

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Anatomia comparada do xilema secundário de espécies arbóreas do
Cerrado**

Alessandra Regina Aguilar Voigt

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:
Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2023**

Alessandra Regina Aguilar Voigt
Engenheira Florestal

Anatomia comparada do xilema secundário de espécies arbóreas do Cerrado
versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MÁRIO TOMMASIELLO FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:
Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Voigt, Alessandra Regina Aguilar

Anatomia comparada do xilema secundário de espécies arbóreas do Cerrado /
Alessandra Regina Aguilar Voigt. - - versão revisada de acordo com a Resolução
CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

128 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Savana brasileira 2. Savana tropical 3. Madeira 4. Anatomia ecológica 5.
Parque Nacional de Brasília 6. Parque Estadual do Cerrado 7. Itirapina I. Título

AGRADECIMENTOS

Foram muitas as mãos que me ajudaram a levantar cada tijolinho que compõe essas páginas. Agradeço imensamente ao professor Mário Tommasiello pela confiança e humanidade com que conduziu o processo de orientação, tendo a sensibilidade de compreender e fornecer suporte em momentos difíceis. Estendo meus agradecimentos ao Programa de Pós Graduação em Recursos Florestais, em especial à Giovana Oliveira, pela mesma sensibilidade, disponibilidade e afetuosidade no trato com todos, qualidades raras em muitos ambientes acadêmicos.

Aos meus pais, Regina e Bruno, por motivos que eu não seria capaz de enumerar. Agradeço todo o amor, apoio, e, principalmente, por me ensinarem a ter coragem diante das dificuldades da vida. Quanto mais o tempo passa, maior se torna a admiração que sinto por vocês. À minha querida sobrinha Ana Clara, uma menina tão sensível e inteligente, de quem o doutorado me aproximou e com quem tive a sorte de poder conviver nos últimos anos. Vocês me inspiram e me fazem tentar ser uma pessoa melhor.

Ao querido Filipe Yamaki, companheiro nos momentos bons, incentivador e apoiador nos momentos ruins. Agradeço a paciência e o carinho, a companhia e a ajuda nos trabalhos de campo em Itirapina, sempre disposto e de bom humor. Sua companhia tornou a minha caminhada mais leve.

Aos meus avós, Neife (in memoriam) e Laurinda Aguilar, que cederam seus pequizeiros para o meu primeiro estudo em anatomia, ainda na graduação. À minha avó Aparecida Voigt (in memoriam) que, assim como tantas mulheres de sua época, não pôde realizar seu sonho de estudar. Sempre me lembro de vocês com muito carinho e com o coração apertado pela saudade.

À amiga Rosa Daria, uma mulher incrível de alegria contagiante, por ser uma fortaleza e um ombro amigo. Faltam-me palavras para descrever o quanto sou grata pelo seu apoio e o quanto você é uma pessoa inspiradora. Que a vida lhe seja justa e que você receba todo o cuidado e o carinho que despejou neste mundo.

À minha amiga-irmã Fernanda Pieruzzi, do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB). Pessoa incrivelmente corajosa e correta, não mediu esforços para me ajudar não só durante o trabalho de campo no Parque Nacional de Brasília, mas principalmente durante os percalços da vida. Fico muito feliz pelos nossos caminhos terem um dia se cruzado e espero em breve poder conhecer a pequena Sol.

Às queridas Crislaine Almeida e Michelle Gorgone, pela amizade, pelos desabafos e incentivos que tanto ajudaram neste período.

Aos colegas do Laboratório de Anatomia, Identificação de Madeiras e Anéis de Crescimento da ESALQ/USP. À Júlia Lôbo, pela amizade, pela ajuda no Parque Nacional de Brasília e pelos momentos de café com brigadeiro que ajudaram a aliviar as tensões. Ao Franciso Figueiredo, Luciana Sousa, Fernanda Guedes, Alinne Santos, Maria Aparecida Bermudez, Roger Legoas, Leif Cahuana, Ricardo Ortega, , Bruna Hornink, Cláudia Fontana,

Gabriel Pereira, Nathália Cardoso, Victor Pereira, Guilherme Roquette, aos estagiários e visitantes, já antecipando as desculpas a quem eu possa ter esquecido. Foram muitas as pessoas que estiveram no laboratório ao longo destes anos, com algumas tive a oportunidade de desenvolver uma amizade e uma convivência mais próxima, mas sempre aprendi algo com todos que passaram por lá. Agradeço aos colegas pela convivência e pela disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

Agradeço especialmente as pessoas que me ajudaram nos trabalhos de campo, principalmente durante as coletas. Este trabalho não teria sido possível sem vocês. Ao Aparecido Siqueira, técnico do Laboratório de Anatomia, Identificação de Madeiras e Anéis de Crescimento da ESALQ/USP, pela amizade, pelas conversas e dicas, por estar sempre disposto a ajudar no que fosse preciso. Ao Dairo, por seu trabalho e esforço durante as coletas no Parque Nacional de Brasília, muitas vezes se estendendo além do horário para me ajudar a cumprir o cronograma. Ao Luiz Antônio e José Carlos, funcionários do Parque Estadual do Cerrado, por me ajudarem nas coletas, no reconhecimento da área e a encontrar a tal “árvore de pequi” que eu buscava desde o mestrado. O trabalho de vocês foi fundamental para que eu pudesse fazer o meu, muito obrigada.

À professora Patrícia Morellato, do Instituto de Biociências da Unesp de Rio Claro, pelo contato que viabilizou o trabalho em Itirapina. Aos chefes das Unidades de Conservação, Cibele Lima Barreto (Parque Nacional de Brasília - ICMBio) e Cristóvam Sabino Queiroz (Parque Estadual do Cerrado - IAP), pelo apoio e por disponibilizarem a estrutura e o pessoal das suas unidades para que eu pudesse desenvolver o trabalho da melhor forma possível.

A cada membro da banca avaliadora, pela generosidade em dedicar parte do seu tempo na leitura crítica e nas sugestões para aprimorar este trabalho. Agradeço especialmente ao Dr. Claudio Lisi, pesquisador e professor de amplo conhecimento teórico e prático, pela paciência e pelos ensinamentos desde o início da graduação, sempre disposto a contribuir com o crescimento de todos que cruzam seu caminho. Meus sinceros agradecimentos a todos.

Ao Serviço de Pós Graduação (SVPG) e Seção de Apoio à Pós Graduação (SAPG), em especial à Maria Solizete Granzol, pela agilidade e prontidão no esclarecimento das dúvidas. À Divisão de Biblioteca da ESALQ/USP, especialmente à Ligiana Damiano e Eliana Maria Garcia, pelos treinamentos, pela ajuda na normalização do texto e no pronto atendimento às dúvidas.

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil/CAPES (Código de Financiamento 001); do Projeto Temático “Campos naturais do estado de São Paulo: diagnóstico, manejo e conservação” (Processo FAPESP 20/01378-0, Coordenação Dra. Giselda Durigan, IPA, Secretaria do Meio Ambiente SP) e do projeto PIRE-CREATE (Processo FAPESP 17/50085-3, Coordenação Dr. Francisco William da Cruz Junior, IGC, USP SP).

“Um dia, tempos, Tio Terêz o levara à beira da mata, ia tirar taquaras. A gente fazia um feixe e carregava.

- Miguilim, esse feixinho está muito pesado para você?

- Tio Terêz, está não. Se a gente puder ir devagarinho como precisa, e ninguém não gritar com a gente para ir depressa demais, então eu acho que nunca que é pesado...”

João Guimarães Rosa, Campo Geral

“(...) Olhar para trás após uma longa caminhada pode fazer perder a noção da distância que percorremos ...

Mas, se nos detivermos em nossa imagem quando a iniciamos e ao término, certamente nos lembraremos o quanto nos custou chegar até o ponto final, e hoje temos a impressão de que tudo começou ontem.

Não somos os mesmos, mas sabemos mais uns dos outros. (...)”

João Guimarães Rosa, Grande Sertão: Veredas

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. Objetivo geral.....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
3. REVISÃO.....	23
3.1. Contextualização sobre a terminologia adotada para o Cerrado.....	23
3.2. Savanas tropicais.....	24
3.3. O bioma Cerrado.....	26
3.4. Anatomia ecológica da madeira e respostas das plantas ao ambiente.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1. Caracterização das áreas de estudo.....	32
4.1.1. Distrito Federal – Brasília: localização, vegetação e clima.....	32
4.1.2. São Paulo - Itirapina: localização, vegetação e clima.....	34
4.1.3. Paraná – Jaguariaíva: localização, vegetação e clima.....	36
4.2. Espécies.....	39
4.3. Coleta e preparo das amostras do lenho.....	39
4.3.1. Descrição macroscópica e microscópica do lenho.....	41
4.3.2. Programas utilizados na mensuração dos elementos anatômicos.....	43
4.4. Coleta das amostras de solo.....	44
4.5. Obtenção de dados climáticos.....	45
4.6. Análises estatísticas.....	45
4.6.1. Análise exploratória e comparação entre áreas.....	45
4.6.2. Análises multivariadas.....	45
5. RESULTADOS.....	47
5.1. Características gerais e descrição anatômica das espécies estudadas.....	47
5.1.1. <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul (Fabaceae).....	47
5.1.2. <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess (Caryocaraceae).....	49

5.1.3. <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Fabaceae)	51
5.1.4. <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. (Fabaceae)	53
5.1.5. <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk. (Sapotaceae).....	55
5.1.6. <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel (Fabaceae).....	57
5.1.7. <i>Qualea grandiflora</i> Mart. (Vochysiaceae)	59
5.1.8. <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. (Vochysiaceae)	61
5.2. Solos	62
5.3. Clima	66
5.4. Anatomia comparada.....	68
5.4.1. Espécies com ocorrência em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR)	73
5.4.1.1. <i>Caryocar brasiliense</i> – Caryocaraceae (pequi)	73
5.4.1.2. <i>Copaifera langsdorffii</i> – Fabaceae (copaíba)	79
5.4.1.3. <i>Dalbergia miscolobium</i> – Fabaceae (caviúna)	84
5.4.2. Espécies com ocorrência em Brasília (DF) e Itirapina (SP).....	90
5.4.2.1. <i>Pouteria torta</i> – Sapotaceae (grão-de-galo)	90
5.4.2.2. <i>Pterodon emarginatus</i> – Fabaceae (sucupira)	94
5.4.3. Espécies com ocorrência em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR)	99
5.4.3.1. <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> – Fabaceae (angico-vermelho).....	99
5.4.3.2. <i>Vochysia tucanorum</i> – Vochysiaceae (pau-tucano).....	104
5.4.4. Espécies com ocorrência em Brasília (DF) e Jaguariaíva (PR).....	109
5.4.4.1. <i>Qualea grandiflora</i> – Vochysiaceae (pau-terra).....	109
6. DISCUSSÃO	115
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS	121

RESUMO

Anatomia comparada do xilema secundário de espécies arbóreas do Cerrado

As estratégias relacionadas ao estabelecimento, crescimento e reprodução das plantas definem o sucesso adaptativo das espécies a um determinado ambiente, estando esse associado à capacidade de gerar um balanço positivo de carbono sob diferentes condições. O ambiente afeta diretamente a diferenciação das células do câmbio vascular, podendo modificar características do transporte de água e nutrientes das raízes às folhas. A análise da estrutura anatômica da madeira pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre a plasticidade ecológica das espécies, especialmente pela relevância do xilema secundário como tecido de sustentação, armazenamento e transporte hídrico. As savanas representam um dos maiores biomas neotropicais e contribuem com cerca de 30% da produtividade primária líquida terrestre, sendo responsáveis por uma parcela significativa do estoque global de carbono. O Cerrado brasileiro constitui o componente regional das savanas no Brasil, sendo composto por um mosaico de fitofisionomias que variam desde formações campestres até florestais, cuja ocorrência está relacionada às condições climáticas, edáficas, hidrológicas, bem como à presença do fogo. O estudo contemplou três áreas representativas da vegetação de Cerrado em sua região central e em contato com a Mata Atlântica, entre as latitudes 15°40'S (Parque Nacional de Brasília, Brasília-DF); 22°10'S (Fazenda São João da Conquista, Itirapina-SP) e 24°10'S, limite austral do bioma (Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva-PR). Realizou-se a anatomia comparada de oito espécies típicas do Cerrado, sendo cinco espécies decíduas (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*, *Caryocar brasiliense*, *Dalbergia miscolobium*, *Pterodon emarginatus* e *Qualea grandiflora*), uma espécie brevidecídua (*Copaifera langsdorffii*), uma semidecídua (*Pouteria torta*) e uma sempre-verde (*Vochysia tucanorum*). Buscou-se relacionar a diversidade estrutural encontrada no xilema secundário com variáveis ambientais relacionadas ao clima (principalmente disponibilidade hídrica) e às características edáficas das áreas de estudo. As áreas apresentaram variações ambientais em relação à temperatura, disponibilidade hídrica e condições edáficas, refletindo em alterações quantitativas na estrutura da madeira das espécies estudadas. Algumas tendências gerais foram observadas na anatomia das espécies, como características xeromórficas na localidade de maior disponibilidade hídrica (fibras e elementos de vasos mais curtos em Jaguariaíva-PR), bem como características de ambientes méxicos em áreas sujeitas a déficit hídrico (fibras e elementos de vaso mais longos, maior diâmetro tangencial dos vasos), podendo também indicar respostas específicas de cada espécie aos diferentes estímulos ambientais (disponibilidade de nutrientes, profundidade do solo, temperatura, dentre outros). Os resultados obtidos neste estudo indicam uma diversidade de respostas das plantas às particularidades locais dos ambientes em que se desenvolvem. A influência das temperaturas médias mensais foi pouco explorada, mas certamente constituiu um fator ambiental importante para árvores localizadas em Jaguariaíva-PR, sendo um possível sinal de adaptabilidade o porte reduzido de grande parte dos indivíduos de *C. brasiliense*, que sustentavam como parte área apenas brotações de estruturas subterrâneas. Sem desconsiderar o componente genético e possíveis diferenças decorrentes de variações no porte das árvores e na altura de coleta das amostras, acredita-se que análises mais aprofundadas, que contemplem conjuntamente variáveis ambientais e anatômicas, bem como estudos voltados à xilogênese de plantas nestes ambientes, possam auxiliar no entendimento de parte das relações observadas neste estudo.

Palavras-chave: Savana tropical, Savana brasileira, Madeira, Anatomia ecológica

ABSTRACT

Comparative wood anatomy of tropical savannas tree species

Strategies related to the establishment, growth and reproduction of plants define the adaptive success of species in different environments, which is related to the ability to generate a positive carbon balance under variables conditions. The environment affects the differentiation of vascular cambium cells, which can modify characteristics of water and nutrient transport from roots to leaves. The analysis of the anatomical wood structure can contribute to improve knowledge about the ecological plasticity of species, especially due to the relevance of the secondary xylem as a tissue of support, storage and water transport. Savannas represent one of the largest Neotropical biomes and contribute about 30% of terrestrial net primary productivity, being responsible for a significant portion of the global carbon stock. The Brazilian Cerrado constitutes the regional component of savannas in Brazil, being composed of a mosaic of phytophysionomies that vary from grassland to forest formations, whose occurrence is related to climatic, edaphic, hydrological conditions, as well as the presence of fire. The study included three representative areas of Cerrado vegetation in its central region and in contact with the Atlantic Forest, between latitudes 15°40'S (Parque Nacional de Brasília, Brasília-DF); 22°10'S (Fazenda São João da Conquista, Itirapina-SP) and 24°10'S, southern limit of the biome (Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva-PR). Comparative wood anatomy of eight typical Cerrado species was performed in five deciduous species (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*, *Caryocar brasiliense*, *Dalbergia miscolobium*, *Pterodon emarginatus* and *Qualea grandiflora*), one brevideciduous (*Copaifera langsdorffii*), one semi-deciduous (*Pouteria torta*) and one evergreen specie (*Vochysia tucanorum*). We aimed to relate the structural diversity found in the secondary xylem with environmental variables related to climate (mainly water availability) and edaphic characteristics of the study areas. The areas showed environmental variations in relation to temperature, water availability and edaphic conditions, reflecting in quantitative changes in the wood structure of the studied species. Some general trends were observed in the anatomy of the species, such as xeromorphic characteristics in the location of greater water availability (shorter fibers and vessel elements in Jaguariaíva-PR), as well as characteristics of mesic environments in areas subject to water deficit (longer fibers and longer and wider vessel elements), which may also indicate specific responses of species to different environmental stimuli (nutrients availability, soil depth, temperature, among others). The results obtained in this study indicate a diversity of plant responses to the local particularities of the environments in which they develop. The influence of average monthly temperatures was underexplored, but it certainly constituted an important evolutionary filter for trees in Jaguariaíva-PR, with a possible sign of fitness being the reduced size of various specimens of *C. brasiliense*, whose dominant phenotype consists of sprouts from underground organs. Without disregarding the genetic component and possible differences resulting from variations in the size of the trees and in the height of sample collection, we believe that further analyzes which consider both environmental and anatomical variables, as well as studies focused on the xylogenesis of plants in these environments, may help in understanding part of the relationships observed in this study.

Keywords: Brazilian Cerrado, Brazilian Savannas, Secondary xylem, Ecological wood anatomy

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Biomas do Brasil. Fonte: IBGE, 2012, adaptado Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Disponível em <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/os-biomas-e-suas-florestas/608-florestas-nos-biomas-brasileiros?modal=1&tipo=tableau>. [Acesso em 15/01/2023]. 24
- Figura 2. Principais fitofisionomias do bioma Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008). Classes de solos segundo EMBRAPA (2006). 24
- Figura 3. Localização das áreas de estudo e desmatamento no bioma Cerrado (PRODES Cerrado, 2000-2018). Fonte: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em janeiro de 2023. 31
- Figura 4. Localização das árvores e espécies na área de estudo em Brasília – DF (Parque Nacional de Brasília). 32
- Figura 5. Parque Nacional de Brasília, Brasília – DF: (A) Área de cerrado *sensu stricto*; (B) Área de cerradão com árvores de *C. langsdorffii*. 33
- Figura 6. Características climáticas da região do Parque Nacional de Brasília, Brasília-DF: (A) Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo (mm); (B) Balanço hídrico normal mensal: precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (mm); (C) Temperaturas médias mensais (°C). Fonte: (A,B) <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>; (C) (ALVARES *et al.*, 2014). 34
- Figura 7. Localização das árvores e espécies na área de estudo em Itirapina - SP. 35
- Figura 8. Itirapina, SP: (A) Vista geral da fitofisionomia de cerrado denso; (B) Área antropizada de cerradão, com presença abundante de lianas em árvores de *C. langsdorffii*. 35
- Figura 9. Características climáticas da região de Itirapina, SP: (A) Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo (mm); (B) Balanço hídrico normal mensal: precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (mm); (C) Temperaturas médias mensais (°C). Fonte: (A,B) <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>; (C) (ALVARES *et al.*, 2014). 36
- Figura 10. Localização das árvores e espécies no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva - PR (Parque Estadual do Cerrado). 37
- Figura 11. Aspectos da vegetação no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva – PR: (A) Área de cerrado denso com presença abundante de árvores de *C. langsdorffii*, *D. miscolobium* e *A. peregrina*; (B) Área de cerrado típico com presença de árvores de *A. peregrina*, *D. miscolobium*, *Q. grandiflora* e brotações de órgãos subterrâneos de *C. brasiliense*; (C) Brotações de órgãos subterrâneos da espécie *C. brasiliense* (fenótipo predominante da espécie na área); (D) Indivíduo de *C. brasiliense* com formação de tronco em área de cerrado denso, próximo à área de ocorrência de *V. tucanorum*. 37
- Figura 12. Características climáticas da região do Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva – PR (dados do município de Castro, PR): (A) Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo (mm); (B) Balanço hídrico normal mensal: precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (mm); (C) Temperaturas médias mensais (°C). Fonte: (A,B) <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>; (C) (ALVARES *et al.*, 2014). 38
- Figura 13. Procedimento de coleta das amostras de madeira com o uso do extrator motorizado (*C. langsdorffii*): (A) Perfuração do tronco da árvore; (B) Amostra presa à árvore após perfuração; (C) Tratamento do orifício com cupinicida e tinta antifúngica; (D) Fechamento do orifício com madeira de mesmo calibre, com nova aplicação de cupinicida na superfície; (E) Aplicação de massa para vedação; (F) Exemplo de vedação natural promovida pela árvore após o preenchimento do orifício com madeira de igual calibre logo após a coleta (*V. tucanorum*). .41
- Figura 14. Procedimento de coleta de solo com trado holandês nas profundidades 0-5 cm, 5-25 cm, 40-60 cm e 80-100 cm: (A) Limpeza superficial (remoção das folhas); (B, C) Introdução do trado até as marcações referentes às diferentes profundidades de coleta; (D) Solo aderido ao trado; (E) Presença de carvão em profundidade observada em Jaguariaíva-PR; (F) Acondicionamento em sacos plásticos identificados. 44
- Figura 15. Características anatômicas de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam limites das camadas de crescimento. 48

- Figura 16. Características anatômicas de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento. 50
- Figura 17. Características anatômicas de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam limites das camadas de crescimento. 52
- Figura 18. Características anatômicas de *Dalbergia miscolobium* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento. 54
- Figura 19. Características anatômicas de *Pouteria torta* (Sapotaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento. 56
- Figura 20. Características anatômicas de *Pterodon emarginatus* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam limites das camadas de crescimento. 58
- Figura 21. Características anatômicas de *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento. 60
- Figura 22. Características anatômicas de *Vochysia tucanorum* (Vochysiaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento; asteriscos (*) indicam canais axiais. 62
- Figura 23. Ilustração-resumo das principais características dos solos em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). 63
- Figura 24. Análise de agrupamento dos atributos dos solos nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,9422. 63
- Figura 25. Características dos solos das áreas de estudo: (A, B e C) Granulometria para argila, areia e silte, respectivamente; (D) Matéria orgânica; (E) pH em H₂O; (F) Acidez potencial. 64
- Figura 26. Características químicas dos solos das áreas de estudo: (A) Saturação por alumínio; (B) Saturação por bases; (C) Cálcio; (D) Magnésio; (E) Potássio; (F) Fósforo. 65
- Figura 27. Ilustração-resumo das características climáticas de Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). 66
- Figura 28. Características climáticas das áreas de estudo: (A) temperatura média mensal; (B) precipitação média mensal; (C) precipitações médias mensais e anuais. Precipitação anual: Brasília (1.532mm); Itirapina (1.377mm); Jaguariaíva (1.412mm). Fonte: Alvares et al. (2014). 67
- Figura 29. Extrato do balanço hídrico mensal para as áreas de estudo. Fonte: Rolim; Sentelhas; Barbieri, (1998). 67
- Figura 30. Ilustração com o resumo de algumas das tendências anatômicas observadas para as fibras em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR), baseada no número de espécies que apresentaram diferenças estatisticamente significativas (maiores e menores valores) em cada área. Lado direito (azul) corresponde aos maiores valores, lado esquerdo (rosa) aos menores valores; quadros pontilhados indicam as espécies que apresentaram seus maiores e menores valores nas localidades indicadas. 69

- Figura 31. Ilustração com o resumo de algumas das tendências anatômicas observadas para os vasos em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR), baseada no número de espécies que apresentaram diferenças significativas (maiores e menores valores) em cada área. Lado direito (azul) corresponde aos maiores valores, lado esquerdo (rosa) aos menores valores; quadros pontilhados contém as espécies que apresentaram os maiores e menores valores nas localidades indicadas. 69
- Figura 32. Ilustração com o resumo de algumas das tendências anatômicas observadas para o parênquima em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR), baseada no número de espécies que apresentaram diferenças significativas (maiores e menores valores) em cada área. Lado direito (azul) corresponde aos maiores valores, lado esquerdo (rosa) aos menores valores; quadros pontilhados contém as espécies que apresentaram os maiores e menores valores nas localidades indicadas. 70
- Figura 33. Representação gráfica da matriz de correlação de Spearman, utilizando-se valores totais originais das variáveis e os dados de todas as árvores mensuradas (sem distinção por espécies). Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$). 71
- Figura 34. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore em cada espécie. Participação na variância total, em %: componente 1 (36,3%), componente 2 (27,7%)..... 72
- Figura 35. Interpolação dos componentes 2 e 3, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore em cada espécie⁹. Participação na variância total, em %: componente 2 (27,7%), componente 3 (16,8%). 72
- Figura 36. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *C. brasiliense*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$)..... 75
- Figura 37. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *C. brasiliense*. Participação na variância total, em %: componente 1 (47,0%), componente 2 (17,2%). 76
- Figura 38. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *C. brasiliense* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7003. 77
- Figura 39. *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em Brasília (A,B), Itirapina (C,D) e Jaguariaíva (E,F): (A,C,E) Seções transversais; (B,D,F) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m..... 78
- Figura 40. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *C. langsdorffii*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$)..... 80
- Figura 41. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *C. langsdorffii*. Participação na variância total, em %: componente 1 (26,9%), componente 2 (21,8%). 81
- Figura 42. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *C. langsdorffii* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7454. 83
- Figura 43. *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) em Brasília (A,B), Itirapina (C,D) e Jaguariaíva (E,F): (A,C,E) Seções transversais; (B,D,F) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m..... 84
- Figura 44. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *D. miscolobium*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$)..... 86
- Figura 45. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *D. miscolobium*. Participação na variância total, em %: componente 1 (38,6%), componente 2 (26,1%). 87
- Figura 46. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *D. miscolobium* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7367. 88
- Figura 47. *Dalbergia miscolobium* (Fabaceae) em Brasília (A,B), Itirapina (C,D) e Jaguariaíva (E,F): (A,C,E) Seções transversais; (B,D,F) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m..... 89
- Figura 48. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *P. torta*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$)..... 91

- Figura 49. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *P. torta*. Participação na variância total, em %: componente 1 (47,2%), componente 2 (32,9%). 92
- Figura 50. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *P. torta* nas duas áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalearização completa. Correlação 0,8387. 93
- Figura 51. *Pouteria torta* (Sapotaceae) em Brasília (A,B) e Itirapina (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500µm. 94
- Figura 52. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *P. emarginatus*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$). 96
- Figura 53. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *P. emarginatus*. Participação na variância total, em %: componente 1 (54,7%), componente 2 (19,2%). 97
- Figura 54. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *P. emarginatus* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalearização completa. Correlação 0,7719. 98
- Figura 55. *Pterodon emarginatus* (Fabaceae) em Brasília (A,B) e Itirapina (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500µm. 99
- Figura 56. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *A. peregrina*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$). 101
- Figura 57. Interpolação dos componentes 1 e 3, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *A. peregrina*. Participação na variância total, em %: componente 1 (51,9%), componente 3 12,6%). 102
- Figura 58. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *A. peregrina* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalearização completa. Correlação 0,8569. 103
- Figura 59. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Fabaceae) em Itirapina (A,B) e Jaguariaíva (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais; (E,F) Fibras gelatinosas. Escala barra: (A,B,C,D) 500µm; (E) 200µm; (F) 100µm. 104
- Figura 60. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *V. tucanorum*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$). 106
- Figura 61. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *V. tucanorum*. Participação na variância total, em %: componente 1 (36,9%), componente 2 (27,5%). 107
- Figura 62. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *V. tucanorum* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalearização completa. Correlação 0,8526. 108
- Figura 63. *Vochysia tucanorum* (Vochysiaceae) em Itirapina (A,B) e Jaguariaíva (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais; (E) Fibras gelatinosas; (F) Mácula medular. Escala barra: (A,B,C,D) 500µm; (E,F) 200µm. 109
- Figura 64. Gráfico de correlação de Spearman para a espécie *Q. grandiflora*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$). 111
- Figura 65. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *Q. grandiflora*. Participação na variância total, em %: componente 1 (59,4%), componente 2 (13,5%). 112
- Figura 66. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *Q. grandiflora* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalearização completa. Correlação 0,7531. 113

Figura 67. *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) em Brasília (A,B) e Jaguariáiva (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais; (E) Fibras gelatinosas; (F) Destaque fibras gelatinosas e depósito de substâncias em células do parênquima axial e radial. Escala barra: (A,B,C,D) 500µm; (E) 200µm; (F) 100µm.114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies utilizadas no estudo.....	39
Tabela 2. Diâmetros máximos e mínimos das amostras coletadas em cada espécie nas áreas de estudo.	40
Tabela 3. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis, sem distinção de espécies. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	71
Tabela 4. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável, considerando todas as espécies. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	73
Tabela 5. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie <i>Caryocar brasiliense</i> (pequi) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).....	74
Tabela 6. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie <i>Caryocar brasiliense</i> (pequi) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).	74
Tabela 7. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para <i>C. brasiliense</i> . Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	76
Tabela 8. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de <i>C. brasiliense</i> . Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	77
Tabela 9. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie <i>Copaifera langsdorffii</i> (copaíba) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).....	79
Tabela 10. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie <i>Copaifera langsdorffii</i> (copaíba) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).	79
Tabela 11. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para <i>C. langsdorffii</i> . Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	81
Tabela 12. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de <i>C. langsdorffii</i> . Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	82
Tabela 13. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie <i>Dalbergia miscolobium</i> (caviúna) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).....	85
Tabela 14. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie <i>Dalbergia miscolobium</i> (caviúna) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).	85
Tabela 15. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para <i>D. miscolobium</i> . Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.	87

- Tabela 16. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *D. miscolobium*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.....88
- Tabela 17. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pouteria torta* (grão-de-galo) em Brasília (DF) e Itirapina (SP).90
- Tabela 18. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pouteria torta* (grão-de-galo) em Brasília (DF) e Itirapina (SP). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).90
- Tabela 19. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *P. torta*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.....91
- Tabela 20. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *P. torta*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.....92
- Tabela 21. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pterodon emarginatus* (sucupira) em Brasília (DF) e Itirapina (SP).95
- Tabela 22. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pterodon emarginatus* (sucupira) em Brasília (DF) e Itirapina (SP). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).95
- Tabela 23. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *P. emarginatus*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.....96
- Tabela 24. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *P. emarginatus*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.....97
- Tabela 25. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). 100
- Tabela 26. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$)..... 100
- Tabela 27. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *A. peregrina*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área..... 101
- Tabela 28. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *A. peregrina*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área..... 102
- Tabela 29. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Vochysia tucanorum* (pau-tucano) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). 105
- Tabela 30. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Vochysia tucanorum* (pau-tucano) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$)..... 105

- Tabela 31. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *V. tucanorum*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área. 106
- Tabela 32. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *V. tucanorum*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área. 107
- Tabela 33. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Qualea grandiflora* (pau-terra) em Brasília (DF) e Jaguariaíva (PR). 110
- Tabela 34. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Qualea grandiflora* (pau-terra) em Brasília (DF) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). 110
- Tabela 35. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *Q. grandiflora*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área. 111
- Tabela 36. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *Q. grandiflora*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área. 112

1. INTRODUÇÃO

As savanas representam um dos maiores biomas neotropicais (BOURLIERE; HADLEY, 1983) e contribuem com cerca de 30% da produtividade primária líquida terrestre, sendo responsáveis por uma parcela significativa do estoque global de carbono (TERRA *et al.*, 2023). Constituem sistemas ecológicos heterogêneos, cuja distribuição resulta da interação entre variáveis climáticas, hidrológicas, edáficas e da dinâmica do fogo, bem como pelo histórico de herbivoria (MISTRY; BERADI, 2014). Apresentam fitofisionomias marcadas pela presença de um estrato herbáceo bem definido e um arbóreo/arbustivo composto por indivíduos de alturas variáveis, presentes de forma esparsa ou em agrupamentos mais densos, com dinâmica de crescimento sazonal associada à disponibilidade hídrica. Embora seja reconhecida a influência das condições climáticas na distribuição das vegetações lenhosas no mundo, em situações intermediárias de precipitação e sazonalidade, a presença do fogo pode ser determinante para o estabelecimento de vegetações savânicas ou florestais (STAYER; ARCHIBALD; LEVIN, 2011). A presença de gramíneas C₄ também pode estar relacionada à manutenção dos ecossistemas savânicos, por serem altamente produtivas em situações de luminosidade abundante e temperaturas elevadas na estação de crescimento, fatores que contribuem para o rápido acúmulo de matéria seca inflamável (LEHMANN *et al.*, 2011).

Por apresentar relações ecológicas e fisionômicas com savanas da América tropical, África, sudeste da Ásia e Austrália, o Cerrado brasileiro constitui o componente regional das savanas no Brasil, sendo composto por um mosaico de fitofisionomias que variam desde formações campestres até florestais (BEARD, 1953, 1955; COLE, 1958, 1960, 1987; EITEN, 1972, 1994). Segundo classificação de Ribeiro e Walter (1998), as formações florestais são representadas por mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerrado; as savânicas por cerrado (denso, típico, ralo e rupestre) vereda, parque de cerrado e palmeiral; sendo as campestres representadas pelos campos sujo, limpo e rupestre.

O sucesso adaptativo das espécies em diferentes ambientes está relacionado ao conjunto de características que possibilitam um balanço de carbono positivo para a planta (LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 2008), relacionando-se às suas estratégias de estabelecimento, crescimento e reprodução (MATTOS, 1998). Neste contexto, estudos das respostas das plantas a estresses ambientais múltiplos devem ser considerados como prioritários à compreensão mais abrangente do papel de uma espécie dentro de seu ecossistema. A análise da estrutura anatômica da madeira pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre a plasticidade ecológica das espécies, especialmente pela relevância do xilema secundário como tecido de sustentação, armazenamento e transporte hídrico das espécies arbóreas (COSMO; KUNIYOSHI; BOTOSSO, 2010). A existência de relações entre diferentes atributos de plantas, como densidade de madeira, fenologia e caracteres foliares, pode indicar diferentes padrões de respostas das plantas às alterações ambientais (GRİČAR *et al.*, 2020; NEVES *et al.*, 2022).

A formação do xilema secundário resulta da atividade das células meristemáticas do câmbio vascular, que por sua vez é influenciada por fatores como seca, inundação, altitude, latitude, constituição do solo, estádios sucessionais da vegetação e poluição (AMANO, 2007; COSTA *et al.*, 2003). Neste sentido, a avaliação intra-anual do crescimento do tronco de espécies arbóreas possibilita o estudo indireto da influência de fatores externos e internos na atividade cambial.

Neste contexto, este trabalho utilizou-se de amostras do lenho coletadas dentro dos limites do bioma Cerrado, com o objetivo de analisar possíveis variações anatômicas das espécies em função de sua localização geográfica e das características ambientais nas quais se encontravam inseridas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Verificar a influência das condições ambientais na estrutura anatômica do xilema secundário e avaliar possíveis tendências ecológicas no lenho de espécies presentes na região central do bioma Cerrado e em áreas limítrofes à Mata Atlântica.

2.2. Objetivos específicos

1. Descrever macro e microscopicamente a estrutura anatômica do xilema secundário das espécies selecionadas;
2. Analisar a presença de marcadores periódicos do crescimento do xilema secundário (camadas de crescimento);
3. Comparar quantitativamente a estrutura anatômica do xilema secundário das espécies entre áreas de estudo;
4. Relacionar as diferenças anatômicas do xilema secundário com as variações ambientais e localização geográfica.

3. REVISÃO

3.1. Contextualização sobre a terminologia adotada para o Cerrado

Neste trabalho será considerado como “bioma Cerrado” o conjunto de ecossistemas delimitados no mapa de Biomas do Brasil¹, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) (Figura 1). Embora tal definição se aproxime do conceito do Cerrado enquanto domínio fitogeográfico, optou-se por tratá-lo por “bioma” devido à consolidação do termo enquanto referência de unidade territorial empregada em mapeamentos e monitoramento da vegetação, bem como para a elaboração de legislação e políticas públicas específicas. Não se pretende, portanto, abordar as especificidades que compõem as divergências acerca dos fundamentos ecológicos, florísticos ou fitogeográficos envolvidos na determinação do Cerrado como um bioma (*cf.* BATALHA, 2011), mas sim utilizá-lo em seu sentido usual, segundo o entendimento de que se trata de um grande sistema ecológico que contempla um mosaico de ecossistemas que passam formações florestais, savânicas e campestres.

Será adotada a classificação das fitofisionomias descritas por Ribeiro e Walter (2008), que compila as apresentadas inicialmente no trabalho de Ribeiro e colaboradores (1983) com subtipos classificados por termos regionais de uso difundido. Os critérios adotados no trabalho de referência (RIBEIRO; WALTER, 2008) para a diferenciação dos tipos fitofisionômicos basearam-se primeiramente na fisionomia (forma), definida pela estrutura, formas de crescimento dominantes e por possíveis mudanças estacionais e, na sequência, nos aspectos ambientais (fatores edáficos) e da composição florística. Segundo esta classificação, são descritos onze tipos principais de vegetação para o bioma, distribuídos em formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), savânicas (cerrado sentido restrito ou *sensu stricto* “s.s.”, parque de cerrado, palmeiral e vereda) e campestres (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) que, combinados aos subtipos neste sistema, compõem vinte e cinco fitofisionomias, estando as principais ilustradas na figura 2. Este trabalho dará enfoque às fitofisionomias de cerrado sentido restrito (típico e denso) e cerradão, correspondentes às savanas arborizada e florestada segundo classificação do IBGE (2012).

Finalmente, esclarece-se que o bioma será referenciado pela grafia com inicial maiúscula (Cerrado), enquanto o termo “cerrado” (*sensu lato*) retratará as fitofisionomias por ele abrangidas, bem como os ecossistemas a elas associados.

¹ Disponível em ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/ [Acesso em 01/02/2018].

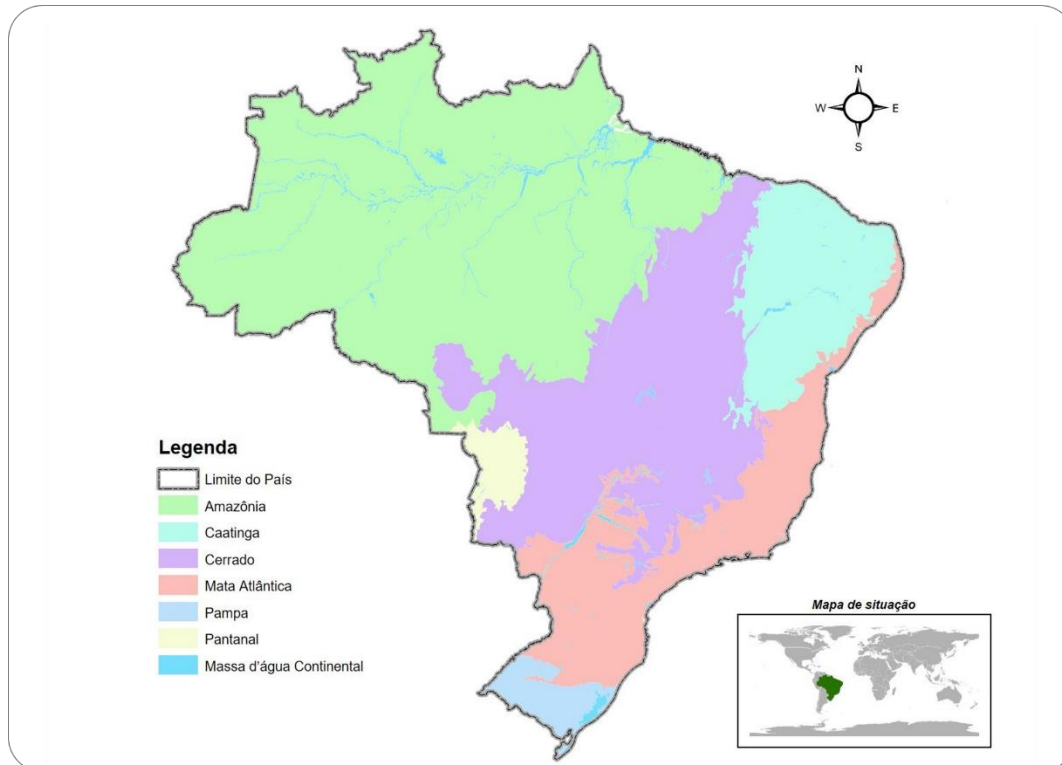


Figura 1. Biomas do Brasil. Fonte: IBGE, 2012, adaptado Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Disponível em <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/os-biomas-e-suas-florestas/608-florestas-nos-biomas-brasileiros?modal=1&tipo=tableau>. [Acesso em 15/01/2023].

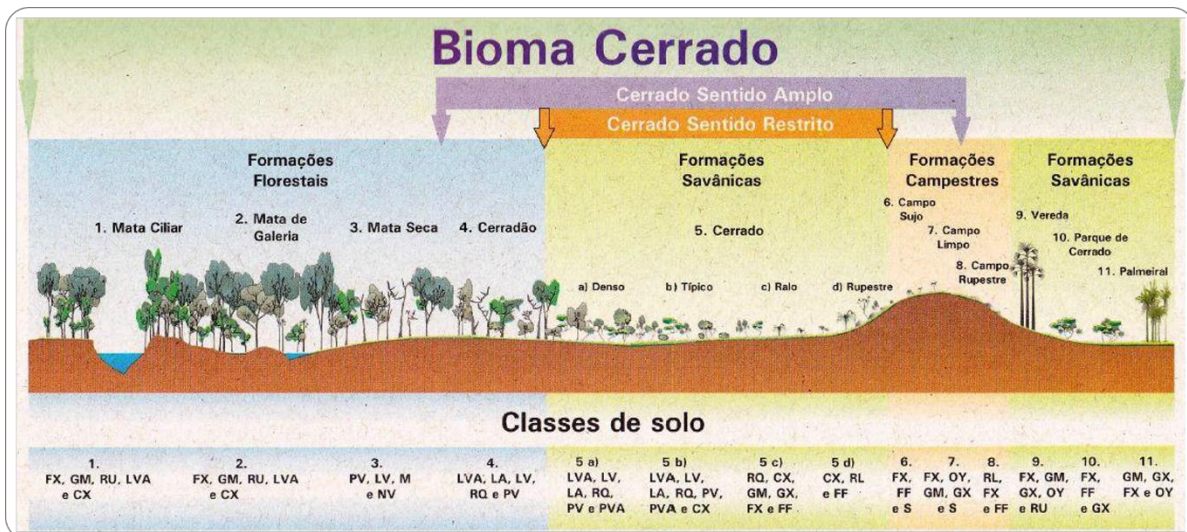


Figura 2. Principais fitofisionomias do bioma Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008). Classes de solos segundo EMBRAPA (2006).

3.2. Savanas tropicais

As savanas consistem na vegetação mais comum nos trópicos e subtópicos, podendo ser definidas genericamente como ecossistemas compostos por um estrato herbáceo bem definido, acompanhado de árvores e arbustos de alturas variáveis e presentes em diferentes densidades, com crescimento sazonal marcado pela

alternância de estações secas e úmidas (MISTRY; BERADI, 2014). São sistemas ecológicos extremamente heterogêneos quando considerados em escala temporal e espacial, com limites influenciados não apenas por aspectos abióticos, mas também pelo histórico de ocupação humana. Sua distribuição resulta da interação entre variáveis climáticas, hidrológicas, edáficas, da dinâmica do fogo, bem como a herbivoria (praticada por grandes mamíferos, significativa no continente africano) (TINLEY, 1982; GUIDÃO *et al.*, 2002; BOND, 2008).

O conceito de savana já se fundamentou unicamente em função das condições climáticas das regiões de ocorrência, contemplando posteriormente abordagens que consideravam as características fisionômicas da vegetação. Como exemplo da primeira pode-se citar (i) Köppen (1900, *apud* MISTRY; BERADI, 2014), que a definiu enquanto área abrangida pelos tipos climáticos tropical de savana (Aw) e monçônico (Am), situada entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, com precipitação anual entre 250 e 2.000mm; (ii) Jaeger (1945, *apud* MISTRY; BERADI, 2014), classificando-a como qualquer formação ou paisagem submetida a um inverno seco e verão chuvoso, e (iii) Whittaker (1975, *apud* MISTRY; BERADI, 2014), referindo-se aos ecossistemas com precipitação moderada a baixa, entre 500 e 1.300mm, e temperaturas médias anuais altas, entre 18 a 30°C. Dentre as abordagens fisionômicas destacam-se as propostas por (i) Dansereau (1957, *apud* MISTRY; BERADI, 2014), que descreveu as savanas como formações vegetacionais mistas, compostas por gramíneas e plantas lenhosas, situadas em qualquer localidade geográfica e (ii) Walter (1973, *apud* MISTRY; BERADI, 2014), que para além da caracterização enquanto formação mista, situou-as nas regiões tropicais e excluiu os campos sem a presença do componente lenhoso.

Tendo-se em vista a diversidade de fatores associados à distribuição das savanas no mundo, elaboraram-se modelos ecológicos que permitiram identificar variáveis-chave relacionadas não apenas à sua ocorrência, mas também à sua estrutura e função, destacando-se: disponibilidade hídrica, de nutrientes, dinâmica do fogo e herbivoria (STOTT, 1991). Em escala global, constatou-se que a umidade e os nutrientes disponíveis às plantas exerciam o controle primário da vegetação, sendo proposto um modelo fundamentado na relação entre umidade disponível às plantas (PAM)² e nutrientes disponíveis às plantas (PAN)³ (MISTRY; BERADI, 2014). A partir deste modelo, as diferentes formações savânicas foram categorizadas segundo sua posição no plano definido pelos eixos PAM/PAN, sendo (i) alta disponibilidade de nutrientes e baixa umidade, como as savanas sul-africanas de *Acacia* spp.; (ii) baixa disponibilidade de nutrientes e umidade, como as savanas saarianas, (iii) baixa disponibilidade de nutrientes e umidade moderada, como as savanas do rio Orinoco na Colômbia e Venezuela (llanos) e do Sudão, na África Central (miombos); e, finalmente, (iv) baixa disponibilidade de nutrientes e alta umidade, como no caso das savanas brasileiras (cerrados) (FROST *et al.*, 1986; *apud* MISTRY; BERADI, 2014). No entanto, considerando a distribuição das savanas em escala global, observou-se que condições ambientais similares não condicionam necessariamente a sua existência nos diferentes continentes.

Ao estudar os múltiplos fatores que determinariam a distribuição das florestas tropicais e savanas na África, América do Sul e Austrália, foram observadas diferenças intercontinentais na relação floresta-clima. Neste sentido, propôs-se um modelo conceitual mais amplo, no qual floresta e savana seriam consideradas como estados estáveis e alternativos, mantidos por feedbacks de cobertura de copa, bem como pela interação entre taxas de crescimento de árvores e limites de frequência de fogo (MURPHY; BOWMAN, 2012). Neste modelo,

² PAM: sigla referente à abreviação em inglês do termo “umidade disponível às plantas” - “plant-available moisture”.

³ PAN: sigla referente à abreviação em inglês do termo “nutrientes disponíveis às plantas” - “plant-available nutrients”.

qualquer fator que promova o crescimento das árvores (disponibilidade elevada de água, nutrientes, CO₂) ou diminua a frequência do fogo, favorecerá o fechamento da copa e, conseqüentemente, o equilíbrio do sistema floresta-savana tenderá para o estabelecimento da primeira em detrimento da segunda (MURPHY; BOWMAN, 2012).

Embora as condições climáticas reconhecidamente exerçam influência na distribuição das vegetações lenhosas no mundo, constatou-se que em regiões submetidas à níveis intermediários de precipitação (1.000 a 2.500mm) e sazonalidade moderada (inferior a 7 meses), a cobertura lenhosa apresenta distribuição bimodal (STAVER; ARCHIBALD; LEVIN, 2011). Nestes casos, apenas o fogo seria capaz de determinar a ocorrência de vegetações savânicas ou florestais, estando estas condições presentes em grandes áreas do globo, incluindo regiões da Amazônia e do Congo. Segundo os autores, as mudanças nas distribuições dos biomas, seja em detrimento das savanas em consequência da fragmentação, ou das florestas em função do clima, não serão lineares nem facilmente reversíveis. A compreensão da influência dos fatores locais e regionais que atuam nestes ecossistemas, bem como os aspectos relacionados à sobrevivência das espécies, é de grande importância na elaboração de modelos ecológicos mais refinados que possam auxiliar nas previsões relativas à sobrevivência e distribuição das espécies em cenários prováveis de alterações climáticas e ambientais.

3.3. O bioma Cerrado

Considerado um *hotspot* global de biodiversidade, o Cerrado se destaca pela abundância de espécies, abrigando 12.734 espécies de plantas nativas já catalogadas, dentre as quais se encontram angiospermas, gimnospermas, samambaias e licófitas (WALTER, 2018). *Hotspots* são definidos como regiões com grande diversidade de espécies de plantas endêmicas (superior a 1.500), associadas a elevadas taxas de degradação do habitat natural, com no mínimo 70% de perda da área original (MITTERMEIER *et al.*, 2004). Embora apresente um número inferior de espécies vegetais quando comparado a outro *hotspot* brasileiro, a Mata Atlântica (16.476 espécies), atualmente o número de espécies conhecidas no Cerrado aproxima-se das encontradas na Amazônia (12.750 espécies em 4,19 milhões de km²), com o destaque de ocupar aproximadamente metade de sua área (WALTER, 2018). Trata-se de um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e de continentes como a África, Sudeste da Ásia e Austrália (BEARD, 1953, 1955; COLE, 1958, 1960, 1987; EITEN, 1972, 1994).

A grande diversidade de habitats resulta da transição entre as diferentes tipologias de vegetação, que vão desde formações campestres até florestais, abrigando um total de 251 espécies de mamíferos, 856 espécies de aves, além da grande diversidade de peixes (800 espécies), répteis (262 espécies) e anfíbios (204 espécies) (SAWYER; COUTINHO; HATHAWAY, 2017). Por essas razões, em termos biológicos, o Cerrado é considerado uma das regiões de savana tropical mais ricas do mundo (MITTERMEIER *et al.*, 2004).

O Cerrado abrange uma vasta extensão territorial, ocupando mais de 20 graus de latitude e dez graus de longitude e contém as três maiores bacias hidrográficas sul-americanas (FELFILI; SILVA JUNIOR, 2005), destacando sua importância para a segurança dos recursos hídricos e da biodiversidade. Assim como outras savanas e campos em todo o mundo, o Cerrado pode ser reconhecido como uma “floresta invertida”, devido à maior proporção de estoques de carbono abaixo do solo, especialmente na biomassa das raízes e no próprio solo (TERRA *et al.*, 2023). A alta quantidade de biomassa encontrada nesses ecossistemas pode ser vista como

estratégia para superar um conjunto complexo de probabilidades ambientais que atuam sinergicamente, incluindo longos períodos de seca, solos de baixa fertilidade e incêndios frequentes (TERRA *et al.*, 2023).

Sua área nuclear encontra-se no Distrito Federal, estando presente em dez estados (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Maranhão, Bahia, Piauí, Minas Gerais, São Paulo e Paraná) e em 1.408 municípios (SAWYER; COUTINHO; HATHAWAY, 2017). Há também enclaves isolados outras regiões do país, compondo “ilhas” de vegetação de cerrado em outros biomas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O Cerrado apresenta vegetação cujas fisionomias englobam formações florestais, savânicas e campestres, sendo floresta a área com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo (RIBEIRO; WALTER, 2008). As formações savânicas são compostas por árvores e arbustos espalhados sobre um estrato herbáceo, sem a formação de dossel contínuo, enquanto “campo” designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, observando-se a inexistência de árvores na paisagem (RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo classificação de Ribeiro e Walter (1998), as formações florestais são representadas por mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão; as savânicas por cerrado (denso, típico, ralo e rupestre), vereda, parque de cerrado e palmeiral; sendo as campestres representadas pelos campos sujo, limpo e rupestre.

O relevo no qual se insere o bioma é, de modo geral, plano ou suavemente ondulado, estendendo-se por imensos planaltos ou chapadões. Cerca de 50% de sua área situa-se entre altitudes de 300 a 600m acima do nível do mar, sendo que apenas 5,5% da área encontra-se em altitudes superiores a 900m, não ultrapassando, em geral, os 1.100m (SAWYER; COUTINHO; HATHAWAY, 2017) (COUTINHO, 2019).

O Cerrado possui características climáticas próprias, com precipitações anuais variando de 600 a 800mm no limite com a Caatinga e de 2.000 a 2.200mm na interface com a Amazônia (REATTO; MARTINS, 2005). A definição do clima estacional do bioma decorre da influência de dois fatores: (i) precipitação média anual entre 1.200 a 1.800mm e (ii) duração do período seco, que pode ser de cinco a seis meses. Essas características inserem o Cerrado em uma posição intermediária entre a Amazônia, com déficit hídrico inferior a três meses, e a Caatinga, com períodos de seca que duram de sete a oito meses (ADÂMOLI; MACÊDO; MADEIRA NETO, 1986; ASSAD; EVANGELISTA, 1994).

3.4. Anatomia ecológica da madeira e respostas das plantas ao ambiente

O sucesso adaptativo de uma espécie em um dado ambiente relaciona-se ao conjunto de características que promova em um balanço de carbono positivo para a planta (LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 2008). Neste contexto, estudos das respostas das plantas a estresses ambientais múltiplos devem ser considerados como prioritários à compreensão mais abrangente do papel de uma espécie dentro de seu ecossistema, assim como ao entendimento das relações causais que são responsáveis, em grande parte, pelos padrões de estabelecimento, crescimento e reprodução dos vegetais (MATTOS, 1998).

A madeira é um tecido complexo e seus componentes celulares apresentam o polimorfismo como mecanismo evolutivo. Os tipos de células evoluem de forma colaborativa, sendo assim, o valor preditivo da anatomia da madeira deve ser moderado pelo conhecimento da planta inteira (CARLQUIST, 2012) e sua diversidade deve ser considerada em termos de seleção de características estruturais (CARLQUIST, 2018). Estudos ecofisiológicos de espécies arbóreas vêm sendo desenvolvidos nas últimas décadas com o objetivo de

avaliar os mecanismos morfofuncionais das plantas e sua relação com as condições ambientais, buscando compreender as estratégias relacionadas ao uso da água em ecossistemas tropicais sazonais (BORCHERT, 1980, 1994c, 1994a, 1994b, 1999; BORGES; PRADO, 2018; LIMA; RODAL, 2010). Neste sentido, verificou-se a existência de uma relação entre diferentes atributos de plantas, como densidade da madeira, fenologia e caracteres foliares (HOLBROOK; WHITBECK; MOONEY, 1995). Para estes autores, a análise da estrutura (características foliares, radiculares e propriedades hidráulicas), fisiologia (uso da água e trocas gasosas) e fenologia (padrão sazonal da atividade dos meristemas) pode indicar padrões de respostas das plantas em função das mudanças na disponibilidade hídrica.

Espécies do Cerrado de diferentes grupos fenológicos foliares apresentaram padrões distintos de crescimento do tronco (SARACENO, 2006). Algumas espécies decíduas e brevidecíduas apresentaram maior taxa de crescimento radial no início da estação chuvosa, com uma queda progressiva a partir deste período, enquanto espécies sempre-verdes demonstraram comportamento oposto, mostrando-se sensíveis às variações de pluviosidade durante o período úmido e apresentando maiores taxa de crescimento nos meses de maior precipitação (SARACENO, 2006). Em estudo realizado com a espécie sempre-verde *Cordia concolor* observou-se que, independentemente da época do ano, a atividade cambial foi positivamente relacionada ao fotoperíodo, enquanto o teor de água no solo afetou a dormência cambial somente após a redução do fotoperíodo (final do verão) (LARA *et al.*, 2017). As variações estruturais e funcionais da casca também podem estar associadas ao armazenamento e transporte de água, relacionadas principalmente às propriedades da casca interna. Em estudo realizado com 31 espécies de Cerrado (LORAM-LOURENÇO *et al.*, 2020), aquelas que exibiam casca interna mais grossa e menos densa apresentaram maiores teores de água na madeira, casca e folhas, bem como estiveram relacionadas à maior condutividade hidráulica do caule, assimilação de carbono e crescimento.

A dinâmica de utilização de água pelas plantas, bem como sua conseqüente influência no comportamento fenológico e no crescimento, deve ser avaliada não apenas em função dos fatores abióticos (precipitação, temperatura, umidade do solo, fotoperíodo), mas também de atributos das plantas como estrutura e longevidade foliar, potencial hídrico e densidade da madeira (LIMA, 2010; VENANCIO, 2016).

A anatomia ecológica do xilema compreende o estudo das influências ambientais sobre as variações que podem ocorrer sobre as estruturas das espécies lenhosas. Deste modo, diferentes condições ambientais são capazes de produzir diferentes fenótipos em plantas (BRADSHAW, 2006). A análise de estruturas anatômicas pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre a plasticidade ecológica da espécie, especialmente pela relevância do xilema secundário como tecido de sustentação, armazenamento e transporte hídrico das espécies arbóreas (COSMO; KUNYOSHI; BOTOSSO, 2010).

Na estrutura da madeira, seus vários elementos celulares podem sofrer influência do ambiente e apresentar variações, podendo estar relacionadas (i) aos vasos (diâmetro, comprimento e densidade de vasos, como observado em Carlquist (1977); Baas, Werker e Fahn (1983); Marcati, Angyalossy-Alfonso e Benetati (2001); Longui, Romeiro e Alves (2012); Simioni e colaboradores (2021); Longui e colaboradores (2022); (ii) ao parênquima axial (distribuição e arranjo, como em Villagra e Roig Juñent, 1997); (iii) às fibras (comprimento e espessura da parede, como em Barajas-Morales, 1985; Luchi, 2004; Sonsin e colaboradores, 2012; (iv) aos raios (largura e altura dos raios, Den Outer e Van Veenendaal, 1976; Luchi, 2004; Luchi, Silva e Moraes, 2005; Bosio, Soffiatti e Boeger, 2010; Longui e colaboradores, 2012).

Algumas tendências ecológicas foram estabelecidas quanto aos tipos celulares que compõem o xilema secundário, principalmente em relação aos elementos de vaso, cujos aspectos são os mais estudados e apresentam maior resposta às variações ambientais. No entanto, parte considerável da madeira exerce funções além da condução, como resistência mecânica, reforço de vasos largos por fibras de paredes espessas, armazenamento de água, reserva de nutrientes, flexibilidade, dentre outras. Essas funções podem acabar sendo negligenciadas, uma vez que não podem ser medidas tão prontamente quanto a condução (CARLQUIST, 2012). O parênquima axial e o parênquima radial formam uma rede contínua no xilema, sendo assim, todas as células condutoras têm contato próximo com as células vivas do parênquima quando vistas tridimensionalmente. Em madeiras portadoras de vasos, o parênquima axial se diversificou para assumir papéis proeminentes no armazenamento de água e carboidratos, bem como na manutenção da condução nos vasos (CARLQUIST, 2018). Essa diversificação depende de uma conexão com os raios, que evolutivamente foram se tornando maiores e mais diversos, atuando como vias de passagem e armazenamento de fotossintatos (CARLQUIST, 2018).

No geral, indivíduos de áreas mais secas possuem elementos de vaso de menor diâmetro (BAAS; CARLQUIST, 1985; BAAS; WERKER; FAHN, 1983; LONGUI *et al.*, 2022; LUCHI, 2004; SONSIN *et al.*, 2012) e em maior densidade, como forma de garantir o fluxo hídrico (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; BAAS; CARLQUIST, 1985; BAAS; WERKER; FAHN, 1983; BARAJAS-MORALES, 1985; JÚNIOR *et al.*, 2017). Fibras com paredes mais finas são mais frequentes em ambientes úmidos, enquanto as que apresentam paredes mais espessas são encontradas em ambientes mais secos (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; LUCHI, 2004; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005; SONSIN *et al.*, 2012). Com relação ao parênquima axial, trabalhos relacionam uma maior abundância em ambientes mais secos (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; LONGUI *et al.*, 2012; LUCHI; SILVA; MORAES, 2005).

A existência de camadas de crescimento é relatada para espécies tropicais em clima sazonal com períodos de seca bem definidos (BAAS, 1973). Os anéis de crescimento evidenciam diferentes estratégias que ocorrem na madeira durante o crescimento da planta, sendo composta por células condutivamente eficientes no lenho inicial (vasos mais largos em menor número), e células condutivamente mais seguras no lenho tardio (vasos mais estreitos) (CARLQUIST, 2012). Worbes (1995) confirma que espécies de regiões tropicais apresentam camadas de crescimento distintas em locais com flutuações na disponibilidade hídrica. Vários estudos demonstram uma estreita relação entre estresse hídrico, fenologia e atividade cambial (BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001; LISI *et al.*, 2008). A presença de anéis de crescimento em 48% das espécies estudadas por Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) revela que as madeiras de muitas espécies tropicais possuem anéis de crescimento anatomicamente bem demarcados.

Ao estudar a periodicidade da formação dos anéis de crescimento no Cerrado, Coradin (2000) encontrou anéis anuais em espécies decíduas e sempre-verdes, bem como camadas indistintas ou mais de uma camada anual em espécies sempre-verdes. Em estudo realizado com 48 espécies representativas do Cerrado, Marcati, Oliveira e Machado (2006) encontraram camadas de crescimento bem definidas em 61% das espécies estudadas, mal definidas em 33% e ausentes em apenas 6%. Segundo as autoras, a maior parte das espécies que apresentaram camadas distintas são decíduas ou semidecíduas (63%) e a menor parte sempre-verdes (37%). Os marcadores anatômicos mais observados foram espessamento e achatamento das paredes das fibras, seguido pelo parênquima axial em faixas e em linhas marginais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo foram selecionadas de modo a abranger locais representativos do bioma Cerrado em sua região central de ocorrência e em ecorregião de contato com a Mata Atlântica (Figura 3).

Para representar as áreas de contato entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica selecionou-se a ecorregião Paranapanema Grande, abrangendo os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná e ocupando 7,14% do bioma. As altitudes variam de 400m a 1000m, com solos predominantes do tipo Latossolo (Vermelho e Vermelho-Amarelo) e, em menor escala, Neossolos Quartzarênicos (ARRUDA *et al.*, 2008). Foram realizadas coletas no município de Jaguariaíva, PR (Parque Estadual do Cerrado - IAP), limite austral do bioma, bem como no município de Itirapina, SP (Fazenda São José da Conquista, propriedade particular).

Na área de distribuição central do Bioma selecionou-se a ecorregião do Planalto Central Goiano, que corresponde a 7,84% do bioma. A variação topográfica é bastante intensa, atingindo altitudes de 350m nas calhas dos principais rios e alcançando altitudes de 1200m no compartimento denominado Planalto do Distrito Federal. Devido à variabilidade de relevos e materiais rochosos, há uma grande variedade de solos, predominando os tipos latossólicos (Latosolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos), com presença de Cambissolos e Neossolos Litólicos (ARRUDA *et al.*, 2008). Nesta região foram realizadas coletas em Brasília, DF (Parque Nacional de Brasília – ICMBio).

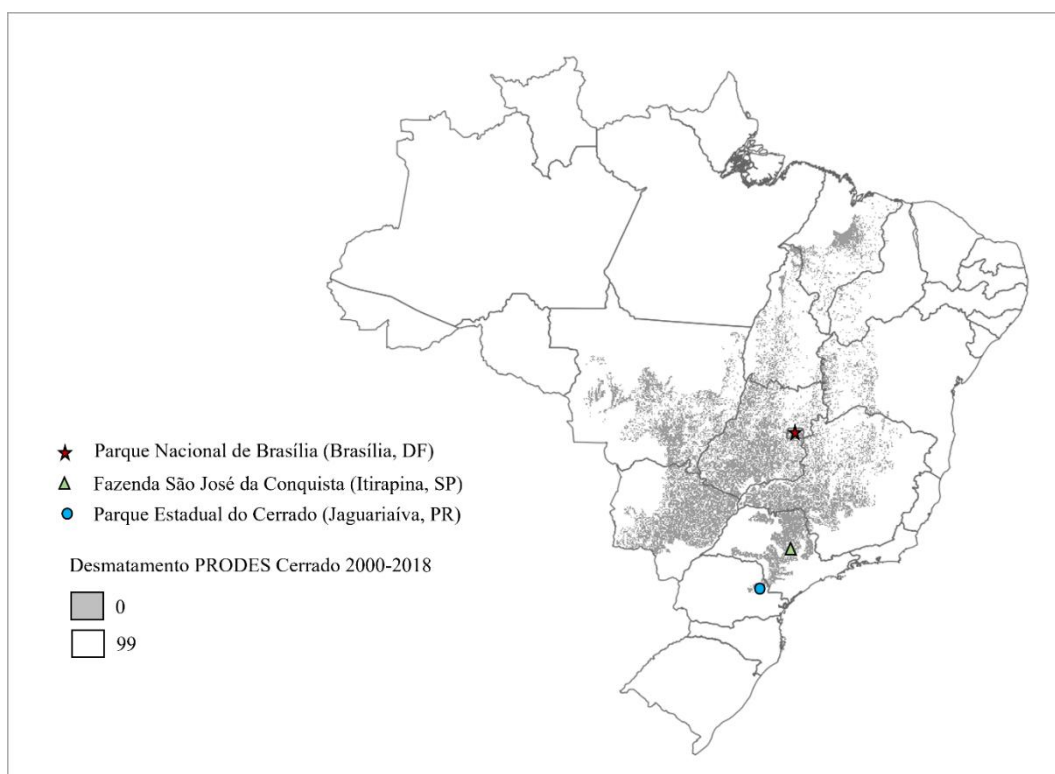


Figura 3. Localização das áreas de estudo e desmatamento no bioma Cerrado (PRODES Cerrado, 2000-2018). Fonte: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em janeiro de 2023.

4.1. Caracterização das áreas de estudo

4.1.1. Distrito Federal – Brasília: localização, vegetação e clima

Situado na região noroeste do Distrito Federal a aproximadamente 10km do centro de Brasília, o Parque Nacional de Brasília (PNB) está inserido na região administrativa de Brasília entre as coordenadas 15°35'-15°45'S e 47°55'-48°55'W, sob altitude média de 1.100m, com acesso principal pela Estrada Parque Indústria e Abastecimento (via EPIA). Intimamente relacionada à construção da capital federal, a criação do Parque em 1961 abrangia uma área de 30.000ha, sendo posteriormente expandida para 42.389ha no ano de 2004, extrapolando então os limites do Distrito Federal. O PNB, junto com a Estação Ecológica de Águas Emendadas e as Unidades de Conservação Fazenda Água Limpa (UnB), Reserva Ecológica do IBGE e o Jardim Botânico de Brasília, compõem as zonas-núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado, reconhecida em 1993 pela UNESCO (ROVERATTI, 2008).

De maneira geral, os solos da unidade apresentam problemas quanto à disponibilidade de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, apresentando tipos vegetacionais adaptados aos solos ácidos e distróficos, como cerrado e campo cerrado (IBAMA; FUNATURA, 1998)(INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA; FUNDAÇÃO PRÓ-NATUREZA - FUNATURA, 1998). Nas regiões em que há um ligeiro incremento na oferta de nutrientes desenvolvem-se matas ciliares e campos de várzea (IBAMA; FUNATURA, 1998). Na área do Parque ocorrem Latossolos (vermelho escuro e amarelo), Cambissolos, Gleissolos, Plintossolos e Neossolos quartzarênicos (IBAMA; FUNATURA, 1998), sendo que as áreas de estudo se localizam em áreas de Latossolos. No Parque foi descrita a ocorrência dos seguintes tipos fitofisionômicos: mata de galeria pantanosa, mata de galeria não pantanosa, cerrado denso, cerrado *sensu stricto*, campo sujo, campo limpo, campo úmido, brejo, campo de murunduns, vereda, campo rupestre e áreas antropizadas (IBAMA; FUNATURA, 1998). As árvores coletadas para o estudo encontram-se nas seguintes fitofisionomias: (i) cerrado *sensu stricto* a cerrado denso (trilha das árvores de *Caryocar brasiliense* Cambess, *Dalbergia miscolobium* Benth., *Pouteria torta* (Mart.) Radlk., *Pterodon emarginatus* Vogel e *Qualea grandiflora* Mart.); (ii) cerrado denso a cerradão (*Copaifera langsdorffii* Desf.) (Figuras 4 e 5).

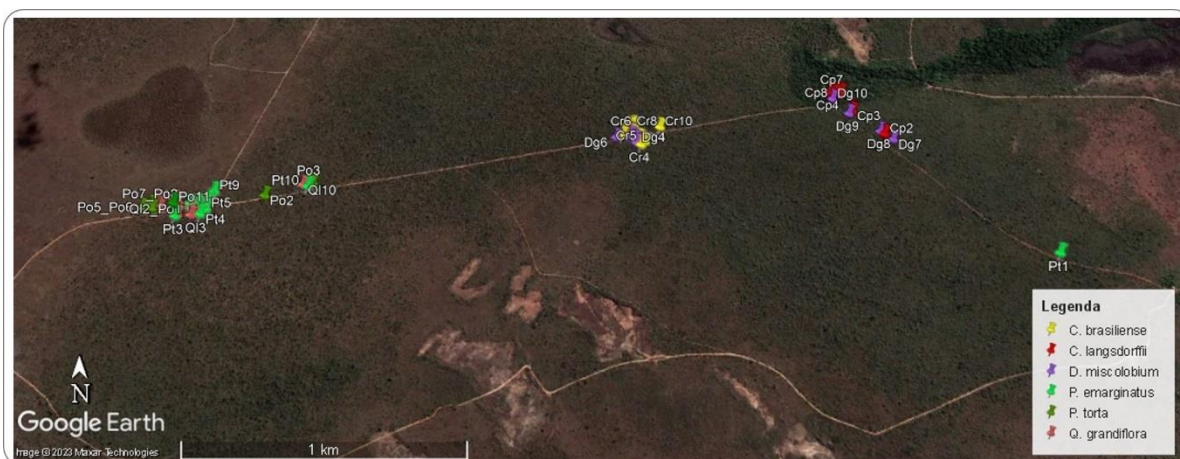


Figura 4. Localização das árvores e espécies na área de estudo em Brasília – DF (Parque Nacional de Brasília).



Figura 5. Parque Nacional de Brasília, Brasília – DF: (A) Área de cerrado *sensu stricto*; (B) Área de cerradão com árvores de *C. langsdorffii*.

O clima da região é caracterizado como tropical com invernos secos (Aw) (ALVARES *et al.*, 2014), marcado por déficit hídrico no solo de 5 meses (maio a setembro) (Figura 6A). O período chuvoso abrange os meses entre outubro e abril (precipitações médias mensais entre 124 - 249mm), mais marcadamente de novembro a fevereiro, em que as precipitações médias superam os 200mm (Figura 6B). Após o período de déficit hídrico, o processo de reposição de água no solo tem início com as chuvas em outubro, seguido por 6 meses de excedente hídrico (novembro a abril) (Figura 6A), período em que se observam os maiores valores de evapotranspiração real (ETR de 81,3 - 93,2mm em abril e março, respectivamente) (Figura 6B). As temperaturas médias mensais sofrem pouca variação ao longo do ano, mantendo-se em torno de 20-21°C, atingindo 18,3°C no mês mais frio (julho) e 22,7°C no mês mais quente (outubro) (Figura 6C).

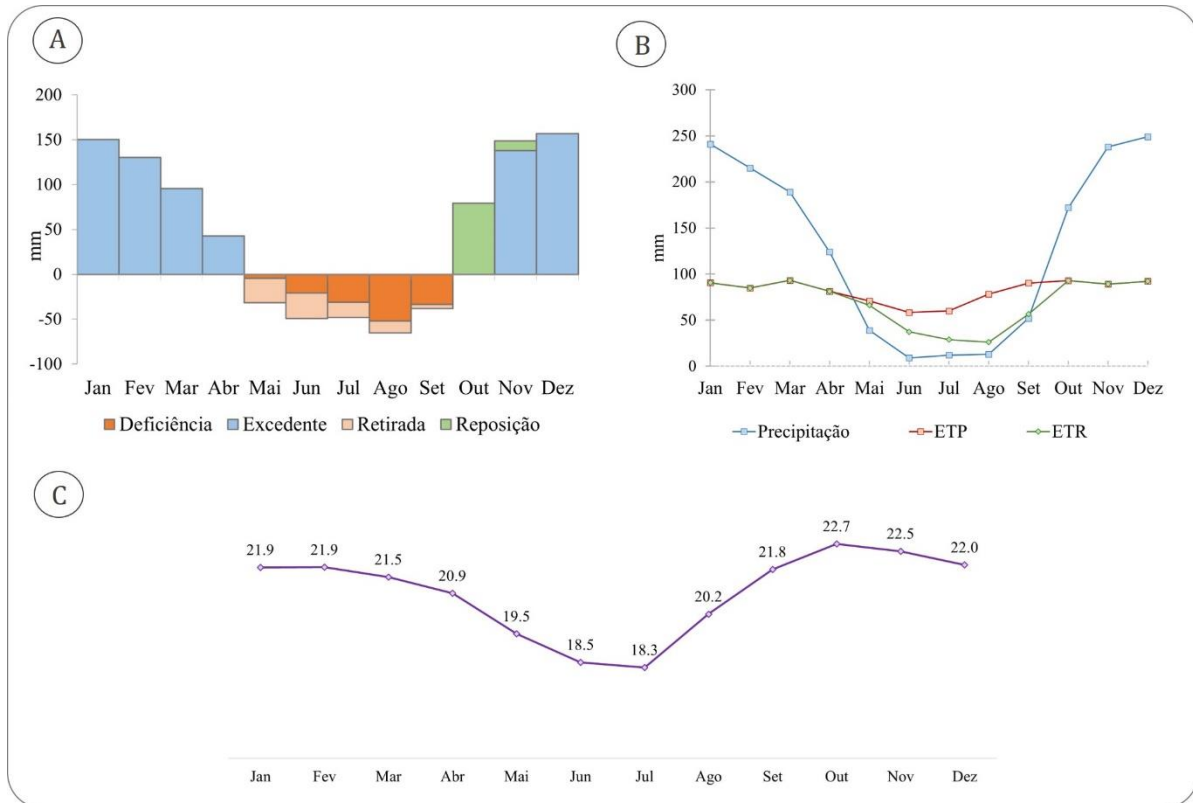


Figura 6. Características climáticas da região do Parque Nacional de Brasília, Brasília-DF: (A) Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo (mm); (B) Balanço hídrico normal mensal: precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (mm); (C) Temperaturas médias mensais (°C). Fonte: (A,B) <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>; (C) (ALVARES *et al.*, 2014).

4.1.2. São Paulo - Itirapina: localização, vegetação e clima

O estudo foi realizado em propriedade particular (Fazenda São João da Conquista), cujo acesso se dá pelo km 08 da Rodovia Municipal Ayrton Senna, localizando-se entre as coordenadas 22°10'S, 47°52'W, em altitude de 660m. Predominam as fitofisionomias de cerrado *sensu stricto* (típico e denso) e áreas de cerradão. As árvores encontram-se distribuídas em quatro trilhas principais, sendo: (i) área de cerrado típico a denso, nas quais se encontram as árvores de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul (angico), *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequi) e *Pterodon emarginatus* Vogel (sucupira); (ii) área de cerrado denso a cerradão, com indivíduos de *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. (grão-de-galo) e *Vochysia tucanorum* Mart. (pau-tucano); (iii) área de cerradão, com *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba) e (iv) área de cerrado típico, com as árvores de *Dalbergia miscolobium* Benth. (caviúna) (Figuras 7 e 8).



Figura 7. Localização das árvores e espécies na área de estudo em Itirapina - SP.



Figura 8. Itirapina, SP: (A) Vista geral da fitofisionomia de cerrado denso; (B) Área antropizada de cerradão, com presença abundante de lianas em árvores de *C. langsdorffii*.

O tipo climático da região é mesotérmico úmido (Cwa) (ALVARES *et al.*, 2014), com invernos secos e verões chuvosos, precipitação média anual de 1.501mm e temperatura média de 22°C (SETZER, 1966 *apud* REYS, 2008). Em Itirapina⁴, os meses de janeiro e fevereiro se caracterizam pelas maiores médias mensais de temperatura e precipitação (aproximadamente 23°C e 230mm, respectivamente), enquanto os meses de junho e julho são marcados pelas menores médias (aproximadamente 17°C e 30mm) (Figuras 9B e C). Observa-se déficit hídrico de 6 meses, durante os meses de abril a setembro, atingindo valor máximo de 19,6mm em agosto. No mês de outubro inicia-se a reposição de água no solo, seguido de um período de 5 meses de excedente hídrico (novembro a março, com máximo de 151mm em janeiro) (Figura 9A). A evapotranspiração real máxima (ETR) é observada no mês de janeiro (112,7mm), sendo a mínima de 34,7mm em julho (Figura 9B).

⁴ Valores apresentados por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), projeto BHBRASIL: Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Organizado por Sentelhas e colaboradores. Dados disponíveis para consulta e download em <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html> [Acesso: janeiro de 2019].

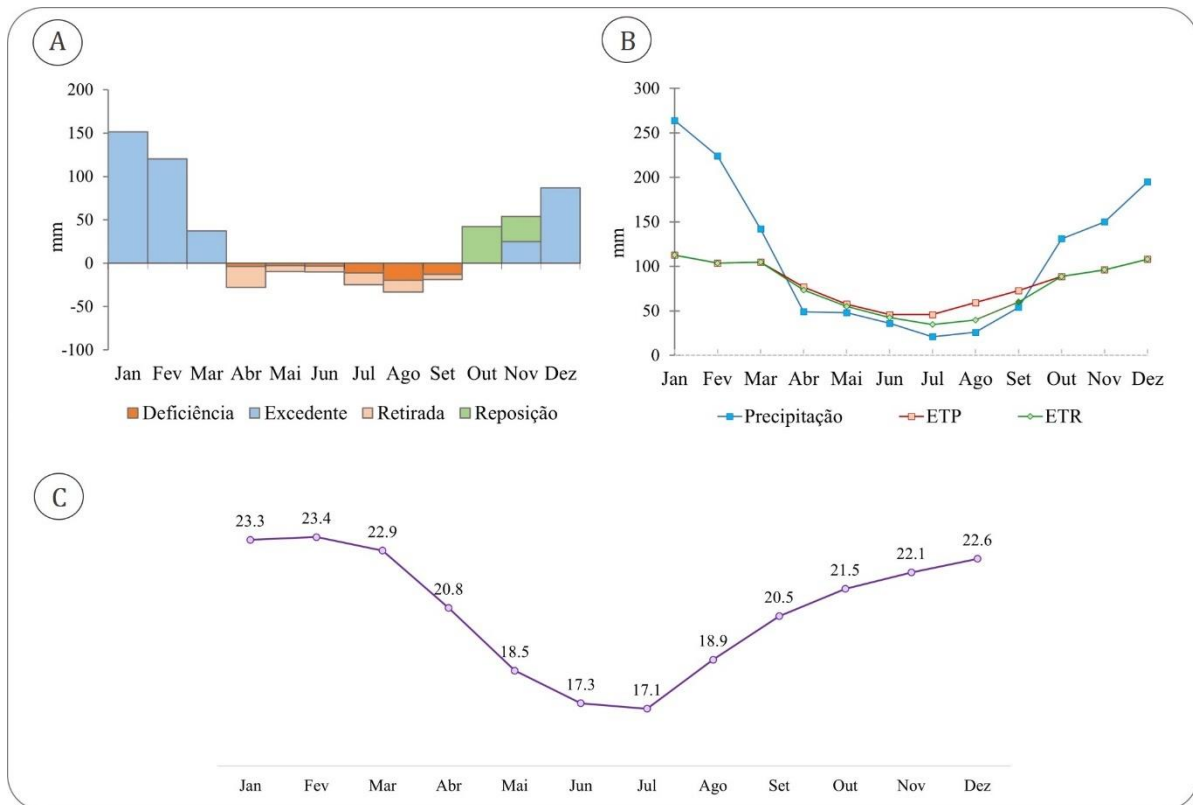


Figura 9. Características climáticas da região de Itirapina, SP: (A) Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo (mm); (B) Balanço hídrico normal mensal: precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (mm); (C) Temperaturas médias mensais (°C). Fonte: (A,B) <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>; (C) (ALVARES et al., 2014).

4.1.3. Paraná – Jaguariaíva: localização, vegetação e clima

O Parque Estadual do Cerrado consiste em uma ilha isolada de remanescente de Cerrado em seu limite meridional e está inserido no município de Jaguariaíva, PR, distante aproximadamente 7km de seu perímetro urbano sob as coordenadas 24°09'S e 50°18'W. Apresenta uma área total de 426,62ha e abriga formações savânicas e florestais, variando entre campo limpo/sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e, em menor escala, cerradão (UHLMANN; GALVÃO; SILVA, 1998). Predominam os Latossolos de baixa fertilidade natural (Latosolo Vermelho típico e Latossolo Vermelho Amarelo) variando de álico a distrófico e textura média a argilosa, ocorrendo ainda Organossolos e Argissolos Gleicos, Litossolos e afloramento de rochas (UHLMANN; GALVÃO; SILVA, 1998). O relevo varia de ondulado a suave ondulado, com altitude de 900 a 800m, chegando a 750m no rio Jaguariaíva (UHLMANN; GALVÃO; SILVA, 1998).

As árvores encontram-se distribuídas em três trilhas principais (Figuras 10 e 11), sendo: (i) área de cerrado típico a denso, com árvores de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico), *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba) e *Dalbergia miscolobium* Benth. (caviúna); (ii) área de cerrado típico com indivíduos de *Qualea grandiflora* Mart. (pau-terra) e *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequi), sendo os últimos presentes na forma de brotação de órgãos subterrâneos e poucos exemplares com tronco formado, (iii) área de cerrado denso a cerradão, com árvores de *Vochysia tucanorum* Mart. (pau-tucano) e alguns indivíduos de *Caryocar brasiliense* (pequi) com tronco formado, sendo o maior exemplar com 3,3m de altura e circunferência de 59,0cm.



Figura 10. Localização das árvores e espécies no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva - PR (Parque Estadual do Cerrado).

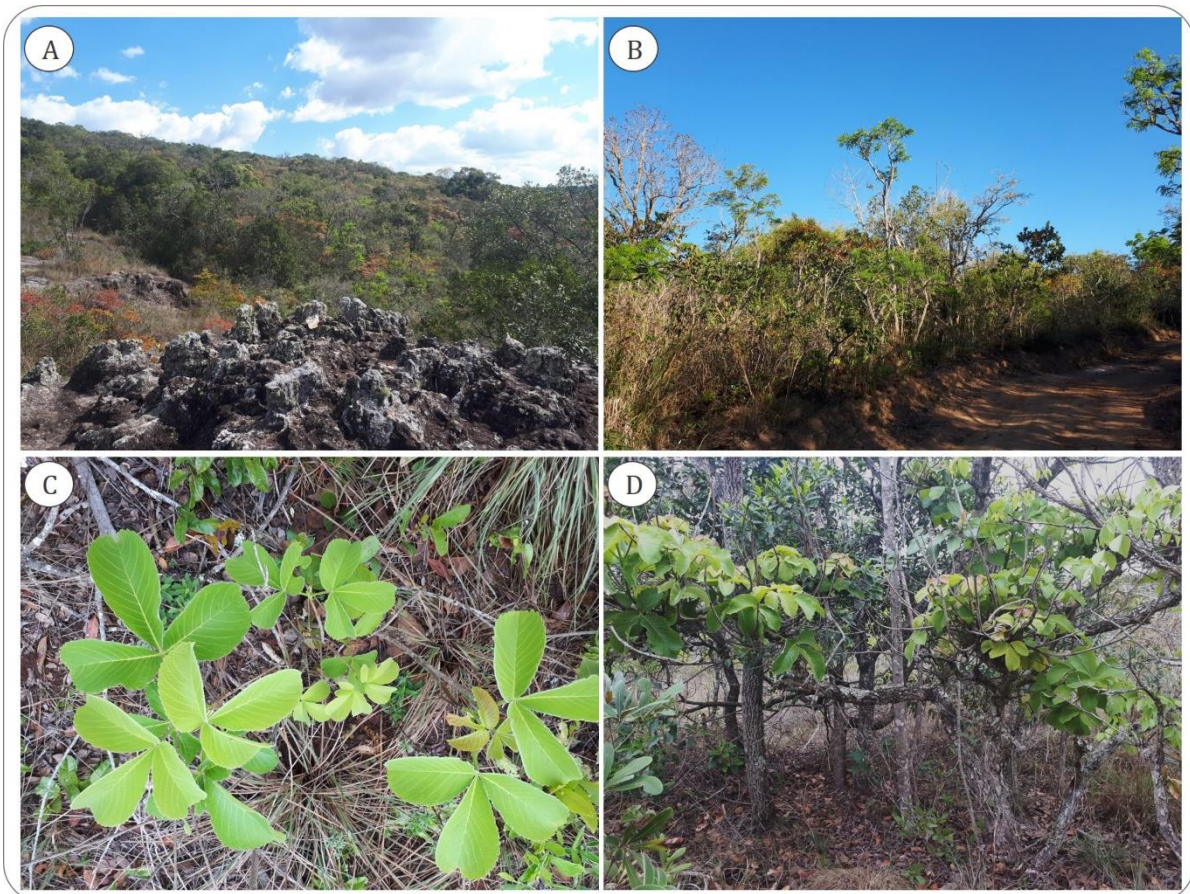


Figura 11. Aspectos da vegetação no Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva – PR: (A) Área de cerrado denso com presença abundante de árvores de *C. langsdorffii*, *D. miscolobium* e *A. peregrina*; (B) Área de cerrado típico com presença de árvores de *A. peregrina*, *D. miscolobium*, *Q. grandiflora* e brotações de órgãos subterrâneos de *C. brasiliense*; (C) Brotações de órgãos subterrâneos da espécie *C. brasiliense* (fenótipo predominante da espécie na área); (D) Indivíduo de *C. brasiliense* com formação de tronco em área de cerrado denso, próximo à área de ocorrência de *V. tucanorum*.

O clima da região é caracterizado como temperado com verão ameno (Cfb) (ALVARES *et al.*, 2014), no qual as chuvas são uniformemente distribuídas, sem estação seca, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C, precipitação entre 1.100 a 2.000 mm, com ocorrência de geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de 5 geadas noturnas por ano (MAACK, 1981 *apud* VON LINSINGEN *et al.*, 2006). Uma vez que o município de Jaguariaíva não faz parte da base de dados do projeto BHBRASIL⁵, foram utilizados dados do município de Castro, PR, distante 80km de Jaguariaíva. Diferente das demais áreas de estudo, observa-se que não há períodos de déficit hídrico no solo ao longo do ano (Figura 12A), mesmo nos meses registrados historicamente como sendo de menor precipitação (Figura 12B). Uma vez que a precipitação é bem distribuída ao longo do ano e não há déficit hídrico no solo, a evapotranspiração real (ETR) equipara-se à evapotranspiração potencial (ETP) (Figura 12B). A região é marcada por baixas temperaturas nos meses de junho a agosto, com médias entre 12-13°C (Figura 12C).

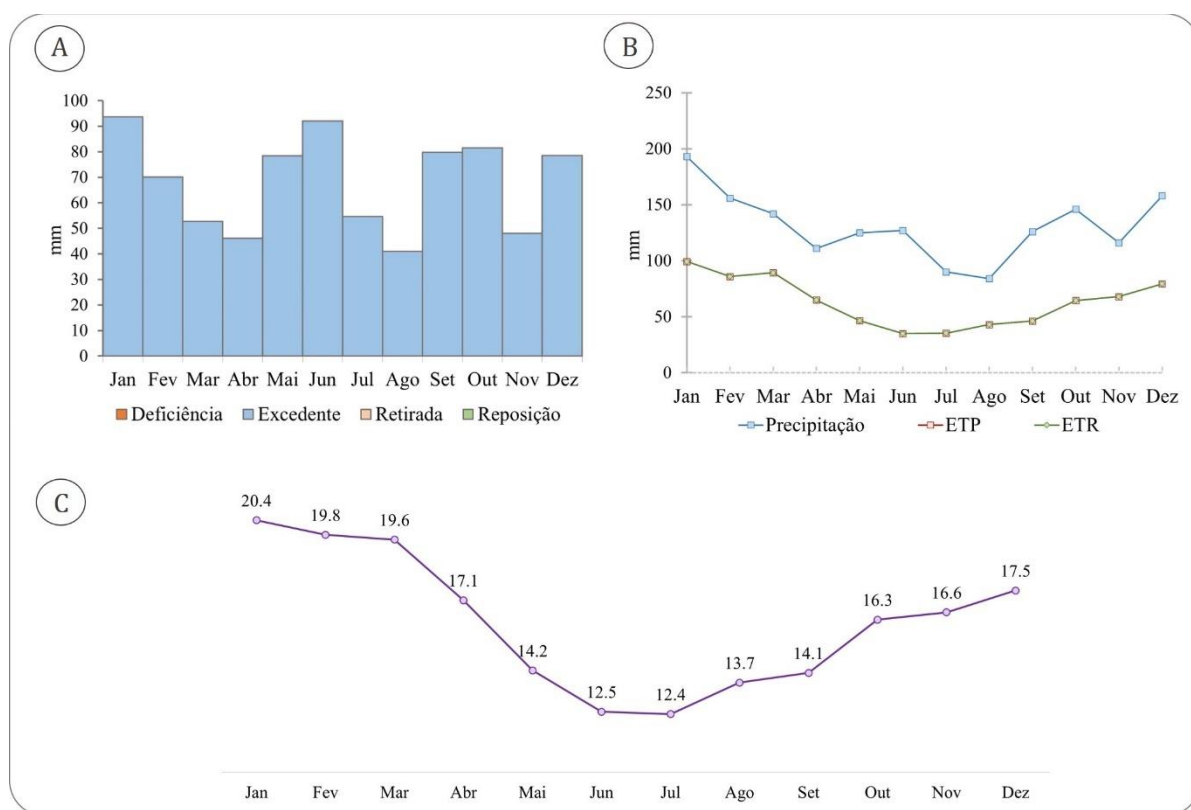


Figura 12. Características climáticas da região do Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva – PR (dados do município de Castro, PR): (A) Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo (mm); (B) Balanço hídrico normal mensal: precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) (mm); (C) Temperaturas médias mensais (°C). Fonte: (A,B) <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>; (C) (ALVARES *et al.*, 2014).

⁵ Valores apresentados por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), projeto BHBRASIL: Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Organizado por Sentelhas e colaboradores. Dados disponíveis para consulta e download em <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html> [Acesso: janeiro de 2019].

4.2. Espécies

Para o estudo foi elaborada uma lista preliminar com espécies potenciais, considerando sua distribuição geográfica (presença nas áreas de estudo). Após o término das coletas foram selecionadas as espécies presentes em pelo menos duas localidades, resultando em: (i) três espécies presentes em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR) (*Caryocar brasiliense*, *Copaifera langsdorffii* e *Dalbergia miscolobium*); (ii) duas espécies presentes em Brasília e Itirapina (*Pterodon emarginatus* e *Pouteria torta*); (iii) duas espécies presentes em Itirapina e Jaguariaíva (*Anadenanthera peregrina* e *Vochysia tucanorum*) e (iv) uma espécie presente em Brasília e Jaguariaíva (*Qualea grandiflora*) (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies utilizadas no estudo.

Família	Espécie	Nome comum	Presença nas áreas de estudo		
			DF	SP	PR
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	pequi	x	x	x
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul	angico		x	x
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba, bálsamo	x	x	x
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	caviúna, jacarandá-do-cerrado	x	x	x
	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	faveira, sucupira	x	x	
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	grão-de-galo	x	x	
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	pau-terra, pau-terra-grande	x		x
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	pau-tucano		x	x

4.3. Coleta e preparo das amostras do lenho

Para o estudo anatômico do lenho das espécies selecionadas foi utilizado o método de coleta não destrutivo através do uso de sonda motorizada (Figura 13). As coletas foram feitas de modo a abranger a região da casca até a medula, sempre que possível na altura do DAP (1,30m) e em áreas do tronco livres de tortuosidades. Em média foram coletadas amostras de dez árvores por espécie em cada local, sendo selecionadas as cinco mais homogêneas para a realização do estudo, exceto para *Pouteria torta* (representada por 4 árvores em cada localidade) e *Caryocar brasiliense* (representada por 6 árvores em Jaguariaíva-PR), totalizando 94 árvores. Para cada amostra de madeira foi também coletado material botânico para registro, sendo este depositado no Laboratório de Recursos Genéticos Florestais e Bioenergia do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, sob os cuidados do Dr. Pedro Dias.

As caracterizações macro e microscópicas do lenho, bem como as análises qualitativas e quantitativas, foram realizadas baseadas em métodos e critérios estabelecidos pelo IAWA - “List of Microscopic Feature for Hardwood Identification” (WHEELER *et al.*, 1989) e IBAMA - “Normas e Procedimentos em Estudos da

Anatomia da Madeira” (IBAMA, 1992), e as categorias quantitativas utilizadas nas descrições microscópicas basearam-se na Comision Panamericana de Normas Tecnicas (COPANT, 1974). Para padronização, sempre que possível foi utilizada a porção mais externa do tronco (próxima à casca) para a confecção dos cortes histológicos e para a dissociação dos elementos celulares (macerado). Os procedimentos adotados encontram-se descritos no item 4.3.1. Devido à dificuldade de selecionar apenas indivíduos de portes semelhantes em função das características da vegetação, em alguns casos ocorreram variações nos indivíduos em relação ao porte e à altura da coleta. Os diâmetros de coleta máximos e mínimos registrados para as espécies em cada localidade podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2. Diâmetros máximos e mínimos das amostras coletadas em cada espécie nas áreas de estudo.

Família	Espécie	Local	Diâmetro de coleta (cm)	
			Mín	Máx
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Itirapina - SP	15,2	25,0
		Brasília - DF	14,0	30,0
		Jaguariaíva - PR	4,8	6,2
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul	Itirapina - SP	13,0	19,6
		Jaguariaíva - PR	9,0	17,6
	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	Itirapina - SP	14,0	17,0
		Brasília - DF	9,0	19,0
		Jaguariaíva - PR	18,0	21,2
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Itirapina - SP	13,0	24,0
		Brasília - DF	9,0	14,0
		Jaguariaíva - PR	8,6	12,0
	<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	Itirapina - SP	11,0	17,4
Brasília - DF		7,2	25,0	
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Itirapina - SP	11,0	14,0
		Brasília - DF	7,0	17,0
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Brasília - DF	8,0	12,0
		Jaguariaíva - PR	9,0	16,0
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Itirapina - SP	11,0	16,0
		Jaguariaíva - PR	15,4	27,0



Figura 13. Procedimento de coleta das amostras de madeira com o uso do extrator motorizado (*C. langsdorffii*): (A) Perfuração do tronco da árvore; (B) Amostra presa à árvore após perfuração; (C) Tratamento do orifício com cupinicida e tinta antifúngica; (D) Fechamento do orifício com madeira de mesmo calibre, com nova aplicação de cupinicida na superfície; (E) Aplicação de massa para vedação; (F) Exemplo de vedação natural promovida pela árvore após o preenchimento do orifício com madeira de igual calibre logo após a coleta (*V. tucanorum*).

4.3.1. Descrição macroscópica e microscópica do lenho

Para a descrição macroscópica do lenho foram analisadas as características gerais da madeira: cerne/alburno, cor do cerne, brilho, odor/cheiro, resistência ao corte, grã e camadas de crescimento com base nos critérios da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas (COPANT, 1974), IAWA- “List of Microscopic Feature for Hardwood Identification” (WHEELER *et al.*, 1989) e as Normas e Procedimentos em Estudos da Anatomia da Madeira (IBAMA, 1992). O polimento da superfície transversal das amostras foi realizado com navalha de aço, utilizando-se micrótomo de deslize.

A descrição da estrutura microscópica do lenho foi realizada a partir da análise dos cortes histológicos da madeira dispostos em lâminas semipermanentes e permanentes, bem como da dissociação do lenho (macerados), conforme exposto abaixo.

- Dissociação do lenho (maceração): através do método de Franklin (FRANKLIN, 1945), consistindo no (i) preparo de finas lascas do lenho; (ii) transferência para tubos de ensaio com água destilada; (iii) substituição da água dos tubos pela solução macerante (ácido acético glacial/peróxido de hidrogênio 120 vol, 1:1), (iv) transferência dos tubos para estufa a 60°C por 48-72 h; (v) remoção da solução macerante e lavagem do lenho dissociado com água corrente; (vi) coloração com safranina aquosa; (vii) montagem entre lâmina e lamínula com glicerina 70%. As fibras e elementos de vaso foram caracterizados e mensurados (fibras: comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede celular; vasos: comprimento dos elementos de vaso) para realização da descrição anatômica e estudo anatômico comparado.

- Cortes histológicos do lenho – método semipermanente: consiste no (i) preparo de três planos de estudo nos blocos de madeira (transversal e longitudinal tangencial e radial); (ii) amolecimento dos blocos de madeira através de cozimento em água ou água + glicerina (10% a 20%); (iii) cortes histológicos nos três planos, com espessura de aproximadamente 10-20 µm; (iv) armazenamento dos cortes histológicos em glicerina e algumas gotas de formaldeído 37%, posicionados entre lâminas de vidro e papel metálico; (v) clarificação dos cortes histológicos em solução de hipoclorito de sódio e água destilada (concentração 20%); lavagem dos cortes histológicos em água destilada; (vi) coloração com safranina aquosa (1%) e azul de alcian (1%), na proporção 3:7; (vii) lavagem em água destilada; (viii) montagem em lâminas de vidro com glicerina (70%) e montagens dos cortes entre lâmina e lamínula; (ix) vedação da lamínula com esmalte incolor. As lâminas semipermanentes foram utilizadas na obtenção de imagens digitais para realização do estudo anatômico quantitativo e qualitativo.

- Cortes histológicos do lenho - método permanente: difere do método semipermanente a partir do item (vi), sendo: (vi) desidratação dos cortes em álcool etílico (10%, 30% e 50%); (vii) coloração com safranina aquosa (1%) e azul de alcian (1%), na proporção 3:7; (viii) desidratação em série alcoólica (50% - 80% - 90% - 100%); em acetato e álcool 100% (1:1) e acetato de N-butila; (ix) seleção dos melhores cortes e montagem em lâminas de vidro com resina “Entelan®” e lamínula. As lâminas permanentes da madeira foram utilizadas na descrição da estrutura anatômica microscópica com base das Normas COPANT (1974), IAWA (WHEELER *et al.*, 1989) e IBAMA (1992).

Na avaliação da estrutura anatômica do lenho foram aplicados os procedimentos abaixo descritos:

Fibras

Lâminas de vidro com as células dissociadas do lenho foram examinadas em microscópio óptico, coletando-se as imagens das fibras através de uma câmera digital. Este procedimento foi realizado para possibilitar a mensuração do comprimento das fibras (objetiva de 2,5x), bem como diâmetro total e do lume para cálculo da espessura da parede celular (objetiva de 40x). Foram mensuradas 30 fibras por árvore.

Elementos de vaso

Para a obtenção dos dados referentes aos elementos de vaso foram utilizados macerados e cortes histológicos do lenho. Imagens digitais dos elementos de vaso dissociados foram obtidas para posterior mensuração do comprimento dos mesmos (objetiva de 2,5x). A determinação das demais variáveis referentes aos elementos de vaso foi realizada a partir de lâminas histológicas semipermanentes. Para isto, foram examinadas

duas imagens da seção transversal do lenho (objetiva de 2,5x, campos de 9mm²), determinando-se (i) área da imagem; (ii) número de vasos totais e vasos simples e múltiplos de 2, 3, 4 ou 5 a mais células contidos na imagem digital; (iii) seleção por sorteio e mensuração do diâmetro de 30 vasos; (iv) mensuração da área de todos os vasos contidos na imagem digital; (v) determinação da porcentagem da área ocupada pelos vasos (Equação 1); (vi) densidade de vasos (Equação 2), (vii) porcentagem de vasos com 1, 2, 3 e 4 ou mais células em relação ao número de total de vasos (Equação 3).

$$\text{(Equação 1)} \quad \text{Porcentagem de vasos} = \frac{\text{área total de vasos}}{\text{área da imagem digital}} \times 100$$

$$\text{(Equação 2)} \quad \text{Densidade de vasos (vasos.mm}^{-2}\text{)} = \frac{\text{número de vasos}}{\text{área da imagem digital (mm}^2\text{)}}$$

Porcentagem de vasos solitários e múltiplos

$$\text{(Equação 3)} \quad = \frac{\text{número de vasos solitários e múltiplos de 2, 3 e } \geq 4 \text{ células}}{\text{número total de vasos}} \times 100$$

Parênquima radial

Em seção longitudinal tangencial foram coletadas imagens digitais observadas sob lente objetiva de 2,5x. Nestas imagens foram demarcadas linhas horizontais e contado o número de raios que as cruzavam, determinando a frequência de raios por milímetro linear (mensuração de 14mm_{linear} por árvore). Mensurou-se, ainda, a altura e a largura dos raios, totalizando 30 raios para cada árvore.

Parênquima axial

Para a quantificação do parênquima axial foram utilizadas imagens de seções transversais capturadas sob lente objetiva de 2,5x (campos 9mm²), calculando-se na sequência o percentual de área ocupada por este tipo de célula em relação aos demais (Equação 4).

$$\text{(Equação 4)} \quad \text{Porcentagem de parênquima axial} = \frac{\text{área de parênquima}}{\text{área total da imagem}}$$

4.3.2. Programas utilizados na mensuração dos elementos anatômicos

Para a mensuração das dimensões dos elementos anatômicos das amostras do material macerado e das lâminas histológicas utilizou-se microscópio acoplado a uma câmera digital. As imagens digitais foram utilizadas no processo de medição dos elementos anatômicos pela aplicação dos softwares ImageJ e Image-Pro Plus (versão 4.5).

4.4. Coleta das amostras de solo

Amostras de solo foram coletadas em todas as áreas para verificar a existência de correlações entre a estrutura anatômica do xilema secundário e as condições ambientais nas quais as árvores se desenvolvem (ex. química e fertilidade do solo). Sempre que possível foram obtidas amostras em quatro profundidades, a saber: 0-5cm, 5-25cm, 40-60cm e 80-100cm (Figura 14). Em áreas inferiores a 10ha, com baixa variabilidade quanto ao tipo de solo e relevo, foram coletadas 10 amostras simples que foram devidamente homogeneizadas, possibilitando a extração de 1 amostra composta representativa de cada profundidade e em cada região. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos identificados e encaminhado ao Laboratório de Fertilidade do Solo da ESALQ/USP para determinação da granulometria e fertilidade dos solos das áreas de estudo. A partir dos resultados obtidos foram elaborados gráficos comparativos contendo as informações para as três localidades.



Figura 14. Procedimento de coleta de solo com trado holandês nas profundidades 0-5 cm, 5-25 cm, 40-60 cm e 80-100 cm: (A) Limpeza superficial (remoção das folhas); (B, C) Introdução do trado até as marcações referentes às diferentes profundidades de coleta; (D) Solo aderido ao trado; (E) Presença de carvão em profundidade observada em Jaguariaíva-PR; (F) Acondicionamento em sacos plásticos identificados.

4.5. Obtenção de dados climáticos

Os resultados apresentados foram elaborados a partir da análises de dados secundários, obtidos através de consultas a bases de dados preexistentes, tais como os elaborados por Rolim; Sentelhas; Barbieri (1998) e Alvares e colaboradores (2014) (*cf.* itens 4.1 e 5.3).

4.6. Análises estatísticas

4.6.1. Análise exploratória e comparação entre áreas

Os dados obtidos para cada espécie em cada localidade foram submetidos a análises exploratórias para selecionar o procedimento comparativo mais adequado ao conjunto de dados. Para isso foram elaborados histogramas e gráficos de caixa (box-plot), seguidos da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. Diante dos resultados da análise exploratória, optou-se por realizar a comparação entre amostras utilizando-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney, comparando-se aos pares as medianas das variáveis de cada espécie em cada localidades. Testes não paramétricos não são sensíveis a valores extremos, uma vez que se baseiam nas posições das observações e não em suas grandezas numéricas, não havendo suposições prévias relacionadas à distribuição populacional.

A existência de possíveis relações entre as variáveis mensuradas foi verificada através do cálculo do coeficiente de Correlação de Spearman (ρ), utilizando-se tanto o conjunto total de dados (sem distinção de espécie e localidade), bem como os conjuntos individualizados por espécie. O coeficiente de correlação mede o grau pelo qual duas variáveis tendem a mudar juntas, indicando a força e a direção da relação. A correlação de Spearman avalia a relação monotônica entre duas variáveis contínuas ou ordinais, em que as variáveis tendem a mudar juntas, mas não necessariamente em uma taxa constante. Para as análises foram utilizados os softwares Past (versão 4.03) e IBM SPSS (versão 22).

4.6.2. Análises multivariadas

Para melhor representar o conjunto de dados e torná-lo menos susceptível às variações decorrentes de valores extremos, optou-se por utilizar a mediana como medida representativa de cada amostra, uma vez que grande parte das variáveis não apresentou distribuição normal. Os valores foram padronizados pelo método da escalearização completa (Equação 5), retirando-se assim a influência da escala nas observações. Na sequência procedeu-se com as análises de componentes principais (PCA) e de agrupamento hierárquico (Cluster).

(Equação 5)

$$y'_i = \frac{y_i - y_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

A análise de componentes principais é uma técnica de ordenação indireta, na qual as informações contidas em um grande número de variáveis são condensadas em um pequeno grupo de novas composições dimensionais (componentes) de modo a minimizar distorções, preservando assim a estrutura original dos dados. Os componentes gerados são conjuntos de variáveis independentes e não correlacionadas entre si. A PCA é baseada em matrizes de variância e covariância dos componentes, construindo o primeiro eixo ao longo da máxima variação presente nos dados distribuídos no espaço de ordenação, seguido do segundo, e assim sucessivamente. Os autovalores dos eixos significam a contribuição relativa de cada componente na explicação da variância total dos dados.

A análise de agrupamentos abrange diversas técnicas e tem como objetivo classificar os valores de uma matriz em grupos distintos. Partindo-se de uma matriz inicial de dados obtém-se uma matriz simétrica de similaridades e, a partir dela, inicia-se a identificação de pares de casos em função do coeficiente de similaridade escolhido. Para a análise dos dados utilizou-se uma matriz de distâncias euclidianas para os dados padronizados, aplicando-se método hierárquico, comparando-se os resultados obtidos pelas técnicas de agrupamento pareado igualmente ponderado (UPGMA).

5. RESULTADOS

5.1. Características gerais e descrição anatômica das espécies estudadas

5.1.1. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul (Fabaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-escuro avermelhado e o alburno castanho-claro levemente rosado; **brilho** moderado; **cheiro** indistinto; resistência ao corte dura; grã direita; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, paratraqueal aliforme losangular, confluyente oblíquo. **Raios** pouco visíveis a olho nu, distintos sob lente de 10x no plano transversal, não estratificados. **Vasos (poros)** visíveis sob lente de 10x; porosidade difusa, solitários e múltiplos de 2 células; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas pelo parênquima marginal, às vezes associado a um leve aumento na concentração de vasos.

Descrição microscópica

Vasos solitários (61,58%) e múltiplos radiais (38,42%) de 2 (21,75%), 3 (12,84%) e 4-5 ou mais células (3,83%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2 células; porosidade difusa, tilos presentes; densidade 4,73-15,78.mm⁻² (poucos a numerosos), média 11,01.mm⁻², desvio-padrão 2,86.mm⁻²; área 5,60-15,81%, média 11,05%, desvio padrão 3,26%; diâmetro tangencial 45,23-231,37µm (muito pequenos a grandes), sendo mais frequentes os de 78,09-165,67µm (pequenos a medianos, 73%), seção oval ou arredondados, média 124,93µm, desvio-padrão 37,86µm; comprimento dos elementos 117,36-439,42µm (muito curtos a curtos), geralmente entre 155,26-306,80µm (muito curtos, 83%), média 240,09µm, desvio-padrão 57,82µm; apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, com bordas distintas, alternas, contorno poligonal e oval, guarnecidas, diâmetro de 4,88-8,37µm (pequenas a medianas), média 6,84µm, desvio-padrão 0,95µm; pontoações radiovasculares com bordas distintas, circulares a ovais, semelhantes às intervasculares, medindo no maior diâmetro 4,50-5,94µm (pequenas), média 5,36µm, desvio-padrão 0,46µm; pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares, às vezes com bordas muito reduzidas a aparentemente simples, formato circular a ovalado. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme losangular, muitas vezes mais abundante em um dos lados, confluyente; em faixas de 4-10 células por série. **Raios (parênquima radial)** homocelulares de células procumbentes; predominam os multisseriados de 3-4 células (67%), não estratificados; frequência de 4,29-8,06.mm⁻¹ (poucos a numerosos), predominam entre 5,63-6,51mm⁻¹ (pouco numerosos, 60%), média 6,32.mm⁻¹, desvio-padrão 0,93.mm⁻¹, altura 75,96-574,46µm (extremamente baixos a muito baixos), frequentemente entre 163,94-369,20µm (extremamente baixos, 76%), média 271,33 µm, desvio-padrão 87,55µm, com 6-27 células (frequentemente entre 13-20 células, 61%); largura 7,07-73,62µm (extremamente finos a estreitos), comumente 18,82-50,13µm (muito finos a finos, 73%), média 38,44µm, desvio padrão 13,12µm, de 1-6 células ou mais.

Cristais prismáticos em câmaras, presentes em células subdivididas do parênquima axial, escassos. **Fibras** libriformes; comprimento de 562,68-1.719,18 μ m (extremamente curtas a longas), frequentemente entre 834,81-1.379,03 μ m (muito curtas a curtas, 84%), média 1.148,28 μ m, desvio-padrão 198,44 μ m; diâmetro da fibra 11,85-26,11 μ m (estreitas a medianas), mais frequentes entre 14,38-21,92 μ m (estreitas, 83%), média 18,46 μ m, desvio-padrão 2,80 μ m; espessura da parede 3,80-9,64 μ m (delgadas a muito espessas), comumente entre 5,15-7,52 μ m (espessas a muito espessas, 79%), média 6,30 μ m, desvio-padrão 0,98 μ m; presença de fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por linhas de parênquima marginal.

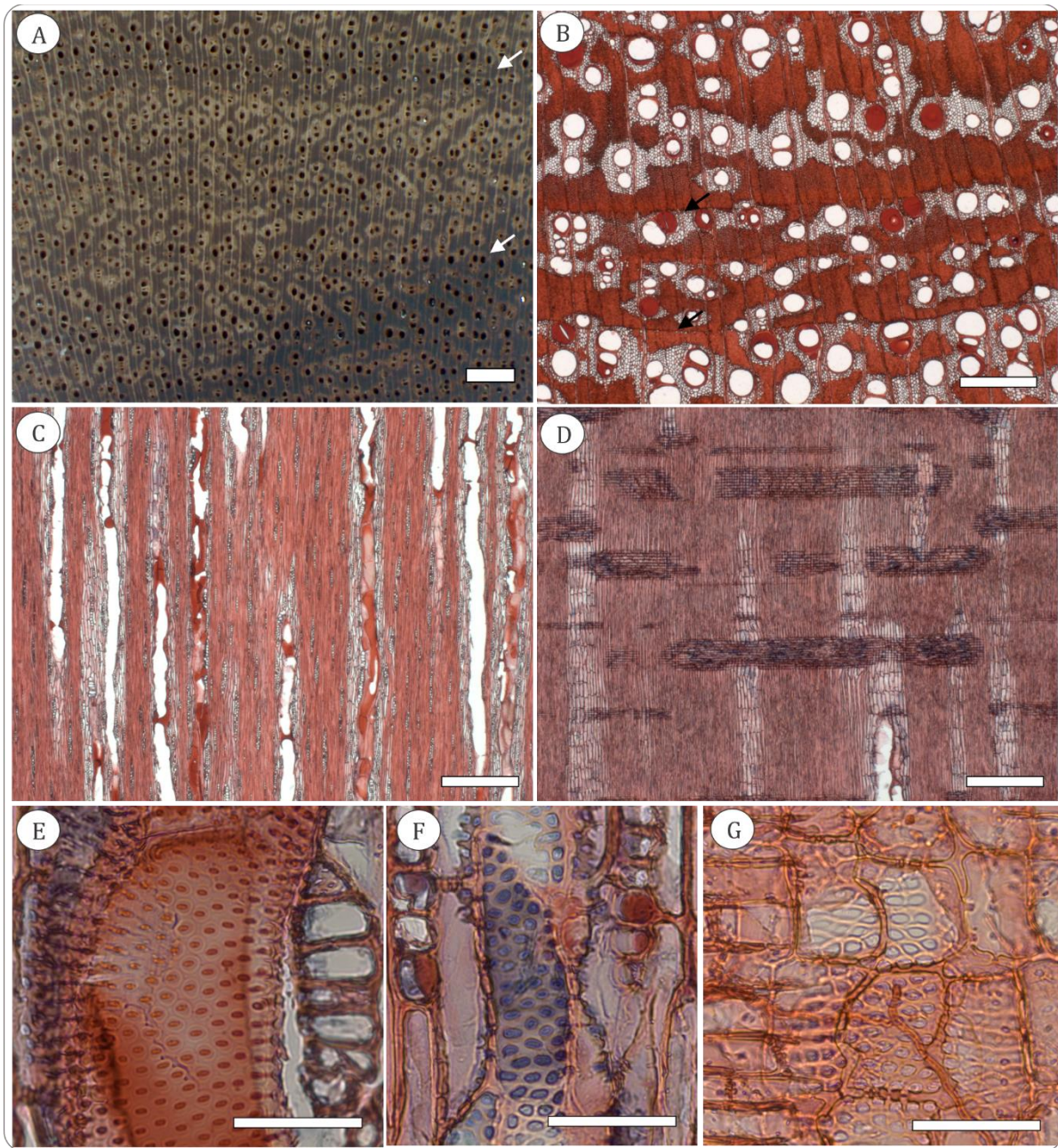


Figura 15. Características anatômicas de *Adenanthera peregrina* var. *falcata* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m; (E,F,G) 100 μ m. Setas indicam limites das camadas de crescimento.

5.1.2. *Caryocar brasiliense* Cambess (Caryocaraceae)

Características da madeira

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne amarelo-acinzentado e o alburno amarelo a amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** perceptível e característico em material fresco, menos evidente quando seco; resistência ao corte moderadamente dura a dura; grã direita a revessa; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, apotraqueal difuso em agregados, podendo formar faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x nos planos transversal e tangencial; não estratificados. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; com diâmetro médio, porosidade difusa; solitários e múltiplos de 2-3 células, tilos presentes; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** pouco distintas a distintas, aparentemente individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras acompanhadas pelo parênquima em faixas (linhas a faixas mais ou menos espessas).

Descrição microscópica

Vasos solitários (28,12%) e múltiplos radiais de 2 (35,11%), 3 (22,71%) e 4-5 ou mais células (14,06%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2-3; porosidade difusa, tilos presentes; densidade de 4,40-15,32.mm⁻² (poucos a numerosos), comumente entre 4,93-10,64.mm⁻² (poucos a pouco numerosos, 81%), média 8,37.mm⁻², desvio-padrão 2,71.mm⁻²; porcentagem de área 8,78-22,65%, média 13,68%, desvio-padrão 3,04%; diâmetro tangencial 51,71-324,20µm (pequenos a muito grandes), sendo mais frequentes os de 90,65-194,45µm (pequenos a medianos, 71%), de paredes delgadas e uniformes, de seção oval ou arredondados, média 161,58µm, desvio-padrão 51,58µm; comprimento dos elementos 128,92-819,24µm (muito curtos a muito longos), geralmente entre 359,04-622,00µm (curtos a longos, 73%), apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal a oval, diâmetro de 7,28-14,99µm (pequenas a grandes), média 10,98µm, desvio-padrão 1,37µm; pontoações radiovasculares com aréolas muito reduzidas a aparentemente simples, arredondadas e escalariformes, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 11,38-27,08µm (grandes a muito grandes), média 17,53µm, desvio-padrão 3,95µm; pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** predominantemente apotraqueal difuso a difuso em agregados, formando linhas ou faixas irregulares de 3-4 células. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes dispostas no centro e mais de 4 fileiras marginais de células eretas e quadradas; predominam os bisseriados (70%), unisseriados de células quadradas e eretas, às vezes fusionados; raios unisseriados da mesma largura dos multisseriados; não estratificados; frequência de 9,86-14,66.mm⁻¹ (numerosos a muito numerosos), frequentemente 11,70-13,75 mm⁻¹ (muito numerosos, 66%), média 12,45 mm⁻¹, desvio-padrão 1,13 mm⁻¹, altura 141,17-1421,26µm (extremamente baixos a baixos), frequentemente 263,09-750,74µm (extremamente baixos a muito baixos, 74%), média 615,18 µm, desvio-padrão 242,77µm; largura 14,13-84,87µm (extremamente finos a estreitos), comumente entre 20,88-44,45µm (muito finos a finos, 81%), média 34,48µm, desvio padrão 10,09µm. **Cristais** prismáticos em câmaras, presentes em células subdivididas do

parênquima axial em séries de 3-7 células. **Fibras** libriformes; comprimento 1.085-3.027,78 μ m (muito curtas a muito longas), frequentemente entre 1.640,73-2.288,01 μ m (longas a muito longas, 76,7%), média 1.976,64 μ m, desvio-padrão 291,94 μ m; diâmetro da fibra 18,31-42,35 μ m (estreitas a largas), mais frequentes entre 22,90-33,19 μ m (estreitas a medianas, 80%), média 28,50 μ m, desvio-padrão 4,17 μ m; espessura da parede 4,96-19,46 μ m (delgadas a muito espessas), comumente entre 9,80-15,31 μ m (muito espessas, 60%), média 12,01 μ m, desvio-padrão 2,60 μ m; pontoações simples; presença de fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** pouco distintas a distintas, aparentemente individualizadas zonas fibrosas acompanhadas pelo parênquima em linhas, presente em dimensões variáveis.

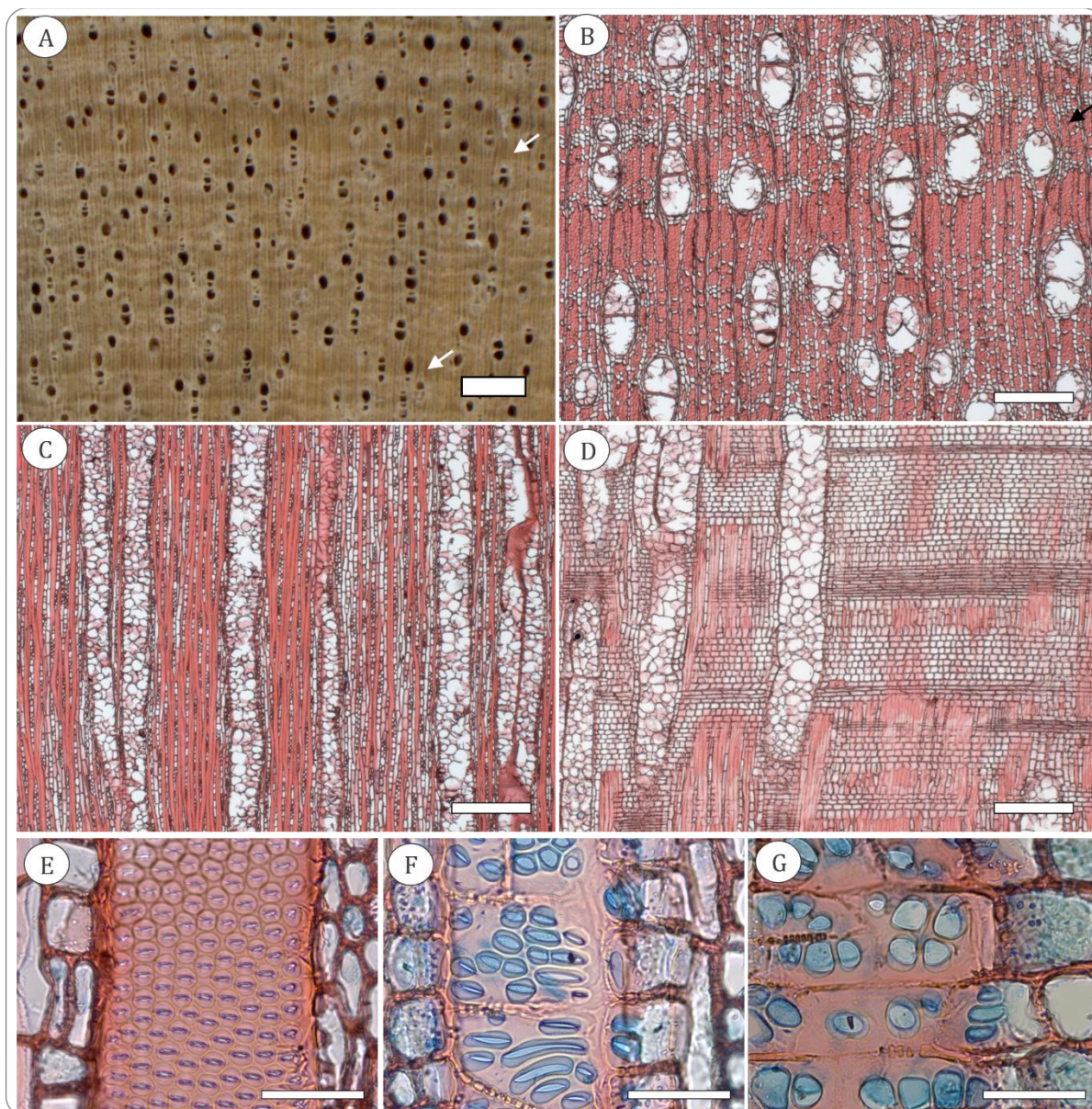


Figura 16. Características anatômicas de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m; (E,F,G) 100 μ m. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento.

5.1.3. *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-avermelhado e o alburno bege-rosado; **brilho** moderado; **cheiro** indistinto; resistência ao corte moderadamente dura a dura; grã direita; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal vasicêntrico escasso e em linhas marginais. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal; não estratificados. **Vasos (poros)** visíveis sob lente de 10x; porosidade difusa, solitários e múltiplos de 2-3 células. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por linhas a faixas estreitas de parênquima marginal.

Descrição microscópica

Vasos solitários (56,83%) e múltiplos radiais de 2 (16,49%), 3 (15,53%) e 4 ou mais células (11,14%), predominando geralmente os solitários e múltiplos radiais de 2-3; porosidade difusa; densidade de 3,08-9,01.mm⁻² (poucos a pouco numerosos), frequentemente entre 5,35-7,03.mm⁻² (pouco numerosos, 60%), média 5,66.mm⁻², desvio-padrão 1,25.mm⁻²; porcentagem de área 4,14-12,01%, média 6,72%, desvio-padrão 1,98%; diâmetro tangencial 44,64-202,59µm (muito pequenos a grandes), sendo mais frequentes os de 104,82-157,46µm (medianos, 68%), de seção oval ou arredondados, média 126,77µm, desvio-padrão 27,41µm; comprimento dos elementos 136,07-615,25µm (muito curtos a longos), geralmente entre 227,35-409,89µm (curtos, 77%), apêndices mais frequentes em uma das extremidade, muitas vezes ausentes, ocasionalmente presente em ambas extremidades, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal a oval, guarnecidas, diâmetro de 8,05-12,56µm (medianas a grandes), média 9,04µm, desvio-padrão 1,00µm; pontoações radiovasculares areoladas, semelhantes às intervasculares, diâmetro de 6,13-8,29µm (pequenas a medianas), média 7,45µm, desvio-padrão 0,53µm; e parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** paratraqueal escasso a unilateral, algumas vezes tendendo a vasicêntrico; em linhas a faixas mais ou menos espessas, de 3 a 8 células, associados ou não a canais axiais. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes no centro e 2-4 fileiras marginais de células quadradas; predominam os multisseriados de 2-4 células (83%), poucos unisseriados (12%); não estratificados; frequência de 6,00-8,00.mm⁻¹ (pouco numerosos a numerosos), média 6,99 mm⁻¹, desvio-padrão 0,53 mm⁻¹, altura 131,70-828,29µm (extremamente baixos a muito baixos), frequentemente 264,39-562,92µm (extremamente baixos a muito baixos, 78%), média 419,04µm, desvio-padrão 124,81µm; largura 15,15-88,42 µm (muito finos a estreitos), comumente entre 32,61-64,00µm (finos a estreitos, 73%), média 48,27µm, desvio padrão 13,99µm. **Fibras** libriformes; comprimento 326,10-2.026,78µm (extremamente curtas a muito longas), frequentemente entre 893,00-1.459,89µm (muito curtas a curtas 84%), média 1.236,65µm, desvio-padrão 219,66 µm; diâmetro da fibra 11,43-30,50µm (estreitas a medianas), mais frequentes entre 17,80-25,05µm (estreitas a medianas, 78%), média 21,30µm, desvio-padrão 3,02µm; espessura da parede 3,15-10,05 µm (delgadas a muito espessas), comumente entre 4,15-5,78µm (delgadas a espessas, 74%), média 5,22µm, desvio-padrão 0,89µm; presença de

fibras gelatinosas e septadas, às vezes formando faixas. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas pelo parênquima marginal em linhas ou faixas, associadas ou não a canais axiais.

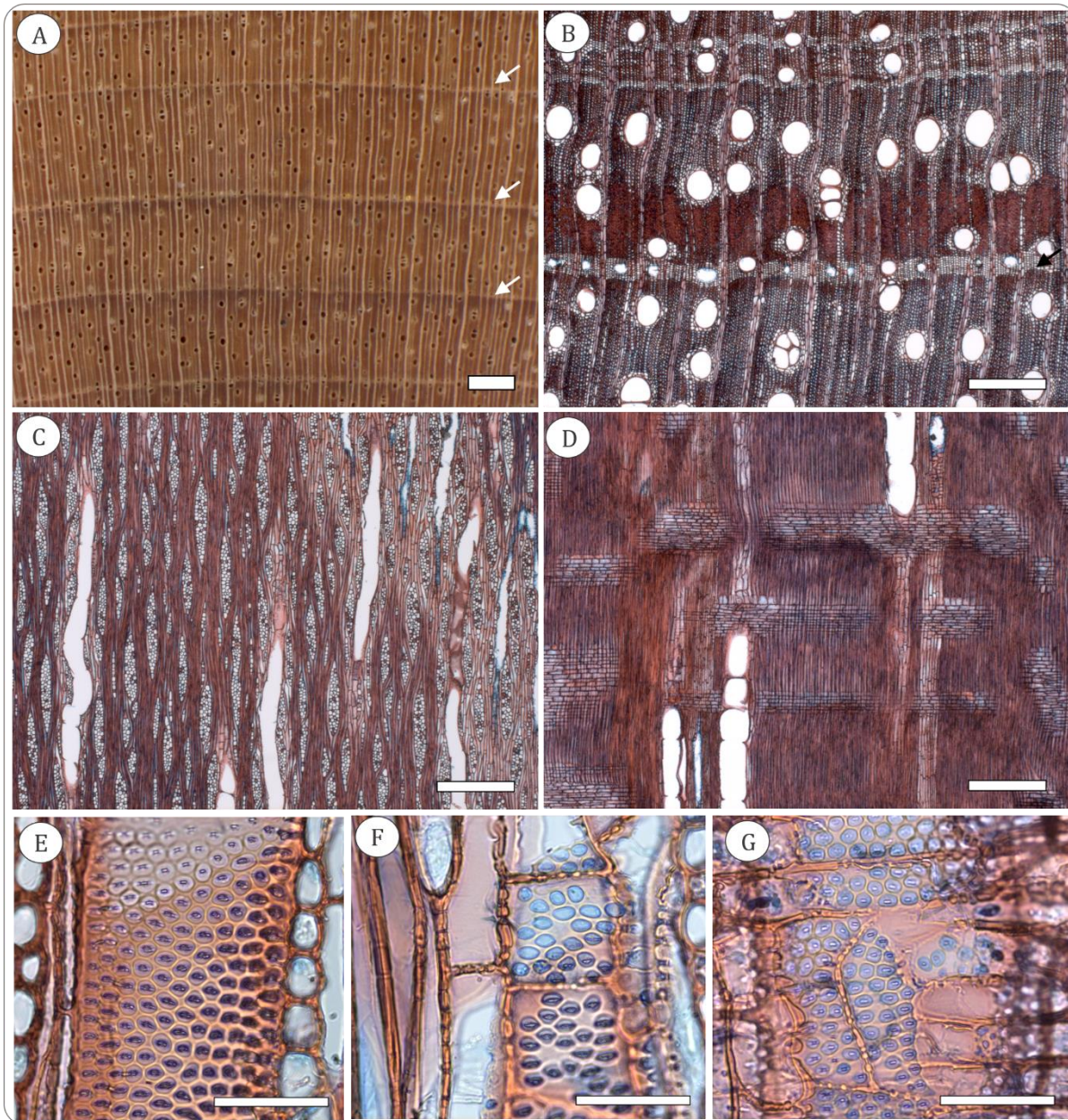


Figura 17. Características anatômicas de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam limites das camadas de crescimento.

5.1.4. *Dalbergia miscolobium* Benth. (Fabaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-escuro a enegrecido e o alburno castanho claro a amarelo escuro; **brilho** moderado; **cheiro** indistinto; resistência ao corte dura; grã entrecruzada a revessa; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, em linhas e faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal, estratificados. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; porosidade difusa; predominam os solitários; linhas vasculares nítidas mais escuras que o fundo da madeira. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por zonas fibrosas mais escuras.

Descrição microscópica

Vasos com duas classes de tamanho, solitários (39,89%) e múltiplos radiais de 2 (22,74%), 3 (13,97%) e 4 ou mais células (23,41%), predominando geralmente os solitários entre os de maior diâmetro e múltiplos radiais de 4 ou mais células entre os de menor diâmetro; porosidade difusa, tilos presentes; densidade de 2,86-8,79.mm⁻² (muito poucos a pouco numerosos), frequentemente entre 3,71-6,25.mm⁻² (poucos a pouco numerosos, 57%), média 5,30.mm⁻², desvio-padrão 1,73.mm⁻²; porcentagem de área 2,97-10,15%, média 7,26%, desvio-padrão 1,87%; diâmetro tangencial 27,89-346,98µm (extremamente pequenos a muito grandes), sendo mais frequentes os de 43,10-195,03µm (muito pequenos a medianos, 82%), de seção oval ou arredondados, média 131,82µm, desvio-padrão 59,14µm; comprimento dos elementos 121,94-333,01µm (muito curtos a curtos), geralmente entre 162,15-242,55µm (muito curtos, 91%), placas de perfuração simples; pontoações intervasculares areoladas, alternas, contorno poligonal a oval; pontoações radiovasculares e parênquimovasculares semelhantes às intervasculares. **Parênquima axial** apotraqueal difuso em agregados, em linhas curtas e faixas mais ou menos espessas; paratraqueal aliforme losangular. **Raios (parênquima radial)** heterocelulares de células procumbentes no centro e uma fileira marginal de células quadradas/eretas; estratificados; predominam os unisseriados (34%) e bisseriados (64%); frequência de 11,43-14,86.mm⁻¹ (muito numerosos), média 13,35 mm⁻¹, desvio-padrão 0,39 mm⁻¹, altura 78,32-457,08µm (extremamente baixos), frequentemente 96,37-204,57µm (extremamente baixos, 78%), média 177,64 µm, desvio-padrão 63,84µm; largura 7,58-59,12µm (extremamente finos a estreitos), comumente entre 14,95-39,48µm (muito finos a finos, 89%), média 27,34µm, desvio padrão 8,25µm. **Cristais** prismáticos em câmaras, presentes em células subdivididas do parênquima axial, isolados ou em séries de 2-6 células. **Fibras** libriformes; comprimento 530,02-1.558,30µm (extremamente curtas a longas), frequentemente entre 774,86-1.264,50µm (muito curtas a curtas, 86%), média 1.011,63µm, desvio-padrão 166,45 µm; diâmetro da fibra 14,34-37,10µm (estreitas a medianas), mais frequentes entre 19,77-30,60µm (estreitas a medianas, 83%), média 25,36µm, desvio-padrão 4,04µm; espessura da parede 3,94-10,94 µm (delgadas a muito espessas), comumente entre 5,62-8,27µm (espessas a muito espessas, 74%), média 6,82µm, desvio-padrão 1,20µm; presença de fibras gelatinosas. **Camadas de crescimento** pouco distintas, aparentemente demarcadas pela redução da frequência do parênquima axial, formando uma zona fibrosa.

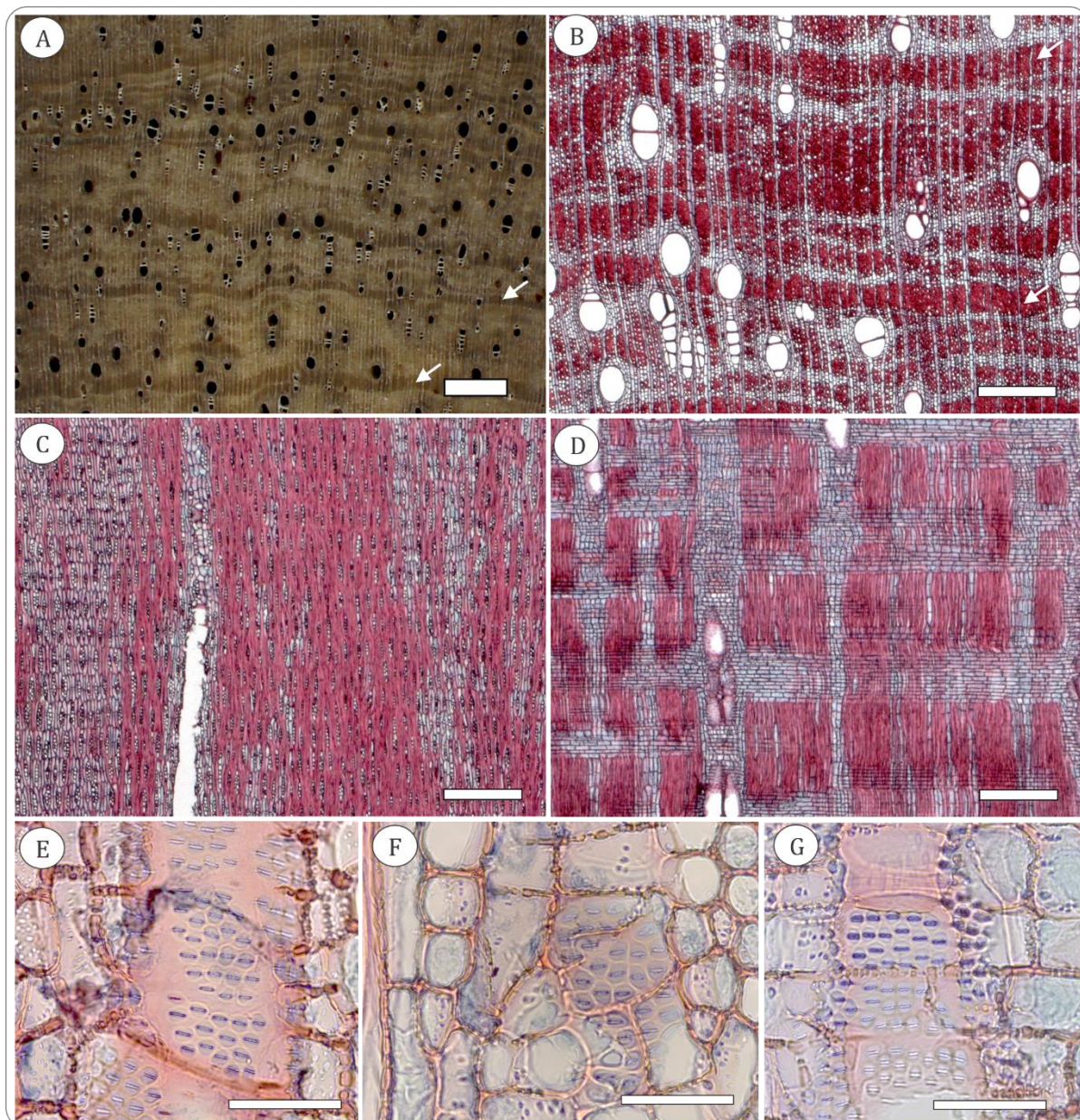


Figura 18. Características anatômicas de *Dalbergia miscolobium* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento.

5.1.5. *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. (Sapotaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno pouco distintos pela cor, sendo o cerne rosa pálido e o alburno bege-claro rosado; **brilho** ausente; resistência ao corte moderadamente dura; **grã** direita a revessa; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, em linhas ou faixas. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal, não estratificados, pouco contrastados na superfície radial. **Vasos (poros)** visíveis sob lente de 10x; porosidade difusa, arranjo radial; solitários e múltiplos de 2-6 células. **Camadas de crescimento** pouco distintas, aparentemente individualizadas por zonas fibrosas associadas a faixas mais largas de parênquima.

Descrição microscópica

Vasos solitários (32,57%) e em múltiplos de 2 (25,13%), 3 (19,00%) e 4 ou mais células (23,30%), dispostos em cadeias radiais; porosidade difusa, arranjo radial, tilos presentes; densidade de 12,92-29,38mm⁻² (numerosos a muito numerosos), média 19,14.mm⁻², desvio-padrão 4,88.mm⁻²; porcentagem de área 11,22-23,38%, média 17,47%, desvio-padrão 2,98%; diâmetro tangencial 40,67-263,21µm (muito pequenos a grandes), sendo mais frequentes os de 53,77-145,39µm (pequenos a medianos, 83%), de seção oval ou arredondados, média 113,07µm, desvio-padrão 35,88µm; comprimento dos elementos 224,54-708,69µm (muito curtos a longos), geralmente entre 336,94-537,10µm (curtos a longos, 69%), apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares, areoladas, alternas, contorno poligonal a circular/oval, diâmetro de 7,58-17,18µm (pequenas a muito grandes), média 10,17µm, desvio padrão 1,46µm; pontoações radiovasculares com aréolas muito reduzidas a aparentemente simples, arredondadas a alongadas, dispostas irregularmente em forma e arranjo, medindo no maior diâmetro 6,88-25,46µm (pequenas a muito grandes), média 14,64µm, desvio padrão 5,36µm; pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** em linhas ou faixas mais ou menos espessas (2 a 5 células). **Raios (parênquima radial)** heterocelulares com células procumbentes no corpo e 2-4 fileiras marginais de células eretas/quadradas; predominam os unisseriados e bisseriados (86%), poucos múltiplos de 3 a mais células (14%), alguns fusionados; presença de depósitos de substâncias no interior das células; frequência de 9,38-13,05.mm⁻¹ (numerosos a muito numerosos), média 11,24 mm⁻¹, desvio-padrão 1,20 mm⁻¹, altura 143,67-734,34µm (extremamente baixos a muito baixos), frequentemente 213,17-465,38µm (extremamente baixos, 78%), média 341,94 µm, desvio-padrão 104,02µm; largura 15,84-70,50µm (muito finos a estreitos), comumente entre 19,07-41,57µm (muito finos a finos, 83%), média 32,81µm, desvio padrão 9,11µm. **Fibras** libriformes; comprimento 574,74-1.541,31µm (extremamente curtas a curtas), frequentemente entre 915,90-1313,88µm (muito curtas a curtas, 85%), média 1.122,83µm, desvio-padrão 151,93 µm; diâmetro da fibra 17,00-33,07µm (estreitas a medianas), mais frequentes entre 18,90-26,45µm (estreitas a medianas, 81%), média 23,03µm, desvio-padrão 3,02µm; espessura da parede 4,21-11,68µm (delgadas a muito espessas), comumente entre 6,42-9,49µm (espessas a muito espessas, 85%), média 8,01µm, desvio-padrão 1,15µm. **Camadas de crescimento** indistintas.

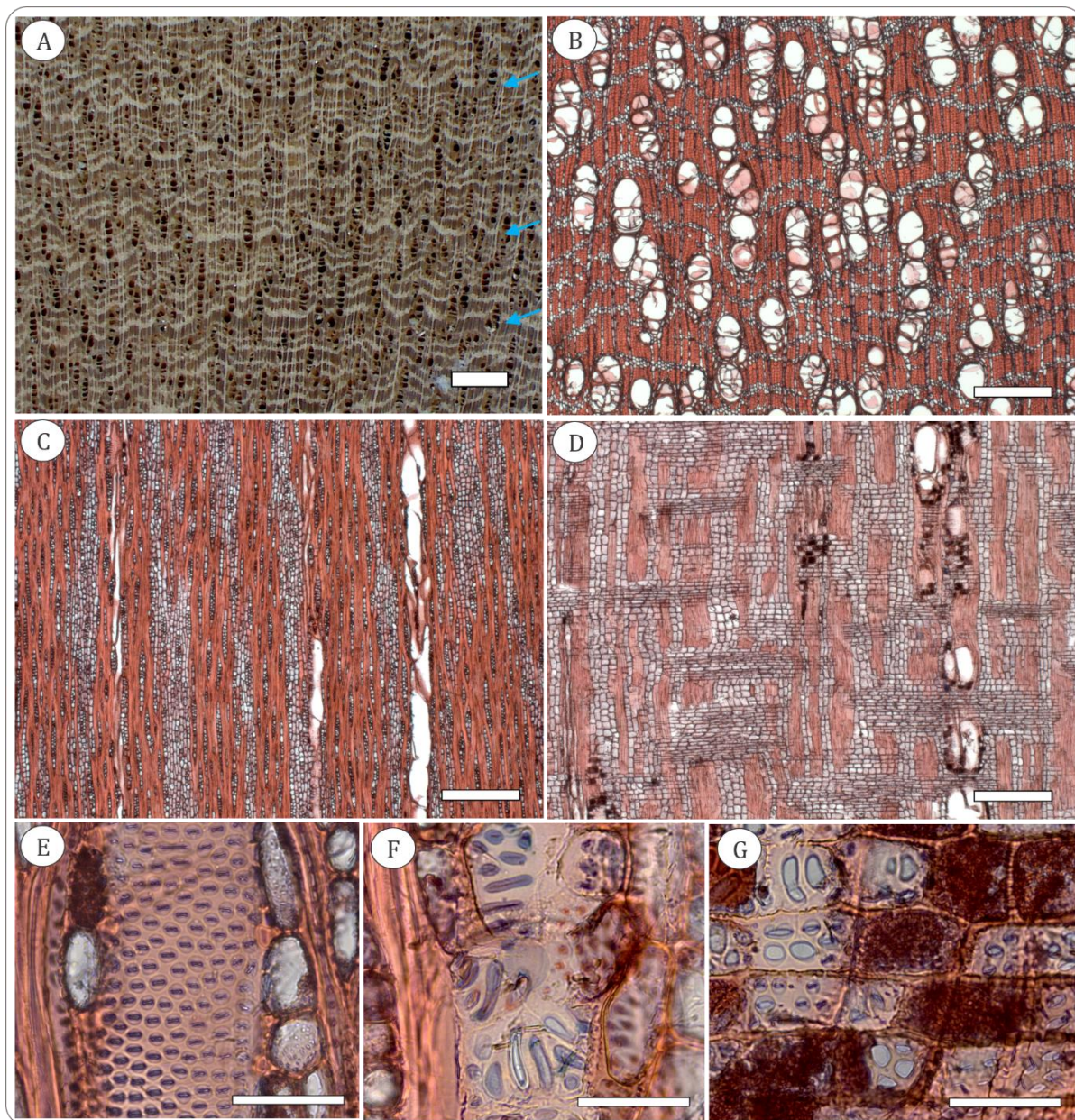


Figura 19. Características anômicas de *Pouteria torta* (Sapotaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento.

5.1.6. *Pterodon emarginatus* Vogel (Fabaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno pouco distintos pela cor, sendo o cerne castanho-amarelado e o alburno amarelo-pálido; **brilho** fraco; **cheiro** indistinto; resistência ao corte moderadamente dura; **grã** direita a revessa; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível sob lente de 10x, paratraqueal aliforme losangular confluyente e em linhas marginais. **Raios** visíveis sob lente de 10x no plano transversal, estratificação observada no plano tangencial. **Vasos (poros)** visíveis sob lente de 10x; porosidade difusa; solitários e múltiplos de 2-3 células. **Camadas de crescimento** distintas individualizadas por linhas de parênquima marginal, associadas ou não a zonas fibrosas tangenciais mais escuras.

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (32,57%) e em múltiplos de 2 (25,13%), 3 (19,00%) e 4 ou mais células (23,30%), dispostos em cadeias radiais; porosidade difusa, depósitos presentes; densidade de 12,92-29,38mm⁻² (numerosos a muito numerosos), média 19,14.mm⁻², desvio-padrão 4,88.mm⁻²; porcentagem de área 11,22-23,38%, média 17,47%, desvio-padrão 2,98%; diâmetro tangencial 40,67-263,21µm (muito pequenos a grandes), sendo mais frequentes os de 53,77-145,39µm (pequenos a medianos, 83%), de seção oval ou arredondados, média 113,07µm, desvio-padrão 35,88µm; comprimento dos elementos 224,54-708,69µm (muito curtos a longos), geralmente entre 336,94-537,10µm (curtos a longos, 69%), apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares, areoladas, alternas, contorno poligonal a circular/oval, diâmetro de 7,58-17,18µm (pequenas a muito grandes), média 10,17µm, desvio padrão 1,46µm; pontoações radiovasculares semelhantes às intervasculares; pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme losangular confluyente, unilateral e em linhas marginais. **Raios (parênquima radial)** homocelulares de células procumbentes, estratificados, com depósito de substâncias nas células; predominam os unisseriados e raros bisseriados; frequência de 9,38-13,05.mm⁻¹ (numerosos a muito numerosos), média 11,24 mm⁻¹, desvio-padrão 1,20 mm⁻¹, altura 143,67-734,34µm (extremamente baixos a muito baixos), frequentemente 213,17-465,38µm (extremamente baixos, 78%), média 341,94 µm, desvio-padrão 104,02µm; largura 15,84-70,50µm (muito finos a estreitos), comumente entre 19,07-41,57µm (muito finos a finos, 83%), média 32,81µm, desvio padrão 9,11µm. **Fibras** libriformes; comprimento 574,74-1.541,31µm (extremamente curtas a curtas), frequentemente entre 915,90-1313,88µm (muito curtas a curtas, 85%), média 1.122,83µm, desvio-padrão 151,93 µm; diâmetro da fibra 17,00-33,07µm (estreitas a medianas), mais frequentes entre 18,90-26,45µm (estreitas a medianas, 81%), média 23,03µm, desvio-padrão 3,02µm; espessura da parede 4,21-11,68µm (delgadas a muito espessas), comumente entre 6,42-9,49µm (espessas a muito espessas, 85%), média 8,01µm, desvio-padrão 1,15µm. **Cristais** prismáticos em câmaras, presentes em células subdivididas do parênquima axial. **Camadas de crescimento** distintas, individualizadas por

linhas de parênquima marginal aparentemente associadas a uma redução na densidade de vasos, formando uma zona fibrosa.

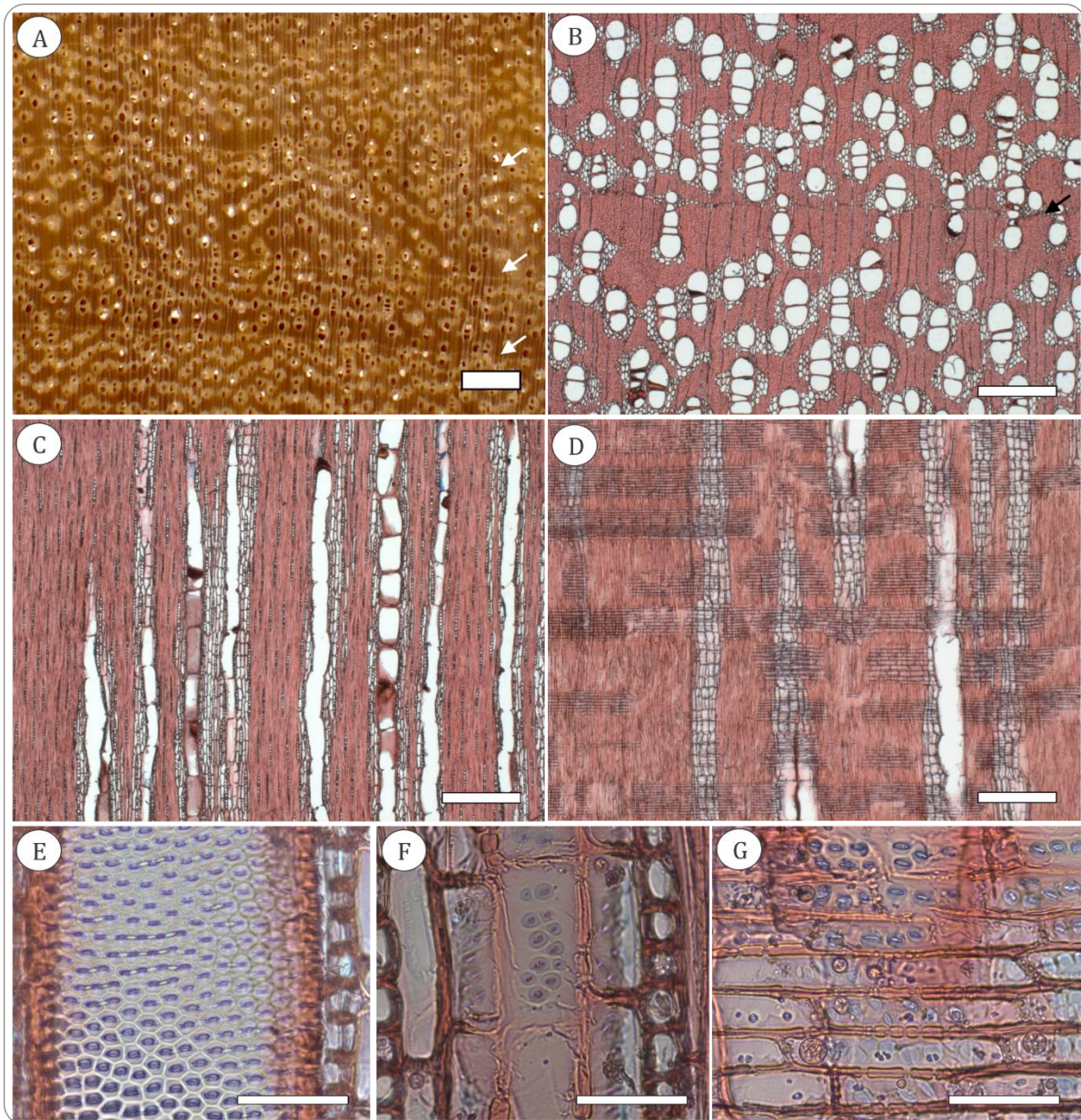


Figura 20. Características anatômicas de *Pterodon emarginatus* (Fabaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam limites das camadas de crescimento.

5.1.7. *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho amarelado e o alburno amarelo-pálido; **brilho** moderado; **cheiro** indistinto; resistência ao corte moderadamente dura; **grã** direita a reversa; **textura** média.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal aliforme losangular, formando pequenas confluências tangenciais e oblíquas, em linhas. **Raios** visíveis sob lente de 10x nos planos transversal e tangencial; não estratificados, contrastados. **Vasos (poros)** pouco visíveis a olho nu, melhor observados em lente de 10x; porosidade difusa, solitários e múltiplos de 2 células. **Camadas de crescimento** pouco distintas, aparentemente individualizadas por zonas fibrosas tangenciais mais escuras associadas ao parênquima em linhas/faixas.

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (36%) e múltiplos radiais de 2 (33%), 3 (21%) e 4-5 ou mais células (10%); porosidade difusa, depósitos presentes; densidade de 8,46-22,64.mm⁻² (pouco numerosos a muito numerosos), frequentemente entre 11,81-17,63.mm⁻² (numerosos, 65%), média 15,54.mm⁻², desvio-padrão 3,79.mm⁻²; porcentagem de área 9,62-22,15%, média 15,19%, desvio-padrão 3,27%; diâmetro tangencial 49,15-201,28µm (muito pequenos a grandes), sendo mais frequentes os de 84,95-156,53µm (pequenos a medianos, 80%), de seção oval ou arredondados, média 118,7µm, desvio-padrão 28,78µm; comprimento dos elementos 189,15-406,88µm (muito curtos a curtos), geralmente entre 227,58-317,23µm (muito curtos a curtos, 89%), apêndices ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal a oval, guarnecidas, diâmetro de 8,81-13,05µm (medianas a grandes), média 10,58µm, desvio-padrão 1,28µm; pontoações radiovasculares areoladas, semelhantes às intervasculares, medindo no maior diâmetro de 7,48-11,15µm (pequenas a grandes), média 9,00µm, desvio-padrão 1,02µm; pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** paratraqueal vasicêntrico e aliforme losangular, formando confluências; às vezes em linhas ou faixas descontínuas; presença de depósitos de substâncias nas células. **Raios (parênquima radial)** homocelulares de células procumbentes, heterocelulares de células procumbentes no corpo com uma fileira marginal de células quadradas; predominam os 3-seriados (38%) e 4-seriados (38%); frequência de 9,38-14,08.mm⁻¹ (numerosos a muito numerosos), média 10,96 mm⁻¹, desvio-padrão 1,16 mm⁻¹, altura 127,97-409,93µm (extremamente baixos), frequentemente 144,56-244,07µm (extremamente baixos, 90%), média 199,56 µm, desvio-padrão 37,06µm; largura 5,28-35,25µm (extremamente finos a finos), comumente entre 7,05-19,39µm (extremamente finos a muito finos, 83%), média 14,53µm, desvio padrão 5,08µm; presença de depósitos de substâncias nas células. **Cristais** ausentes. **Fibras** libriformes; comprimento 609,16-1.618,16µm (extremamente curtas a longas), frequentemente entre 965,29-1380,75µm (muito curtas a curtas, 82%), média 1.179,41µm, desvio-padrão 158,25 µm; diâmetro da fibra 11,63-25,49µm (estreitas a medianas), mais frequentes entre 14,91-21,42µm (estreitas, 72%), média 18,40µm, desvio-padrão 2,98µm; espessura da parede 3,91-10,84 µm (delgadas a muito espessas), comumente entre 5,96-8,80µm (muito espessas, 71%), média 7,55µm, desvio-padrão 1,32µm; presença de fibras gelatinosas e fibras septadas. **Camadas de crescimento** pouco distintas,

aparentemente individualizadas por zonas fibrosas acompanhadas por linhas/faixas de parênquima associadas a uma fileira de vasos.

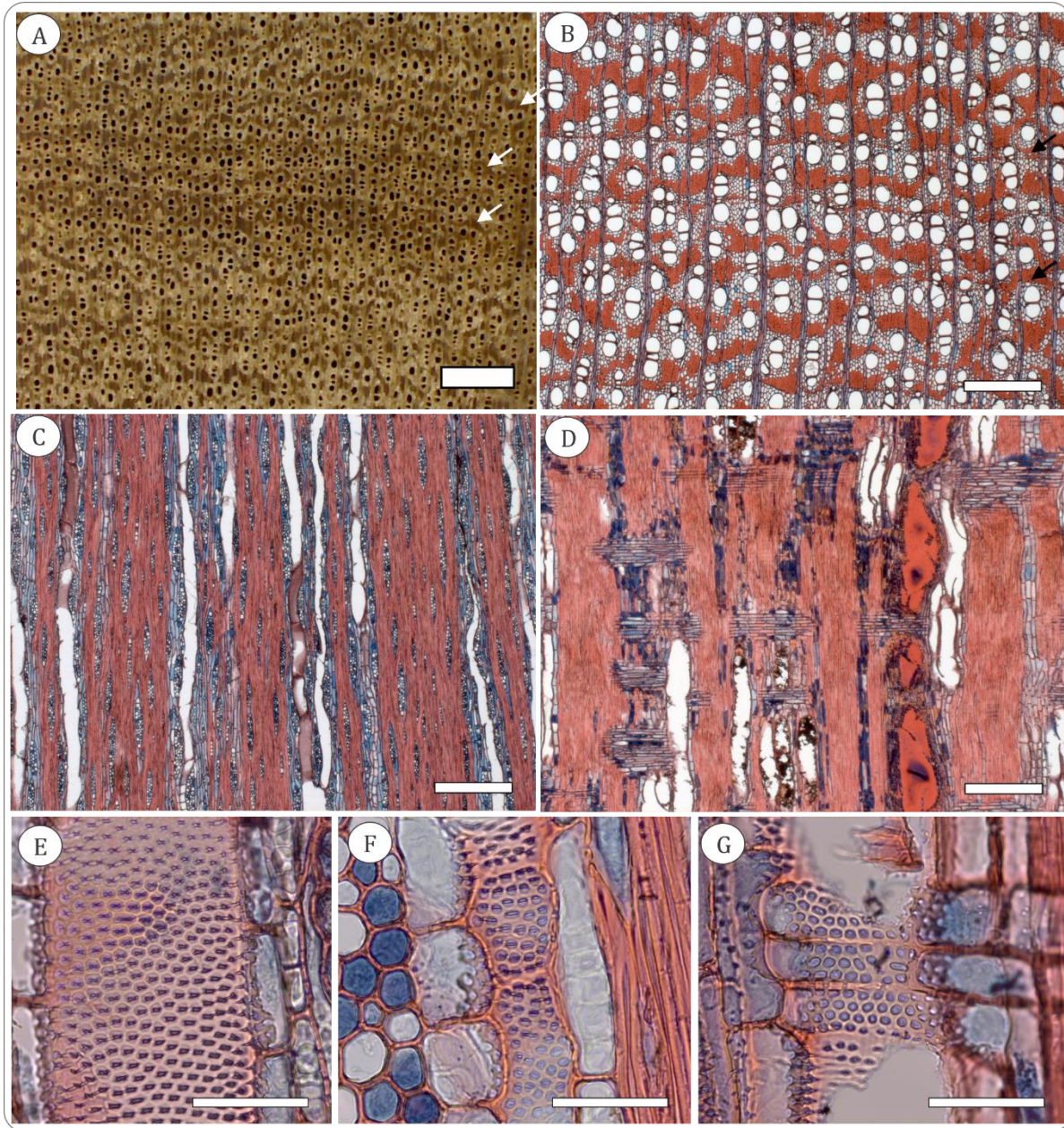


Figura 21. Características anatômicas de *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500µm; (E,F,G) 100 µm. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento.

5.1.8. *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae)

Características da madeira

Cerne/alburno distintos pela cor, sendo o cerne castanho-claro rosado e o alburno cinza-claro a amarelo pálido; **brilho** moderado; cheiro indistinto; resistência ao corte moderadamente macia; **grã** direita a levemente inclinada; **textura** média; **canais** axiais presentes.

Descrição macroscópica

Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal aliforme losangular confluyente, em faixas. **Raios** visíveis a olho nu nos planos transversal e tangencial; não estratificados, pouco contrastados. **Vasos (poros)** visíveis a olho nu; porosidade difusa; solitários e múltiplos de 2 células. **Camadas de crescimento** pouco distintas a indistintas, aparentemente individualizadas por faixas de parênquima associadas aos canais axiais.

Descrição microscópica

Vasos (poros) solitários (37,15%) e múltiplos de 2 (38,42%), 3 (19,53%) e 4-5 ou mais células (4,91%), predominando geralmente os solitários e múltiplos de 2; porosidade difusa; densidade de 13,72-30,75.mm⁻² (numerosos a muito numerosos), média 22,94.mm⁻², desvio-padrão 4,87.mm⁻²; porcentagem de área 8,94-19,19%, média 14,09%, desvio-padrão 2,98%; diâmetro tangencial 45,96-142,42µm (muito pequenos a medianos), sendo mais frequentes os de 68,67-114,05µm (pequenos a medianos, 83%) de seção oval a arredondados, média 91,62µm, desvio-padrão 17,47µm; comprimento dos elementos 126,50-517,94µm (muito curtos a longos), geralmente entre 172,56-379,78µm (muito curtos a curtos, 84%), apêndices em um ou ambos extremos, muitas vezes ausentes, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares numerosas, areoladas, alternas, contorno poligonal a oval, guarnecidas, diâmetro de 3,66-7,88µm (muito pequenas a pequenas), média 5,84µm, desvio-padrão 0,90µm; pontoações radiovasculares areoladas, semelhantes às intervasculares, às vezes simplificadas e alongadas, medindo no maior diâmetro de 3,37-6,32µm (muito pequenas a pequenas), média 4,88µm, desvio-padrão 0,61µm; pontoações parênquimovasculares semelhantes às radiovasculares. **Parênquima axial** paratraqueal aliforme losangular confluyente; em faixas 3-20 células. **Raios (parênquima radial)** com dois tamanhos distintos, heterocelulares de células procumbentes no corpo e 3-4 fileiras marginais de células ereta/quadradas; predominam os unisseriados (30%) e multisseriados de 4-7 células (54%), não estratificados; frequência de 5,87-8,94.mm⁻¹ (pouco numerosos a numerosos), média 7,17mm⁻¹, desvio-padrão 0,77mm⁻¹, altura 145,24-781,31µm (extremamente baixos a muito baixos), frequentemente 145,24-369,74µm (extremamente baixos, 84%), média 292,30µm, desvio-padrão 102,13µm; largura 15,84-92,13µm (extremamente finos a estreitos), comumente entre 29,32-60,72µm (muito finos a estreitos, 85%), média 47,49µm, desvio padrão 11,27µm. **Cristais** ausentes. **Fibras** libriiformes; comprimento 210,52-1.605,50µm (extremamente curtas a curtas), frequentemente entre 784,93-1277,27µm (muito curtas a curtas, 92%), média 1.037,70µm, desvio-padrão 153,29 µm; diâmetro da fibra 10,61-27,27µm (estreitas a medianas), mais frequentes entre 14,54-20,41µm (estreitas, 80%), média 17,78µm, desvio-padrão 2,46µm; espessura da parede 3,60-9,48µm (delgadas a muito espessas), comumente entre 5,68-8,10µm (espessas a muito espessas, 74%), média 6,69µm,

desvio-padrão 1,17 μ m; presença de fibras gelatinosas. **Canais axiais** presentes. **Camadas de crescimento** pouco distintas a indistintas, aparentemente individualizadas por faixas de parênquima associadas a canais axiais.

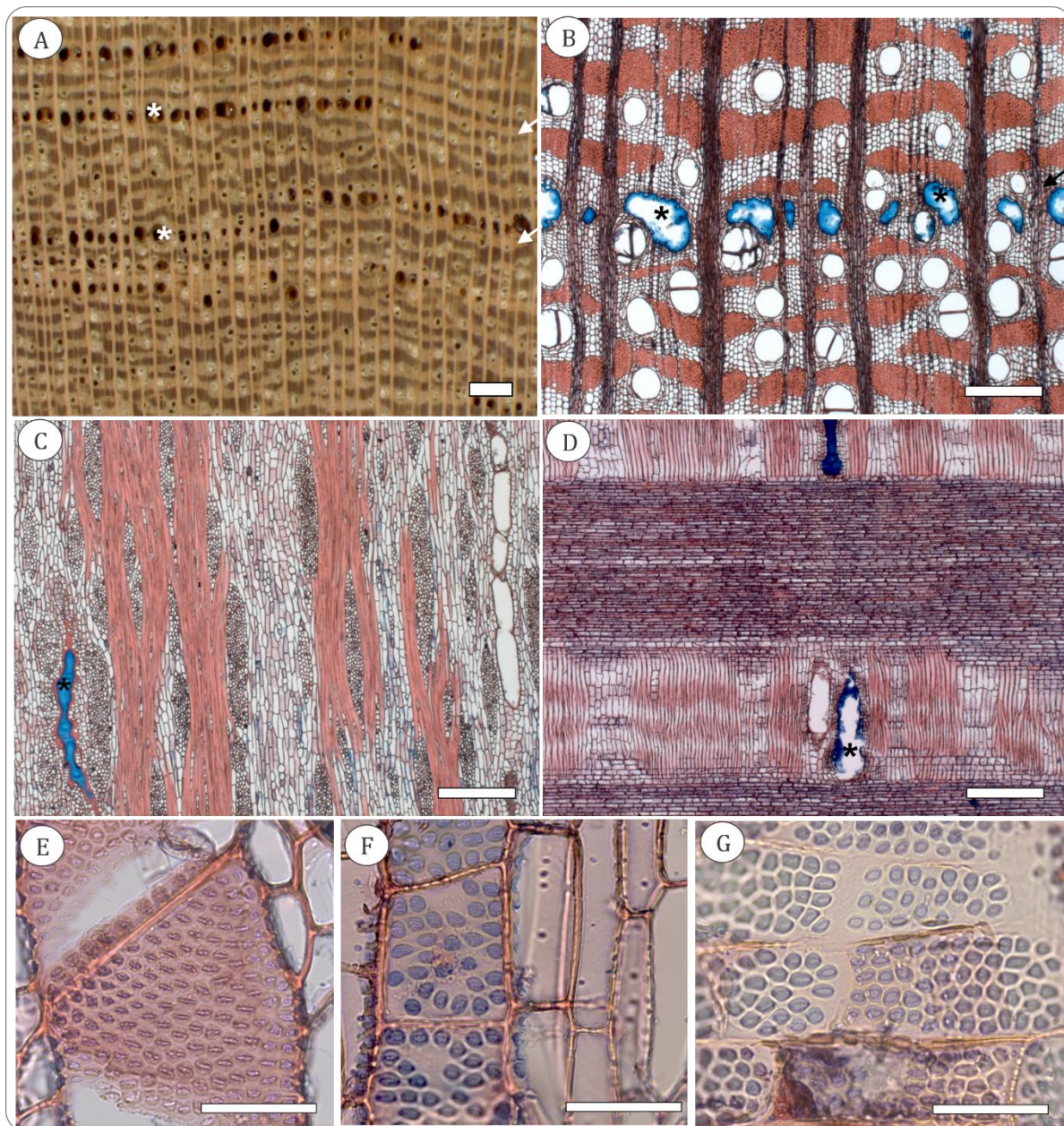


Figura 22. Características anatômicas de *Vochysia tucanorum* (Vochysiaceae): (A) Seção transversal – imagem macroscópica; (B) Seção transversal; (C,D) Seções longitudinais tangencial e radial; (E) Pontoações intervasculares; (F) Pontoações parênquimovasculares; (G) Pontoações radiovasculares. Escala barra: (A) 1mm; (B, C, D) 500 μ m; (E,F,G) 100 μ m. Setas indicam possíveis limites das camadas de crescimento; asteriscos (*) indicam canais axiais.

5.2. Solos

As principais características dos solos nas três localidades podem ser observadas na figura 23. A análise de agrupamento realizada com os valores padronizados das análises químicas e físicas pode ser observada na figura 24, enquanto os atributos dos solos das áreas de estudo podem ser observados nas figuras 25

e 26. Pelo resultado das análises observa-se que os solos da região de Itirapina (SP) possuem características semelhantes aos de Jaguariáiva (PR), que por sua vez diferem de Brasília (DF) em grande parte das variáveis. A categorização dos resultados foi realizada com base nos critérios definidos pela Embrapa (SANTOS *et al.*, 2018; SOBRAL *et al.*, 2015).

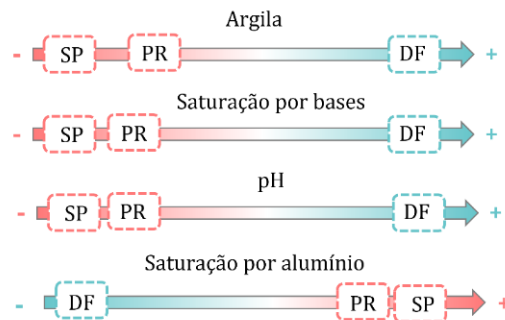


Figura 23. Ilustração-resumo das principais características dos solos em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariáiva (PR).

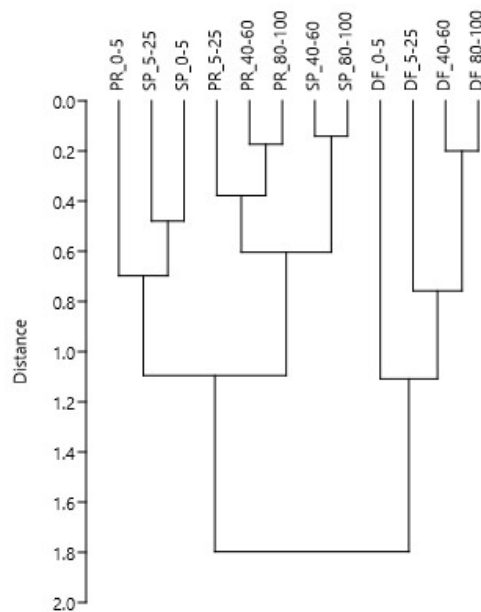


Figura 24. Análise de agrupamento dos atributos dos solos nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,9422.

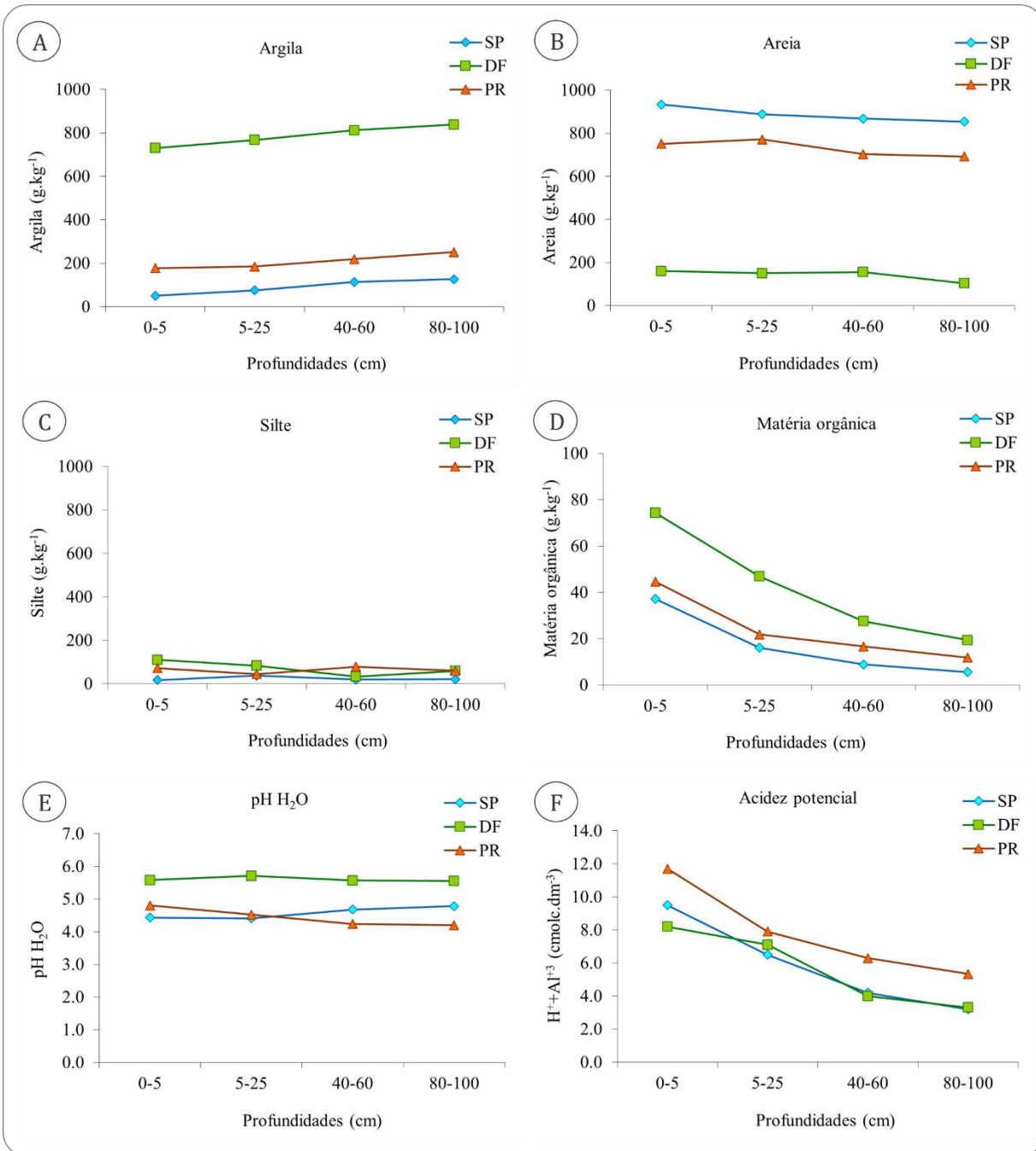


Figura 25. Características dos solos das áreas de estudo: (A, B e C) Granulometria para argila, areia e silte, respectivamente; (D) Matéria orgânica; (E) pH em H₂O; (F) Acidez potencial.

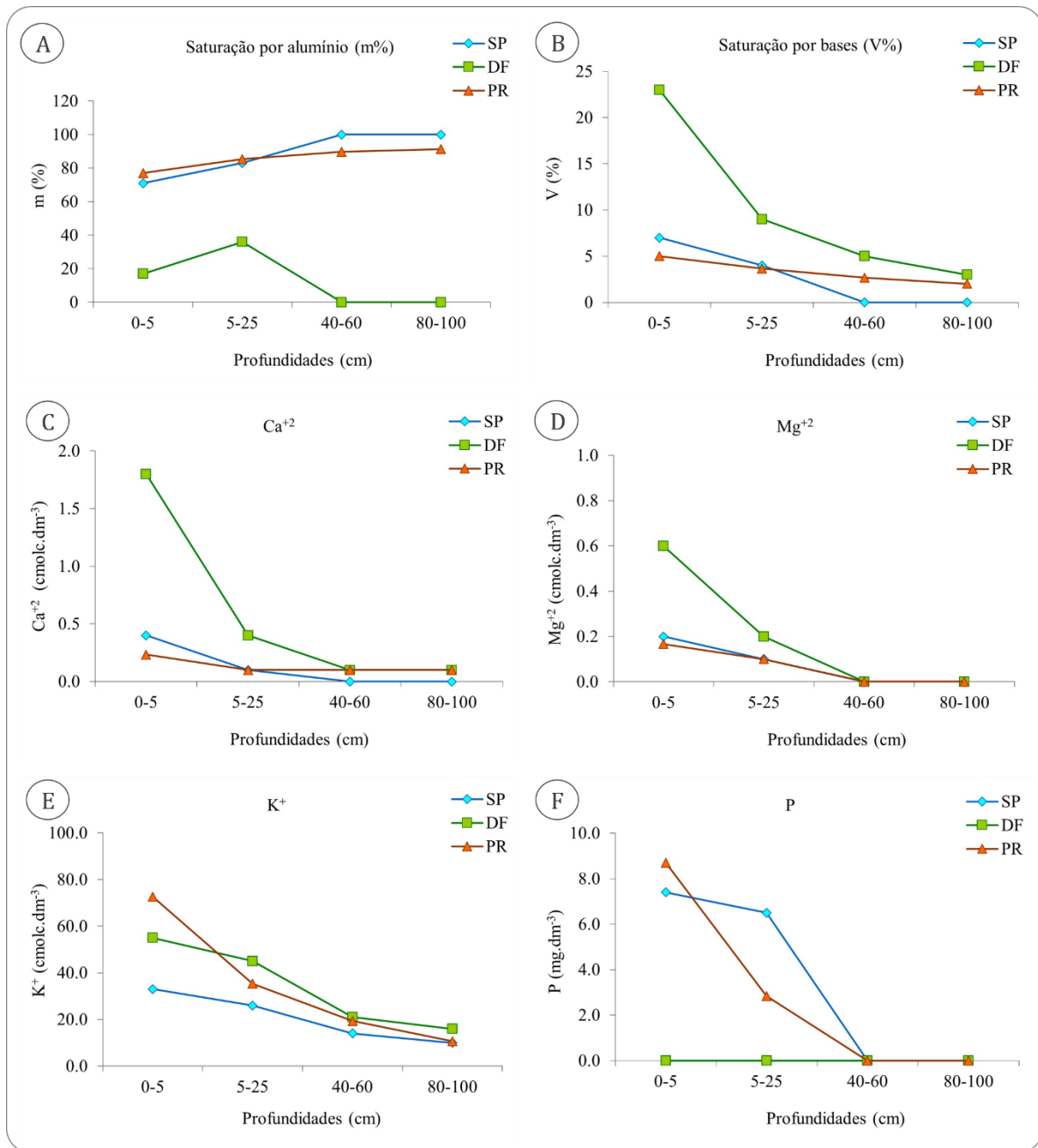


Figura 26. Características químicas dos solos das áreas de estudo: (A) Saturação por alumínio; (B) Saturação por bases; (C) Cálcio; (D) Magnésio; (E) Potássio; (F) Fósforo.

As similaridades entre os solos de Itirapina e Jaguariaíva e a diferença destes em relação à Brasília foram observadas na análise de agrupamentos, cujo dendrograma resultou na separação de dois grupos principais, sendo um de Brasília e outro ao conjunto dos solos de Itirapina e Jaguariaíva. Dentro deste conjunto nota-se que, em profundidades a partir de 40cm, há uma formação de grupos distintos entre os solos de Itirapina e Jaguariaíva. Já nas camadas mais superficiais há uma maior semelhança entre as localidades.

Em relação às classes de textura, os solos de Brasília são categorizados como muito argilosos, sendo os de Jaguariaíva de textura média a arenosa e os de Itirapina, arenosos. A relação silte/argila nas três localidades foi inferior a 0,6, indicando solos com alto grau de intemperismo. Nas três localidades os solos possuíam alto teor de matéria orgânica nas camadas superficiais (acima de 30g.kg⁻¹), sendo que em Brasília estes se

mantiveram de alto a médio em todas as camadas amostradas. Em Itirapina e Jaguariaíva os solos são fortemente ácidos e álicos (m% superior a 71%), enquanto os de Brasília são moderadamente ácidos com saturação por alumínio de baixa a média (m% inferior a 36%).

Em todas as áreas os solos são considerados distróficos (V% inferior a 50%). Teores de cálcio foram considerados baixos em todas as áreas e profundidades, com exceção da camada superficial em Brasília (1,8 cmol.c.dm^{-3}), sendo a mesma tendência observada para o magnésio. O potássio encontra-se em maiores concentrações nas camadas superficiais, sendo obtidos valores de médio a baixo em Brasília e Itirapina, e alto em Jaguariaíva (acima de 60cmol.c.dm^{-3}). As três áreas apresentam níveis baixos de fósforo, excetuando-se a camada superficial em Jaguariaíva, com nível médio ($8,7\text{mg.dm}^{-3}$). Nota-se que em Brasília foram obtidos valores inferiores a $2,0\text{mg.dm}^{-3}$ de fósforo em todas as camadas.

Ao avaliar comparativamente as três áreas (Figuras 25 e 26), nota-se que os solos de Brasília são mais argilosos, apresentam maiores teores de matéria orgânica, pH, cálcio, magnésio nas camadas superficiais (até 25cm de profundidade), bem como maior saturação por bases (V%) nas camadas até 40cm de profundidade. Embora o pH seja ligeiramente superior ao das demais localidades, a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$) assemelha-se à encontrada em Itirapina e é ligeiramente inferior à de Jaguariaíva. Apresenta menor saturação por alumínio (m%), chegando à zero em profundidades a partir de 40cm. Os solos possuem os menores teores de fósforo nas camadas até 25cm, sendo que a partir de 40cm os níveis tendem a zero nas três localidades. O potássio encontra-se em níveis semelhantes aos de Jaguariaíva.

Os solos de Itirapina são os mais arenosos, com os menores teores de matéria orgânica, cálcio (a partir de 40cm) e potássio (Figuras 25 e 26). O pH, assim como o potássio nas camadas até 25cm, assemelham-se aos encontrados em Jaguariaíva, enquanto a acidez potencial aproxima-se da observada em Brasília.

Em Jaguariaíva os solos possuem maior acidez potencial e os maiores teores absolutos de alumínio, ocupando posições intermediárias entre Brasília e Itirapina nas variáveis argila, matéria orgânica e potássio (a partir de 25cm de profundidade). O fósforo se concentrou principalmente na camada mais superficial (até 5cm).

5.3. Clima

A ilustração com as características climáticas resumidas das áreas de estudo pode ser observada na figura 27. A variação histórica das temperaturas médias mensais ao longo do ano, bem como a distribuição da precipitação e o extrato do balanço hídrico para as três localidades (Itirapina-SP, Brasília-DF e Jaguariaíva-PR) podem ser visualizadas nas figuras 28 e 29.

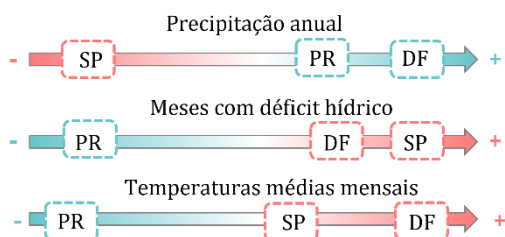


Figura 27. Ilustração-resumo das características climáticas de Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).

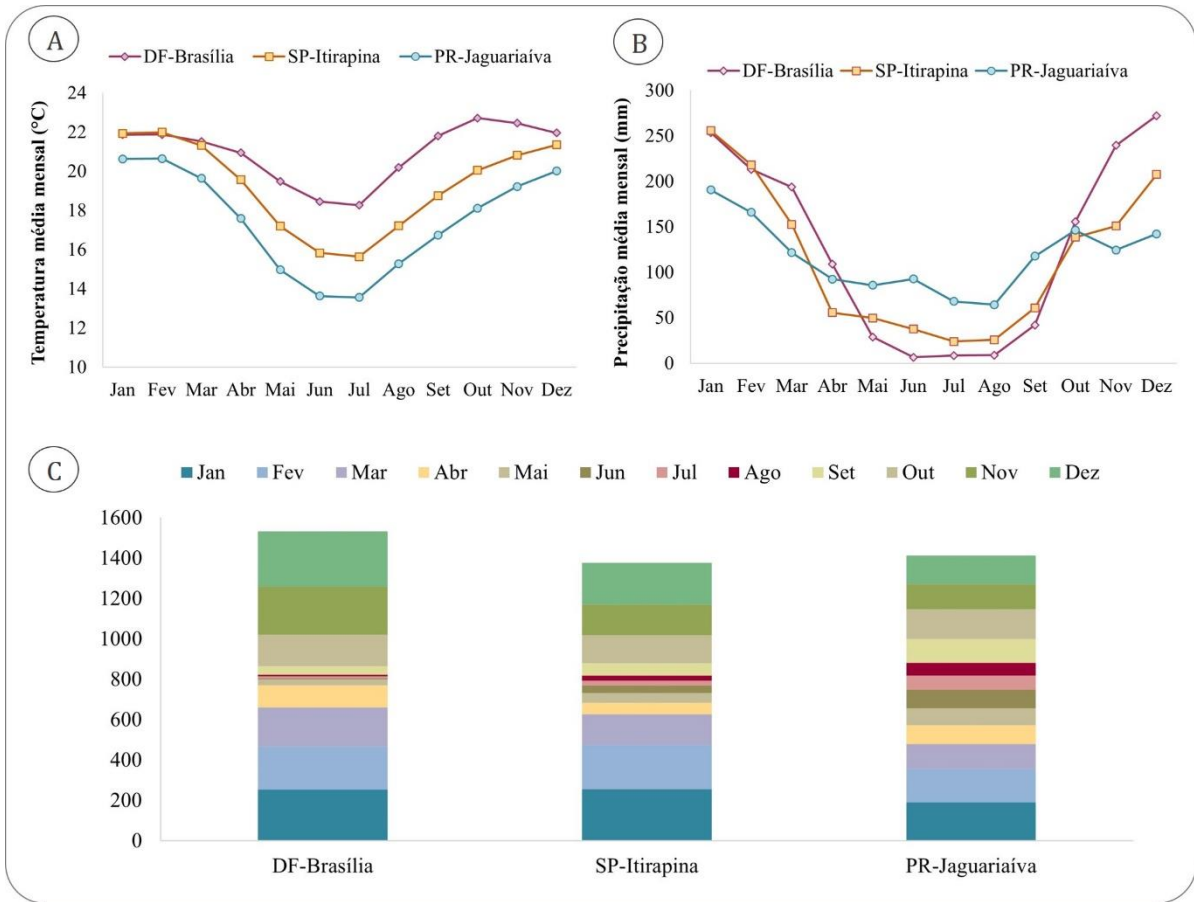


Figura 28. Características climáticas das áreas de estudo: (A) temperatura média mensal; (B) precipitação média mensal; (C) precipitações médias mensais e anuais. Precipitação anual: Brasília (1.532mm); Itirapina (1.377mm); Jaguariaíva (1.412mm). Fonte: Alvares et al. (2014).

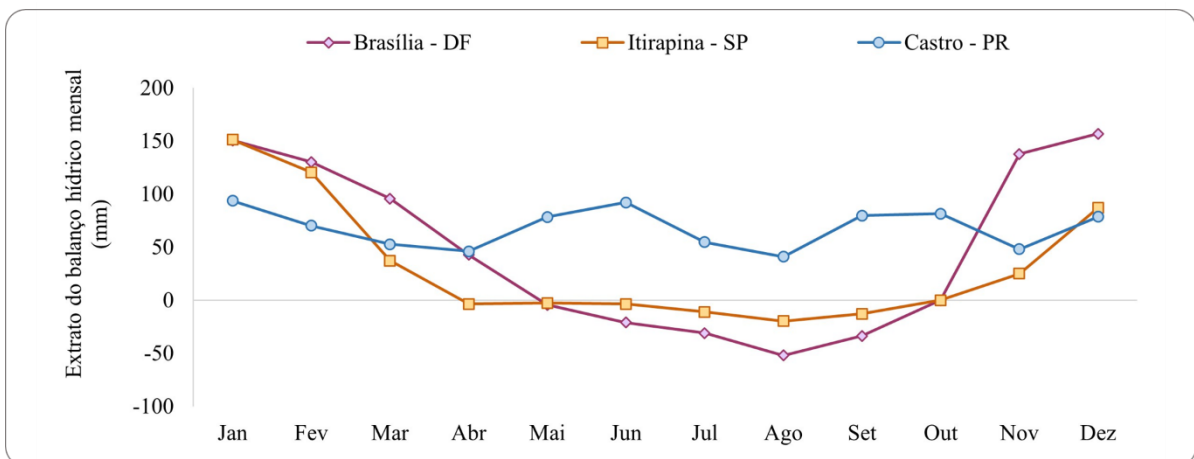


Figura 29. Extrato do balanço hídrico mensal para as áreas de estudo. Fonte: Rolim; Sentelhas; Barbieri, (1998).

É possível observar na figura 28A que as temperaturas variam historicamente ao longo do ano de forma semelhante nas três localidades, com os maiores valores nos meses de outubro a março e os menores em junho e julho. Em Brasília ocorre uma ligeira redução da temperatura nos meses de novembro e dezembro, que

corresponde ao início das chuvas mais intensas. Jaguariaíva e Brasília são as localidades com as menores e maiores temperaturas médias, respectivamente, com Itirapina ocupando uma posição intermediária.

As precipitações médias mensais em Brasília são as que mais sofrem variação ao longo do ano, com chuvas concentradas nos meses de outubro a março, seguidas por um período pronunciado de seca entre junho a agosto (Figura 28B). Em Itirapina nota-se uma distribuição de chuvas semelhante à de Brasília, enquanto em Jaguariaíva elas ocorrem de forma mais uniforme ao longo do ano (Figura 28B). Ainda que seja a região com déficit hídrico mais pronunciado, Brasília possui a maior precipitação anual (1.532mm), seguida por Jaguariaíva (1.412mm) e, finalmente, Itirapina (1.377mm) (Figura 28C). No extrato do balanço hídrico mensal (Figura 29) constata-se que a relação entre precipitação, evapotranspiração real e potencial resulta num saldo positivo durante todo o ano em Jaguariaíva (*cf.* item 4.1.3), enquanto em Itirapina e Brasília esta atinge valores negativos durante parte do ano (*cf.* itens 4.1.1 e 4.1.2).

5.4. Anatomia comparada

Para verificar possíveis diferenças na estrutura anatômica da madeira das 8 espécies estudadas, foram consideradas 16 variáveis quantitativas, sendo: (i) 3 referentes às fibras (comprimento, diâmetro e espessura da parede); (ii) 9 relativas aos vasos (comprimento, diâmetro tangencial e médio, área, densidade, porcentagem de vasos solitários e múltiplos de 2, 3 e ≥ 4 células); 3 relativas aos raios (altura, largura e frequência); e (iv) 1 relacionada ao parênquima axial (área).

As variáveis que apresentaram diferenças significativas entre áreas para um maior número de espécies (teste de Mann-Whitney, $p \leq 0,05$) foram: (i) comprimento das fibras e diâmetro tangencial dos vasos (7 espécies); (ii) diâmetro e espessura da parede das fibras, comprimento dos elementos de vaso (6 espécies); (iii) altura e largura dos raios, área de parênquima axial (5 espécies); (iv) área e densidade de vasos, frequência de raios (2 espécies); (v) porcentagem de vasos solitários (2 espécies); e (vi) porcentagem de vasos múltiplos e 3 e 4 a mais células (1 espécie).

Dentre as espécies presentes nas 3 localidades estudadas, *Caryocar brasiliense* e *Dalbergia miscolobium* foram as que apresentaram o maior número de variáveis com diferenças significativas entre áreas (10 variáveis), seguidas por *Copaifera langsdorffii* (9 variáveis). Para as espécies que ocorreram em duas localidades, *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* foi a que apresentou maior variação na anatomia nas áreas de estudo (10 variáveis), seguida por *Qualea grandiflora* (7 variáveis), *Pterodon emarginatus* e *Vochysia tucanorum* (6 variáveis), e, finalmente, *Pouteria torta* (5 variáveis). As figuras 30 a 32 ilustram algumas tendências observadas nas variáveis que apresentaram diferenças significativas entre áreas.

Fibras

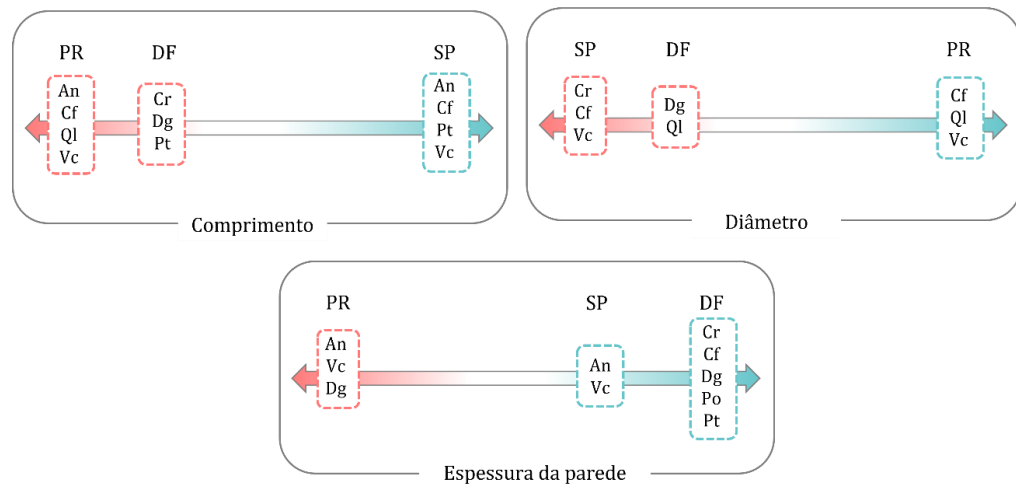


Figura 30. Ilustração com o resumo de algumas das tendências anatômicas observadas para as fibras em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguaraiá (PR), baseada no número de espécies⁶ que apresentaram diferenças estatisticamente significativas (maiores e menores valores) em cada área. Lado direito (azul) corresponde aos maiores valores, lado esquerdo (rosa) aos menores valores; quadros pontilhados indicam as espécies que apresentaram seus maiores e menores valores nas localidades indicadas.

Vasos

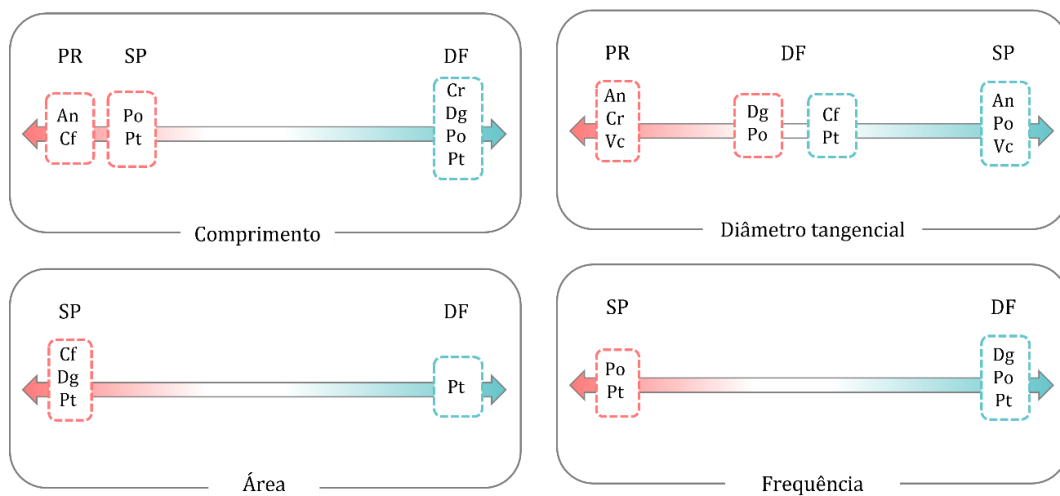


Figura 31. Ilustração com o resumo de algumas das tendências anatômicas observadas para os vasos em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguaraiá (PR), baseada no número de espécies⁶ que apresentaram diferenças significativas (maiores e menores valores) em cada área. Lado direito (azul) corresponde aos maiores valores, lado esquerdo (rosa) aos menores valores; quadros pontilhados contém as espécies que apresentaram os maiores e menores valores nas localidades indicadas.

⁶ Código das espécies: (An) *Anadenanthera*; (Cr) *Caryocar*; (Cf) *Copaifera*; (Dg) *Dalbergia*; (Po) *Pouteria*; (Pt) *Pterodon*; (Ql) *Qualea*; (Vc) *Vochysia*.

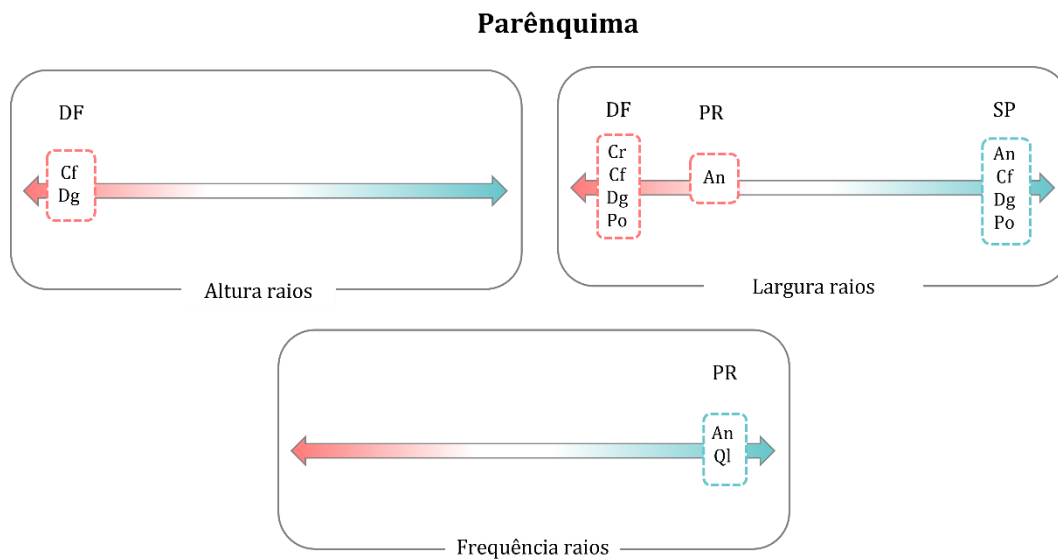


Figura 32. Ilustração com o resumo de algumas das tendências anatômicas observadas para o parênquima em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariáiva (PR), baseada no número de espécies⁷ que apresentaram diferenças significativas (maiores e menores valores) em cada área. Lado direito (azul) corresponde aos maiores valores, lado esquerdo (rosa) aos menores valores; quadros pontilhados contém as espécies que apresentaram os maiores e menores valores nas localidades indicadas.

Algumas tendências gerais foram observadas em relação às áreas de estudo. De modo geral, um maior número de espécies apresentou em Jaguariáiva: (i) fibras mais curtas, com maior diâmetro e menor espessura da parede; (ii) vasos mais curtos e estreitos; (iii) maior frequência de raios. Já em Brasília observou-se um maior número de espécies com (i) fibras de paredes mais espessas; (ii) elementos de vaso mais longos e em maior densidade; e (iii) raios mais estreitos. Um maior número de espécies apresentou em Itirapina: (i) fibras mais longas e com menor diâmetro; (ii) vasos com maior diâmetro tangencial, em menor densidade e área; e (iii) raios mais largos. Nenhuma das áreas se destacou em relação à área de parênquima axial.

Elaborou-se um gráfico representativo dos coeficientes na matriz de correlação de Spearman para observar as relações entre variáveis, sendo utilizado o conjunto completo de dados não padronizados, sem distinção por espécies (Figura 33, tabela 3). Verificou-se a presença de muitas correlações significativas em maior ou menor grau (ρ) entre variáveis, que não ocorreram necessariamente em todas as espécies quando analisadas individualmente. Em uma visão geral, o comprimento das fibras, elementos de vaso e a altura dos raios se relacionaram positivamente e com coeficientes semelhantes ($\rho \approx 0,50$). Coeficientes positivos foram observados entre o diâmetro tangencial dos vasos e comprimento e diâmetro das fibras (ρ 0,30 e 0,35, respectivamente); e negativo entre densidade de vasos e diâmetro de vasos e fibras (ρ -0,33 e -0,47, respectivamente). Densidade e área de vasos encontram-se fortemente associados (ρ 0,76). Nota-se ainda uma relação positiva entre altura e largura de raios (ρ 0,57), assim como uma relação negativa destes com a frequência (ρ -0,28 e -0,65). A maior parte das correlações significativas ($p < 0,05$) apresentaram coeficientes, em módulo, inferiores a 0,40 (31 correlações), enquanto 8 delas possuíram coeficientes superiores a 0,40 (em módulo) (Figura 33, tabela 3).

Os resultados individualizados para cada espécie encontram-se expostos nos itens 5.4.1 a 5.4.4.

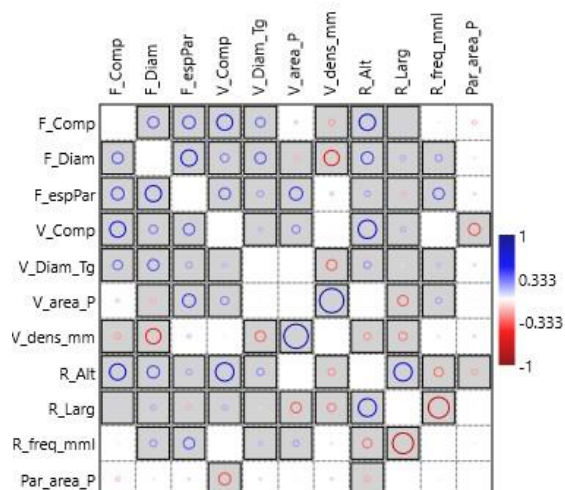


Figura 33. Representação gráfica da matriz de correlação de Spearman, utilizando-se valores totais originais das variáveis⁷ e os dados de todas as árvores mensuradas (sem distinção por espécies). Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 3. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis, sem distinção de espécies. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,01	0,00	0,00	0,56	0,06
Fd	0,35		0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
Fep	0,39	0,50		0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,01	0,29
Vc	0,49	0,26	0,35		0,00	0,00	0,69	0,00	0,00	0,89	0,00
Vd	0,30	0,35	0,20	0,14		0,70	0,06	0,00	0,84	0,04	0,28
Va	0,10	-0,15	0,41	0,25	-0,03		0,00	0,83	0,07	0,01	0,70
Vde	-0,20	-0,47	0,12	0,03	-0,33	0,76		0,00	0,00	0,39	0,25
Ra	0,51	0,38	0,19	0,57	0,22	-0,02	-0,22		0,00	0,84	0,01
Rl	0,10	0,17	-0,16	0,16	0,07	-0,32	-0,26	0,57		0,00	0,81
Rf	0,04	0,22	0,35	-0,01	0,15	0,19	0,06	-0,28	-0,65		0,64
PAa	-0,14	0,05	0,08	-0,37	0,08	0,03	0,08	-0,18	0,02	0,04	

Para verificar a ação combinada de um grupo maior de variáveis no conjunto de árvores estudadas, foram utilizadas técnicas de análises multivariadas como a de componentes principais (PCA) e de agrupamentos (cluster). A análise de componentes principais também pode ser utilizada como uma técnica de ordenação indireta, agrupando indivíduos de acordo com a variação de suas características. Os componentes podem ser considerados como “super-variáveis” compostas por combinações altamente correlacionadas das variáveis iniciais. Os resultados encontram-se expostos na sequência (Figuras 34 e 35, tabela 4).

⁷ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPar: espessura da parede das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

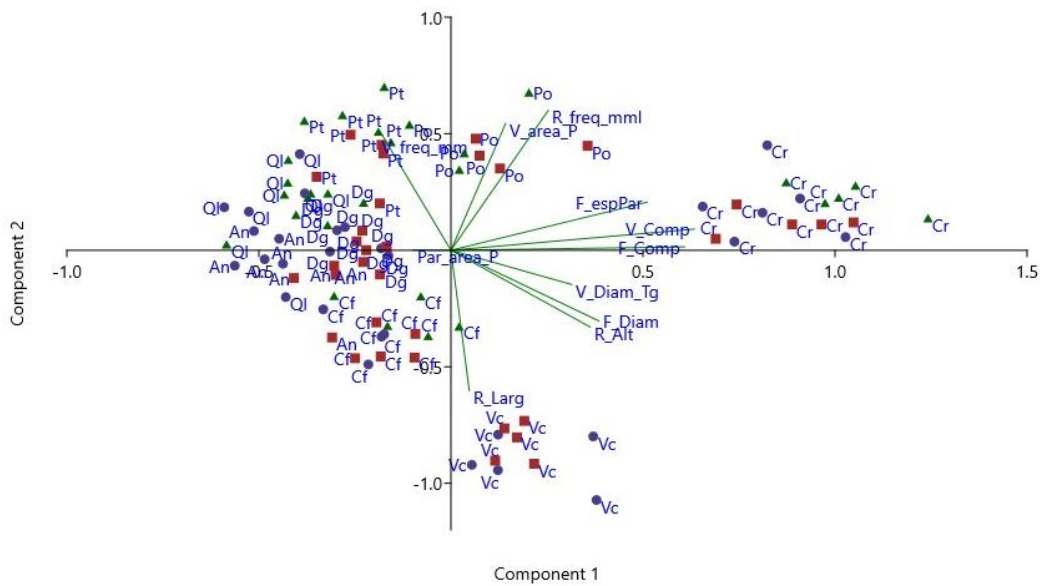


Figura 34. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore em cada espécie⁸. Participação na variância total, em %: componente 1 (36,3%), componente 2 (27,7%).

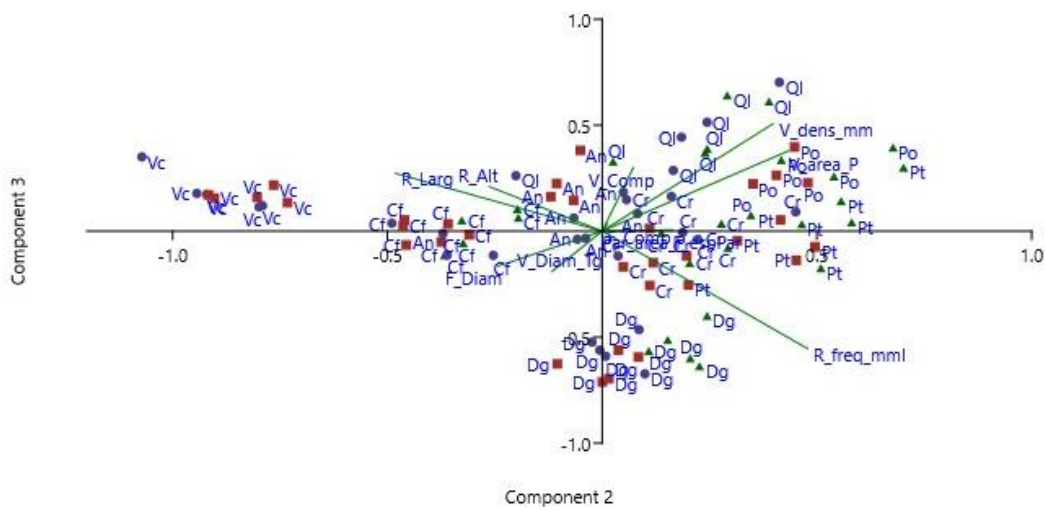


Figura 35. Interpolação dos componentes 2 e 3, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore em cada espécie⁹. Participação na variância total, em %: componente 2 (27,7%), componente 3 (16,8%).

⁸ Rótulos das árvores: (An) *Anadenanthera*; (Cr) *Caryocar*; (Cf) *Copaifera*; (Dg) *Dalbergia*; (Po) *Pouteria*; (Pt) *Pterodon*; (Ql) *Qualea*; (Vc) *Vochysia*. Símbolos indicativos das localidades: (i) Triângulo verde – Brasília, DF; (ii) Quadrado vermelho – Itirapina, SP; (iii) Círculo azul – Jaguariáva, PR. Variáveis: idem figura 35.

Tabela 4. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável, considerando todas as espécies. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11
Fc	0,490	0,012	0,033	-0,072	-0,401	0,458	-0,120	0,339	0,204	0,281	-0,365
Fd	0,310	-0,244	-0,166	0,281	0,437	-0,287	-0,041	0,251	-0,368	0,509	-0,069
Fep	0,412	0,166	0,006	0,347	-0,101	-0,045	-0,654	-0,310	-0,179	-0,311	0,132
Vc	0,511	0,073	0,303	-0,401	0,145	0,031	0,381	-0,510	-0,225	0,056	-0,008
Vd	0,253	-0,118	-0,193	0,305	-0,406	-0,282	0,338	-0,155	0,391	0,197	0,466
Va	0,115	0,438	0,383	0,309	-0,094	-0,414	0,314	0,338	-0,041	-0,268	-0,293
Vde	-0,146	0,402	0,512	0,087	0,240	0,107	-0,224	-0,023	0,287	0,498	0,313
Ra	0,292	-0,265	0,212	-0,139	0,276	0,146	0,025	0,495	0,108	-0,407	0,509
Rl	0,039	-0,485	0,275	0,220	0,283	-0,088	-0,066	-0,260	0,538	-0,125	-0,417
Rf	0,204	0,483	-0,560	-0,049	0,465	0,064	0,081	-0,012	0,399	-0,122	-0,090
PAa	-0,079	0,000	0,010	0,607	0,118	0,640	0,369	-0,121	-0,206	-0,079	0,039

De modo geral, é possível notar que árvores das mesmas espécies tendem a se apresentar de forma pouco dispersa no gráfico. Ainda que não formem grupos distintos, o fator espécie se mostrou mais influente do que o fator localidade, com componentes 1 a 3 responsáveis por 81% da variância. O componente 1 responde por 36% da variância total e permite a separação de *C. brasiliense* (Cr) das demais espécies, enquanto o componente 2 responde por 28% da variância e permite uma distinção entre a espécie *V. tucanorum* (Vc) e as demais. O componente 3, responsável por 17% da variância, permite uma melhor visualização dos grupos observados na associação entre os componentes 1 e 2, enquanto sua combinação com o componente 2 possibilita a individualização de um novo grupo composto por *D. miscolobium* (Dg). Na tabela 4 e nas figuras 34 e 35 é possível observar que: (i) o comprimento dos elementos de vaso, comprimento e espessura da parede das fibras possuíram maiores cargas no componente 1; (ii) a frequência de raios, área e densidade de vasos possuíram pesos significativos no componente 2, assim como a largura dos raios, que se contrapôs às anteriormente citadas; (iii) a densidade de vasos também surge como um dos maiores pesos do componente 3, mas desta vez se contrapondo à frequência de raios, diferente do observado no componente 2.

5.4.1. Espécies com ocorrência em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR)

5.4.1.1. *Caryocar brasiliense* – Caryocaraceae (pequi)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *C. brasiliense* podem ser consultados nas tabelas 5 e 6, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 5. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Caryocar brasiliense* (pequi) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local		
		SP	DF	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1337,32 - 3027,78	1085,89 - 2793,86	1380,60 - 2650,27
	Diâmetro das fibras (μm)	19,15 - 37,31	20,80 - 41,35	18,31 - 42,35
	Espessura da parede das fibras (μm)	8,48 - 16,98	8,96 - 19,20	4,96 - 19,46
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	222,61 - 741,58	269,23 - 805,44	128,92 - 819,24
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	52,76 - 324,20	59,67 - 284,36	51,71 - 215,98
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	59,47 - 286,54	71,95 - 305,66	54,99 - 244,01
	Área de vasos (%)	10,50 - 15,40	10,06 - 19,62	8,78 - 22,65
	Densidade de vasos (mm^{-2})	4,40 - 9,12	5,37 - 10,18	7,55 - 15,32
	Vasos solitários (%)	9,80 - 42,50	11,25 - 38,30	25,00 - 46,58
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	13,33 - 54,90	26,97 - 45,83	21,21 - 46,30
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	5,45 - 35,29	5,00 - 36,92	12,33 - 36,36
Raios	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 46,67	0,00 - 26,97	0,00 - 28,36
	Altura dos raios (μm)	141,17 - 1136,70	284,06 - 1067,68	297,11 - 1421,26
	Largura dos raios (μm)	17,68 - 70,71	14,13 - 58,27	14,13 - 84,87
Parênquima axial	Frequência de raios (mm^{-1})	9,86 - 13,29	10,56 - 14,22	11,29 - 14,66
	Área de parênquima (%)	4,23 - 11,51	3,57 - 10,82	5,48 - 18,94

Tabela 6. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Caryocar brasiliense* (pequi) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais		
		SP	DF	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	2020,60 (293,54) b	1942,12 (310,69) a	1968,79 (270,78) b
	Diâmetro das fibras (μm)	27,67 (4,11) a	29,68 (4,00) c	28,22 (4,71) b
	Espessura da parede das fibras (μm)	12,54 (1,98) a	13,44 (1,91) b	10,37 (2,67) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	460,13 (100,21) a	530,35 (112,35) b	490,08 (138,51) a
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	183,77 (62,40) b	169,43 (45,51) b	136,55 (32,56) a
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	178,72 (54,40) b	174,76 (52,82) b	145,64 (34,50) a
	Área de vasos (%)	13,03 (1,50) a	14,40 (2,81) a	13,61 (4,10) a
	Densidade de vasos (mm^{-2})	6,33 (1,29) a	7,64 (1,83) a	10,67 (2,55) b
	Vasos solitários (%)	26,57 (10,55) a	22,57 (8,80) a	34,03 (7,28) b
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	36,10 (12,88) a	36,89 (6,98) a	32,81 (8,22) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	21,10 (9,21) a	26,04 (10,52) a	21,28 (6,23) a
Raios	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	16,23 (14,25) a	14,50 (8,57) a	11,88 (8,44) a
	Altura dos raios (μm)	459,53 (157,13) a	609,18 (193,83) b	749,87 (259,45) c
	Largura dos raios (μm)	36,47 (9,41) b	31,26 (8,97) a	35,50 (10,91) b
Parênquima axial	Frequência de raios (mm^{-1})	11,61 (0,90) a	12,71 (1,06) a	12,94 (1,02) a
	Área de parênquima (%)	6,58 (2,16) a	7,74 (2,29) a,b	11,24 (3,70) b

Os indivíduos de *C. brasiliense* apresentaram diferenças significativas entre áreas em 10 das 16 variáveis analisadas. O comprimento e a espessura da parede das fibras não variaram entre as árvores procedentes de Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR), que por sua vez apresentaram as fibras mais longas com paredes mais delgadas do que as originárias de Brasília (DF), localidade em que o déficit hídrico é mais

pronunciado e os solos são mais férteis. As fibras com menores diâmetros foram encontradas em Itirapina, seguidas por Jaguariáiva e Brasília.

Assim como o comprimento das fibras, o comprimento dos elementos de vaso não diferiu entre Itirapina e Jaguariáiva, sendo estes mais curtos do que os encontrados em Brasília. Ainda em relação aos vasos, não foram observadas diferenças no diâmetro tangencial, densidade e porcentagem de vasos solitários entre as árvores procedentes de Itirapina e de Brasília (regiões com déficit hídrico). Em Jaguariáiva os vasos são mais estreitos e presentes em maior número, assim como há uma maior porcentagem de vasos solitários quando comparados aos de Brasília e Itirapina, mesclando tanto características de ambientes secos quanto de ambientes úmidos.

Os raios mais altos foram observados em Jaguariáiva, seguidos por Brasília e Itirapina. A largura foi semelhante em Jaguariáiva e em Itirapina (solos menos férteis), sendo estes mais largos do que os de Brasília. A porcentagem de parênquima axial foi maior em Jaguariáiva em relação à Itirapina.

As relações entre as variáveis podem ser observadas no resultado gráfico e na matriz de correlação de Spearman (Figura 36, tabela 7).

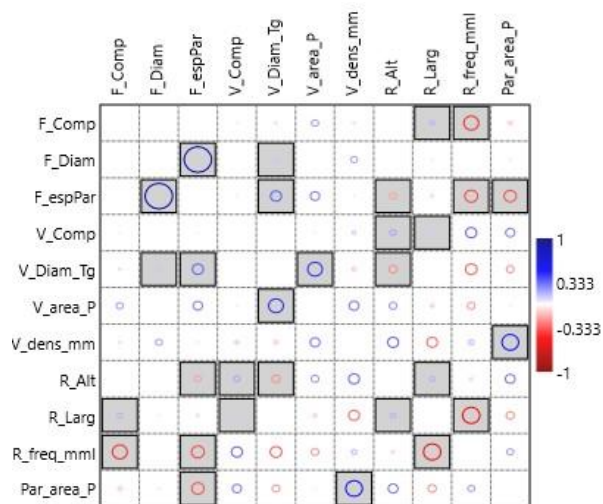


Figura 36. Gráfico de correlação de Spearman⁹ para a espécie *C. brasiliense*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

⁹ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPAR: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

Tabela 7. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *C. brasiliense*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,68	0,97	0,40	0,15	0,28	0,69	0,93	0,00	0,01	0,53
Fd	-0,02		0,00	0,75	0,02	0,95	0,30	0,87	0,30	0,92	0,80
Fep	0,00	0,78		0,37	0,00	0,14	0,79	0,00	0,07	0,04	0,05
Vc	-0,04	-0,01	-0,04		0,65	0,82	0,57	0,00	0,03	0,08	0,15
Vd	0,07	0,11	0,32	-0,02		0,02	0,52	0,00	0,90	0,07	0,24
Va	0,20	-0,01	0,26	-0,04	0,42		0,12	0,24	0,56	0,24	0,86
Vde	-0,07	0,19	-0,05	0,11	-0,12	0,28		0,08	0,09	0,42	0,01
Ra	0,00	-0,01	-0,19	0,18	-0,23	0,21	0,31		0,00	0,62	0,13
Rl	0,15	-0,05	-0,08	0,10	-0,01	-0,11	-0,31	0,15		0,00	0,21
Rf	-0,43	-0,02	-0,37	0,31	-0,33	-0,21	0,15	-0,09	-0,49		0,28
PAa	-0,12	0,05	-0,35	0,26	-0,21	0,03	0,48	0,28	-0,23	0,20	

As correlações positivas com os maiores coeficientes foram: (i) diâmetro e espessura da parede das fibras (ρ 0,78); (ii) densidade de vasos e área de parênquima axial (ρ 0,48); (iii) diâmetro tangencial e área de vasos (ρ 0,42); e (iv) espessura da parede das fibras e diâmetro de vasos (ρ 0,32). Outras relações positivas significativas, ainda que de menor peso, foram: (i) altura de raios e área de vasos (ρ 0,21); (ii) altura de raios e comprimento de vasos (ρ 0,18); (iii) altura e largura de raios (ρ 0,15); (iv) largura de raios e comprimento de fibras (ρ 0,15); e (v) largura de raios e comprimento de vasos (ρ 0,10). As relações negativas ocorreram entre: (i) largura e frequência de raios (ρ -0,49); (ii) frequência de raios e comprimento de fibras (ρ -0,43); (iii) frequência de raios e espessura da parede das fibras (ρ -0,37); (iv) área de parênquima e espessura da parede das fibras (ρ -0,35); (v) altura dos raios e diâmetro tangencial dos vasos (ρ -0,23); e, (vi) altura dos raios e espessura da parede das fibras (ρ -0,19).

Os resultados obtidos pela análise de componentes principais encontram-se expostos na sequência (Tabelas 8, figura 37).

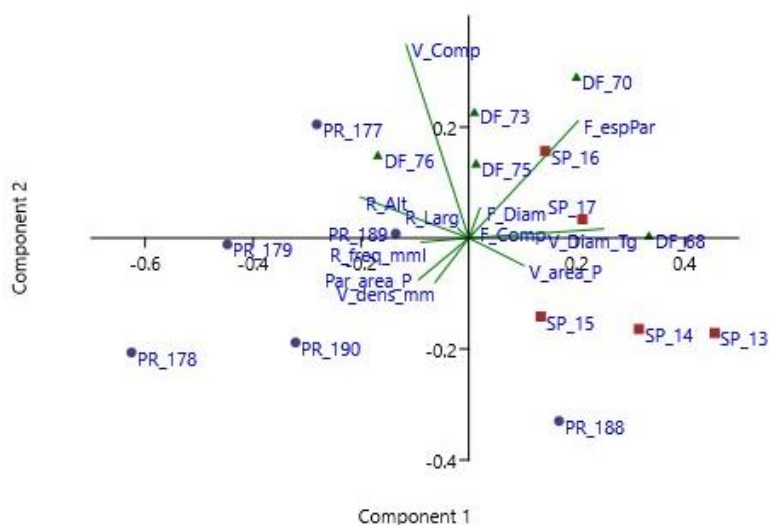


Figura 37. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *C. brasiliense*. Participação na variância total, em %: componente 1 (47,0%), componente 2 (17,2%).

Tabela 8. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *C. brasiliense*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11
Fc	0,020	0,020	-0,304	0,722	-0,423	0,412	-0,048	0,124	0,111	-0,058	0,066
Fd	0,047	0,124	0,226	-0,037	0,211	0,168	-0,124	0,446	0,053	0,113	0,792
Fep	0,466	0,486	0,328	-0,108	0,000	0,336	-0,194	0,082	0,311	0,144	-0,391
Vc	-0,267	0,800	-0,096	0,167	-0,067	-0,458	0,169	-0,015	0,029	-0,035	0,078
Vd	0,573	0,037	-0,290	0,313	0,542	-0,096	0,155	-0,347	-0,090	0,118	0,141
Va	0,235	-0,114	0,658	0,390	-0,154	-0,270	0,211	0,151	-0,412	-0,083	-0,080
Vde	-0,144	-0,184	0,337	0,209	-0,125	-0,218	-0,149	-0,476	0,527	0,407	0,182
Ra	-0,463	0,170	0,274	0,202	0,402	0,439	-0,202	-0,357	-0,320	-0,110	-0,061
Rl	-0,046	0,038	-0,177	0,021	-0,089	-0,094	-0,359	0,146	-0,463	0,754	-0,124
Rf	-0,204	-0,017	0,047	-0,024	0,097	0,301	0,794	0,113	0,085	0,442	-0,098
PAa	-0,215	-0,173	-0,025	0,321	0,511	-0,241	-0,159	0,497	0,329	-0,017	-0,348

O componente 1 responde por 47% da variância, seguido pelo componente 2, com 17% e o componente 3, com 14%, que somados respondem por 78% da variância. Neste caso, a interpolação dos componentes 1 e 2 indicou alguma proximidade entre indivíduos da mesma localidade, mas não ao ponto de formar agrupamentos distintos entre as árvores das 3 localidades, sendo o mesmo observado na interpolação dos componentes 2 e 3. O diâmetro tangencial e a espessura da parede das fibras apresentaram as maiores cargas no componente 1 (0,573 e 0,466, respectivamente), contrapondo-se à altura dos raios (-0,463). No componente 2 destaca-se o comprimento dos elementos de vaso (0,800), seguido pela espessura da parede das fibras (0,486), enquanto a área de vasos apresentou maior peso no componente 3. Complementarmente, procedeu-se com a análise de agrupamentos, cujo dendrograma resultante pode ser observado na sequência (Figura 38).

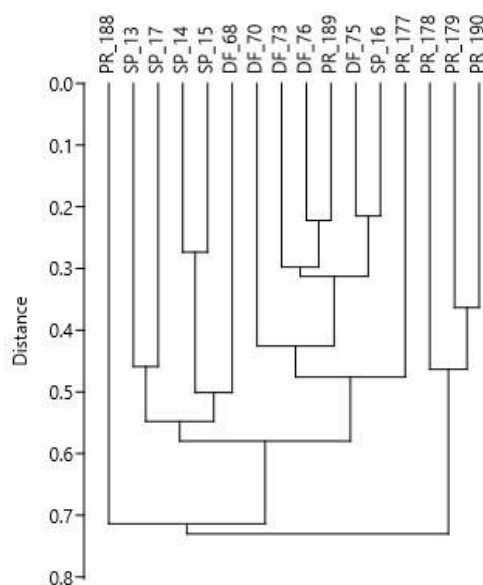


Figura 38. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *C. brasiliense* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7003.

Embora tenha apresentado diferenças significativas para grande parte das variáveis submetidas ao teste de Mann-Whitney, através do dendrograma é possível constatar que as árvores das 3 localidades não

formaram grupos claramente distintos, havendo semelhanças entre árvores de diferentes localidades. As árvores procedentes de Itirapina (SP) formaram dois grupos (SP_13 e SP_17; SP_14 e SP_15). Árvores procedentes de Jaguariaíva (PR) apresentaram semelhanças capazes de reunir os indivíduos PR_179 e PR_190, e, na sequência, o indivíduo PR_178. Não houve a formação de um grupo apenas com árvores procedentes de Brasília (DF), uma vez que estas apresentaram similaridades com árvores do DF e do PR. Assim como observado na PCA, a árvore PR_188 demonstrou maior proximidade com árvores de SP e DF do que com árvores da mesma localidade (agrupamento PR anteriormente citado).

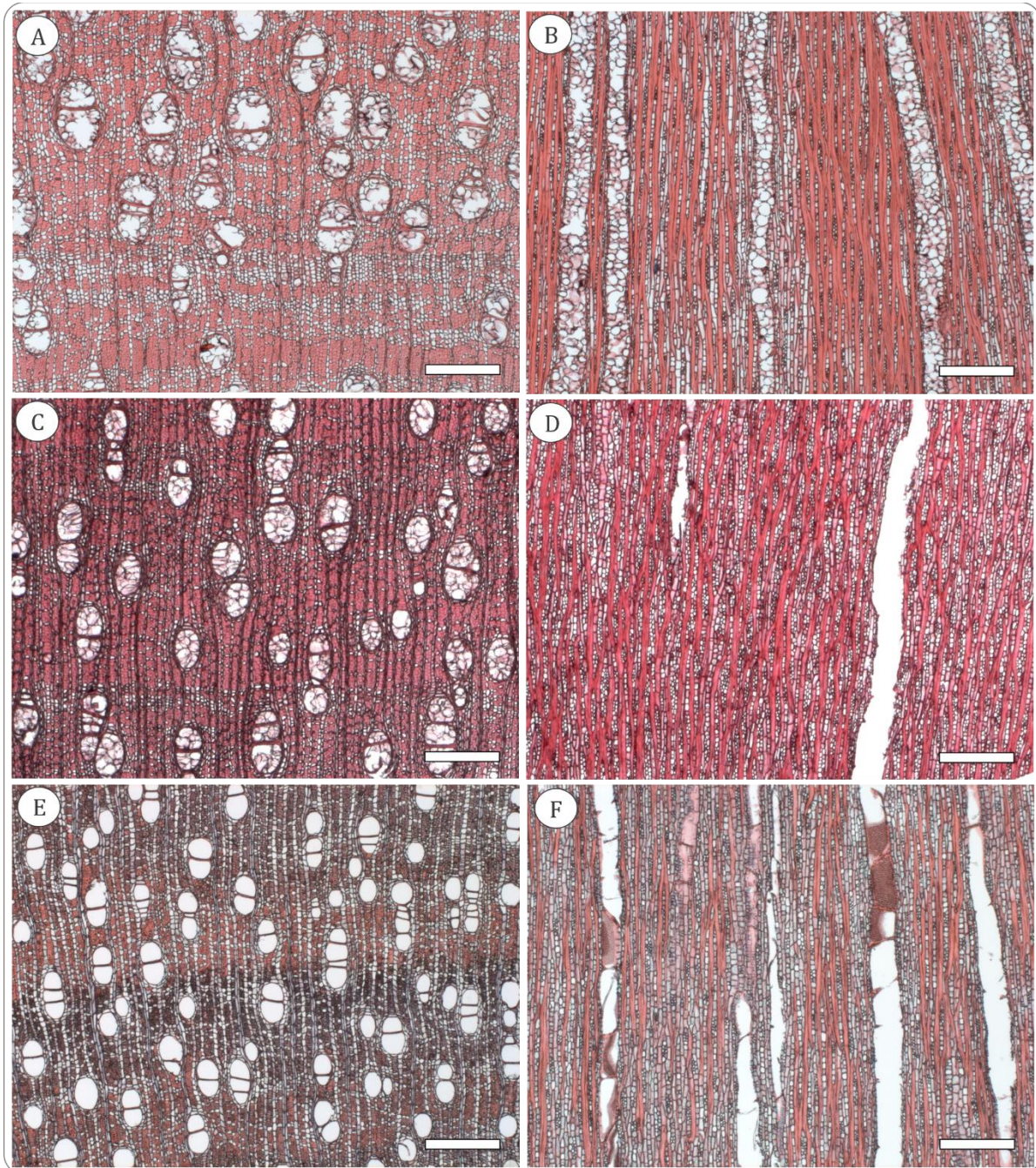


Figura 39. *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em Brasília (A,B), Itirapina (C,D) e Jaguariaíva (E,F): (A,C,E) Seções transversais; (B,D,F) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500µm.

5.4.1.2. *Copaifera langsdorffii* – Fabaceae (copaíba)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *C. langsdorffii* podem ser consultados nas tabelas 9 e 10, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 9. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Copaifera langsdorffii* (copaíba) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local		
		SP	PR	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	326,10 - 1675,04	728,05 - 2026,78	859,53 - 1569,25
	Diâmetro das fibras (μm)	14,72 - 29,24	11,43 - 30,50	14,93 - 29,28
	Espessura da parede das fibras (μm)	3,15 - 6,86	3,52 - 10,05	3,54 - 9,03
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	184,93 - 540,70	137,18 - 615,25	136,07 - 559,87
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	44,64 - 189,25	78,45 - 202,59	57,79 - 198,74
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	50,38 - 161,11	72,08 - 224,86	60,3 - 210,33
	Área de vasos (%)	4,14 - 6,59	4,72 - 12,01	4,71 - 9,09
	Densidade de vasos (mm^{-2})	3,96 - 7,14	3,08 - 9,01	4,29 - 6,52
	Vasos solitários (%)	43,24 - 63,49	40,24 - 69,44	42,31 - 81,40
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	0,00 - 26,92	3,85 - 35,29	4,65 - 34,62
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	4,62 - 26,79	0,00 - 40,24	5,26 - 23,08
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 26,92	0,00 - 25,00	0,00 - 22,81
Raios	Altura dos raios (μm)	204,80 - 828,29	131,70 - 709,06	184,36 - 794,51
	Largura dos raios (μm)	27,78 - 88,42	15,15 - 70,71	20,20 - 83,33
	Frequência de raios (mm^{-1})	6,14 - 7,57	6,14 - 7,86	6,00 - 8,00
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	3,24 - 7,13	2,62 - 6,38	3,68 - 6,34

Tabela 10. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Copaifera langsdorffii* (copaíba) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais		
		SP	DF	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1228,33 (190,51) b	1293,89 (274,68) b	1175,49 (148,25) a
	Diâmetro das fibras (μm)	20,56 (2,81) a	21,43 (3,07) a,b	22,08 (3,04) b
	Espessura da parede das fibras (μm)	5,01 (0,69) a	5,46 (1,01) b	5,16 (0,89) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	337,95 (71,66) b	350,10 (76,18) b	299,88 (79,43) a
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	121,25 (30,70) a	131,40 (25,94) b	127,65 (24,43) a,b
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	111,81 (22,39) a	144,56 (30,93) b	138,99 (31,31) b
	Área de vasos (%)	5,27 (0,85) a	8,14 (2,44) b	6,75 (1,17) b
	Densidade de vasos (mm^{-2})	5,91 (1,13) a	5,47 (1,77) a	5,58 (0,73) a
	Vasos solitários (%)	53,61 (7,42) a	54,93 (9,99) a	61,96 (13,44) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	14,91 (8,40) a	16,96 (10,90) a	17,61 (9,37) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	15,76 (6,77) a	18,04 (14,26) a	12,80 (6,30) a
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	15,73 (10,42) a	10,06 (8,18) a	7,63 (7,93) a
Raios	Altura dos raios (μm)	473,04 (113,68) c	371,50 (106,84) a	412,58 (131,71) b
	Largura dos raios (μm)	53,40 (13,17) c	42,31 (11,76) a	49,10 (14,67) b
	Frequência de raios (mm^{-1})	7,04 (0,39) a	6,97 (0,51) a	6,96 (0,69) a
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	4,62 (1,17) a	4,92 (1,39) a	5,01 (1,04) a

As árvores de *C. langsdorffii* apresentaram diferenças significativas em 9 das 16 variáveis anatômicas mensuradas. Não houve variação no comprimento das fibras e dos elementos de vaso entre amostras procedentes de Brasília (DF) e Itirapina (SP) (regiões com déficit hídrico), sendo estes mais longos do que os encontrados em Jaguariaíva (PR). A espessura da parede das fibras não diferiu entre os indivíduos de Itirapina e Jaguariaíva, que apresentaram paredes mais delgadas quando comparados aos de Brasília (solos mais férteis e déficit hídrico mais severo). O diâmetro das fibras em Jaguariaíva foi superior ao obtido em Itirapina.

Em Itirapina, o diâmetro médio e a área de vasos foram menores do que o verificado em Brasília e no Paraná, que não apresentaram diferenças entre si. Os raios apresentaram maiores dimensões (altura e largura) em Itirapina, seguidos por Jaguariaíva e Brasília, observando-se raios maiores nos locais com menor disponibilidade de nutrientes. A relação entre as variáveis para a espécie pode ser observada no resultado gráfico e na matriz de correlação de Spearman (Figura 40, tabela 11).

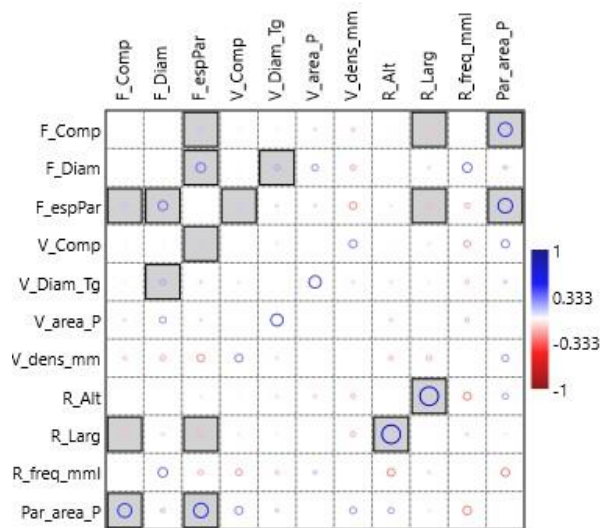


Figura 40. Gráfico de correlação de Spearman¹⁰ para a espécie *C. langsdorffii*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

¹⁰ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPAR: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

Tabela 11. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *C. langsdorffii*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,94	0,02	0,60	0,45	0,73	0,58	0,62	0,01	0,95	0,03
Fd	0,00		0,00	0,66	0,00	0,33	0,42	0,70	0,09	0,16	0,53
Fep	0,12	0,28		0,03	0,10	0,70	0,28	0,28	0,00	0,46	0,03
Vc	0,03	0,02	0,11		0,29	0,98	0,24	0,59	0,20	0,32	0,24
Vd	0,04	0,17	0,08	0,05		0,06	0,70	0,13	0,34	0,54	0,61
Va	0,07	0,19	0,08	0,01	0,36		0,89	0,63	0,98	0,56	0,98
Vde	-0,11	-0,16	-0,21	0,23	-0,08	-0,03		0,51	0,46	0,98	0,31
Ra	0,02	-0,02	-0,05	-0,03	-0,07	-0,10	-0,13		0,00	0,25	0,36
Rl	-0,13	-0,08	-0,15	-0,06	0,05	0,00	-0,15	0,54		0,67	0,79
Rf	-0,01	0,27	-0,15	-0,19	-0,12	0,12	0,00	-0,23	-0,08		0,22
PAa	0,40	0,12	0,42	0,23	0,10	0,01	0,20	0,18	-0,05	-0,24	

A maior parte das correlações significativas entre variáveis observadas para *C. langsdorffii* apresentou coeficientes inferiores a 0,55. Correlações significativas foram positivas entre as variáveis: (i) altura e largura de raios (ρ 0,54); (ii) área de parênquima axial e espessura da parede das fibras (ρ 0,42); (iii) área de parênquima axial e comprimento das fibras (ρ 0,40); (iv) diâmetro e espessura da parede das fibras (ρ 0,28); (v) diâmetro das fibras e diâmetro tangencial dos vasos (ρ 0,17); (vi) comprimento e espessura da parede das fibras (ρ 0,12); e (vii) espessura da parede das fibras e comprimento dos elementos de vaso (ρ 0,11). As relações negativas envolveram a largura dos raios e apresentaram coeficientes baixos, como: (i) espessura da parede das fibras e largura dos raios (ρ -0,13); e (ii) comprimento das fibras e largura dos raios (ρ -0,13).

Na sequência foram exploradas as técnicas multivariadas de análise para verificar a similaridade e formação de grupos de árvores procedentes das 3 localidades (Figuras 41 e 42, tabela 12).

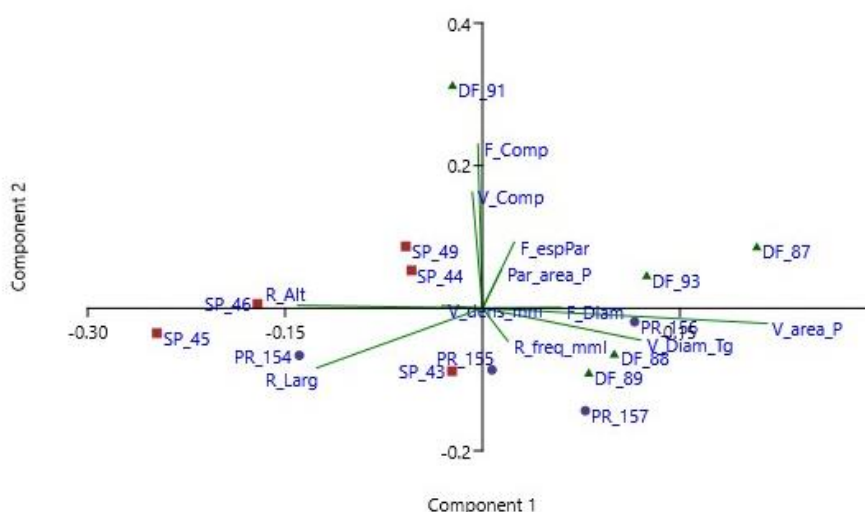


Figura 41. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *C. langsdorffii*. Participação na variância total, em %: componente 1 (26,9%), componente 2 (21,8%).

Tabela 12. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *C. langsdorffii*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11
Fc	-0,011	0,719	0,183	-0,175	-0,581	0,079	0,072	0,000	0,055	0,206	-0,157
Fd	0,187	0,003	0,209	-0,169	0,326	0,427	0,521	-0,101	0,550	-0,014	-0,142
Fep	0,075	0,289	0,035	-0,124	0,313	0,190	-0,436	-0,082	0,166	0,292	0,671
Vc	-0,024	0,508	0,191	0,602	0,415	-0,323	0,137	-0,054	-0,031	-0,206	-0,038
Vd	0,375	-0,140	0,716	-0,231	0,108	-0,261	-0,071	0,358	-0,207	0,126	-0,045
Va	0,675	-0,067	-0,069	0,490	-0,200	0,420	-0,034	-0,094	-0,242	0,101	0,003
Vde	-0,097	0,011	-0,266	0,249	0,117	0,035	-0,004	0,703	0,211	0,517	-0,192
Ra	-0,439	0,012	0,178	0,001	0,183	0,422	0,315	-0,017	-0,629	0,250	0,078
Rl	-0,393	-0,261	0,505	0,429	-0,318	0,226	-0,223	0,036	0,333	-0,102	0,115
Rf	0,060	-0,144	-0,035	0,117	-0,286	-0,353	0,594	0,022	0,074	0,195	0,598
PAa	0,045	0,170	-0,095	-0,101	-0,064	0,266	0,085	0,588	-0,091	-0,653	0,296

Os componentes 1 a 4 foram responsáveis por 82% da variância, sendo 27% referente ao componente 1, enquanto os componentes 2,3 e 4 contribuíram respectivamente com 22%, 18% e 15%. Pelo diagrama de ordenação (Figura 41) nota-se uma tendência de separação das árvores procedentes de Itirapina (SP) e de Brasília (DF), enquanto as coletadas em Jaguariaíva (PR) apresentam similaridades com as das duas localidades. A árvore DF_91 se distanciou das demais por possuir fibras e elementos de vaso mais longos, variáveis de maior peso no componente 2. Considerando o componente 1, as árvores PR_156 e PR_157 assemelharam-se às árvores procedentes de Brasília (DF_87, DF_88, DF_89 e DF_93), enquanto PR_154 e PR_155 se aproximaram das oriundas de Itirapina.

A área de vasos possuiu maior peso no componente 1 (0,675), opondo-se à altura e largura de raios (-0,439 e -0,393), enquanto no componente 2 as variáveis foram comprimento das fibras (0,719) e dos elementos de vaso (0,508). O componente 3 foi marcado pelo diâmetro tangencial dos vasos (0,716) e largura dos raios (0,505), já o CP4 recebeu as maiores cargas do comprimento dos vasos (0,602), área de vasos (0,490) e largura de raios (0,429). A interpolação dos demais componentes não contribuiu para uma melhor distinção dos grupos.

A análise de agrupamentos também ilustra as semelhanças entre árvores de localidades distintas, havendo a formação de um único grupo com árvores da mesma área (SP_44 e SP_46) e diversos grupos com árvores de diferentes origens.

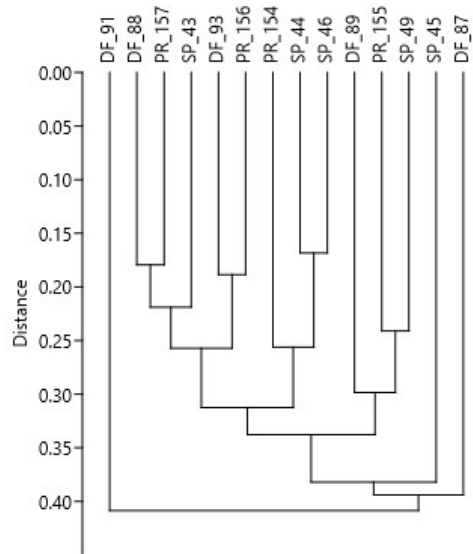


Figura 42. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *C. langsdorffii* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7454.

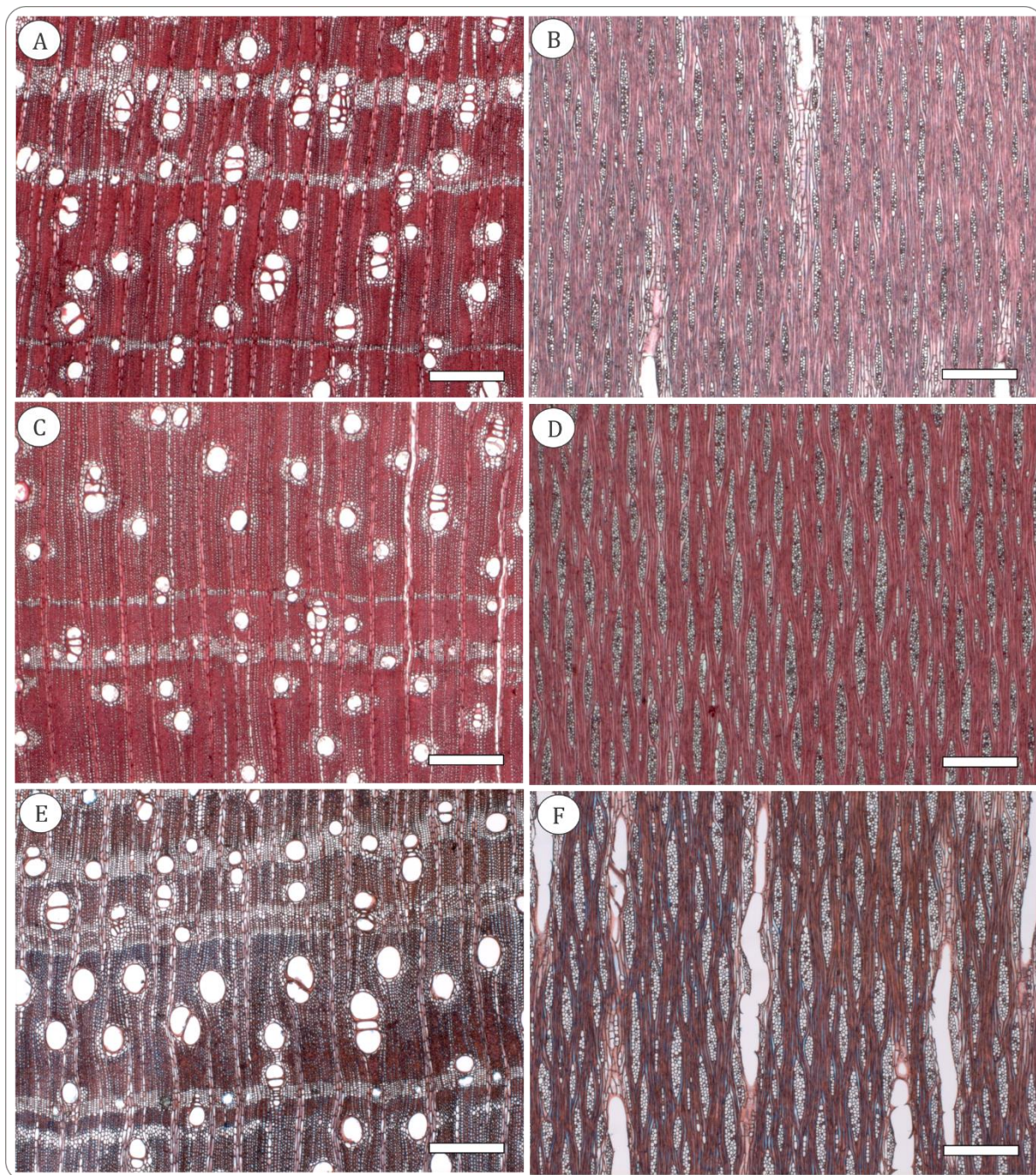


Figura 43. *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) em Brasília (A,B), Itirapina (C,D) e Jaguariaíva (E,F): (A,C,E) Seções transversais; (B,D,F) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m.

5.4.1.3. *Dalbergia miscolobium* – Fabaceae (caviúna)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *D. miscolobium* podem ser consultados nas tabelas 13 e 14, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 13. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Dalbergia miscolobium* (caviúna) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local		
		SP	PR	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	808,36 - 1558,30	530,02 - 1316,11	711,40 - 1288,19
	Diâmetro das fibras (μm)	16,00 - 36,71	14,34 - 32,31	18,40 - 37,10
	Espessura da parede das fibras (μm)	3,94 - 10,94	4,33 - 10,23	3,96 - 9,10
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	131,57 - 274,26	121,94 - 322,45	129,44 - 333,01
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	35,26 - 346,98	27,89 - 242,48	40,28 - 310,22
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	36,71 - 273,50	35,45 - 283,06	44,01 - 309,61
	Área de vasos (%)	2,97 - 7,22	5,25 - 10,15	6,44 - 9,80
	Densidade de vasos (mm^{-2})	2,86 - 7,47	4,62 - 8,79	3,19 - 7,25
	Vasos solitários (%)	14,58 - 70,59	14,93 - 54,76	24,39 - 68,97
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	8,33 - 30,77	3,23 - 37,50	11,76 - 51,16
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	0,00 - 31,25	4,17 - 26,87	0,00 - 22,22
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 58,82	0,00 - 66,67	0,00 - 46,34
Raios	Altura dos raios (μm)	101,14 - 457,08	83,33 - 305,65	78,32 - 447,59
	Largura dos raios (μm)	15,15 - 59,12	7,58 - 40,48	10,10 - 58,30
	Frequência de raios (mm^{-1})	12,57 - 14,43	12,29 - 14,86	11,43 - 14,57
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	8,40 - 13,65	9,12 - 13,95	11,39 - 19,76

Tabela 14. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Dalbergia miscolobium* (caviúna) em Brasília (DF), Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais		
		SP	DF	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1138,73 (136,68) c	913,76 (152,78) a	982,38 (121,25) b
	Diâmetro das fibras (μm)	26,13 (3,93) b	23,05 (3,37) a	26,90 (3,76) b
	Espessura da parede das fibras (μm)	6,90 (1,26) a,b	6,97 (1,14) b	6,59 (1,15) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	199,54 (23,32) a	208,54 (27,65) b	200,20 (27,37) a
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	133,19 (71,93) a,b	119,56 (50,03) a	142,71 (50,89) b
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	119,97 (57,77) a	133,50 (59,98) a	157,13 (58,28) b
	Área de vasos (%)	5,51 (1,34) a	7,76 (1,62) b	8,52 (1,18) b
	Densidade de vasos (mm^{-2})	4,14 (1,51) a	6,74 (1,45) b	5,01 (1,18) a
	Vasos solitários (%)	42,14 (15,24) a	33,87 (12,02) a	43,66 (14,47) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	20,76 (8,76) a	21,81 (11,20) a	25,65 (11,41) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	14,01 (12,44) a	17,16 (8,64) a	10,74 (7,38) a
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	23,10 (20,26) a	27,17 (20,27) a	19,96 (15,04) a
Raios	Altura dos raios (μm)	189,64 (64,41) b	147,71 (33,55) a	195,57 (75,08) b
	Largura dos raios (μm)	30,79 (7,48) c	23,02 (7,40) a	28,21 (7,93) b
	Frequência de raios (mm^{-1})	13,66 (0,68) a	13,67 (0,82) a	12,73 (1,01) a
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	10,95 (1,96) a	11,24 (1,63) a	14,96 (2,61) b

As árvores de *D. miscolobium* apresentaram diferenças significativas em 10 das 16 variáveis mensuradas. As fibras mais longas foram encontradas em Itirapina (SP), seguidas por Jaguariaíva (PR) e Brasília (DF), exibindo fibras mais curtas no local com déficit hídrico mais severo. As fibras de menor diâmetro e maior espessura da parede ocorreram em Brasília, enquanto as fibras de paredes mais delgadas foram observadas em Jaguariaíva, localidade com disponibilidade hídrica ao longo do ano. Ao contrário das fibras, os elementos de

vaso mais longos foram encontrados em Brasília, não havendo diferenças entre Jaguariaíva e Itirapina. Os vasos mais largos (diâmetro tangencial e médio) ocorreram em Jaguariaíva e os mais estreitos em Brasília, proporcionando maior eficiência no transporte na localidade sem déficit hídrico e maior segurança na região com seca mais pronunciada. Observou-se ainda uma relação inversa entre diâmetro e densidade de vasos, sendo estes menores e mais frequentes em Brasília e maiores e menos frequentes em Jaguariaíva, mantendo-se porcentagens de áreas equivalentes entre si e superiores à Itirapina. Os raios de menores dimensões (altura e largura) ocorreram em Brasília (maior disponibilidade de nutrientes), em Itirapina foram encontrados os raios mais largos e, em Jaguariaíva, os de tamanho intermediário entre as duas localidades. Apesar de haver diferenças nos raios das árvores de Itirapina e Jaguariaíva em relação à largura, a altura não diferiu significativamente entre essas localidades. A maior porcentagem de área ocupada pelo parênquima axial foi observada em Jaguariaíva, não havendo diferenças entre Brasília e Itirapina. As relações entre as variáveis encontram-se expostas na representação gráfica e na matriz de correlação de Spearman (Figura 44, tabela 15).

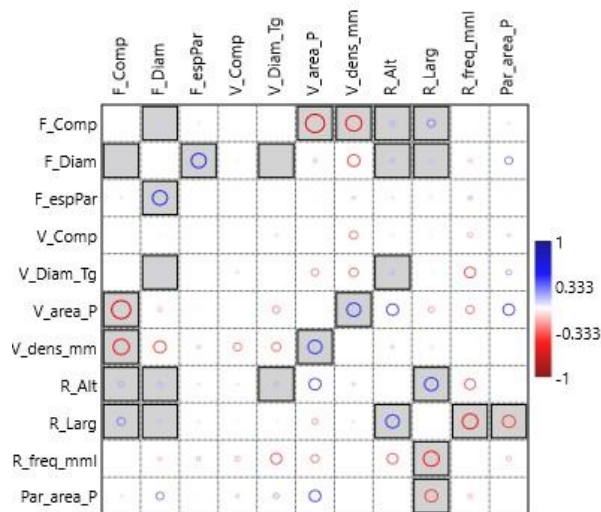


Figura 44. Gráfico de correlação de Spearman¹¹ para a espécie *D. miscolobium*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

¹¹ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPar: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

Tabela 15. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *D. miscolobium*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,04	0,25	0,96	0,96	0,00	0,01	0,00	0,00	0,90	0,78
Fd	0,10		0,00	0,40	0,04	0,53	0,06	0,00	0,01	0,54	0,23
Fep	-0,05	0,43		0,78	0,80	0,88	0,61	0,16	0,23	0,53	0,90
Vc	0,00	-0,04	0,01		0,11	0,95	0,21	0,23	0,33	0,45	0,63
Vd	0,00	0,10	0,01	-0,07		0,27	0,17	0,00	0,43	0,09	0,42
Va	-0,55	-0,12	-0,03	0,01	-0,21		0,03	0,06	0,36	0,21	0,07
Vde	-0,46	-0,35	0,10	-0,24	-0,26	0,40		0,64	0,77	0,91	0,95
Ra	0,15	0,14	-0,07	-0,06	0,14	0,34	0,09		0,00	0,09	0,99
Rl	0,23	0,12	-0,06	-0,05	0,04	-0,17	0,06	0,39		0,01	0,05
Rf	-0,02	-0,12	0,12	-0,14	-0,32	-0,24	-0,02	-0,31	-0,45		0,49
PAa	0,05	0,22	0,02	0,09	0,15	0,34	-0,01	0,00	-0,37	-0,13	

Para *D. miscolobium*, as maiores correlações positivas significativas foram: (i) espessura da parede e diâmetro das fibras (ρ 0,43); (ii) área e densidade de vasos (ρ 0,40), sendo as demais menos relevantes, com coeficientes inferiores a 0,25. As correlações negativas foram: (i) área de vasos e comprimento das fibras (ρ -0,55); (ii) densidade de vasos e comprimento das fibras (ρ -0,46); (iii) frequência e largura de raios (ρ -0,45); e (iv) área de parênquima e largura de raios (ρ -0,37). Os resultados das análises de componentes principais e de agrupamentos podem ser observados na sequência (Figuras 45 e 46, tabela 16).

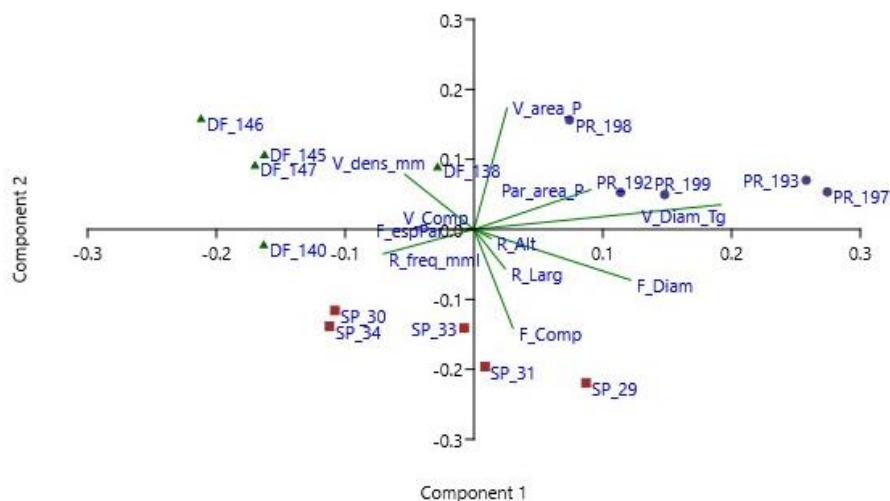


Figura 45. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *D. miscolobium*. Participação na variância total, em %: componente 1 (38,6%), componente 2 (26,1%).

Tabela 16. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *D. miscolobium*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	CP 11
Fc	0,114	-0,532	0,214	-0,478	-0,024	0,468	0,194	0,074	0,169	-0,300	0,220
Fd	0,458	-0,273	0,276	0,454	0,429	0,012	-0,077	-0,328	0,336	0,149	-0,038
Fep	-0,070	-0,002	0,225	0,609	-0,158	-0,026	0,459	0,353	-0,101	-0,272	0,358
Vc	-0,019	0,004	-0,084	-0,053	-0,099	0,188	0,722	-0,168	0,005	0,596	-0,197
Vd	0,723	0,133	-0,316	0,036	-0,479	0,095	-0,086	0,282	0,172	0,053	-0,002
Va	0,097	0,653	0,427	-0,031	0,156	0,568	-0,054	0,046	-0,085	-0,062	-0,131
Vde	-0,203	0,297	0,150	-0,188	0,004	-0,235	0,039	0,164	0,781	0,164	0,304
Ra	0,050	-0,049	0,096	-0,049	0,022	0,104	-0,273	0,040	-0,345	0,554	0,685
Rl	0,091	-0,211	0,441	-0,139	0,090	-0,274	-0,052	0,634	-0,131	0,269	-0,395
Rf	-0,266	-0,132	-0,488	0,245	0,364	0,449	-0,141	0,450	0,183	0,133	-0,081
PAa	0,342	0,214	-0,272	-0,270	0,622	-0,262	0,338	0,140	-0,177	-0,169	0,203

Os componentes 1 a 3 foram responsáveis por 75% da variância total, sendo 39% referente ao CP1, 26% ao CP2 e 11% ao CP3. A interpolação dos componentes 1 e 2 separaram as árvores de *D. miscolobium* em 3 grupos distintos em função da localidade. O diâmetro dos vasos e das fibras foram as variáveis com as maiores cargas no componente 1 (0,723 e 0,458), sendo este responsável por separar as árvores procedentes de Brasília (DF) e Jaguariáiva (PR). A área de vasos, contrapondo-se ao comprimento das fibras (0,653 e -0,532, respectivamente) apresentaram as maiores cargas no componente 2, diferenciando as árvores de Itirapina (SP) das demais. O resultado gráfico da análise de agrupamentos encontra-se exposto na seqüência (Figura 46).

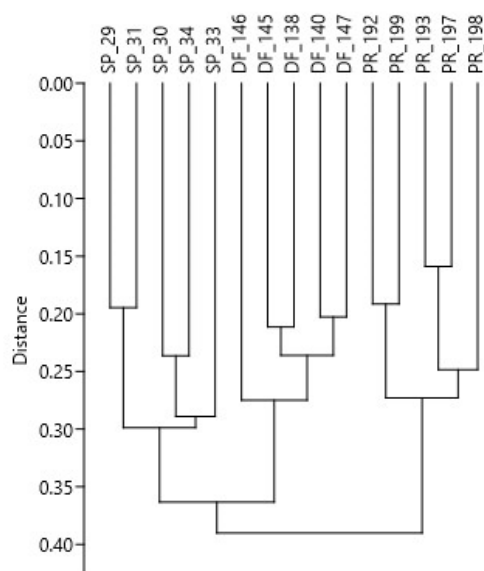


Figura 46. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *D. miscolobium* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7367.

Na análise de agrupamentos verifica-se a separação das árvores de cada localidade em 3 agrupamentos distintos correspondentes à Itirapina, Brasília e Jaguariáiva. Os grupos de Itirapina e Brasília apresentaram maior

similaridade entre si, enquanto Jaguariaíva se constituiu como o grupo mais distante dos demais, possivelmente influenciados pelas diferenças regionais em relação à disponibilidade hídrica ao longo do ano.

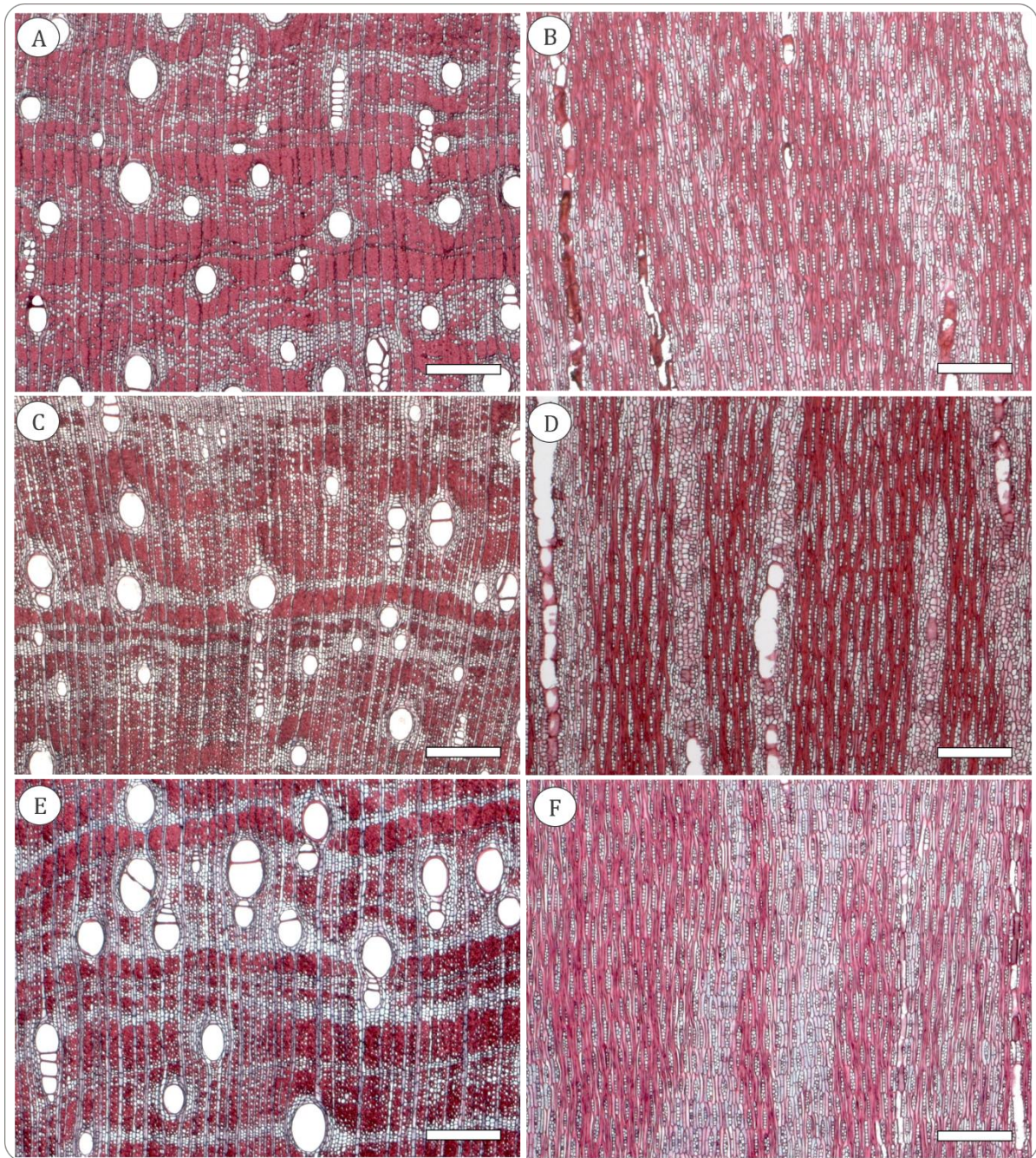


Figura 47. *Dalbergia miscolobium* (Fabaceae) em Brasília (A,B), Itirapina (C,D) e Jaguariaíva (E,F): (A,C,E) Seções transversais; (B,D,F) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m.

5.4.2. Espécies com ocorrência em Brasília (DF) e Itirapina (SP)

5.4.2.1. *Pouteria torta* – Sapotaceae (grão-de-galo)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *P. torta* podem ser consultados nas tabelas 17 e 18, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 17. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pouteria torta* (grão-de-galo) em Brasília (DF) e Itirapina (SP).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local	
		SP	DF
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	599,16 - 1524,36	574,74 - 1541,31
	Diâmetro das fibras (μm)	17,00 - 33,07	17,38 - 32,91
	Espessura da parede das fibras (μm)	4,36 - 11,59	4,21 - 11,68
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	251,90 - 669,24	224,54 - 708,69
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	42,43 - 263,21	40,67 - 143,36
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	42,41 - 221,71	45,21 - 162,61
	Área de vasos (%)	16,53 - 23,38	11,22 - 17,17
	Densidade de vasos (mm^{-2})	12,92 - 21,27	15,55 - 29,38
	Vasos solitários (%)	24,62 - 43,57	13,46 - 39,05
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	23,46 - 37,59	15,56 - 25,71
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	13,27 - 26,32	8,70 - 24,26
Raios	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	3,01 - 30,00	16,40 - 48,56
	Altura dos raios (μm)	143,67 - 734,34	189,18 - 644,34
	Largura dos raios (μm)	19,44 - 70,50	15,84 - 56,33
	Frequência de raios (mm^{-1})	9,53 - 12,32	9,38 - 13,05
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	4,53 - 6,57	5,09 - 10,39

Tabela 18. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pouteria torta* (grão-de-galo) em Brasília (DF) e Itirapina (SP). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais	
		SP	DF
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1135,24 (161,04) a	1110,41 (141,68) a
	Diâmetro das fibras (μm)	23,26 (3,18) a	22,80 (2,84) a
	Espessura da parede das fibras (μm)	8,12 (1,13) a	7,91 (1,16) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	426,01 (97,69) a	445,01 (98,33) b
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	123,63 (43,86) b	102,51 (20,91) a
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	117,11 (36,89) a	109,89 (25,77) a
	Área de vasos (%)	19,35 (2,73) b	15,59 (1,87) a
	Densidade de vasos (mm^{-2})	16,25 (3,10) a	22,04 (4,72) b
	Vasos solitários (%)	37,34 (6,22) a	27,81 (8,81) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	29,80 (5,18) a	20,45 (4,07) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	19,38 (5,07) a	18,63 (4,62) a
Raios	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	13,48 (9,50) a	33,11 (12,13) b
	Altura dos raios (μm)	340,90 (115,88) a	342,99 (91,11) a
	Largura dos raios (μm)	34,95 (9,62) b	30,68 (8,06) a
	Frequência de raios (mm^{-1})	10,69 (1,01) a	11,79 (1,17) a
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	5,59 (0,59) a	7,60 (2,12) a

Dentre as espécies amostradas, *P. torta* foi a que apresentou menor variação entre as áreas de estudo (5 variáveis). As fibras das árvores procedentes de Itirapina (SP) não se mostraram diferentes das mensuradas em Brasília (DF). Os elementos de vaso mais longos foram encontrados em Brasília, assim como uma maior percentagem de vasos múltiplos de 4 ou mais células. As amostras de Itirapina apresentaram maiores diâmetro e percentual de área de vasos, bem como raios mais largos quando comparadas às procedentes de Brasília, localidade com déficit hídrico mais severo e solos mais férteis. As correlações entre as variáveis podem ser acompanhadas no gráfico e na matriz de correlação de Spearman (Figura 48, tabela 19).

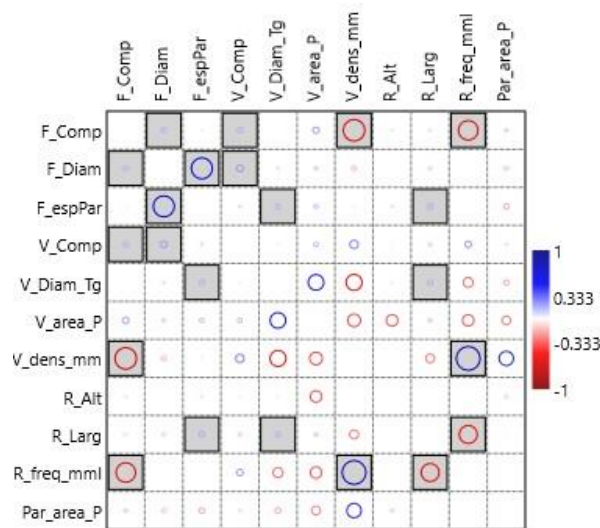


Figura 48. Gráfico de correlação de Spearman¹² para a espécie *P. torta*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 19. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *P. torta*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,02	0,58	0,01	0,99	0,47	0,01	0,39	0,27	0,02	0,72
Fd	0,15		0,00	0,00	0,31	0,71	0,60	0,85	0,12	0,94	0,67
Fep	0,04	0,62		0,25	0,02	0,64	0,87	0,31	0,01	0,99	0,54
Vc	0,16	0,20	0,07		0,49	0,63	0,36	0,62	0,10	0,47	0,77
Vd	0,00	0,07	0,15	-0,05		0,07	0,07	0,46	0,02	0,27	0,54
Va	0,19	0,10	0,13	0,13	0,46		0,15	0,20	0,69	0,20	0,34
Vde	-0,63	-0,14	-0,04	0,24	-0,47	-0,37		0,99	0,33	0,00	0,10
Ra	0,06	-0,01	-0,07	0,03	0,05	-0,34	0,00		0,90	0,94	0,72
Rl	-0,07	-0,10	0,16	-0,11	0,15	0,11	-0,26	-0,01		0,04	0,93
Rf	-0,57	-0,02	0,00	0,19	-0,29	-0,34	0,70	-0,02	-0,53		0,99
PAa	0,10	-0,12	-0,16	-0,08	-0,17	-0,25	0,42	-0,10	0,02	0,00	

¹² Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPAR: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

As correlações significativas entre variáveis observadas para *P. torta* apresentaram, em módulo, coeficientes variando de 0,70 a 0,50 e de 0,20 a 0,15. As correlações positivas com maiores coeficientes foram: (i) frequência de raios e densidade de vasos (ρ 0,70); e (ii) espessura da parede e diâmetro das fibras (ρ 0,62). As correlações negativas de maior peso foram: (i) densidade de vasos e comprimento das fibras (ρ -0,63); (ii) frequência de raios e comprimento das fibras (ρ -0,57); e (iii) frequência e largura de raios (ρ -0,53).

Serão expostos na sequência os resultados obtidos pela aplicação das técnicas de análise multivariadas (Figuras 49 e 50, tabela 20), com o objetivo de verificar similaridades e formação de grupos entre árvores de diferentes localidades.

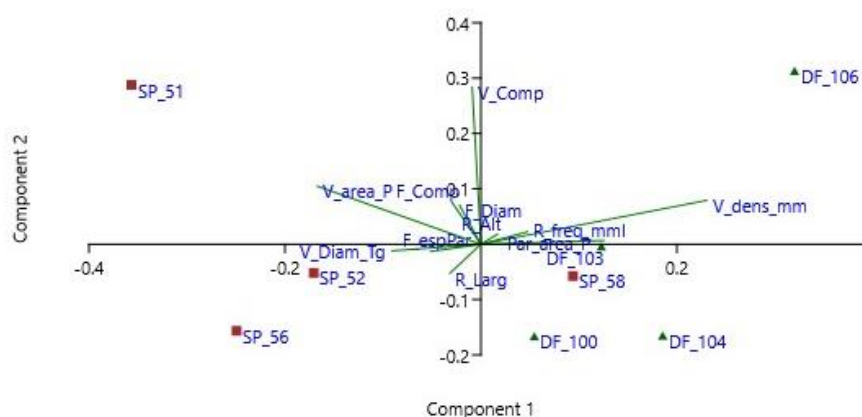


Figura 49. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *P. torta*. Participação na variância total, em %: componente 1 (47,2%), componente 2 (32,9%).

Tabela 20. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *P. torta*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7
Fc	-0,089	0,228	-0,098	-0,198	-0,146	0,043	-0,482
Fd	-0,065	0,210	-0,252	0,177	0,306	0,753	0,283
Fep	-0,154	-0,039	0,027	0,231	0,114	0,195	-0,490
Vc	-0,027	0,846	-0,227	-0,072	0,142	-0,322	0,108
Vd	-0,271	-0,036	0,263	-0,202	0,699	-0,257	-0,183
Va	-0,498	0,313	0,660	0,007	-0,361	0,218	0,106
Vde	0,687	0,236	0,488	0,253	0,138	0,129	-0,284
Ra	0,050	0,054	-0,021	-0,055	0,309	0,166	0,038
Rl	-0,094	-0,156	0,318	0,053	0,323	-0,089	0,388
Rf	0,374	0,020	0,166	-0,703	-0,079	0,143	0,243
PAa	0,141	0,067	0,049	0,515	-0,089	-0,321	0,315

Observa-se que 80% da variância pode ser explicada pelos componentes 1 e 2. Através do diagrama de ordenação e da tabela com as cargas de cada componente (Figura 49, tabela 20), é possível verificar que o componente 1, fortemente influenciado pela contraposição das variáveis densidade e área de vasos (cargas 0,687 e -0,498, respectivamente), foi suficiente para separar parte das árvores procedentes de Itirapina (SP) e Brasília (DF), excetuando-se a árvore SP_58. O componente 2, influenciado de forma mais significativa pelo comprimento dos elementos de vaso (carga 0,846), separou as árvores SP_51 e DF_106 das demais árvores de

suas localidades. Ressalta-se também que a espécie foi representada por um número menor de indivíduos (4 em cada localidade), sendo interessante considerar uma ampliação da amostragem. O dendrograma resultante da análise de agrupamentos encontra-se exposto na figura 50.

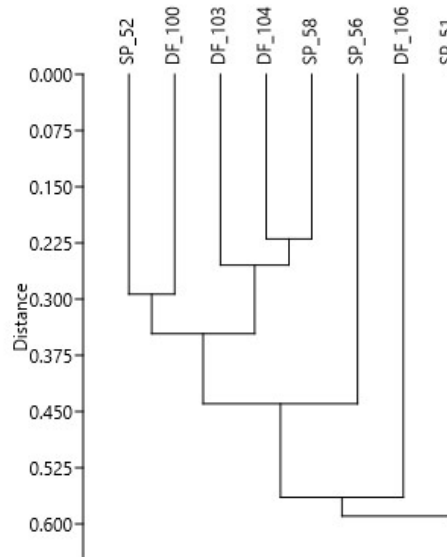


Figura 50. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *P. torta* nas duas áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela esalarização completa. Correlação 0,8387.

Na análise de agrupamentos é possível verificar tendências presentes na PCA, como o distanciamento das árvores SP_51 e DF_106 e a maior proximidade da árvore SP_58 com árvores de Brasília (DF_104 e DF_103). Nenhuma das árvores formou agrupamento direto com outras da mesma localidade.

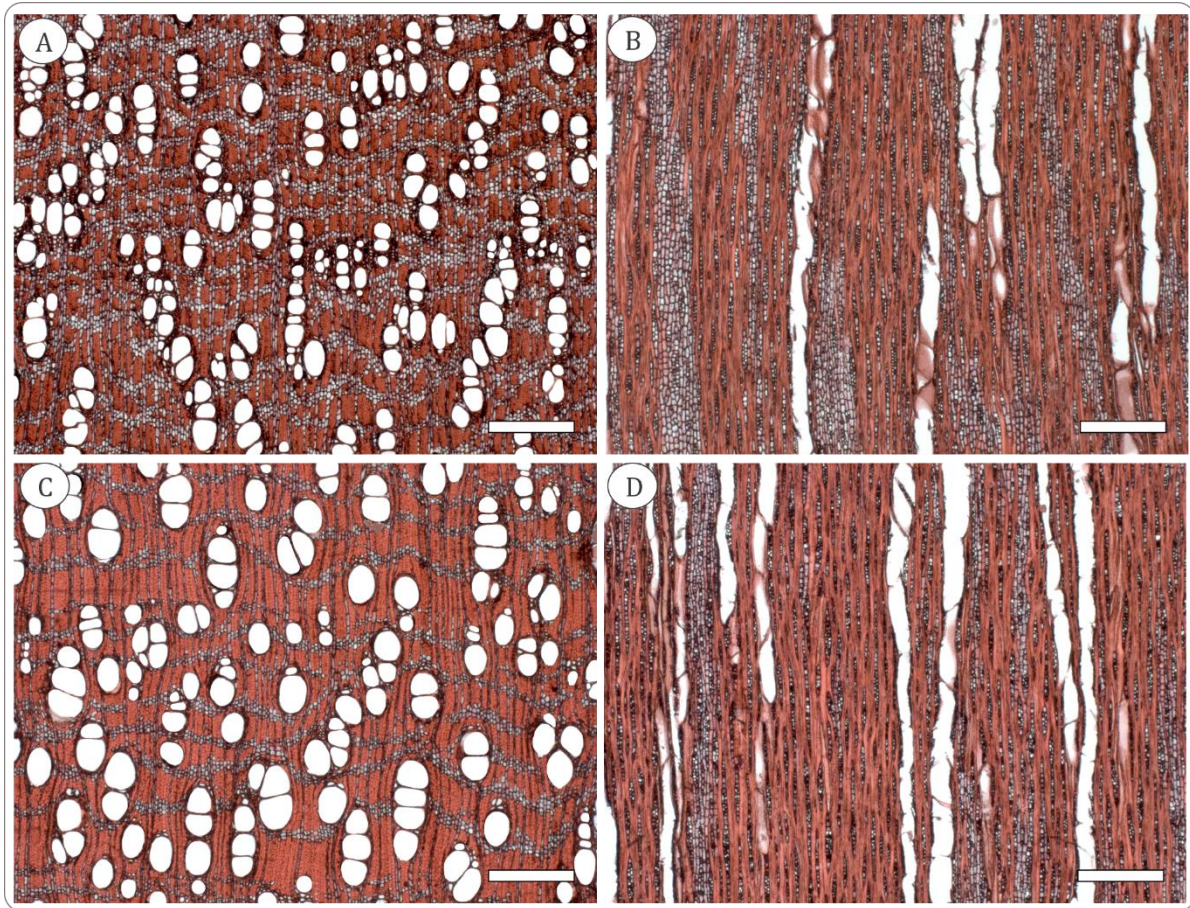


Figura 51. *Pouteria torta* (Sapotaceae) em Brasília (A,B) e Itirapina (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m.

5.4.2.2. *Pterodon emarginatus* – Fabaceae (sucupira)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *P. emarginatus* podem ser consultados nas tabelas 21 e 22, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 21. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pterodon emarginatus* (sucupira) em Brasília (DF) e Itirapina (SP).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local	
		SP	DF
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	609,16 - 1618,16	750,75 - 1582,00
	Diâmetro das fibras (μm)	12,58 - 25,49	11,63 - 24,96
	Espessura da parede das fibras (μm)	3,91 - 10,84	4,71 - 10,70
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	189,15 - 406,88	203,11 - 377,69
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	49,15 - 201,28	55,02 - 170,48
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	45,63 - 176,49	56,53 - 182,90
	Área de vasos (%)	9,62 - 19,24	13,66 - 22,15
	Densidade de vasos (mm^{-2})	8,46 - 17,84	12,35 - 22,64
	Vasos solitários (%)	22,06 - 59,46	16,23 - 62,96
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	21,43 - 50,00	26,47 - 35,60
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	8,11 - 28,85	5,56 - 39,71
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 22,73	0,00 - 29,32
	Raios	Altura dos raios (μm)	127,97 - 409,93
Largura dos raios (μm)		5,57 - 35,25	5,28 - 35,25
Frequência de raios (mm_i^{-1})		9,38 - 12,32	9,53 - 14,08
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	4,89 - 8,78	5,14 - 11,16

Tabela 22. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Pterodon emarginatus* (sucupira) em Brasília (DF) e Itirapina (SP). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais	
		SP	DF
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1237,16 (133,23) b	1121,65 (160,58) a
	Diâmetro das fibras (μm)	18,37 (2,88) a	18,44 (3,09) a
	Espessura da parede das fibras (μm)	7,35 (1,25) a	7,74 (1,37) b
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	258,86 (28,95) a	284,53 (31,55) b
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	125,00 (32,36) b	112,39 (23,13) a
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	118,94 (25,70) a	119,57 (26,17) a
	Área de vasos (%)	13,40 (2,83) a	16,98 (2,73) b
	Densidade de vasos (mm^{-2})	13,49 (2,92) a	17,58 (3,54) b
	Vasos solitários (%)	37,28 (9,97) a	34,78 (14,10) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	34,80 (7,47) a	31,30 (3,30) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	18,84 (6,17) a	22,17 (8,49) a
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	9,08 (6,06) a	11,75 (10,49) a
	Raios	Altura dos raios (μm)	200,63 (42,77) a
Largura dos raios (μm)		14,91 (5,01) a	14,14 (5,13) a
Frequência de raios (mm_i^{-1})		10,70 (0,94) a	11,22 (1,35) a
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	6,82 (1,45) a	7,86 (1,95) a

Foram verificadas diferenças significativas em 6 das 16 variáveis anatômicas mensuradas em árvores da espécie *P. emarginatus* procedentes de Itirapina (SP) e Brasília (DF). Em Itirapina (SP) as árvores apresentaram fibras mais longas e com paredes mais delgadas, bem como elementos de vaso mais curtos do que as coletadas em Brasília. Os vasos mais estreitos foram observados em Brasília (déficit hídrico mais severo), que por sua vez estiveram presentes em maior densidade e ocuparam uma maior porcentagem de área quando

comparados aos de Itirapina. Neste caso constatou-se a presença de uma relação inversa entre diâmetro e densidade de vasos, assim como observado em *C. brasiliense* e *D. miscolobium*. As relações entre as variáveis obtidas através da correlação de Spearman podem ser observadas na sequência (Figura 52, tabela 23).

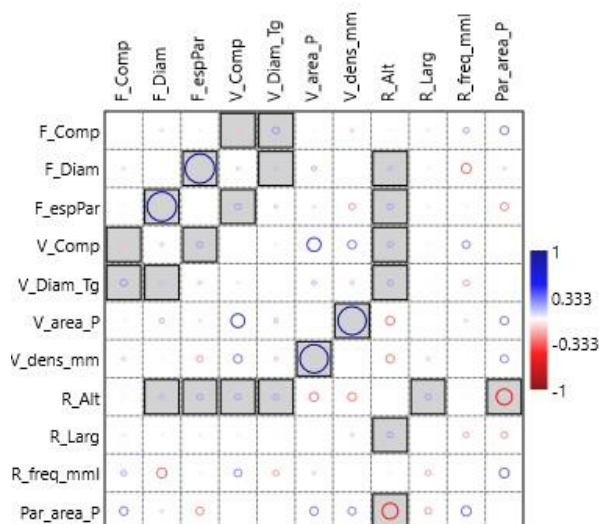


Figura 52. Gráfico de correlação de Spearman¹³ para a espécie *P. emarginatus*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 23. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *P. emarginatus*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0.21	0.52	0.03	0.00	0.87	0.66	0.52	0.28	0.49	0.30
Fd	0.07		0.00	0.12	0.04	0.56	0.93	0.02	0.46	0.22	0.71
Fep	0.04	0.86		0.00	0.08	0.76	0.43	0.00	0.47	0.87	0.34
Vc	-0.13	0.09	0.18		0.32	0.08	0.29	0.00	0.52	0.35	0.98
Vd	0.20	0.12	0.10	-0.06		0.59	0.64	0.00	0.63	0.47	0.99
Va	-0.04	0.14	-0.07	0.40	0.13		0.00	0.27	0.98	0.69	0.30
Vde	-0.10	0.02	-0.19	0.25	-0.11	0.82		0.30	0.68	0.93	0.34
Ra	0.04	0.14	0.17	0.17	0.17	-0.26	-0.24		0.00	0.89	0.04
Rl	-0.06	0.04	0.04	-0.04	-0.03	0.00	-0.10	0.17		0.50	0.42
Rf	0.16	-0.29	-0.04	0.22	-0.17	-0.09	-0.02	0.03	-0.16		0.23
PAa	0.24	-0.09	-0.22	0.01	0.00	0.24	0.23	-0.46	-0.19	0.28	

Dentre as correlações significativas observadas para a espécie *P. emarginatus*, destacaram-se: (i) diâmetro e espessura da parede das fibras (ρ 0,86); e (ii) densidade e área de vasos (ρ 0,82); (iii) área de parênquima e altura de raios (ρ -0,47). As demais relações possuíram, em módulo, coeficientes inferiores a 0,20. Os resultados das análises multivariadas encontram-se expostos na sequência (Figuras 53 e 54, tabela 24).

¹³ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPar: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

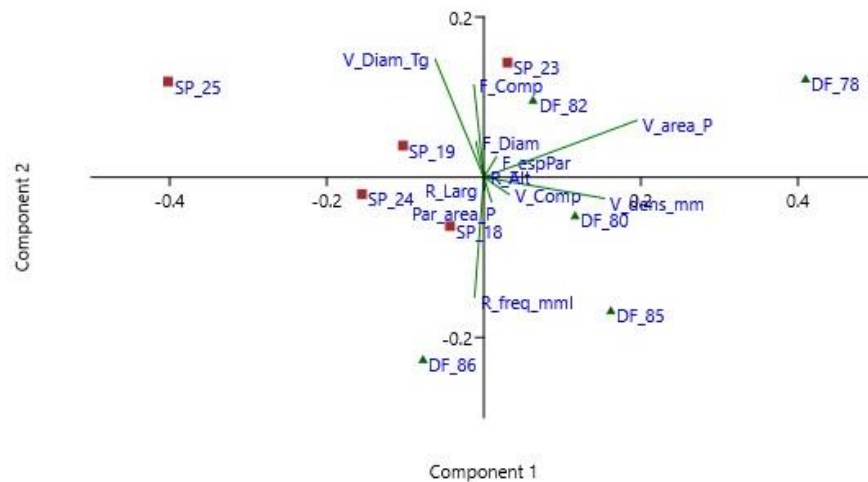


Figura 53. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *P. emarginatus*. Participação na variância total, em %: componente 1 (54,7%), componente 2 (19,2%).

Tabela 24. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *P. emarginatus*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
Fc	-0,049	0,444	-0,143	0,171	0,646	-0,248	0,086	0,349	0,260
Fd	-0,039	0,170	0,303	0,488	-0,103	-0,048	-0,349	-0,194	-0,360
Fep	0,062	0,098	0,347	0,464	-0,163	0,033	-0,136	-0,113	0,696
Vc	0,123	-0,082	0,204	-0,147	-0,319	0,286	-0,190	0,737	0,141
Vd	-0,239	0,567	0,409	-0,549	0,028	0,285	-0,009	-0,250	0,075
Va	0,753	0,274	0,292	0,081	0,033	-0,003	0,321	0,048	-0,318
Vde	0,592	-0,102	-0,220	-0,321	0,127	-0,023	-0,399	-0,280	0,325
Ra	0,003	0,025	0,096	-0,068	-0,134	-0,151	0,323	0,254	0,067
Rl	0,004	-0,063	0,030	-0,055	-0,346	-0,315	0,561	-0,243	0,273
Rf	-0,045	-0,577	0,623	-0,118	0,495	-0,093	0,060	-0,022	0,014
PAa	0,038	-0,118	-0,162	0,254	0,205	0,800	0,361	-0,132	0,083

Observa-se que 74% da variância pode ser explicada pelos componentes 1 e 2, sendo 55% referente ao componente 1 e 19% ao componente 2. Na figura 53 verifica-se uma tendência de agrupamento das árvores de Itirapina (SP) e Brasília (DF) ao longo do eixo do componente 1, no qual as variáveis área e densidade de vasos apresentaram os maiores pesos (0,753 e 0,592, respectivamente). No entanto, a árvore DF_86 demonstrou maior similaridade com as árvores de Itirapina, enquanto a árvore SP_23 se aproximou das árvores de Brasília. Considerando o conjunto de árvores, os indivíduos SP_25 e DF_78 foram os que apresentaram, respectivamente, o menor e o maior valor de área e densidade de vasos. O componente 2 recebeu maior influência das variáveis comprimento de fibras e diâmetro tangencial dos vasos, em oposição à frequência de raios. O dendrograma resultante da análise de agrupamentos pode ser observado na figura 54.

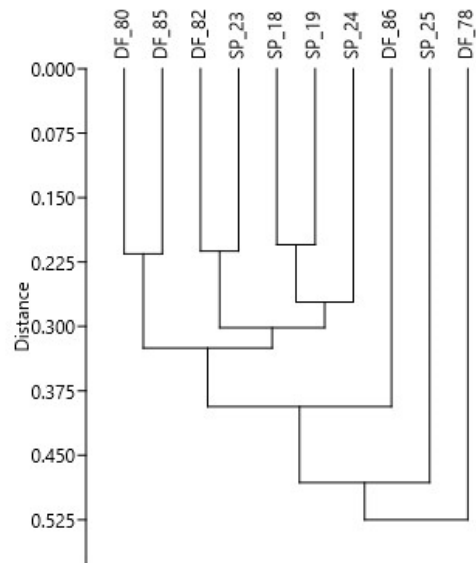


Figura 54. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *P. emarginatus* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela esalarização completa. Correlação 0,7719.

No dendrograma observa-se a formação de dois grupos compostos por árvores de uma mesma localidade, sendo um formado por DF_80 e DF_85, e outro por SP_18, SP_19 e SP_24. À semelhança da PCA, a proximidade entre as árvores DF_82 e SP_23 promoveu a formação de um grupo, enquanto as árvores DF_78 e SP_25 foram as últimas incorporadas ao agrupamento.

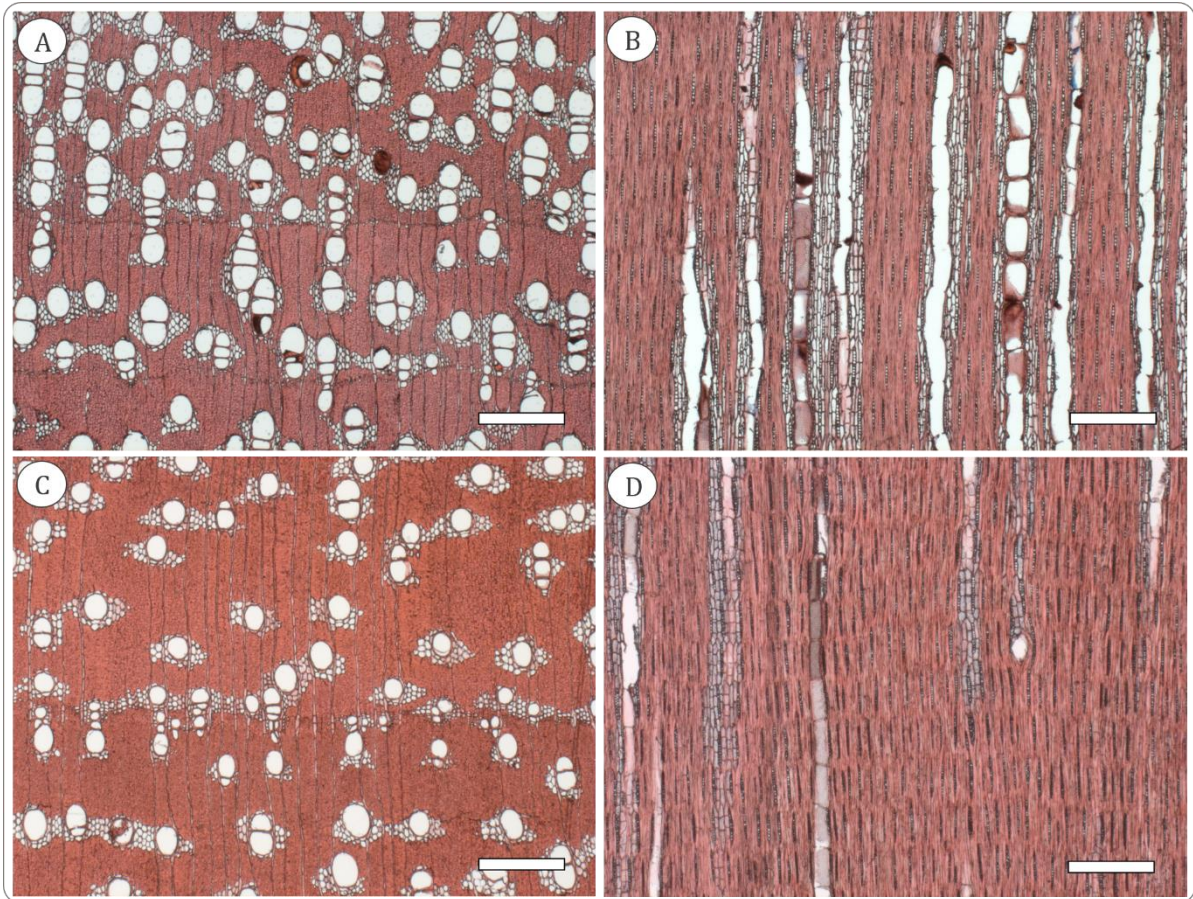


Figura 55. *Pterodon emarginatus* (Fabaceae) em Brasília (A,B) e Itirapina (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais. Escala barra: 500 μ m.

5.4.3. Espécies com ocorrência em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR)

5.4.3.1. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* – Fabaceae (angico-vermelho)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *A. peregrina* var. *falcata* podem ser consultados nas tabelas 25 e 26, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 25. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local	
		SP	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	562,68 - 1719,18	634,97 - 1611,56
	Diâmetro das fibras (μm)	11,85 - 26,11	12,55 - 25,84
	Espessura da parede das fibras (μm)	4,74 - 9,64	3,80 - 9,06
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	117,36 - 439,42	120,89 - 379,84
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	45,23 - 231,37	51,26 - 185,62
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	46,49 - 214,88	52,11 - 202,43
	Área de vasos (%)	5,60 - 15,81	6,83 - 14,58
	Densidade de vasos (mm^{-2})	4,73 - 14,29	8,69 - 15,78
	Vasos solitários (%)	50,00 - 86,05	45,57 - 69,32
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	12,61 - 30,51	7,89 - 32,91
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	0,00 - 20,45	6,82 - 20,69
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 4,94	0,00 - 11,36
Raios	Altura dos raios (μm)	109,86 - 574,46	75,96 - 503,47
	Largura dos raios (μm)	18,94 - 73,62	7,07 - 58,30
	Frequência de raios (mm^{-1})	4,29 - 6,14	5,87 - 8,06
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	9,47 - 35,31	5,39 - 13,17

Tabela 26. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais	
		SP	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1233,15 (180,14) b	1063,41 (179,08) a
	Diâmetro das fibras (μm)	19,00 (2,88) b	17,91 (2,63) a
	Espessura da parede das fibras (μm)	6,52 (0,88) b	6,08 (1,03) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	252,08 (61,24) b	228,09 (51,66) a
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	138,86 (40,92) b	111,00 (28,48) a
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	131,16 (34,97) b	119,47 (32,35) a
	Área de vasos (%)	12,37 (3,46) a	9,74 (2,56) a
	Densidade de vasos (mm^{-2})	9,99 (2,83) a	12,03 (2,65) a
	Vasos solitários (%)	64,73 (11,97) a	58,44 (7,80) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	22,92 (6,60) a	20,58 (8,00) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	11,16 (6,76) a	14,52 (5,03) a
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	1,19 (1,96) a	6,47 (3,37) b
Raios	Altura dos raios (μm)	291,57 (81,18) b	251,08 (89,25) a
	Largura dos raios (μm)	46,90 (10,48) b	29,97 (9,56) a
	Frequência de raios (mm^{-1})	5,71 (0,56) a	6,94 (0,82) b
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	18,38 (8,32) b	9,93 (2,82) a

Para a espécie *A. peregrina* foram observadas diferenças significativas em 10 das 16 variáveis estudadas. As fibras apresentaram maiores dimensões (comprimento, diâmetro e espessura da parede) nas árvores procedentes de Itirapina (SP), localidade marcada pelas secas sazonais, sendo o mesmo observado para os vasos (comprimento, diâmetros tangencial e médio). Em Itirapina também foram observados os maiores raios (altura e largura) e maior percentual de área de parênquima, enquanto em Jaguariaíva os raios estiveram presentes em maior quantidade (frequência). O gráfico e a matriz de correlação de Spearman para as variáveis estudadas encontram-se expostos na sequência (Figura 56, tabela 27).

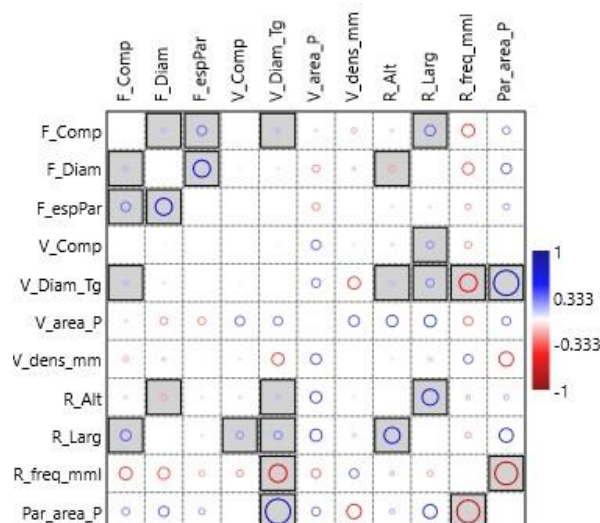


Figura 56. Gráfico de correlação de Spearman¹⁴ para a espécie *A. peregrina*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 27. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *A. peregrina*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,01	0,00	0,92	0,01	0,74	0,51	0,15	0,00	0,11	0,36
Fd	0,15		0,00	0,49	0,31	0,37	0,66	0,00	0,72	0,14	0,20
Fep	0,28	0,49		0,95	0,97	0,36	0,92	0,22	0,28	0,48	0,43
Vc	0,01	-0,04	0,00		0,55	0,24	0,83	0,18	0,00	0,39	0,95
Vd	0,15	0,06	0,00	0,03		0,27	0,12	0,02	0,00	0,02	0,00
Va	0,08	-0,21	-0,22	0,28	0,26		0,18	0,15	0,13	0,25	0,28
Vde	-0,16	0,10	-0,02	0,05	-0,36	0,31		0,81	0,62	0,25	0,07
Ra	0,08	-0,19	-0,07	0,08	0,14	0,34	-0,06		0,00	0,59	0,54
Rl	0,31	0,02	0,06	0,21	0,24	0,35	-0,12	0,47		0,46	0,08
Rf	-0,37	-0,34	-0,17	-0,20	-0,52	-0,27	0,27	0,13	-0,17		0,00
PAa	0,22	0,30	0,19	0,01	0,73	0,25	-0,42	0,15	0,40	-0,67	

As correlações significativas positivas observadas para *A. peregrina* foram: (i) diâmetro tangencial dos vasos e área de parênquima (ρ 0,73); (ii) diâmetro e espessura da parede das fibras (ρ 0,49); (iii) altura e largura dos raios (ρ 0,47); (iv) largura dos raios e comprimento das fibras (ρ 0,31); (v) comprimento e espessura da parede das fibras (ρ 0,28). As demais apresentaram coeficientes inferiores a 0,25. As correlações negativas foram: (i) frequência de raios e área de parênquima (ρ -0,67); e (ii) diâmetro tangencial de vasos e frequência de raios (ρ -0,52).

Serão expostos na sequência os resultados das análises multivariadas (Tabela 28, figuras 57 e 58), com o objetivo de verificar similaridades e formação de grupos entre árvores de diferentes localidades.

¹⁴ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPAR: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

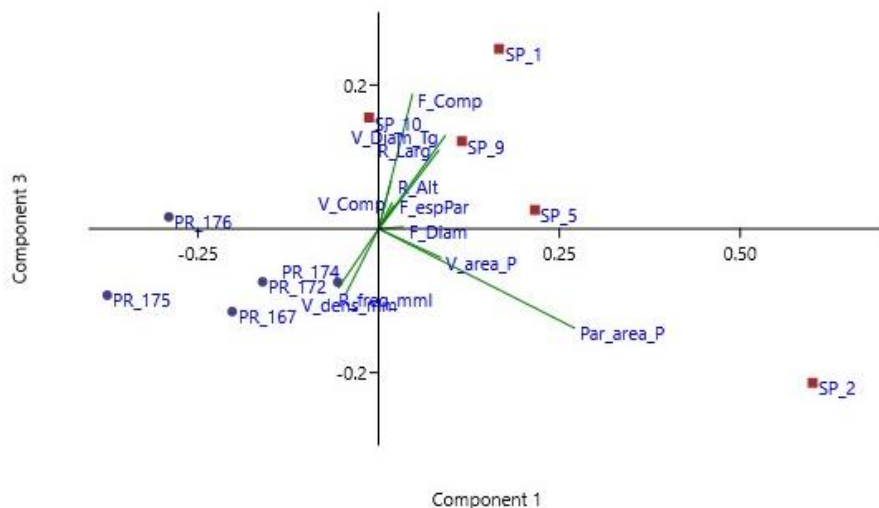


Figura 57. Interpolação dos componentes 1 e 3, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *A. peregrina*. Participação na variância total, em %: componente 1 (51,9%), componente 3 12,6%).

Tabela 28. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *A. peregrina*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
Fc	0,144	-0,102	0,575	0,359	0,280	0,095	-0,145	-0,292	-0,376
Fd	0,102	-0,155	0,008	0,314	-0,162	-0,203	-0,168	0,549	0,427
Fep	0,064	-0,010	0,099	0,261	0,426	0,565	-0,228	0,166	0,377
Vc	0,056	0,347	0,111	-0,001	0,226	-0,180	0,476	0,030	0,002
Vd	0,283	-0,054	0,398	-0,075	-0,439	0,397	0,469	0,367	-0,138
Va	0,264	0,776	-0,123	0,188	-0,341	0,151	-0,352	-0,061	-0,096
Vde	-0,138	0,288	-0,275	0,373	0,357	0,045	0,498	0,127	0,005
Ra	0,053	0,169	0,204	-0,423	0,024	0,199	0,125	-0,393	0,619
Rl	0,256	0,257	0,336	-0,373	0,382	-0,415	-0,190	0,384	-0,030
Rf	-0,171	0,029	-0,252	-0,452	0,228	0,450	-0,146	0,329	-0,346
PAa	0,834	-0,249	-0,424	-0,044	0,168	0,009	0,086	-0,141	-0,039

Observa-se que os componentes 1 a 3 foram responsáveis por explicar 84% da variância total, sendo 52% referente ao CP1, 20% ao CP2 e 13% ao CP3. Para *A. peregrina*, a interpolação dos componentes 1 e 3 promoveu uma melhor distinção dos grupos do que os componentes 1 e 2, com a árvore SP_2 distanciada das demais procedentes de Itirapina (SP) nos dois casos. A área de parênquima axial influenciou tanto o componente 1 (peso 0,834) quanto o 3 (peso -0,424), sendo o último também marcado pelo comprimento das fibras (0,575).

O componente 1 foi capaz de separar as árvores das duas localidades, exceto pela proximidade entre as árvores SP_10 e PR_174, que foram distanciadas com a inclusão do componente 3 (comprimento das fibras). A árvore SP_2 se diferenciou por apresentar uma área de parênquima axial bem superior às demais, podendo ser tratada como outlier.

O resultado gráfico da análise de agrupamentos encontra-se exposto na sequência (Figura 58).

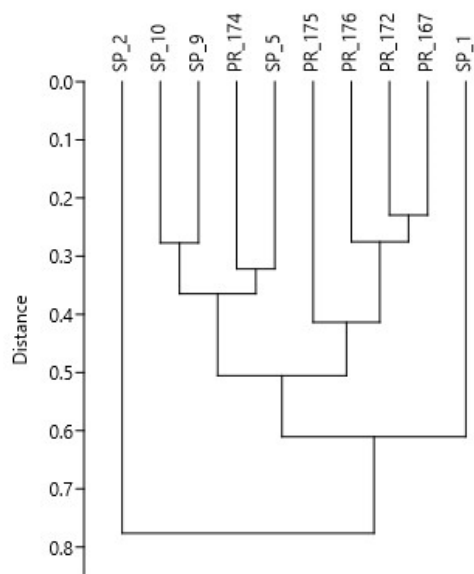


Figura 58. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *A. peregrina* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,8569.

Na análise de agrupamentos verifica-se a união de 4 árvores procedentes de Jaguariaíva (PR) (PR_167, PR_172, PR_176 e PR_175), bem como a proximidade entre a PR_174 com indivíduos amostrados em Itirapina (SP), especialmente SP_5. Novamente destaca-se o distanciamento de SP_2, sendo a última árvore a ser incorporada ao agrupamento.

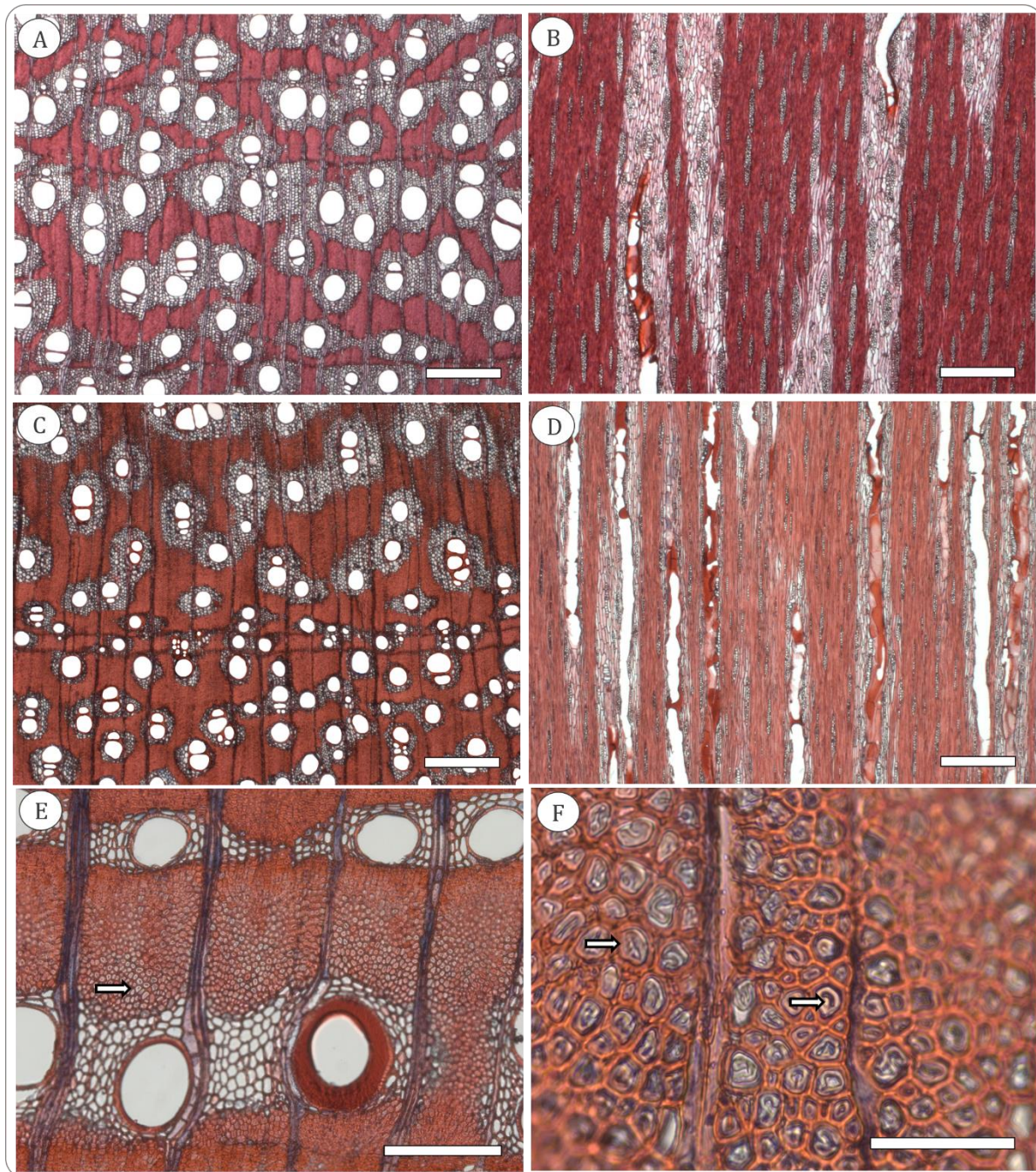


Figura 59. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Fabaceae) em Itirapina (A,B) e Jaguaraiá (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais; (E,F) Fibras gelatinosas. Escala barra: (A,B,C,D) 500 μ m; (E) 200 μ m; (F) 100 μ m.

5.4.3.2. *Vochysia tucanorum* – Vochysiaceae (pau-tucano)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *V. tucanorum* podem ser consultados nas tabelas 29 e 30, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 29. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Vochysia tucanorum* (pau-tucano) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local	
		SP	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1001,72 - 1768,52	821,13 - 1668,96
	Diâmetro das fibras (μm)	22,19 - 40,81	22,06 - 47,76
	Espessura da parede das fibras (μm)	6,15 - 11,57	4,44 - 11,24
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	167,61 - 557,87	143,05 - 512,83
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	56,57 - 250,31	69,10 - 275,94
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	69,66 - 218,68	71,82 - 286,45
	Área de vasos (%)	3,87 - 9,73	3,37 - 12,71
	Densidade de vasos (mm^{-2})	2,29 - 5,83	2,86 - 5,26
	Vasos solitários (%)	20,69 - 70,00	36,00 - 74,36
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	12,12 - 65,12	10,26 - 64,00
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	0,00 - 31,03	0,00 - 15,38
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 7,84	0,00 - 9,76
Raios	Altura dos raios (μm)	246,78 - 1386,13	233,18 - 2196,83
	Largura dos raios (μm)	35,21 - 137,72	46,47 - 145,54
	Frequência de raios (mm^{-1})	3,81 - 6,45	3,96 - 6,30
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	5,72 - 19,03	4,36 - 14,80

Tabela 30. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Vochysia tucanorum* (pau-tucano) em Itirapina (SP) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais	
		SP	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1320,42 (157,53) b	1257,82 (161,21) a
	Diâmetro das fibras (μm)	29,69 (3,81) a	35,09 (5,11) b
	Espessura da parede das fibras (μm)	8,35 (1,25) b	6,93 (1,57) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	329,12 (80,85) a	337,90 (74,21) a
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	160,31 (39,42) b	140,40 (39,15) a
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	153,36 (29,35) a	149,76 (43,52) a
	Área de vasos (%)	6,89 (1,76) a	6,84 (2,82) a
	Densidade de vasos (mm^{-2})	3,92 (1,03) a	4,00 (0,84) a
	Vasos solitários (%)	46,04 (18,02) a	53,60 (12,95) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	42,09 (18,20) a	36,90 (16,74) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	11,09 (11,47) a	8,52 (5,07) a
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,78 (2,48) a	0,98 (3,09) a
Raios	Altura dos raios (μm)	613,13 (206,72) a	838,04 (364,52) b
	Largura dos raios (μm)	93,53 (21,04) a	89,39 (19,90) a
	Frequência de raios (mm^{-1})	4,74 (1,00) a	4,77 (0,70) a
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	12,61 (3,90) b	8,13 (2,88) a

Para a espécie *V. tucanorum* foram observadas diferenças significativas em 6 das 16 variáveis mensuradas. As fibras mais longas e com paredes mais espessas foram encontradas na localidade com maior déficit hídrico (Itirapina - SP), enquanto em Jaguariaíva (PR) as fibras possuíam maior diâmetro. Nas árvores de Itirapina verificou-se elementos de vaso mais largos e a maior porcentagem de área de parênquima axial, enquanto em Jaguariaíva ocorreram raios mais altos. As relações entre as variáveis podem ser observadas no resultado gráfico e na matriz de correlação de Spearman (Figura 60, tabela 31).

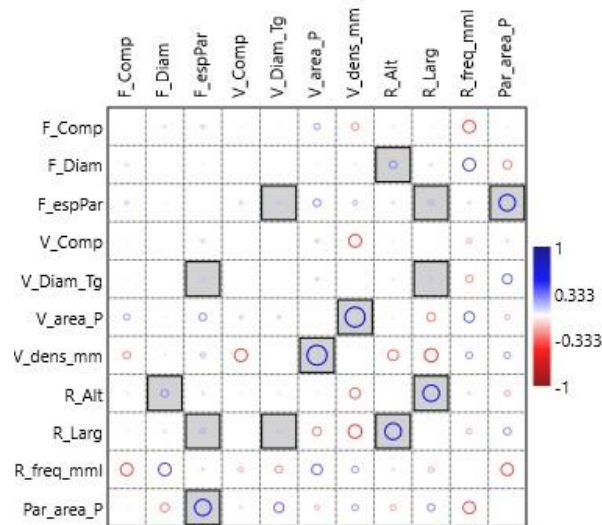


Figura 60. Gráfico de correlação de Spearman¹⁵ para a espécie *V. tucanorum*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 31. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *V. tucanorum*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,17	0,07	0,57	0,55	0,44	0,36	0,34	0,46	0,11	0,88
Fd	-0,08		0,54	0,78	0,77	0,87	0,81	0,00	0,18	0,11	0,29
Fep	0,11	0,04		0,07	0,04	0,36	0,57	0,15	0,01	0,73	0,03
Vc	0,03	0,02	-0,11		0,62	0,68	0,11	0,43	0,91	0,53	0,71
Vd	0,03	-0,02	0,12	-0,03		0,70	0,94	0,29	0,05	0,37	0,22
Va	0,18	0,04	0,21	0,10	0,09		0,01	0,87	0,28	0,19	0,56
Vde	-0,21	-0,06	0,14	-0,37	-0,02	0,58		0,18	0,09	0,40	0,42
Ra	-0,05	0,22	-0,08	0,05	-0,06	0,04	-0,31		0,00	0,73	0,49
Rl	-0,04	-0,08	0,15	-0,01	0,11	-0,25	-0,39	0,48		0,52	0,38
Rf	-0,36	0,37	0,08	-0,15	-0,21	0,31	0,20	-0,08	-0,15		0,12
PAa	0,04	-0,25	0,48	-0,09	0,29	-0,14	0,19	-0,17	0,21	-0,36	

As correlações significativas entre as variáveis foram todas positivas, sendo as de maiores coeficientes: (i) densidade e área de vasos (ρ 0,58); (ii) altura e largura de raios (ρ 0,48); e (iii) área de parênquima e espessura da parede das fibras (0,48). Os resultados obtidos pela análise de componentes principais encontram-se expostos na sequência (Tabela 32, figura 61).

¹⁵ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPar: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

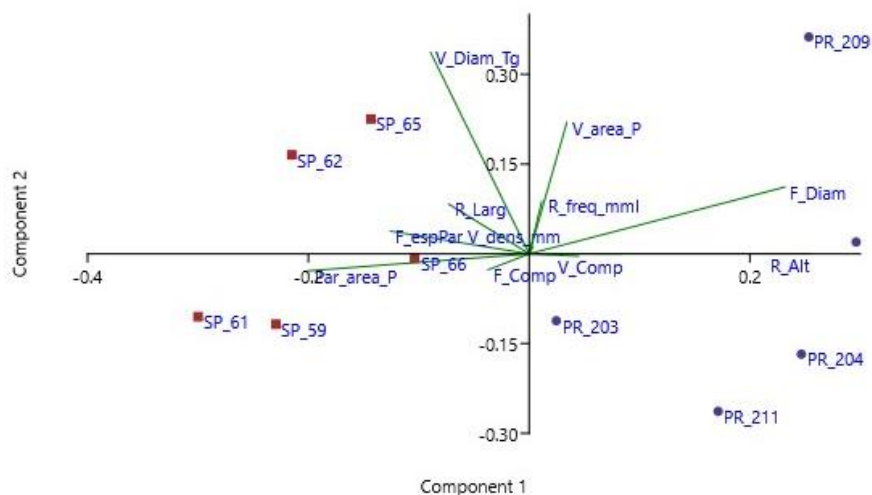


Figura 61. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *V. tucanorum*. Participação na variância total, em %: componente 1 (36,9%), componente 2 (27,5%).

Tabela 32. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *V. tucanorum*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
Fc	-0,085	-0,061	-0,163	-0,134	-0,430	0,603	0,060	-0,003	0,258
Fd	0,528	0,255	-0,176	0,516	0,039	0,350	0,430	0,022	-0,156
Fep	-0,287	0,087	0,388	-0,452	0,095	0,334	0,556	-0,038	-0,154
Vc	0,102	-0,009	0,093	-0,082	-0,078	0,182	-0,304	0,778	0,001
Vd	-0,204	0,769	0,018	0,008	-0,449	-0,316	0,061	0,116	-0,177
Va	0,078	0,501	-0,141	-0,205	0,205	0,306	-0,411	-0,302	0,414
Vde	0,008	0,028	-0,009	-0,016	0,146	-0,093	-0,046	-0,398	-0,145
Ra	0,579	0,001	0,649	-0,125	-0,238	-0,183	0,035	-0,108	0,338
Rl	-0,166	0,189	0,531	0,329	0,389	0,290	-0,301	0,042	-0,245
Rf	0,026	0,201	-0,149	-0,146	0,557	-0,222	0,349	0,340	0,420
PAa	-0,457	-0,065	0,193	0,563	-0,124	-0,036	0,144	-0,020	0,558

O componente 1 responde por 37% da variância, seguido pelo componente 2, com 27% e o componente 3, com 19%, somando 83% da variância. Os pesos das variáveis diâmetro das fibras (0,528), altura dos raios (0,579) e área de parênquima axial (-0,457) foram os mais significativos no componente 1, sendo este capaz de separar as árvores das duas localidades. Nota-se ainda uma maior dispersão dos pontos referentes às árvores de Jaguariaíva (PR), principalmente quando considerado o componente 2, sendo resultado da maior variação entre árvores quando consideradas as variáveis diâmetro tangencial (0,769) e área de vasos (0,501). Observa-se ainda no componente 1 um distanciamento da árvore PR_203 em relação às demais da mesma localidade, devido sua maior área de parênquima axial.

O dendrograma resultante da análise de agrupamentos encontra-se exposto na sequência (Figura 62).

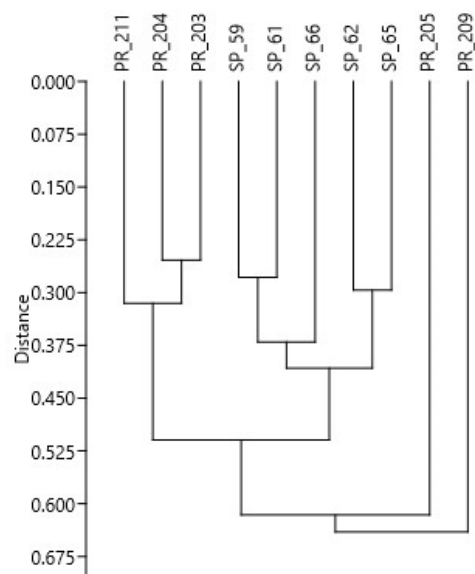


Figura 62. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *V. tucanorum* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,8526.

No dendrograma é possível observar a formação de dois grupos, um composto pelas árvores de Itirapina (SP) e outro por 3 árvores de Jaguaiaíva (PR). Os indivíduos PR_205 e PR_209 foram os últimos incorporados ao agrupamento, não se unindo diretamente às árvores da mesma localidade.

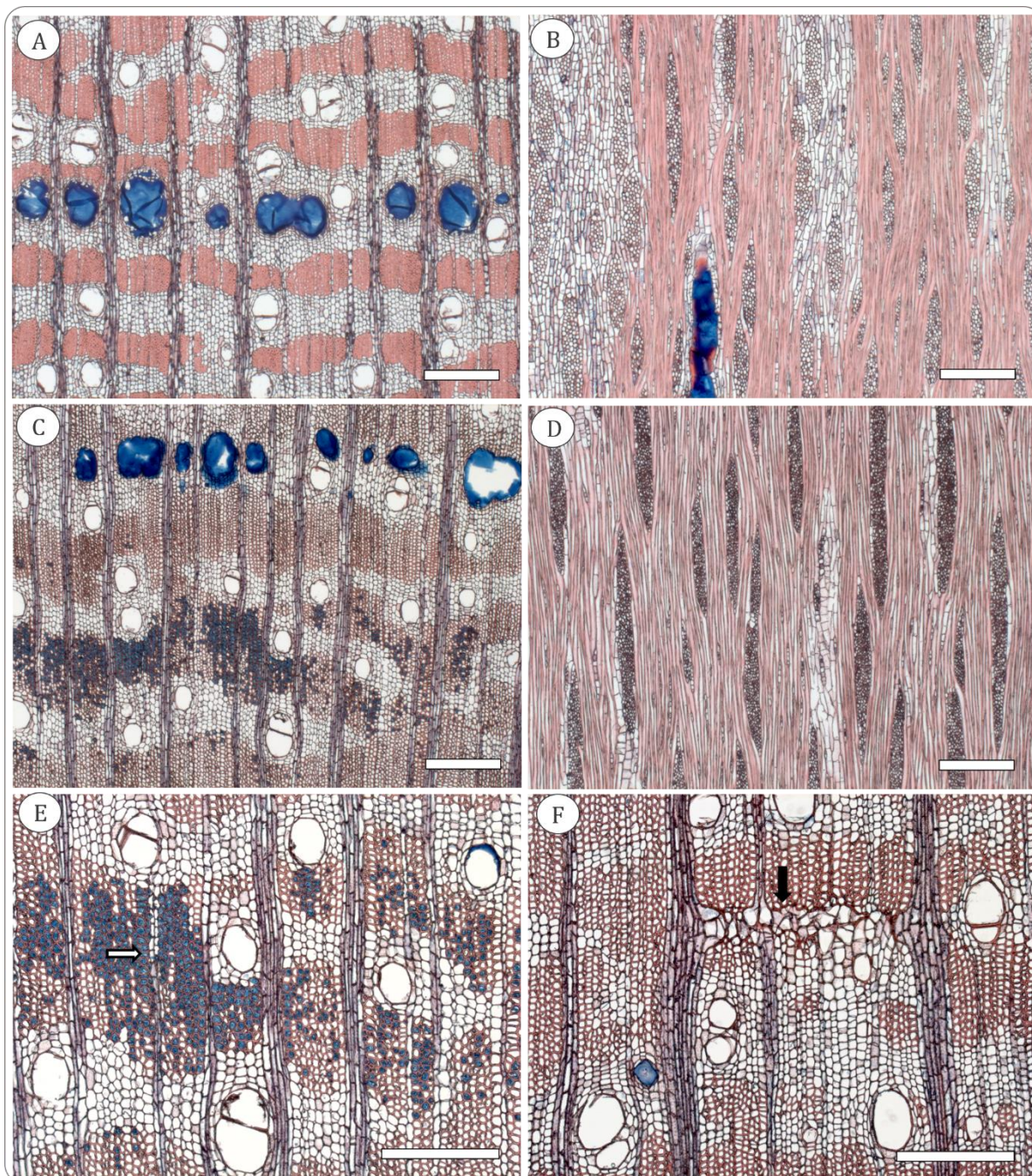


Figura 63. *Vochysia tucanorum* (Vochysiaceae) em Itirapina (A,B) e Jaguariaíva (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais; (E) Fibras gelatinosas; (F) Mácula medular. Escala barra: (A,B,C,D) 500 μ m; (E,F) 200 μ m.

5.4.4. Espécies com ocorrência em Brasília (DF) e Jaguariaíva (PR)

5.4.4.1. *Qualea grandiflora* – Vochysiaceae (pau-terra)

Os valores mínimos e máximos, as médias e respectivos desvios-padrão das variáveis mensuradas para a espécie *Q. grandiflora* podem ser consultados nas tabelas 33 e 34, assim como as diferenças estatísticas verificadas pela aplicação do teste de Mann-Whitney ($p \leq 0,05$).

Tabela 33. Valores mínimos e máximos das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Qualea grandiflora* (pau-terra) em Brasília (DF) e Jaguariaíva (PR).

Elementos anatômicos	Variáveis	Local	
		DF	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	540,10 - 1605,50	210,51 - 1304,13
	Diâmetro das fibras (μm)	10,61 - 23,93	11,64 - 27,27
	Espessura da parede das fibras (μm)	3,94 - 9,48	3,60 - 9,40
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	132,45 - 502,01	126,50 - 517,94
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	45,96 - 134,44	54,07 - 142,42
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	44,20 - 149,35	61,95 - 137,33
	Área de vasos (%)	8,94 - 17,96	9,35 - 19,19
	Densidade de vasos (mm^{-2})	18,86 - 29,15	13,72 - 30,75
	Vasos solitários (%)	23,53 - 53,33	22,06 - 40,57
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	30,06 - 46,91	31,97 - 44,12
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	8,57 - 26,47	17,19 - 29,27
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	0,00 - 8,09	0,00 - 11,76
Raios	Altura dos raios (μm)	147,87 - 435,85	145,24 - 781,31
	Largura dos raios (μm)	15,84 - 70,77	21,27 - 92,13
	Frequência de raios (mm^{-1})	5,87 - 8,94	6,45 - 7,77
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	9,05 - 18,95	9,52 - 26,50

Tabela 34. Valores médios e desvios-padrão das variáveis anatômicas mensuradas para a espécie *Qualea grandiflora* (pau-terra) em Brasília (DF) e Jaguariaíva (PR). Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Elementos anatômicos	Variáveis	Locais	
		DF	PR
Fibras	Comprimento das fibras (μm)	1065,34 (155,74) b	1010,05 (146,15) a
	Diâmetro das fibras (μm)	17,12 (2,32) a	18,43 (2,43) b
	Espessura da parede das fibras (μm)	6,85 (0,99) a	6,53 (1,31) a
Vasos	Comprimento dos vasos (μm)	287,97 (71,15) a	273,64 (81,00) a
	Diâmetro tangencial dos vasos (μm)	89,65 (19,23) a	93,60 (15,31) a
	Diâmetro médio dos vasos (μm)	94,31 (20,21) a	99,29 (15,73) b
	Área de vasos (%)	14,24 (2,78) a	13,95 (3,32) a
	Densidade de vasos (mm^{-2})	23,05 (4,09) a	22,83 (5,77) a
	Vasos solitários (%)	41,80 (10,64) b	32,50 (5,73) a
	Vasos múltiplos de 2 células (%)	38,16 (5,55) a	38,68 (3,98) a
	Vasos múltiplos de 3 células (%)	16,16 (6,17) a	22,89 (4,00) b
	Vasos múltiplos de 4 ou mais células (%)	3,89 (2,27) a	5,93 (3,76) a
Raios	Altura dos raios (μm)	261,33 (55,63) a	323,27 (126,11) a
	Largura dos raios (μm)	44,67 (10,60) a	50,32 (11,25) a
	Frequência de raios (mm^{-1})	7,11 (1,06) a	7,23 (0,38) b
Parênquima axial	Área de parênquima (%)	13,00 (3,46) a	14,39 (5,16) b

Os indivíduos de *Q. grandiflora* apresentaram diferenças em 7 das 16 variáveis estudadas. Em Brasília (DF) foram encontradas fibras mais longas e mais estreitas, bem como elementos de vaso de menor diâmetro. Observou-se ainda uma menor porcentagem de vasos simples e maior porcentagem de vasos múltiplos de 3 células, bem como maior frequência de raios e porcentagem de parênquima axial nas árvores procedentes de Jaguariaíva. As relações entre as variáveis podem ser observadas no resultado gráfico e na matriz de correlação de Spearman (Figura 64, tabela 35).

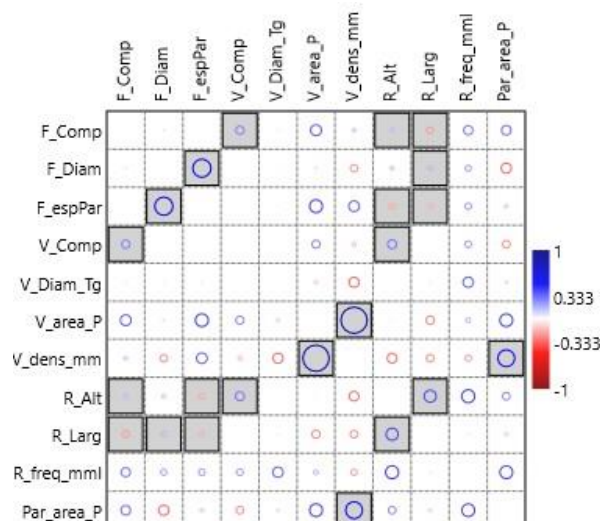


Figura 64. Gráfico de correlação de Spearman¹⁶ para a espécie *Q. grandiflora*, utilizando-se valores originais das variáveis. Quadrados preenchidos indicam correlações significativas ($p < 0,05$).

Tabela 35. Matriz de correlação de Spearman obtida a partir dos valores originais das variáveis para *Q. grandiflora*. Valores de significância na parte superior (p calculado), coeficientes na parte inferior (ρ). Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	Fc	Fd	Fep	Vc	Vd	Va	Vde	Ra	Rl	Rf	PAa
Fc		0,43	0,85	0,00	0,52	0,17	0,65	0,03	0,00	0,25	0,23
Fd	0,05		0,00	1,00	0,57	0,79	0,36	0,06	0,01	0,45	0,20
Fep	0,01	0,53		0,93	0,53	0,10	0,18	0,00	0,01	0,41	0,68
Vc	0,24	0,00	0,00		0,95	0,32	0,61	0,00	0,78	0,41	0,35
Vd	0,04	-0,03	-0,04	0,00		0,67	0,21	0,78	0,50	0,19	0,77
Va	0,32	-0,06	0,38	0,24	-0,10		0,00	0,88	0,31	0,56	0,10
Vde	0,11	-0,22	0,31	-0,12	-0,29	0,77		0,22	0,35	0,43	0,03
Ra	0,13	0,11	-0,17	0,26	-0,02	-0,04	-0,28		0,00	0,10	0,35
Rl	-0,20	0,14	-0,16	-0,02	-0,04	-0,24	-0,22	0,36		0,86	0,69
Rf	0,27	0,18	0,20	0,20	0,30	0,14	-0,19	0,38	0,04		0,10
PAa	0,28	-0,30	0,10	-0,22	0,07	0,38	0,49	0,22	-0,10	0,38	

As variáveis que apresentaram correlações significativas foram: (i) densidade e área de vasos (ρ 0,77); (ii) diâmetro e espessura da parede das fibras (ρ 0,53); (iii) área de parênquima axial e densidade de vasos (ρ 0,49); (iv) altura e largura de raios (ρ 0,36). As demais correlações apresentaram, em módulo, coeficientes inferiores a 0,30. Os resultados obtidos pela análise de componentes principais encontram-se expostos na sequência (Figura 65, tabela 36).

¹⁶ Variáveis: F_Comp: comprimento das fibras (μm); F_Diam: diâmetro das fibras (μm); F_EspPAR: espessura da parede; das fibras (μm); V_Comp: comprimento dos elementos de vaso (μm); V_Diam_Tg: diâmetro tangencial dos vasos (μm); V_area_P: área de vasos (%); V_dens_mm: densidade de vasos (mm^2); R_alt: altura dos raios (μm); R_Larg: largura dos raios (μm); R_freq_mml: frequência de raios (mm linear); Par_area_P: área de parênquima axial (%).

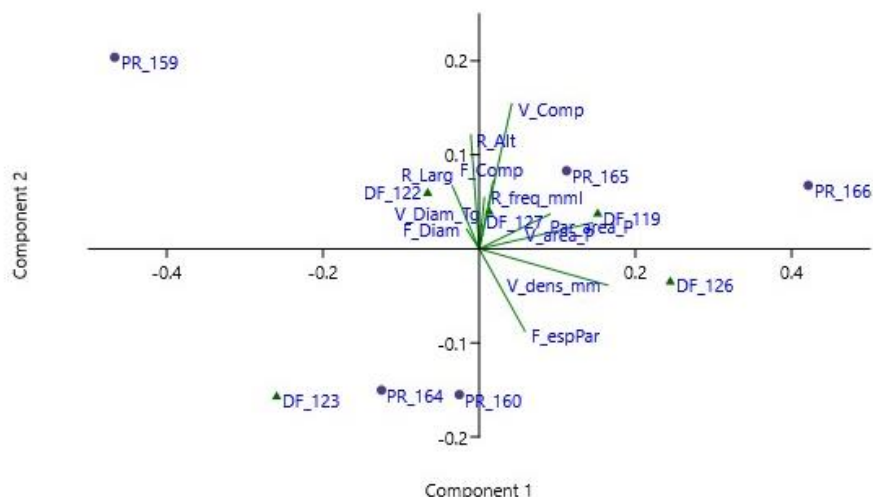


Figura 65. Interpolação dos componentes 1 e 2, resultantes da análise de componentes principais a partir dos valores padronizados das medianas calculadas por árvore de *Q. grandiflora*. Participação na variância total, em %: componente 1 (59,4%), componente 2 (13,5%).

Tabela 36. Loadings (cargas) dos componentes para cada variável estudada nas árvores de *Q. grandiflora*. Variáveis: (Fc) fibra - comprimento; (Fd) fibra - diâmetro; (Fep) fibra - espessura da parede; (Vc) vaso - comprimento; (Vd) vaso - diâmetro tangencial; (Va) vaso - área; (Vde) vaso - densidade; (Ra) raio - altura; (Rl) raio - largura; (Rf) raio - frequência; (PAa) parênquima axial - área.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9
Fc	0,070	0,285	-0,274	0,042	-0,172	0,424	-0,432	-0,050	0,134
Fd	-0,063	0,083	0,278	0,053	-0,152	0,220	0,348	0,386	0,240
Fep	0,233	-0,347	-0,080	0,181	0,436	0,081	0,198	0,516	0,286
Vc	0,165	0,612	-0,465	-0,144	0,479	-0,165	0,227	0,069	-0,101
Vd	-0,002	0,101	-0,079	0,243	-0,289	-0,013	0,732	-0,395	0,008
Va	0,576	0,110	-0,084	0,492	-0,413	-0,210	-0,122	0,294	-0,258
Vde	0,654	-0,154	0,054	-0,507	-0,114	-0,172	0,022	-0,263	0,403
Ra	-0,042	0,482	0,176	-0,234	-0,274	0,246	0,054	0,283	0,319
Rl	-0,136	0,265	0,439	-0,106	-0,003	-0,649	-0,097	0,187	-0,041
Rf	0,026	0,217	0,237	0,563	0,292	-0,090	-0,189	-0,358	0,540
PAa	0,360	0,147	0,574	-0,023	0,317	0,417	0,054	-0,152	-0,458

Os componentes 1 e 2 foram responsáveis por 73% da variância, sendo 59% referente ao componente 1 e 14% ao componente 2. Para a espécie *Q. grandiflora*, a interpolação das árvores nestes eixos não foi suficiente para agrupar os indivíduos de uma mesma localidade. As variáveis de maior peso no eixo 1 foram densidade e área de vasos (cargas 0,654 e 0,576, respectivamente), sendo as principais responsáveis pelo grande distanciamento entre PR_159 (menores valores) e PR_166 (maiores valores). Influenciado pelo comprimento dos vasos (0,612), altura dos raios (0,482) e espessura da parede das fibras (-0,347), o componente 2 promoveu a distribuição das árvores basicamente em dois grupos: (i) DF_123 próximo a PR_164 e PR_160; e (ii) PR_165 e PR_166 próximas ao agrupamento das demais árvores de Brasília. O indivíduo PR_159 se posicionou de forma isolada em relação aos 2 eixos. O dendrograma resultante da análise de agrupamentos pode ser observado na sequência (Figura 66).

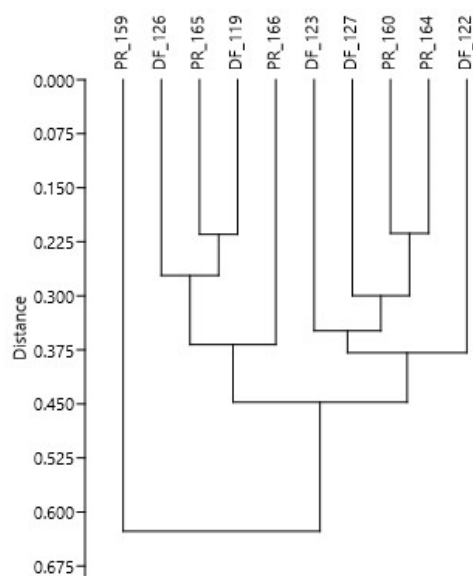


Figura 66. Análise de agrupamento dos atributos anatômicos das árvores de *Q. grandiflora* nas três áreas de estudo, realizadas a partir das matrizes de distâncias euclidianas pelo método de ligação média (UPGMA), dados padronizados pela escalarização completa. Correlação 0,7531.

No dendrograma observa-se novamente o distanciamento da árvore PR_159, sendo a última a ser incorporada ao grupo. Apenas PR_160 e PR_164 mostraram proximidade entre árvores da mesma localidade, incorporando-se na sequência 3 indivíduos de Brasília. As diferenças observadas quantitativamente na anatomia desta espécie não foram suficientes para sua distinção em grupos homogêneos.

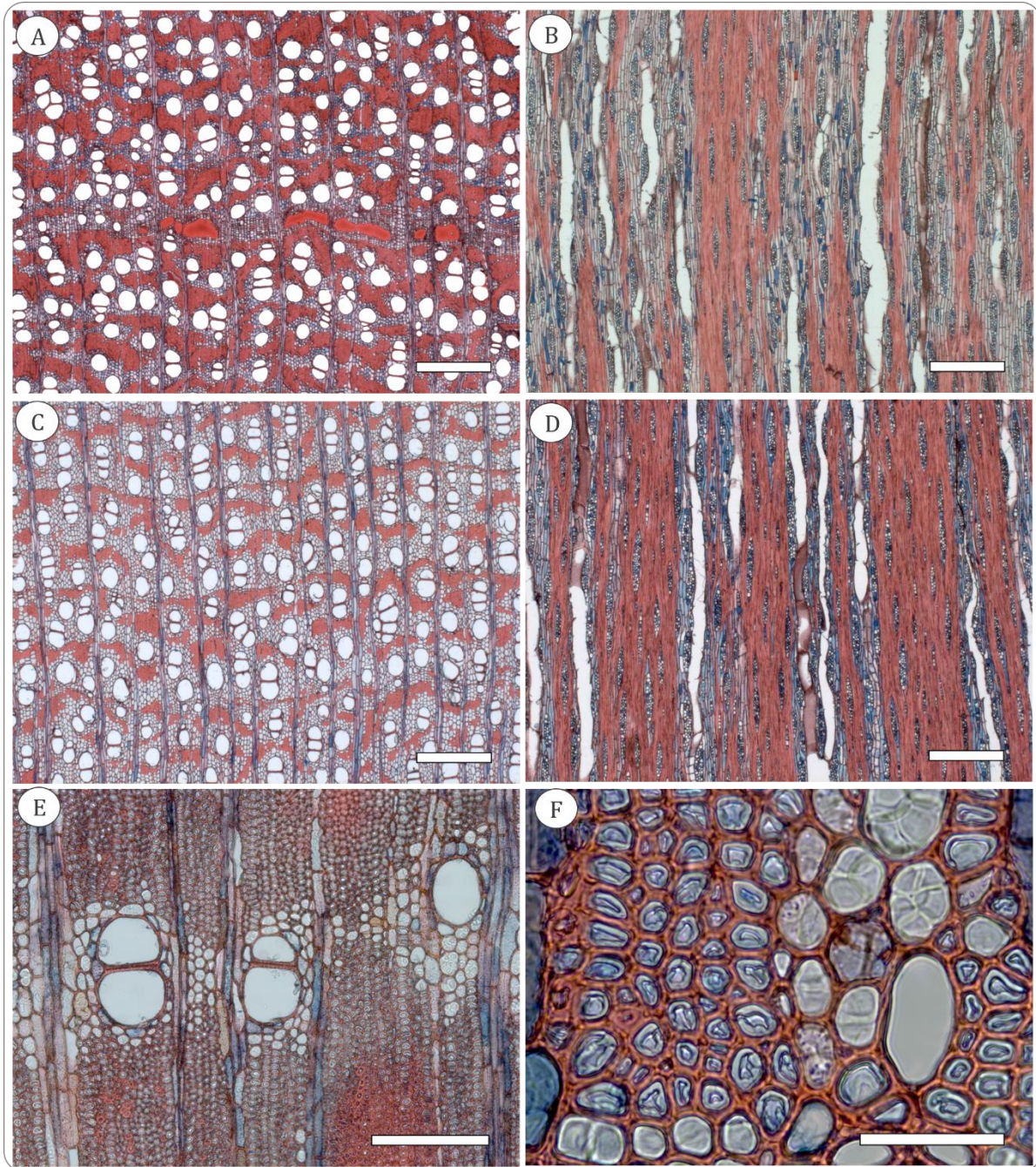


Figura 67. *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) em Brasília (A,B) e Jaguaraiáva (C,D): (A,C) Seções transversais; (B,D) Seções longitudinais tangenciais; (E) Fibras gelatinosas; (F) Destaque fibras gelatinosas e depósito de substâncias em células do parênquima axial e radial. Escala barra: (A,B,C,D) 500 μ m; (E) 200 μ m; (F) 100 μ m.

6. DISCUSSÃO

As espécies amostradas no estudo apresentaram, de modo geral, variações quantitativas na estrutura anatômica do xilema secundário do tronco em função da localidade em que se encontravam inseridas.

É de particular interesse analisar a influência do ambiente na estrutura da madeira de árvores crescendo em diferentes condições, uma vez que este afeta diretamente a diferenciação das células do xilema, modificando características do transporte de água e nutrientes das raízes às folhas (ANGÉLICO *et al.*, 2021). A estacionalidade climática é uma das características marcantes do Cerrado, definida principalmente por um período de 5 a 6 meses de déficit hídrico. Baseando-se em séries históricas (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998), Brasília (DF) é a área com maior precipitação anual (1.532mm), mas também a localidade com déficit hídrico mais severo, com duração de 5 meses. Itirapina (SP) possui a menor precipitação anual (1.377mm) e maior duração do período de déficit hídrico no solo (6 meses), ainda que menos intenso quando comparado à Brasília. Jaguariaíva (PR) é a localidade com precipitação anual intermediária entre as duas áreas e com chuvas bem distribuídas, resultando num balanço hídrico que proporciona excedente no solo ao longo do ano.

Além de oferecer suporte estrutural e nutrição, o solo participa de processos fisiológicos e fornece os elementos necessários à construção de tecidos vegetais, sendo que a falta de elementos minerais essenciais pode desencadear deficiências nutricionais e modificar a estrutura da planta (ANGÉLICO *et al.*, 2021). Os solos de Brasília possuem maior teor de argila, maior pH e são mais férteis (maior saturação por bases), com a menor saturação por alumínio. Em contrapartida, em Itirapina são observados os solos mais arenosos, mais ácidos, com menor fertilidade (saturação por bases) e maior saturação por alumínio. De modo geral, os solos de Jaguariaíva possuem características semelhantes às encontradas em Itirapina. Sendo assim, podemos resumir as características ambientais das áreas de estudo: (i) Brasília concentra um maior volume de chuvas em um menor período de tempo (maior precipitação anual), déficit hídrico mais pronunciado, maiores temperaturas médias mensais e solos mais argilosos e férteis, com menor saturação por alumínio; principal fator limitante consiste na menor disponibilidade hídrica durante parte do ano; (ii) Itirapina possui a menor precipitação anual, déficit hídrico mais prolongado e menos pronunciado, temperaturas médias mensais intermediárias entre as duas localidades, solos mais arenosos, ácidos, de baixa fertilidade e maior saturação por alumínio; principais fatores limitantes residem na menor disponibilidade hídrica em parte do ano e na baixa fertilidade do solo; (iii) Jaguariaíva possui chuvas bem distribuídas ao longo do ano, ausência de déficit hídrico no solo, menores temperaturas médias mensais e geadas mais frequentes, solos arenosos, em algumas regiões rasos, ácidos, de baixa fertilidade e alta saturação por alumínio; fatores limitantes consistem na baixa fertilidade do solo e baixas temperaturas durante o inverno. As características gerais de cada espécie serão apresentadas na sequência.

As fibras apresentaram variações entre áreas para a maioria das espécies, excetuando-se *P. torta*. Em todas as espécies foram observadas diferenças significativas em pelo menos uma das variáveis relacionadas aos vasos, ainda que de forma menos pronunciada para *V. tucanorum* e *Q. grandiflora*. Os raios das árvores de *P. emarginatus* não diferiram significativamente entre áreas, assim como o parênquima axial em *C. langsdorffii*, *P. torta* e, novamente, *P. emarginatus*. Ainda que haja uma desproporção no número de variáveis mensuradas para cada tipo celular e a maior parte das espécies possua características que auxiliam na manutenção do fluxo hídrico em períodos de seca (ex. parênquima paratraqueal), verifica-se que os vasos foram as células que mais variaram entre áreas de estudo, enquanto a área de parênquima axial foi a variável mais estável nos diferentes ambientes.

Para verificar possíveis tendências gerais na estrutura do lenho, para cada variável foi realizado um levantamento do número de espécies com diferenças significativas entre áreas, contabilizando-se as que apresentaram os maiores e menores valores (cf. figura 30 a 32). Em Itirapina foi observado um maior número de espécies com as fibras mais longas (4 espécies) e de menor diâmetro (3 espécies), enquanto em Jaguariaíva ocorreu o oposto, um maior número de espécies com fibras mais curtas (4 espécies) e de maior diâmetro (3 espécies). Em Brasília, localidade com déficit hídrico mais pronunciado e maior fertilidade do solo, ocorreu um maior número de espécies com fibras de paredes mais espessas (5 espécies).

Fibras mais longas foram observadas nas localidades com maior déficit hídrico para *A. peregrina* (SP), *C. langsdorffii* (DF e SP), *Q. grandiflora* (DF) e *V. tucanorum* (SP), contrariando o esperado para áreas mais secas. Os maiores diâmetros ocorreram nas áreas mais úmidas para *C. langsdorffii* (PR), *Q. grandiflora* (PR) e *V. tucanorum* (PR). Fibras de paredes mais espessas estiveram presentes nas áreas com déficit hídrico mais pronunciado para todas as espécies que apresentaram diferenças significativas, sendo o mesmo encontrado por Longui e colaboradores (2012) e Sonsin e colaboradores (2012). O espessamento das paredes aumenta o suporte mecânico, além permitir que as plantas lidem com as forças implosivas geradas no xilema durante o transporte ou outras forças decorrentes da tensão da água (APGAUA; TNG; LAURANCE, 2022). Para *C. brasiliense*, *C. langsdorffii*, *D. miscolobium* e *P. emarginatus*, a localidade mais seca foi também a de maior fertilidade no solo, em consonância ao encontrado em Angélico e colaboradores (2021) em relação à maior espessura da parede das fibras em solos eutróficos. Fibras gelatinosas estiveram presentes na maioria das espécies, não sendo observadas apenas em *P. torta* e *P. emarginatus*. Além de aumentar a resistência mecânica do xilema sob tensão, fibras gelatinosas foram registradas com alguma frequência em órgãos aéreos e subterrâneos de plantas que vivem em ambientes secos (PIVA *et al.*, 2020), gerando especulações sobre possíveis funções de armazenamento e água que elas possam exercer no corpo vegetal (PIVA *et al.*, 2019 *apud* PIVA *et al.*, 2020; DÓRIA *et al.*, 2022), além de compartimentalização de alumínio em células da madeira de espécies do Cerrado (MILANEZ; MARCATI; MACHADO, 2017; PIVA *et al.*, 2020).

Elementos de vasos mais longos e em maior densidade estiveram presentes em um maior número de espécies em Brasília, enquanto vasos com maiores diâmetros, em menor densidade e ocupando menores áreas foram contabilizados em Itirapina. Em Jaguariaíva, localidade marcada pela ausência de déficit hídrico, observou-se um maior número de espécies com vasos mais estreitos, garantindo maior segurança no transporte hídrico e contrariando o esperado para ambientes com maior disponibilidade hídrica. No entanto, deve-se considerar a influência de temperaturas mais baixas e ocorrência de geadas nesta localidade. Assim como nas fibras, elementos de vaso mais longos foram encontrados nas localidades com maior déficit hídrico para *A. peregrina*, *C. langsdorffii*, *P. torta* e *P. emarginatus*.

Com base nos resultados, os comprimentos dos elementos de vaso podem ter sido influenciados pela disponibilidade de nutrientes para *C. brasiliense* e *D. miscolobium*, uma vez que não houve diferenças entre as áreas de solos menos férteis (Itirapina e Jaguariaíva), sendo estes mais curtos dos que os presentes na área com maior fertilidade (Brasília). Vasos mais estreitos também foram observados em Jaguariaíva (maior disponibilidade hídrica) para *A. peregrina*, *C. brasiliense* e *V. tucanorum*, sendo mais largos para *D. miscolobium* na mesma localidade. *P. torta* e *P. emarginatus* tiveram vasos mais estreitos em Itirapina, local em que o déficit hídrico no solo é mais pronunciado, sendo o inverso observado em *C. langsdorffii*.

Respostas diversas foram encontradas em relação à densidade de vasos. Em *C. brasiliense*, vasos mais estreitos e mais numerosos estiveram presentes nas árvores de Jaguariaíva, não havendo diferenças entre Itirapina e Brasília para as duas variáveis. Para *D. miscolobium* verificou-se o oposto, vasos mais largos e menos numerosos presentes na área com maior disponibilidade hídrica (Jaguariaíva). Em *P. emarginatus* foram encontrados vasos mais estreitos, mais frequentes e ocupando maior área do xilema no local com déficit hídrico mais pronunciado (Brasília). *C. langsdorffii* apresentou vasos mais estreitos ocupando uma menor área do xilema em Itirapina, ocorrendo o inverso para *P. torta*.

Comparando áreas com diferentes disponibilidades hídricas, algumas tendências observadas em diferentes estudos indicam: (i) áreas de savana tendem a apresentar vasos mais numerosos, mais largos e mais curtos em comparação aos de floresta (DEN OUTER; VAN VEENENDAAL, 1976); (ii) vasos mais curtos e estreitos em savanas e florestas secas (BALIMA *et al.*, 2020; OKOEGWALE *et al.*, 2020); (iii) elementos de vaso mais estreitos, em maior densidade e com menores pontoações intervasculares em árvores de cerrado quando comparadas às de mata de galeria (SONSIN *et al.*, 2012).

Árvores de *C. brasiliense* apresentaram uma maior proporção de vasos solitários em Jaguariaíva quando comparadas às demais localidades, enquanto em *P. torta* se observou uma maior proporção de vasos múltiplos (4 a mais células) em Brasília (déficit hídrico mais severo). *Q. grandiflora* apresentou maior proporção de vasos solitários em Brasília e maior proporção de vasos múltiplos em Jaguariaíva, contrariando novamente tendências relatadas em ambientes com diferentes disponibilidades hídricas.

Raios mais curtos e estreitos foram observados em Brasília, enquanto raios mais largos estiveram presentes em um maior número de espécies em Itirapina, com as maiores frequências verificadas em Jaguariaíva, indicando uma possível relação com a fertilidade do solo. Em Itirapina foram encontrados raios mais altos para *A. peregrina* e *C. langsdorffii*, e mais baixos para *C. brasiliense* e *V. tucanorum*. Na mesma localidade verificou-se a presença de raios mais largos para grande parte das espécies (*A. peregrina*, *C. langsdorffii*, *D. miscolobium*, *P. torta*). De modo geral, observou-se a presença de raios mais largos nas áreas de menor fertilidade no solo.

Árvores de *A. peregrina* e *Q. grandiflora* apresentaram raios mais numerosos (maior frequência) em Jaguariaíva. Maiores proporções de parênquima axial no xilema estiveram presentes nas árvores de *A. peregrina* e *V. tucanorum* em Itirapina e *C. brasiliense*, *D. miscolobium* e *Q. grandiflora* em Jaguariaíva. Há na literatura uma grande variação de respostas anatômicas nos tecidos de armazenamento em função da disponibilidade hídrica, destacando-se: (i) raios mais altos, largos e numerosos em áreas de savana em comparação à floresta (DEN OUTER; VAN VEENENDAAL, 1976); raios mais baixos, largos e mais frequentes em floresta ombrófila quando comparada à floresta estacional (LONGUI *et al.*, 2012), parênquima paratraqueal e em faixas mais abundantes no cerrado em comparação à mata de galeria (SONSIN *et al.*, 2012); parênquima axial menos abundante no Cerrado em relação à Mata Atlântica (LONGUI *et al.*, 2022), mais tecido de armazenamento e maior conectividade entre vasos em áreas de floresta seca, considerando-se a composição da vegetação (APGAUA; TNG; LAURANCE, 2022), dentre outras respostas. Em relação à disponibilidade de nutrientes, foram relatados raios mais longos e maior abundância de compostos de armazenamento no interior das células de parênquima em solo eutrófico (ANGÉLICO *et al.*, 2021); bem como maior eficiência hidráulica sob adição de nutrientes (COSTA *et al.*, 2021).

A análise de componentes principais (PCA), bem como a análise de agrupamentos (cluster), foram realizadas com o objetivo de observar a ação combinada de um grupo maior de variáveis anatômicas nas

espécies em diferentes localidades estudadas. Ao considerar o conjunto completo dos dados, sem individualização por espécies, nota-se que o componente 1 (CP1, 36% da variância total) resultou na separação de *C. brasiliense*, enquanto o componente 2 (CP2, 28% da variância) permitiu uma distinção entre *V. tucanorum* e as demais (cf. Figura 34). As variáveis com maiores cargas no CP1 foram comprimento dos elementos de vaso e comprimento e espessura da parede das fibras, enquanto no CP2 houve maior influência da frequência de raios, área e densidade de vasos (Tabela 4).

A espécie *V. tucanorum* formou um grupo distinto no eixo do CP2 por apresentar, comparativamente, raios em menor número (porém mais largos), com menor área e densidade de vasos (vasos mais largos). A combinação dessas características indica a existência de uma rede de transporte eficiente tanto no sentido axial quanto no sentido radial, bem como uma maior capacidade de armazenamento de água no tronco em função da sua madeira de baixa densidade (fibras de paredes delgadas e parênquima abundante), aspectos que poderiam garantir, em tese, suprimento de água necessário para a manutenção da folhagem durante o ano todo.

Considerando apenas o componente 1 nas análises de componentes principais realizadas com dados individualizados por espécies, observou-se de modo geral a formação de agrupamentos e/ou distanciamentos entre indivíduos de acordo com a localidade (exceto em *Q. grandiflora*), com percentuais das variâncias totais nos CP1 entre 60% e 27%. Ao considerarmos cargas (loadings) superiores a 0,4 no componente 1, variáveis relacionadas aos vasos influenciaram em alguma medida o distanciamento/agrupamento de um maior número de espécies, estando presentes em 5 delas (*C. brasiliense*, *C. langsdorffii*, *D. miscolobium*, *P. torta* e *P. emarginatus*). Variáveis relacionadas às fibras estiveram presentes no componente 1 de 3 espécies (*C. brasiliense*, *D. miscolobium* e *V. tucanorum*), assim como as relacionadas aos raios (*C. brasiliense*, *C. langsdorffii* e *V. tucanorum*), e em 2 espécies em relação ao parênquima axial (*A. peregrina* e *V. tucanorum*).

D. miscolobium foi a única espécie a apresentar agrupamentos distintos e homogêneos com árvores dos 3 locais, inicialmente separando as árvores de Jaguariaíva no CP1 (diâmetro dos vasos e fibras) e, na sequência, as de Itirapina e Brasília no CP2 (área de vasos e comprimento de fibras).

Camadas de crescimento estiveram presentes na maioria das espécies estudadas, ainda que seus marcadores fossem, com frequência, de difícil identificação em grande parte das amostras. As camadas se caracterizaram pela presença de zonas fibrosas e/ou espessamento da parede das fibras (*C. brasiliense*, *D. miscolobium*, *P. torta*, *Q. grandiflora*) e pelo parênquima axial (*A. peregrina*, *C. langsdorffii*, *P. emarginatus* e *V. tucanorum*).

Os resultados obtidos neste estudo demonstram uma diversidade de respostas das plantas às particularidades locais dos ambientes em que se desenvolvem, indicando espécies mais ou menos responsivas às condições ambientais em relação à estrutura do xilema secundário. Buscou-se relacionar a diversidade estrutural encontrada no xilema secundário com variáveis ambientais relacionadas ao clima (principalmente disponibilidade hídrica) e às características edáficas das áreas de estudo. A influência das temperaturas médias mensais foi pouco explorada, mas certamente constituiu uma pressão ambiental importante para as árvores localizadas em Jaguariaíva, uma vez que a redução no porte de algumas espécies em detrimento do maior desenvolvimento de órgãos subterrâneos pode ser um possível sinal de ajuste. Sem desconsiderar o componente genético e possíveis diferenças decorrentes de variações no porte das árvores e na altura de coleta das amostras, acredita-se que análises mais aprofundadas, que contemplem conjuntamente variáveis ambientais e anatômicas, possam contribuir para um maior entendimento das interações entre plantas e ambiente observadas neste estudo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo contemplou áreas representativas da vegetação de Cerrado em sua região central e em contato com a Mata Atlântica, incluindo o limite austral do bioma, entre as latitudes 15°40' (Parque Nacional de Brasília, DF) e 24°10' (Parque Estadual do Cerrado, PR). As localidades apresentaram variações ambientais em relação à temperatura, disponibilidade hídrica e condições edáficas, refletindo em alterações quantitativas na estrutura da madeira das espécies estudadas.

Variações relacionadas aos vasos estiveram presentes em todas as espécies, enquanto aspectos relacionados às fibras e ao parênquima (radial e axial) permaneceram estáveis em árvores de diferentes localidades. *Anadenanthera peregrina*, *Caryocar brasiliense* e *Dalbergia miscolobium* foram as espécies com o maior número de variáveis com diferenças significativas entre áreas, contrapondo-se à *Pouteria torta*, com o menor número. Nas análises de componentes principais e de agrupamentos, em *Dalbergia miscolobium* ocorreu a formação de grupos homogêneos e distintos referentes às árvores das três áreas, enquanto para *Pouteria torta* as diferenças não foram suficientes para promover uma distinção em função da localidade. Nas análises realizadas com a totalidade dos dados sem distinção por espécies, *V. tucanorum*, diferenciou-se das demais por apresentar vasos largos e em menor número, bem como raios mais largos e menos frequentes, indicando um sistema voltado à eficiência e à manutenção do transporte hídrico por meio do suporte da rede de parênquima. Em *D. miscolobium* nota-se a presença de vasos de duas classes de tamanho, com predominância de vasos solitários mais largos e vasos múltiplos mais estreitos, formando uma rede de transporte voltada tanto à eficiência quanto à segurança hídrica. A predominância de parênquima paratraqueal também se deve ao maior número de espécies amostradas de Fabaceae, família com grande ocorrência em áreas de Cerrado.

Algumas tendências gerais foram observadas na anatomia das espécies nas áreas de estudo, como características xeromórficas na localidade de maior disponibilidade hídrica (fibras e elementos de vasos mais curtos em Jaguariáva-PR), bem como características de ambientes méxicos em áreas sujeitas a déficit hídrico (fibras e elementos de vaso mais longos, maior diâmetro tangencial dos vasos), podendo também indicar respostas específicas de cada espécie aos diferentes estímulos ambientais (disponibilidade de nutrientes, profundidade do solo, temperatura, dentre outros).

Camadas de crescimento constituem um exemplo de compensações realizadas pelas plantas frente às variações sazonais, como formações de células condutivamente mais eficientes no lenho inicial e mais seguras no lenho tardio, formação de parênquima marginal como fonte de água e nutrientes às células do câmbio vascular, dentre outras combinações. Macroscopicamente, camadas distintas estiveram presentes em todas as espécies estudadas, ainda que muitas vezes seus limites fossem de difícil identificação. Estudos voltados à compreensão da xilogênese contribuiriam para a determinação do potencial dendrocronológico destas espécies.

Diante da diversidade de resultados obtidos, acredita-se que a realização de análises complementares que associem variáveis anatômicas e ambientais poderão contribuir para a compreensão das dinâmicas de crescimento e diferentes estratégias de manutenção das plantas a esses ambientes.

REFERÊNCIAS

- ADÂMOLI, J. J.; MACÊDO, L. D. de A.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. *In*: GOEDERT, W. . **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1986. p. 33–74.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref>.
- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological Trends in the Wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v. 21, n. 1, p. 3–30, 2000.
- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological Trends in the Wood Anatomy of some Brazilian Species. 2. Axial Parenchyma, Rays and Fibres. **IAWA Journal**, v. 23, n. 4, p. 391–418, 2002. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/23/4/article-p391_3.xml>.
- AMANO, E. **Pau-brasil, madeira e casca: formação, desenvolvimento e estrutura**. 2007. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-25102007-181719/publico/Erika_Amano.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2023.
- ANGÉLICO, T. dos S.; MARCATI, C. R.; ROSSI, S.; DA SILVA, M. R.; SONSIN-OLIVEIRA, J. Soil Effects on Stem Growth and Wood Anatomy of Tamboril Are Mediated by Tree Age. **Forests**, v. 12, n. 8, p. 1058, 9 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4907/12/8/1058/htm>>. Acesso em: 26 jan. 2023.
- APGAUA, D. M. G.; TNG, D. Y. P.; LAURANCE, S. G. W. Tropical wet and dry forest tree species exhibit contrasting hydraulic architecture. **Flora**, v. 291, p. 152072, 1 jun. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036725302200069X>>. Acesso em: 27 jan. 2023.
- ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S. C.; CAMPOS, R. N.; MARTINS, R. C.; MARTINS. ÉDER DE SOUZA. Ecorregiões, Unidades de Conservação e Representatividade Ecológica do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. 1a. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 229–272.
- ASSAD, E. .; EVANGELISTA, N. A. Análise frequencial da precipitação pluviométrica. *In*: ASSAD, E. D. **Chuvras nos cerrados: análise e espacialização**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1994. p. 25–42.
- BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants**, v. 21, n. 2, p. 193–260, 1 jan. 1973. Disponível em: <<https://repository.naturalis.nl/pub/525232>>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- BAAS, P.; CARLQUIST, S. A Comparison of the Ecological Wood Anatomy of the Floras of Southern California and Israel. **IAWA Journal**, v. 6, n. 4, p. 349–353, 1 jan. 1985. Disponível em: <<http://booksandjournals.brillonline.com/content/journals/10.1163/22941932-90000961>>.
- BAAS, P.; WERKER, E.; FAHN, A. Some Ecological Trends in Vessel Characters. **IAWA Journal**, v. 4, n. 2–3, p. 141–159, 1983. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20220302234135/https://brill.com/downloadpdf/journals/iawa/4/2-3/article-p141_9.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- BALIMA, L. H.; GEBREKIRSTOS, A.; KOUAMÉ, F. N. G.; NACOUлма, B. M. I.; THIOMBIANO, A.; BRÄUNING, A. Life-span growth dynamics and xylem anatomical patterns of diffuse-porous *Azelia africana* Sm. (Fabaceae) in different ecological zones in Burkina Faso. **Dendrochronologia**, v. 64, p. 125752, 1 dez. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1125786520300916>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

BARAJAS-MORALES, J. Wood Structural Differences between Trees of Two Tropical Forests in Mexico. **IAWA Journal**, v. 6, n. 4, p. 355–364, 1 jan. 1985. Disponível em: <<http://booksandjournals.brillonline.com/content/journals/10.1163/22941932-90000962>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 21–24, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?inventory+bn00111012011http://www.biotaneotropica.org.br>>. Acesso em: 4 dez. 2019.

BEARD, J. S. The Savanna Vegetation of Northern Tropical America. **Ecological Monographs**, v. 23, n. 2, p. 149–215, 1953. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/1948518.pdf?refreqid=excelsior%3A38b02aac98ac4694d9ef7f792710faff&ab_segments=&origin=&acceptTC=1>. Acesso em: 11 jan. 2023.

BEARD, J. S. The Classification of Tropical American Vegetation-Types. **Ecology**, v. 36, n. 1, p. 89–100, 1955. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1931434>>.

BOND, W. J. What Limits Trees in C₄ Grasslands and Savannas? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 39, p. 641–659, 2008. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/30245180>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BORCHERT, R. Phenology and Ecophysiology of Tropical Trees: *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. **Ecology**, v. 61, n. 5, p. 1065–1074, out. 1980. Disponível em: <<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2307/1936825>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BORCHERT, R. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees**, v. 8, n. 3, p. 115–125, 1 fev. 1994a. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00196635>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BORCHERT, R. Induction of rehydration and bud break by irrigation or rain in deciduous trees of a tropical dry forest in Costa Rica. **Trees**, v. 8, n. 4, p. 198–204, maio 1994b. Disponível em: <https://borchert.ku.edu/documents/05_Borchert_1994c.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BORCHERT, R. Soil and Stem Water Storage Determine Phenology and Distribution of Tropical Dry Forest Trees. **Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1437–1449, jul. 1994c. Disponível em: <<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1937467>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BORCHERT, R. Climatic Periodicity, Phenology, and Cambium Activity in Tropical Dry Forest Trees. **IAWA Journal**, v. 20, n. 3, p. 239–247, 1 jan. 1999. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/20/3/article-p239_3.xml>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BORGES, M. .; PRADO, C. H. B. A. The Significance of Crown Traits in Cerrado Vegetation. *In*: PRICE, R. **Savannas: Exploration, Threats and Management Strategies**. . 1st. ed. New York: Nova Science Publishers, 2018. p. 1–29.

BOSIO, F.; SOFFIATTI, P.; BOEGER, M. R. T. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Parana state, Brazil. **IAWA Journal**, v. 31, n. 2, p. 179–190, 2010. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/31/2/article-p179_6.xml?ebody=article_details>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. *In*: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, W. **Indicadores ambientais: Conceitos e aplicações**. 1a. ed. São Paulo: EDUC, 2001. p. 145–171.

BOURLIERE, F.; HADLEY, M. Present-day savannas: an overview. *In*: GOODALL, W. D. **Ecosystems of the world – tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 1–17.

BRADSHAW, A. D. Unravelling phenotypic plasticity - Why should we bother? **New Phytologist**, v. 170, n. 4, p. 644–648, jun. 2006. Disponível em: <<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2006.01761.x>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. **American Journal of Botany**, v. 64, n. 7, p. 887–896, 1 ago. 1977. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/j.1537-2197.1977.tb11932.x>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CARLQUIST, S. How wood evolves: a new synthesis. **Botany**, v. 90, p. 901–940, out. 2012. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b2012-048>>.

CARLQUIST, S. Living Cells in Wood 3. Overview; Functional Anatomy of the Parenchyma Network. **The Botanical Review**, v. 84, n. 3, p. 242–294, 12 set. 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12229-018-9198-5>>. Acesso em: 5 dez. 2019.

COLE, M. M. A savana brasileira. **Boletim Carioca de Geografia**, v. 11, p. 5–52, 1958.

COLE, M. M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: The Distribution and Origin of the Savanna Vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**, v. 126, n. 2, p. 168–179, 1960.

COLE, M. M. The savannas. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 11, n. 3, 1987.

COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS - COPANT. **Método para la descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera angiospermas dicotiledóneas**. [s.l.: s.n.].

CORADIN, V. T. R. **Formação de anéis de crescimento e sazonalidade da atividade cambial de dez espécies lenhosas do cerrado**. 2000. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2000.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 747–755, 2010.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 1a. ed. Viçosa MG: UFV, 2003. p. 129–154.

COSTA, L. S.; MOURA, C. O. de; BUCCI, S. J.; SONSIN-OLIVEIRA, J.; GOMES, S. M.; BUSTAMANTE, M. M. D. C. Nutrient enrichment changes water transport structures of savanna woody plants. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 5, p. 055021, 1 maio 2021. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abe6c5>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

COUTINHO, L. M. **Cerrado**. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_bioma.htm>. Acesso em: 20 out. 2019.

DEN OUTER, R. W.; VAN VEENENDAAL, W. L. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna areas of the Ivory Coast, West-Africa. **LEIDEN BOTANICAL SERIES**, n. 3, p. 182–195, 1976.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201–341, abr. 1972.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2a. ed. Brasília DF: UnB SEMATEC, 1994. p. 17–73.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu strictu, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. 1a. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 141–154.

FRANKLIN, G. L. Preparation of Thin Sections of Synthetic Resins and Wood-Resin Composites, and a New Macerating Method for Wood. **Nature**, v. 155, p. 51–51, 1945. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/155051a0>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GRIČAR, J.; VEDENIK, A.; SKOBERNE, G.; HAFNER, P.; PRISLAN, P. Timeline of Leaf and Cambial Phenology in Relation to Development of Initial Conduits in Xylem and Phloem in Three Coexisting Sub-Mediterranean Deciduous Tree Species. **Forests**, v. 11, n. 10, p. 1104, 17 out. 2020. Disponível em: <www.mdpi.com/journal/forests>. Acesso em: 26 jan. 2023.

GUIDÃO, P.; RUGGIERO, C.; ANTÔNIO BATALHA, M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant ecology**, n. 160, p. 1–16, 2002. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1015819219386.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

HOLBROOK, N. M.; WHITBECK, J. L.; MOONEY, H. A. Drought responses of neotropical dry forest trees. *In*: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 243–276.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012. v. 1271 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I Angiospermae. II Gimnospermae** LPF – Série técnica Brasília, DF. Diretoria de incentivo à pesquisa e divulgação/Laboratório de Produtos Florestais, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA; FUNDAÇÃO PRÓ-NATUREZA - FUNATURA. **Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília** Brasília, DF. 1998. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-de-brasil/ arquivos/parna-brasil.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

JÚNIOR, J. C. F. de M.; AMORIM, M. W.; OLIVEIRA, G. B. de; VIEIRA, C. V. Wood functional anatomy of *Chiococca alba* Hitch. (Rubiaceae) from cerrado. **Acta Biológica Catarinense**, v. 4, n. 1, p. 52–61, 29 jun. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.univille.br/index.php/ABC/article/view/489>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, S. F.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. 2nd. ed. New York: Springer-Verlag, 2008. 604 p.

LARA, N. O. T.; SILVA, M. R.; NOGUEIRA, A.; MARCATI, C. R. Duration of cambial activity is determined by water availability while cambial stimulus is day-length dependent in a Neotropical evergreen species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 141, n. July, p. 50–59, set. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.07.001>>.

LEHMANN, C. E. R.; ARCHIBALD, S. A.; HOFFMANN, W. A.; BOND, W. J. Deciphering the distribution of the savanna biome. **New Phytologist**, v. 191, n. 1, p. 197–209, jul. 2011. Disponível em: <<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2011.03689.x>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1363–1373, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196310001357>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LIMA, A. L. A. de. **Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da Caatinga, Nordeste do Brasil**. 2010. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife PE, 2010. Disponível em: <[http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/4759/2/Andre Luiz Alves de Lima.pdf](http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/4759/2/Andre%20Luiz%20Alves%20de%20Lima.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LISI, C. S.; TOMAZELLO FO., M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-Ring Formation, Radial Increment Periodicity, and Phenology of Tree Species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, v. 29, n. 2, p. 189–207, 1 jan. 2008. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/29/2/article-p189_7.xml>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LONGUI, E. L.; CAUM, C.; TOMAZELLO-FILHO, M.; LISI, C. S.; ROIG, F. A.; MARCATI, C. R. Anatomical and tree rings differences in two provenances of *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (Boraginaceae). **Scientia Forestalis**, v. 50, n. e3765, 7 jul. 2022. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/v50_2022/2318-1222-scifor-50-e3765.pdf>.

LONGUI, E. L.; ROMEIRO, D.; ALVES, E. S. Differences in anatomy and potential hydraulic conductivity between root and stem of *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae). **Hoehnea**, v. 39, n. 4, p. 649–655, 2012.

LONGUI, E. L.; ROMEIRO, D.; TESTONI, L. N.; AGUIAR, O. T. De; CIELO FILHO, R.; LIMA, I. L. De; FLORSHEIM, S. M. B. Water deficit affects wood vessels of *Croton floribundus* Spreng. in different vegetation types, São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 39, n. 1, p. 113–123, mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-89062012000100006&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LORAM-LOURENÇO, L.; FARNESE, F. dos S.; SOUSA, L. F. de; ALVES, R. D. F. B.; ANDRADE, M. C. P. de; ALMEIDA, S. E. da S.; MOURA, L. M. de F.; COSTA, A. C.; SILVA, F. G.; GALMÉS, J.; COCHARD, H.; FRANCO, A. C.; MENEZES-SILVA, P. E. A Structure Shaped by Fire, but Also Water: Ecological Consequences of the Variability in Bark Properties Across 31 Species From the Brazilian Cerrado. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1718, 22 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01718/full>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

LUCHI, A. E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 271–280, jun. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042004000200007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

LUCHI, A. E.; SILVA, L. C. P.; MORAES, M. A. 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, n. 4, p. 809–820, dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042005000400015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 311–320, set. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042001000300010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

MARCATI, C. R.; SONSIN-OLIVEIRA, J.; MACHADO, S. R. Growth rings in cerrado woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 1–31, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032006000300001&lng=en&tlng=en>.

MATTOS, E. A. Perspectives comparative ecophysiology of some Brazilian vegetation types: leaf CO₂ and H₂O gas exchange, chlorophyll “a” fluorescence and carbon isotope discrimination. **Series Oecologia Brasiliensis**, v. IV, p. 1–22, 1998. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2886715.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MILANEZ, C. R. D.; MARCATI, C. R.; MACHADO, S. R. Trabeculae and Al-accumulation in the wood cells of Melastomataceae species from Brazilian savanna. **Botany**, v. 95, n. 5, p. 521–530, maio 2017. Disponível em: <www.nrcresearchpress.com/cjb>. Acesso em: 12 mar. 2023.

MISTRY, J.; BERADI, A. **World Savannas: Ecology and Human Use**. 1st-Kind. ed. New York: Routledge, 2014.

MITTERMEIER, R.; GIL, P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. **Hotspots Revisited. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Washington, D.C: CEMEX, 2004. 390 p.

MURPHY, B. P.; BOWMAN, D. M. J. S. What controls the distribution of tropical forest and savanna? **Ecology Letters**, v. 15, n. 7, p. 748–758, jul. 2012. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2012.01771.x>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

NEVES, S. P. S.; MENDES DOS SANTOS, M. G.; VITÓRIA, A. P.; ROSSATTO, D. R.; DE MIRANDA, L. d. A. P.; FUNCH, L. S. The roles of functional traits in canopy maintenance along a savanna/seasonally dry tropical forest gradient in northeastern Brazil. **Flora**, v. 292, p. 152090, 1 jul. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253022000871>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

OKOEGWALE, E. E.; IDIALU, J. E.; EHILEN, O. E.; OGIE-ODIA, E. A. Assessment of vessel and fiber characteristics of *Blighia sapida* Konig. and *Lecaniodiscus cupanoides* Planch ex Benth. growing in rainforest and derived savanna areas of Edo state, Nigeria. **African Journal of Biological Sciences**, v. 02, n. 02, p. 58, 1 abr. 2020. Disponível em: <[https://www.afjbs.com/files/1587362337_6_AFJBS2020052_\(p_58-69\).pdf](https://www.afjbs.com/files/1587362337_6_AFJBS2020052_(p_58-69).pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2023.

PIVA, T. C.; FORTUNA-PEREZ, A. P.; VARGAS, W. de; MACHADO, S. R. Variations in the architecture and histochemistry of the gelatinous fibers in *Eriosema* (DC.) Desv. (Leguminosae) species from the Brazilian Cerrado. **Flora**, v. 268, p. 151624, 1 jul. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253020301249>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

REATTO, A.; MARTINS, E. de S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. *In*: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. 1a. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 47–60.

REYS, P. A. N. dos. **Estrutura e fenologia da vegetação de borda e interior em um fragmento de cerrado sensu stricto no sudeste do Brasil (Itirapina, São Paulo)**. 2008. Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro SP, 2008.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACÊDO, J.; SILVA, J. A. da. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados**. *Boletim de Pesquisa* Planaltina, DF. EMBRAPA Cerrados, 1983. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/548930/os-principais-tipos-fitofisionomicos-da-regiao-dos-cerrados>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE. **Cerrado: Ecologia e Flora**. 1a. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 153–212.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. 1a. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 153–212.

ROLIM, G. de S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 133–137, 1998. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1998/1998_RB_Agro_6\(1\)_133-137_PlanilhasBH.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1998/1998_RB_Agro_6(1)_133-137_PlanilhasBH.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ROVERATTI, J. **Flora vascular do cerrado sensu stricto do Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil e chave para identificação de espécies**. 2008. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1325/1/2008_JulianeRoverattiSantos.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5a. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 353 p.

SARACENO, M. I. **Efeitos da fertilização a longo prazo no metabolismo fotossintético, nas características foliares e no crescimento em árvores do cerrado**. 2006. Universidade de Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.pgecl.unb.br/images/sampledata/arquivos/dissertacoes/2000a2010/2006/Mariana>>.

SAWYER, D.; COUTINHO, B.; HATHAWAY, D. **Perfil do Ecossistema Hotspot de Biodiversidade do Cerrado Relatório Técnico**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://cepfcerrado.iieb.org.br/wp-content/uploads/2017/06/13jul18_Rel_completo_PT.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SIMIONI, P.; CAMPBELL, G.; PINTO, V. D.; CASTELAR, J. V. de S.; PESSOA, M. J. G.; SILVA, I. V. da; DA CUNHA, M. Do anatomical wood traits suggest adjustments in the hydraulic architecture of dominant species in Amazonian savannah? **Plant Biosystems**, v. 155, n. 3, p. 498–509, 4 maio 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11263504.2020.1762782>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da; ANJOS, J. L. dos. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo** Aracaju, SE. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>>.

SONSIN, J. O.; GASSON, P. E.; BARROS, C. F.; MARCATI, C. R. 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, 2012.

STAVER, A. C.; ARCHIBALD, S.; LEVIN, S. A. The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. **Science**, v. 334, n. 6053, p. 230–232, 14 out. 2011. Disponível em: <www.fao.org/nr/land/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

STOTT, P. Recent trends in the ecology and management of the world's savanna formations. **Progress in Physical Geography**, v. 15, n. 1, p. 18–28, 1991. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/030913339101500102>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

TERRA, M. C. N. S.; NUNES, M. H.; SOUZA, C. R.; FERREIRA, G. W. D.; PRADO-JUNIOR, J. A. do; REZENDE, V. L.; MACIEL, R.; MANTOVANI, V.; RODRIGUES, A.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. The inverted forest: Aboveground and notably large belowground carbon stocks and their drivers in Brazilian savannas. **Science of The Total Environment**, v. 867, p. 161320, 1 abr. 2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969722084248>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

TINLEY, K. L. The influence of soil moisture balance on ecosystem patterns in southern Africa. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. **Ecology of Tropical Savannas**. Ecological Studies. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1982. p. 175–192.

UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; SILVA, S. M. Análise da estrutura de duas unidades fitofisionômicas de savana (cerrado) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 231–247, 1 set. 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/abb/a/vr6yzzpHHRCGdWdSGBq3R7Kj/?lang=pt>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

VENANCIO, N. C. **Características físicas do lenho em grupos fenológicos foliares de arbóreas de cerrado**. 2016. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9078/DissNCV.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

VILLAGRA, P. E.; ROIG JUÑENT, F. A. Wood Structure of Prosopis Alpataco and P. Argentina Growing Under Different Edaphic Conditions. **IAWA Journal**, v. 18, n. 1, p. 37–51, 1 jan. 1997. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/18/1/article-p37_6.xml>. Acesso em: 11 jan. 2023.

VON LINSINGEN, L.; SONEHARA, J. D. S.; UHLMANN, A.; CERVI, A. Composição florística do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariava, Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, v. 35, n. 3–4, p. 197–232, 31 dez. 2006. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/acta/article/view/6866>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

WALTER, B. M. T. Apresentação. *In*: DURIGAN, G.; PILON, N. A. L.; ASSIS, G. B.; SOUZA, F. M.; BAITELLO, J. B. **Plantas pequenas do Cerrado: Biodiversidade negligenciada**. 1a. ed. São Paulo, SP: Secretaria de Meio Ambiente, 2018. p. 10–12.

WHEELER, E. A.; GASSON, P. E.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BAAS, P.; CARLQUIST, S.; CHIMELO, J. P.; CORADIN, V. T. R.; DETIENNE, P.; GROSSER, D.; ILIC, J.; KURODA, K.; MILLER, R. B.; OGATA, K.; RICHTER, H. G.; WELLE, B. J. H. ter. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin New Series**, v. 10, n. 3, p. 219–332, 1989. Disponível em: <[https://www.iawa-website.org/uploads/soft/Abstracts/IAWA list of microscopic features for hardwood identification.pdf](https://www.iawa-website.org/uploads/soft/Abstracts/IAWA_list_of_microscopic_features_for_hardwood_identification.pdf)>. Acesso em: 9 jan. 2023.

WORBES, M. How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees a Review. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1 jan. 1995. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/iawa/16/4/article-p337_4.xml>. Acesso em: 11 jan. 2023.