



**MARIANA VIRGINIA DE FREITAS DIAS**

**CERRADO SPECIES: ONTOGENY, LEAF ANATOMY  
AND SECONDARY XYLEM STRUCTURE**

**LAVRAS - MG  
2024**

**MARIANA VIRGINIA DE FREITAS DIAS**

**CERRADO SPECIES: ONTOGENY, LEAF ANATOMY AND  
SECONDARY XYLEM STRUCTURE**

Tese de Doutorado apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Botânica Aplicada, área de  
concentração em Botânica Aplicada, para  
obtenção do título de Doutor.

Prof. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira  
Orientadora  
Prof. Dr. Jean Marcel Sousa Lira  
Co-Orientador

**LAVRAS-MG  
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da  
Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Dias, Mariana Virginia de Freitas.

Cerrado species: Ontogeny, leaf anatomy and secondary  
xylem structure / Mariana Virginia de Freitas Dias. - 2024.

70 p.: il.

Orientador(a): Marinês Ferreira Pires Lira.

Coorientador(a): Jean Marcel Sousa Lira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Savanas. 2. tecidos foliares. 3. elemento de vaso. I.

Lira, Marinês Ferreira Pires. II. Lira, Jean Marcel Sousa. III.

Título.

**MARIANA VIRGINIA DE FREITAS DIAS**

**CERRADO SPECIES: ONTOGENY, LEAF ANATOMY AND SECONDARY  
XYLEM STRUCTURE**

**ESPÉCIES DO CERRADO: ONTOGENIA, ANATOMIA FOLIAR E ESTRUTURA  
DO XILEMA SECUNDÁRIO**

Tese de Doutorado apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Botânica Aplicada, área de  
concentração em Botânica Aplicada, para  
obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 25 de março de 2024.

Prof. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

Dra. Alessandra De Oliveira Ribeiro - Unilavras

Prof. Dra. Vanessa Cristina Stein - UFLA

Prof. Dra. Graciene da Silva Mota – UFSJ

Prof. Dra. Nathalle Cristine Alencar Fagundes - UEMG

Prof. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira  
Orientadora

Prof. Dr. Jean Marcel Sousa Lira  
Co-Orientador

**LAVRAS-MG**

**2024**

Aos meus pais pelo apoio e amor incondicional.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Clério e Maria, por todo apoio, dedicação, e amor incondicional.

Aos meus irmãos, Marcelo e Mayara por todo apoio e confiança.

À minha cunhada Helen por todo apoio.

Aos meus sobrinhos, Lívia, Pedro, João Pedro e Evelyn pelos momentos de alegria.

À Vovó Elza por sempre torcer e rezar por mim em vida e agora olha por mim lá do céu.

À minha orientadora Prof. Marinês, por toda dedicação, apoio, paciência, confiança e aprendizado.

Aos amigos de laboratório Letícia, Orivaldo e pessoal do NEBOT, por todo apoio e ajuda.

Aos amigos da coordenação do NEBOT, Ana Luísa, André, Camila e Fernanda pela amizade, ajuda, companheirismo, pelos cafezinhos e surtos coletivos. Esta trajetória não seria a mesma sem vocês.

Ao Daniel, pela amizade verdadeira desde a infância.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada da Universidade Federal de Lavras, por todo aprendizado e conhecimento científico.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial o Setor de Botânica e Laboratório de Anatomia Vegetal por permitir a realização do Doutorado e deste trabalho

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO GERAL

O cerrado é o segundo maior domínio brasileiro, ocupando cerca de 22% do nosso território. Possui alta diversidade, entretanto é um dos domínios mais ameaçados devido a atividades agrícolas e principalmente devido às mudanças climáticas. Apesar disso, as espécies presentes no cerrado ainda são pouco conhecidas, em especial suas estruturas internas. Com base nestas informações, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo a de espécies de famílias significativas do cerrado, de portes arbustivo e arbóreo, abordando a ontogenia e anatomia foliar, bem como as características estruturais e funcionais do xilema secundário dos caules. As espécies apresentaram, durante seu desenvolvimento, características adaptativas características de cerrado e padrão anatômico semelhante ao das espécies já descritas para as respectivas famílias. Para as características do xilema secundário do caule, houve diferenças estatísticas em todas as variáveis analisadas, observou-se ainda que todas as espécies apresentaram características xeromórficas condizentes com o ambiente em que estão inseridas. Estes são de grande importância para a elaboração de estratégias de conservação das espécies, bem como do cerrado. Apesar de as espécies apresentarem algumas estruturas em comum, que as permitem se adaptar ao ambiente a que estão inseridas, é possível concluir que elas possuem diferentes estratégias de sobrevivência, que podem resultar em modificações em algumas características mais plásticas.

**Palavras-chave:** savanas; desenvolvimento foliar; tecidos foliares; elemento de vaso; conservação.

## **ABSTRACT**

The Cerrado is the second largest Brazilian domain and occupies around 22% of our territory. It has high biodiversity, however it is one of the most threatened areas due to agricultural activities and mainly due to climate change. Despite this, species present in Cerrado are little known, especially their internal structures. Based on this information, the objectives of this work were to carry out a study of species from significant families in the Cerrado, of shrub and arboreal sizes, addressing the ontogeny and leaf anatomy, as well as the structural and functional traits of the stems secondary xylem. During their development, the species presented typical adaptive characteristics of Cerrado and an anatomical pattern similar to species already described for their respective families. As for the secondary xylem traits, there were statistical differences in all the variables analysed, and it was observed that all species presented xeromorphic traits compatible with the environment in which they are inserted. This study is very important for developing species conservation strategies, as well as the Cerrado. Although species have some structures in common that allow them to adapt to the environment where they live, it is possible to conclude that they have different survival strategies, which can result in modifications in some more plastic characteristics.

**Keywords:** Savannah; leaf development; leaf tissues; vessel element; conservation.

## Sumário

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	11
<b>1. Introdução geral</b> .....	12
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	15
<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS</b> .....	18
<b>ARTIGO 1: ANATOMIA FOLIAR DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO DA REGIÃO DO ALTO RIO GRANDE, MINAS GERAIS, BRASIL</b> .....	19
<b>Resumo</b> .....	19
<b>1. Introdução</b> .....	20
<b>2. Material e métodos</b> .....	21
<b>2.1. Coleta do Material Botânico</b> .....	21
<b>2.2. Confeção das lâminas</b> .....	21
<b>3. Resultados e discussão</b> .....	21
<b>3.1. Descrição anatômica das espécies</b> .....	21
<b>4. Conclusão</b> .....	36
<b>Agradecimentos</b> .....	36
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	36
<b>ARTIGO 2: ONTOGENIA DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO: INVESTIGANDO O DESENVOLVIMENTO DE ADAPTAÇÕES FOLIARES</b> .....	40
<b>Resumo</b> .....	40
<b>1. Introdução</b> .....	41
<b>2. Material e Métodos</b> .....	42
<b>2.1. Coleta do Material Botânico</b> .....	42
<b>2.2. Confeção das lâminas</b> .....	42
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	43
<b>3.1. <i>Baccharis dracunculifolia</i></b> .....	43
<b>3.2. <i>Chamaecrista incurvata</i></b> .....	45
<b>3.3. <i>Eremanthus incanus</i></b> .....	47
<b>3.4. <i>Miconia tristis</i></b> .....	49
<b>3.5. <i>Mimosa brevipes</i></b> .....	50
<b>3.6. <i>Vochysia thyrsoidea</i></b> .....	52
<b>4. Conclusão</b> .....	54
<b>Agradecimentos</b> .....	54
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	54

<b>ARTIGO 3: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO XILEMA SECUNDÁRIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO</b> .....	57
<b>Resumo</b> .....	57
<b>1. Introdução</b> .....	58
<b>2. Material e métodos</b> .....	59
<b>2.1. Coleta do material botânico</b> .....	59
<b>2.2. Confeção das lâminas</b> .....	59
<b>2.3. Análises Estatísticas</b> .....	60
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	60
<b>4. Conclusões</b> .....	65
<b>Agradecimentos</b> .....	65
<b>Referências bibliográficas</b> .....	65
<b>Considerações Finais</b> .....	68
<b>Indicadores de Impactos</b> .....	69

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1. Introdução geral

O cerrado brasileiro é o segundo maior domínio do Brasil, ocupa cerca de 21% de todo território nacional e é considerado a última fronteira agrícola do planeta (Klink; Machado, 2005, Borlaug, 2002). Apesar de sua riqueza de espécies, é o domínio mais ameaçado do Brasil, e dos 2,06 milhões de km quadrados, restam menos da metade. Por este motivo, o cerrado é considerado um hotspot de biodiversidade (Myers, et al. 2000). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, onde o período das chuvas ocorre de outubro a março, e o período seco, de abril a setembro. A média de precipitação anual é de 1500mm e a temperatura média varia de 22 a 27°C (Alvarez *et al.*, 2016).

Sua flora é característica. Além do clima, química e física do solo, a disponibilidade de água e nutrientes, geomorfologia e topografia, a distribuição da flora é condicionada pela latitude, frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, pastejo e inúmeros fatores antrópicos (Rizzini, 1979; Ribeiro; Walter, 2008). Além disso, há grande variedade de sistemas ecológicos, variados tipos de solos, clima, relevo e altitude, ocasionando uma combinação característica de condições climáticas e edáficas, originando uma vegetação com características xeromórficas (Velloso *et al.* 1991).

Entretanto, especialmente nos últimos anos, o cerrado vem enfrentando inúmeros desafios causados tanto por mudanças antrópicas locais, como em maior escala pelas mudanças climáticas globais. Cerca de 40-55% do cerrado foi convertido em plantações, pasto ou florestas plantadas, e da área restante apenas 8% estão protegidos por lei (Colli *et al.* 2020). Portanto, conhecer as plantas inseridas neste ambiente, sua estrutura e entender seus mecanismos de adaptação é de extrema importância.

O Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado no município de Lavras -MG, é uma propriedade particular e aberta ao público. Constitui a maior área verde do município, grande diversidade de espécies e vegetação nativa razoavelmente preservada e, portanto, de grande importância tanto para população local, como para cientistas e pesquisadores da região. compreende quatro principais tipos fisionômicos - floresta, cerrado, campo rupestre e campo de altitude (Oliveira-Filho; Fluminham-Filho, 2000). Ainda de acordo com os autores, as áreas de cerrados estão localizadas na porção mais baixa do parque, e possuem solos mais profundos e bem drenados.

Dentre as espécies presentes no Parque que foram utilizadas neste estudo, temos *Chamaecrista incurvata* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae). É uma espécie nativa do Brasil, de porte arbustivo e subarbustivo. Está inserida dentro de um dos gêneros de maior

diversidade, com cerca de 330 espécies (Lewis, 2005). Pode ser reconhecida devido a presença de folhas bifoliadas, flores amarelas actinomorfas e tricomas glandulares que secretam uma substância pegajosa (Irwin; Barneby, 1982).

*Baccharis dracunculifolia* DC. (Asteraceae) é uma espécie arbustiva nativa e não endêmica do Brasil. Pertence a um gênero diverso, com cerca de 442 espécies distribuídas por todo o continente americano (Heiden, 2020). Suas características mais marcantes são folhas não imbricadas, com margem denteada, nervação do tipo peninérvea e inflorescência do tipo capítulo (Reflora).

*Miconia tristis* Spring (Melastomataceae) é uma espécie nativa e não endêmica do Brasil, podendo apresentar porte arbustivo ou arbóreo. Pertence ao gênero mais representativo da Família Melastomataceae, com cerca de mil espécies distribuídas por toda América tropical e Andes (Souza; Marquete, 2000). As características mais marcantes desta espécie são folhas com a face abaxial com nervuras laterais livres, não unidas à nervura central por uma membrana. Inflorescências com porção apical, mas providas de ramos adicionais axilares.

*Mimosa brevipes* Benth. (Fabaceae) é uma espécie subarbustiva nativa e não endêmica do Brasil, presente em áreas de cerrado, nos estados de Goiás e Minas Gerais. O gênero *Mimosa* L. é o segundo maior da subfamília Mimosoideae, e conta com aproximadamente 540 espécies, predominantemente neotropicais (Barneby, 1991; Simon *et al.* 2011). As características mais marcantes desta espécie são a presença de folhas bipinadas pecioladas e inflorescências cilíndricas.

*Eremanthus incanus* (Less.) Less (Asteraceae) é uma espécie de porte arbóreo, nativa e endêmica do Brasil. Pertence à família Asteraceae, que possui cerca de 25000 espécies cosmopolitas, podendo ser encontradas em regiões tropicais, subtropicais e temperadas (Lorenzi, Matos, 2002). Suas características marcantes incluem a presença de troncos de casca grossa e galhos mais novos com casca menos rústicas; folhas de dupla coloração, verde na face adaxial e branca na face abaxial, e inflorescências localizadas nas extremidades dos ramos.

*Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae) é uma espécie de porte arbóreo, nativa e não endêmica do Brasil. Pertence a um gênero bastante comum no cerrado, que possui distribuição neotropical, com presença em uma área contínua da América Central e América do Sul (Vianna, 1980; Shimizu *et al.* 2024).

Dentre as características foliares que permitem às plantas se adaptarem neste domínio, alguns exemplos são a presença de tricomas e cutícula espessa, que são características de ambientes em que há déficit hídrico, e auxiliam a planta evitar perda excessiva de água por evapotranspiração (Gonçalves-Silva; Almeida; Souza, 2019). Outras características comuns em

plantas de cerrado é a presença de drusas, que atuam como proteção contra predadores (Santos *et al.* 2016), o mesofilo compacto e epiderme multisseriada, bem como a presença de hipoderme, que podem auxiliar na proteção do artefato fotossintético, entre outras características.

Além da folha, estruturas do xilema também podem se modificar para se adaptar ao ambiente em que estas plantas estão inseridas. Em geral, indivíduos presentes em áreas com menor disponibilidade hídrica possuem elementos de vaso de menor diâmetro e maior densidade por  $\text{mm}^2$ , como uma forma de garantir o fluxo de água (Carlquist, 1985; Baas, Werker, Fahn, 1983; Sonsin, 2012). Entretanto, essas modificações dependem do porte e de características de cada espécie.

Com base nas informações acima e entendendo todo o contexto atual acerca da situação do cerrado e o fato de as espécies inseridas neste ambiente ainda serem pouco estudadas, especial seu desenvolvimento, bem como a sua estrutura interna, e que estes fatos auxiliam a entender as estratégias de adaptação das espécies, bem como traçar planos para conservação tanto do cerrado como das espécies independentemente, bem como a realização de estudos futuros que visam entender ou prever o comportamento destas espécies face às mudanças climáticas, os objetivos deste trabalho foram a realização de um estudo completo de seis espécies pertencentes a famílias representativas do cerrado.

O primeiro artigo visou um estudo das características anatômicas destas espécies, relacionando suas estruturas a características às características típicas famílias a que se encaixam, bem como destacando estruturas comuns em plantas de cerrado, buscando entender as adaptações das espécies estudadas ao ambiente em que se inserem. O segundo artigo teve como objetivo o estudo da ontogenia destas espécies, buscando entender como se deu seu desenvolvimento, e as estratégias de adaptação desde o início. E por fim, no terceiro artigo, objetivou-se estudar o xilema dos caules destas espécies, a fim de entender sua estrutura, o funcionamento e estratégias da planta para sobreviver em um ambiente onde há déficit hídrico.

### Referências Bibliográficas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. D.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Z.** v. 22, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BAAS, P.; WERKER, E. E; FAHN, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin** new series 4: 141-159.
- BARNEBY, R. C. Sensitivae censitae: a description of the genus *Mimosa* Linnaeus (Mimosaceae) in the new world. **Memoirs of the New York Botanical Garden.** v. 65, p. 1-835, 1991
- BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (ed.). Global warming and other eco-myths. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA, pp. 29-60, 2002.
- CARLQUIST, S. Observations on functional wood histology of vines and lianas: vessel dimorphism, tracheids, vasicentric tracheids, narrow vessels, and parenchyma. **Aliso** **11**: 139-157, 1985.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation.** v.29, p. 1465-1475, 2020.
- GONÇALES-SILVA, R.; ALMEIDA, O. J. G.; SOUZA, L. A. Leaf structural characters of *Leandra* and *Miconia* (Miconiae: Melastomataceae): taxonomical and ecological significance. **Bol. Mus. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 14, n. 3, p. 425-437, set.-dez. 2019
- HEIDEN, G. *Baccharis* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5172>>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- IRWIN, H. S.; BARNEBY, R. C. The American Cassinae: A synoptical revisio of Leguminosae tribe Cassiedae subtribe Cassinae in the New World. **Memoirs of the New York Botanical Garden.** v. 35, p. 1-918.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 147-155, 2005.
- LEWIS, G. Tribe Cassidae. In: Lewis, G; SchrireB; Mackinder, B; Lock, M. (eds.) **Legumumes of the World.** Kew, Royal Botanic Gardens, p. 111-161, 2005.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, Plantarum, 2002

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**. n. 5, v. 2, p. 50-63, 2000.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In.: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC/ EDUSP, v.3, 374p, 1979.

SANTOS, M. S.; SOUZA, L. S.; COSTA, C. A. S.; GOMES, F. P.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. C. Effects of water deficit on morphophysiology, productivity and chemical composition of *Ocimum africanum* Lour (Lamiaceae). **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 11, n. 21, p. 1924-1934, may 2016

SHIMIZU, G. H.; SOUZA, L. F.; GONÇALVES, D. J. P.; FRANÇA, F. *Vochysiaceae* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15321>>. Acesso em: 06 abr. 2024

SIMON, M. F.; GREYER, R.; DE QUEIROZ, L. P.; SARKINEN, T. E.; DUTRA, V. F.; HUGHES, C. E. The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): Toward a phylogeny of the sensitive plants. **American Journal of Botany**. n. 98, v. 7, p. 1201-1221, 2011.

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 adjacente gallery forest). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 170, p. 257-276, 2012

SOUZA, R. C. O. S. D.; MARQUETE, O. *Miconia tristis* Spring e *Miconia dorianae* Cogn. (Melastomataceae): anatomia do eixo vegetativo e folhas. **Rodriguésia**, v. 51, p. 133-142, 2000.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124 p, 1991.

VIANNA, M.C. O gênero *Vochysia* Aubl. (Vochysiaceae) no Estado do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 55, p. 237-326, 1980



## **SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

# ARTIGO 1: ANATOMIA FOLIAR DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO DA REGIÃO DO ALTO RIO GRANDE, MINAS GERAIS, BRASIL

## Resumo

Os cerrados são o domínio de maior extensão na América Latina. Devido a sua alta diversidade e alta taxa de devastação é considerado um hotspot de biodiversidade. Apesar disso, sua riqueza ainda é muito subestimada, fazendo-se necessária a realização de estudos botânicos, em especial, relacionados a anatomia, uma vez que estes estudos estão cada vez mais escassos. Com base nas informações acima, o objetivo deste trabalho foi estudar as características anatômicas de cinco espécies nativas pertencentes a famílias representativas no cerrado: *Chamaecrista incurvata* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae), *Baccharis dracunculifolia* D.C (Asteraceae) *Eremanthus glomerulatus* (Less.) Less. (Asteraceae), *Miconia tristis* Spring (Melastomataceae), *Mimosa brevipes* Benth. (Fabaceae) e *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae). Este estudo visa a contribuição com trabalhos futuros relacionados à ecologia, farmacologia e medicina popular, além de aprimorar o conhecimento e conservação da flora do cerrado. As espécies apresentam padrão anatômico semelhante ao descrito para suas respectivas Famílias, além disso apresentam características típicas de plantas presentes neste ambiente, como a cutícula espessa, mesofilo dorsiventral, presença de fibras e tricomas.

**Palavras-chave:** Savana, arquitetura foliar, plantas medicinais

## 1. Introdução

Os cerrados são o domínio de segunda maior extensão na América Latina, ficando atrás somente da Amazônia (Alvares *et al.*, 2013), ocupando cerca de 21% do território nacional (Santos, *et al.*, 2020). Entretanto, grande parte foi transformada em pasto, plantações de grãos ou devastado para outros usos (Barbosa, 2017), restando apenas 8,3% de áreas completamente protegidas. Este número ainda cai para 6,5% quando consideramos apenas a fração coberta por vegetação nativa (Colli *et al.*, 2020). Devido ao fato de o cerrado possuir elevada biodiversidade e ser um domínio com alta taxa de devastação, é considerado um dos hotspots mundiais de biodiversidade (Klink; Machado, 2005).

Além disso, o cerrado é um dos domínios que mais sofreram grande degradação em sua vegetação natural recentemente, concentrando o maior número de focos de incêndio nas duas últimas décadas (Gollnow; Lakes, 2014; Silva Júnior *et al.*, 2020), e principalmente desde 2016, com um alarmante aumento do desmatamento e rápida criação de fragmentos e a eliminação de corredores de floresta (Montibeller *et al.*, 2020). Historicamente, há menos atenção para a importância de se preservar ecossistemas não-florestais, apesar de a perda da biodiversidade estar ocorrendo mais rapidamente nestes locais (Overbeck *et al.*, 2015; Veldman *et al.*, 2015). A sua riqueza de biodiversidade ainda é muito subestimada, e o cerrado ainda não é, junto a caatinga, reconhecido pela Constituição Brasileira como Patrimônio Nacional.

Estudos em anatomia são importantes e possuem várias aplicações nas mais diversas áreas da botânica, dentre elas a fisiologia e a ecologia, pois fornecem uma excelente ferramenta para investigação de aspectos históricos destas disciplinas, incluindo os estudos relacionados às mudanças climáticas (Sokoloff; Jura-Morawiec; Loric, 2021). Porém, estes trabalhos estão cada vez mais escassos, sendo a grande maioria de estudos de plantas de cerrado de natureza florística, fitossociológica e ecologia, e, apesar de sua vasta diversidade, ainda há poucos estudos relacionados a descrição da anatomia foliar, do pecíolo e caule (Bieras; Sajo, 2009). Estas informações reforçam ainda mais a necessidade de estudos anatômicos das plantas de cerrado.

Com base nas informações acima, o objetivo deste trabalho é estudar as características anatômicas de seis espécies nativas pertencentes a famílias representativas no cerrado: *Chamaecrista incurvata* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae), *Baccharis dracunculifolia* DC. (Asteraceae), espécie de porte arbustivo; *Miconia tristis* Spring (Melastomataceae), *Mimosa brevipes* Benth. (Fabaceae), de porte arbustivo; e *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) e *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae), de porte arbóreo. Estes estudos

visam contribuir com trabalhos futuros relacionados à ecologia, farmacologia e medicina popular, bem como aprimorar o conhecimento e conservação da flora do cerrado.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Coleta do Material Botânico**

As coletas foram realizadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado no Município de Lavras, Minas Gerais, Brasil. O clima é classificado como Aw na classificação de Köeppen, com invernos secos e precipitação anual entre 1300-2300mm (Alvares *et al.*, 2013). Foram obtidas folhas completamente expandidas e livre de patógenos e herbívoros e fixadas em etanol 70% (Jensen, 1962). No caso de folhas padronizou-se a utilização do terceiro folíolo.

### **2.2. Confeção das lâminas**

As lâminas foram confeccionadas no laboratório de Anatomia Vegetal, do Instituto de Ciências Naturais, da Universidade Federal de Lavras. As secções anatômicas foram feitas à mão livre com o auxílio da lâmina de aço. Para o estudo da epiderme, foram realizadas secções paradérmicas, e posteriormente montadas em lâminas semipermanentes em glicerol a 50% em água, utilizando como corante a solução aquosa de safranina a 1% (v:v) (Johansen, 1940).

Para os estudos da lâmina foliar e pecíolo, foram obtidas secções transversais, montadas em lâminas semipermanentes em glicerol a 50% em água, utilizando como corante azul de alcian e safranina (Luque *et al.*, 1996) e vedadas com esmalte incolor. As fotomicrografias foram realizadas em microscópio de luz Nikon, modelo Eclipse E100, acoplado com câmera de captura Infinity.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1. Descrição anatômica das espécies**

Tabela 1: Características anatômicas das espécies estudadas

<b>Espécie</b>	<b>Presença de estômatos</b>	<b>Tipo de estômatos</b>	<b>Camadas da epiderme</b>	<b>Tricomas</b>	<b>Hipoderme</b>	<b>Drusas</b>	<b>Tipo de mesofilo</b>	<b>Tipo de Feixe vascular</b>
<i>C. incruvata</i>	Anfiestomática	Paracítico	Unisseriada	Presente	Ausente	Ausente	Dorsiventral	Colateral
<i>B. dracunculifolia</i>	Anfiestomática	Anisocítico	Unisseriada	Presente	Ausente	Ausente	Isobilateral	Colateral
<i>E. incanus</i>	-	-	Unisseriada	Presente	Ausente	Presente	Dorsiventral	Colateral
<i>M. tristes</i>	Hipoestomática	Polocítico	Unisseriada	Ausente	Ausente	Presente	Dorsiventral	Bicolateral
<i>M. brevites</i>	Anfiestomática	Paracítico	Unisseriada	Ausente	Ausente	Ausente	Isobilateral	Colateral
<i>V. thyrsoides</i>	Hipoestomática	Anomocítico	Multisseriada	Presente	Ausente	Presente	Dorsiventral	Bicolateral

### 3.1.1. *Chamaecrista incurvata*

#### 3.1.1.1. Foliolos

A epiderme é unisseriada e anfiestomática (tab. 1). Ambas as faces apresentam estômatos do tipo paracítico laterocíclico, presentes nas regiões entre nervuras, bem como nas nervuras (fig. 1). De acordo com Metcalfe e Chalke (1950), este tipo de estômato é típico de espécies da subfamília Caesalpinoideae. A epiderme anfiestomática é observada em espécies de *Chamaecrista* presentes em áreas abertas e com alta luminosidade (Coutinho *et al.*, 2016). As paredes anticlinais das células epidérmicas comuns não possuem sinuosidades, e não possui papilas, característica típica do gênero. Em secção transversal, as células possuem formato poligonal de contorno arredondado e cutícula espessa. É possível observar ainda que ambas as faces da epiderme são bem semelhantes, porém as células e estômatos da face abaxial são visivelmente menores (fig. 1a). Observa-se a presença de tricomas uni e multisseriados, este último, principalmente próximos da nervura. De acordo com Francino, *et al.* (2015), a presença de tricomas tectores e secretores de morfologia variada é comum no gênero. Estas estruturas podem variar também em sua ontogenia e, no caso dos tricomas secretores, a substância e o processo secretório são diversos (Meira; Francino; Ascensão, 2014).

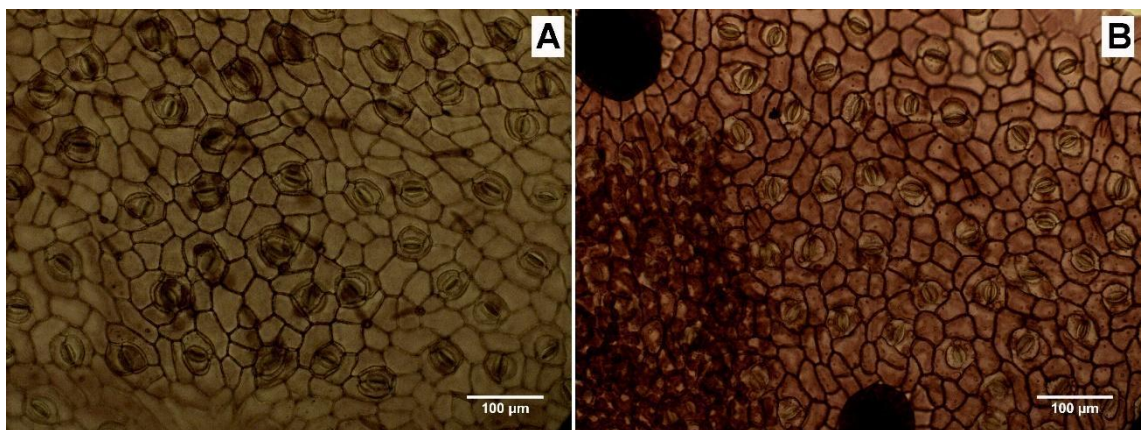


Figura 1: Epiderme abaxial (A) e adaxial (B) de *Chamaecrista incurvata*.

O mesofilo é do tipo dorsiventral (fig. 2c), característica observada em outras espécies do gênero (Metcalfe; Chalke, 1950; Rezende *et al.*, 1994; Coutinho *et al.*, 2016). Neste estudo, a amostragem ocorreu em ambiente com alta incidência de luminosidade, onde o mesofilo dorsiventral e a presença de tricomas desempenham importante papel adaptativo (Francino *et al.*, 2006). O parênquima paliçádico apresenta de uma a duas camadas e o esponjoso de cinco a sete camadas arranjadas de forma compacta (fig. 2c). A nervura central possui camada de

parênquima paliçádico abaixo da epiderme. O feixe vascular é do tipo colateral aberto com calotas de fibras circundando os tecidos vasculares. O xilema é pouco desenvolvido e está envolto abaxialmente por camadas de células de floema, formando um arco aberto (fig. 2b), característica típica de espécies do gênero (Metcalf; Chalke, 1950; Rezende *et al.*, 1994; Coutinho *et al.*, 2016). Na face abaxial, é possível observar a presença de células de parênquima fundamental. No bordo foliar, as células da epiderme são menores e mais arredondadas, cutícula ainda mais espessa e observa-se a presença de tricomas unicelulares. Os parênquimas paliçádico e esponjoso dão lugar a células de parênquima fundamental, com formato isodiamétrico, com idioblastos no mesofilo (fig. 2d).

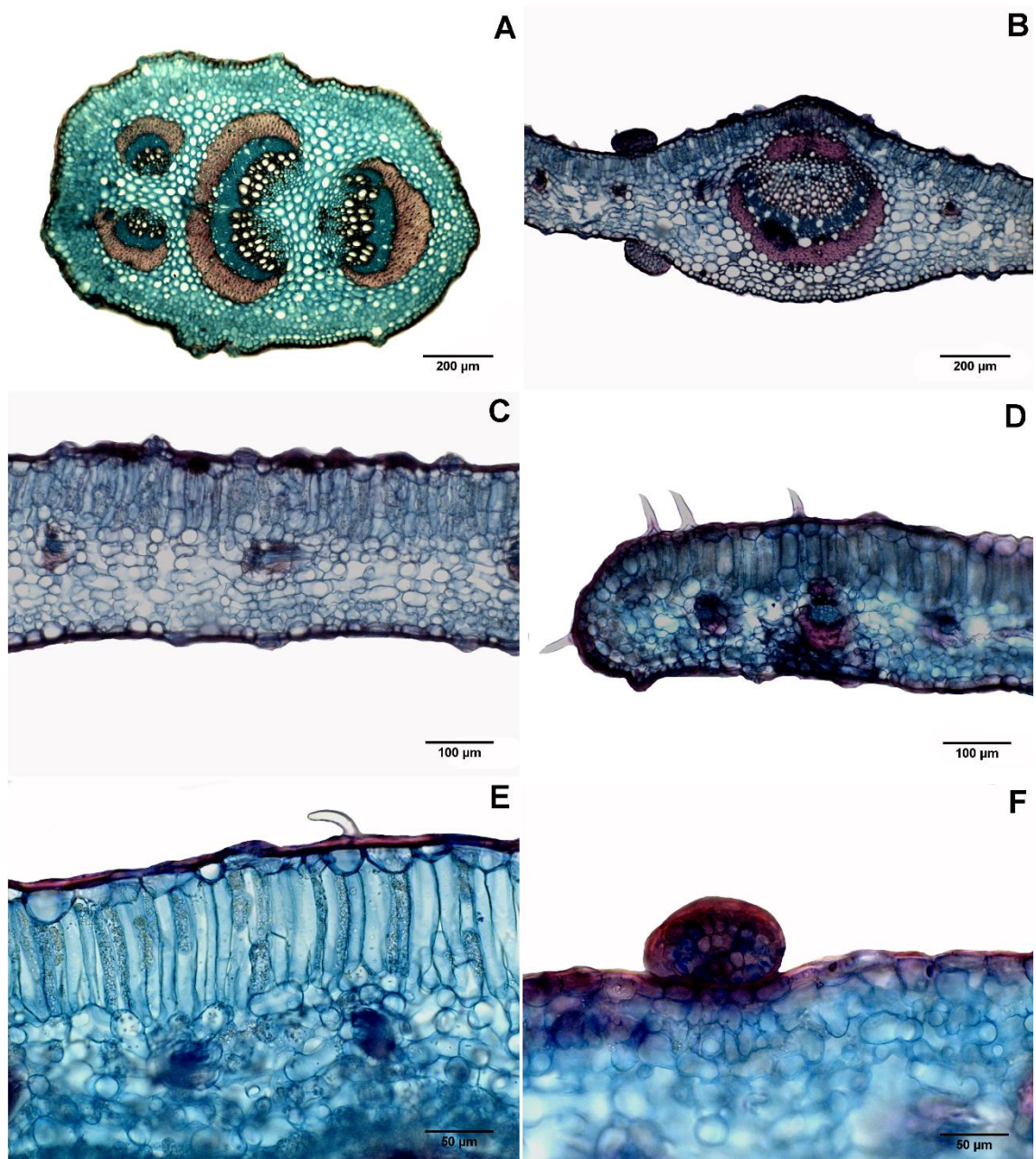


Figura 2: Secção foliar de *Chamaecrista incurvata* (A); corte transversal da nervura central (B), mesofilo (C) e bordo foliar de *Chamaecrista incurvata* (D); detalhe de tricoma unicelular (E) e pluricelular (F).

### 3.1.1.2. Pecíolo

O pecíolo de *Chamaecrista* possui formato oval, número e posições variáveis de feixes vasculares (fig. 2a). A epiderme é unisseriada, com estômatos em nível acima das demais células epidérmicas. É possível observar ainda, a presença de células secretoras ao longo da epiderme. O pecíolo é do tipo sifonostelo, ou seja, possui medula circundada pelo feixe vascular, que possui cinco a seis camadas de células parenquimáticas de formato isodiamétrico e em alguns lugares possui formato mais alongado. Há, ainda, a presença de calotas de fibras associadas ao floema, bem como tricomas uni e pluricelulares (fig. 2 e 2f). Metcalfe e Chalke (1950) observaram a presença de tricomas que secretam uma substância pegajosa no gênero. Além disso, a presença de nectários extraflorais é comum na subfamília Caesalpinoideae (Cowan, 1981).

### 3.1.2. *Baccharis dracunculifolia*

A folha é séssil, ou seja, não possui pecíolo. Sua epiderme é anfiestomática, com estômatos anisocíticos, mais numerosos na face abaxial (tab. 1). Freire *et al.* (2007), ao estudar 38 espécies de *Baccharis*, observaram grande variedade de estômatos e epiderme anfiestomática. Em ambas as faces as células epidérmicas apresentam sinuosidades, porém elas são mais evidentes na face abaxial. Em corte transversal observa-se que a epiderme é unisseriada e ambas as faces são similares, com células de formato tabular e camada bem delgada de cutícula. Observa-se, na face adaxial, a presença de tricomas pluricelulares que ficam abaixo do nível da epiderme. O mesofilo é isobilateral, com células de parênquima paliçádico pouco alongadas e parênquima esponjoso bem compacto, formando poucos espaços intercelulares (fig. 3a). A nervura central é côncava adaxialmente, a epiderme possui células menores e mais espessas quando comparadas às células epidérmicas do limbo foliar. Abaixo da epiderme, há duas camadas de células de colênquima na região adaxial, seguida por células de parênquima, com células de formato isodiamétrico e parede celular mais espessa (fig. 3b). Na região central é possível observar um feixe do tipo colateral, com xilema e floema revestidos externamente por calota de fibras, característica muito comum para as espécies do gênero (Jasinsky *et al.*, 2014; Rodriguez *et al.*, 2008). O bordo foliar é levemente encurvado na face abaxial, sem modificações na epiderme e células semelhantes às células do parênquima paliçádico do mesofilo, alongadas pequenas.

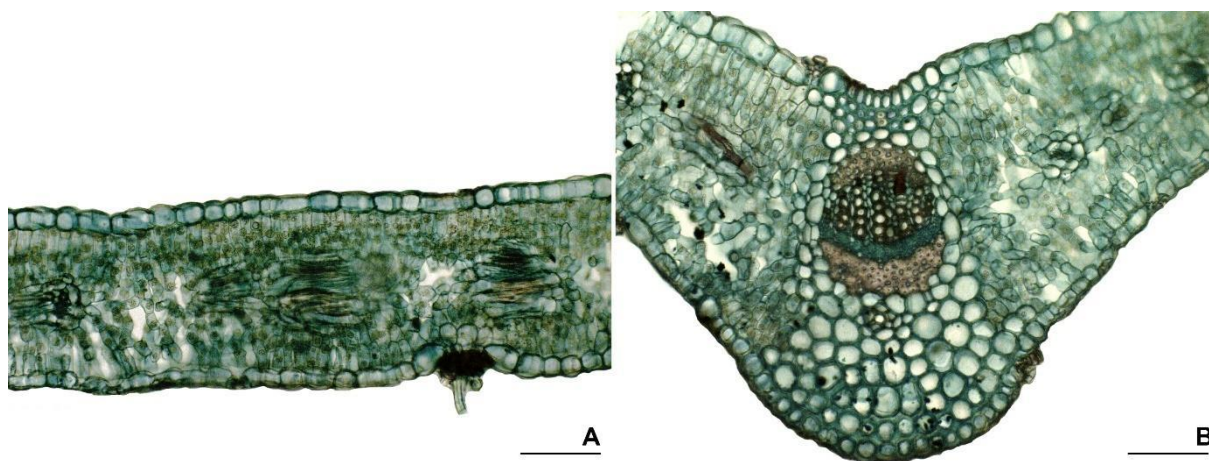


Figura 3: Secção foliar de *B. dracunculifolia* (A); secção transversal do mesofilo e (B), nervura central. (Escala: 100µm)

### 3.1.3. *Eremanthus incanus*

#### 3.1.3.1. Folha

Em corte transversal observa-se epiderme unisseriada, com células epidérmicas alongadas, tendendo ao formato poliédrico (tab. 1). A epiderme abaxial possui células epidérmicas menores, quando comparadas às células da face adaxial e mais arredondadas. Dutra, *et al.* (2010) ao estudar a anatomia foliar de *Eremanthus erythropappus* observaram que a epiderme é anfiestomática, com pequeno número de estômatos adaxiais, do tipo anomocítico e alguns anisocíticos, dispostos no mesmo nível que as células epidérmicas. Tais observações não puderam ser visualizadas na espécie deste trabalho, pois a epiderme possui grande quantidade de tricomas que dificultam a realização de técnicas de visualização. Estas estruturas são visualizadas em grande quantidade em ambas as faces da epiderme, porém são maiores e mais numerosas na face abaxial.

A presença de tricomas tectores na superfície foliar criam um microclima úmido, resultando na redução da perda de água por evapotranspiração, e reflete a radiação solar, evitando o superaquecimento do aparato fotossintético (Santos, *et al.*, 2016). Além disso, os tricomas podem proteger as folhas contra a herbivoria, uma vez que atuam como uma espécie de linha de frente na defesa contra ataques de insetos fitófagos (Sato; Kudoh, 2017; Kariyat, *et al.*, 2017).

O mesofilo é dorsiventral com uma a duas camadas de parênquima paliçádico e três a quatro camadas de parênquima esponjoso, dispostas de forma compacta, com fibras ao longo do mesofilo (Fig 4c). Na região da nervura central, as células epidérmicas são menores e possuem formato mais arredondado. Abaixo da epiderme observa-se células de parênquima de formato isodiamétrico e fibras ao longo do córtex. Na região mais central, há a presença de três

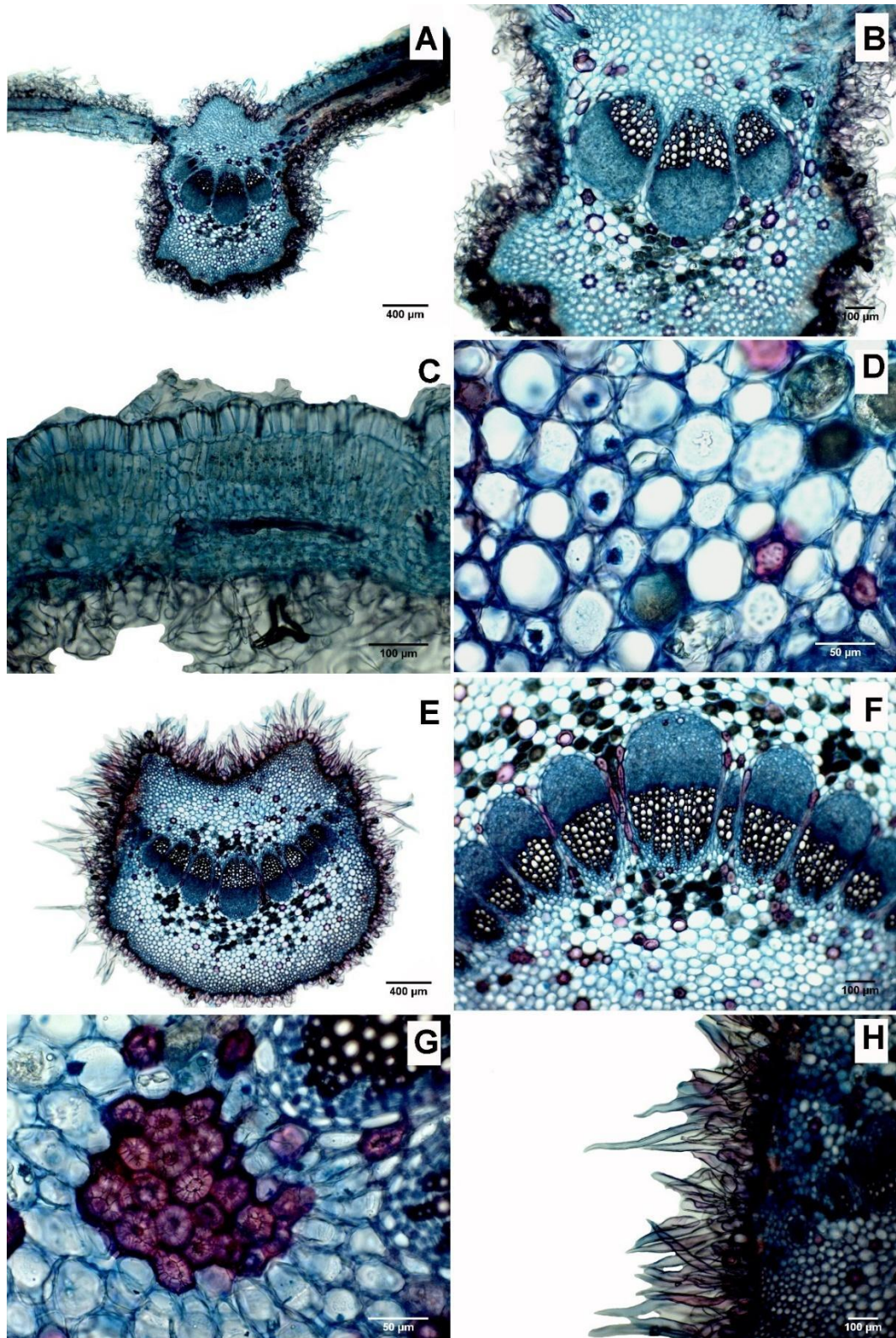


Figura 4: Secção transversal da folha de *Eremanthus incanus* (A); detalhe da nervura central (B), corte transversal do mesofilo de *E. incanus*; (C); detalhe os idioblastos, contendo drusas presentes na folha e pecíolo de *E. incanus* (D); corte transversal do pecíolo de *E. erythropapus* (E); detalhe do feixe vascular de *E. incanus* (G); detalhe das fibras presentes na nervura central e pecíolo de *E. incanus* (H); detalhe dos numerosos tricomas presentes no pecíolo de *E. incanus* (I).

feixes vasculares maiores e dois menores mais periféricos, todos colaterais (fig.4b). Dutra *et al.* (2010) encontrou padrão semelhante para *E. erythropapus*. No bordo da folha as células epidérmicas continuam alongadas na face adaxial e vão se tornando mais arredondadas à medida que se aproximam da face adaxial. Há muitos tricomas nesta região.

### **3.1.3.2. Pecíolo**

A epiderme do pecíolo possui células mais arredondadas e pequenas, com bastante tricomas (fig 4h). Na região cortical, observam-se quatro a cinco camadas de colênquima anelar, e parênquima cortical com células de formato isodiamétrico, fibras e drusas ao longo do córtex (fig. 4 d e g). A nervura possui numerosos feixes vasculares colaterais, maiores na região mais central e menores na região mais periférica, com fibras entre os feixes (fig. 4f).

### **3.1.4. *Miconia tristis***

#### **3.1.4.1. Folha**

Quando vista em corte paradérmico, a epiderme é hipoestomática, com estômatos polocíticos (Reis; Bieras; Sajo, 2005) (fig. 5). De acordo com Metcalfe e Chalke (1950), dentro da família Melastomataceae, os estômatos são muito variáveis em tamanho, podendo ou não ser encontrados nas duas faces, e quando ocorre nas duas faces, são maiores na superfície adaxial. A face adaxial possui células epidérmicas com parede celular sem sinuosidades (fig. 5b), enquanto na face abaxial a parede celular das células é levemente sinuosa (fig. 5a). Em secção transversal observa-se epiderme unisseriada, com células de formato poligonal e espessa camada de cutícula. Autores que estudaram o gênero (Reis; Bieras; Sajo, 2005; Gonçalves-Silva; Almeida; Souza, 2019; Oliveira, *et al.*, 2007; Baumgratz; Ferreira, 1980; 1984) encontraram resultados semelhantes quanto a epiderme.

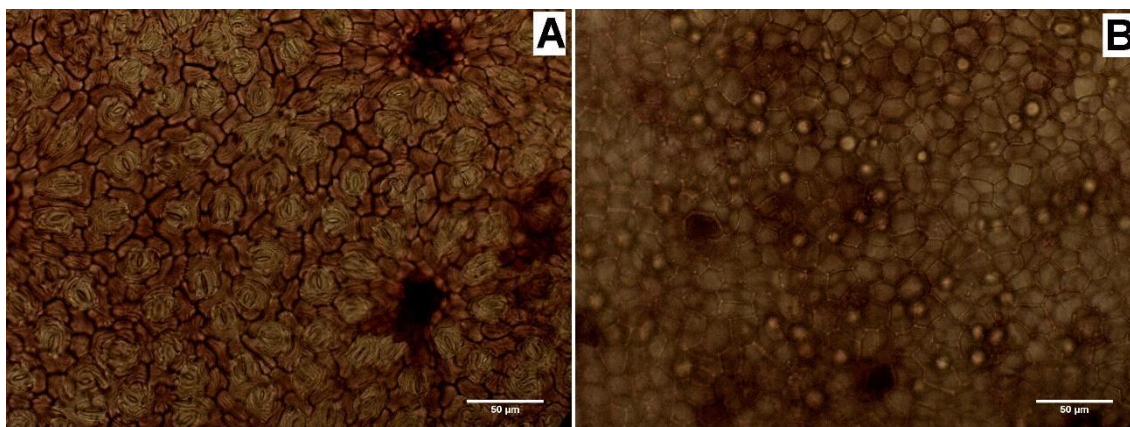


Figura 5: Epiderme foliar de *Miconia tristis*, faces abaxial (A) e adaxial (B).

O mesofilo é do tipo dorsiventral, com uma camada de parênquima paliçádico ou duas em alguns pontos, e três a cinco camadas de parênquima esponjoso dispostas de forma compacta (fig. 6c), com idioblato contendo drusas ao longo do mesofilo. A presença de drusas no mesofilo pode atuar na concentração de luz que incide sobre as folhas, beneficiando as células do parênquima clorofiliano em plantas localizadas no interior de matas, onde a incidência de luz é menor. Além disso, pode fornecer suporte mecânico para os tecidos foliares e/ou proteger a planta contra a herbivoria (Metcalf; Chalke, 1950).

A região da nervura central é sulcada adaxialmente e convexa abaxialmente e as células epidérmicas são mais alongadas. Abaixo da epiderme, na região adaxial há algumas camadas de fibras, enquanto na face adaxial observa-se duas a três camadas de colênquima, em seguida, camadas de células parenquimáticas de formato isodiamétrico, com presença de fibras e células secretoras (fig. 6b). Nesta região observa-se um feixe maior bicolateral e outros dois feixes menores invertidos em seu interior e algumas células de parênquima na medula (fig. 6b). Reis, Bieras e Sajo (2005) encontraram resultados semelhantes ao estudar espécies de Melastomataceae do estado de São Paulo. O bordo foliar é levemente encurvado abaxialmente, e as células de parênquima paliçádico tem um comprimento menor a medida em que se aproximam do bordo, até que haja células de parênquima em formato isodiamétrico. As células da epiderme são menores quando comparadas com às células epidérmicas do limbo foliar (fig 6.d).

Algumas características, como camada de cutícula espessa, alta densidade de tricomas e mesofilo compacto são denominadas xeromórficas. Estas características também foram observadas por Gonçalves-Silva; Almeida e Souza (2019) ao estudar espécies de *Miconia*. Os autores observaram alta diversidade de estratégias de adaptação para sobrevivência em ambientes onde há déficit hídrico, e concluíram ser provável que as espécies deste gênero serem

adaptadas à seca, uma vez que estas plantas sejam capazes de reduzir ou compensar a perda de água.

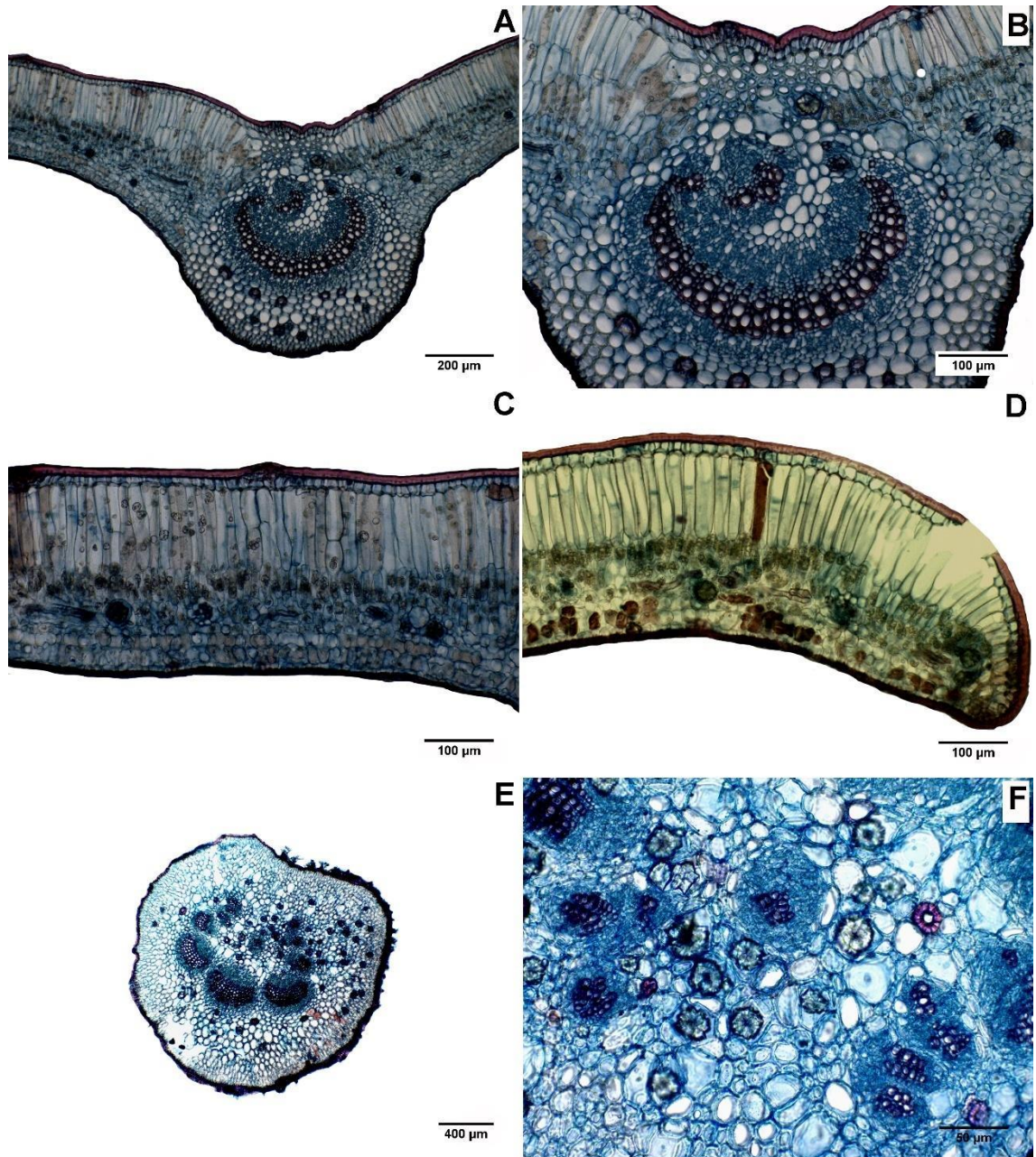


Figura 6: Secção transversal da folha de *Miconia tristis* (A); detalhe da nervura central (B); mesófilo (C) e bordo foliar de *Miconia tristis* (D); corte transversal do pecíolo de *Miconia tristis* (E); detalhe das fibras presentes no pecíolo (F).

### 3.1.4.2. Pecíolo

A epiderme do pecíolo é unisseriada, com células epidérmicas arredondadas, com presença de tricomas e espessa camada de cutícula. A região cortical é formada por células de

parênquima, com células isodiamétricas e alongadas em alguns pontos. Observa-se a presença de fibras e idioblastos ao longo do córtex (fig.6f). Na região central observa-se a presença de três feixes principais bicolaterais e vários feixes de menor tamanho (fig. 6e). Gonçalves-Silva, Almeida e Souza (2019) encontraram observações semelhantes para o gênero.

### 3.1.5. *Mimosa brevipes*

#### 3.1.5.1. Folíolo

A epiderme é anfiestomática, ambas as faces são semelhantes, com estômatos do tipo paracítico e com parede celular anticlinal sem sinuosidades (fig. 7). Begum e Borthakur (2013) encontraram resultados semelhantes. Entretanto, a anatomia da epiderme de *Mimosa* é bastante diversa. (Grohar; Rosenfeldt; Morales, 2022). São observados, dentro do gênero, outros tipos de estômatos além do paracítico, além disso, o formato das células epidérmicas também pode variar (Payne, 1970; Edeoga, *et al.* 2008; Begum; Borthakur, 2013; Montañó-Arias *et al.* 2018). Não foram observados tricomas. Em corte transversal observa-se epiderme unisseriada com células de formato arredondado e uma camada delgada de cutícula.

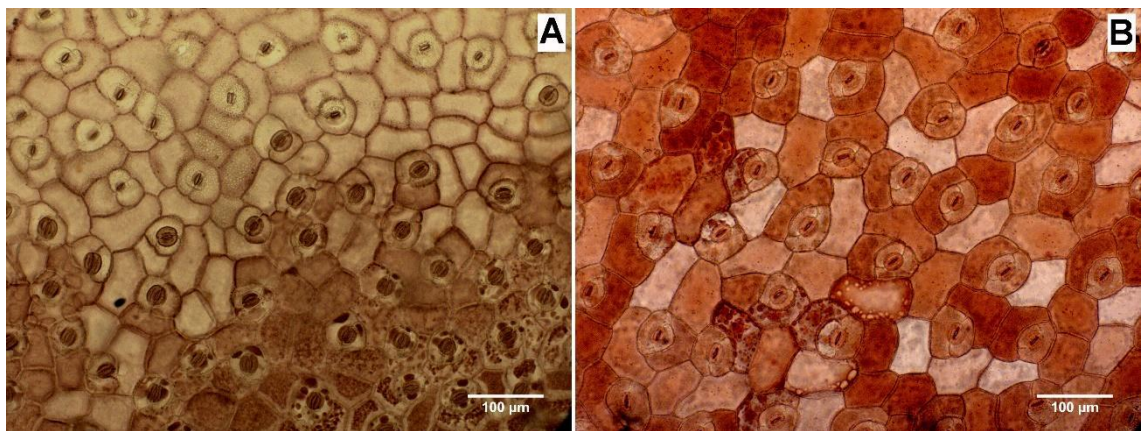


Figura 7: Epiderme foliar de *Mimosa brevipes*, evidenciando as faces abaxial (A) e adaxial (B).

O mesofilo é do tipo isobilateral, com uma a duas camadas de parênquima paliçádico na porção adaxial, seguida por duas a três camadas de parênquima esponjoso dispostas de forma compacta e uma camada de parênquima paliçádico na porção abaxial, podendo ser ausente em alguns pontos ao longo do mesofilo (fig. 8b). No entanto, o mesofilo varia de acordo com tamanho e formato dos folíolos (Metcalf; Chalke, 1950). A nervura central possui camada de parênquima paliçádico apenas na porção adaxial e parênquima fundamental presente na porção abaxial. O feixe vascular é do tipo colateral, com xilema pouco desenvolvido e calotas de fibras ao redor do feixe (fig. 8a). O bordo foliar possui células epidérmicas menores quando

comparadas às células epidérmicas do limbo foliar e a parede celular é mais espessa. Os parênquimas paliçádico e esponjoso dão lugar a fibras de parede celular bem espessa (fig. 8c).

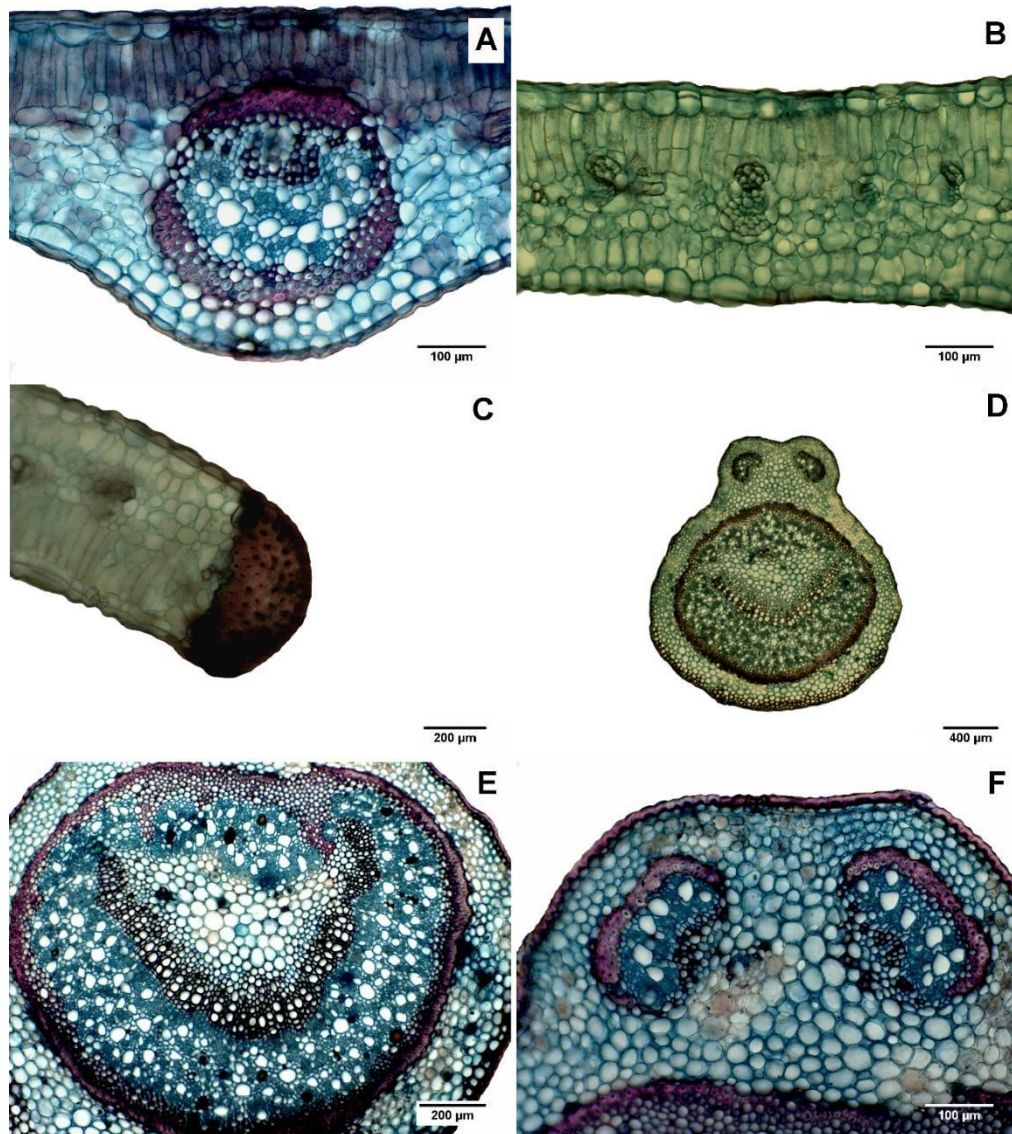


Figura 8: Secção transversal da folha de *Mimosa brevipes*, evidenciando nervura central (A), mesófilo (B) e bordo foliar (C); corte transversal do pecíolo de *Mimosa brevipes* (D), detalhes do feixe vascular principal (E) e dos feixes acessórios, denominados asas (F).

### 3.1.5.2. Pecíolo

O pecíolo de *Mimosa* apresenta formato esférico, com uma projeção na porção adaxial, denominada asa. A epiderme do pecíolo é unisseriada, com células epidérmicas achatadas e cutícula bem espessa (fig. 8d). Abaixo da epiderme, na porção adaxial, há a presença de células com parede lignificada. A região cortical apresenta células parenquimáticas de formato isodiamétrico. Quanto aos feixes vasculares, é possível observar dois feixes acessórios colaterais presentes na asa do pecíolo, com xilema pouco desenvolvido e calotas de fibras

associadas ao floema (fig. 8f). Observa-se ainda, um feixe colateral côncavo maior do lado adaxial e outro menor na porção abaxial, com apenas floema. Ambos os feixes são circundados por uma calota de fibras. Há a presença de células secretoras no floema e no parênquima medular (fig 8e). Não foi observado a presença de tricomas.

### 3.1.6. *Vochysia thyrsoidea*

#### 3.1.6.1. Folha

A epiderme é hipoestomática, com presença de tricomas não glandulares. A face adaxial possui células epidérmicas pequenas, com parede celular sem sinuosidades e não possui estômatos (fig. 9b). A face abaxial é unisseriada, com células epidérmicas menores quando comparadas às células da face adaxial e parede celular sem sinuosidades (fig. 9a). Apresenta numerosos estômatos bem pequenos, anomocíticos presentes apenas nas regiões internervurais. Em secção transversal, a epiderme adaxial é multisseriada, com células de formato quadrangular e cutícula espessa. Abaixo da epiderme, nota-se a presença de 1-2 camadas de hipoderme (Sajo; Rudall, 2002), com células de formato retangular e maiores que as células epidérmicas. A camada de cutícula que reveste estas células da epiderme abaxial é mais delgada em relação à face adaxial.

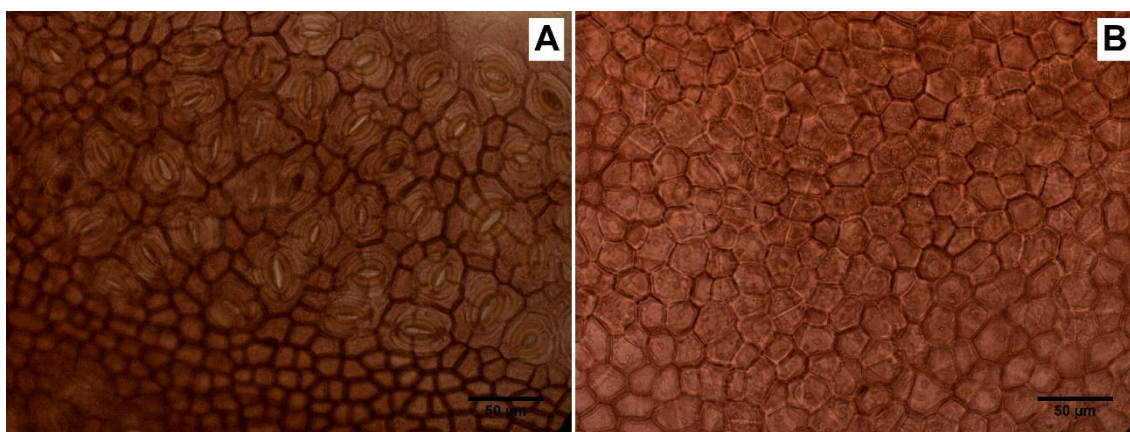


Figura 9: Epiderme foliar de *Vochysia thyrsoidea*, evidenciando as faces abaxial (A) e adaxial (B).

O mesofilo é do tipo dorsiventral, com 3-5 camadas de parênquima paliçádico. As células deste tecido são mais alongadas e a camada mais interna possui formato irregular e estão mais integradas ao parênquima esponjoso (Sajo; Rudall, 2002). Este possui de sete a nove camadas. Paula e Alves (1978) explicam que o parênquima esponjoso é atípico, pois as células possuem parede celular delgada e possuem um formato cúbico e estão intimamente justapostas. É possível observar ainda a presença de drusas e fibras ao longo do mesofilo (fig. 10c e d). O

bordo foliar possui células epidérmicas mais alongadas e as células de parênquima paliçádico e esponjoso dão lugar ao parênquima fundamental, com células mais alongadas (fig. 10e).

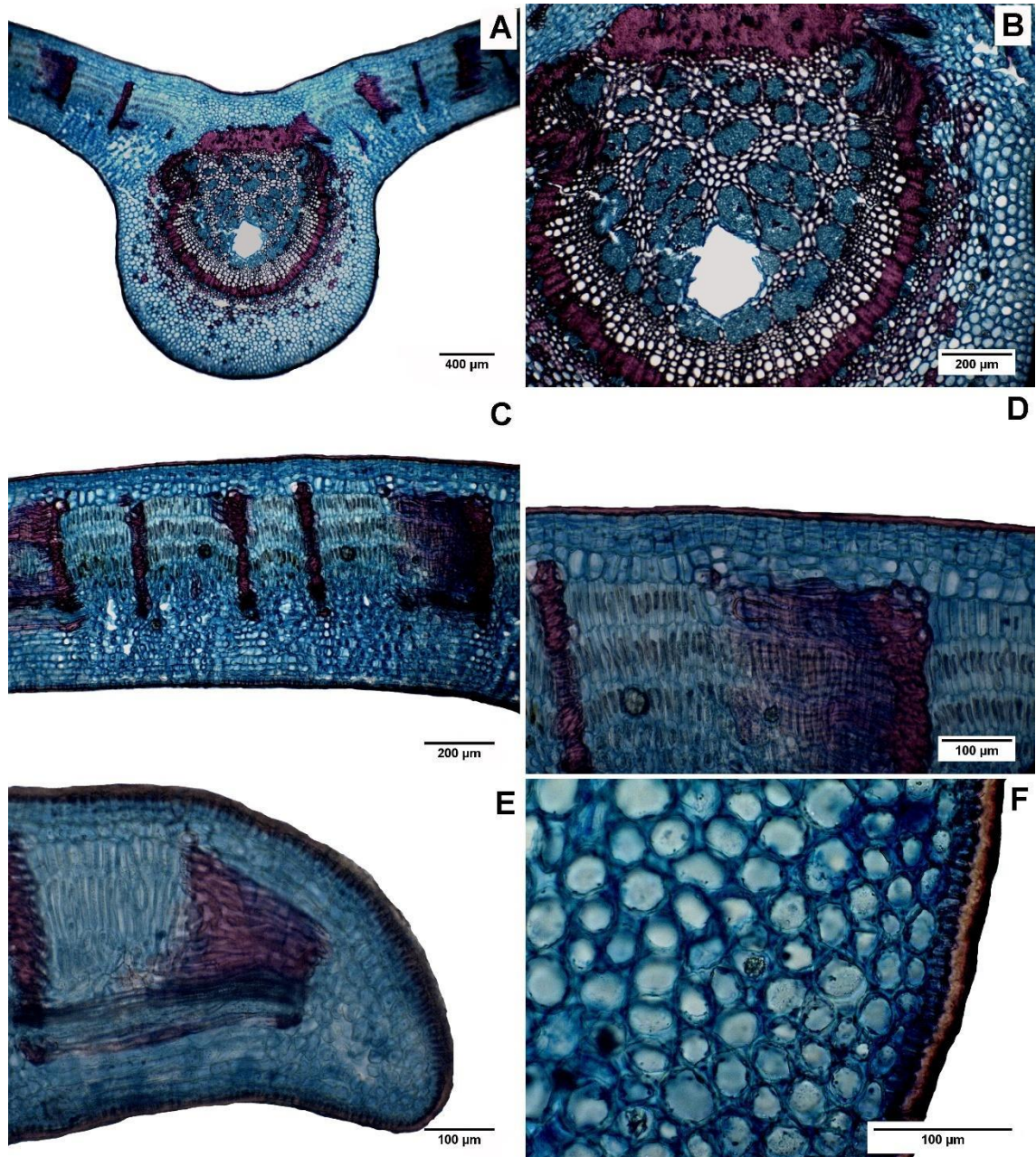


Figura 10: Secção transversal da folha de *Vochysia thyrsoidea*, evidenciando a nervura central (A); detalhe da nervura central e da estrutura secretora ao centro (B); mesofilo de *V. thyrsoidea* (C), detalhe do mesofilo, evidenciando a epiderme unisseriada e as duas camadas de hipoderme (D); bordo foliar de *V. thyrsoidea* (E); detalhe dos idioblastos contendo drusas presentes na nervura central de *V thyrsoidea* (F).

A nervura central é côncava adaxialmente, possui duas camadas de epiderme na face adaxial, seguida por camadas de parênquima fundamental, fibras esclerenquimáticas e drusas (fig. 10a). O feixe vascular, do tipo bicolateral, formando um arco de feixes fundidos, observa-se ainda a presença de pequenos feixes de floema e canais secretores no interior do arco,

intercaladas com células de parênquima da medula (fig. 10b). Estas características foram observadas em várias espécies do gênero (Paula; Alves, 1978; Sajo; Rudall, 2002), portanto, acredita-se ser características típicas do grupo.

### 3.1.6.2. Pecíolo

A epiderme do pecíolo é unisseriada, com células pequenas e cutícula espessa, abaixo da epiderme é possível observar 3-5 camadas de células de colênquima anelar, seguido por várias camadas de parênquima fundamental, com idioblastos do tipo drusa em meio ao parênquima (fig. 11a). O sistema vascular é similar ao da folha, com feixe bicolateral, formando um arco de feixes fundidos, com calotas de fibras ao redor do feixe e pequenos feixes de floema e canais secretores, em geral, três, no interior do feixe (fig. 11b). Paula e Alves (1978) fizeram observações semelhantes ao descrever o pecíolo de *Vochysia mariziana* Paula & J. L. Alves (Vochysiaceae).

Os canais presentes na nervura central e pecíolo secretam goma, uma substância similar à goma arábica, contendo Gomato de manganês e, em menor quantidade o Gomato de potássio, de acordo com análises realizadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Matos Filho; Rizzini, 1960; Paviane; Jeronymo, 1992; Heringer; Ferreira, 1974). Em geral, no pecíolo o número de canais varia de um a três. Nas folhas adultas podem conter três canais na base da lâmina foliar, apenas um na porção mediana e nenhum no ápice (Maria; Ferreira, 1972; Paviane; Jeronymo, 1972).

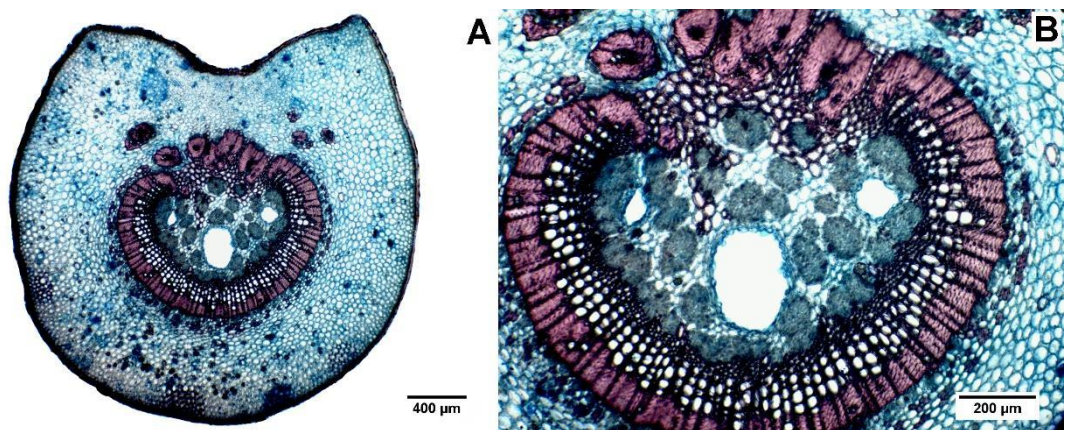


Figura 11: Secção transversal do pecíolo de *Vochysia thyrsoidea* (A), detalhe do feixe vascular, evidenciando os feixes de floema e os canais secretores presentes na medula (B)

#### 4. Conclusão

Com base nas informações apresentadas acima, as espécies apresentam padrão anatômico semelhante ao descrito para suas respectivas famílias. As espécies apresentam ainda, características típicas de indivíduos presentes no domínio cerrado.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na qual foi concedida a bolsa de Doutorado da primeira autora.

#### Referências Bibliográficas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. D.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z.* v. 22, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BARBOSA, F.M. CERRADANIA: Alumeia e óia pros encantamentos dos cerratenses. 1. ed. Brasília: Clube de Autores, 2017. 190 p.
- BAUMGRATZ, J.F.A.; FERREIRA, G.L. Estudo da nervação e epiderme foliar das Melastomataceae do município do Rio de Janeiro. Gênero *Miconia* Ruiz et Pavon. Seção *Miconia*. **Rodriguesia**. v. 32, p.61-169. 1980.
- BAUMGRATZ, J.F.A.; FERREIRA, G.L. Estudo da nervação e epiderme foliar das Melastomataceae do município do Rio de Janeiro. Gênero *Miconia* Ruiz et Pavon. Seção *Tamonea* (Aubl.) Cogn. **Rodriguesia**. v. 36, p.89-94, 1984.
- BEGUM, A. BORTHAKUR, S. K. Comparative micromorphological studies on leaf epidermis in three species of *Mimosa* Linnaeus (Mimosaceae) from Assam. India. **Pleione**, v. 7, p. 1–7, 2013.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recente advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**. V. 29, p. 1465-1475, 2020.
- COUTINHO, I. A. C.; RANDO, J. G.; CONCEIÇÃO, A. S.; MEIRA, R. M. S. A. A study of the morphoanatomical characters of the leaves of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Apoucouita* (Leguminosae\_Caesalpinioideae). **Acta Botânica Brasilica**. n. 2, v. 30, p. 205-211, 2016.
- COWAN, R. S. Caesalpinioideae. In: Pohill RM, Raven PH (eds) *Advances in Legume Systematics, Part 1*. Royal Botanical Gardens, Kew, pp 57–64, 1981.

DUTRA, R. C.; FERRAZ, S. O.; PIMENTA, D. S.; SOUZA, O. S. Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropapus* (DC.) MacLeisch, Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 20, n. 6, p. 818-824, 2010.

EDEOGA, H. O.; OMOSUN G.; OSUAGWU, G. G. E.; EMEZUE, O. O. Micromorphology of the leaf cuticle in *Mimosa* species (Leguminosae-Mimosoideae). **Asian J Plant Sci**. v. 7, p.424–426, 2008.

EPAMIG, UNENET; UFV. **Atlas Climatológico do Estado de Minas Gerais**. EPAMIG: Belo Horizonte, 1982

FRANCINO, D. M. T.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; SILVA, K. L. F.; THADEO, M.; MEIRA, R. M. S. A.; AZEVEDO, A. A. (2006) Anatomia foliar e caulinar de *Chamaecrista trichopoda* (Caesalpinioideae) e histoquímica do nectário extrafloral. **Planta Dan**. v.24, p.695-705, 2006.

FRANCINO, D. M. T.; COUTINHO, I. A. C.; DALVI, V. C.; AZEVEDO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. S.; MEIRA, R. M. S. A. Anatomical interpretations of the taxonomy of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* (Leguminosae–Caesalpinioideae). **Plant Systematics and Evolution**. v. 301, p.2087-2103, 2015.

FREIRE, S. E.; URTUBEY, E.; GIULIANO, D. A. (2007). Epidermal characters of *Baccharis* (Asteraceae) species used in traditional medicine. **Caldasia**, v. 29, p. 23–38, 2007

GONÇALES-SILVA, R.; ALMEIDA, O. J. G.; SOUZA, L. A. Leaf structural characters of *Leandra* and *Miconia* (Miconiae: Melastomataceae): taxonomical and ecological significance. **Bol. Mus. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 14, n. 3, p. 425-437, set.-dez. 2019

GROHAR, M. C.; ROSENFELDT, S.; MORALES, M. Stomatal micromorphology in a complex of *Mimosa* section *Mimosa* (Fabaceae). **Protoplasma**. 2022.

HERINGER, E. P.; FERREIRA, M. B. Árvores úteis da região geoeconômica do DF. Pau de tucano, Vinheiro, etc. Gênero *Vochysia*. Cerrado, v.6, n.24, p. 21-28, 1974.

JASINSKY, V. C. G.; DA SILVA, R. Z.; PONTAROLO, R.; BUDEL, J. M.; CAMPOS, F. R. Morpho-anatomical characteristics of *Baccharis glaziovii* in support of its pharmacobotany. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 24, n. 6, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.11.003>

JENSEN, W.A. Botanical Histochemistry: principles and practice. San Francisco: W.H. Freeman, 1962. 408p.

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p

KARIYAT, R. R. *et al.* Non-glandular trichomes of *Solanum carolinense* deter feeding by *Manduca sexta* caterpillars and cause damage to the gut peritrophic matrix. **Proceedings of the Royal Society B**, [s. l.], v. 284, n. 1849, 2017. DOI: 10.1098/rspb.2016.2323, 2017.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 147-155, 2005.

LUQUE, R.; SOUZA, C. H.; KRAUS, E. J. Métodos de coloração de Roeser (1972) modificado e Kropp (1972) visando a substituição do azul de astra pelo azul de alcião 8GS ou 8GX. **Acta Botanica Brasilica**, v. 10, n. 2, p. 199-212, 1996. Disponível em: doi: 10.1590/S0102-33061996000200001

MATTOS FILHO, A.; RIZZINI C. T. Contribuição ao estudo de *Vochysia thyrsoidea* Pohl. **Rodriguésia**, v.35 e 36, p.83-90, 1960/1961.

MEIRA, R. M. S. A.; FRANCINO, D. M. T.; ASCENSÃO, L. Oleoresin trichomes of *Chamaecrista dentata* (Leguminosae): structure, function, and secretory products. **International Journal of Plant Sciences**. v. 175, p.336-345, 2014.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of the leaf and stem, vol 2. Oxford Clarendon, Oxford, 1979.

MONTANO-ARIAS, S. A.; CAMARGO-RICALDE, S. L.; GREYER, R. (2018) Stomatal complexes of twenty-four species of *Mimosa* (Leguminosae) occurring in Mexico. **Acta Bot Mex**. v. 122, p.97–107, 2018.

OLIVEIRA, J. B. S., 2007. **Anatomia foliar como subsídio à taxonomia de *Miconia Ruiz et. Pav.* (Melastomataceae) em Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PAULA, J. R.; ALVES, J. L. de H. Contribuição para o conhecimento dos gêneros *Caperonia* St. Hil., *Stigmaphyllon* A. Juss. e *Vochysia* Juss. **Rodriguesia**. v. 30, p.163–201, 1978.

PAVIANI TI, JERONYMO AS. 1992. Canais secretores em *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae). **Acta Botanica Brasilica**. v. 6, p. 99–105, 1992.

PAYNE, W. W. Helicocytic and allelocytic stomata: unrecognized patterns in the Dicotyledonae. **Am J Bot**. n. 57, p.140–147, 1970.

REIS, C., A. C. BIERAS.; SAJO, M. G. Anatomia foliar de Melastomataceae do cerrado do estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Botany**. v. 28, n. 3, p. 451-66, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042005000300004>.

REZENDE, M. H.; CARDOSO, L. A.; VANNUCCI, A. L. Morfologia e anatomia foliar de *Bauhinia curvula* Benth. (Leguminosae- Caesalpinioideae). **Act Bot Brasil**. v. 8, p.19–34, 1994.

RODRIGUEZ, M. V.; GATTUSO, S.; GATTUSO, M. *Baccharis crispa* y *Baccharis trimera* (Asteraceae): revisión y nuevos aportes para su normalización micrográfica. **Latin American Journal of Pharmacology**. v. 27, p. 387-397, 2008

SAJO, M. G.; RUDALL, P.J. Leaf and stem anatomy of Vocchysiaceae in relation to subfamilial and suprafamilial systematics. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 138, p. 339-364, 2002.

SANTOS, M. S.; SOUZA, L. S.; COSTA, C. A. S.; GOMES, F. P.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. C. Effects of water deficit on morphophysiology, productivity and chemical composition of *Ocimum africanum* Lour (Lamiaceae). **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 11, n. 21, p. 1924-1934, may 2016.

SANTOS, L.; VIEL, A. M.; TAROSSO, L. F.; MOMESSO, L. da S.; PALMIERI, D. A.; SPERA, K. D. Medicinal plants of the brazilian cerrados knowing to preserve. **Bioscience Journal**. v.35, n. 2, p. 256-567, 2020.

SATO, Y.; KUDOH, H. Fine-scale frequency differentiation along a herbivory gradient in the trichome dimorphism of a wild *Arabidopsis*. **Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 2133-2141, apr. 2017.

## ARTIGO 2: ONTOGENIA DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO: INVESTIGANDO O DESENVOLVIMENTO DE ADAPTAÇÕES FOLIARES

### Resumo

O cerrado é a maior savana tropical do mundo, ocupando 22% do território nacional, abrigando vasta biodiversidade de fauna e flora. Entretanto é um bioma extremamente ameaçado, devido à alta atividade agrícola, tendo quase metade de sua área original convertida em áreas agrícolas nos últimos anos. Devido a este fato, os estudos das espécies inseridas neste domínio se fazem importantes, em especial, estudos em ontogenia, que são importantes na taxonomia e ecologia, consequentemente, para a conservação das espécies. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é descrever a ontogenia foliar de seis espécies nativas pertencentes a famílias representativas no cerrado e de diferentes portes: *Chamaecrista incurvata* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae), *Baccharis dracunculifolia* D.C (Asteraceae) *Eremanthus glomerulatus* (Less.) Less. (Asteraceae), *Miconia tristis* Spring (Melastomataceae), *Mimosa brevipes* Benth. (Fabaceae) e *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae). As coletas foram realizadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado na cidade de Lavras-MG, Brasil. Foram coletados primórdios foliares, bem como folhas em vários estágios de desenvolvimento. O material foi fixado em FAA 70% e armazenado em etanol 70%. Em seguida, amostras deste material foram emblocadas, seccionadas em micrótomo de rotação e coradas em azul de toluidina para obtenção de lâminas permanentes. As imagens foram obtidas em câmera acoplada ao microscópio óptico. Para análise dos primórdios foliares, obteve-se imagens de microscopia eletrônica de varredura. As espécies tiveram diferentes padrões de desenvolvimento, uma vez que pertencem a diferentes grupos botânicos, e, portanto, morfologia variada. Entretanto, quase todas apresentam grande quantidade de tricomas nas folhas jovens, estruturas muito comuns em espécies presentes no cerrado, que atuam evitando a perda de água por transpiração.

**Palavras-chave:** desenvolvimento foliar, tricomas, plantas medicinais, savana

## 1. Introdução

Os cerrados são as maiores savanas tropicais do mundo. Ocupam cerca de 22% do território brasileiro, além disso, obrigam uma das maiores bacias hidrográficas do mundo (Alvares *et al.*, 2013; Santos, *et al.*, 2020). Apresenta alta diversidade de fauna e flora. Entretanto, é um domínio altamente ameaçado (MMA, 2009; Vacchiano *et al.* 2019), principalmente devido a atividades agrícolas. Apesar da sua importância, os Cerrados tiveram quase metade de sua área original convertida para atividades agrícolas nos últimos anos (Brasil, 2020; Vieira *et al.*, 2018).

Embora seja o segundo maior domínio vegetal do Brasil, com cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup> (Ribeiro; Walter, 2008), sua biodiversidade ainda é pouco conhecida (Scarioti; Souza-Silva; Felfili, 2005). Apesar de sua evidente importância, o cerrado ainda não está incluso na Constituição de 1988 e, portanto, não possui uma legislação de trate de suas peculiaridades. Mesmo estando ameaçado de extinção devido a intensa atividade econômica, os legisladores brasileiros não consideraram válidas as propostas de inclusão do cerrado como patrimônio natural (Dias; Miziara, 2021).

Devido a este fato, alerta-se para a importância de estudos da flora deste domínio, em especial àqueles que contemplam a morfologia e, principalmente a ontogenia das folhas. Estes estudos possuem grande importância em várias áreas da Botânica, tais como taxonomia e até mesmo ecologia, e são importantes para traçar estratégias para a conservação das espécies. Entretanto, estudos em anatomia de plantas do cerrado ainda escassos (Bieras; Sajo, 2009), em especial estudos de ontogenia foliar, que são muito comuns em estruturas reprodutivas, mas praticamente inexistentes em estruturas foliares nos gêneros estudados, reforçando ainda mais a importância destes estudos. Estudos relacionados a descrição dos estágios de desenvolvimento são muito importantes para a padronização na investigação da estrutura e dinâmica populacional de espécies de plantas (Portela; dos Santos, 2011).

Com base nas informações acima, o objetivo deste trabalho é estudar a ontogenia foliar de seis espécies nativas pertencentes a famílias representativas no cerrado: *Chamaecrista incanus* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae), *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae), *Miconia tristis* Spring (Melastomataceae), *Mimosa brevipes* Benth. (Fabaceae) e *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae). Estes estudos visam contribuir com trabalhos futuros relacionados à taxonomia e ecologia, bem como aprimorar o conhecimento e conservação da flora do cerrado.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Coleta do Material Botânico**

As coletas foram realizadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado no município de Lavras, Minas Gerais. Foram coletados primórdios foliares e folhas em diferentes estágios de desenvolvimento. Foram coletados sete primeiros nós de cada espécie, e em seguida os primórdios foram fixados em solução de Karnovsky e as demais amostras fixadas em FAA<sub>70%</sub> por 72 horas e armazenadas em etanol 70%.

### **2.2. Confeção das lâminas**

Para a realização das secções transversais, foram obtidos fragmentos de aproximadamente 2cm<sup>2</sup>, que foram retirados das regiões do ápice, meio e base das folhas, em diferentes estágios de desenvolvimento. O material foi submetido a uma série etanólica para desidratação (70, 80, 90, 100%), a temperatura ambiente (Johansen, 1940). Em seguida, o material foi imerso em uma solução de pré-infiltração, composta por uma solução de etanol 100% e resina base, na proporção 1:1, de acordo com as instruções do fabricante (Kit Historesina Leica) por 24 horas. Após este processo, foi realizada a infiltração em resina base por 15 dias à 4°C. Em geral este último processo é feito em 24 horas, porém, devido ao fato de plantas do cerrado possuírem maior dificuldade de infiltração da resina, o material foi deixado nesta etapa por uma semana. Para a polimerização foi utilizado o Kit Historesina (hidroxietilmetacrilato, Leica, Heidelberg). As secções foram realizadas em micrótomo de rotação semiautomático, e em seguida, coradas em Azul de Toluidina 1%, pH 6,7 (Feder; O'brien, 1968). As imagens foram obtidas em microscópio de luz Nikon, modelo Eclipse E100, acoplado com câmera de captura Infinity.

Para obtenção das imagens em microscópio eletrônico de varredura, foram utilizados primórdios foliares das seis espécies estudadas. Foram feitas três lavagens utilizando cacodilato de sódio para que em seguida fosse feita a desidratação. Esse processo foi realizado utilizando uma ordem crescente de acetona (25, 50, 75, 90 e 100%) por cerca de 10 minutos em cada uma das soluções, sendo a última realizada por três vezes. As amostras foram colocadas em gaiolas individuais. Posteriormente, o material foi levado ao aparelho de ponto crítico para completar a secagem e montados em stubs. Para finalizar esta etapa, as amostras foram coladas nos stubs utilizando fita de carbono e posteriormente foram levados ao Sputtering para o banho de ouro. Após o banho de ouro, as amostras foram examinadas no microscópio eletrônico de varredura, modelo Leo Evo 40.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. *Baccharis dracunculifolia*

Nó primeiro nó, observou-se células meristemáticas já em início do processo de diferenciação celular na epiderme, em alguns pontos é possível observar as câmaras subestomáticas já formadas, os feixes secundários também estão em processo de diferenciação celular e tricomas já formados e em grandes quantidades (fig. 2a). De acordo com Chaudhary et al. (2018), folhas mais jovens de plantas herbáceas apresentam maior quantidade de tricomas, conferindo forte impacto mecânico, dificultando a movimentação de insetos e outros artrópodes na sua superfície. Observou-se ainda, células secretoras recém-formadas e algumas se diferenciando. Na nervura central, observou-se que a epiderme e células de parênquima fundamental em diferenciação celular. No feixe em formação, observou-se as células que darão origem a xilema e floema em processo de divisão periclinal (fig.2b). No segundo e terceiro nós, observou-se tricomas pluricelulares em formação, alguns já diferenciados e alguns em processo de divisão celular. No mesofilo, as células secretoras já estão formadas e as células de parênquima tanto paliçádico quanto esponjoso estão se diferenciando (fig.2 c, e). Na nervura central, observou-se uma célula secretora bem abaixo do feixe em formação, e já diferenciada. No feixe vascular, as células de xilema e floema ainda em processo de divisão celular, e células que formarão a calota de fibras ao redor do feixe estão em processo de diferenciação celular (fig. 2 d,f), característica muito comum para as espécies do gênero (Jasinsky et al., 2014; Rodriguez et al., 2008).

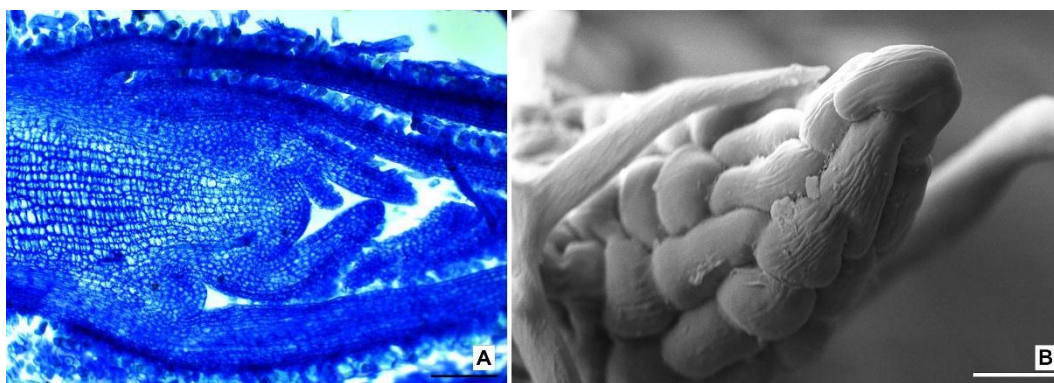


Figura 1: Primórdio foliar de *B. dracunculifolia*. A: microscopia luz, B: microscopia eletrônica de varredura (Escala: A: 100µm, B: 20µm)

No quarto e quinto nós, as células da epiderme já estão em estágio final de diferenciação, os feixes secundários estão formados, e as células de parênquima paliçádico já estão mais alongadas. Já é possível observar poucos espaços intercelulares do parênquima esponjoso (Fig 2 g,i). Na nervura central, as células de colênquima e o parênquima fundamental já estão

formados, sendo possível observar células de xilema formadas e o floema ainda se diferenciando (fig.2 h,j). No sexto nó, a folha já está completamente madura.

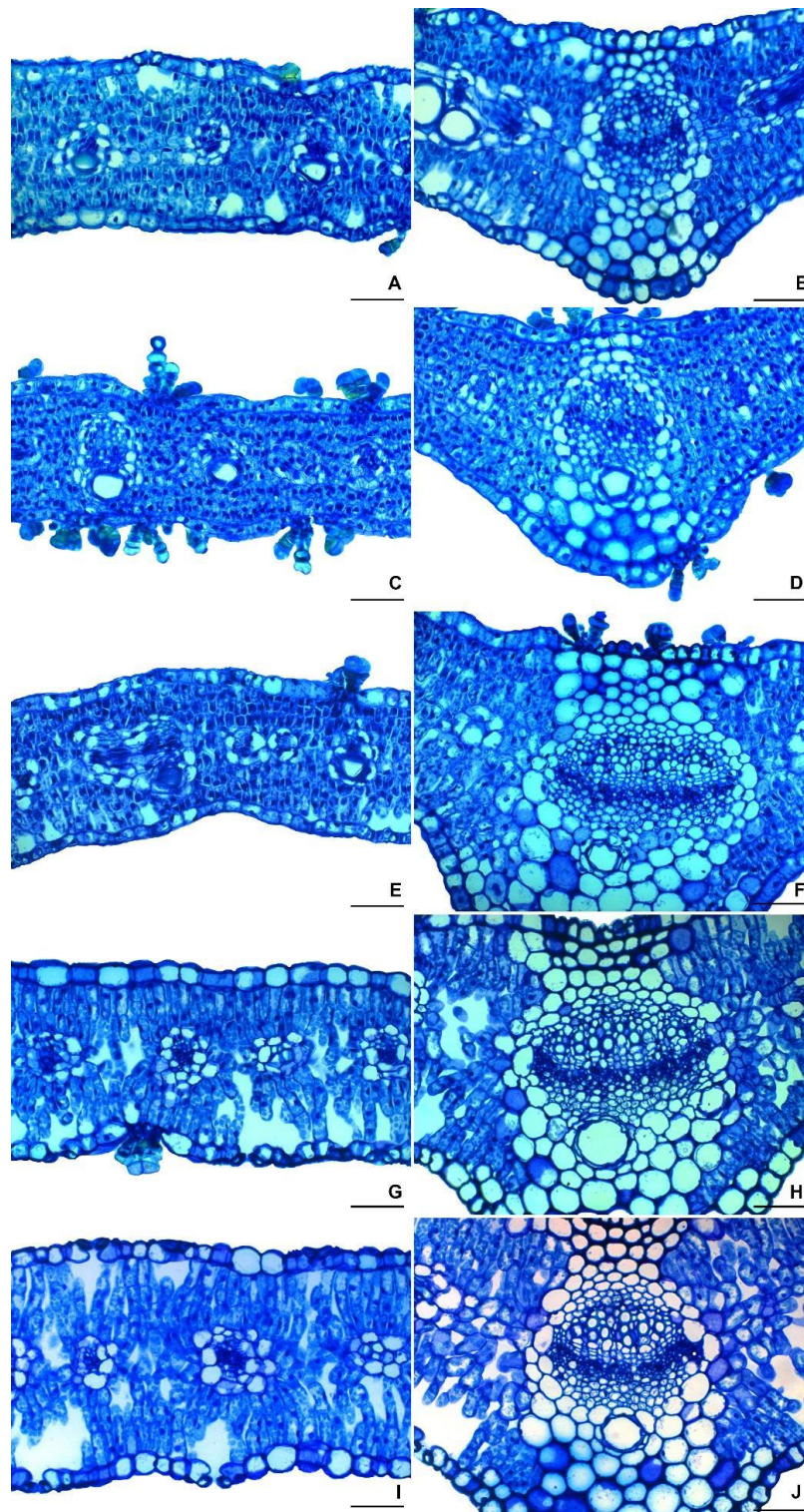


Figura 2: Secção transversal de folhas de *B. dracunculifolia* em vários estágios de desenvolvimento. A: primeiro nó – mesofilo, B: primeiro nó – nervura central, C: segundo nó – mesofilo, D: segundo nó – nervura central, E: terceiro nó – mesofilo, F: terceiro nó – nervura central, G: quarto nó – mesofilo, H: quarto nó – nervura central, I: quinto nó – mesofilo, J: quinto nó – nervura central. (Escala: 50µm)

### 3.2. *Chamaecrista incurvata*

Nó primeiro nó há a origem da lâmina foliar, a partir dos meristemas marginal e submarginal. Notou-se a presença de numerosos tricomas, de morfologia variada, característica comum no gênero (Francino, *et al.* 2015) e a medida em que a folha se desenvolve o número de tricomas diminui. A ontogenia destas estruturas varia de acordo com a função em que exercem, no caso dos tricomas secretores, a substância e o processo secretório, ao final de seu desenvolvimento, podem variar (Meira; Francino; Ascensão, 2014). Observou-se ainda, o início da formação das nervuras secundárias e o início da formação e diferenciação da nervura central (fig. 4 a,b). No segundo e terceiro nó as células que formarão o mesofilo sofrem divisões anticlinais, as nervuras continuam seu processo de diferenciação e as células que formarão o parênquima fundamental na nervura central também começam a se diferenciar (fig. 4 c, d, e, f). No quarto nó as células da epiderme iniciaram seu processo de diferenciação e as do mesofilo ainda se dividem anticlinalmente. Observou-se ainda o início da diferenciação destas células (fig. 4 g). Na nervura central, observou-se algumas células da epiderme abaxial e do parênquima fundamental já diferenciados. Observou-se ainda que o feixe vascular possui um maior número de células, sendo algumas já diferenciadas também (fig. 4h).



Figura 3: Microscopia eletrônica de varredura do Primórdio foliar de *C. incurvata*. (Escala: 20 $\mu$ m)

No quinto nó já é possível visualizar células de parênquima paliçádico mais alongadas e no sexto nó, ocorre o início da formação dos espaços intercelulares do parênquima esponjoso, formando, assim, um mesofilo do tipo dorsiventral, característica comum em espécies do gênero (Metcalf; Chalke, 1950; Coutinho *et al.*, 2016). No sétimo nó, todos os tecidos já estão diferenciados.

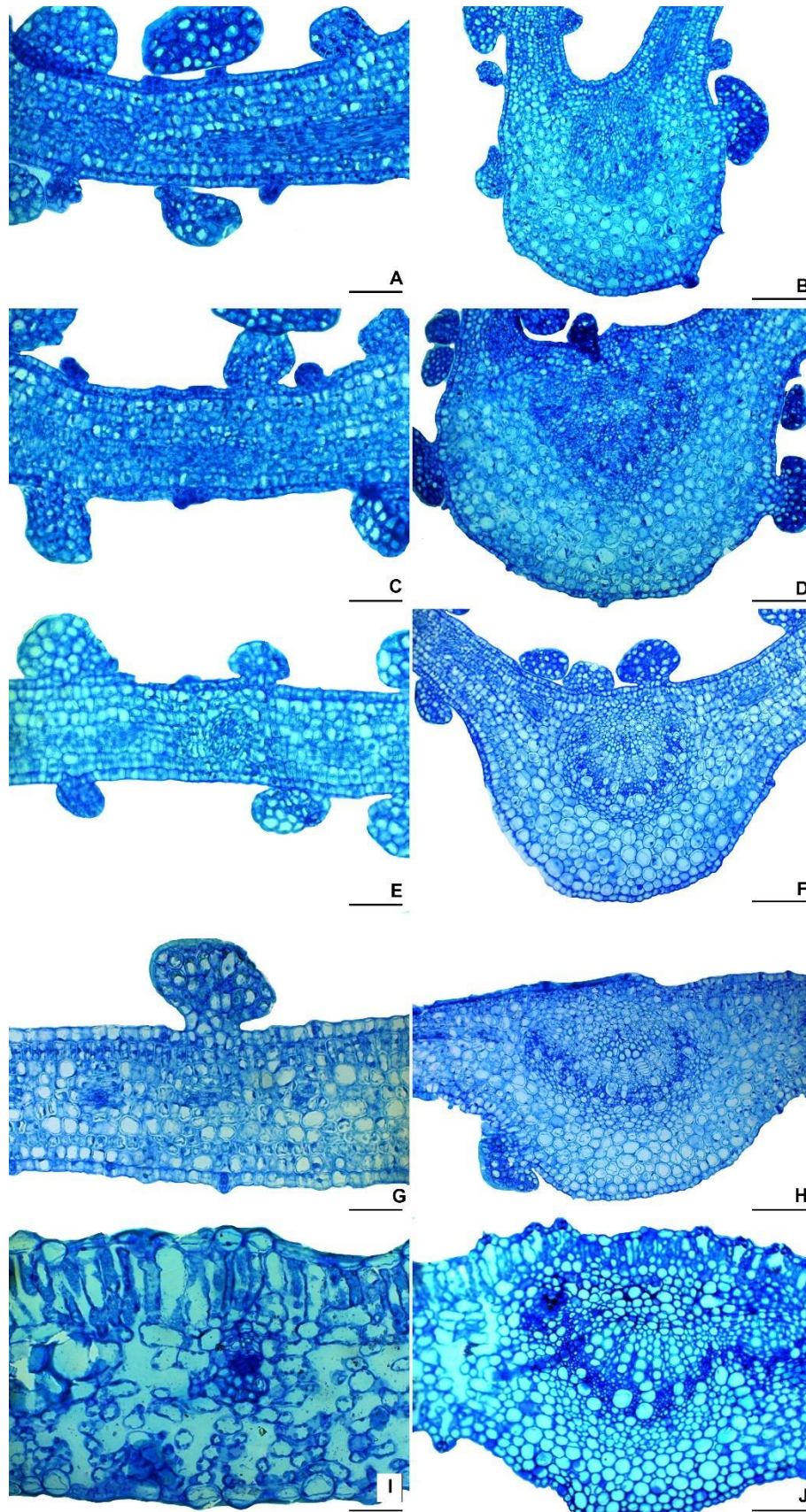


Figura 4: Secção transversal de folhas de *C. incurvata* em vários estágios de desenvolvimento. A: primeiro nó – mesofilo, B: primeiro nó – nervura central, C: segundo nó – mesofilo, D: segundo nó – nervura central, E: terceiro nó – mesofilo, F: terceiro nó – nervura central, G: quarto nó – mesofilo, H: quarto nó – nervura central, I: quinto nó – mesofilo, J: quinto nó – nervura central. (Escala: A, C, E, G, I: 50µm; B, D, F, H, J: 100µm)

### 3.3. *Eremanthus incanus*

Ao observar as lâminas, notou-se a presença de numerosos tricomas em todos os estágios de desenvolvimento da folha. No primeiro nó há a origem da lâmina foliar a partir dos meristemas marginal e submarginal e o início da formação das nervuras secundárias (fig. 6a). Os feixes vasculares da nervura central já estão em formação, onde primeiramente há a formação de um feixe, que origina os demais feixes, totalizando cinco ao final do processo de ontogenia. Observou-se, ainda grande quantidade de drusas ao longo da nervura central (fig. 6b). O acúmulo de cristais de oxalato de cálcio ocorre com frequência em plantas de savanas, e sua função, acredita-se, está relacionada a proteção contra herbivoria (Konno *et al.* 2014). Entretanto, o papel central destas estruturas ainda não está totalmente elucidado (Franceschi; Nakata, 2005) A partir do segundo nó, ocorreu a diferenciação da epiderme e mesofilo, bem como dos feixes vasculares na nervura central (fig. 6c e d). No terceiro nó, observou-se tecidos na fase final de diferenciação, há um aumento dos espaços intercelulares no parênquima esponjoso (fig. 6 e, f).

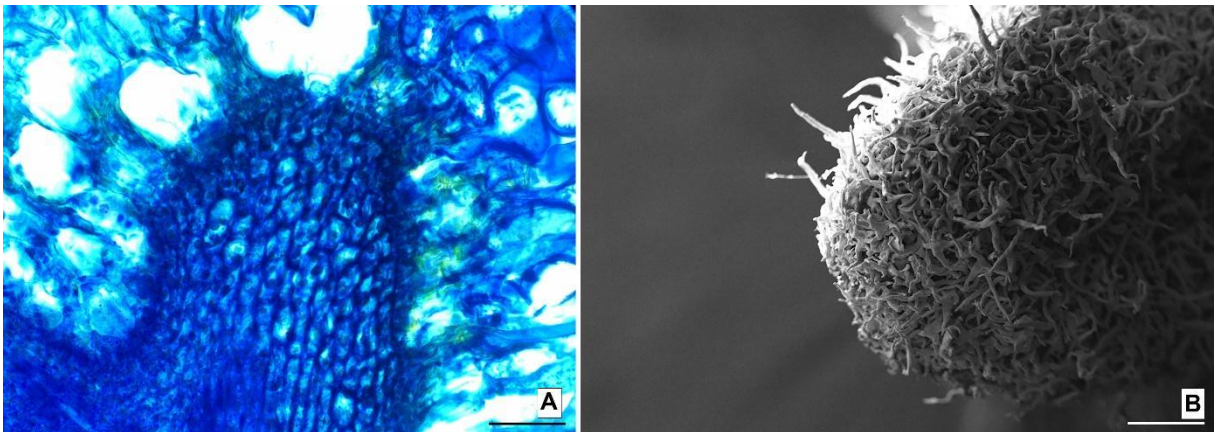


Figura 5: Primórdio foliar de *E. incanus*. A: microscopia luz, B: microscopia eletrônica de varredura (Escala: A: 50 $\mu$ m, B: 100 $\mu$ m)

A partir do quinto nó, os tecidos estão completamente diferenciados, sendo observados os seguintes caracteres: epiderme unisseriada, com presença de numerosos tricomas, mesofilo dorsiventral e drusas ao longo do mesofilo e nervura central, características comuns para o gênero (Dutra *et al.* 2010).

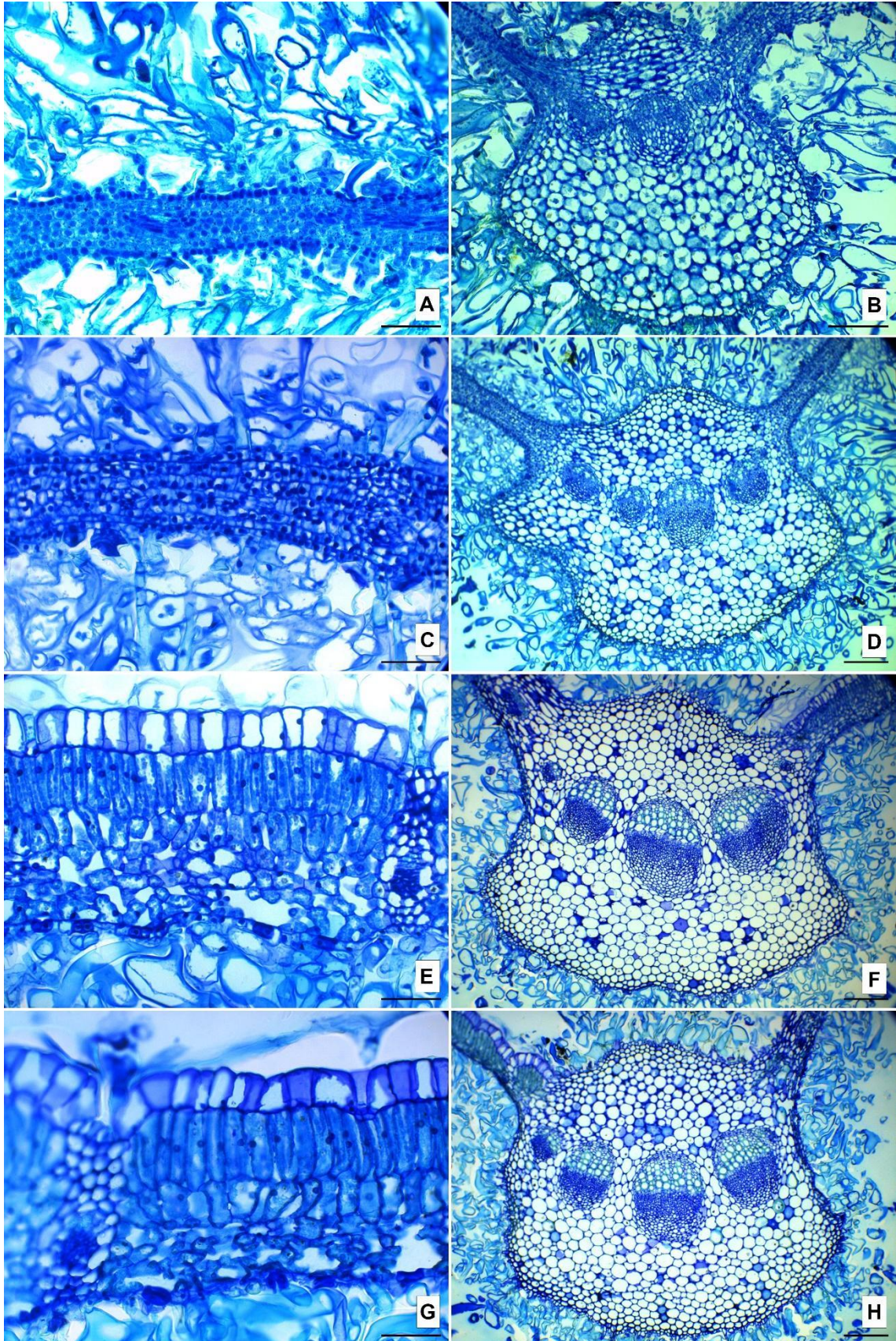


Figura 6: Secção transversal de folhas de *E. incanus* em vários estágios de desenvolvimento. A: primeiro nó – mesofilo, B: primeiro nó – nervura central, C: segundo nó – mesofilo, D: segundo nó – nervura central, E: terceiro nó – mesofilo, F: terceiro nó – nervura central, G: quarto nó – mesofilo, H: quarto nó – nervura central. (Escala: A, C, E, G: 50 $\mu$ m; B: 100 $\mu$ m, D, F, H: 150 $\mu$ m)

### 3.4. *Miconia tristis*

Nesta espécie, as folhas do primeiro nó já estão completamente desenvolvidas (fig. 7).

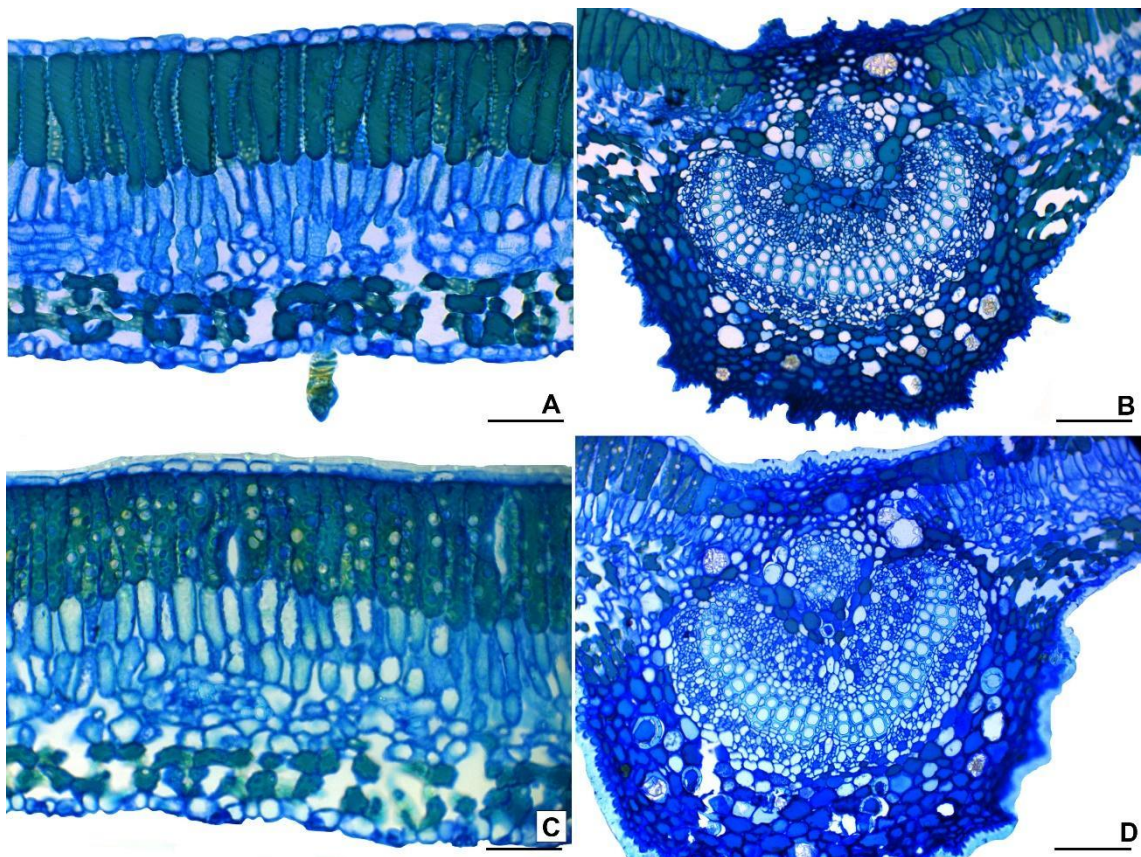


Figura 7: Secção transversal de folhas de *M. tristis* em vários estágios de desenvolvimento. A: primeiro nó – mesofilo, B: primeiro nó – nervura central, C: terceiro nó – mesofilo, D: terceiro nó – nervura central (Escala: A e C: 50μm, B e D: 100μm)

Entretanto, o primórdio foliar e as folhas mais jovens apresentam tricomas (fig. 8) e a partir do terceiro nó, as folhas são glabras.

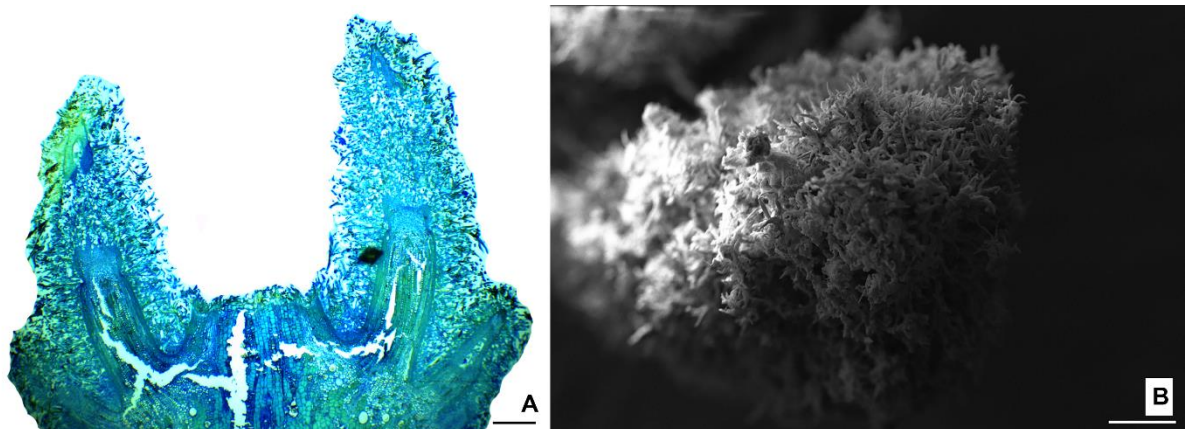


Figura 8: Primórdio foliar de *M. tristis*. A: microscopia luz, B: microscopia eletrônica de varredura (Escala: A: 300μm, B: 200μm)

### 3.5. *Mimosa brevipes*

No primeiro nó observou-se células em processo de divisão periclinal, os estômatos estão em processo de diferenciação celular e ocorre o início de diferenciação das nervuras secundárias (fig. 10a). Na nervura central, observou-se as células que darão origem ao parênquima fundamental em processo de diferenciação celular e as células do feixe vascular em processo de divisão celular (fig. 10b). No segundo nó, observou-se epiderme em fase final de diferenciação, algumas células de parênquima paliçádico já alongadas e células que darão origem ao parênquima esponjoso em diferenciação celular. A câmara subestomática já está formada e há presença de drusas (fig. 10c). No feixe vascular da nervura central, observou-se células que darão origem a xilema, floema e as fibras ao redor do feixe estão se diferenciando (fig 10d).

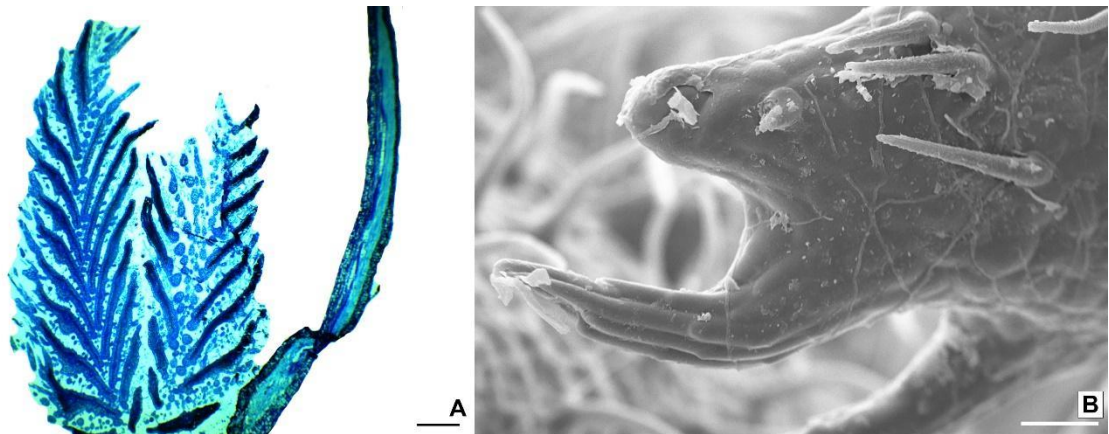


Figura 9: Primórdio foliar de *M brevipes*. A: microscopia luz, B: microscopia eletrônica de varredura (Escala: A: 300µm, B: 200µm)

No terceiro e quarto nós, o mesofilo já está formado por completo, com o mesofilo isobilateral já formado, sendo ausente em alguns pontos (fig. 10 e, f, g e h). De acordo com Metcalfe e Chalke (1950), o mesofilo varia de acordo com o tamanho e forma dos folíolos. Na nervura central apenas o feixe vascular ainda em processo de diferenciação. Ao final do processo, o feixe será do tipo colateral. Por fim, no quinto nó a folha já está completamente formada (fig 10. i e j).

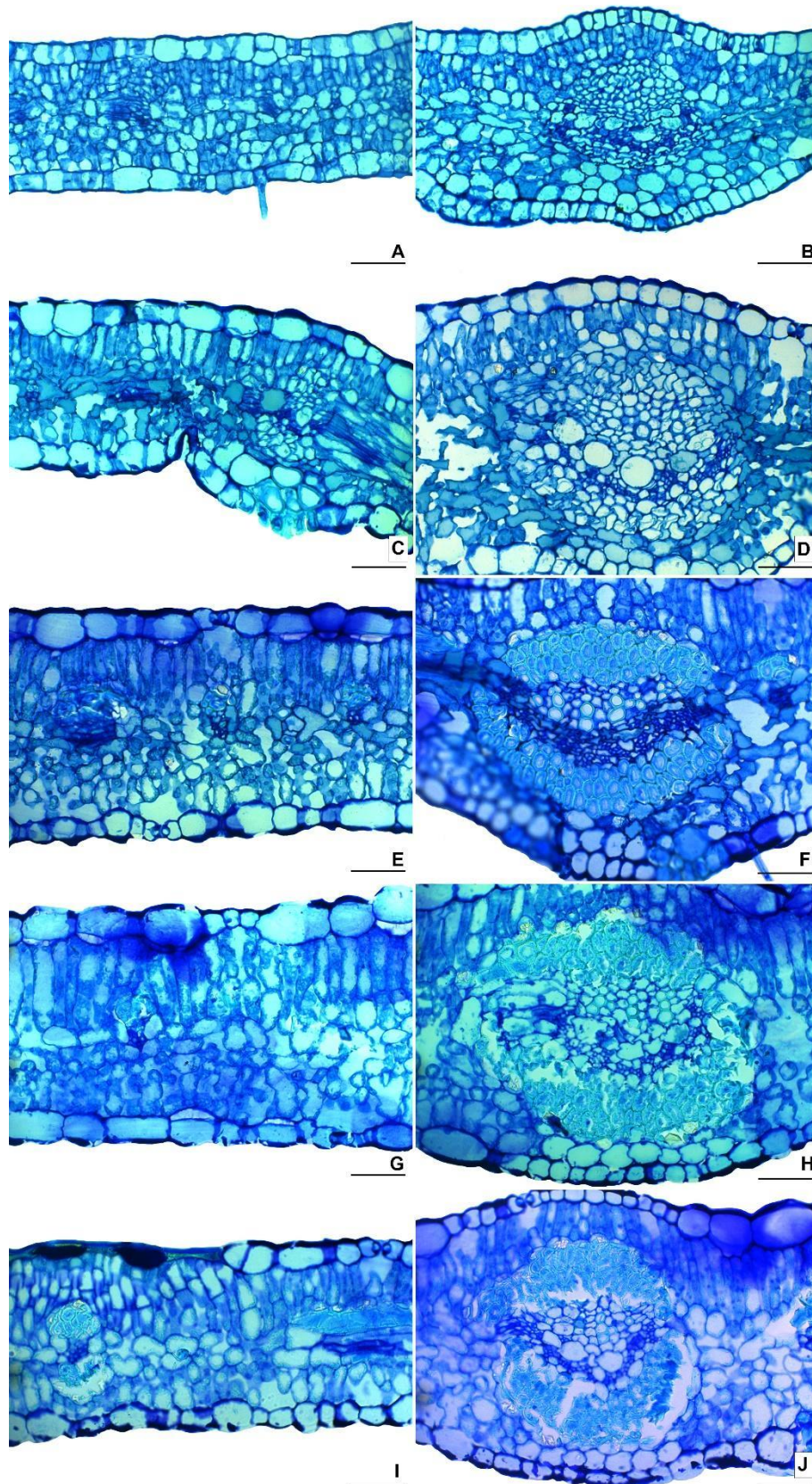


Figura 10: Secção transversal de folhas de *M. brevitae* em vários estágios de desenvolvimento. A: primeiro nó – mesofilo, B: primeiro nó – nervura central, C: segundo nó – mesofilo, D: segundo nó – nervura central, E: terceiro nó – mesofilo, F: terceiro nó – nervura central, G: quarto nó – mesofilo, H: quarto nó – nervura central, I: quinto nó – mesofilo, J: quinto nó – nervura central. (Escala:50µm)

### 3.6. *Vochysia thyrsoidea*

No primeiro nó observa-se que ambas as faces da epiderme já estão diferenciadas. As camadas adaxiais são mais alongadas em relação as camadas mais abaxiais das células do mesofilo. É possível observar que as nervuras secundárias estão em início do processo de diferenciação (fig. 12a). Na nervura central, observou-se algumas células já diferenciadas de xilema e polos de floema já formados em alguns pontos. Entretanto, algumas células que darão origem ao xilema ainda estão em processo de divisão periclinal. Observou-se a formação dos canais resiníferos na região central da nervura, devido a lise de algumas células (fig. 12 b).



Figura 11: Microscopia eletrônica de varredura do Primórdio foliar de *Vochysia thyrsoidea*. (Escala: 200µm)

No segundo nó, observou-se células da epiderme se dividindo anticlinalmente, dando origem à segunda camada da epiderme adaxial. A primeira camada abaixo da epiderme, composta por células de parênquima fundamental, se diferencia formando células mais arredondadas, e em alguns pontos é possível visualizar que estas células também se dividem anticlinalmente. Ao final do processo, estas células formarão a hipoderme (fig. 12c). Tanto a epiderme multiisseriada como a presença de hipoderme também foram observadas por Sajo & Rudall (2002) ao estudarem espécies do gênero. Estas características presentes em plantas que estão em ambientes onde há déficit hídrico e alta luminosidade, a epiderme multiisseriada está relacionada a restrição da transpiração, a fim de evitar perda excessiva de água, e a hipoderme

possui função relacionada ao armazenamento de água (Morretes, 1958; Metcalfe; Chalke, 1950; Bieras; Sajo, 2009). As células abaixo desta cada estão mais alongadas. As células que darão origem ao parênquima paliçádico estão se alongando e na região onde há diferenciação do parênquima esponjoso é possível visualizar a formação de poucos espaços intercelulares. Ao final do processo, ocorrerá a formação de parênquima esponjoso atípico, com células de parede celular delgada, de formato cúbico e bem justapostas (Paula; Alves, 1978). O feixe vascular da nervura central já está praticamente formado. No terceiro nó todos os tecidos já estão formados (fig.12 e e f).

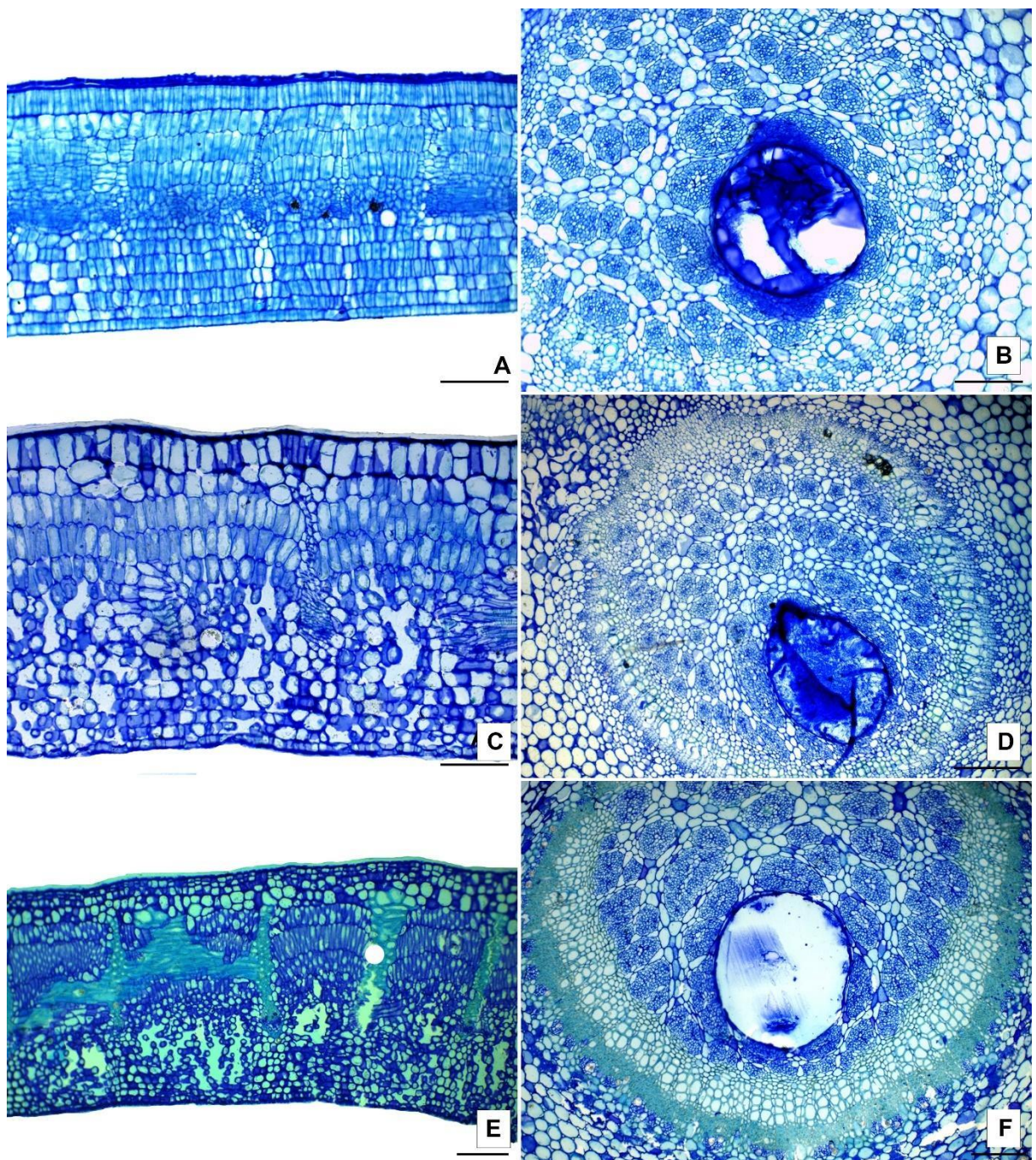


Figura 12: Secção transversal de folhas de *V. thyrsoidea* em vários estágios de desenvolvimento. A: primeiro nó – mesofilo, B: primeiro nó – nervura central, C: segundo nó – mesofilo, D: segundo nó – nervura central, E: terceiro nó – mesofilo, F: terceiro nó – nervura central. (Escala: A, B e C: 100µm, D: 50 µm, E e F: 150 µm)

#### 4. Conclusão

Com base nas informações apresentadas, é possível concluir que devido ao fato de as espécies pertencerem a diferentes grupos, elas possuem diferentes formas de desenvolvimento e estratégias de adaptação, entretanto, por estarem inseridas no mesmo ambiente, cerrado, que possui algumas características que permitem a planta apresentar algumas características xeromórficas, tais como a presença de tricomas e drusas.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na qual foi concedida a bolsa de Doutorado da primeira autora.

#### Referências Bibliográficas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. D.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Z.** v. 22, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM): fase 2016–2020 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, Departamento de Florestas e Combate ao Desmatamento. – Brasília, DF: MMA
- SANTOS, L.; VIEL, A. M.; TAROSSO, L. F.; MOMESSO, L. da S.; PALMIERI, D. A.; SPERA, K. D. Medicinal plants of the brazilian cerrados knowing to preserve. **Bioscience Journal.** v.35, n. 2, p. 256-567, 2020.
- BIERAS, A.C.; SAJO, M.G. Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants. **Trees.** v. 23, p. 451-471, 2009.
- CERRADO: Ecologia, Biodiversidade e Conservação/Aldicir Scariot, José Carlos Sousa-Silva, Jeanine M. Felfili (Organizadores). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005
- CHAUDHARY, A., BALA, K., CSK, H., KAMBOJ, R. e DUMRA, N. Plant defenses against herbivorous insects: A Review. 681-688. 2018.
- COUTINHO, I. A. C.; RANDO, J. G.; CONCEIÇÃO, A. S.; MEIRA, R. M. S. A. A study of the morphoanatomical characters of the leaves of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Apoucouita* (Leguminosae\_Caesalpinioideae). **Acta Botânica Brasilica.** n. 2, v. 30, p. 205-211, 2016.

DIAS, D. O.; MIZIARA, F. O Cerrado Como patrimônio Nacional: A inclusão Do Cerrado No §4º Do Artigo 225 Da Constituição Federal. **Revista Cerrados**, v. 19, n. 2, p.323-342, 2021. <https://doi.org/10.46551/rc24482692202129> .

DUTRA, R. C.; FERRAZ, S. O.; PIMENTA, D. S.; SOUZA, O. S. Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropapus* (DC.) MacLeisch, Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 20, n. 6, p. 818-824, 2010.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant Microtechnique: Some Principles and New Methods. **American Journal of Botany**. v. 55, n. 1, p. 123–142, 1968.

FRANCESCHI, V.R.; NAKATA, P.A. 2005. Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function. *Annual Review of Plant Biology*, v. 56, p. 41-71, 2005

MEIRA, R.M.S.A.; FRANCINO, D. M. T.; ASCENSAO, L. Oleoresin trichomes of *Chamaecrista dentata* (leguminosae): structure, function and secretory products. **International Journal of Plant Sciences**, v. 175, p. 336-345, 2014.

FRANCINO, D. M. T.; COUTINHO, I. A. C.; DALVI, V. C.; AZEVEDO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. S.; MEIRA, R. M. S. A. Anatomical interpretations of the taxonomy of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* (Leguminosae–Caesalpinioideae). **Plant Systematics and Evolution**. v. 301, p.2087-2103, 2015.

JASINSKY, V. C. G.; DA SILVA, R. Z.; PONTAROLO, R.; BUDEL, J. M.; CAMPOS, F. R. Morpho-anatomical characteristics of *Baccharis glaziovii* in support of its pharmacobotany. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 24, n. 6, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.11.003>

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of the leaf and stem, vol 2. **Oxford Clarendon**, Oxford, 1979

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PP Cerrado. Brasília, 2009.

MORRETES, B. L. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, Universidade de São Paulo, v. 15, p. 7-70, 1958.

PAULA, J. R.; ALVES, J. L. de H. Contribuição para o conhecimento dos gêneros *Caperonia* St. Hil., *Stigmaphyllon* A. Juss. e *Vochysia* Juss. **Rodriguesia**. v. 30, p.163–201, 1978.

PORTELA, R. C. Q.; F. A. M. Caracterização dos estádios ontogenéticos de três espécies de palmeiras: uma proposta de padronização para estudos de dinâmica populacional. **Revista Brasileira de Botânica**. v.34, n. 4, 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In.: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212.

RODRIGUEZ, M.V.; GATTUSO, S.; GATTUSO, M. *Baccharis crispa* y *Baccharis trimera* (Asteraceae): revisión y nuevos aportes para su normalización micrográfica. **Latin American Journal of Pharmacology**. v.27, p. 387-397, 2008.

SAJO, M. G.; RUDALL, P.J. Leaf and stem anatomy of Vocchysiaceae in relation to subfamilial and suprafamilial systematics. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 138, p. 339-364, 2002.

VIEIRA, R.R.S.; RIBEIRO, R.R.; RESENDE, F.M.; BRUM, F.T.; MACHADO, N.; SALES, L.P.; MACEDO, L.; SOARES-FILHO, B.; LOYOLA, R. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Diversity and Distributions**. v. 24, n. 4, p. 434-438, 2018.

VACCHIANO, M.C.; SANTOS, J.W.C.M.; ANGEOLETTO, F.; SILVA, N.M. Do Data Support Claims That Brazil Leads the World in Environmental Preservation? **Environmental Conservation**, v. 46, n. 2, p. 118-120, 2019

## **ARTIGO 3: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO XILEMA SECUNDÁRIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO**

### **Resumo**

O cerrado é o segundo maior domínio brasileiro, ocupando cerca de 21% do território nacional. Sua flora é muito rica e pouco estudada. Entretanto, principalmente nos últimos anos, devido às altas atividades antrópicas, restam menos de 50% de vegetação natural. Estudos da flora deste domínio são de extrema importância para entender as estratégias de adaptação das espécies neste ambiente, bem como traçar estratégias de conservação do cerrado. Com base nestas informações, os objetivos deste trabalho é um estudo das características hidráulicas do xilema de seis espécies de diferentes portes pertencentes a famílias representativas do cerrado. Estes estudos poderão contribuir em futuros trabalhos a respeito das estratégias de adaptação das espécies frente às mudanças climáticas. Para a realização do estudo, foram coletados ramos caulinares a 15 cm do ápice das seis espécies estudadas. Foram obtidas cinco repetições de cada espécie, em seguida foram fixados em FAA<sub>70%</sub> por 72 horas e armazenados em etanol 70%. Em seguida obteve-se secções transversais a mão livre, corados com Safranina 1% e lâminas com material macerado para obtenção de imagens dos vasos. Foram obtidas as seguintes medições: diâmetro tangencial, frequência dos vasos, área dos vasos nas lâminas das secções transversais e comprimento de 30 elementos de vaso por lâmina do material macerado, diâmetro hidráulico, diâmetro tangencial dos vasos, condutividade hidráulica teórica e os índices de mesomorfia e vulnerabilidade. Quanto aos resultados observou-se algumas características em comum entre as espécies, como numerosos elementos de vaso e poucos agrupamentos de vasos. Além disso, foram encontradas diferenças estatísticas em todas as variáveis analisadas. Entretanto, todas as espécies apresentaram certo grau de xeromorfia, o que é condizente com o ambiente em que estão adaptadas.

**Palavras-chave:** xilema, características funcionais, elemento de vaso, mudanças climáticas

## 1. Introdução

O cerrado é um dos hotspots de biodiversidade (Myers, 2000). Possui alta riqueza de espécies e alta heterogeneidade espacial, tornando-o a savana mais biodiversa do mundo (Strassburg *et al.*, 2017). Entretanto, de acordo com Alencar *et al.* (2020), restam apenas 55% da área original de vegetação nativa. Grande parte foi transformada devido à alta atividade agrícola e apenas cerca de 8% do domínio possui proteção legal (Françoso *et al.* 2015). Outro fator que afeta diretamente o cerrado é a queima de biomassa, que ocorre de forma não-natural, prática comum praticada pela população local (Eloy *et al.*, 2018). As partículas da fumaça provenientes desta queima desenfreada durante a época de seca podem alterar a reserva de energia do solo, bem como alterar a absorção radiação solar, levando a um aquecimento da atmosfera e resfriamento da superfície (Freitas *et al.*, 2005; Yamasoe *et al.*, 2006).

Estes fatores aliados às mudanças climáticas globais, que ocorrem devido ao aumento da concentração de gases estufa, têm resultado em um aumento da temperatura e diminuição da umidade no cerrado. De acordo com Hofmann *et al.* (2021). Entre 1960 e 2019 as temperaturas máximas dentro do domínio aumentaram cerca de 4°C, e poderão chegar a 6°C até 2050. Padrão semelhante foi observado para temperaturas mínimas, que têm aumentado cerca de 1°C a cada década. Os autores também observaram diminuição da umidade e precipitação, levando a mais meses de seca. Os valores encontrados são ainda maiores que as projeções mundiais divulgadas pelo IPCC, em 2021.

Como consequência das mudanças climáticas, foram observadas mudanças no ciclo hidrológico (Pengcheng, 2019) que conseqüentemente, podem alterar o funcionamento do sistema de condução de água das espécies presentes no cerrado. Devido a este fato, estudos das características hidráulicas do xilema são cada vez mais comuns. Vários estudos têm analisado as características funcionais hidráulicas do xilema (Jacobsen; Pratt; Tobin; Hacke; Ewers, 2012; Méndez-Alonzo; Paz; Zuluaga; Rosell; Olson, 2012; Zanne *et al.*, 2010), entretanto, poucos estudos têm sido feitos em espécies do cerrado, e principalmente em indivíduos de porte médio e pequeno.

Com base nas informações acima, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo das características funcionais hidráulicas do xilema secundários de espécies presentes das seguintes espécies: *Baccharis dracunculifolia* DC. (Asteraceae) e *Chamaecrista incurvata* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae), espécies de porte herbáceo, *Mimosa brevipes* Benth. (Fabaceae) e *Miconia tristis* Spring (Melastomataceae), espécies de porte arbustivo, e *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) e *Vochysia thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae), de porte arbóreo.

Foram utilizadas espécies de diferentes portes para entender a adaptação dentro do ambiente em que estão inseridas. Estes estudos poderão contribuir no futuro para o entendimento da adaptabilidade das espécies do cerrado dentro do contexto de mudanças climáticas, possibilitando a criação de estratégias de conservação.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Coleta do material botânico**

As coletas foram realizadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado no município de Lavras, Minas Gerais. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Aw, com invernos secos e precipitação anual entre 1300-2300 mm (Alvares et al, 2013). Foram coletados ramos caulinares a 15 cm do ápice das seis espécies estudadas, e, portanto, ainda em início do processo de crescimento secundário. Foram obtidas cinco repetições de cada espécie, em seguida foram fixados em FAA<sub>70%</sub> por 72 horas e armazenados em etanol 70%.

### **2.2. Confeção das lâminas**

As lâminas foram confeccionadas no laboratório de Anatomia Vegetal, localizado no Setor de Botânica Aplicada, do Instituto de Ciências Naturais, da Universidade Federal de Lavras. As secções transversais foram feitas à mão livre com o auxílio de lâmina de aço. A seguir o material foi corado com Safranina 1% e foram montadas em lâminas semipermanentes em glicerol 50% em água e vedadas com esmalte incolor (Johansen, 1940). As fotomicrografias foram realizadas em microscópio de luz Nikon, modelo Eclipse E100, acoplado com câmera de captura Infinity.

O material macerado foi obtido a partir de fragmentos dos ramos, que foram colocados em solução de Ácido Acético Glacial e Peróxido de Hidrogênio na proporção 1:1, em seguida levados à estufa a uma temperatura de aproximadamente 60°C por um período de 24 a 48 horas, dependendo da espécie. Após este processo, o material foi lavado em água destilada e corado com Safranina (1%) e imediatamente foram obtidas imagens das lâminas, em microscópio de luz Nikon, modelo Eclipse E100, acoplado com câmera de captura Infinity.

As medições foram realizadas com o auxílio do software de análise de imagens ImageJ. Foram obtidas as seguintes medições: diâmetro tangencial, frequência dos vasos, área dos vasos nas lâminas das secções transversais e comprimento de 30 elementos de vaso por lâmina do material macerado. A partir destas variáveis obteve-se o diâmetro equivalente do círculo, utilizando a seguinte equação:  $D = \sqrt{4 A/\pi}$  (onde A é a área média do lume dos vasos; e o

diâmetro hidráulico, que foi obtido a partir da equação  $D_h = (\sum D_e^4 / N)^{1/4}$ , onde  $D_e$  é o diâmetro equivalente dos vasos (mm) e  $N$  é o número total de vasos mensurados por amostra.

Para o cálculo da condutividade hidráulica potencial teórica, foi utilizada a equação do fluxo laminar de Hagen-Poiseuille:  $K_p = (\pi Q_h / 128 \eta) \cdot FV \cdot D_h$ , onde  $Q_h$  é a densidade da água a 20°C (998.2 kg m<sup>-3</sup>),  $\eta$  é a viscosidade da água a 20°C (1.002.10<sup>-9</sup> MPa),  $FV$  é a frequência de vasos (vasos/mm<sup>2</sup>) e  $D_h$  é o diâmetro médio do vaso hidraulicamente ponderado (em m) (Tyree; Zimmerman, 2002; Zimmermann, 1983).

O índice de vulnerabilidade foi calculado pela relação entre o diâmetro de vasos e a frequência de vasos, e o índice de mesomorfia foi obtido pelo produto entre o índice de vulnerabilidade e comprimento de elementos de vaso, conforme proposto por Carlquist (2001).

### 2.3. Análises Estatísticas

Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos dados. Ao observar que os dados não são normais, foi realizada a transformação logarítmica dos dados. Para entender como os atributos funcionais das plantas variam entre as espécies, foi realizado ANOVA e teste de Tukey. Para a realização da estatística foi utilizado o software RStudio.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Descrição da anatomia do xilema

#### 3.1.1. *Baccharis dracunculifolia*

Observou-se vasos numerosos com parede celular espessa e poucos agrupamentos. Dentre as espécies analisadas, apresentou a maior quantidade de vasos de menor diâmetro e comprimento, e fibras com parede celular espessada (Fig. 1a). Oliveira et al. (2005), estudando espécies da família Asteraceae, encontraram resultados semelhantes.

#### 3.1.2. *Chamaecrista incurvata*

Observou-se vasos numerosos, poucos agrupamentos e parede celular espessa; além de fibras com parede celular bem espessada (Fig.1b). Rodrigues e Machado (2009), encontrou resultados semelhantes ao estudar espécies da subfamília Caesalpinoideae.

#### 3.1.3. *Miconia tristis*

Observou-se vasos numerosos, com parede celular espessa e poucos agrupamentos; além de fibras com parede celular espessa (Fig. 1c), que estão de acordo com o padrão anatômico observado anteriormente em espécies da família Melastomataceae e do gênero *Miconia*

(Metcalf; Chalke, 1950; Marcon; Costa, 2000), em que os vasos são majoritariamente solitários.

#### **3.1.4. *Mimosa brevites***

Observou-se vasos numerosos, de parede celular espessa e agrupamentos. Dentre as espécies estudadas, foi a que apresentou vasos maiores e de maior diâmetro; além de fibras com parede celular bastante espessadas (Fig. 1d). Marchiori; de Muniz (1997) encontrara resultados semelhantes estudando espécies de *Mimosa*, onde explicam que estas características são comuns na família Fabaceae e atestam alto grau de especialização do xilema.

#### **3.1.5. *Eremanthus incanus***

Observou-se vasos numerosos, entretanto, em menor quantidade, quando comparadas às demais espécies estudadas. Porém os são vasos maiores, com parede celular espessa e sem agrupamentos; as fibras possuem parede celular espessa (Fig. 1e). Loepfe et al. (2007) explicam que agrupamentos de vasos podem aumentar a chance de embolismo entre os vasos adjacentes ou vizinhos, portanto pode ser uma estratégia para evitar a cavitação.

#### **3.1.6. *Vochysia thyrsoidea***

Observou-se vasos numerosos, com parede celular bastante espessa, alinhados e sem agrupamentos; além de fibras ainda em processo de diferenciação celular (Fig. 1f). As características encontradas estão de acordo com o padrão observado para a família Vochysiaceae (Sajo Rudall, 2002).

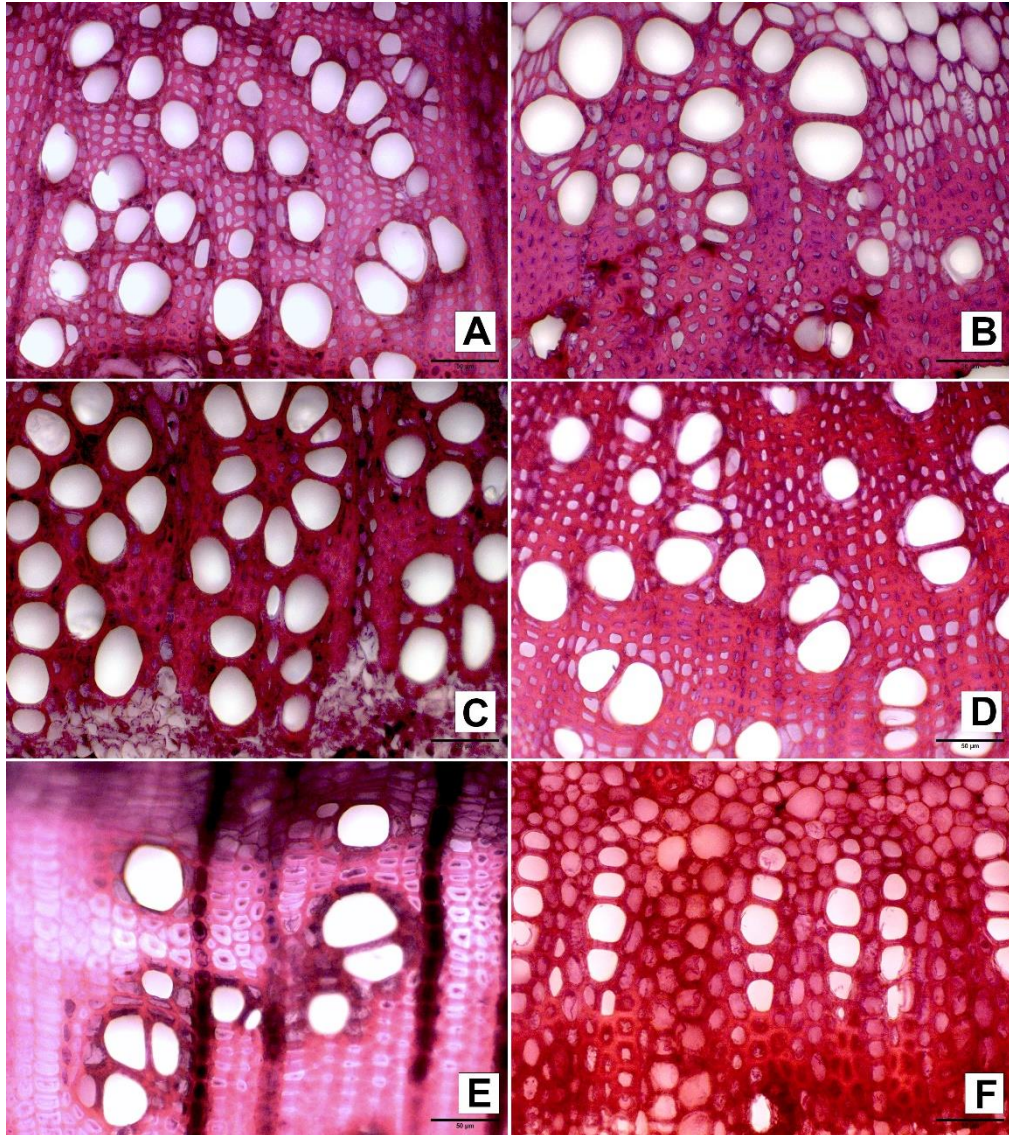


Figura 1: Secção transversal de caules em secundário de *B. dracunculifolia* (A), *C. incurvata* (B), *E. incanus* (C), *M. tristis* (D), *M. brevites* (E), *V. thyrsoides* (F). (Escala: 50µm)

### 3.2. Características Anatômicas quantitativas

Tabela 1: Características estruturais e hidráulicas do xilema secundário

As médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey

<b>Espécies</b>	<b>LVe um</b>	<b>Dt um</b>	<b>A um</b>	<b>VD</b>	<b>VI</b>	<b>MI</b>	<b>Deq mm</b>	<b>Dh</b>	<b>Kp</b>
<i>B. dracunculifolia</i>	229,4198 c	20,991 b	212,292 c	674,8 a	0,034 c	7,931 b	2,34E-04 b	4,32E-04 b	6,92E-05 ab
<i>C. incurvata</i>	285,9974 bc	29,219 ab	722,21 ab	292,6 bc	0,124 abc	36,569 a	4,75E-04 ab	1,07E-03 ab	6,53E-05 ab
<i>M. tristis</i>	313,1741 b	37,025 a	904,089 a	226,6 bc	0,199 ab	62,347 a	4,00E-04 ab	8,32E-04 ab	4,64E-05 b
<i>M. brevites</i>	470,0649 a	26,206 ab	558,889 ab	339,4 ab	0,081 bc	39,330 a	7,17E-04 a	1,96E-03 a	1,71E-04 a
<i>E. incanus</i>	313,3767 b	37,905 a	1049,957 a	119,8 c	0,400 a	126,016 a	6,00E-04 a	1,32E-03 ab	4,22E-05 b
<i>V. thyrsoidea</i>	303,1722 b	31,746 ab	398,670 bc	182,0 bc	0,351 ab	103,682 a	5,23E-04 ab	1,53E-03 ab	3,80E-05 b

Houve diferenças entre as espécies para todos as variáveis analisadas (tab. 1). Quanto aos índices de vulnerabilidade, todas as espécies tiveram valores inferiores a 1, indicando xeromorfia. Para os índices de mesomorfia, apenas *B. dracunculifolia* apresentou valor inferior a 30, indicando verdadeira xeromorfia, entretanto todas as espécies apresentaram valores inferiores a 200. Outras características que apontam xeromorfia são a alta densidade de vasos por milímetro quadrado, menor área dos vasos e alta condutividade hidráulica teórica. Estas observações podem ser explicadas pelo fato de o cerrado possuir, em quase toda sua extensão, uma combinação de condições edáficas e climáticas, tais como solos rasos e baixa disponibilidade de água e nutrientes (Ribeiro; Walter, 2008), que podem resultar em uma vegetação xeromórfica (Velloso et al., 1991). Além disso, as espécies que apresentaram menor valor do diâmetro, possuem alta frequência dos vasos, outra característica típica de ambientes com menor disponibilidade hídrica, aliando, assim eficiência e segurança hídrica (Baas et al. 1983).

Observa-se que para todas as espécies, exceto *B. dracunculifolia* e *C. incurvata*, que são espécies de menor comprimento, as variáveis relacionadas ao diâmetro e área dos vasos foram importantes, este fato indica uma estratégia de aumento da eficiência da condutividade hidráulica por meio do aumento do diâmetro dos elementos de vaso. Entretanto, isto acarreta na diminuição da segurança do transporte hídrico (Baas et al. 2004), resultando em um trade-off, em que a eficiência da condutividade hidráulica de espécies lenhosas, em que o aumento dos diâmetro dos vasos acarreta em uma diminuição da segurança do transporte hídrico, além de conferir maior vulnerabilidade ao embolismo, levando à redução da condução hídrica, implicando no aumento da taxa de crescimento da planta (Jacobsen et al. 2005).

Outra característica importante para a adaptação das espécies estudadas é a condutividade hidráulica teórica. Os valores de  $K_p$  são influenciados tanto pela temperatura como pela precipitação. Em geral, espécies que habitam regiões mais quentes, como as savanas tropicais, possuem valores mais altos de  $K_p$ . Há duas possibilidades para isto ocorrer. Primeiramente, plantas adaptadas a locais mais quentes, tendem a ter altas taxas de transpiração (Yuan et al. 2010) para evitar o superaquecimento (Wright et al. 2017). Outro fator que influencia os valores de  $K_p$  no cerrado é que espécies presentes nestes locais tendem a competir por luz e possuem rápido crescimento, o que sugere altas taxas de fotossíntese e alta capacidade de transporte de água (Apgaua et al. 2017; Chin et al. 2015).

Além do ambiente, o porte das espécies também interfere na eficiência hidráulica das plantas. *E. incanus* e *V. thyrsoidea* apresentaram valores mais altos do diâmetro, baixa

frequência dos vasos e altos índices de vulnerabilidade e mesomorfia. De acordo com Liu et al. (2019), espécies de porte maior possuem maior condutividade hidráulica e são mais vulneráveis a sofrer embolismo. Ainda neste estudo, os autores observaram que as características hidráulicas do xilema apresentam padrão semelhante de altura máxima em diferentes ambientes.

#### 4. Conclusões

Com base nos fatos apresentados acima, pode-se concluir que houve diferenças significativas em todas as variáveis quantitativas estudadas. Observou-se ainda, que as todas as espécies apresentaram características xeromórficas, que são condizentes com ambiente que estão inseridas, bem como estratégias de adaptação para evitar a cavitação de células do xilema.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na qual foi concedida a bolsa de Doutorado da primeira autora.

#### Referências bibliográficas

ALENCAR, A.; SHIMBO, J. Z.; LENTI, f.; MARQUES, C. B.; ZIMBRES, B.; ROSA, M.; ARRUDA, V.; CASTRO, I.; RIBEIRO, J. P. F. M.; VARELA, V.; ALENCAR, I.; PIONTEKOWSKY, V.; RIBEIRO, V.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SANO, E. E.; BARROSO, M. Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform. **Remote Sensing**, v. 12, p.924-947, 2020.

APGAUA, D. M.; TNG, D. Y.; CERNUSAK, L. A.; CHEESMAN, A. W.; SANTOS, R. M.; EDWARDS, W. J.; LAURANCE, S. G. Plant functional groups within a tropical forest exhibit different wood functional anatomy. **Functional Ecology** v.31, n.3, p.582–591, 2017. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12787>

BAAS, P.; WERKER, E. E; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin new series** v.4, p.141-159, 1983

BAAS, P.; EWERS, F. W.; DAVIS, S. D.; WHEELER, E. A. Evolution of xylem physiology. In: Hewsley, A. R.; Poole, I. (eds.) *The evolution of plant physiology*. Elsevier, London, 2004.

CARLQUIST, S. *Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*. Springer-Verlag Press, Germany, 2001.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-04578-7>

CHEN, Y. J.; CAO, K. F.; SCHNITZER, S. A.; FAN, Z. X.; ZHANG, J. L.; BONGERS, F. Water-use advantage for lianas over trees in tropical seasonal forests. *New Phytologist*. v. 205, n.1, p.128–136, 2015. <https://doi.org/10.1111/nph.13036>

ELOY, L.; SCHMIDT, I. B.; BORGES, S. L.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, T. A. Seasonal fire management by traditional cattle ranchers prevents the spread of wildfire in the Brazilian Cerrado. *Ambio*, v.48, n.8, p.890–899, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1118-8>

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. (2015) Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Nature Conservation*. v. 13, p.35–40, 2015  
<https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.04.001>

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F.; DIAS, P. L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*. v. 19, n. 53, p.167–185, 2005.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100011>

HOFFMANN, W. A.; JACKSON, R. B. Vegetation-climate feedbacks in the conversion of tropical savanna to grassland. *Journal of Climate*. v. 13, n. 9, p. 1593–1602, 2000.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)0132.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)0132.0.CO;2)

JACOBSEN, A. L.; EWERS, F. W.; PRATT, R. B.; PADDOCK, W. A. DAVIS, S. D. Do xylem fibers affect vessel cavitation resistance? *Plant physiology*, v. 139, n. 1, p. 546-556, 2005.

JACOBSEN, A. L.; PRATT, R. B.; TOBIN, M. F.; HACKE, U. G.; EWERS, F. W. (2012). A global analysis of xylem vessel length in woody plants. *American Journal of Botany*. v. 99, n. 10, p. 1583–1591, 2012. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200140>

JOHANSEN, D.A. *Plant Microtechnique*. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.

IPCC (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Summary for policymakers*. Available in [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.Pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.Pdf)

LOEPFE, L.; MARTINEZ-VILALTA, J.; PIÑOL, J.; MENCUCCINI, M. The relevance of xylem network structure for plant hydraulic efficiency and safety. *Journal of Theoretical Biology*. v. 247, p. 788–803, 2007

MARCHIORI, J. N.C.; DE MUNIZ, G. I. B. Anatomia do xilema secundário de *Mimosa pilulifera* Benth. **Ciência Florestal**. v. 6, n. 1, p. 65-75, 1997.

MARCON, M. L.; COSTA, C. G. Anatomia da madeira de quatro espécies do gênero *Miconia* Ruiz & Pavón (Melastomataceae). **Rodriguesia**. v. 51, p. 5–20, 2000

MÉNDEZ-ALONZO, R.; PAZ, H.; ZULUAGA, R. C.; ROSELL, J. A.; OLSON, M. E. Coordinated evolution of leaf and stem economics in tropical dry forest trees. **Ecology**, v. 93, n. 11, p. 2397–2406, 2012. <https://doi.org/10.1890/11-1213.1>

METCALFE, C.R.; CHALK, L. Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. Ed. 1. **Clarendon Press**, Oxford, 1950.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. v. 403, p. 853-858, 2000.

DE OLIVEIRA, A. S.; DEBLE, L. P.; MARCHIORI, J. N. C.; DENARDI, L. Anatomia da madeira de duas espécies do gênero *Heterthalamus* Lessing (Asteraceae) nativas no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**. v. 15, n. 1, p. 9-19, 2005.

PENGCHENG, H.; GLEASON, S. M.; WRIGHT, I. J.; WENG, E.; LIU, H.; ZHU, S.; LU, M.; LUO, Q.; LI, R.; WU, G.; YAN, E.; SONG, Y.; MI, X.; HAO, G.; REICH, P. B.; WANG, Y.; ELLSWORTH, D. S.; YE, Q. Growing-season temperature and precipitation are independent drivers of global variation in xylem hydraulic conductivity. **Global Change Biology**. v. 26, n. 3, p. 1833-1841, 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14929>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, SM, Almeida SP & Ribeiro JF (eds). Cerrado: Ecologia e Flora. Vol. 1. Embrapa Cerrados. p. 152-212, 2008

RODRIGUES, T. M.; MACHADO, S. R. Developmental and structural features of secretory canals in root and shoot wood of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae – Caesalpinoideae). **Trees**. v. 23, p. 1013-1018, 2009.

SAJO, M. G.; RUDALL, P.J. Leaf and stem anatomy of Vocchysiaceae in relation to subfamilial and suprafamilial systematics. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 138, p. 339-364, 2002.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.;

SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**. v. 1, n.4, p.13–15, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>

TYREE, M.; ZIMMERMANN, M. Xylem structure and the ascent of sap. New York: Springer-Verlag. 284 p. 2002.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124 p, 1991.

WRIGHT, I. J.; DONG, N.; MAIRE, V.; PRENTICE, I. C.; WESTOBY, M.; DÍAZ, S.; GALLAGHER, R. V.; JACOBS, B. F.; KOOYMAN, R.; LAW, E. A.; LEISHMAN, M. R.; NINEMETS, U.; REICH, P. B.; SACK, L.; VILLAR, R.; WANG, H.; WILF, P.(2017). Global climatic drivers of leaf size. **Science**, v. 357, n. 6354, p. 917–921, 2017. <https://doi.org/10.1126/science.aal4760>

YAMASOE, M. A.; RANDOW, C. V.; MANZI, A. O.; SCHAFER, J. S.; ECK, T. F.; HOLBEN, B. N. Effect of smoke and clouds on the transmissivity of photosynthetically active radiation inside the canopy. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.6, p.1645–1656, 2006. <https://doi.org/10.5194/acp-6-1645-2006>

Yuan, W., Liu, S., Yu, G., Bonnefond, J.-M., Chen, J., Davis, K., ... Verma, S. B. (2010). Global estimates of evapotranspiration and gross primary production based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensing of Environment*, 114(7), 1416–1431. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.01.022>

ZANNE, A. E.; WESTOBY, M.; FALSTER, D. S.; ACKERLY, D. D.; LOARIE, S. R.; ARNOLD, S. E.; COOMES, D. A. Angiosperm wood structure: Global patterns in vessel anatomy and their relation to wood density and potential conductivity. **American Journal of Botany**, v. 97, n. 2, p. 207–215, 2010. <https://doi.org/10.3732/ajb.0900178>

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

### Considerações Finais

Os resultados obtidos mostram que apesar de cada espécie se desenvolver de forma diferente e cada uma possuir suas estratégias de adaptação ao cerrado, os indivíduos apresentaram estruturas em comum, tais como a presença de cutícula espessa, presença de

tricomas e drusas, mesofilo compacto dentre outras. Além disso, observou-se no xilema características consideradas xeromórficas, tais como a alta quantidade de vasos por mm<sup>2</sup>, e menor área dos vasos, que são típicas de espécies adaptadas a ambientes onde pode haver déficit hídrico, como o cerrado. Este trabalho, poderá, no futuro, contribuir com novos estudos a respeito da adaptação de plantas de cerrado frente as mudanças climáticas.

### **Indicadores de Impactos**

#### **Tipos de Impactos:**

sociais  tecnológicos  econômicos  culturais  outros: ambientais

#### **Áreas Temáticas da Extensão:**

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1. Comunicação                | <input checked="" type="checkbox"/> 5. Meio ambiente |
| <input type="checkbox"/> 2. Cultura                    | <input type="checkbox"/> 6. Saúde                    |
| <input type="checkbox"/> 3. Direitos humanos e justiça | <input type="checkbox"/> 7. Tecnologia e produção    |
| <input type="checkbox"/> 4. Educação                   | <input type="checkbox"/> 8. Trabalho                 |

### **Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU impactados**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Erradicação da pobreza                   | <input type="checkbox"/> 10. Redução das desigualdades                        |
| <input type="checkbox"/> 2. Fome zero e agricultura sustentável      | <input type="checkbox"/> 11. Cidades e comunidades sustentáveis               |
| <input type="checkbox"/> 3. Saúde e Bem-estar                        | <input type="checkbox"/> 12. Consumo e produção responsáveis                  |
| <input type="checkbox"/> 4. Educação de qualidade                    | <input checked="" type="checkbox"/> 13. Ação contra a mudança global do clima |
| <input type="checkbox"/> 5. Igualdade de Gênero                      | <input type="checkbox"/> 14. Vida na água                                     |
| <input type="checkbox"/> 6. Água potável e Saneamento                | <input type="checkbox"/> 15. Vida terrestre                                   |
| <input type="checkbox"/> 7. Energia Acessível e Limpa                | <input type="checkbox"/> 16. Paz, justiça e instituições eficazes             |
| <input type="checkbox"/> 8. Trabalho decente e crescimento econômico | <input type="checkbox"/> 17. Parcerias e meios de implementação               |
| <input type="checkbox"/> 9. Indústria, Inovação e Infraestrutura     |   |

### **Impactos sociais, tecnológicos, econômicos e culturais**

A tese em questão aborda impactos relacionados, principalmente, ao meio ambiente. Houve, nos últimos anos um aumento considerável do desmatamento de áreas de cerrado. Portanto, é de extrema importância conhecer as plantas nativas do Brasil, bem como suas estruturas, uma vez que este conhecimento pode ter importância ecológica, mas também farmacológica. Além de fitoterápicos já utilizados pela população, há vários medicamentos da indústria farmacêutica e que foram obtidos a partir de plantas. Conhecer e entender o funcionamento das plantas também é essencial para o momento em que o mundo vive. Há dados bastante relevantes a respeito das mudanças climáticas e entender como as plantas se adaptam ao ambiente em que estão inseridas é primordial para entender suas estratégias de adaptação, e

assim, traçar estratégias de conservação das espécies, bem como do ambiente que vivem. Além disso, este estudo foi realizado em sua totalidade na cidade de Lavras, no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Este local é uma área de preservação localizado em uma área de transição e, portanto, sua vegetação é diversa e engloba vários domínios de vegetação, como cerrado, onde foi realizado este estudo, e mata atlântica. O Parque é um local aberto para visitação da população e convívio com a natureza, sendo importante em vários aspectos, em especial, educação ambiental da população.

### **Social, technological, economic and cultural impacts**

The thesis address impacts mainly related to the environment. In recent years, there has been a considerable increase in the deforestation of cerrado areas. Therefore, it is extremely important to know the native plants of Brazil, as well as their structures, and this knowledge may have ecological but also pharmacological importance. In addition to herbal medicines already used by the population, there are several medicines from the pharmaceutical industry that were obtained from plants. Knowing and understanding how plants work is also essential since the world is living challenging times. There are very relevant data regarding climate change and understanding how plants adapt to the environment in which they are located is essential to understanding their adaptation strategies, and thus, designing conservation strategies for the species, as well as the environment in which they live. Furthermore, this study was carried out in the city of Lavras, in the Quedas do Rio Bonito Ecological Park. This place is a preservation area located in a transition area and, therefore, its vegetation is diverse and encompasses several vegetation domains, such as cerrado, where this study was carried out, and Atlantic forest. The Park is a place open for visitation and interaction with nature, and it is very important in several aspects, especially environmental education for the population.