

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

RAÍSA GONÇALES SILVA

ESTRUTURA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *Leandra* RADDI E *Miconia* RUIZ & PAV.  
(MELASTOMATACEAE) OCORRENTES NOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ

Maringá

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

RAÍSA GONÇALES SILVA

ESTRUTURA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *Leandra* RADDI E *Miconia* RUIZ & PAV.  
(MELASTOMATACEAE) OCORRENTES NOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza

Maringá  
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

Silva, Raísa Gonçalves

S586e        Estrutura foliar de espécies de *Leandra Raddi* e *Miconia Ruiz & Pav.* (Melastomataceae) ocorrentes nos campos gerais do Paraná / Raísa Gonçalves Silva -- Maringá, 2016.

47 f. : il., color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada - Área de Concentração: Interações Orgânicas, 2016.

1. Miconiae. 2. Caracteres Xeromorficos. 3. Estepe-Gramineo-lenhosa. 4. Folha - Gramineo. I. Souza, Luiz Antonio de, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada - Área de Concentração: Interações Orgânicas. III. Título.

CDD 21.ed. 584.9

AHS-002857

# FOLHA DE APROVAÇÃO

RAÍSA GONÇALES SILVA

## ESTRUTURA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *Leandra* RADDI E *Miconia* RUIZ & PAV. (MELASTOMATACEAE ) OCORRENTES NOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza  
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Jonathas Henrique Georg de Oliveira  
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Káthia Socorro Mathias Mourão  
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 26 de fevereiro de 2016.

Local de defesa: Sala 15, Bloco H78, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu professor, orientador e amigo, Dr. Luiz Antonio de Souza, pelos ensinamentos, pela paciência, pelo apoio e pela confiança em mim depositada quando aceitou trabalhar comigo e ajudou a abrir a porta desse novo caminho em minha vida. Foram dois anos de muito trabalho, com sua colaboração e carinho. Obrigada.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada pela estrutura e atenção com seus discentes. Sou grata aos professores do programa pelos ensinamentos que levarei para minha carreira.

Ao Dr. Renato Goldenberg (UFPR), obrigada pela identificação das espécies, foi imprescindível para a realização do trabalho. Obrigada aos funcionários do Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM), pela disposição em auxiliar no preparo dos materiais e a atenção dedicada.

Expresso meus agradecimentos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas (mestrado e produtividade em pesquisa).

Quero deixar um agradecimento especial as minhas amigas de vida e de profissão do Laboratório de Anatomia Vegetal, pelo apoio e atenção que me dedicam dia após dia. Tenho muito carinho por cada uma de vocês, obrigada.

E finalmente, quero agradecer à minha família que sempre me apoiou para que eu não desistisse dos meus sonhos, principalmente à minha mãe, meu exemplo de mulher, de mãe, de amiga, minha guerreira, que me ensina todos os dias como lutar pelo que se sonha, com sua fé inabalável. Te amo dona Dolores.

“A natureza é sábia e justa. O vento sacode as árvores, move os galhos, para que todas as folhas tenham o seu momento de ver o sol.”

Humberto de Campos

## SUMÁRIO

<b>1. CAPÍTULO 1</b> .....	<b>8</b>
1.1.INTRODUÇÃO.....	9
<b>2. CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
2.1.ESTRUTURA FOLIAR DE ESPÉCIES DE <i>LEANDRA</i> RADDI E <i>MICONIA</i> RUIZ & PAV. (MELASTOMATECEAE) OCORRENTES NOS CAMPOS GERAIS.....	16
<b>3. CAPÍTULO 3</b> .....	<b>32</b>
3.1.XEROMORFIA EM ESPÉCIES DE <i>LEANDRA</i> RADDI E <i>MICONIA</i> RUIZ & PAV. (MELASTOMATACEAE) .....	33
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>41</b>
<b>5. ANEXO – NORMAS DA REVISTA</b> .....	<b>42</b>

ESTRUTURA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *Leandra* RADDI E *Miconia* RUIZ & PAV.  
(MELASTOMATACEAE) OCORRENTES NOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ

**RESUMO**

Melastomataceae Juss. é a sétima maior família de angiospermas, apresentando cerca de 4500 espécies dispostas em 170 gêneros. Dentre as nove tribos que a família possui, *Miconieae* Triana é a melhor representada, com 30 gêneros e cerca de 2200 espécies, que compreende os gêneros com maior número de espécies da família, *Miconia* Ruiz & Pav. e *Leandra* Raddi. Ambos são gêneros com muita diversidade, mas também têm alto grau de semelhança entre si, dificultando o reconhecimento e classificação de suas espécies. Esses gêneros ocorrem em abundância nos Campos Gerais do estado do Paraná, sendo bem representativo no Parque Estadual Guartelá (Tibagi), onde foram realizadas coletas de seis espécies, sendo três de cada gênero. O material coletado foi processado para análise em microscópio eletrônico de varredura e microscópio de luz, com o intuito de analisar a anatomia e morfologia da folha. Este estudo buscou ampliar o conhecimento sobre os gêneros *Leandra* Raddi. e *Miconia* Ruiz & Pav., com o intuito de contribuir com caracteres morfoanatômicos para estudos filogenéticos e taxonômicos, ampliando os conhecimentos sobre a tribo *Miconieae* Triana. Alguns caracteres estruturais foliares mostraram-se relevantes na separação de *Leandra* e *Miconia* e de suas espécies, merecendo destaque a morfologia do indumento, a vascularização peciolar, a estrutura do mesofilo e a vascularização da nervura central. As espécies avaliadas quanto às características xeromorfas se enquadram na categoria “drought-evading species”, consideradas plantas que têm capacidade de reduzir a perda de água ou compensar a perda de água, mediante o desenvolvimento de características estruturais especializadas.

**Palavras-chave:** *Miconieae*. Folha. Caracteres xeromórficos. Estepe-gramíneo-lenhosa.



LEAF STRUCTURE SPECIES *Leandra* RADDI. AND *Miconia* RUIZ & PAV.  
(MELASTOMATACEAE) OCCURRING IN GENERAL FIELDS OF PARANÁ

**ABSTRACT**

Melastomataceae Juss. it is the seventh largest family of flowering plants, with about 4,500 species arranged in 170 genera. Among the nine tribes that the family has, *Miconieae* Triana is the best represented, with 30 genera and about 2200 species, comprising the genera with the largest number of species of the family, *Miconia* Ruiz & Pav. and *Leandra* Raddi. Both genera are very diverse, however, with a high degree of resemblance to each other, hindering the recognition and classification of their species. These genera commonly occur in the "Campos Gerais" of the state of Paraná, Brazil, being very representative in Guartelá State Park (Tibagi), in which six species samples were collected being three of each genera. The collected material was processed for analysis in a scanning electron microscope and optical microscope, in order to carry out the survey of morphological and anatomical characters of the leaves. This study aimed to improve the knowledge of *Leandra* and *Miconia*., in order to contribute new morphological and anatomical features sheets for phylogenetic and taxonomic studies, expanding knowledge about *Miconieae* Triana tribe. Leaf structural characters were relevant in the separation of *Leandra* and *Miconia* and their species, with emphasis morphology of indumentum, the petiole vascularization, the mesophyll structure and midrib vascularization. Species evaluated with xeromorphic characteristics may be classified as "drought-evading species", which are considered plants that have the capacity to reduce or compensate water loss through the development of specialized structural features.

**Keywords:** *Miconieae*. Leaf. Xeromorphic characters. Steppe-grassy-woody.

# **CAPÍTULO 1**

## **Introdução**

## 1. Introdução

Melastomataceae Juss. é representada por cerca de 4500 espécies dispostas em 170 gêneros, com distribuição pantropical, com maior concentração nos neotrópicos, onde ocorrem cerca de 2900 espécies (CAMARGO, 2008; MARTINS, 2009). No Brasil a família apresenta aproximadamente 1350 espécies distribuídas em todos os tipos vegetacionais, com exceção da caatinga, sendo que os gêneros *Miconia* Ruiz & Pav., *Leandra* Raddi e *Tibouchina* Aubl. são os mais representativos, demonstrando grande variedade de hábitos e com alto grau de endemismo (ROMERO, 2000; CAMARGO, 2008; GOLDENBERG, BAUMGRATZ, SOUZA, 2012).

As plantas dessa família são facilmente reconhecidas em meio à vegetação devido às características morfológicas que se destacam em relação às outras famílias (ROMERO, 2000). Melastomataceae, em geral, compreende árvores, subarbustos e ervas, raramente lianas ou epífitas, variando de pilosos a glutinosos ou glabros, com folhas simples e filotaxia decussada, a margem vai de inteira a serrada; a nervação é acródroma, com um ou mais pares de nervuras que partem da base e se unem no ápice da lâmina foliar que pode ser plana, revoluta ou carenada, variando de membranácea à coriácea (MARTINS, 2009). Não possuem estípulas; apresentam inflorescências cimosas, terminais ou laterais, raramente flores isoladas, sendo bissexuais, radialmente simétricas a bilaterais, períginas ou epíginas, com estames espessados e anteras poricidas, raramente rimosas; o ovário vai de súpero a ínfero, geralmente com placentação axilar, gerando frutos que podem ser cápsulas loculicidas ou bagas, com sementes pequenas e numerosas (CAMARGO, 2008; MARTINS, 2009; JUDD et al., 2009).

A família apresenta a mais alta diversidade morfológica de tricomas, onde Wurdack (1986) descreveu 46 tipos distintos. A morfologia de tricomas constitui um atributo considerado fundamental na descrição das espécies de Melastomataceae, representando um caráter importante na determinação de espécies de alguns gêneros, mesmo quando se obtém somente o estado vegetativo da planta. (GUIMARÃES, RANGA, MARTINS, 1999).

A família é dividida em nove tribos, com base em análises filogenéticas morfológicas (GOLDENBERG, BAUMGRATZ, SOUZA, 2012), sendo a tribo melhor representada *Miconieae* Triana, com 30 gêneros e cerca de 2200 espécies, dentre as quais, se destacam em número, as pertencentes aos gêneros *Miconia*, com 1000 espécies, seguido por *Leandra*, com 200 espécies, *Clidemia* D. Don, com 150, e *Ossaea* DC com, aproximadamente, 100 espécies (MICHELANGELI et al., 2004; OLIVEIRA, 2007; CAMARGO, 2008).

*Miconia*, o maior gênero de Melastomataceae, compreende arbustos ou árvores com indumento variável (raramente glanduloso) ou glabro, com folhas coriáceas a membranáceas,

pecioladas ou sésseis, com nervação acródroma basal ou suprabasal; panículas terminais, raramente com ramos adicionais axilares; as inflorescências podem ser parciais dicasiais, glomeruladas, espiciformes ou escorpioides; contém brácteas persistentes ou caducas, muitas vezes ainda nos botões; as flores possuem hipanto campanulado a cilíndrico, com cálice simples ou duplo, em geral regularmente lobado e usualmente com lacínias externas pouco conspicuas, persistente ou caduco, e pétalas brancas, raramente rosadas, com ápice arredondado ou retuso, raro apiculado, glabro ou papiloso, ciliado ou não; os estames podem ser dimorfos ou isomorfos, com filetes geralmente glabros, anteras de forma variável, amarelas, brancas ou roxas, uniporosas, raro 2 ou mais poros, ou rimosas; o conectivo é simples ou basalmente prolongado, com ou sem apêndices dorsais ou ventrais; o ovário varia de semi-ífero a ífero, (1)2-5-locular; o fruto é bacáceo, com uma ou várias sementes de formatos piramidais a ovais (BAUMGRATZ, 1980; GOLDENBERG, 2004; MARTINS et al., 2009).

*Leandra*, com cerca de 200 espécies, compreende subarbustos a árvores, raramente lianas ou epífitas; o indumento é variado, sempre com diminutos tricomas glandulares; as folhas geralmente isofilas, pecioladas, em algumas exceções sésseis, a lâmina vai de membranácea a cartácea e, em alguns casos, coriácea, geralmente ciliolada, nervuras acródromas basais ou suprabasais, com domácias às vezes presentes, axilar-primárias; a inflorescência é terminal, às vezes pseudoaxilar, raramente com flores isoladas; apresenta brácteas e bractéolas persistentes ou não; os botões florais vão de agudos a acuminados; as flores são sésseis ou pediceladas, com hipanto tubuloso, campanulado, urceolado, suburceolado ou infundibuliforme, às vezes, obcônico; com cálice gamossépalo, com lacínias geralmente persistentes, as externas conspicuas, internas geralmente reduzidas; as pétalas são reflexas ou eretas, lineares ou triangulares a elípticas, agudas ou acuminadas, frequentemente com apículo dorsal, e glabras; os estames podem ser iguais, subiguais ou de dois tamanhos, filetes glabros, anteras retilíneas ou extrorsamente curvas, uniporosas, com conectivo prolongado ou não abaixo das tecas; o apêndice dorsal é inconspícuo ou ausente; apresenta ovário 1/4-ífero a ífero, raramente livre, com prolongamento apical, glabro ou piloso, 2-6-locular, com estilete glabro ou piloso e estigma puntiforme ou capitado; o fruto é bacáceo roxo-nigrescente, polispérmico, com muitas sementes, que variam de reniformes a piramidais, oblongo-obovadas ou ovadas, ocasionalmente tuberculadas (CAMARGO, 2008; MARTINS et al., 2009).

*Miconia* e *Leandra* têm muita diversidade, mas também apresentam muita semelhança entre si, dificultando o reconhecimento e classificação de suas espécies, tornando

a distinção de *Leandra* em relação às espécies de *Miconia* não muito clara (JUDD et al., 2009). *Miconia* possui dente externo do cálice curto e pétalas com ápice arredondado, enquanto *Leandra* pétalas e botões florais com ápice agudo/acuminado, enquanto as outras características, muito similares, dificultam o reconhecimento e a delimitação dos gêneros (WURDACK, 1962; GOLDENBERG et al., 2005).

*Miconia* apresenta várias dificuldades quanto à identificação, muitas delas fundamentadas em caracteres considerados duvidosos por estarem sujeitos a alterações devido a variações ambientais (BAUMGRATZ, 1980). As variações na estrutura das plantas devido às mudanças no ambiente se expressam principalmente na anatomia e morfologia da folha (GLUZEZAK, 2005). *Miconia sellowiana* Naudin, por exemplo, é uma espécie com ampla distribuição no Brasil, e estudos confirmam que ela tem variações na morfologia foliar e na estrutura do xilema secundário, de acordo com o ambiente que ela ocupa, devido sua alta plasticidade fenotípica (BOSIO, 2008).

Plasticidade fenotípica é a capacidade de expressar diferentes fenótipos a partir da informação de um único genótipo, conforme as variadas condições ambientais onde a espécie se encontra, podendo realizar um ajustamento morfológico e/ou fisiológico ao ambiente, incluindo qualquer tipo de variação fenotípica, sem exigir mudanças genotípicas, tornando essa capacidade de desenvolver respostas a diferentes condições ambientais essencial para garantir a sobrevivência das plantas e para aumentar a sua aptidão em ambientes instáveis ou heterogêneos, facilitando a ocupação de novos nichos que resulta no aumento da tolerância ambiental (BOSIO, 2008; BOEGER et al., 2008; BAESSE, TOLENTINO, MELO, 2014). Bedetti et al. (2011) realizaram um estudo com a espécie *Miconia albicans* Triana, em que também foi possível constatar variações na morfologia e anatomia foliar em diferentes fitofisionomias, sob a ação de fatores abióticos.

A folha é um dos principais órgãos estudados como indicadores ambientais, pois apresenta muitas variações estruturais de acordo com o ambiente (BOEGER et al., 2008). É um órgão muito importante, responsável por inúmeras funções vitais, que responde de diferentes maneiras a fatores externos, como a disponibilidade de água, concentração de nutrientes no solo, relevo, clima e outros (DICKISON, 2000; BOEGER et al., 2008; TAIZ, ZEIGER, 2013).

As espécies de *Leandra* se distribuem desde o México e Antilhas até o Sul do Brasil e Argentina. (BAUMGRATZ, SOUZA, 2005). *Miconia* ocorre desde o sul do México até o Norte da Argentina e Uruguai (MARTINS et al., 2009). Esses gêneros ocorrem em abundância nos Campos Gerais do estado do Paraná, sendo bem representados no Parque

Estadual Guartelá (Tibagi), onde são observadas cerca de 19 espécies (CERVI et al., 2007; RITTER, RIBEIRO, MORO, 2010; MAIA, GOLDENBERG, 2014).

Dessa forma, para a taxonomia e filogenia, estudos das características anatômicas e morfológicas destes dois grupos são importantes, gerando dados de alto valor para caracterização e identificação das espécies. Este estudo objetiva descrever e comparar a anatomia e morfologia foliar de três espécies de *Miconia* e de três espécies de *Leandra*, para colaborar com sua identificação e indicar características xeromórficas que essas espécies possam possuir no ambiente de Campos Gerais, contribuindo para estudos ecológicos e de conservação das espécies.

## 2. Referências

- BAESSE, C. Q.; TOLENTINO, V. C. M.; MELO, C. Phenotypic plasticity in *Miconia albicans* (Sw.) Triana (MELASTOMATACEAE) between forest and cerrado áreas at the Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, in Goiás. **International Journal of Science Commerce and Humanities**, v. 2, n. 4, 2014.
- BAUMGRATZ, J. F. A. Miconias do município do Rio de Janeiro, seção *Miconia* DC. (Melastomataceae). **Rodriguésia**, n. 32, p. 73-95, 1980.
- BAUMGRATZ, J. F. A.; SOUZA, M. L. D. Duas novas espécies de *Leandra* Raddi (Melastomataceae) para o Estado de São Paulo, Brasil. **Acta botânica brasílica**. v. 19, n. 3, p. 573-578, 2005.
- BEDETTI, C. S. et al. Abiotic factors modulate phenotypic plasticity in an apomictic shrub [*Miconia albicans* (SW.) Triana] along a soil fertility gradient in a Neotropical savanna. **Australian Journal of Botany**, n.59, p. 274–282, 2011.
- BOEGER, M. R. T. et al., Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 3, p 443-452, 2008.
- BOSIO, F. **Variação na estrutura do xilema secundário de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em três fitofisionomias no estado do Paraná, Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- CERVI, A. C. et al. **A Vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, Município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil.** Curitiba: Boletim do Museu Botânico Municipal, n. 69, 2007.
- CAMARGO, E. A. **O gênero *Leandra*, seções *Carassanae*, *Niangae* e *Secundiflorae* (Melastomataceae) no Paraná.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy.** San Diego: Harcourt Academy, 2000.
- GLUZEZAK, R. M. **Morfoanatomia foliar de *Miconia sellowiana* Naudin (Melastomataceae) em diferentes formações vegetacionais no estado do Paraná, Brasil.** Dissertação (mestrado), Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- GOLDENBERG, R. O gênero *Miconia* (Melastomataceae) no Estado do Paraná, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 18, n. 4, p 927-947, 2004.
- GOLDENBERG, R. et al. *Clidemia*, *Ossaea* e *Pleiochiton* (Melastomataceae) no estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 32, n. 3, p. 453-466, 2005.
- GOLDENBERG, R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; SOUZA, M. L. D. R. Taxonomia de Melastomataceae no Brasil: retrospectiva, perspectivas e chave de identificação para os gêneros. **Rodriguésia** (Online), v. 63, p. 145-161, 2012.

GUIMARÃES, P. J. F.; RANGA, N. T.; MARTINS, A. B. Morfologia dos Tricomas em *Tibouchina* sect. *Pleroma* (D. Don) Cogn. (Melastomataceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 4, 1999.

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

MAIA, F. R. da, GOLDENBERG, R. Melastomataceae from the “Parque Estadual do Guartelá”, Tibagi, Paraná, Brazil: Species list and field guide. **Check List**, v. 10, n. 6, p. 1316-1323, 2014.

MARTINS, A. B. et al. Melastomataceae. In: M. G. Wanderley et al. (Org.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo** – Coordenadora. Melastomataceae. 1ªed. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 6, p. 1-167, 2009.

MICHELANGELI, F. A. et al. A preliminary phylogeny of the tribe Miconieae (Melastomataceae) based on nrITS sequence data and its implications on inflorescence position. **Taxon**, v. 53, n. 2, p. 279-290, 2004.

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

RITTER, L. M. O.; RIBEIRO, M. C.; MORO, R. S. Composição florística e fitofisionomia de remanescentes disjuntos de Cerrado nos Campos Gerais, PR, Brasil – limite austral do bioma. **Biota Neotropica**, vol. 10, n. 3, 2010.

ROMERO, R. **A família Melastomataceae no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil**. Tese (Doutorado). Campinas, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

WURDACH, J. J. Melastomataceae of Santa Catarina. **Sellowia**, v. 14 p. 109-217, 1962.

WURDACH, J. J. Atlas of hairs for neotropical Melastomataceae. **Smithsonian Contributions to Botany**, n. 63, p. 1-80, 1986.



## CAPÍTULO 2

### **ESTRUTURA FOLIAR DE ESPÉCIES DE *LEANDRA* RADDI E *MICONIA* RUIZ & PAV. (MELASTOMATACEAE) OCORRENTES NOS CAMPOS GERAIS, BRASIL**

Raísa Gonçalves Silva  
Luiz Antonio de Souza

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico  
*Brazilian Journal of Botany*.

## **Estrutura foliar de espécies de *Leandra* Raddi e *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomateceae) ocorrentes nos Campos Gerais, Brasil**

Raísa Gonçalves Silva<sup>1</sup> - Luiz Antonio de Souza<sup>1</sup>

### **Resumo**

*Miconia* Ruiz & Pav. e *Leandra* Raddi, apesar da grande diversidade de espécies, revelam, entretanto, alto grau de semelhança entre si, dificultando seu reconhecimento e identificação. A literatura mostra que o indumento foliar é boa ferramenta para identificação das espécies. O presente trabalho, teve como objetivo a análise comparativa estrutural das folhas de seis espécies de *Leandra* e *Miconia*. As plantas foram coletadas no Parque Estadual Guartelá, fixadas em FAA 50 e conservadas em álcool 70%. O material foi emblocado em historresina Leica e seccionado em micrótomo de rotação. Foram feitas, ainda, análise em microscopia eletrônica de varredura e em microscópio estereoscópio. Os resultados demonstraram que caracteres estruturais foliares são relevantes na separação dos gêneros *Leandra* e *Miconia* e de suas espécies, merecendo destaque os caracteres da morfologia do indumento, a vascularização peciolar e a vascularização da nervura central.

**Palavras-chave:** limbo; pecíolo; apêndice epidérmico; *Miconieae*.

### **Introdução**

Melastomataceae compreende nove tribos, com base em análises filogenéticas morfológicas (Goldenberg et al. 2012), destacando-se *Miconieae* Triana com 30 gêneros e cerca de 2200 espécies, onde merecem destaque, pelo número de espécies, os gêneros *Miconia* Ruiz & Pav., que conta com 1000 espécies, e *Leandra* Raddi com 200 espécies (Michelangeli et al. 2004, Oliveira 2007, Camargo 2008).

*Miconia* e *Leandra*, apesar de sua diversidade em espécies, revelam, entretanto, muita semelhança entre si, dificultando seu reconhecimento e identificação (Judd et al. 2009). A literatura mostra que as características foliares, como o indumento e a venação foliar, são boas ferramentas para identificação de espécies; dessa forma, as folhas de *Miconia* são glabras ou apresentam indumento variável (raramente glanduloso), são coriáceas a

✉ Raísa Gonçalves Silva  
[raisagoncales5@gmail.com](mailto:raisagoncales5@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá - Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada  
Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR, Bloco G80, Sala 110.

membranáceas, pecioladas ou sésseis, com nervação acródroma basal ou suprabasal; *Leandra*, por sua vez, possui indumento variado, sempre com diminutos tricomas glandulares, com folhas geralmente isofilas, pecioladas, eventualmente sésseis, com lâmina que varia de membranácea a cartácea e, em alguns casos, coriácea, geralmente ciliolada, com nervuras acródromas basais ou suprabasais (Baumgratz 1980, Goldenberg 2004, Camargo 2008, Martins et al. 2009).

Os gêneros de Melastomataceae, selecionados para estudo, são bem representados em formações campestres e a literatura mostra que essas formações, apesar de sua importância ambiental, apresentam nível de proteção inferior a 0,3%, podendo ser consideradas como área continental mais ameaçada (Cervi et al. 2007)

Com a intenção de proporcionar aumento no conhecimento da anatomia e morfologia foliar, este trabalho objetiva a análise comparativa estrutural das folhas de seis espécies de *Leandra* e *Miconia*, com a finalidade de contribuir com informações que possam auxiliar na preservação da vegetação campestre, altamente ameaçada de extinção, e identificar caracteres estruturais que sejam úteis na identificação das espécies de ambos os gêneros de Melastomataceae.

## Material e métodos

Foram selecionadas seis espécies, sendo três de cada gênero, que estão listadas na Tabela 1, com informações respectivas de registro de herbário (Herbário da Universidade Estadual de Maringá, HUEM) e identificador geográfico. Todas as espécies foram coletadas no Parque Estadual do Guartelá que se localiza no município de Tibagi, situado na região dos Campos Gerais na porção centro-leste do Estado do Paraná, Brasil, sob as coordenadas geográficas 24° 34' de latitude Sul e 50°14' de longitude Oeste, abrangendo uma área de 798,9748 ha. (IAP 2002).

**Tabela 1** Registro HUEM e localização geográfica das espécies em estudo.

Espécie	Registro em Herbário	Localização geográfica
<i>L. aurea</i> Cogn.	24939	24°33'56,8" S 50°15'27,2" W
<i>L. polystachia</i> Cogn.	24944	24°33'48,2" S 50°15'18,1" W
<i>L. sericea</i> DC.	24949	25°13'23,6" S 50°02'19,9" W
<i>M. albicans</i> Triana.	24943	24°33'43,0" S 50°15'26,5" W
<i>M. hyemalis</i> A. St.-Hill. & Naudin	24941	24°33'43,1" S 50°15'29,0" W
<i>M. ligustroides</i> Naudin.	24927	24°34'09,1" S 50°15'37,9" W

As folhas foram descritas morfológicamente, utilizando-se terminologia de Rizzini (1977). A análise anatômica foi feita em folhas fixadas em FAA 50 e conservadas em etanol 70% (Johansen 1940). Em sequência, fragmentos das regiões apical, média e basal do limbo, e pecíolo foram emblocados em historresina Leica (Guerrits 1991), seccionados transversalmente em micrótomo de rotação e corados em azul de toluidina (O'Brien et al. 1964). Seções transversais das folhas à mão livre também foram realizadas com lâmina de barbear e corados com safranina e azul de astra.

A epiderme foliar foi dissociada em ácido nítrico e ácido crômico (1:1) (Johansen 1940) e corada com safranina e azul de astra. O indumento da epiderme do limbo das espécies foi descrito de acordo com o atlas de tricomas de Wurdack (1986). O padrão de venação foi investigado e descrito em folhas diafanizadas em hidróxido de sódio, e coradas com solução aquosa de fucsina (Kraus e Arduin 1997), conforme terminologia adotada por Hickey (1979).

A análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi feita em folhas fixadas em glutaraldeído, desidratadas em série etílica e, em seguida, secas em secador de ponto crítico Baltec CPD 030, utilizando-se de CO<sub>2</sub> (Horridge e Tamm 1969). Em seguida, as amostras foram montadas sobre suportes de alumínio e cobertas com uma camada de ouro de 30 a 40 nm em aparelho Shimadzu IC-50. A análise ultraestrutural foi feita em microscópio modelo Shimadzu SS 550, com as escalas das micrografias eletrônicas diretamente impressas nas mesmas.

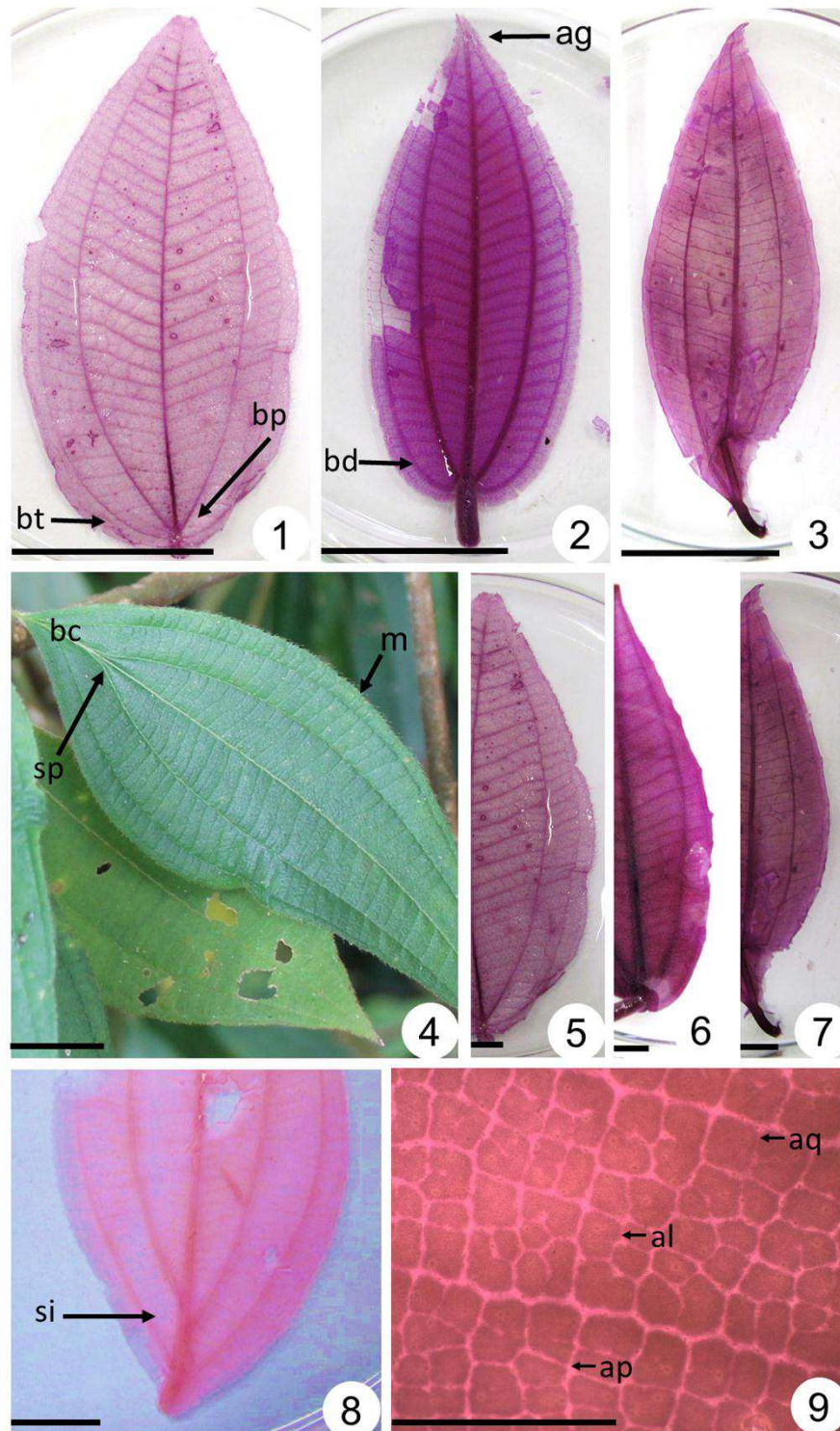
## Resultados

### Morfologia foliar

As características morfológicas encontram-se comparadas na tabela 2. As folhas de *Leandra* têm limbo de formato lanceolado-ovado (fig. 1), enquanto as folhas de *Miconia* possuem pequena variação no formato, sendo oblongo-lanceolado em *M. albicans* e *M. hyemalis* (fig. 2) e apenas lanceolado em *M. ligustroides* (fig. 3). O ápice foliar é agudo nas espécies de ambos os gêneros, mas a base (fig. 1-3) e margem foliares (fig. 4-7) têm formato variável. A venação é acródroma basal perfeita em ambos os gêneros, com exceção de *L. sericea* que é acródroma suprabasal perfeita/imperfeita (fig. 4 e 8). O formato da aréola sofre pouca variação nas espécies (fig. 9).

**Tabela 2** Caracteres morfológicos foliares das seis espécies de *Miconieae*.

Espécies	Forma do limbo	Ápice	Margem	Base	Venação	Aréola
<i>L. aurea</i>	Lanceolada-Ovada	Agudo	Serrilhada	Cordada	Acródroma basal perfeita	Fechado pentagonal / quadrangular
<i>L. polystachia</i>	Lanceolada-Ovada	Agudo	Crenulada	Obtusa	Acródroma basal perfeita	Fechado pentagonal / quadrangular
<i>L. sericea</i>	Lanceolada-Ovada	Agudo	Serrilhada	Cuneada	Acródroma suprabasal perfeita / imperfeita	Fechado triangular / quadrangular
<i>M. albicans</i>	Oblongo - lanceolada	Agudo	Crenulada	Cordada	Acródroma basal perfeita	Fechado pentagonal / quadrangular
<i>M. hyemalis</i>	Oblongo - lanceolada	Agudo	Dentada (dist. Esparsa)	Obtusa	Acródroma basal perfeita	Fechado pentagonal / poligonal
<i>M. ligustroides</i>	Lanceolada	Agudo	Inteira	Cuneada	Acródroma basal perfeita	Fechado quadrangular / pentagonal / poligonal



**Figuras 1 a 9. Morfologia foliar.** – 1. *L. polystachia*, lanceolada-ovada (3cm); 2. *M. albicans*, oblongo-lanceolada (3cm); 3. *M. ligustroides*, lanceolada (2cm). **Margem** – 4. *L. sericea*, serrilhada (1cm); 5. *L. polystachia*, crenulada (0,5cm); 6. *M. hyemalis*, dentada (0,5cm); 7. *M. ligustroides*, inteira (0,5cm). 8. *L. sericea*, venação acródroma suprabasal imperfeita (1cm). 9. **Aréolas** – *M. hyemalis*, aréola fechada (0,2cm). (m= margem; bc= base cuneada; bt=base obtusa; bd=base cordada; ag= ápice agudo; bp= venação acródroma basal perfeita; sp= venação acródroma suprabasal perfeita; si= venação acródroma suprabasal imperfeita; aq=aréola quadrangular; al= aréola poligonal )

### Anatomia foliar

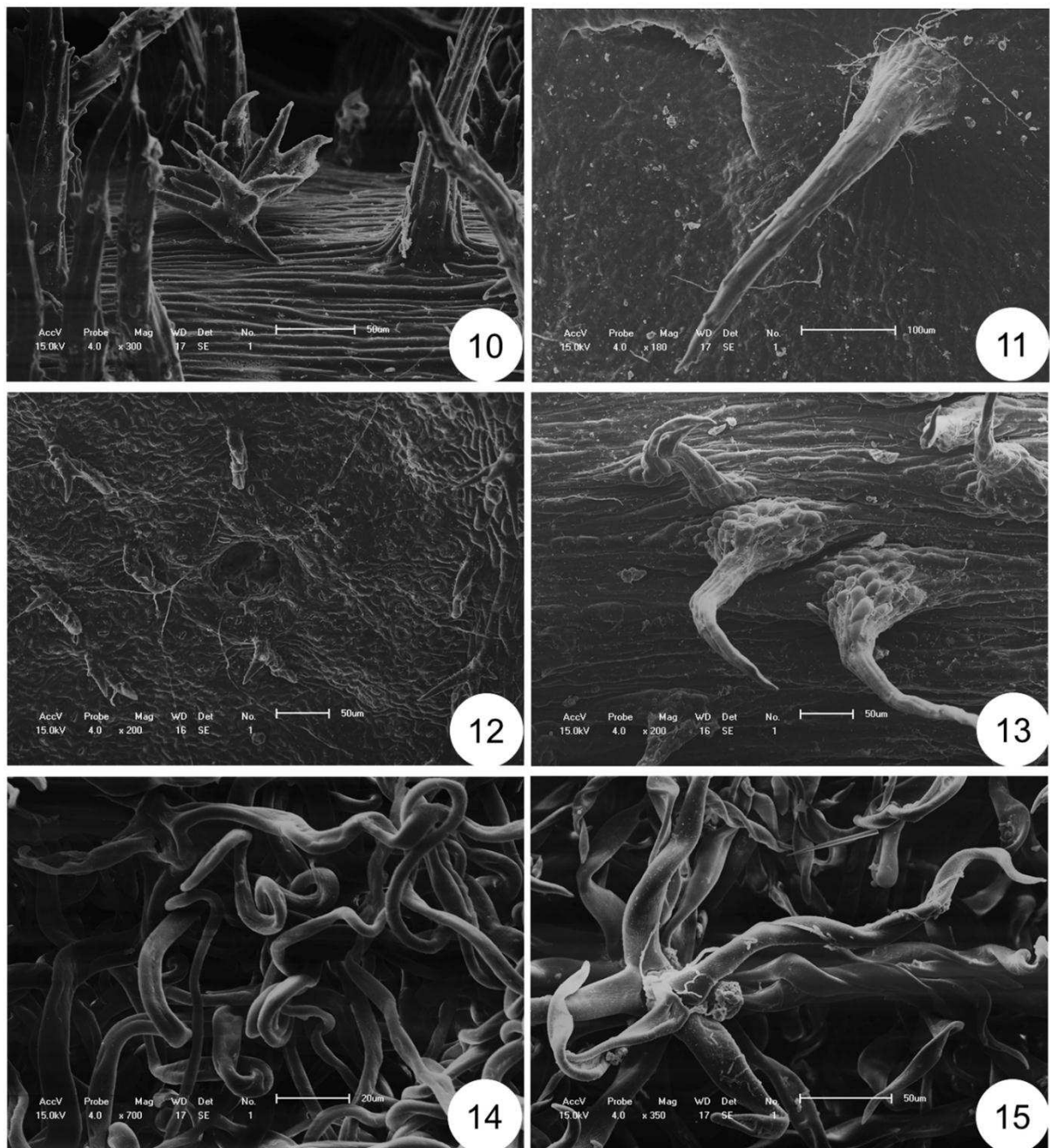
Indumento do limbo – A face adaxial epidérmica é tricomatosa em *Leandra*, glabrescente em *M. albicans* e *M. hyemalis*, e glabra em *M. ligustroides*. Por outro lado, na face abaxial da epiderme de todas as espécies ocorrem tipos variados de tricomas, exceto em *M. ligustroides* que é glabra (Tabela 3).

Nas três espécies de *Leandra*, ocorrem tricomas não glandulares, pluricelulares, longos, de formato cônico (fig. 11), cujas células superficiais alongadas têm ápice livre mais ou menos proeminente, afilado ou arredondado. Estes tricomas cônicos podem ser mais longos, finos e flexíveis em *L. sericea* (fig. 13). Outros tricomas que são frequentes nas três espécies de *Leandra* são mistos (fig. 12), que têm estrutura glandular e não-glandular; eles têm pedúnculo curto (eventualmente sésseis), com células estreitas, ou pedúnculo mais longo em *L. sericea*, que possuem um ou mais ramos celulares de ápice afilado e paredes mais espessas, e ramos glandulares de ápice espatulado, de paredes delgadas, pluricelular em *L. aurea* e *L. polystachia*, e pluricelular/unicelular em *L. sericea*. Ainda podem ocorrer nas três espécies de *Leandra* tricomas dendríticos (fig. 10) mais longos ou curtos, que podem ou não ser mistos (Tabela 3).

Tricomas vermiformes (fig. 14 – 15) foram observados na face abaxial de *M. albicans* e *M. hyemalis*, constituindo cada um por quatro filamentos tubulares longos e flexíveis. Nestas espécies ocorrem outro tipo de tricoma não glandular bisseriado, sendo o da primeira espécie com células alongadas e em *M. hyemalis* com células basais curtas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Tipos de indumento e tricomas.

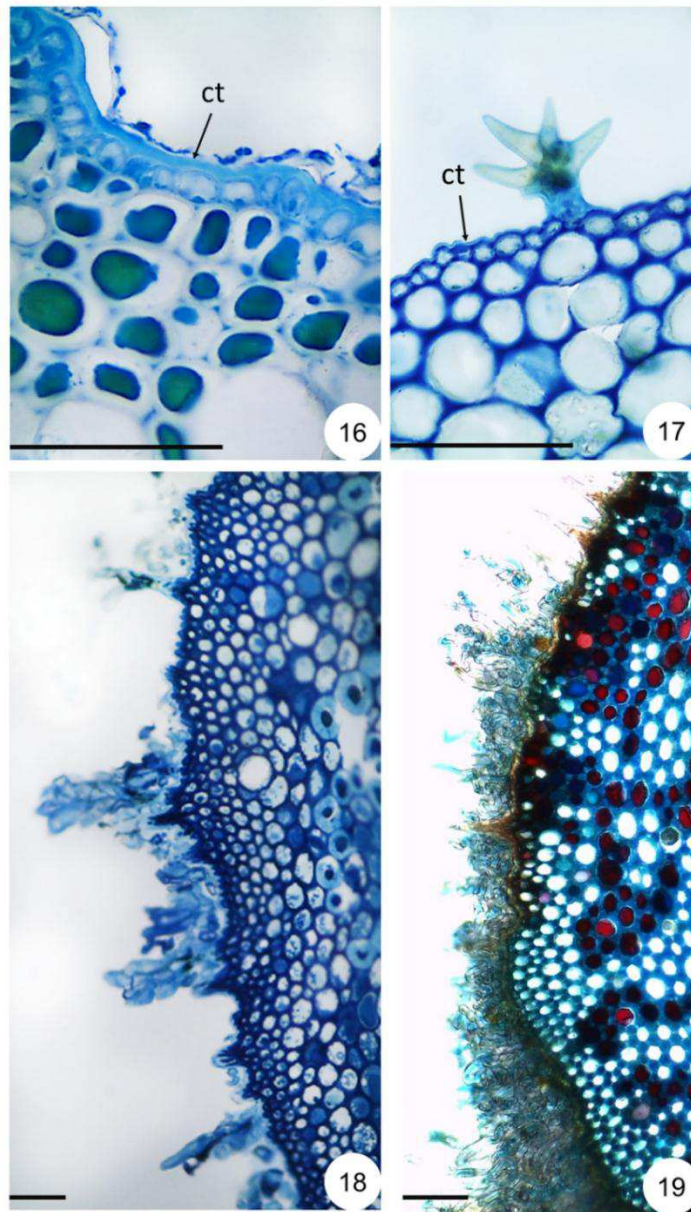
Espécie	Indumento da face adaxial	Indumento da face abaxial	Tricomas
<i>L. aurea</i>	Tricomatoso	Tricomatoso	Cônico / misto / dendrítico
<i>L. polystachia</i>	Tricomatoso	Tricomatoso	Cônico / misto / dendrítico
<i>L. sericea</i>	Tricomatoso	Tricomatoso	Cônico / misto / dendrítico
<i>M. albicans</i>	Glabrescente	Tricomatoso	Vermiforme / não glandular
<i>M. hyemalis</i>	Glabrescente	Tricomatoso	Vermiforme / não glandular
<i>M. ligustroides</i>	Glabro	Glabro	Não possui



**Figuras 10 – 15 Tipos de tricomas na face abaxial da epiderme.** 10. *L. aurea* - Dendrítico. 11. *L. polystachia* - Cônico. 12. *L. polystachia* - Misto. 13. *L. sericea* - Cônico. 14. *M. albicans* e 15. *M. hyemalis* - Vermiforme. (Análise realizada em MEV)

Pecíolo - Os pecíolos das espécies aqui analisadas têm epiderme unisseriada revestida por cutícula espessa (fig. 16), exceto em *L. polystachia* que possui cutícula delgada (fig. 17). A epiderme é tricomatosa em todas as espécies (fig. 18), com exceção de *M. ligustroides* que é glabra (fig. 16). *Miconia albicans* e *M. hyemalis* diferem das espécies de *Leandra* por apresentarem maior quantidade e tipos diversos de tricomas (fig. 19).

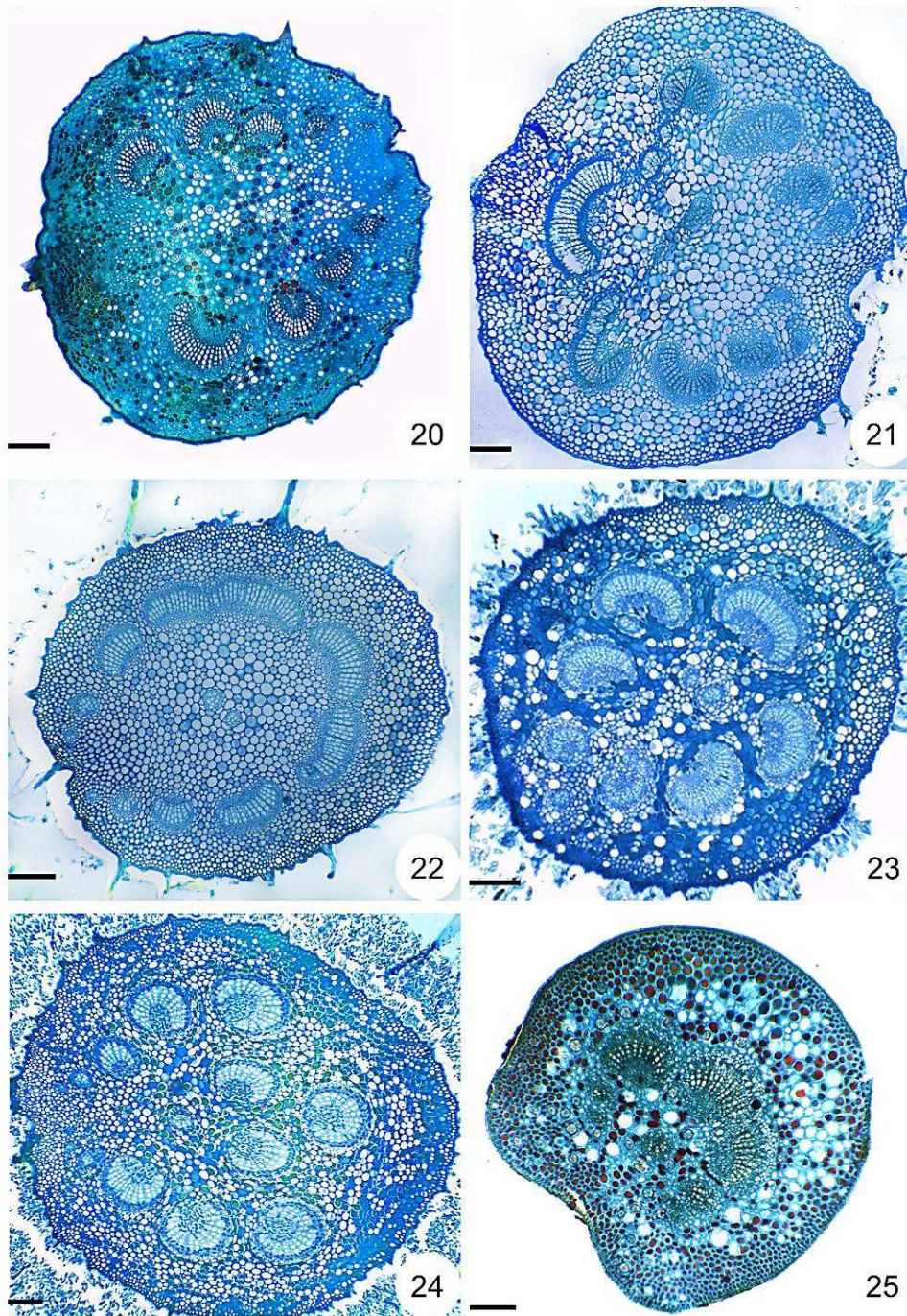




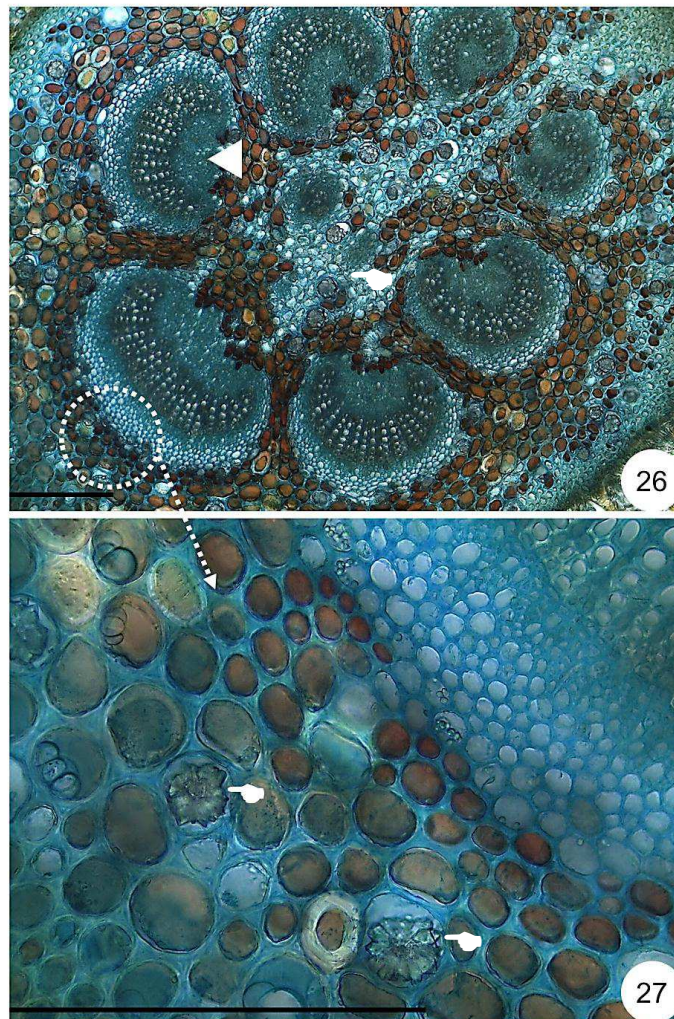
**Figuras 16 – 19. Epiderme unisseriada dos pecíolos.** 16. *M. ligustroides*: Epiderme glabra com cutícula espessa. 17. *L. polystachia*: Cutícula delgada. 18. *L. aurea*: Epiderme tricomatosa. 19. *M. albicans*: Maior variedade e abundância de tricomas. (1 $\mu$ m; ct= cutícula).

O córtex, medula e tecido interfascicular do pecíolo nas espécies de *Miconia* têm natureza colenquimática, ficando o parênquima mais restrito e adjacente aos feixes vasculares (fig. 23-25). Células com drusas ocorrem neste colênquima em todas as espécies (fig. 27). As regiões cortical, medular e interfascicular de *Leandra* são semelhantes às de *Miconia*, mas os espaços intercelulares são mais pronunciados na medula e porção interfascicular nos pecíolos de *Leandra*. A vascularização peciolar é feita nas espécies de ambos os gêneros por vários feixes que podem ser colaterais, bicolaterais e concêntricos anficrivais (fig. 26-27). O número e o calibre dos feixes variam nas espécies estudadas, localizando-se na face abaxial, em geral, os feixes de maior calibre. Elas apresentam de cinco a 11 feixes em *L. sericea* (fig. 22), 10 a

12 em *L. aurea* (fig. 20) e *L. polystachia* (Fig. 21), 10 a 12 em *M. albicans* (fig. 24), sete a 10 em *M. hyemalis* (fig. 23), e em *M. ligustroides* há um feixe central de grande porte e feixes de menor calibre na face adaxial (fig. 25); nas espécies *M. albicans* e *M. hyemalis* ocorrem também quatro e dois feixes vasculares medulares, respectivamente (fig. 23-24). Feixe vascular cortical foi observado apenas em *M. hyemalis* (fig. 23).



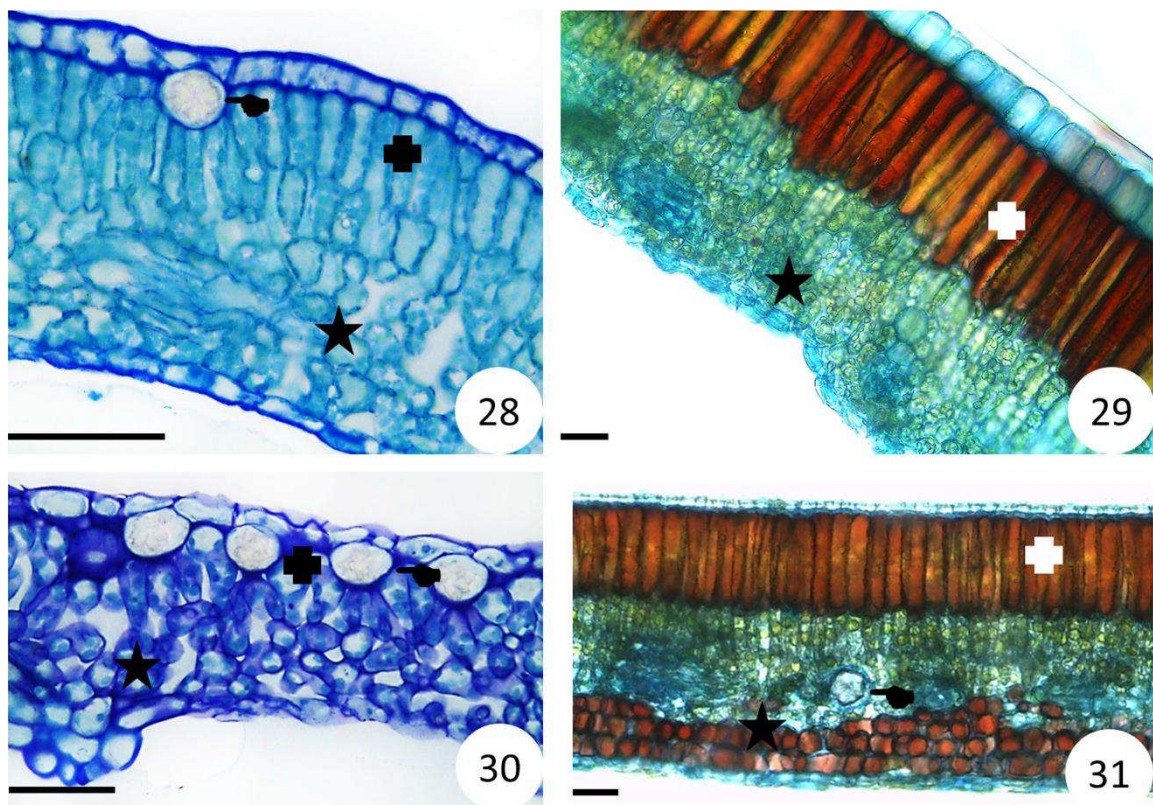
**Figuras 20 – 25. Seção transversal dos pecíolos, evidenciando os tecidos fundamentais e de condução. 20. *L. aurea*. 21. *L. polystachia*. 22. *L. sericea*. 23. *M. hyemalis*. 24. *M. albicans*. 25. *M. ligustroides* (2 $\mu$ m).**



**Figura 26 e 27. Seção transversal do pecíolo de *M. hyemalis*.** Aspecto geral dos feixes vasculares anficrivais. 27. Detalhe do córtex edidenciando idioblastos com drusas (2 $\mu$ m; ◀= feixe anficrival; ▶= idioblasto com drusa).

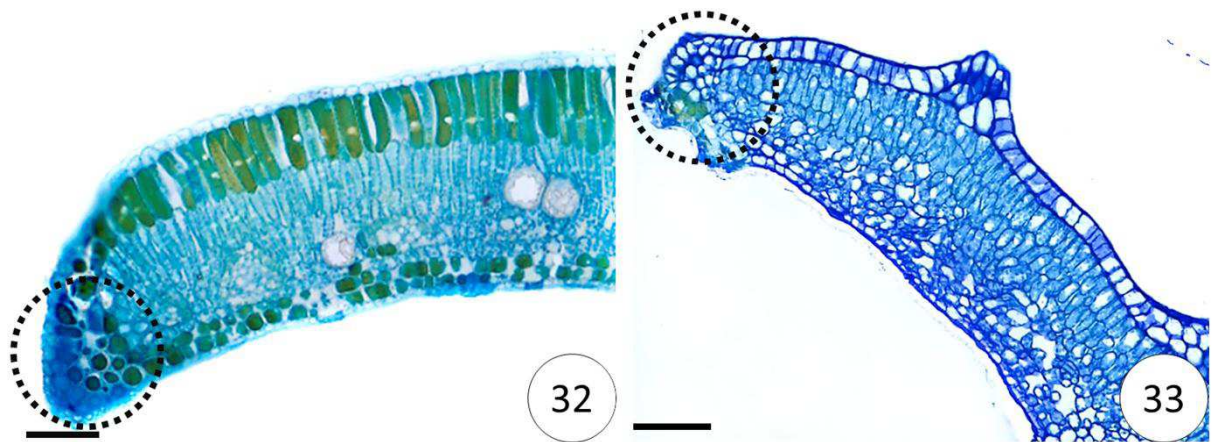
Limbo – A epiderme é unisseriada, com cutícula relativamente fina nas espécies de *Leandra* e espessa nas folhas de *Miconia*; hipostomática em todas as espécies investigadas (fig. 28-31).

O mesofilo é dorsiventral em todas as espécies analisadas, variando o número de estratos de parênquimas paliçádico e esponjoso (fig. 28-31). Na região média do limbo, o número de estratos de parênquima paliçádico variou de dois a quatro, com exceção de *L. sericea* que mostrou apenas uma camada deste parênquima (fig. 30). O parênquima esponjoso apresentou variação de dois a seis estratos celulares, sendo o maior número observado em *L. polystachia* (seis) (fig. 28) e *M. ligustroides* (cinco) (fig. 31). No mesofilo de *Leandra* e *Miconia* ocorrem idioblastos com drusas, como se verifica no parênquima paliçádico e esponjoso das espécies analisadas (fig. 28-31).



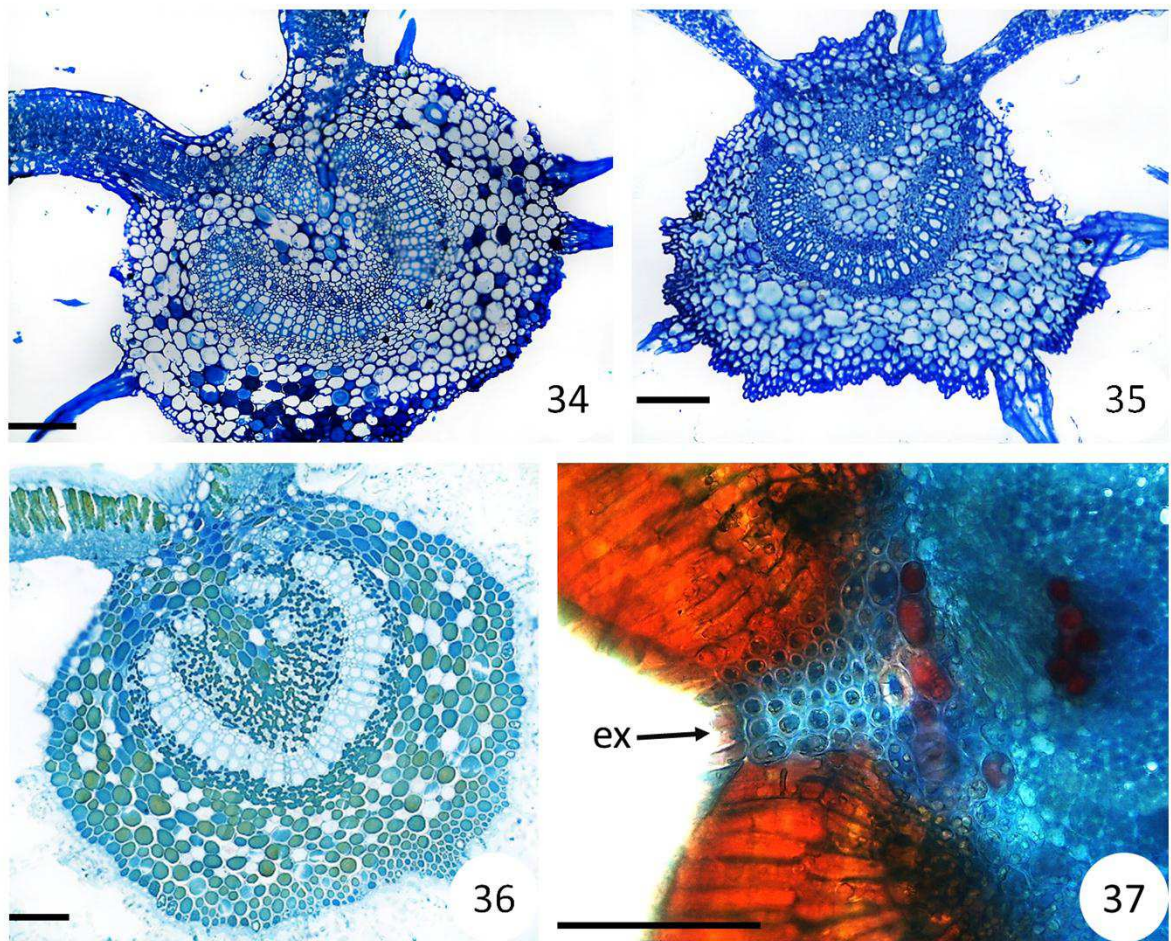
**Figura 28 e 30. Seção transversal do limbo.** 28. *L. polystachia* (1 $\mu$ m). 29. *M. albicans* (0,5 $\mu$ m). 30. *L. sericea* (1 $\mu$ m). 31. *M. ligustroides* (0,5 $\mu$ m) (★= parênquima esponjoso; + = parênquima paliçádico; ➤= idioblasto com drusa).

O bordo foliar é formado, em geral, por células parenquimáticas de contorno mais ou menos arredondado, mas em *L. polystachia* há cordão colenquimático (fig. 33) e em *M. ligustroides* as células do bordo são colenquimatosas (fig. 32). O mesofilo pode ter estrutura semelhante à região média no ápice (*L. aurea*, *L. polystachia*, *M. hyemalis* e *M. ligustroides*) e na base foliar (*L. polystachia*, *M. albicans* e *M. hyemalis*), mas no ápice de *L. sericea* as células do parênquima paliçádico são mais largas e em *M. albicans* o mesofilo pode ser homogêneo formado somente por parênquima paliçádico. Na base foliar também foi verificada variação estrutural em *L. aurea*, com menos estratos de parênquima paliçádico e células mais largas, em *L. sericea* com células mais largas no parênquima paliçádico, e em *M. ligustroides* que tem base desprovida de dorsiventralidade, observando-se tecidos colenquimático e parenquimático.

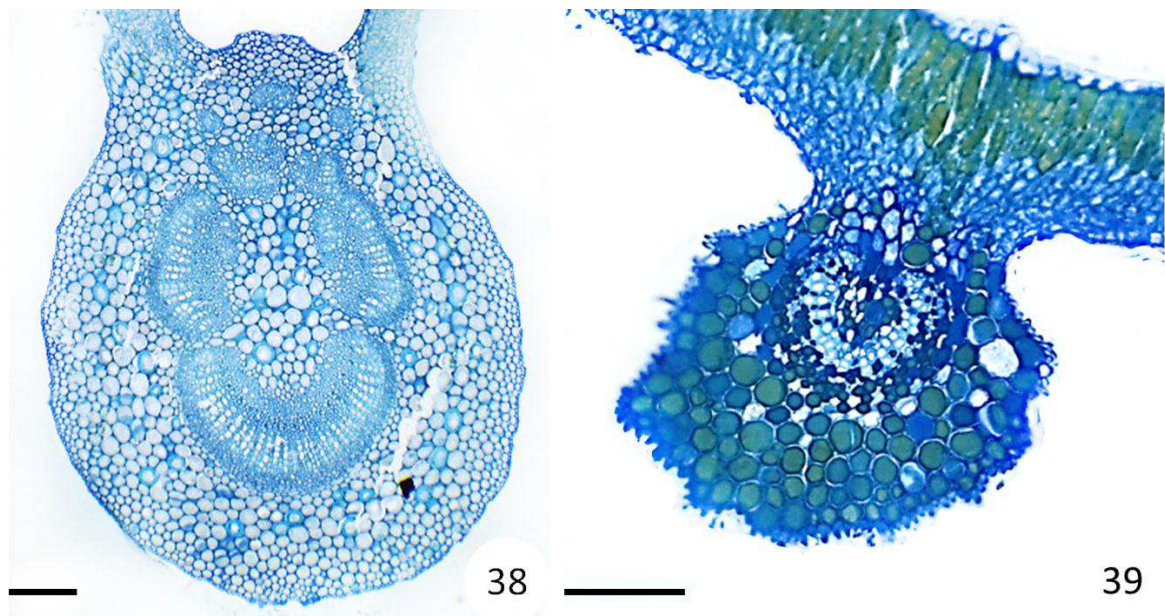


**Figuras 32 – 33. Seção transversal do bordo foliar.** 32. *M. ligustroides*, em detalhe, células colenquimatosas. 33. *L. polystachia*, em detalhe, cordão colenquimático. (1 $\mu$ m).

A nervura central consiste basicamente de epiderme, colênquima subepidérmico, parênquima, onde podem ocorrer idioblastos com drusas e fibras isoladas, e feixes vasculares que podem ser colaterais sob forma de U, V ou circular, e concêntricos anficrivais (fig. 34-36). O número e o calibre de feixes vasculares podem variar entre as espécies, registrando-se na região média do limbo apenas um feixe (*M. albicans* e *M. hyemalis*, fig. 36), dois feixes, sendo um central, de maior porte, e outro de menor dimensão localizado na face adaxial da nervura (*L. aurea*, *L. polystachia* e *M. ligustroides*, fig. 34), e três feixes, em que há um central de maior porte e dois menores situados na porção adaxial (*L. sericea*, fig. 35). Na base do limbo a nervura central apresenta maior número de feixes vasculares, podendo se assemelhar ao pecíolo (fig. 38). No ápice da nervura central de todas as espécies ocorre somente um feixe vascular (fig. 39). Extensão da bainha do feixe foi observada apenas na folha de *M. hyemalis* (fig. 37).



**Figuras 34 – 37. Nervura central na região média do limbo.** 34. *L. aurea*. 35. *L. sericea*. 36. *M. albicans*. 37. *M. hyemalis*: extensão da bainha do feixe (ex) (1 $\mu$ m).



**Figuras 38 – 39. Nervura central na base e no ápice do limbo** 38. *L. aurea*, base do limbo. 39. *M. albicans*, ápice do limbo (1 $\mu$ m).

## Discussão

O estudo do indumento é importante no contexto ecológico, sabendo-se que o ambiente influencia muito em sua estrutura, constituído por um ou mais tipos de tricomas (Guimarães et al. 1999).

No indumento do limbo das três espécies de *Leandra* aqui investigadas o apêndice cônico pluricelular foi descrito como tricoma (“hair”) baseado em Wurdack (1986). Uphof (1962) e Evert (2013), entretanto, fazem distinção entre tricomas (“hairs”) e emergências, considerando estas de origem protodérmica e subprotodérmica. Nos tricomas de *Leandra*, principalmente em *L. sericea*, foi observada presença de colênquima na base do apêndice, sugerindo a participação de tecido subepidérmico na sua formação. Evert (2013) alerta, entretanto, que a distinção entre tricomas e emergências não é clara, uma vez que alguns tricomas são elevados sobre uma base formada por células subepidérmicas. É evidente, portanto, que a definição do apêndice, tricoma ou emergência, exige estudo ontogênico complementar.

A morfologia dos tricomas e os tipos de indumento são caracteres fundamentais para a descrição de uma planta (Guimarães et al. 1999). O estudo do indumento em espécies de Melastomataceae tem mostrado utilidade na taxonomia da família (Wurdack 1986). Apesar do número reduzido de espécies analisadas, a presente investigação mostrou indubitavelmente que *Leandra* apresenta como característica tricoma/emergência cônico nas três espécies (ausente em *Miconia*), enquanto tricoma vermiforme só foi observado nas espécies de *Miconia*. Outros tricomas, menos frequentes, nas espécies de ambos os gêneros podem auxiliar na sua separação, como, por exemplo, a morfologia dos tricomas mistos de *Leandra*.

A estrutura peciolar das espécies aqui analisadas consiste de um arco ou anel de vários feixes vasculares que também podem ter valor diagnóstico na identificação de espécies de Melastomataceae, pelo menos de *Leandra* e *Miconia*. Metcalfe e Chalk (1957) registram complexidade da estrutura vascular do pecíolo na família e sugerem seu uso no diagnóstico de espécies. Aqui, *M. albicans* e *M. hyemalis* possuem feixes medulares no pecíolo, já referidos para o caule no gênero por Metcalfe e Chalk (1957). Estes autores registram a presença de feixes medulares nos caules de *Leandra*, mas não foram observados nos pecíolos das três espécies aqui estudadas. Feixe vascular cortical também é frequente em caules de Melastomataceae (Metcalfe e Chalk 1957), mas foi verificado aqui apenas no pecíolo de *M. hyemalis*.

As lâminas foliares das espécies estudadas são dorsiventrais e hipostomáticas, como observado por Costa (1977) em espécies de *Miconia*. A dorsiventralidade é ressaltada por

Metcalfe e Chalk (1957) para folhas de Melastomaceae. No caso das folhas das espécies aqui analisadas, tanto de *Leandra* como de *Miconia*, foi confirmado este caráter estrutural. Entretanto, estudos mais recentes em Melastomataceae têm revelado variação foliar, registrando-se mesofilo isobilateral em duas espécies de *Lavoisiera* Spreng. e mesofilo homogêneo em *Microlicia viminalis* Triana (Cassero 2016), que são espécies endêmicas do cerrado e campos rupestres da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil.

Caracteres estruturais foliares mostraram-se relevantes na separação dos gêneros *Leandra* e *Miconia* e de suas espécies. Merecem destaque os caracteres: a morfologia do indumento, a vascularização peciolar e a vascularização da nervura central.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas (de mestrado ao primeiro autor e produtividade em pesquisa ao segundo), e ao Dr. Renato Goldenberg (UFPR) pela identificação das espécies.

### Referências

- Baumgratz JFA (1980) Miconias do município do Rio de Janeiro, seção *Miconia* DC. (Melastomataceae). *Rodriguesia* 32:73-95
- Camargo EA (2008) O gênero *Leandra*, seções *Carassanae*, *Niangae* e *Secundiflorae* (Melastomataceae) no Paraná. Dissertação (Mestrado) Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná
- Cassero LZ (2016) Xeromorfismo foliar em quatro espécies de *Microlicieae* (Melastomataceae) Trabalho de conclusão de curso – Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá
- Cervi AC et al. (2007) A Vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, Município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Curitiba: Boletim do Museu Botânico Municipal
- Costa CG (1977) *Miconia theaezans* (bomp.) Cogn. (Melastomataceae) considerações anatômicas. *Rodriguesia* 29:7-92
- Evert RF (2013) Anatomia das plantas de Esau: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento. 3ª ed. São Paulo: Blucher
- Goldenberg R, Baumgratz JFA, Souza MLDR (2012) Taxonomia de Melastomataceae no Brasil: retrospectiva, perspectivas e chave de identificação para os gêneros. *Rodriguesia* 63:145-161
- Guerri PO (1991) The application of glycolmethacrylate in histotechnology: some fundamental principles. Groningen, Netherlands: Department of Anatomy and Embriology, 80
- Guimarães PJF, Ranga NT, Martins AB (1999) Morfologia dos Tricomas em *Tibouchina* sect. *Pleroma* (D. Don) Cogn. (Melastomataceae). *Braz. Arch. Biol. Technol* 42(4)
- Hickey, L. J. (1979) A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. In: Metcalfe, C. L.; Chalk, R. (eds.) *Anatomy of the dicotyledons – systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject*. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, v.1
- Horridge GA, Tamm SL (1969) Critical point drying for scanning electron microscopy study of ciliary motion. *Science* 163(3869):817-818
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná (2002) Plano De Manejo Do Parque Estadual do Guartelá.



- Johanssen DA (1940) Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Co. Inc 523
- Judd WS et al. (2009) Sistemática vegetal: um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed
- Kraus JE, Arduin M (1997) Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural
- Martins AB et al (2009) Melastomataceae. In: M. G. Wanderley et al. (Org.). Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo – Coordenadora. Melastomataceae. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica 6 pp 1-167
- Metcalf CR, Chalk L (1957) Anatomy of the Dicotyledons – leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses. At the Clarendon Press, Oxford.
- Michelangeli FA et al. (2004) A preliminary phylogeny of the tribe Miconieae (Melastomataceae) based on nrITS sequence data and its implications on inflorescence position. *Taxon* 53(2):279-290
- O'Brien TP, Feder N, McCully ME (1964) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma* 59: 368-373
- Oliveira JBS (2007) Anatomia foliar como subsídio à taxonomia de *Miconia* Ruiz et. Pav. (Melastomataceae) em Pernambuco – Brasil. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco
- Rizzini CT (1977) Sistematização terminológica da folha. *Rodriguesia* 29(42):103-125
- Uphof JCT (1962) Plant hairs. In: Linsbauer, K. *Handbuch der Pflanzen anatomie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger pp 1-292
- Wurdach JJ (1986) Atlas of hairs for neotropical Melastomataceae. *Smithsonian Contr. Bot.* 63:1-80

## CAPÍTULO 3

### **XEROMORFIA EM ESPÉCIES DE *LEANDRA* RADDI E *MICONIA* RUIZ & PAV. (MELASTOMATACEAE)**

Raísa Gonçalves Silva  
Luiz Antonio de Souza

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico  
*Brazilian Journal of Botany*.

## Xeromorfia em espécies de *Leandra Raddi* e *Miconia Ruiz & Pav.*

### (Melastomataceae)

Raísa Gonçalves Silva<sup>1</sup> – Luiz Antonio de Souza<sup>1</sup>

#### Resumo

A presença de caracteres xeromórficos foi investigada em folhas de cinco espécies de *Miconieae* que ocorrem nos campos gerais do Brasil, pertencentes aos gêneros *Leandra Raddi* e *Miconia Ruiz & Pav.* A análise anatômica foliar revelou caracteres como cutícula espessa, venação densa, depressões na superfície abaxial provocadas por saliências das nervuras, densidade de tricomas, parênquima paliçádico com mais de um estrato celular e poros na superfície adaxial, que devem reduzir ou compensar a perda de água. As espécies de *Miconia* parecem ter maior diversidade em estratégias contra a escassez de água que as espécies de *Leandra*.

**Palavras-chave:** *Miconieae*, cutícula, tricomas, folha, parênquima paliçádico.

#### Introdução

As espécies com alta plasticidade fenotípica podem apresentar vantagens adaptativas em ambientes instáveis ou heterogêneos, facilitando a ocupação de novos nichos que resulta no aumento da tolerância ambiental (Bosio 2008, Boeger et al. 2008, Baesse et al. 2014). As variações na estrutura das plantas devido às mudanças no ambiente se expressam principalmente na anatomia e morfologia da folha (Gluzezak 2005).

As plantas adaptadas às condições de seca devido à falta de água no solo ou ao calor e ao vento que causam transpiração excessiva são denominadas xerófitas (Odum e Barrett 2011, Evert 2013). Alguns estudos mostram que a capacidade da plasticidade fenotípica atua sobre plantas xerófitas, que quando submetidas a ambientes com escassez de água, expressam fenótipos diferentes, em relação à anatomia foliar e estrutura do xilema (Bosio 2008). A estrutura xeromórfica foliar está, às vezes, correlacionada com a ausência de certos nutrientes no solo ou com níveis baixos de nitrogênio (Dickison 2000).

✉ Raísa Gonçalves Silva  
[raisagoncales5@gmail.com](mailto:raisagoncales5@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá - Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada  
Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, PR, Bloco G80, Sala 110.

Folhas esclerofilas ocorrem em xerófitas e podem apresentar caracteres, como epiderme fortemente cutinizada, com células de paredes espessas e lignificadas, venação densa, densidade de tricomas, presença de hipoderme, bainha do feixe lignificada, maior desenvolvimento de parênquima paliádico, mesofilo isobilateral, entre outros caracteres (Dickison 2000, Somavilla e Graciano-Ribeiro 2011).

Os Campos Gerais do Paraná, Brasil, bioma que tem sido alvo da ocupação humana, são caracterizados, de modo geral, por solos pouco profundos, com afloramentos rochosos e vegetação que abriga tipos vegetacionais diferentes, que podem ser classificados como estepe gramíneo-lenhosa, savana arborizada e floresta ombrófila mista (Carmo 2006). Nesta vegetação são frequentes espécies de Melastomataceae, especialmente de *Leandra* Raddi e *Miconia* Ruiz & Pav., que são objetos do presente estudo.

Dadas as características topo-edafo-climáticas específicas dos campos gerais, o presente trabalho tem por objetivo identificar caracteres estruturais xeromórficos foliares em espécies de *Leandra* e *Miconia* que podem estar associados, de algum modo, à escassez de água.

## Material e métodos

Folhas do terceiro ao sétimo nó foram coletadas de cinco espécies de *Miconieae* Triana, *Leandra aurea* Cogn., *Leandra polystachia* Cogn., *Miconia albicans* Triana, *Miconia hyemalis* A.st.-Hill. & Naudin. e *Miconia ligustroides* Naudin, cujos dados sobre hábito, registro de herbário, posição geográfica e informações do local de coleta estão detalhados na Tabela 1. As plantas foram coletadas no Parque Estadual Guartelá que se localiza no município de Tibagi, situado na região dos Campos Gerais na porção centro-leste do Estado do Paraná, Brasil.

A análise anatômica foliar foi feita em material fixado em FAA 50 e conservado em álcool etílico 70% (Johansen 1940). Fragmentos do pecíolo e limbo foram emblocados em historresina Leica (Guerrits 1991), seccionados em micrótomo de rotação e corados em azul de toluidina (O'Brien et al. 1964). A epiderme foliar foi dissociada em ácido nítrico e ácido crômico (1:1) (Johansen 1940). As fotomicrografias foram capturadas em microscópio de luz Leica EZ4D com câmara digital e, posteriormente, processadas usando-se software Leica Application Suiteversion 1.8. A análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi feita em folhas fixadas em glutaraldeído, desidratadas em série etílica e, em seguida, secas em secador de ponto crítico Baltec CPD 030, utilizando-se de CO<sub>2</sub> (Horridge e Tamm 1969). Em seguida, as amostras foram montadas sobre suportes de alumínio e cobertas com uma camada

de ouro de 30 a 40 nm em aparelho Shimadzu IC-50. A análise ultraestrutural foi feita em microscópio modelo Shimadzu SS 550, com as escalas das micrografias eletrônicas diretamente impressas nas mesmas.

**Tabela 1:** Espécies de Miconieae selecionadas para estudo, com respectivas informações sobre hábito, registro de herbário e localização ambiental.

Espécie	Hábito	Número de acesso	Localização geográfica	Dado ambiental
<i>L. aurea</i>	Subarbustivo	24939 HUEM	24°33'56,8" S 50°15'27,2" W	Campo com capim (estepe gramíneo lenhoso)
<i>L. polystachia</i>	Subarbustiva	24944 HUEM	24°33'48,2" S 50°15'18,1" W	Campo com capim (estepe gramíneo lenhoso)
<i>M. albicans</i>	Subarbustivo	24943 HUEM	24°33'43,0" S 50°15'26,5" W	Afloramento rochoso
<i>M. hyemalis</i>	Subarbustivo	24941 HUEM	24°33'43,1" S 50°15'29,0" W	Campo com capim (estepe gramíneo lenhoso)
<i>M. ligustroides</i>	Arbustivo	24927 HUEM	24°34'09,1" S 50°15'37,9" W	Próximo á outros arbustos e ao redor de mata ciliar.

## Resultados e discussão

A análise estrutural das folhas das cinco espécies de Melastomataceae revelou que a presença de alguns caracteres pode estar relacionada, em maior ou menor grau, à escassez de água nos campos gerais, principalmente no caso das espécies que ocorrem no tipo vegetacional “estepe-gramíneo-lenhoso”. Foram analisados os caracteres com potencial xeromórfico, como a) desenvolvimento de cutícula na epiderme (fig. 6), b) densidade da venação (fig. 9-10), c) densidade das saliências das nervuras de diferentes calibres na face abaxial, funcionando como verdadeiras depressões nesta face do limbo (fig. 9), d) densidade de tricomas (fig. 1-2), e) desenvolvimento de parênquima paliçádico (fig. 7-8), e f) presença de poros na face adaxial do limbo, provocados ou não por abscisão de tricomas (fig. 3-5), como mostra a Tabela 2. Os poros na superfície foliar foram interpretados como locais possíveis de absorção de umidade, em razão do espessamento não lignificado das paredes das células que limitam o poro, e por sua relação de contato com nervuras ou com as extensões da bainha do feixe (fig. 5).

Gluzezak (2005) afirma que é comum a estrutura das plantas ser afetada por fatores do ambiente, principalmente da folha, que é o órgão que vem apresentando maiores variações

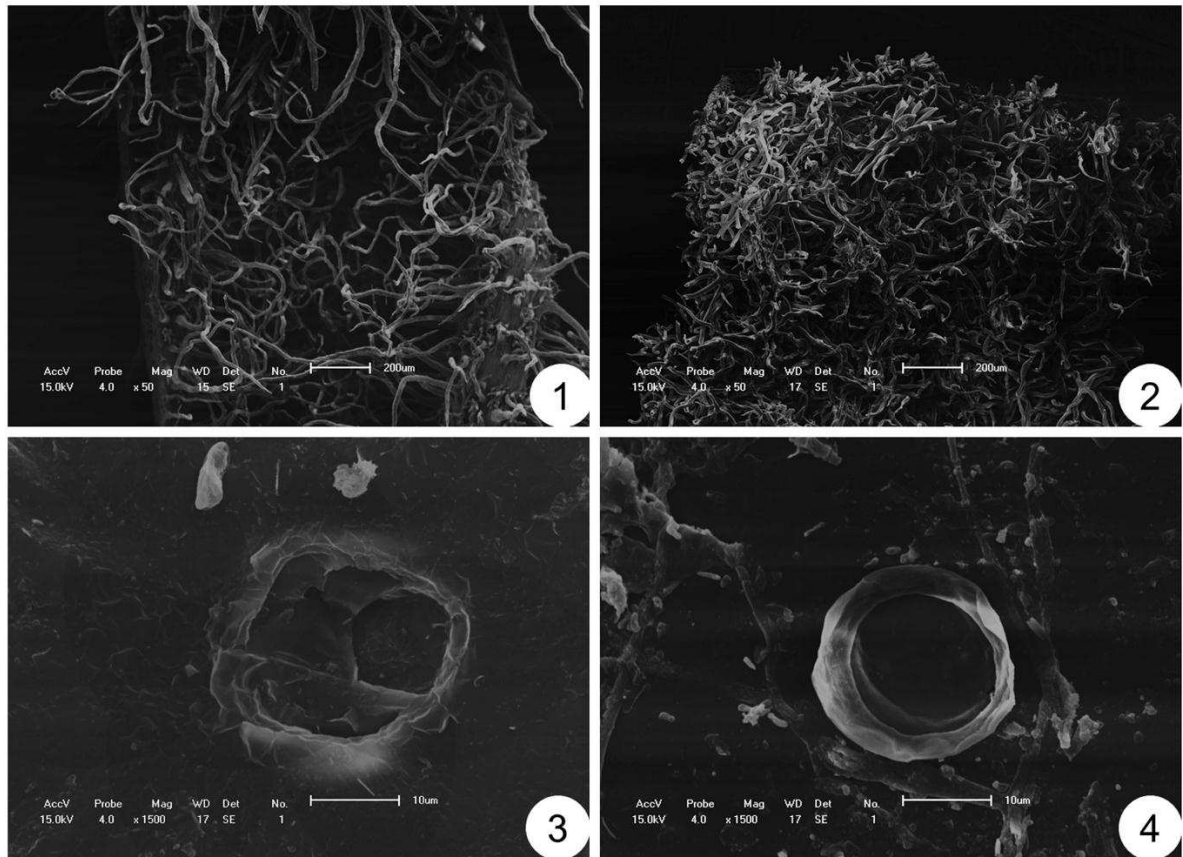
estruturais, dessa forma, caracteres estruturais considerados xeromórficos por Dickison (2000), como epiderme fortemente cutinizada, venação densa, densidade de tricomas, maior desenvolvimento de parênquima paliçádico e depressões na superfície do limbo, foram observados, de forma geral, nas espécies de Melastomataceae aqui investigadas. Embora as espécies de *Leandra* ocorram no mesmo tipo vegetacional (estepe-gramíneo) dos campos gerais que as de *Miconia*, parece que aquelas desenvolveram menor número de estruturas especializadas para redução ou compensação de perda de água. Aparentemente, as espécies de *Miconia* têm maior diversidade de estratégias adaptativas para sobrevivência em ambientes de escassez de água.

Dickison (2000) definiu três categorias de plantas que ocorrem em habitats em que o suprimento de água é deficiente. As espécies de *Leandra* e *Miconia* que foram analisadas no presente trabalho parecem se enquadrar melhor na categoria 2 (“drought-evading species”) que são “plantas que têm capacidade de reduzir a perda de água ou compensar a perda de água, mediante o desenvolvimento de características estruturais especializadas”.

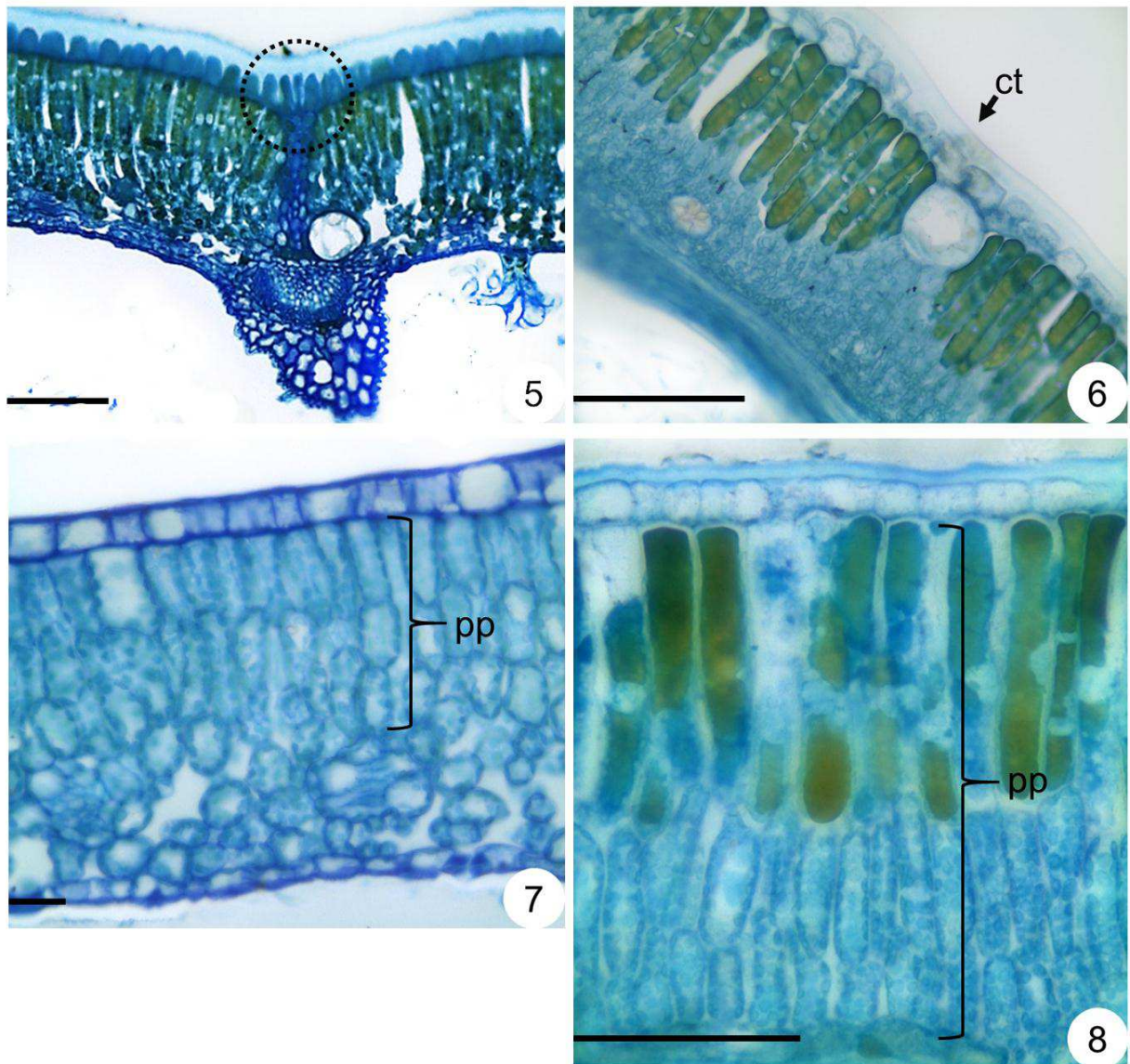
É possível inferir, portanto, que as espécies estudadas no presente trabalho possuem caracteres estruturais que as definem como plantas xerófitas, adaptadas ao ambiente proporcionado nos campos gerais do Parque Guartelá.

**Tabela 2:** Caracteres estruturais do limbo foliar das cinco espécies de *Miconieae*.

Caracteres	<i>L. aurea</i>	<i>L. polystachia</i>	<i>M. albicans</i>	<i>M. hyemalis</i>	<i>M. ligustroides</i>
<b>Cutícula</b>	Relativamente delgada	Relativamente delgada	Espessa	Espessa	Espessa
<b>Venação</b>	Densa	Densa	Densa	Densa	Densa
<b>Saliência de nervuras</b>	Bem desenvolvida	Bem desenvolvida	Bem desenvolvida	Bem desenvolvida	Bem desenvolvida
<b>Densidade tricomas</b>	Pouco densa	Pouco densa	Densa	Densa	Glabra
<b>Parênquima paliçádico</b>	2-4 estratos	2-3 estratos	2-3 estratos	2 estratos	3 estratos
<b>Presença de poros</b>	Não observados	Não observados	Presentes	Presentes	Presentes



**Figuras 1 – 4. Densidade de tricomas na face abaxial e poros na face adaxial. 1. *L. aurea* 2. *M. hyemalis*. 3. *M. hyemalis* 4. *M. albicans*.**



**Figuras 5 – 8. Seção transversal do limbo com evidências de caracteres xeromórficos.** 5. *M. hyemalis* evidenciando poro na face adaxial próximo à extensão da bainha feixe. 6. *M. albicans* apresentando cutícula espessa (ct). 7. *L. polystachia* e 8. *M. ligustroides* demonstrando camadas de parênquima paliçádico (pp) (1  $\mu$ m).





**Figuras 9 – 10. Morfologia do limbo evidenciando a densidade da venação e depressões causadas pela saliência das nervuras. 9. *L. polystachia*. 10. *L. aurea* (1cm).**

### **Agradecimentos**

Os autores expressam agradecimentos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas (de mestrado ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa ao segundo autor), e ao Dr. Renato Goldenberg (UFPR) pela identificação das espécies.

### **Referências**

- Baesse CQ, Tolentino VCM, Melo C (2014) Phenotypic plasticity in *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) between forest and cerrado áreas at the Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, in Goiás. International journal of Science Commerce and Humanities 2(4)
- Boeger MRT et al. (2008) Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias do estado do Paraná. Revista Brasileira de Botânica 31(3):443-452
- Bosio F (2008) Variação na estrutura do xilema secundário de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em três fitofisionomias no estado do Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba
- Carmo MRB (2006) Caracterização fitofisionômica do Parque Estadual do Guartelá, Município de Tibagi, Estado do Paraná. 142f. Tese (Doutorado) Programa de pós-graduação em Ciências

- Biológicas - Área de concentração em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista – Campus Rio Claro, Rio Claro, 2006.
- Dickison WC (2000) Integrative plant anatomy. San Diego: Harcourt Academy
- Evert RF (2013) Anatomia das plantas de Esau: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento. 3ª ed. São Paulo: Blucher
- Guerrits PO (1991) The application of glycolmethacrylate in histotechnology: some fundamental principles. Gröningen, Netherlands: Department of Anatomy and Embriology, 80
- Gluzezak RM (2005) Morfoanatomia foliar de *Miconia sellowiana* Naudin (Melastomataceae) em diferentes formações vegetacionais no estado do Paraná, Brasil. Dissertação (mestrado), Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba
- Horridge GA, Tamm SL (1969) Critical point drying for scanning electron microscopy study of ciliary motion. Science 163(3869):817-818
- Johanssen DA (1940) Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Co. Inc 523
- O'Brien TP, Feder N, McCully ME (1964) Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. Protoplasma 59: 368-373.
- Odum EP, Barrett GW (2011) Fundamentos de ecologia. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning
- Somavilla NS, Graciano-Ribeiro D (2011) Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado *sensu stricto*. Acta Botanica Brasílica 25(4):764-775

## CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados do trabalho indicam que as espécies de Melastomataceae aqui estudadas possuem caracteres foliares significativos para a sua identificação, além de gerar conhecimentos que contribuem com a preservação de espécies no ecossistema dos campos gerais, ameaçado pela degradação humana. Foi possível reconhecer e descrever características típicas de plantas que sofrem de escassez de água, que apresentam plasticidade fenotípica, caracterizadas pela presença do desenvolvimento de cutícula na epiderme, densidade da venação, densidade das saliências das nervuras de diferentes calibres na face abaxial que funcionam como verdadeiras depressões na face abaxial do limbo, densidade de tricomas, desenvolvimento de parênquima paliçádico e presença de poros na face adaxial do limbo, provocados ou não por abscisão de tricomas.

## ANEXO

### Normas da revista Brazilian Journal of Botany

#### Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

#### Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

#### Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

#### TITLE PAGE

##### Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

##### Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

##### Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

#### TEXT

##### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
  - Use italics for emphasis.
  - Use the automatic page numbering function to number the pages.
  - Do not use field functions.
  - Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
  - Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
  - Use the equation editor or MathType for equations.
  - Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

##### Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

##### Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

## Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

## Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

## REFERENCES

### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- **Journal article**  
Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8  
Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:  
Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329
- **Article by DOI**  
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086
- **Book**  
South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
- **Book chapter**  
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- **Online document**  
Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- **Dissertation**  
Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California  
Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see
- **ISSN LTWA**  
If you are unsure, please use the full journal title.  
For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.
- **End Note style (zip, 2 kB)**  
ADDITIONAL REQUEST REFERENCES  
In taxonomic papers, cite botanical material in detail in the following sequence: place and date of collection, collector's name and number, and herbarium abbreviation, according to the samples below:

BRAZIL. MATO GROSSO: Xavantina, s.d., HS Irwin s.n. (HB3689). SÃO PAULO: Amparo, 23-XII-1942, JR Kuhlmann & ER Menezes 290 (SP); Matão, BR 156, 8-VI-1961, G Eiten et al. 2215 (SP, US).

All other papers should cite vouchers.

Authors of scientific names of vascular plants should be abbreviated according to IPNI (<http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>). Species author(s) name(s) should be included when first mentioned in the text; in the title only when essential. Abbreviations of original Works on taxonomy must follow BPH.

#### TABLES

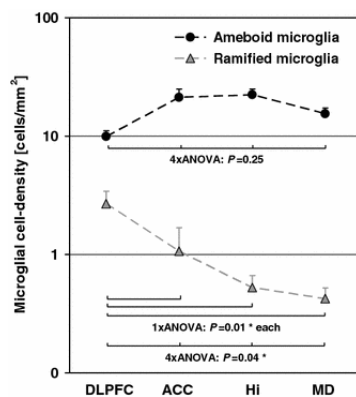
- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

#### ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

##### Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

##### LineArt

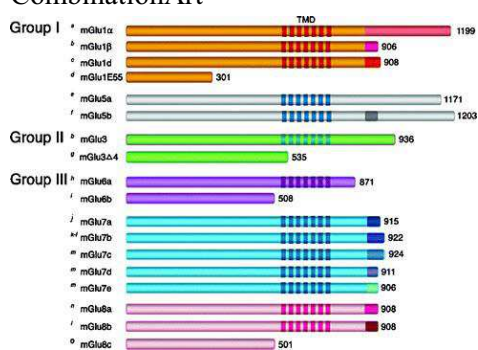


- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

##### HalftoneArt

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

## CombinationArt



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

### Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

### Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

### Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

### Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

### Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that

Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

### Specific Remark - Figure Numbering

- Use bar scales to indicate size.
- Bar scales should be placed in the lower left corner.
- Figure numbers should be placed in the lower right corner.

### ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

### Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

### Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

### Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

### Spread sheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

### Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical) .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

### Collecting Multiple files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

### Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM\_3.mpg", "ESM\_4.pdf".

### Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

### Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material



- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

### Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

- Springer Open Choice

#### Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

- Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License

#### Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

#### Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

#### Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

#### Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.