, p. 1199-1202.

REDFORD KH, FONSECA GAB. 1986. The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-volant mamalian fauna. *Biotropica*, v. 18, p.126-135.

REIS MS. 1982. Programação e ação política do Instituto Brasileiro de desenvolvimento Florestal para essências nativas. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, v. 16, p. 44-89.

REMADE. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/131/madeiras-brasileiras-e-exoticas/breu>>. Acesso em 23 de novembro de 2019. 2019.

RIBEIRO J F, WALTER B M T. 2008. Fitofisionomias do bioma Cerrado: ampliado. In: SANO SM, ALMEIDA SP. (ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa Cerrados, segunda edição, no prelo.

RODRIGUES E, DUARTE ALMEIDA JM, PIRES JM. 2010. Perfil farmacológico e fitoquímico de plantas indicadas pelos caboclos do Parque Nacional do Jaú (AM) como potenciais analgésicas. Parte I. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 20, p.981-991

RODRIGUES MIA. 2017. Anatomia do eixo vegetativo aéreo de *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. (Burseraceae) com ênfase no sistema secretor em ambiente com influência das marés. Botucatu.

SANTOS BNV, LARocca DG, FACUNDES OS, SÚNIGA L, SILVA IV. 2015. Anatomia foliar de *Protium pilosum* (Cuatrec.) Daly coletada em área de transição Amazônia-cerrado. Cáceres, v.2, p.232-237.

SASS JE. 1958. Elements of botanical microtechnique. McGraw-Hill Book Company Inc., New York-London.

SAWYER D, MESQUITA B, COUTINHO B, ALMEIDA FV, FIGUEIREDO I, LAMAS I, PEREIRA LE, PINTO LP, PIRES MO, KASECKER T. 2017. Perfil do Ecosistema hotspot de biodiversidade do Cerrado.

SEMARH. 2003. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Centro de Recursos Ambientais- CRA. Projeto de Gerenciamento Costeiro, Gestão Integrada da Orla Marítima no Município do Conde no Estado da Bahia. Diagnóstico Sócio- Econômico e Ambiental do Conde. Salvador.

SIANI AC, ZOGHBI MGB, WOLTER ELA, VENCATO I. 1998. 5- Methoxyjusticidin A, a new Arylnaphthalene Lignan from *Protium unifoliolatum*. Journal of Natural Products, v. 61, p. 796-797.

SIANI AC, GARRIDO IS, MONTEIRO SS, CARVALHO ES, RAMOS MFS. 2004. *Protium icicariba* as a source of volatile essences. Biochem. Syst. Ecol., v. 32, p. 477-489.

SIANI AC, RAMOS MFS, GUIMARÃES AC, SUSUNAGA GS, ZOGHBI MGB. 1999. Volatile constituents from oleoresin of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. J. Essent. Oil Res., v.11, p. 72-74.

SILVA JÚNIOR MC, SILVA LHS, CORDEIRO AOO, MUNHOZ CBR. 2014. Guia do observador de árvores, tronco, copa e folha. 1. Ed. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado.

SILVA JMC, BATES JM. 2002. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. BioScience.

SILVA SM. 1999. Considerações fitogeográficas e conservacionistas sobre floresta atlântica no Brasil. Conservation International do Brasil. Relatório Técnico do Workshop Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação dos Biomas floresta Atlântica e Campos.

SILVA SS. 2012. Estudo do xilema secundário de espécies da família Burseraceae produtoras de óleos. Tese (Doutorado em Recursos Ambientais e Uso da Terra)-Universidade Federal de Lavras, Lavras. 156 p.

SILVEIRA M. 2003. Relatório apresentado à Associação S.O.S. Amazônia, como um componente do Documento de Defesa Técnica, que subsidiará a criação de uma Unidade de Conservação na região das Campinaranas do sudoeste da Amazônia. p. 28.

SIQUEIRA JBG, ZOGHBI MGB, CABRAL JA, WOLTER FWJ. 1995. Lignans from *Protium tenuifolium*. Journal of Natural Products v. 58, p. 730-732.

SONSIN JO, GASSON EP, BARROS CF, MARCATI CR. 2012. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two Cerrado habitats (cerrado *s.s.* and adjacent gallery forest). Botanical Journal of the Linnean Society, v. 170, p. 257-276.

SONSIN JO, GASSON PE, BARROS CF, CAUM C, MARCATI CR. 2014. Atlas da Diversidade de Madeiras do Cerrado Paulista. SP, FEPAF.

SOUZA LR TRINDADE FG OLIVEIRA RA COSTA LCB GOMES VM CUNHA M. 2016. Histochemical characterization of secretory ducts and essential oil analysis of *Protium* species (Burseraceae). Journal of Essential Oil Research, v. 28, p. 166-171.

SUSSUNAGA GS, SIANI AC, PIZZOLATTI MG, YUNES RA, DELLE MONACHE F. 2001. Triterpenes from the resin *Protium heptaphyllum*. Fitoterapia v. 72, p. 709–711.

TEIXEIRA LLM, BURGER, KARTEDST P. 1978. Estudos microscópicos do xilema e da casca do gênero *Dalbergia* baseados em quatro espécies do Sul do Brasil. Arq. Jard. Bot. Rio de Janeiro v. 3, p. 115-133.

TOMAZELLO FILHO M, CHIMELO JP, GARCIA PV. 1983. Madeiras de Espécies florestais do estado do Maranhão: II- Caracterização Anatômica. IPEF, n. 23, p. 29-36.

URBANETZ C, LEHN C R, SALIS SM, BUENO ML, ALVES FM. 2012. Composição e distribuição de espécies arbóreas em gradiente altitudinal, Morraria do Urucum, BRASIL. Oecologia Australis, v.16, p.859-877.

VAN DEN OEVER L, BAAS P, ZANDEE M. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. – IAWA Bull., new series v. 2, p. 3-24.

VIEIRA-JÚNIOR GM, SOUZA CML, CHAVES MH. 2005. Resina de *Protium heptaphyllum*: Isolamento, caracterização estrutural e avaliação das propriedades térmicas. Quimica Nova, v. 28, p.183-187.

Website Tropicos. Disponível em: <http://www.tropicos.org/>. Acesso em: 19 de outubro de 2019.

WHEELER EA, BAAS P. 1991. A survey of the fossil record for Dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin*, v. 12, p. 275-318.

ZENID GJ, CECCANTINI G. 2009. *Madeira: uso sustentável na construção civil*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

ZIMMERMANN MH. 1983. *Xylem structure and ascent Sap*. 1ed. Ed. Springer, Berlin Heidelberg New York, p. 336.