

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza-CCEN
Departamento de Sistemática e Ecologia-DSE
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas

**Anatomia Comparada do Lenho de *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook.f.
(Opiliaceae) Ocorrente na Restinga e no Cerrado**

Juliana de Souza Coutinho

Orientador: Prof. Dr. Rivete Silva de Lima

João Pessoa – PB
2015



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza-CCEN
Departamento de Sistemática e Ecologia-DSE
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas

**Anatomia Comparada do Lenho de *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook.f.
(Opiliaceae) Ocorrente na Restinga e no Cerrado**

Juliana de Souza Coutinho

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Biológicas, como
requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Biológicas, sob orientação do Prof.
Dr. Rivete Silva de Lima.

João Pessoa – PB

2015



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza-CCEN
Departamento de Sistemática e Ecologia-DSE
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas

JULIANA DE SOUZA COUTINHO

ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f. (OPILIACEAE) OCORRENTE NA RESTINGA E NO CERRADO

Trabalho - Monografia apresentado ao Curso de Ciências Biológicas (Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso), como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Data: _____

Resultado: _____

Prof. Dr. Rivete Silva de Lima (Orientador)

Prof.^a Dra. Rita Baltazar de Lima (Avaliadora)

Prof. Dr. Rubens Teixeira de Queiroz (Avaliador)

M.^a Maria do Céu Rodrigues Pessoa (Suplente)

Catálogo na publicação
Universidade Federal da Paraíba
Biblioteca Setorial do CCEN
Maria Teresa Macau - CRB 15/176

C871a Coutinho, Juliana de Souza.
Anatomia comparada do lenho de *Agonandra brasiliensis*
Miers ex Benth. & Hook f. (Opilaceae) ocorrente na Restinga
e no Cerrado / Juliana de Souza Coutinho. – João Pessoa, 2015.
47p. : il.-

Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) –
Universidade Federal da Paraíba.
Orientador: Profº Drº Rivete Silva de Lima.

1. Anatomia vegetal. 2. *Agonandra brasiliensis*. 3. Restinga.
4.Cerrado. I. Título.

UFPB/BS-CCEN

CDU 581.4(043.2)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô José (in memoriam), por ter sido o meu suporte e minha base.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha existência e por me proporcionar todos esses momentos.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização do curso de Ciências Biológicas.

Aos meus pais e minha irmã, pelo incentivo.

Ao meu orientador, professor Dr. Rivete Lima, por me apresentar a Anatomia Vegetal e abrir as portas para o trabalho com a Anatomia da Madeira. Por todo o seu apoio concedido e pelos valiosos conselhos, oportunidades e gestos que tornaram possíveis a minha formação acadêmica.

A todos os professores da graduação da UFPB, por todos os ensinamentos.

Aos estagiários do Laboratório de Anatomia Vegetal- LaVeg, Larissa Barreto, Tatiani Santana e Wendell Lima, pelas contribuições nesse trabalho e companhia nos congressos de botânica.

Ao biólogo do Jardim Botânico, Pedro Gadelha pelos conselhos e por ter me liberado para as aulas e coletas.

Muitas pessoas participaram desta empreitada comigo, de forma direta ou indireta, a todos estes, meu muito obrigado!

RESUMO

Visando a comparação qualitativa e quantitativa da estrutura do lenho de *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f., foram coletadas amostras de plantas da Restinga, no Estado da Paraíba e de Cerrado, no Estado do Piauí. Para tal, seis amostras foram processadas de acordo com os procedimentos usuais em anatomia do lenho, e a caracterização dos seus componentes foi feita conforme as normas do *IAWA Committee*. As análises quantitativas foram realizadas com as mensurações das seguintes variáveis: elementos de vaso (comprimento, diâmetro tangencial dos vasos, diâmetro tangencial do lúmen do vaso, diâmetro radial do lúmen do vaso e frequência/mm²), fibras (comprimento e diâmetro), raios (frequência/mm, altura em µm, altura em número de célula, largura em µm, largura em número de célula). De um modo geral, independente da procedência dos indivíduos examinados, o lenho de *Agonandra brasiliensis* apresentou vasos predominantemente solitários; porosidade difusa; placa de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas e parênquima axial do tipo paratraqueal. A largura dos raios variou 1 a 3 células; não estratificados. Fibras com pontoações simples, não septadas e com parede espessa. Tais características coincidiram com as referidas na literatura para a espécie. Frequência de 18,7 vasos/mm² na restinga e de 31,2 vasos/mm² no cerrado. O diâmetro tangencial dos vasos variou de 96,38µm (Cerrado) a 98,19 µm (Restinga). Nos indivíduos da restinga, o diâmetro tangencial dos vasos foi de 98,19 µm, diâmetro do lúmen do vaso de 86,55 µm e o diâmetro radial do lúmen do vaso de 117,04 µm. Nos indivíduos do cerrado, o diâmetro tangencial dos vasos foi de 96,38µm, o diâmetro do lúmen do vaso de 83,75µm, e o diâmetro radial do lúmen do vaso de 114,05µm. O comprimento médio dos elementos de vaso foi de 269,89µm no Cerrado e 391,44µm na Restinga. A frequência e o comprimento dos vasos, a comprimento das fibras, além da altura e da largura dos raios foram estatisticamente significativos. A variabilidade, das características anatômicas estudadas no lenho de *Agonandra brasiliensis*, está relacionada ao ambiente, comprovando o que já foi registrado para outras espécies. Os resultados, também, contribuem para o delineamento dos futuros estudos da anatomia ecológica do lenho das espécies da flora brasileira.

Palavras-chave: Anatomia ecológica, *Agonandra brasiliensis*, Cerrado, Restinga.

ABSTRACT

Aimed at qualitative and quantitative comparison of the structure of the wood of *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. Hook. f., collected samples of plants of the Restinga, in the States of Paraíba and of Cerrado in the State of Piauí. To this end, six samples were processed according to the usual procedures in wood anatomy, and the characterization of its components was made according to the standards of the IAWA Committee. Quantitative analyses were performed with the measurements of the following variables: Vessel Elements (length, tangential diameter, tangential diameter of the vessel lumen, radial diameter of the vessel lumen and frequency/mm²), Fiber (length and diameter), Rays (frequency/mm, width and height in μm and number of cells). In General, independent of the origin of the individuals examined, the wood of *Agonandra brasiliensis* presented predominantly solitary vessels; diffuse-porous; simple perforation plate; Intervessel pits alternate pontoações and paratracheal-type axial parenchyma. The width of the 1 - 3 cells. Fibers with pontoações simple, non-septate and thick-walled. Frequency of vessels in the restinga 18.7 vessels/mm² and 31.2 vessels/mm² in the cerrado. Tangential vessel diameter ranged from 96.38 μm (Cerrado) 98.19 μm (Restinga). In individuals of restinga, the tangential diameter of the vessels was 98.19 μm , vessel lumen diameter 86.55 μm and vessel lumen radial diameter 117.04 μm . In the cerrado, the tangential diameter of the vessels was 96.38 μm , the diameter of the vessel lumen of 83.75 μm , and radial diameter of vessel lumen 114.05 μm . The length of vessel elements was 269.89 μm in the Cerrado and 391.44 μm in Restinga. The frequency and the length of the vessels, the length of the fibers, as well as the height and width of the rays were statistically significant. The variability of anatomical characteristics studied in the wood of *Agonandra brasiliensis*, is related to the environment, proving what was already registered for other species. The results also contribute to the design of future studies of ecological wood anatomy of Brazilian flora species.

Key words: ecological wood anatomy, *Agonandra brasiliensis*, Cerrado, Restinga

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f. ocorrente no cerrado piauiense.....8
- Figura 2** - Áreas de coleta: cerrado piauiense – Campo Maior e restinga paraibana-Mataraca.....12
- Figura 3** - (A) Área de coleta de *Agonandra brasiliensis* na restinga paraibana. Mineradora Millennium Inorganic Chemicals Mineração Ltda., município de Mataraca, Paraíba. (B) área de coleta no cerrado piauiense, Fazenda Lourdes no município de Campo Maior, Piauí..... 13
- Figura 4** - Valores médios do comprimento (CV), diâmetro (DTV) e da frequência (FV) dos elementos de vaso em micrômetros (μm)..... 16
- Figura 5** - Valores médios do raio, altura de raios em μm , largura de raios em μm e em nº de células em micrômetros (μm)e nº de raios/mm.....21
- Figura 6** - Xilema secundário de *Agonandra brasiliensis* ocorrente em Restinga: A - Seção transversal; B – Seção longitudinal tangencial; C- Seção longitudinal radial; D – Detalhe do elemento de vaso...23
- Figura 7** - Xilema secundário de *Agonandra brasiliensis* ocorrente em Cerrado:A- Seção transversal; B – Seção longitudinal tangencial; C- Seção longitudinal radial; D – Detalhe do elemento de vaso.24
- Figura 8** - Fotomicrografias de seções transversais e do material dissociado do xilema secundário de *A. brasiliensis* comparando cerrado com restinga. A, B - anéis de crescimento indistintos ou ausentes e porosidade difusa. A: Parênquima axial difuso em agregado (seta), elementos de vaso solitários (seta cheia) em indivíduos do cerrado. B: Parênquima axial difuso em agregado (seta), elementos de vaso solitários (seta cheia) em indivíduos da restinga. C - Material dissociado mostrando a morfologia do elemento de vaso com placas de perfuração simples e apêndices (seta) em indivíduos do cerrado. D - Material dissociado mostrando a morfologia do elemento de vaso com placas de perfuração simples (seta) em indivíduos da restinga.25

Figura 9 - Fotomicrografias do xilema secundário de *A. brasiliensis* comparando cerrado (A e B) com restinga (B e D). – A, B: Secções longitudinais tangenciais: células do raio de dois tamanhos distintos; Largura do raio com 1 a 3 células (setas); raios de estrutura não estratificada. C,D:Secções longitudinais radiais: Raios homogêneos, compostos por células procumbentes e quadradas (setas)..26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das duas áreas de estudos e ocorrência de *Agonandra brasiliensis*..... 13

Tabela 2 - Caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário do caule de *A. brasiliensis* ocorrente em área de cerrado e de restinga. IV= índice de vulnerabilidade; IM= índice de mesormofia..... 19

Tabela 3 - Caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário do caule de *A. brasiliensis* ocorrente em área de cerrado e de restinga. CEV = comprimento dos elementos de vaso; DTV = diâmetro tangencial dos vasos; DTLV= diâmetro tangencial do lúmen do vaso; DRLV= diâmetro radial do lúmen do vaso; EPV= espessura da parede do vaso; FV = frequência de vasos; CF = comprimento das fibras; AR = altura de raios; AR.1 = altura de raios em número de células; LR = largura de raios; LR.1 = largura de raios em número de células; FR = frequência de raios. Os caracteres anatômicos que apresentaram diferenças estatisticamente significativas em nível de 1 % de probabilidade estão indicado por asteriscos (*) e com seus respectivos valores de p..... 22

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

LISTA DE FIGURA

LISTA DE TABELA

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 GERAL.....	4
2.2 ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 CERRADO.....	5
3.2 RESTINGA.....	6
3.3 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	7
3.3.1 Característica da espécie.....	Erro! Indicador não definido.
3.3.2 Uso.....	7
3.4 ANATOMIA ECOLÓGICA DO XILEMA SECUNDÁRIO.....	8
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	13
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
4.2.1 Coleta de madeira e obtenção de corpos de prova.....	15
4.2.2 Confecção de lâminas histológicas.....	15
4.2.3 Mensuração de elementos anatômicos.....	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
6 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIA	

1 INTRODUÇÃO

O cerrado representa 23% da cobertura vegetal do Brasil, é um domínio fitogeográfico que apresenta vegetação com formas campestres abertas como os campos limpos de cerrado, até formas relativamente densas, florestais, como os cerradões (COUTINHO, 2002). Abrange uma área de aproximadamente 2 milhões de km², situado entre os paralelos da região equatorial do Brasil de 5° e 23° S e meridianos de 43° e 55° W. Abrangendo os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal (SILVA *et al.* 2008). O clima predominante é o tropical sazonal, de inverno seco e verão chuvoso, apresentando temperatura média anual em torno de 22-23°C. Em geral, a precipitação média anual fica entre 1.200 e 1.800 mm, apresentando aspecto xeromórfico (COUTINHO, 1978; EITEN, 1994). Os tipos de solo são bastantes diversos, sendo predominantemente arenosos, arenoargilosos ou, eventualmente, argiloarenosos com baixa capacidade de retenção de água. São profundos, permeáveis, bem drenados, ácidos (pH entre 4 e 5), com baixa capacidade de troca catiônica, baixa soma de bases e alta concentração por alumínio (COUTINHO, 2002).

As restingas apresentam acentuadas diferenças em sua fisionomia, estrutura e composição florística (LACERDA *et al.*, 1984; ROCHA; BERGALLO, 1997; ARAÚJO, 2000). As formações herbáceas, arbustivas e florestais constituem as principais fisionomias de restinga, de acordo com a estrutura da vegetação (SILVA e BRITTEZ, 2005). Sua diversidade biológica é proveniente do Cerrado, da Caatinga e de outros ecossistemas da Mata Atlântica e representada por espécies aclimatadas à faixa litorânea (FREIRE 1990; ARAUJO 2000, ALVES *et al.* 2007). Estão distribuídas ao longo do litoral brasileiro, numa extensão total de quase 5.000 km, ocorrendo em 79% da sua costa. Na costa brasileira, elas ocorrem de maneira descontínua, desde 4° N a 34° S. As principais formações estão na Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Essa distribuição norte-sul cria ao longo do litoral variações climáticas, o que confere uma grande diversidade ambiental e biológica para as restingas brasileiras. Os solos associados à região pós-praia possuem coloração amarela, pouca impregnação de ácido húmico, baixa disponibilidade de matéria orgânica e capacidade de retenção de água e nutrientes. Os solos das formações arbóreas são superficialmente brancos, com maior teor de matéria orgânica e maior impregnação de ácidos húmicos (ARAUJO *et al.* 1987, MARTIN *et al.* 1997, GOMES *et al.* 2007, ALMEIDA. JR. *et al.* 2009).

A anatomia ecológica do lenho busca entender as relações ecológicas entre as características anatômicas do lenho em diferentes ambientes, com o objetivo de verificar as

diferentes estratégias anatômicas, reconhecendo-se sempre tendências ecológicas do lenho (Dickison, 2000). Em função disso, as características anatômicas do xilema secundário são frequentemente estudadas sob o enfoque da anatomia ecológica. Abordando a estrutura do xilema em termos funcionais, uma vez que este é responsável pela sustentação e pelo transporte hídrico nas espécies lenhosas. Sua estrutura está intimamente relacionada à maior ou menor capacidade de absorção e transporte hídrico, que, por sua vez, influencia o crescimento e o desenvolvimento das espécies arbóreas.

Os biomas são unidades complexas, em que as condições ambientais podem variar consideravelmente em nível local, e que as espécies vegetais se distribuem sob a influência de tais condições. Portanto, diferenças anatômicas entre espécies de um mesmo local podem refletir diferenças ambientais que não seriam detectadas em uma análise que considere apenas a latitude e as condições macroclimáticas.

Segundo Bass (1982) a pesquisa em anatomia da madeira deveria contemplar, entre outros aspectos, estudos contínuos da variação na anatomia entre grupos definidos de espécies, tanto em bases ecológicas amplas, quanto em enfoques mais específicos. Tal abordagem permitiria a compreensão da anatomia em floras restritas, com tipos diversos de vegetação, a partir do detalhamento de fatores climáticos e edáficos, em regiões com grandes variações locais desses fatores. Este tipo de abordagem pode incrementar estudos voltadas à conservação e recuperação dos ecossistemas em que essas ocorrem.

A anatomia do lenho de espécies arbóreas tem se mostrado um atributo eficiente na avaliação de gradientes ambientais. A análise do xilema secundário pode evidenciar características preditivas de respostas ecofisiológicas ao ambiente (YÁÑEZ-ESPINOSA, L.; TERRAZAS, et al, 2001).

Segundo Metcalfe e Chalk (1989) e Carlquist e Hoekman (1985), a estrutura anatômica e morfológica da madeira pode ser considerada um relevante indicador ecológico das adaptações das plantas, principalmente em xerófilas. A disponibilidade de água em ambientes que apresentam condições de estresse em relação a este recurso exerce uma influência direta sobre a caracterização estrutural das espécies lenhosas. Estudos realizados comparando o lenho de plantas em habitats distintos indicam fortes relações entre o suprimento de água e as características dos elementos de vaso, a distribuição e arranjo dos parênquimas e o desenvolvimento de fibras e raios (CARLQUIST, 1966, 1980; BAAS, 1976; BAAS et al., 1983; BAAS; CARLQUIST, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; FAHN et al., 1986; CHIMELO; MATTOS-FILHO, 1988).

Podendo ser uma resposta às variações nas condições atmosféricas, à disponibilidade de

nutrientes no solo e à relação entre segurança e eficiência na condução hídrica (BAAS,1973; ALVES E ANGYALOSSY-ALFONSO 2000, 2002; LENS et al. 2004). Características como a distribuição e arranjo do parênquima axial, diâmetro, comprimento e frequência de vasos, comprimento e espessura da parede das fibras, altura e largura dos raios, bem como a presença ou não de camadas de crescimento podem variar conforme o ambiente (ALVES e ANGYALOSSY ALFONSO 2000, 2002; CARLQUIST 1977, 1982; BAAS et al. 1983; BARAJAS-MORALES 1985; MARCATI et al. 2001; LIMA et al., 2009; SONSIN et al. 2012).

Estudos realizados comparando o lenho de plantas em habitats distintos indicam fortes relações entre o suprimento de água e as características dos elementos de vaso, a distribuição e arranjo dos parênquimas e o desenvolvimento de fibras e raios (CARLQUIST, 1966, 1980; BAAS, 1976; BAAS et al., 1983; BAAS e CARLQUIST, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; FAHN et al., 1986; CHIMELO e MATTOS-FILHO, 1988).

Os estudos da anatomia do lenho de espécies do Nordeste restringem-se a poucos trabalhos sob o enfoque econômico. Paula (1980, 1981, 1989) e Paula e Alves (1989) examinaram o potencial de essências arbóreas do Brasil, entre as quais plantas coletadas nas regiões das caatingas pernambucana e paraibana.

Com enfoque ecológico, Gomes e Muniz (1986) examinaram o lenho de três espécies de *Prosopis*, duas provenientes da Argentina (*P. caldenia*, *P. chilensis*) e uma introduzida na caatinga pernambucana (*P. juliflora*). Outras autoras discutem as possíveis influências de fatores climáticos, especialmente pluviosidade e temperatura, na estrutura anatômica do lenho das espécies dos diferentes ambientes. Elas constataram que *P. caldenia*, de ambiente mais seco, apresentava anéis porosos; *P. chilensis*, com anéis semiporosos, encontrava-se num ambiente com precipitação maior que o anterior, enquanto que *P. juliflora*, coletada em ambiente com maiores níveis de precipitação e temperatura inferiores às anteriores, apresentou porosidade difusa. Mais recentemente, Lima et al (2009) estudaram e compararam a anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* ocorrente na caatinga e na mata atlântica. Doria (2014) comparou as espécies de *Tabebuia aurea* e *Tocoyena formosa* ocorrentes no cerrado e na caatinga.

O presente estudo teve por objetivo comparar dados quantitativos e qualitativos do lenho de indivíduos de *Agonandra brasiliensis*, ocorrentes em área de cerrado no Piauí e de restinga na Paraíba, visando interpretar as estratégias adaptativas do sistema condutor (xilema) das plantas destes ambientes. Tendo em vista as diferenças ambientais dos ecossistemas, em relação a disponibilidade hídrica, a temperatura e a latitude.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Comparar a anatomia do lenho da espécie *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f., ocorrentes em áreas de Restinga e de Cerrado visando identificar as tendências ecológicas do xilema secundário.

2.2 ESPECÍFICOS

- Analisar qualitativa e quantitativamente a anatomia do lenho de indivíduos de *Agonandra brasiliensis* ocorrentes na Restinga e no Cerrado.
- Identificar as tendências ecológicas das características anatômicas do lenho, relacionando-as aos fatores ambientais (temperatura e precipitação).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia (RATTER et al. 1997). Trata-se de um complexo vegetacional que ocupa uma área próximo de 2 milhões de km², situado entre os paralelos da região equatorial do Brasil de 5° e 23° S e meridianos de 43° e 55° W, correspondendo à 23,1% do território nacional. O cerrado abrange os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal (SILVA et al. 2008). Apresenta uma alta diversidade de espécies animais e vegetais, sendo a flora contabilizada em mais de 12.394 espécies (MENDONÇA et al. 2008) das quais 4.000 são consideradas endêmicas (MYERS et al. 2000).

O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central (EITEN, 1977; RIBEIRO et al., 1981). Rizzini (1970) comenta que “por cerrado entende-se a forma brasileira da formação geral chamada savana, cujo similar mais perfeito é a savana africana”. Segundo Pires (1999) o Cerrado apresenta uma vegetação própria, com predominância de gramíneas, árvores e arbustos, em geral, de cascas grossas, com raízes muito profundas, que permite atingir o lençol freático, situado entre 15 e 20 metros. Segundo Eiten (1972) “cerrado é a designação geral dos tipos de vegetação predominantes na região do Planalto Central brasileiro”. Ainda segundo Eiten (1972) as matas ciliares, campos rupestres, campos úmidos, que ocorrem na região de domínio dos cerrados são consideradas como parte do mesmo. No entanto, não é um ecossistema homogêneo, posto que se apresenta com diferentes tipos de vegetação inseridas em um domínio macro. O Cerrado sentido restrito, ainda é considerado a fitofisionomia que melhor caracteriza o bioma.

O Cerrado caracteriza-se pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen (tropical úmido) e, ao sul do bioma, pode ocorrer o clima Cwa (temperado quente), o qual também caracteriza os locais mais altos da região central, acima de 1200 m de altitude (Eiten, 1994). Possui média anual de precipitação da ordem de 1.500 mm, variando de 400 mm na estação seca (nos meses de maio a outubro) a 2.200 mm na estação chuvosa (nos meses de setembro a abril) (SILVA et al. 2008).

Os tipos de solo são bastante diversos, sendo que predominam nas áreas de Cerrado os Latossolos, Neossolos Quartzênicos e Argissolos. De uma maneira geral, os solos do bioma são

profundos, permeáveis, bem drenados, ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica, baixa soma de bases e alta concentração por alumínio (COUTINHO, 2002).

3.2 RESTINGA

O termo restinga é utilizado por geólogos, historiadores e botânicos, designando diferentes nomenclaturas (SUGUIO; TESSLER, 1984). Do ponto de vista geológico, as restingas são formações arenosas constituídas por cordões litorâneos e por feixes de restinga propriamente ditos, sendo os últimos um agrupamento paralelo de cordões litorâneos. No sentido biológico, conceitua-se a restinga como um conjunto de comunidades vegetais fisionomicamente distintas, sob influência marinha e fluviomarinha, distribuídas em mosaico e que ocorrem em áreas com grande diversidade ecológica (SUGIYANA, 1998). Para Sampaio et al. (2005), restinga é o termo usual para designar o ecossistema que ocupa as planícies do litoral do Brasil, formado por sedimentos de origem marinha. Acrescenta-se ainda ao conceito biológico de restinga a ideia de comunidades periféricas à floresta atlântica sujeitas a condições ambientais extremas, caracterizadas por altas temperaturas, ventos constantes, elevada salinidade e deficiência em nutrientes (SCARANO et al. 2001, SCARANO 2002).

As restingas apresentam acentuadas diferenças em sua fisionomia, estrutura e composição florística (LACERDA, et.al., 1984; ROCHA;BERGALLO, 1997; ARAÚJO, 2000). Variações fisionômicas são observadas desde a região pós-praia até as áreas mais interiores da planície costeira (VELOSO et al. 1991, OLIVEIRA-FILHO e CARVALHO 1993). As formações herbáceas, arbustivas e florestais constituem as principais fisionomias de restinga, baseadas na estrutura da vegetação (SILVA e BRITZ, 2005). Sua diversidade biológica é proveniente do Cerrado, da Caatinga e está inserido no bioma Mata Atlântica representada por espécies aclimatadas à faixa litorânea (FREIRE 1990, ARAÚJO 2000, ALVES et al. 2007).

As restingas estão distribuídas ao longo do litoral brasileiro, numa extensão total de quase 5.000 km, ocorrendo em 79% da sua costa. Na costa brasileira, elas ocorrem de maneira descontínua, desde 4° N a 34° S. As principais formações estão na Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Essa distribuição norte-sul cria ao longo do litoral variações climáticas, o que confere uma grande diversidade ambiental e biológica para as restingas brasileiras. Os solos associados à região pós-praia possuem coloração amarela, pouca impregnação de ácido húmico, baixa disponibilidade de matéria orgânica e capacidade de retenção de água e nutrientes. Os solos das formações arbóreas são superficialmente brancos, com maior teor de

matéria orgânica e maior impregnação de ácidos húmicos (ARAÚJO e LACERDA 1987, MARTIN et al. 1997, GOMES et al. 2007, ALMEIDA JR. et al. 2009). Dessa maneira, as espécies das formações mais próximas ao mar são conhecidas por sobreviver em condições severas e bastante limitadas em seu suprimento nutricional (FERNANDES, 2006).

3.3 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

3.3.1 Característica da espécie

Agonandra brasiliensis Miers ex Benth. & Hook. f., conhecida popularmente como cerveja-de-pobre, pau-marfim, quina-de-veado entre outros, é uma espécie pertencente à família Opiliaceae. No Brasil a espécie apresenta ampla distribuição, ocorrendo em ambientes bastante diversificados como cerrados, floresta estacional semidecídua, mata de galeria, bem como em áreas de transição como no Complexo Vegetacional de Campo Maior-PI (CASTRO, 1994; FARIAS et al., 2004; OLIVEIRA, et al., 2005).

A espécie é descrita como arbustos ou árvores, 2 – 13 metros de altura. Apresenta um caule suberoso, com folhas simples, opostas e semicoriáceas. Inflorescência disposta em panícula, estaminadas, cálice e face adaxial das pétalas recobertos por indumento farináceo. As flores pentâmeras e as flores tetrâmeras. O fruto é uma baga. (Figura 1).

3.3.2 Uso

Do ponto de vista econômico fornece madeira para marcenaria, tacos e abanisteria (PIO CORREA, 1978). A cortiça que reveste o tronco e os galhos tem sido objeto de aproveitamento industrial. A casca e as raízes, em infusão na água, dão origem a uma solução de cor e sabor similares ao da cerveja, à qual se atribuem propriedades diuréticas. Da casca obtém-se uma tintura amarelada, usada no tingimento artesanal de tecidos e no tratamento de ulcerações da pele. Morcegos, aves, macacos e outros animais terrestres alimentam-se dos frutos, que são eventualmente aproveitados pelo homem. As sementes fornecem um óleo amarelado, usado no meio rural como cicatrizante de feridas (CAMARGOS et al. 2001; PEREIRA 2002).



Fonte: Rivete Lima

3.4 ANATOMIA ECOLÓGICA DO XILEMA SECUNDÁRIO

Nos últimos anos, a anatomia ecológica do lenho assumiu destaque entre os estudos com madeira. Nesses estudos, buscou-se entender as relações ecológicas entre as características anatômicas do lenho em diferentes ambientes, com o objetivo de verificar as diferentes estratégias anatômicas, reconhecendo-se sempre tendências ecológicas do lenho (DICKISON, 2000).

A estrutura anatômica do lenho é composta por diferentes tipos de células (vasos, fibras e parênquima axial e radial), as quais se originam do câmbio vascular (PLOMION et al. 2001). Durante a sua formação, essas células recebem efeitos de fatores genéticos, além das condições ecológicas do local em que a planta se desenvolve.

De acordo com o ambiente, onde as plantas se desenvolvem, são diferentes as estratégias para otimizar e assegurar as suas condições de sobrevivência (MOGLIA e GIMENEZ, 1998). As espécies arbóreas, que habitam zonas tropicais úmidas e necessitam conduzir grandes volumes de água, em pouco tempo, apresentam em geral elementos vasculares longos, poros medianos a grandes e pouco numerosos. Por outro lado, as espécies típicas de ambientes áridos e semiáridos devem estar estruturadas para conduzir a escassa quantidade de água, restrita a um

período anual determinado. Para assegurar a condução e diminuir o risco de embolia, tais espécies apresentam poros pequenos, muito numerosos e agrupados. Sendo condicionado pela disponibilidade hídrica do ambiente de forma a possuir a melhor condutibilidade possível (eficiência), mas sem risco de ocorrência de embolia (segurança).

Nesta área do conhecimento podemos citar o trabalho de Carlquist (1975) que conseguiu evidenciar a influência do ambiente no processo de evolução do xilema. De acordo com Dickison (2000) são as adaptações que permitem a planta sobreviver em um determinado ambiente. Muitos estudos nesta área baseiam-se em comparação de plantas ocorrendo em regiões distintas, como fez Barajas-Morales (1985) em duas regiões de florestas no México. Fahn et al. (1986) analisaram a anatomia do lenho de árvores e arbustos da flora de Israel e regiões adjacentes, Baas e Schweingruber (1987) analisaram árvores, arbustos e trepadeiras da Europa, Baas e Zhang (1986), Dong e Baas (1993) avaliaram o lenho de várias espécies da flora da China e Lindorf (1994) comparou espécies de uma floresta seca da Venezuela, Lima et al (2009) estudaram espécie ocorrente na caatinga e na mata atlântica, Doria (2014) comparou espécies da caatinga e do cerrado.

A natureza adaptativa do sistema condutor de árvores e arbustos está mais bem estudada em áreas com um marcado estresse hídrico. Embora, nas regiões frias também ocorra seca fisiológica, as regiões secas e por vezes quentes oferecem os exemplos mais evidentes de como o estresse hídrico influencia nas adaptações do xilema secundário (CARLQUIST et al 1985 e 2001; ZIMMERMANN, 1983).

Diferentes autores levantaram hipóteses para explicar as estratégias adaptativas de plantas de ambientes secos, enfatizando a importância de certos fatores ecológicos, tais como: disponibilidade de água, temperatura e distribuição altitudinal e latitudinal, e sua relação com certos caracteres anatômicos do lenho (CARLQUIST, 1975 e 1980; WILKINS e PAPASSOTIIOU, 1989; BAAS, 1976 e 1986; GRAFF e BAAS, 1974; NOSHIRO e BAAS, 2000; ALVES e ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000 e 2002; LUICHI, 2004).

Estudos com anatomia ecológica tornou possível o surgimento de dois índices, que explicam a relação entre vasos e o ambiente: o índice de vulnerabilidade e o índice de mesomorfia. O índice de vulnerabilidade consiste na divisão do valor médio do diâmetro do vaso pela frequência de vasos e é uma medida de susceptibilidade a altas pressões negativas. Valores abaixo de 1.0 indicam que a espécie estudada apresenta segurança no transporte hídrico. Por outro lado, o índice de mesomorfia tem como função indicar se a estrutura anatômica da madeira é adaptada para condições xéricas ou não, e consiste no produto do índice de vulnerabilidade pelo comprimento dos elementos de vaso. Esses índices, foram propostos

por Carlquist (1977), ao estudar espécies da Austrália e concluiu que menor índice de vulnerabilidade implica em melhor adaptação à ambiente com baixa disponibilidade hídrica.

No Brasil, merecem destaque os trabalhos de Alves (1997) e Alves-Angyalossy-Alfonso (2000, 2002), nos quais foram analisadas as tendências ecológicas do lenho em diferentes regiões do Brasil, sendo estudadas 491 espécies pertencentes a 22 famílias em ambientes como Caatinga e Cerrado. Lisboa *et. al.* (1993) compararam indivíduos de espécies amazônicas e da caatinga nordestina evidenciando diferenças, embora estatisticamente não significativas, no comprimento e diâmetro dos elementos de vaso; os autores também verificaram que nas plantas da caatinga as placas de perfuração são exclusivamente simples. Sob esta mesma temática, Urbinati e Lisboa (1996) estudaram comparativamente a estrutura do lenho de espécies do gênero *Capparis*, não observando diferenças estatisticamente significativas entre plantas provenientes das diferentes áreas. Lima (2006) e Lima *et al.*, (2009) estudaram as influências das condições latitudinais sobre estrutura anatômica do lenho de indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong ocorrentes na Paraíba, em Pernambuco e no Rio Grande do Sul. Os autores observaram redução no comprimento das fibras e dos elementos de vaso com a diminuição da precipitação. Doria (2014) comparou as espécies de *Tabebuia aurea* e *Tocoyena formosa* ocorrentes no cerrado e na caatinga para observar as diferenças anatômicas e se os indivíduos da caatinga apresentavam maior grau de xeromorfismo. A autora concluiu que os indivíduos diferem anatomicamente nos dois domínios fitogeográficos estudados e que os indivíduos do cerrado apresentaram caracteres xeromórficos mais marcantes que os indivíduos da caatinga.

Segundo Baas (1982), os estudos pioneiros sobre a influência de fatores ambientais na estrutura anatômica da madeira datam do final do século XIX. Atualmente, a relação entre ambiente e anatomia da madeira já é bastante conhecida, tendo sido amplamente discutida na literatura, salientando-se, entre outros, os trabalhos de Baas (1973), Baas *et. al.* (1983), Barajas-Morales (1985), Carlquist e Hoekman (1985), Baas e Schweingruber (1987) e Lindorf (1994).

Carlquist (1975) salientou que a variação fenotípica na estrutura do lenho, entre populações de uma mesma espécie, bem como entre as espécies de um mesmo gênero ou família botânica, constituem adaptações ecológicas vinculadas à evolução. Metcalfe (1983) reconhece que as diferenças estruturais no lenho de árvores de uma mesma espécie, crescendo em ambientes distintos, podem ser causadas por variações genéticas resultantes da seleção natural no passado. Nesse caso, as variações estruturais não seriam, necessariamente, resultado de influências do ambiente atual.

No entanto, Baas *et. al.* (1983) enfatizam que as características anatômicas também

apresentam grande plasticidade fenotípica, contribuindo para observações de tendências ecológicas. A presença frequente de vasos numerosos e estreitos, de elementos vasculares mais curtos e de pontuações intervasculares pequenas, tem sido interpretada como estratégia do xilema secundário no tocante à segurança da condutividade hidráulica (BAAS e CARLQUIST, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; CARLQUIST e HOEKMAN, 1985; LINDORF, 1994), assim como o agrupamento de vasos em múltiplos numerosos, de espessamentos espiralados e de traqueídes vasicêntricos ou vasculares (CARLQUIST e HOEKMAN, 1985; BAAS e SCHWEINGRUBER, 1987). Um fator ambiental importante é a quantidade de água no solo, visto que o crescimento vegetal é bastante sensível ao estresse hídrico, que pode ser causado pelo déficit ou pelo excesso de água, considerando o habitat natural da planta. De acordo com Raven (2001), a porcentagem de água que um solo retém contra a ação da gravidade é tida como sua capacidade de campo, considerada a faixa ótima para a maioria das espécies vegetais. No entanto, muitas espécies apresentam níveis variados de tolerância ao alagamento e conseqüentemente à baixa disponibilidade de oxigênio no solo, devido a mecanismos de adaptações morfológicas, metabólicas e anatômicas (MONKS e REIS, 1995, VARTAPETIAN e JACKSON, 1997, OKAMOTO e JOLY, 2000).

As variações ambientais ao longo do tempo vêm se tornando cada vez mais drásticas, modificando em curtos períodos de tempo, o clima, a pluviosidade, o solo e a temperatura em diversas regiões do planeta. O efeito antrópico é um agravador dessas alterações (PIELKE, 2004) e, em resposta, algumas espécies de plantas reagem plasticamente por meio de sua morfologia, anatomia e fisiologia, contornando o estresse ao qual estão submetidas. Esta plasticidade pode contribuir para uma espécie sobreviver num vasto leque de condições (SULTAN et al. 1998; PIGLIUCCI E SCHMITT 1999; MASEDA, FERNANDEZ 2006; VALLADARES et al. 2006).

Através da análise da estrutura da madeira, é possível diagnosticar a capacidade plástica de determinadas espécies. Esta pode refletir as variações ambientais (BARROS et al. 2006), servindo como modelo para estudos interpretativos da influência do clima no desenvolvimento das plantas. Carlquist (2001) sugeriu dois modos de utilizar as análises em anatomia ecológica: um aplicado em taxonomia, que agrupa ou segrega grupos através de suas diferenças anatômicas, e outro, que envolve a comparação de diferentes áreas, visando reconhecer características anatômicas comuns a uma dada formação vegetal. Tais características são consideradas importantes para o desempenho das funções do xilema em condições ambientais diversas e expressam as tendências ecológicas em gradientes latitudinais e altitudinais e em diferentes macro e mesoclimas (BAAS, et al. 1983; DICKISON, 1989; WOODCOCK, et al.

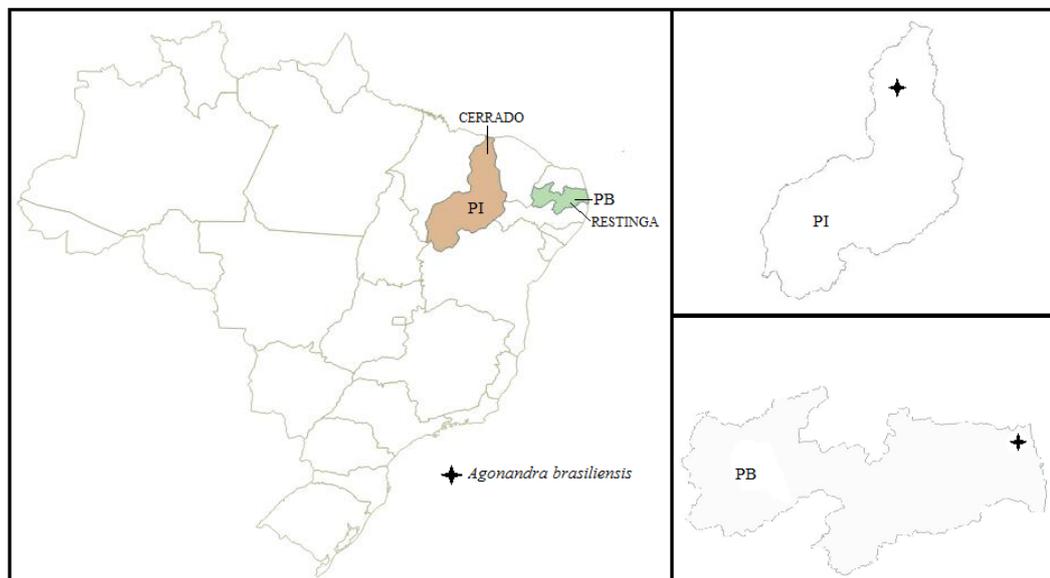
2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Realizamos as coletas em uma área de cerrado no estado do Piauí e em uma área de restinga no estado da Paraíba. No cerrado, coletamos a espécie, *Agonandra brasiliensis*, na Fazenda Lourdes, no município de Campo Maior, PI. Na restinga coletamos a mesma espécie no município de Mataraca, PB, na mineradora Millennium Inorganic Chemicals Mineração Ltda. (Figura 2).

Figura 2 - Áreas de coleta: cerrado piauiense – Campo Maior e restinga paraibana - Mataraca.



Fonte: Autora

O município de Campo Maior, segundo a classificação de Köppen a área está sob o domínio do clima tropical subúmido (C, WA "4a); com precipitação anual de 1.280,8mm, temperatura média de 33,7°C, sendo a mínima de 23,4°C em janeiro e a máxima de 38,7°C em novembro. No Estado do Piauí, as formações vegetais sofrem a influência de diferentes domínios, como o Amazônico, o do Planalto Central e o do Nordeste, caracterizando-se por apresentar grande diversidade de ecossistemas, como a floresta latifoliada subcaducifólia, a floresta mista subcaducifólia, a floresta latifoliada caducifólia não espinhosa e as áreas de transição entre mata de babaçu/cerrado, mata seca/cerrado e cerrado/caatinga (CEPRO,1996).

No município de Mataraca, o clima é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como tropical e chuvoso, com uma curta estação seca. A temperatura média

anual é de 25,5 °C. A pluviosidade média anual é de 1.725 mm, 86,2% do total concentrado entre fevereiro e agosto, sendo dezembro o mês mais seco e ocorrendo dois picos de chuva em maio e em julho. A vegetação predominante é a restinga, sobre dunas de areia. (Tabela 1).

Tabela 1- Caracterização das duas áreas de estudos e ocorrência de *Agonandra brasiliensis*.

Dados gerais e climáticos	Campo Maior	Mataraca
Região geográfica	Nordeste	Nordeste
Estado da Federação	Piauí	Paraíba
Latitude	04° 82' 21" S	06° 59' 28" S
Longitude	42° 16' 45" W	35° 05' 76" W
Altitude (m)	125m	35 m
Vegetação	Cerrado	Restinga
Temperatura média anual (°C)	33,7°C	25,5°C
Média das máximas (°C)	38,7°C	30°C
Média das mínimas (°C)	23,4°C	22°C
Precipitação média anual (mm)	1.280,8mm	1.725 mm

Fonte: Banco de Dados Climáticos do Brasil / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Figura 3 - (A) área de coleta de *Agonandra brasiliensis* na restinga paraibana. Mineradora Millennium Inorganic Chemicals Mineração Ltda., município de Mataraca, Paraíba. (B) área de coleta no cerrado piauiense, Fazenda Lourdes no município de Campo Maior, Piauí.



Fonte: Rivete Lima

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2.1 Coleta de madeira e obtenção de corpos de prova

Em ambas as áreas foram coletadas amostra de três indivíduos da *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook.f. As amostras foram processadas segundo as técnicas usuais em anatomia da madeira. Foram coletados exemplares da espécie, retirando-se a amostra sempre a 1,30 m do solo e de plantas com DAP (diâmetro à altura do peito, 1,30 m) acima de 30 cm. A coleta das amostras foi realizada através do método destrutivo. Essa metodologia de coleta, destrutiva, só foi possível por tratar-se de uma área onde ocorre manejo da vegetação e parte das plantas são cortadas para acompanhamento das rebrotas.

Após a coleta, as amostras foram fixadas em FAA 70% (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 70%) e conservadas em etanol 70%, até o início da preparação histológica no LAVeg - Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Sistemática e Ecologia da UFPB

De cada amostra, foram confeccionados três corpos de prova de 2cm³, e seccionados em micrótomo de deslize nos três planos convencionais de estudo da anatomia do lenho (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial). Um quarto bloco foi confeccionado, para obtenção de material macerado. Os referidos corpos de prova foram extraídos da porção mais externa do lenho, próximo à região cambial.

4.2.2 Confeção de lâminas histológicas

O material foi processado no LAVeg, a preparação histológica adotou o método de Franklin (1945), modificado por Kraus e Arduin (1997). Preparou-se as lâminas de material dissociado retirando pequenos palitos de cada amostra de madeira e foram colocados em frascos de vidro contendo solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, na proporção 1:1. Vedados cada frasco e levados à estufa a 60° C por cerca de 24 horas, ou até que a solução se apresentasse transparente e os palitos esbranquiçados. Após esfriar, retirou-se todo o material para ser lavados em água destilada até sair o cheiro. Montou-se as lâminas semipermanentes, corou-se o material com safranina 1% e foram feitas as lâminas em glicerina diluída em água destilada (glicerina 50%).

Para a preparação das lâminas histológicas, seguimos as técnicas apresentadas por Johansen (1940) e Sass (1951) para montagem e confecção de lâminas permanentes. Clarificamos os cortes histológicos em hipoclorito de sódio 1% e em seguida lavamos em água acética 1%. Utilizamos o processo de dupla coloração com safranina aquosa 1% (Bukatsch 1972) e azul de astra aquoso 1% (Roeser 1972), visando o contraste das estruturas celulares. Após a coloração, desidratamos os cortes através de uma série gradual de concentração de álcoois (30% - 50% - 70% - 80% - 90% - 95% - 100%) e acetato de butila. Após essa etapa coramos o material com safranina e azul de alcian para montagem das lâminas permanentemente em Bálsamo do Canadá.

4.2.3 Mensuração de elementos anatômicos

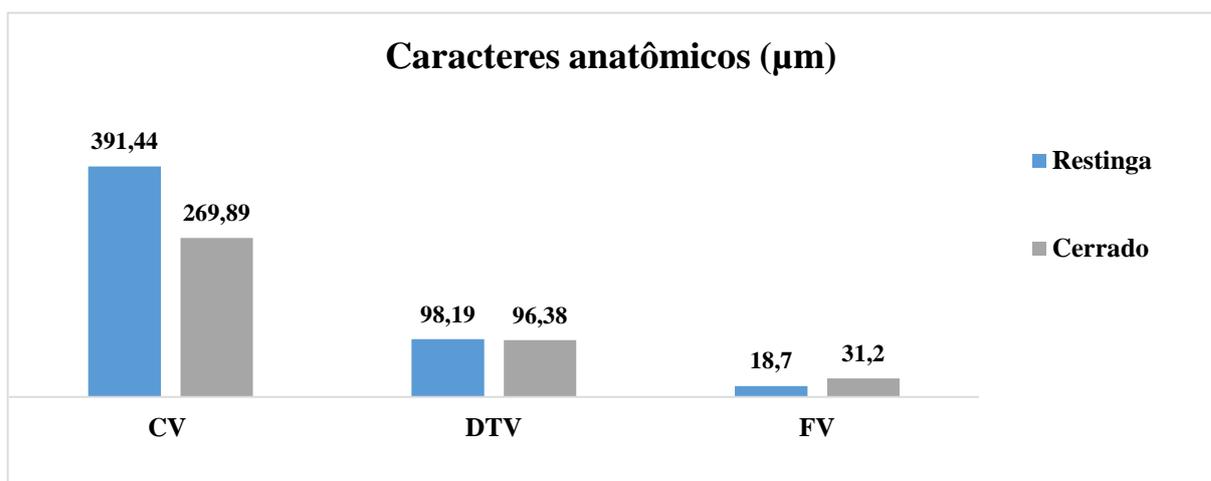
Após a montagem das lâminas, realizamos as análises em microscopia de luz. Para as análises qualitativa e quantitativa foram seguidas as orientações propostas pelo Iawa Committee (1989). As análises quantitativas foram realizadas com as mensurações das seguintes variáveis: elementos de vaso (comprimento, diâmetro tangencial dos vasos, diâmetro tangencial do lúmen do vaso, diâmetro radial do lúmen do vaso e frequência/mm²), fibras (comprimento e diâmetro), raios (frequência/mm, altura em μm , altura em número de célula, largura em μm , largura em número de célula). Após as mensurações realizamos os cálculos dos índices de vulnerabilidade e mesomorfia. Os valores foram convertidos em micrômetros, empregando-se um fator de conversão. Foram realizadas 30 medições para cada característica anatômica.

Para obtenção dos parâmetros quantitativos utilizamos o programa BioEstat. Para análise desses parâmetros, realizamos cálculos de média e desvio padrão para comparação dos resultados. Para testarmos quais variáveis anatômicas apresentaram diferenças significativas entre os dois ambientes, realizamos o Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, com nível de significância de 1%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lenho de *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f., apresentou anéis de crescimento indistintos ou ausentes. Exibiu vasos predominantemente solitários (90%). Porosidade do tipo difusa. Vasos com placas de perfuração simples e pontoações intervasculares do tipo alternas, com formas poligonais a arredondadas. (Figura 6 e 7) Parênquima axial do tipo difuso em agregado e parênquima radial com células quadradas e procumbentes. (Figura 8 e 9). Frequência de 18,7 vasos/mm² na restinga e de 31,2 vasos/mm² no cerrado. O diâmetro tangencial dos vasos variou de 96,38µm (Cerrado) a 98,19 µm (Restinga). Nos indivíduos da restinga, o diâmetro tangencial dos vasos foi de 98,19 µm, diâmetro do lúmen do vaso de 86,55 µm e o diâmetro radial do lúmen do vaso de 117,04 µm. E nos indivíduos do cerrado, o diâmetro tangencial dos vasos foi de 96,38µm, o diâmetro do lúmen do vaso de 83,75µm, e o diâmetro radial do lúmen do vaso de 114,05µm. Os elementos de vasos apresentaram-se com ou sem apêndices e quando presentes, apenas em uma das extremidades. Comprimento médio dos elementos de vaso foi de 269,89µm no Cerrado e de 391,44µm na Restinga. (Figura 4). Largura dos raios variou de 1 a 3 células de largura; células do raio de dois tamanhos distintos e com estrutura não estratificada. (Figura 9). Fibras com pontoações simples, não septadas e com parede espessa.

Figura 4 - Valores médios do comprimento (CV), diâmetro (DTV) e da frequência (FV) dos elementos de vaso em micrômetros (µm).



Os indivíduos ocorrentes na restinga apresentaram maior comprimento e diâmetro dos elementos de vasos. Vasos de maior diâmetro são mais eficientes no transporte, no entanto, apresentam menor segurança, pois são mais vulneráveis à formação de embolismo por cavitação. Os indivíduos ocorrentes no cerrado, apresentaram comprimento e diâmetro dos elementos de vasos menores que os indivíduos da restinga. A presença de vasos estreitos, elementos de vaso de menor comprimento no xilema secundário de espécies de regiões áridas têm sido interpretado como estratégia para segurança na condução hídrica (CARLQUIST 1966, 1977, 1980; FAHN *et al.* 1986; BAAS e CARLQUIST, 1985). Além disso, a força de tensão dentro dos vasos menores é maior que nos vasos maiores, reduzindo o risco de embolia (ZIMMERMANN, 1983). Os resultados das análises estatísticas revelaram diferença significativa apenas para o comprimento dos elementos de vaso, com relação ao seu diâmetro, não houve diferença significativa.

Considerando que a estrutura do xilema secundário, tem como principal função a condução hídrica. Alguns estudos, como os de (Baas, 1982; Carlquist, 1975; Baas e Carlquist 1985; Carlquist e Hoekman, 1985) destacam um *trade-off* segurança x eficiência no transporte hídrico, levando em consideração as características dos vasos. Esse *trade-off* explica a tendência geral de encontrarmos vasos com diâmetro e comprimento menor com o aumento da aridez nos ambientes (CARLQUIST 1966; CARLQUIST, 1977; CARLQUIST e HOEKMAN, 1985).

Segundo Carlquist (1975) o valor de elementos de vaso mais curtos está relacionado à maior resistência estrutural às fortes pressões negativas, às quais pode estar sujeito o xilema de determinadas espécies. Outros fatores também podem afetar tal resistência, como, por exemplo, a relação da espessura da parede do vaso com o diâmetro de seu lume e as características da matriz do xilema que envolve os vasos (JACOBSEN *et al.*, 2007). Elementos de vaso mais curtos também podem isolar melhor bolhas de ar em caso de cavitação, tendo, portanto, valor adaptativo em situações de aridez, enquanto que elementos vasculares mais longos são correlacionados com sítios méxicos (CARLQUIST, 2001) e com espécies higrófilas (BAAS *et al.*, 1983). Por outro lado, os altos valores de diâmetro de vaso e baixos valores de frequência de vasos nas espécies típicas de solos hidromórficos têm importantes implicações funcionais e se aproximam dos valores observados em diversas outras espécies adaptadas a esta condição, tais como *Croton urucurana* Baill. (LUCCHI, 2004); *Annona glabra* L. (YÁÑEZ-ESPINOSA e TERRAZAS, 2001); *Citharexylum myrianthum* Cham. e *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill. (BARROS *et al.*, 2001).

Vasos de maior diâmetro têm maior capacidade de condução hidráulica

(ZIMMERMANN, 1983; SPERRY, 2003; MAUSETH e STEVENSON, 2004), sendo a condutância hídrica proporcional à quarta potência de seu raio (ZIMMERMANN, 1983). No entanto, a maior capacidade de condução tem um preço, em termos funcionais. Sistemas condutores com maior porcentagem de vasos largos, embora menos resistentes ao fluxo hídrico, são mais suscetíveis à cavitação, quando comparados aos sistemas com maior percentual de vasos de pequeno diâmetro (MAUSETH e STEVENSON, 2004; CARLQUIST, 2001).

A frequência de vasos também é uma medida extremamente sensível de mesomorfia e xeromorfia. Valores acima de 100 vasos/mm², considerados altos, são típicos de espécies xerófilas, enquanto que baixas frequências normalmente ocorrem em espécies de florestas tropicais úmidas (CARLQUIST, 2001). Segundo Zimmermann (1974, 1982, 1983), isso ocorre porque maior quantidade de elementos de vasos resulta em maior segurança do xilema, servindo como um importante fator de redundância do sistema condutivo e tendo, portanto, valor adaptativo para plantas sujeitas ao déficit hídrico.

Carlquist (2001), ao estudar o lenho de eudicotiledôneas, associou a alta frequência de vasos a plantas de ambientes xéricos, tendência comprovada no presente trabalho, tendo a espécie do cerrado apresentado maior frequência de vasos por mm².

Os dados estatísticos apontaram diferença estatisticamente significativa com relação a frequência de vasos por mm². Corroborando com os dados de outros trabalhos, onde comprovam que plantas de ambientes mais secos apresentam maior número de vasos por mm², como ocorreu com os indivíduos do cerrado.

A maior frequência de vasos, juntamente com a redução do comprimento e do diâmetro do vaso, como apresentado pelos indivíduos do cerrado tem sido interpretada como uma estratégia no sistema condutor ao aprimoramento do transporte de água (CARLQUIST, 1966).

No tocante à segurança da condutividade hidráulica, vasos estreitos, curtos e com maior frequência ocorrem com estratégia de segurança contra as embolias (BAAS e CARLQUIST, 1985; BARAJAS-MORALES, 1985; CARLQUIST e HOEKMAN, 1985; LINDORF, 1994).

Desenvolvido por Carlquist (1977), os índices de vulnerabilidade e mesomorfia demonstram relações entre os elementos de vasos e o ambiente, sendo, para o índice de vulnerabilidade valores abaixo de 1, indicando que a planta apresenta segurança no transporte hídrico e é menos susceptível à cavitação. Para o índice de mesomorfia, valores acima de 200 indicam plantas mesomórfica. Os valores encontrados na espécie estudada mostraram índices de vulnerabilidade e índices de mesomorfia ($V > 1$ e $M > 200$). (Tabela 2). Callado e Costa (1997) sugerem cautela no uso dos índices. Quando os índices diferem do esperado para o ambiente, pode ser especulado que exista alterações em outras partes do vegetal como: a

presença de estruturas xerofíticas nas folhas, suculência, deciduidade, profundo ou curto sistema radicular e um fotossistema especial (LINDORF, 1994).

Tabela 2- Caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário do caule de *A. brasiliensis* ocorrente em área de cerrado e de restinga. IV= índice de vulnerabilidade; IM= índice de mesormofia.

Caracteres anatômicos	<i>A. brasiliensis</i> cerrado	<i>A. brasiliensis</i> restinga
IV	2,68	4,63
IM	723,31	1811,72

O tipo de placa de perfuração dos elementos de vasos também é uma característica que apresenta tendências ecológicas. A eliminação das barras das placas de perfuração múltipla em ambientes áridos e em regiões tropicais quentes com altas taxas de transpiração pode ser explicada pelo fato da planta requerer taxas altas de condução, para quais as placas simples são mais adaptadas (WHEELER e BAAS, 1991).

A taxa de abundância/escassez de parênquima axial foi demonstrada por Baas (1973) em *Ilex* sp. que encontrou correlação com a latitude. Espécies de regiões temperadas (altas latitudes) apresentam parênquima difuso e escasso, enquanto que espécies de regiões subtropicais e tropicais (baixas latitudes) apresentam maior quantidade de parênquima axial, tanto do tipo difuso como do tipo difuso em agregados. No Brasil, Alves e Angyalossy-Alfonso (2002), relataram tendência da presença de parênquima paratraqueal associado com baixas latitudes, e o parênquima apotraqueal a altas latitudes, refletindo o gradiente tropical-temperado no território brasileiro. Nos indivíduos dos dois ambientes, o tipo de parênquima axial é difuso em agregado. (Figura 8).

Braun (1984) defende a ideia da existência de tecidos acessórios por ele definidos como tecidos parenquimáticos axiais e radiais, intimamente ligados aos elementos condutores, vaso ou traqueídes, por meio de numerosas pontoações. Esse tecido acessório, nas espécies tropicais não decíduas, em contraste com as demais células do parênquima axial não armazena amido; já, nas espécies temperadas ou tropicais decíduas, tais células podem armazenar amido, que será, contudo, mobilizado antes daquele presente nas demais células parenquimáticas.

Como aspecto mais importante, o autor salienta que no tecido acessório ocorre uma alta atividade da fosfatase ácida, o que está diretamente relacionado com o metabolismo de carboidratos e com o transporte ativo de substâncias orgânicas dissolvidas. A função primordial do tecido acessório seria o de criar uma força osmótica dentro dos vasos através da liberação

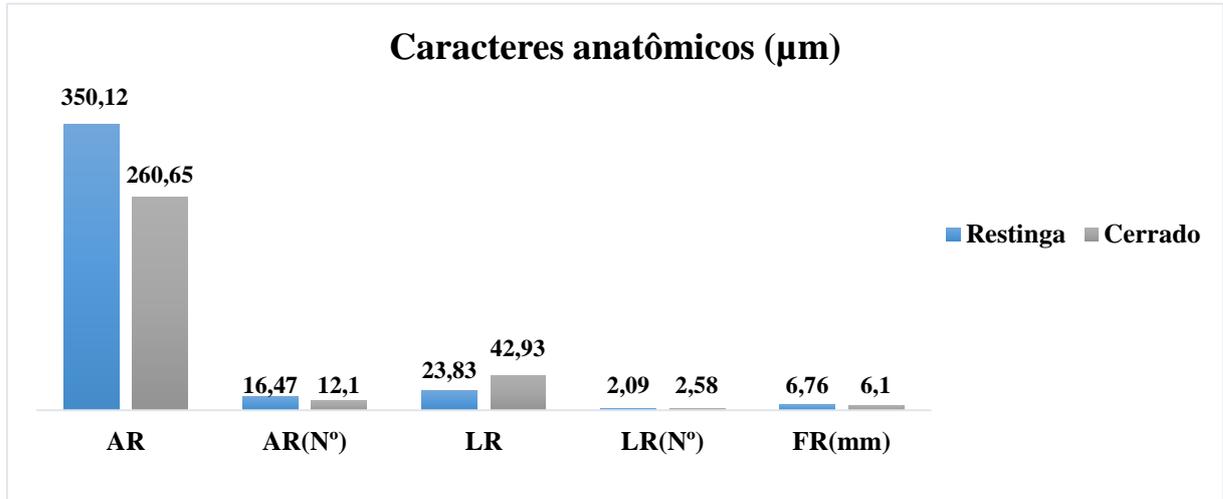
de substâncias osmoticamente ativas. O autor reforça a importância do fluxo condicionado à pressão osmótica nas árvores decíduas, tanto de zonas temperadas, como tropicais, que durante a estação desfavorável perdem as folhas, o que torna a taxa de transpiração nula; tal fato foi também apontado por Zimmermann (1983).

Assim, conclui-se que a presença de parênquima axial difuso em agregado nos indivíduos de *Agonandra brasiliensis* está relacionada ao caráter adaptativo da espécie às condições de pouca disponibilidade hídrica do ambiente.

Os parâmetros relativos aos raios (altura de raios em μm , largura de raios em μm e em nº de células e nº de raios/mm) apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os indivíduos dos dois ambientes. Os valores de altura de raios em μm , em número de células e a frequência de raio foram maiores nos indivíduos da restinga e a largura de raios e em nº de células foram maiores nos indivíduos do cerrado. (Figura 5). Estudos que observaram a influência da latitude na estrutura anatômica do lenho mostraram que a altura dos raios decresce com o aumento da latitude (OEVER et al. 1981; LENS et al. 2004). Alguns estudos indicam a tendência de raios mais altos em espécies de ambientes mais xéricos (BAAS 1973; LUCHI 2004, LUCHI et al. 2005), enquanto outros verificaram a presença de raios mais altos nas plantas ocorrentes na floresta úmida (BARAJAS-MORALES, 1985). Em relação à largura dos raios, estudos com espécies brasileiras relataram a presença de raios mais largos em habitats com menor disponibilidade hídrica (LUCHI 2004; LUCHI et al. 2005; BOSIO et al. 2010). Alguns autores como Baas (1973), Fahn et al. (1986) e Zhong et al. (1992) não encontraram relação entre a largura dos raios e parâmetros ambientais.

Embora exista diferença significativa entre os dados referentes aos raios dos indivíduos dos dois ambientes, não encontramos na literatura suporte para afirmar que os raios de *Agonandra brasiliensis* estejam sofrendo efeitos diretos das condições climáticas. Embora seja essa a tendência encontrada. Assim, acreditamos que um estudo, mais detalhado, dessa característica anatômica mereça ser realizado.

Figura 5 - Valores médios do raio, altura de raios em μm , largura de raios em μm e em n° de células em micrômetros (μm) e n° de raios/mm.



O comprimento das fibras apresentou valor médio de 1815,4 μm em Mataraca (Restinga) e valor médio de 1447,42 μm em Campo Maior (Cerrado). As fibras são do tipo libriforme com pontoações simples, não septadas e com parede espessa. De modo geral, as observações referentes às características das fibras nos estudo da anatomia ecológica do lenho, são mais escassas quando comparadas aos vasos. Isto se deve possivelmente à função de cada um desses tipos celulares, conforme afirmam ZHANG et al. (1992).

As Fibras apresentam funções restritas à sustentação. Barajas-Morales (1985) estabeleceram que fibras curtas e de parede espessa são bem adaptadas a ambientes secos. Alves e Angyalossy-Alfonso (2002) evidenciaram tendências ecológicas que apontam para fibras com paredes mais espessas em espécies de ambientes xéricos.

Cabe salientar, como já apontado por Baas et al. (1983) e Carlquist (1988), que tendências ecológicas das plantas devem ser vistas em combinação com vários aspectos da sua biologia, pois a anatomia da madeira é apenas um dos mecanismos de adaptação que a planta utiliza para se ajustar ao ambiente. Portanto, devemos sempre lembrar que a evolução e o estudo integrado da anatomia do xilema secundário com outras características das espécies, tais como folhas e raízes, poderia contribuir para maior compreensão das respostas funcionais aos fatores ambientais.

Análise estatística

A tabela 3 apresenta os valores médios dos caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário, com seus respectivos valores de p do Teste não paramétrico Mann-Whitney.

As variáveis utilizadas para a análise que apresentaram ser significantes foram: comprimento dos elementos de vaso; frequência de vasos; comprimento das fibras; altura de raios; altura de raios em número de células; largura de raios; largura de raios em número de células. A análise apresentou valor de $p = 0,001$, mostrando-se significativa, ou seja, os indivíduos diferem, entre os domínios que estudamos, quanto aos caracteres anatômicos do lenho.

Chimelo e Mattos (1988) comparando espécies entre biomas diferentes, como Cerrado, Caatinga e Floresta, não encontraram diferenças entre Caatinga e Cerrado, pois os elementos anatômicos apresentaram o mesmo comportamento, possivelmente por apresentarem características semelhantes de Savana. Já o estudo realizado por Lisboa et al. (1993) encontraram diferenças entre os elementos de vaso de espécies da Caatinga e da Amazônia. Ceccantini (1996) estudando espécies que ocorrem simultaneamente em Cerrado e Mata Mesófila, encontrou diferenças entre os indivíduos dos dois ambientes. Demonstrando através desses estudos, uma tendência de mudança na estrutura anatômica do lenho de indivíduos, da mesma espécie, ocorrentes em ambientes distintos.

Tabela 3 - Caracteres anatômicos quantitativos do xilema secundário do caule de *A. brasiliensis* ocorrente em área de cerrado e de restinga. CEV = comprimento dos elementos de vaso; DTV = diâmetro tangencial dos vasos; DTLV= diâmetro tangencial do lúmen do vaso; DRLV= diâmetro radial do lúmen do vaso; EPV= espessura da parede do vaso; FV = frequência de vasos; CF = comprimento das fibras; AR = altura de raios; AR.1 = altura de raios em número de células; LR = largura de raios; LR.1 = largura de raios em número de células; FR = frequência de raios. Os caracteres anatômicos que apresentaram diferenças estatisticamente significativas em nível de 1 % de probabilidade estão indicados por asteriscos (*) e com seus respectivos valores de p.

Caracteres anatômicos	<i>A. brasiliensis</i> cerrado	<i>A. brasiliensis</i> restinga	Teste Mann Whitney (valor p)
CEV (μm) *	269,89 \pm 57,17	391,43 \pm 105,81	0.0001
DTV (μm)	96,38 \pm 10,96	98,19 \pm 12,17	0.2633
DTLV (μm)	83,75 \pm 10,78	86,55 \pm 12,40	0.0973
DRLV (μm)	114,05 \pm 13,26	117,04 \pm 14,04	0.1584
EPV (μm)	5,6 \pm 0,0	5,6 \pm 0,0	1
FV (n $^\circ$ /mm 2) *	31,20 \pm 7,09	18,70 \pm 2,81	0.0001
CF (μm) *	1447,42 \pm 226,59	1815,40 \pm 288,72	0.0001
AR (μm) *	260,65 \pm 74,40	350,12 \pm 89,55	0.0001
AR.1 (n $^\circ$ cel.) *	12,10 \pm 3,58	16,47 \pm 4,65	0.0001
LR (μm) *	42,93 \pm 13,01	23,83 \pm 5,08	0.0001
LR.1 (n $^\circ$ cel.) *	2,58 \pm 0,58	2,09 \pm 0,29	0.0001
FR (n $^\circ$ /mm)	6,10 \pm 1,33	6,76 \pm 1,31	0.005

Figura 6 - Xilema secundário de *Agonandra brasiliensis* ocorrente em Restinga: A - Seção transversal; B – Seção longitudinal tangencial; C- Seção longitudinal radial; D – Detalhe do elemento de vaso.

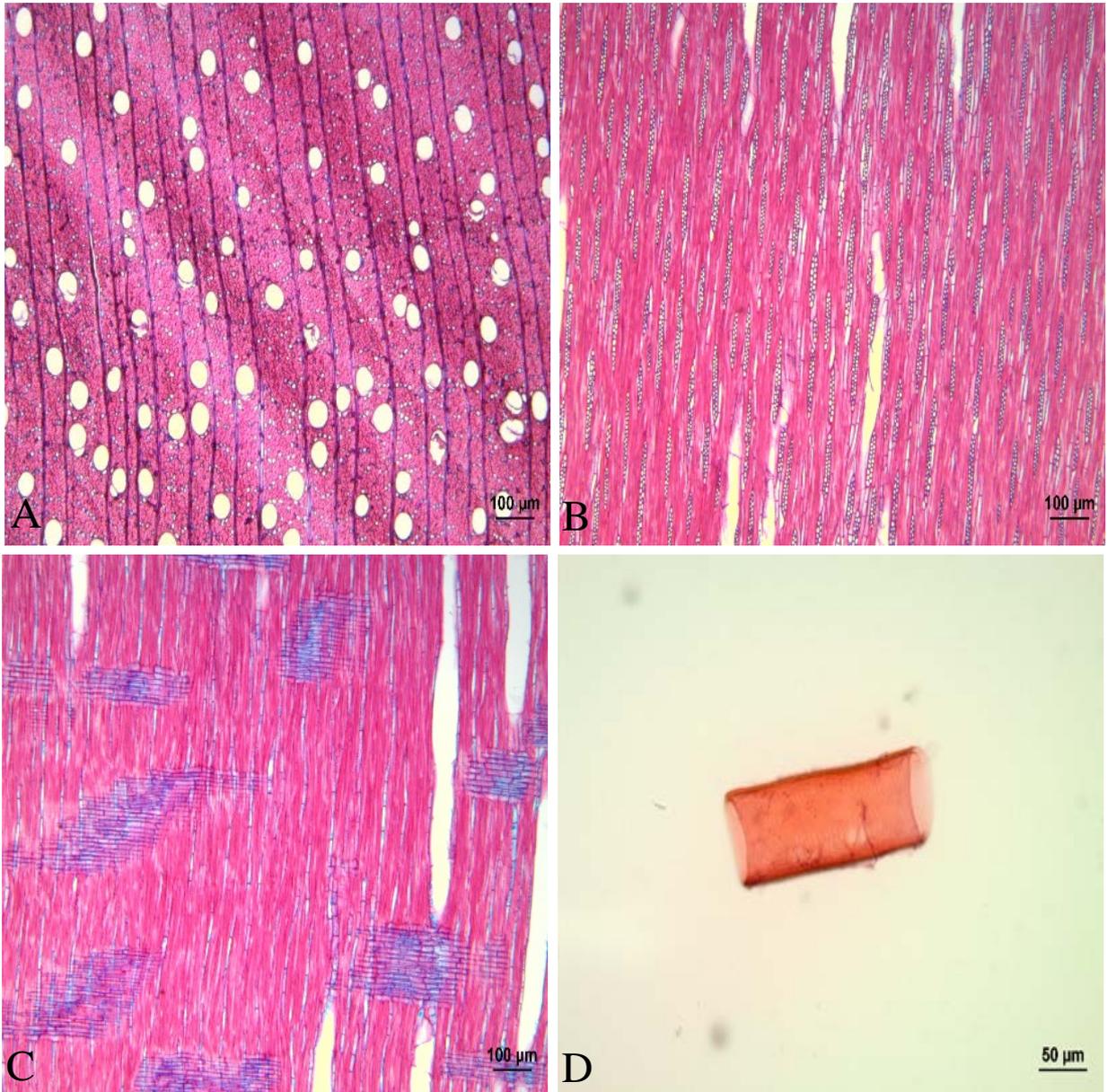


Figura 7 - Xilema secundário de *Agonandra brasiliensis* ocorrente em Cerrado: A- Seção transversal; B – Seção longitudinal tangencial; C- Seção longitudinal radial; D – Detalhe do elemento de vaso.

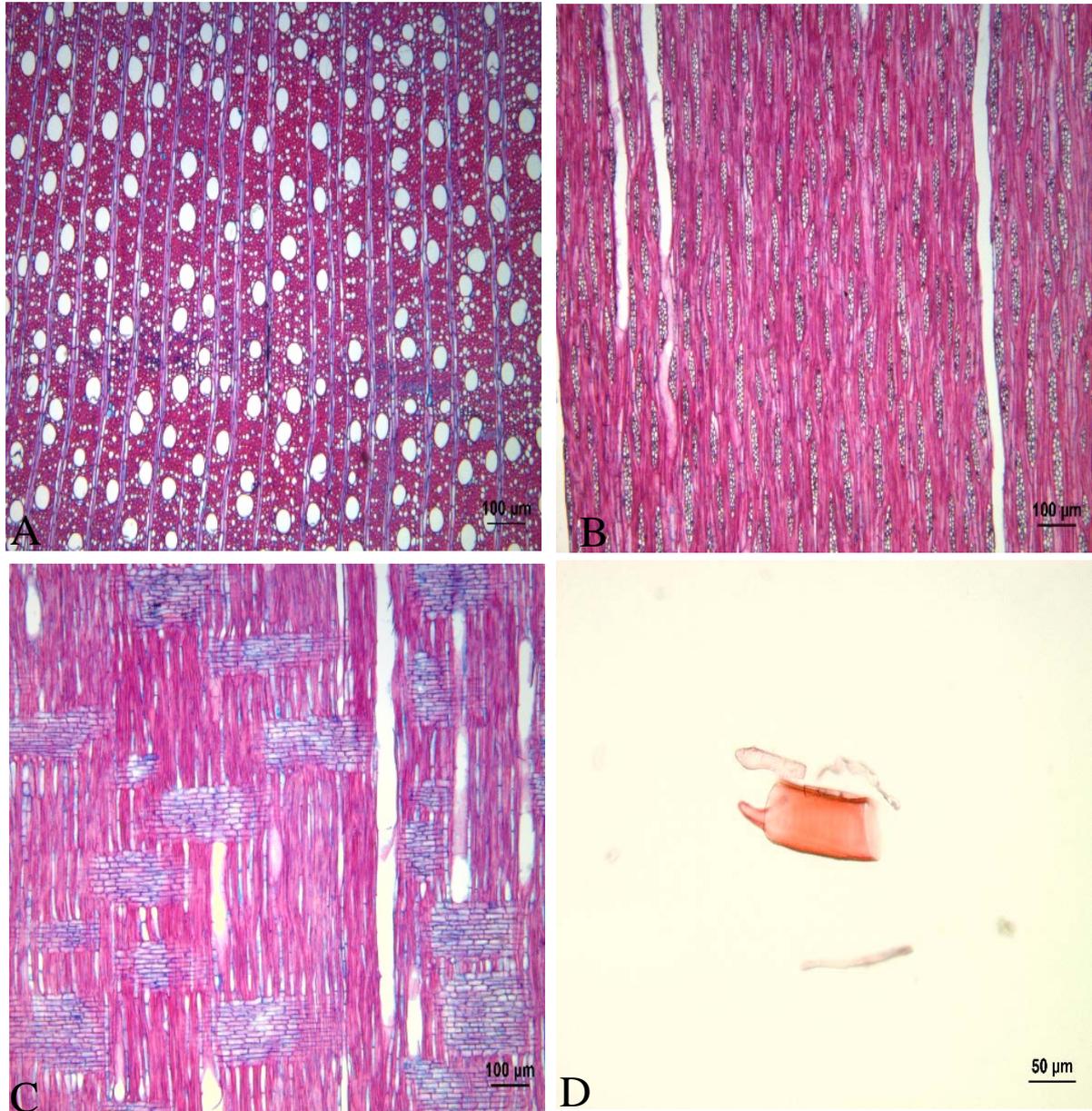


Figura 8 - Fotomicrografias de secções transversais e do material dissociado do xilema secundário de *A. brasiliensis* comparando cerrado com restinga. A, B- anéis de crescimento indistintos ou ausentes e porosidade difusa. A- Parênquima axial difuso em agregado (seta), elementos de vaso solitários (seta cheia) em indivíduos do cerrado. B- Parênquima axial difuso em agregado (seta), elementos de vaso solitários (seta cheia) em indivíduos da restinga. C- Material dissociado mostrando a morfologia do elemento de vaso com placas de perfuração simples e apêndices (seta) em indivíduos do cerrado. D- Material dissociado mostrando a morfologia do elemento de vaso com placas de perfuração simples (seta) em indivíduos da restinga.

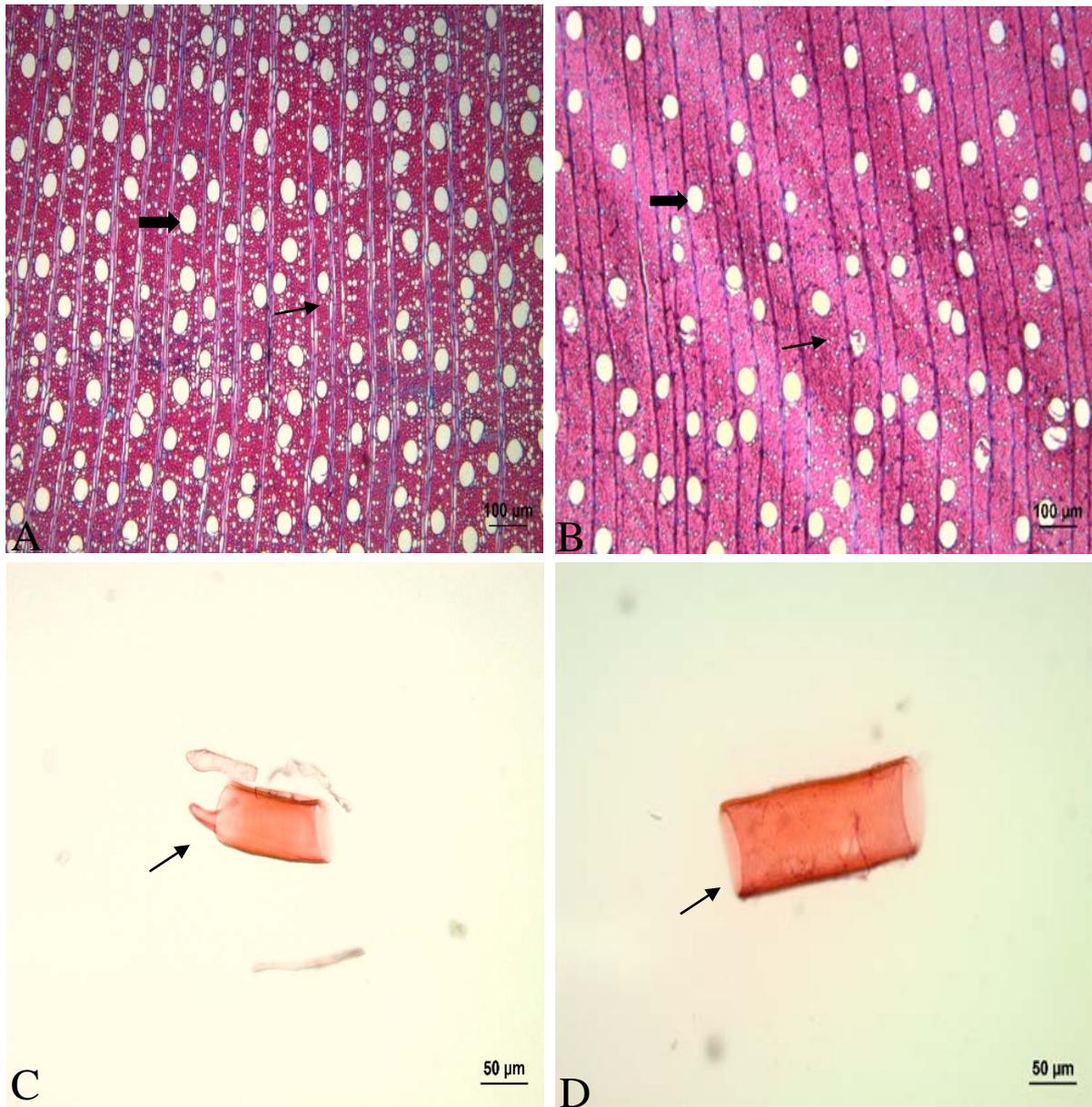
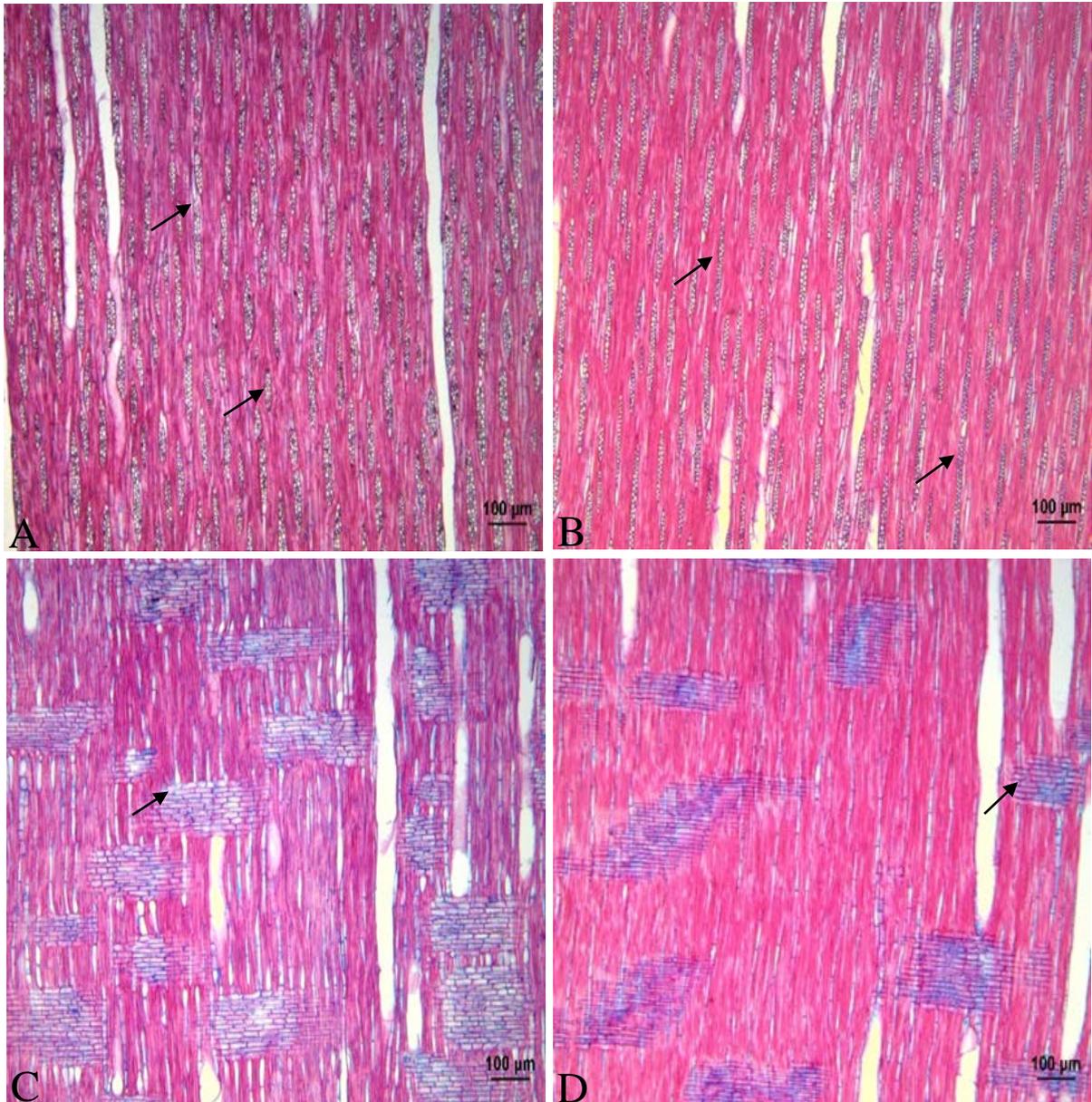


Figura 9 - Fotomicrografias do xilema secundário de *A. brasiliensis* comparando cerrado (A e B) com restinga (B e D). – A, B: Secções longitudinais tangenciais: células do raio de dois tamanhos distintos; Largura do raio com 1 a 3 células (setas); raios de estrutura não estratificada. C,D:Secções longitudinais radiais: Raios homogêneos, compostos por células procumbentes e quadradas (setas).



6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para a frequência, o diâmetro e o comprimento dos elementos de vaso de *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook. f. permitem afirmar que, no cerrado os indivíduos desenvolvem células do xilema com menores dimensões, resultando em um sistema com menor capacidade condutiva, comprovando maior segurança contra a cavitação. Enquanto, na restinga ocorre o contrário, o sistema condutor tem a maior capacidade condutiva, porém menor segurança contra a cavitação.

As características observadas no lenho de *A. brasiliensis* descrevem o efeito do ambiente sobre os indivíduos estudados e as tendências ecológicas da espécie para sobreviver em ambientes distintos.

O estudo integrado da anatomia do xilema secundário e de outros órgãos da espécie, tais como folhas e raízes, poderão contribuir para maior compreensão das respostas funcionais aos fatores ambientais. Além disso, poderão ser confrontadas as características biomecânicas do xilema das espécies estudadas com aquelas relacionadas ao transporte hídrico, uma vez que foi identificada, na análise estatística, uma relativa separação destes dois aspectos funcionais.

REFERÊNCIA

ALMEIDA JR., E.B.; ZICKEL, C.S. Fisionomia psamófila-reptante: riqueza e composição de espécies na praia da Pipa, Rio Grande do Norte, Brasil. **Pesquisas Botânica**, São Leopoldo, v. 60, p.298-299,2009.

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, p. 3-30, 2000.

ALVES, R.J.V., CARDIN, L.; KROFT, M.S. Angiosperm disjunction “camposrupestres restingas”: a re-avaluation. **Acta Botanica Brasílica**. v. 21, p. 675-685, 2007.

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

ARAÚJO, D.S.D.; HENRIQUES, R.P.B. **Análise florística das restingas do estado do Rio de Janeiro**. In: L. D. Lacerda et al. (eds.). Restingas: origem, estrutura e processos. CEUFF, Niterói, pp.159-193,1984.

ARAÚJO, D. S. D.; LACERDA, L. D. A natureza da restinga. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 33, p. 42-48, jul.1987.

ARAÚJO, D. S. D. **Análise florística e fitogeografia das Restingas do Estado do Rio de Janeiro**. 18 de outubro de 2000. 176 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, v.21, p.193-258, 1973.

_____. Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology. **Leiden Botany Series**, v.3, p.157-181,1976.

_____. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy - History and perspectives. In: BAAS, P. (Ed): **New perspectives in wood anatomy**. The Hague Martinus Nijhoff Publishers, p. 23-58, 1982.

BAAS, P.; WERKER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, v.4, p. 2-3,1983.

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**.v. 8, p.245-274,1987.

BARAJAS-MORALES, J. Wood structural difference between trees of the tropical forests in Mexico. **IAWA Bulletin**, v.6, n.4, p.355-364,1985.

BARROS, C.F.; MARCON-FERREIRA, M.L.; CALLADO, C.H.; LIMA, H.R.P.; CUNHA, M. ; MARQUETE, O.; COSTA, C.G. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de

espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas. **Rodriguésia**: Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 443-460, 2006.

BRAUN, H. J. The significance of the accessory tissues of the hydrosystem for osmotic water shifting as the second principle of water ascent, with some thoughts concerning the evolution trees. **IAWA Bulletin**. v.5, n.4, p. 275-294, 1984.

BRITEZ, R.M. Meio Físico: Solos. In: BRITEZ, R.M.; MARQUES, M.C.M. **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná-UFPR, 2005.p.49-84.

BUKATSCH, F. Bemerkungen zur doppelfärbung astrablau-safranin. **Mikrokosmos**, Stuttgart, v. 61, p. 33-36,1972.

BURGER, L.M.; RICHTER, HG. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Ed. Nobel, p. 154, 1991.

CALLADO, C. H; BARROS, C.F.; COSTA, C.G.; CUNHA, M.; LIMA, H. R. P.; MARQUETE, O.; MARCON, M.L. **Madeiras da Mata Atlântica: Anatomia do lenho de espécies ocorrentes nos Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro - Brasil**. 1.ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.v.1, p. 86,1997.

CASTRO, A. A. J. F. **Comparação florística-geográfica (Brasil) e fitossociologia (Piauí/São Paulo) de amostra do Cerrado**.1994. 520f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas,1994.

CAMARGOS, J. A. A.; CORADIN, V. T. R.; CZARNESKI, C. M.; OLIVEIRA, DE MEGUERDITCHIAN. **Catálogo de Árvores do Brasil**. Brasília, 2001. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratório de Produtos Florestais. Brasília. Ed. IBAMA, p.896.

CARLQUIST, S. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. **Aliso**, v.6, n.2, p.25-44,1966.

_____. **Ecological strategies in xylem evolution**. University of California Press. Los Angeles, 1975.

_____. Ecological factors in wood evolution, a floristic approach. **American Journal of Botany**, Columbus, v.64, n.7, p. 887-896,1977.

_____. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in. **wood anatomy and evolution**. Aliso, v.9, n.4, p. 499-553,1980.

_____. **Comparative wood anatomy**: Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. 2 ed. Berlin :Springer-Verlag, 2001.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D.A. Ecological wood anatomy of the woody southern California flora. **IAWA Bulletin New Series**, Utrecht, v. 6, n.4, p.319-348,1985.

CECCANTINI, G. **Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: Casearia sylvestris Sw e Machaerium villosum Vog.** 1996. 117 f. Dissertação de mestrado- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CHIMELO, J. P. & MATTOS-FILHO, A. Observações preliminares na estrutura da madeira de cinco espécies de folhosas de diferentes locais do Brasil. **International Union of Forest Research Organizations**, São Paulo. p. 117, 1988.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, IBDF, v. 6, p. 406-687, 1978.

COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.1. p. 17-23, maio 1978.

_____. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (Org.) **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois.** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2002. p. 77-92.

DICKISON, W. C. Steps toward the natural system of the dicotyledons: vegetative anatomy. **Aliso**, v. 12, n.3, p. 555-566, 1989.

_____. **Integrative Plant Anatomy.** Harcourt Academic Press, San Diego, Califórnia, 2000.

DÓRIA, L.C. **Anatomia Comparada Do Lenho De Tabebuia Aurea (Bignoniaceae) e Tocoyena Formosa (Rubiaceae) que Ocorrem no Cerrado e na Caatinga.** 2014. 123f. Dissertação (Mestrado) – Instituto De Biociências, Unesp – Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Botucatu, 2014.

EITEN, G. Vegetação. In: M. N. Pinto. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas.** 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia, 1994. p. 17-73.

FAHN, A., E. WERKER, E.; BAAS, P. **Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions.** The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem. 1986. p.221.

FARIAS, R. R. S.; CASTRO, A. A. J. F. Fitossociologia de Trechos da Vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior-PI. **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, p. 949- 963, 2004.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas.** 3. ed. Fortaleza: Realce editora e indústria gráfica, 2006, p.131-165.

FRANKLIN, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resins composites, and a new macerating method for wood. **Nature**. v.51, n.3924, p. 155, Jan.1945.

FREIRE, M.S.B. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. **Acta Botanica Brasílica** v. 4. p. 41-59, 1990.

- GOMEZ, A.V.; MUÑIZ, G.I.B. Wood structure and ultrastructure of *Prosopiscaldenia*, *P. chilensis* and *P. juliflora* and influence of ecological factors. In: FAO International Conference on Prosopis, 2nd., 1986, Recife. **Annals**. Recife, 1986, p.195-216.
- GOMES, F.H., VIDAL-TORRADO, P., MACÍAS, F., GHERARD, B. & Perez, X.L.O. Solos sob vegetação de restinga na ilha do Cardoso (SP), I – caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, São Paulo, 2007, v. 31. p. 1563-1580, 2007.
- HIEPKO, P.; GRACIE, C. Opiliaceae. In: Smith, N., Mori, S. A., Henderson, A., Stevenson, D. Wm. & Heald, S. V. (eds.). **Flowering plants of the Neotropics**. New York, The New York Botanical Garden, Princeton University Press, 2004. p. 281-282.
- HIEPKO, P.; SOUZA, V.C. *Opiliaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB19966>>. Acesso em: 05 abr. 2015.
- IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, p.220-332, 1989.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. McGraw Hill, London. 1940.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica, LINDORF, H. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **IAWA journal**, v. 15, n. 4, p. 361-376, 1994.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Ed. Universidade Rural. p.198, 1997.
- LIMA, R. S. Pontoações guarnecidas em indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) ocorrentes em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v.5, n.1, p. 417-419, jul.2007.
- LIMA, R.S.; OLIVEIRA, P.L.; RODRIGUES, L.R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 32, n. 2, p. 361-374, abr./jun. 2009.
- LINDORF, H. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. **IAWA Journal**.v. 15, p. 361-376, 1994.
- LISBOA, P.L.B.; URBINATI, C.V.; NEVES, C.O. Estudo comparativo sobre a morfologia das estruturas anatômicas das madeiras de plantas arbóreas da amazônia e da caatinga. In: XLIV Congresso Nacional de Botânica, 1993, São Luís- MA. **Resumos**. São Luís: Congresso Nacional de Botânica, 1993.
- LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 271-280, 2004.

MARCATI, C.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENEDETI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, p.311-320, 2001.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M. **Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. 1.ed. São Paulo - Belo Horizonte: FAPESP-CPRM - Edição Conjunta, v. 1. p.112, 1997.

MASEDA, P.H.; R.J. FERNANDEZ. Stay wet or else ways in which plants can adjust hydraulically to their environment. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 57, n. 15, p. 3963-3977, 2006.

METCALFE, C. R. Anatomy, phylogeny and taxonomy. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons**. 2.ed. Oxford: Clarendon Press,1983. v.2.

METCALFE C.R. Anatomy, Phylogeny and Taxonomy. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons: Wood Structure and Conclusion of the General Introduction**, Oxford: University Press, 1989.p. 108-125.

MOGLIA, G.; GIMENEZ, A.M. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña Argentina. **Revista de Investigaciones Agrarias – Sistemas y Recursos Forestales**. v. 7, n: 1 e 2, p. 53-71, 1998.

MONKS, P. L.; REIS, J. C. L. Viabilidade de sementes de espécies forrageiras submetidas à inundação, durante o período do cultivo do arroz irrigado. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.2, p.126, 1995.

OKAMOTO, J. M. & JOLY, C. A. Ecophysiology and respiratory metabolism during the germination of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. (Mimosaceae) seeds subjected to hypoxia and anoxia. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, p. 51-57, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 115-130, 1993.

OLIVEIRA, M.E.A.; MARTINS, F.R.; SANTOS, J.R. dos; SHEPHERD, G.J.; CASTRO, A.A.J.F. Mapeamento, florística e estrutura da floresta de transição campo floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil. **Cerrados e Ecótonos**, v. 1, n.1, p. 2-3, 2005.

PAULA, J.E. Madeiras que produzem álcool, coque e carvão. **CNP - Atualidades**, Brasília, v.72, p.31-45, 1980.

_____. Estudo das estruturas internas das madeiras de dezesseis espécies da flora brasileira, visando seu aproveitamento para a produção de álcool, carvão, coque e papel. **Brasil Florestal**, Brasília. n.47, p.23-50, 1981.

_____. Estudo da estrutura anatômica da madeira de espécies nativas, visando seu aproveitamento na produção de energia e papel. **Ciência e Cultura**. Brasília: v.41, n.4, p.344-353, abr. 1989.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. Estrutura anatômica de madeiras indígenas para a produção de energia e papel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.24 n.12, p.1461-1471,1989.

PEREIRA, B. A. DA S. **Árvores do Brasil Central**: espécies da região geoeconômica do Distrito Federal. Rio de Janeiro: IBGE/ DGC, 2002. v. 1, p. 265-268, GE00018143-5.

PIELKE, R. A. What is climate change? **Issues in Science and Technology**, Washington, v. 20, n: 4, p. 31-34, Dec. 2004.

PIGLIUCCI, M.; SCHMITT, J. Genes affecting phenotypic plasticity in Arabidopsis: pleiotropic effects and reproductive fitness of photomorphogenic mutants. **Journal of Evolutionary Biology** v.12, p. 551-562, 1999.

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

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, London, v.80, p.223-230, 1997.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,2007.

ROESER, K.R. Die nadel der schwarzkiefer. massenprodukt und kunstwerk der Natur. **Mikrokosmos**, Stuttgart. v. 61, 33-36, 1972.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G. Intercommunity variation in the distribution of abundance of dominant lizard species in restinga habitats. **Ciência e Cultura**, v. 49, p. 269-274, 1997.

SAMPAIO, D.; SOUZA, V. C.; OLIVEIRA, A. A.; PAULA-SOUZA, J.; AND RODRIGUES, R. R. **Árvores da Restinga**: guia ilustrado para identificação das espécies da Ilha do Cardoso. São Paulo: Editora Neotropica, 2005.

SCARANO, F.R.; DUARTE, H.M.; RIBEIRO, K.T., RODRIGUES, P.J.F.P.; BARCELLOS E.M.B.; FRANCO, A.C.; BRULFER, T. J.; DELÉENS, E.; LÜTTGE, U., Four Sites with Contrasting Environmental Stress in Southeastern Brazil: Relations of Species, Life Form Diversity, and Geographic Distribution to Ecophysiological Parameters. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 136, n. 4, p. 345-364, 2001.

SCARANO F.R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats to the Brazilian atlantic rainforest. **Ann Bot**, Oxford, v.90, p.517-524, Oct .2002.

SILVA, F. A. M. da.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 3, p. 71-88.

SILVA, S.M.; BRITZ, R.M. A vegetação da planície costeira. In: Marques, M.C.M.; PIRES, M. O. **Cerrado: sociedade e biodiversidade**. In: SEMINÁRIO PLANTAS MEDICINAIS DO CERRADO, 1999, Mineiros-GO. Anais... Mineiros-GO, 1999. p. 155-173.

SILVA, S.M.; BRITZ, R.M. A vegetação da planície costeira. In: M. C. M. Marques & R. M. Britz (eds.). **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná-UFPR, 2005.p.49-84.

SONSIN, J.O.; GASSON, G.E.; BARROS, C.F.; MARCATI, C.R. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two cerrado habitats (cerado s.s and adjacent gallery forest). **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 170, p.1-20, 24 Aug.2012.

SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: Origem e nomenclatura. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Eds.) **Restingas Origem, Estrutura e Processos**. Niterói: CEUFF, 1984.p. 15-26.

SUGIYAMA, M. Estudo de florestas da restinga da Ilha do Cardoso. **Boletim do Instituto de Botânica**. Cananéia, v.11, p.119-159, dez.1998.

SULTAN, S.E., Wilczek, A.M.; Bell, D.L.; Hand, G.; Physiological response to complex environments in annual Polygonum species of contrasting breadth. **Oecology**. v.115,p. 564-578,1998.

VALLADARES, F.; SANCHES-GOEMS, D.; Zavala, M.A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**. Alcalá de Henares, 2006, v.94, p. 1103-1116, 14 sep. 2006. VARTAPETIAN, B.B.; JACKSON, M. B. Plant adaptation to anaerobic stress. **Annals of Botany**, London, 1997, v.79, p.03-20, July.1997.

VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: CDDI, 1991. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. p. 124. Disponível em:< http://biblioteca.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos>. Acessado em: ago. 2015.

WHEELER, E. A.; BAAS, P. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. **IAWA Bulletin**. Leiden, v. 12, n.3, p. 275-332, may 1991.

WOODCOCK, D. W.; SANTOS, G.; REYNEL, C. Wood characteristics of Amazon forest types. **IAWA Journal**. v. 21, n.3, p.277-292, 2000.

YÁÑEZ-ESPINOSA, L.; TERRAZAS, T.; LÓPEZ-MATA, L. Effects of flooding on wood and bark anatomy of four species in a mangrove forest community. **Trees**. V. 15, p.91-97, 2001.

ZIMMERMANN, M.H. **Xylem structure and the ascent of sap**. Berlin: Springer Verlag, 1983. 146p.