

IVONE VIEIRA DA SILVA

**Anatomia foliar e radicular de espécies de
Orchidaceae de um campo de altitude no Parque
Estadual da Serra do Brigadeiro (MG)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de “Magister Scientiae”

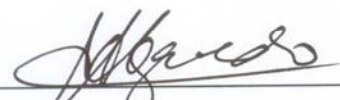
VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

IVONE VIEIRA DA SILVA

**ANATOMIA FOLIAR E RADICULAR DE ESPÉCIES DE
ORCHIDACEAE DE UM CAMPO DE ALTITUDE NO PARQUE
ESTADUAL DA SERRA DO BRIGADEIRO (MG)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

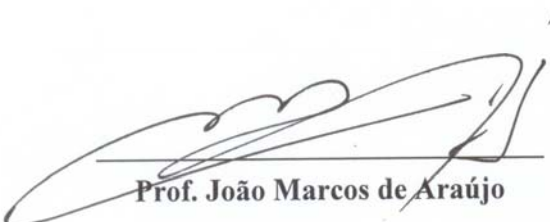
APROVADA: 04 de fevereiro de 2005.



Profa. Aristéa Alves Azevedo
(Conselheira)



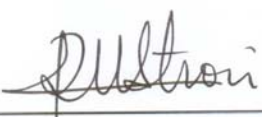
Profa. Rosane Maria de A. Euclides
(Conselheira)



Prof. João Marcos de Araújo



Prof. Fernando Henrique A. Vale



Profa. Renata M. Strozi A. Meira
(Orientadora)

Ao meu anjo, Maia
Aos meus pais, com amor
Aos meus irmãos e sobrinhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu companheiro de todos os dias.

A UFV e ao Departamento de Biologia Vegetal, pela oportunidade de realizar o Programa.

A Secretaria Municipal de Educação de Alta Floresta pelo incentivo e apoio financeiro e aos funcionários e professores da Escola Municipal “Nilo Procópio Peçanha”, em especial aos amigos Idalina Callegari e Rogério Colicchio pela amizade, carinho e incentivo.

A professora Renata Maria Strozi Alves Meira, pela orientação e leitura crítica do manuscrito e pela amizade e confiança depositada em mim durante o período de realização deste trabalho. AH! principalmente pela energia positiva e humor contagiante.

A professora Aristéa Alves Azevedo pelo aconselhamento e amizade indispensáveis para finalização do meu trabalho.

A professora Rosane Maria de Aguiar Euclides pelo aconselhamento durante a realização do trabalho.

Ao Gilmar Edilberto Valente pela sua alegria contagiante, pelas subidas e descidas na Serra do Brigadeiro e atenção durante toda a realização do trabalho.

Ao professor João Augusto Alves Meira Neto pela amizade, construção do cladograma e auxílio na sua interpretação.

A coordenação da pós-graduação em Botânica, na pessoa do professor Wagner, e aos demais professores, Alexandre Francisco da Silva, Aristéa Alves Azevedo, Cláudio Coelho de Paula, Eldo Antônio Monteiro Silva, Flávia Cristina Pinto Garcia, João Augusto Alves Meira Neto, Lia Ascensão, Milene Faria Vieira, Paulo Roberto Mosquim, Renata Maria Strozi Alves Meira, Rita Maria Carvalho-Okano, Rita Márcia, Raimundo Santos Barros e Rosane Maria de Aguiar Euclides, pela contribuição na minha formação.

As amigas Kátya e Ana Lúcia pelo companheirismo e amizade durante essa etapa da minha vida.

Aos funcionários do setor de Anatomia Vegetal Vânia e João Bosco pela atenção e amizade a mim dispensada durante a realização desse trabalho.

Ao Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM) da Universidade Federal de Viçosa, na pessoa da Dra. Claudia Vanetti, pelo carinho durante o processamento do material botânico.

Aos funcionários do Setor de Transporte, pela atenção e serviços prestados.

Aos colegas Evander, Nilton, Bruno, Michelia, Rodney, Amilcar, Maria Luiza, Priscila, Rogerinho pela amizade cultivada durante a realização desse trabalho.

A professora Ana Aparecida Bandini Rossi pelo grande incentivo desde o curso de graduação.

Aos meus queridos pais, irmãos e demais familiares.

Ao meu grande amor Cícero Maia Filho, que jamais será esquecido por toda a minha vida. Parceiro importante nos principais momentos da produção deste trabalho.

Índice

Resumo	vii
Abstract	ix
Introdução Geral	1
Referências Bibliográficas	5
CAPÍTULO I: Anatomia foliar e radicular de espécies da tribo Epidendreae I ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG)	8
Resumo.....	9
Abstract.....	10
Introdução.....	11
Material e Métodos.....	13
Resultados e Discussão.....	15
Conclusões.....	29
Referências Bibliográficas.....	30
Tabelas e Figuras.....	35
CAPÍTULO II: Anatomia foliar e radicular de espécies da tribo Maxillarieae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG)	51
Resumo.....	52
Abstract.....	53
Introdução.....	54
Material e Métodos.....	56
Resultados e Discussão.....	58
Conclusões.....	69
Referências Bibliográficas.....	70
Tabelas e Figuras.....	75

CAPÍTULO III: Anatomia foliar e radicular de cinco espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG).....91

Resumo.....92

Abstract.....93

Introdução.....94

Material e Métodos.....95

Resultados e Discussão..... 97

Conclusões.....108

Referências Bibliográficas.....109

Tabelas e Figuras.....114

Conclusões Finais131

Resumo

VIEIRA, Ivone da Silva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2005. **Anatomia foliar e radicular de espécies de Orchidaceae de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG)**. Orientadora: Renata Maria Strozi Alves Meira. Conselheiras: Aristéa Alves Azevedo e Rosane Maria de Aguiar Euclides.

Possuindo cerca de 19500 espécies, Orchidaceae é uma das maiores famílias dentre as Fanerógamas, com aproximadamente 2400 espécies brasileiras. Foram estudadas *Cleistes gracilis*, *Epidendrum secundum*, *Epidendrum xanthinum*, *Habenaria hydrophila*, *Habenaria janeirensis*, *Habenaria macronectar*, *Oncidium barbaceniae*, *Oncidium blancheti*, *Pleurothallis montana*, *Pleurothallis teres*, *Prescottia montana*, *Zygopetalum mackaii* e *Zygopetalum brackypetalum* com objetivo de caracterizar anatomicamente as raízes e as folhas, identificando caracteres anatômicos úteis na interpretação das estratégias adaptativas e na solução de problemas taxonômicos. Folhas expandidas e raízes foram coletadas em um campo de altitude na Serra do Brigadeiro/MG. As amostras foram incluídas em metacrilato ou cortadas em micrótomo de mesa e os cortes corados com azul de toluidina pH 4,0 ou azul de astra/safranina, respectivamente. As lâminas foram montadas em resina sintética ou em gelatina glicerinada. Epidermes foliares foram dissociadas e procedeu-se a maceração de folhas e raízes. Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black B para lipídios; floroglucina para lignina; lugol para amido. Amostras radiculares e foliares foram avaliadas ao microscópio eletrônico de varredura. As espécies perenes *E. secundum*, *E. xanthinum*, *O. barbaceniae*, *O. blancheti*, *P. prolifera*, *P. teres*, *Z. mackaii* e *Z. brackypetalum* apresentaram vários caracteres xeromórficos adaptados à sobrevivência em ambiente com forte insolação, seca, altitude elevada, nebulosidade, baixas temperaturas, vento forte e solo com deficiência nutricional. Presença de pseudobulbos, folhas coriáceas ou coriáceas suculentas, hipostomáticas, estômatos protegidos por projeções e com poros obliterados, células epidérmicas com pontoações na parede, cutícula espessa, hipoderme, grupos de fibras no mesofilo, idioblastos, parênquima aquífero, feixes vasculares envolvidos por fibras, velame pluriestratificado permitem concluir que as espécies são xeromorfadas e que tais características se relacionam como estratégias adaptativas, para um efetivo controle de fluxo hídrico dentro do limbo foliar. *E. secundum*, *E. xanthinum*, *P. prolifera* e *P. teres*, mesmo sendo terrícolas e rupícolas apresentaram várias características anatômicas equivalentes às

descritas para epifíticas. *C. gracilis*, *H. hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *P. montana* completam seu ciclo antes do período seco, possuindo redução periódica das partes aéreas. Nestas espécies, as folhas são delgadas e caracteres xeromórficos não são acentuados, por estarem menos sujeitas à estresse, pois, quando a parte vegetativa está totalmente presente, concomitantemente, ocorre disponibilidade hídrica e umidade atmosférica. Os caracteres morfológicos vegetativos externos e os anatômicos não permitiram a distinção das duas espécies do gênero *Epidendrum* sendo fundamental, por esse motivo, utilizar caracteres reprodutivos a fim de distinguí-las no campo. Entretanto, no presente trabalho, foram identificadas características anatômicas da lâmina foliar que contribuíram para a identificação das demais espécies estudadas, mesmo quando em forma vegetativa.

Abstract

VIEIRA, Ivone da Silva, M.S. Universidade Federal de Viçosa, February of 2005. **Radicular and foliar anatomy of Orchidaceae occurring in an altitude field in the State Park of Serra do Brigadeiro (MG)**. Advisor: Renata Maria Strozi Alves Meira. Committee members: Aristéa Alves Azevedo and Rosane Maria de Aguiar Euclides.

Orchidaceae, that owns around 19500 species, is one of the largest families of Phanerogams, with approximately 2400 Brazilian species. *Cleistes gracilis*, *Epidendrum secundum*, *Epidendrum xanthinum*, *Habenaria hydrophila*, *Habenaria janeirensis*, *Habenaria macronectar*, *Oncidium barbaciae*, *Oncidium blancheti*, *Pleurothallis montana*, *Pleurothallis teres*, *Prescottia montana*, *Zygopetalum mackaii* and *Zygopetalum brackypetalum* were studied in order to characterize their roots and leaves, identifying anatomical characteristics helpful to the interpretation of adaptation strategies and to the solution of taxonomic problems. The samples collected at Serra do Brigadeiro/MG were included in methacrylate and cut in rotary microtome. The sections were stained with toluidine blue, pH 4,0, and mounted in synthetic resin. Freehand sections were stained with astra blue/safranina and the slides mounted in glycerinated jelly. Foliar epidermises were dissociated, roots and leaves were macerated. The histochemical tests applied were: sudan IV and sudan black B for lipid; phloroglucin for lignin; lugol for starch. Xeromorphic features adapted to the survival in environment under high irradiance, drought, high altitude, cloudiness, low temperatures, strong wind and soil with nutritional deficiency appeared in the species *E. secundum*, *E. xanthinum*, *O. barbaciae*, *O. blancheti*, *P. prolifera*, *P. teres*, *Z. mackaii* and *Z. brackypetalum*. Presence of pseudobulbs, coriaceous and hypostomatic leaves, stomata protected by projections and with obliterated pores, epidermic cells with bordered pits and thick cuticle, hypoderm, fibres groups in mesophyll, idioblasts, aquiferous parenchyma, vascular bundles involved by fibers and pluristratified velamen allow to conclude that the species are xerophytes and that these characteristics are adaptative strategies to an effective control of water flux in the leaf blade. Even being terricolous and rupicolous, *E. secundum*, *E. xanthinum*, *P. prolifera* and *P. teres* showed anatomical characteristics equivalent to that described to epiphytic species. *C. gracilis*, *H. hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* and *P. montana* complete their cycle before drought time, with periodic reduction of aerial organs. In these species, leaves are thin and xeromorphic characteristics are not observed; when the

vegetative part is totally present, there is water availability and atmospheric humidity, and the species are not submitted to stress. The morphological and anatomical features of vegetative organs are not sufficient to recognize the two species of *Epidendrum* being necessary to use reproductive features to distinguish them in the field. However, to the others species, the anatomical foliar characteristics were useful for the identification of the species even in vegetative stage.

Introdução Geral

A família Orquidaceae é uma das maiores dentre as Magnoliophyta e estima-se em 19.500 mil as espécies descritas, o que corresponde a uma grande diversidade de formas. Existem, ainda, alguns híbridos naturais e, anualmente, são registrados centenas deles produzidos pelo homem (Dressler 1993).

A família está inserida dentro da Ordem Orchidales e apresenta os caracteres mais derivados dentro da subclasse Liliidae (Cronquist 1981) e, no sistema filogenético de classificação (Judd et al. 1999), encontra-se englobada dentro do grupo das monocotiledôneas, na Ordem Asparagales.

As orquídeas são plantas herbáceas perenes, algumas vezes trepadeiras ou arbustos. Apresentam variação quanto ao habitat, sendo terrestres, litófitas, epífitas, raramente semi-aquáticas ou subterrâneas. Com esta diversidade, a família mostra um amplo espectro de adaptações ecológicas (Waechter 1992). São plantas geralmente autotróficas, excepcionalmente saprófitas (aclorofiladas) ou micotróficas, mas nunca parasitas. Trata-se de organismos extremamente especializados que ocupam uma diversidade de nichos ecológicos e habitats, apresentando uma série de adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas.

A diversidade de orquídeas é maior nas florestas tropicais de altitude, entretanto, estão espalhadas por todo o globo terrestre, desde o ártico até os trópicos. Podem ser encontradas desde o nível do mar até as regiões mais altas, como no Himalaia, a 3.000 metros de altitude, mas são mais freqüentemente encontradas entre 500 e 2000 metros. O Brasil se destaca dentre os países de ocorrência, com uma grande variedade de espécies dessa família. Nas obras de Hoehne (1940) e Pabst & Dungs (1975), há uma lista ampla de espécies.

Devido a essa diversidade de espécies e variedades de formas, a família apresenta ainda muitas indefinições taxonômicas. Embora haja, na literatura, algumas tentativas de reunir informações importantes a este respeito (Arditti 1992, Sanford 1974, Withner et al. 1974), elas estão ainda muito longe de proporcionarem uma visão abrangente e realista acerca da anatomia, ecofisiologia e taxonomia do grupo, bem como suas interrelações.

Segundo Arditti (1992), a classificação das Orchidaceae, para que seja o mais útil e o mais próximo da realidade, deve estar baseada em um número variado de critérios, entre os quais, a anatomia. Dressler (1993) também enfatiza que estudos anatômicos, juntamente com outros parâmetros, poderiam, provavelmente, constituir subsídios para discussões e elucidações mais definitivas sobre as relações intra-familiares.

Pridgeon (1982) afirma que os caracteres de maior importância taxonômica estão associados com a folha, incluindo informações sobre epiderme, tricomas, hipoderme,

espessamento espiralado das paredes de células do mesofilo e número de séries de feixes vasculares. Vários trabalhos evidenciaram a afirmação de Pridgeon (1982) em diferentes taxa estudados, entre eles estão: 80 espécies de 22 gêneros da subtribo Oncidiinae (Williams 1974); espécies do gênero *Dresslerella* (Pridgeon & Williams 1979, Pridgeon 1981b); espécies da subtribo Pleurothallidinae (Pridgeon 1981a), do gênero *Myoxanthus* (Pridgeon & Stern 1982), do gênero *Aerides* (Kaushik 1982), de Epidendroideae (Khasim & Rao 1990), do gênero *Paphiopedilum* (Lawton et al. 1992), do gênero *Stanhopea* (Stern & Morris 1992), da subfamília Spiranthoideae (Stern et al. 1993), do gênero *Caladenia* (Pridgeon 1993), da subtribo Caladeniinae (Pridgeon 1994), do gênero *Octomeria* (Ferreira et al. 1994), do gênero *Acianthus* (Kores 1995), da tribo Diseae (Kurzwil et al. 1994), da subtribo Dendrobiinae (Morris et al. 1995), da subtribo Habenariinae (Stern 1997); *Oncidium bifolium* e *Oncidium flexuosum* (Leiria 1997), da subtribo Caladeniinae (Pridgeon 1998), do gênero *Vanilla* (Stern & Judd 1999), da subtribo Catasetinae (Stern & Judd 2000), do gênero *Cattleya* Lindl. (Zanengo-Godoy & Costa 2003) e da tribo Maxillarieae (Stern et al. 2004).

Smidt et al. (1984) verificaram que as características foliares, apesar de apresentarem uma variação maior, reúnem uma série de vantagens em relação aos órgãos reprodutivos, sendo bastante úteis na determinação de plantas incompletas.

As folhas de Orchidaceae podem apresentar caracteres xeromórficos como: parede celular epidérmica espessa e lignificada, presença de hipoderme, baixa densidade estomática relacionada à suculência foliar, metabolismo ácido das crassulaceae (MAC), presença marcante de elementos mecânicos, maior desenvolvimento do parênquima paliçádico, projeções das paredes celulares e cutícula sobre os estômatos, além da presença de cutina revestindo as câmaras subestomáticas (Widholzer 1993).

Um dos primeiros trabalhos sobre a anatomia da família é o de Tominski (1905 *apud* Leiria 1997), que procura estabelecer, descritivamente, relações entre a anatomia foliar de várias espécies e o ambiente, especialmente, quanto ao clima.

Alguns trabalhos enfatizam estudos anatômicos de orquídeas com objetivo fisiológico entre estes estão: Braga & Vilhena (1981) *Epidendrum huebneri*, Oliveira (1982) o metabolismo do CO₂ de orquídeas epifíticas, Campos Leite (1986) *Cattleya intermedia*, Widholzer & Oliveira (1994) *Sophronitis coccinea*.

Outros trabalhos dão ênfase maior à caracterização anatômica, entre os quais se destacam os de Withern et al. (1974) e Arditti (1992) que reúne um número considerável de informações anatômicas sobre a família, o de Ferreira (1992) sobre a anatomia foliar de 20 espécies epifíticas da subtribo Pleurothallidinae e o de Widholzer (1993) que estuda 2 espécies do gênero *Sophronitis*.

Além das folhas, as raízes podem apresentar estratégias adaptativas marcantes. As raízes foram, inicialmente, consideradas órgãos unicamente de fixação e absorção de água, com uma organização interna relativamente estável, verificando-se uma epiderme, o córtex delimitado internamente pela endoderme e o cilindro vascular, com o periciclo e os tecidos de condução. Hoje, são atribuídas às raízes várias outras funções, como: armazenamento de água e substâncias orgânicas, síntese de hormônios, aeração, assimilação fotossintética, entre outras. A especialização de algumas raízes foi acompanhada, em muitos casos, de adaptações morfológicas, como é o caso observado em raízes aéreas (Tissot 1991).

Muitos autores têm estudado a estrutura e a função das raízes de orquídeas, tais como: Mulay & Prasad (1956), Dykus & Knudson (1957), Sanford & Adanlawo (1973), Hass & Carothers (1975), Benzing & Friedman (1981), Pridgeon et al. (1983), Singh (1986), Tissot (1991), Oliveira & Sajo (1999b), entre outros.

Dressler (1993) subdivide Orchidaceae nas subfamílias Apostasioideae, Cypripedioideae, Spiranthoideae, Orchidoideae e Epidendroideae. As últimas três subfamílias estão representadas num afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. O parque foi criado por meio do Decreto n° 38.319 de 27/07/1996, situando-se no Maciço Mantiqueira, entre os meridianos 42°20` e 42°40`S e os paralelos 20°20` e 21°00`W, estando inserido na Zona da Mata (Engevix 1995). Ocupa uma área de 13210 ha, abrangendo oito municípios. O relevo e a altitude variam entre 1000 e 1995m exercendo importante influência nas características climáticas do parque, amenizando as temperaturas e criando um clima tipicamente serrano nas regiões mais elevadas.

A Serra das Cabeças localiza-se a 5 Km da sede do Parque, no município de Araponga, e possui três sub-serras que são nomeadas pela população local como: “Cabeça de elefante”, “Cabeça de mamute” e “Totem deitado”, sendo a última, o local onde foi realizado o presente estudo (Engevix 1995). O Totem deitado está a 1.722m de altitude e possui uma área de aproximadamente seis hectares, composta por uma tipologia vegetal de Campo de Altitude, bem como, de uma formação transicional entre esta tipologia e a Floresta Estacional Semidecidual Altimontana (Oliveira Filho & Rater 1995). Neste local, foi realizado um trabalho sobre a composição florística e a estrutura da vegetação por Caiafa (2002), tendo sido amostradas 81 espécies vasculares, pertencentes a 31 famílias e 63 gêneros, distribuídas por três diferentes sinusias. A primeira das sinusias é denominada escrube, formada por arbustos e arvoretas, a segunda sinusia é constituído por campos graminóides, formado por pequenos arbustos e ervas esparsos, e a terceira compreende o afloramento rochoso granitóide, composto por vegetação herbáceo-subarbusiva (Caiafa 2002). A família Orchidaceae aparece na lista das espécies de maior importância, registrando 14 espécies, distribuídas em 8 gêneros, 5 tribos e 3 subfamílias.

O presente estudo teve por objetivo caracterizar anatomicamente as raízes e as folhas das espécies de Orchidaceae presentes no Totem deitado, identificando caracteres anatômicos que possam ser úteis na interpretação das estratégias adaptativas, bem como aqueles que possam auxiliar na resolução de problemas taxonômicos da família. Apenas *Laelia* sp. não foi encontrada para estudo.

Referências Bibliográficas

- Arditti, J. 1992. **Fundamentals of Orchid Biology**. New York: John Wiley. 691 p.
- Benzing, D.H. & Friedman, W.E. 1981. Mycotrophy: its occurrence and possible significance among epiphytic Orchidaceae. **Selbyana** 5 (3-4): 243-247.
- Braga, P.I.S. & Vilhena, R.C.Q. 1981. Estudo sobre a vegetação das Campinas Amazônicas – Vii. In: Encontro Nacional de orquidófilos e orquidólogos, 1, Rio de Janeiro. 1981. **Anais...** Rio de Janeiro, Expressão e Cultura. 88 -106 p.
- Caiafa, A.N. 2002. **Composição florística e estrutura da vegetação sobre um afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 55 p.
- Campos Leite, V.M. 1986. **Autoecologia de *Cattleya intermedia* Grah. (Orchidaceae) na estação ecológica do Taim, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado. Curso de Pós – Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 156 p.
- Campos Leite, V.M. & Oliveira, P.L. 1986. Morfo-Anatomia foliar de *Cattleya intermedia*. (Orchidaceae). **Napaea** 2: 1-10.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press. 1262p.
- Dressler, R.L. 1981. **The Orchids: Natural History and Classification**. Cambridge: Harvard University Press. 332 p.
- Dressler, R.L. 1993. **Phylogeny and classification of the orchid family**. Portland: Dioscorides Press. 313 p.
- Dycus, A.M. & Knudson, L. 1957. The role of the velamen of the aerial roots of orchids. **Botanical Gazette** 2 (199): 78-87.
- Engevix, 1995. **Caracterização do meio físico da área autorizada para a criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro - relatório técnico final dos estudos - 8296-RE-H4-003/94 "VER.1"**. Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ-FLORESTA/SEPLAN. 59 p.
- Ferreira, J.L.B. 1992. **Anatomia foliar de espécies da subtribo Pleurothallidinae (Orchidaceae)**. Porto Alegre, /Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 106 p.
- Ferreira, J.L.B, Oliveira, P.L, Mariath, J.E.A. 1994. Anatomia foliar de espécies do gênero *Octomeria* (Orchidaceae). **Napaea** 10: 7-14.
- Haas, N.F. & Carothers, Z.B. 1975. Some ultrastructural observations on endodermal cell development in *Zea mays* roots. **American Journal of Botany** 62(4): 336 – 348.
- Hoehne, E.C. 1940. **Flora Brasílica: Orquidaceae**. São Paulo: Instituto Botânico do Estado de São Paulo. Fasc. 1 V. Xii, I: 12 (1). Complemento. 254 p.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. 1999. **Plant Systematics: a phylogenetic approach**. Sunderland - Massachusetts: Sinauer Associates. 464 p.
- Khasim, S.M. & Rao, P.R.M. 1990. Anatomy in relation to taxonomy in some members of Epidendroideae (Orchidaceae). **Phytomorphology** 40(304): 243-250.
- Kores, P.J. 1995. A systematic study of the genus *Acianthus* (Orchidaceae:Diurideae). **Allertonia** 7(3): 87-220.

- Kurzweil, H., Linder, H.P., Stern, W.L. & Pridgeon, A.M. 1994. Comparative vegetative anatomy and classification of *Diseae* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **117**: 171-220.
- Lawton, J.R., Hennessy, E.F. & Hedger, T.A. 1992. Morphology and ultrastructure of the leaf of three species *Paphiopedilum* (Orchidaceae). **Lindleyana** **7**(4): 199-205.
- Leiria, D.P.S. 1997. **Anatomia foliar das espécies nativas do gênero *Oncidium* Sw., Seção Synsepala (Orchidaceae) ocorrentes no Morro Santana (POA) – RS**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Botânica Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 78 p.
- Morris, M.W., Stern, W.L. & Judd, W.S. 1995. Vegetative anatomy and systematic of subtribe Dendrobiinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **120**: 89-144.
- Mulay, B.N. & Prasad, M.K. 1956. On the structure and development of velamen in the roots of some terrestrial orchids. **Proc. 43 RD. Indian Sc. Congr.** Pt. III. 246 p.
- Oliveira, P.L. 1982. **Blattanatomie und Co₂- Gaswechsel Epiphytischer Orchideen aus Südbrasilien/ Rio Grande do Sul**. Stuttgart, Tese de Doutorado em Agronomia. Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim. 94 p.
- Oliveira – Filho, A.T & Ratter, J.A. 1995. A Study of the origin of central brasilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany** **52**: 141-194.
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999b. Root anatomy of nine Orchidaceae species. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **42**(3): 405-413.
- Pabst, G.F.J. & Dungs, F. 1975. **Orchidaceae Brasiliensis**. Hildeshein: Brueck-Kurt Schmerson. 2 V. 373- 416 p.
- Pridgeon, A.M. & Williams, N.H. 1979. Anatomical aspects of *Dresslerella* (Orchidaceae). **Selbyana** **5**(2): 120-134.
- Pridgeon, A.M. 1981a. Absorbing Trichomes in the Pleurothalidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany** **68**(1): 64-71.
- Pridgeon, A.M. 1981b. Shoot Anatomy of two additional species of *Dresslerella* (Orchidaceae). **Selbyana** **5**(3-4): 274-278.
- Pridgeon, A.M. 1982. Diagnostic anatomical characters in the Pleurothallidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany** **69**(6): 921-38
- Pridgeon, A.M. & Stern, W.L. 1982. Vegetative anatomy of *Mioxanthus* (Orchidaceae). **Selbyana** **7**(1): 55-63.
- Pridgeon, A.M., Stern, W.L. & Benzing, D.H. 1983. Tilosomes in roots of Orchidaceae: morphology and systematic occurrence. **American Journal of Botany** **70**(9): 1365-1377.
- Pridgeon, A.M. 1993. Systematic leaf anatomy of *Caladenia* (Orchidaceae). **Kew Bull.** **48** (3): 533-543.
- Pridgeon, A.M. 1994. Systematic leaf anatomy of Caladeniinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **114**: 31-48.
- Sanford, W.W. 1974. The ecology of orchids. In: C.L. Withner (ED.), **The orchids – scientific studies**. New York: John Wiley & Sons. 100 p.
- Sanford, W.W. & Adanlawo, I. 1973. Velamen and exodermis characters of west african epiphytic orchids in relation to taxonomic grouping and habitat tolerance. **Botanical Journal of the Linnean Society** **66**: 307-321.
- Singh, H. 1986. Anatomy of root in some Orchidaceae. **Acta Botanica** **14**: 24-32.

- Smidt, E.C., Saba, M.D., Araújo, B.R.N., Lima, L.C.L., Lima, L.C.L. & Stace, C.A. 1984. **The taxonomic importance of the leaf surface**. In: Heywood, V.H; Moore, D.M. *Current Concepts In Plant Taxonomy*. London: Academic Press. 67-94 p.
- Stern, W.L. & Morris, M.W. 1992. Vegetative anatomy of *Stanhopea* (Orchidaceae) with special reference to pseudobulbo water-storage cells. **Lindleyana** 7 (1): 34-53.
- Stern, W.L, Morris, M.W., Judd, W.S., Pridgeon, A.M. & Dressler, R.L. 1993. Comparative vegetative anatomy and systematics of Spiranthoideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 113: 161-197.
- Stern, W.L. 1997. Vegetative anatomy of subtribe Habenariinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 125: 211-227.
- Stern, W.L. & Judd, W.S. 1999. Comparative vegetative anatomy and systematics of *Vanilla* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 131: 368-382.
- Stern, W.L. & Judd, W.S. 2000. Comparative anatomy and systematic of Catasetinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 136: 153-178.
- Stern, W.L., Judd, W.S. & Carlswald, B.S. 2004. Systematic and comparative anatomy of Maxillarieae (Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. **Botanical Journal of the Linnean Society** 144: 251-274.
- Tissot, M.L. 1991. **Anatomia de raízes de Orquídeas terrestres nativas no morro Santana, Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 158 p.
- Waechter, J.L. 1992. **O Epifitismo vascular na planície costeira do Rio Grande do Sul**. São Carlos, Tese de Doutorado, Curso de Pós- Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, SP. 163 p.
- Widholzer, C.F.N. 1993. **Morfo-anatomia foliar de espécies do Gênero *Sophronitis* Ldl. (Orchidaceae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 146 p.
- Widholzer, C.F.N. & Oliveira P. L. 1994. Tipo fotossintético e anatomia foliar de *Sphronits coccinea* (Orchidaceae). **Napaea** 10: 23-29.
- Williams, N.H. 1974. The value of plant anatomy in orchid taxonomy. In: Ospina, O. **World Orchid Conference**. 7, 1974. Medelin. Proceedings Medelin.281-88 p.
- Williams N.H. 1979. Subsidiary cells in the Orchidaceae: Their general distribution with special reference to development in the Oncidieae. **Botanical Journal of the Linnean Society** 78: 41-66.
- Withner, C.L., Nelson, P.K. & Wejksnora, P.J. 1974. The anatomy of Orchids. In: Wither, C.L. **The orchids cientific studies**. New York: John Wiley. 267-347 p.
- Zanengo-Godoy, R. & Costa, C.G. 2003. Anatomia foliar de quatro espécies do gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brasilica** 17(1): 101-118.

Capítulo I

**Anatomia foliar e radicular de espécies da tribo Epidendreae
I ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da
Serra do Brigadeiro (MG)**

Resumo

Anatomia foliar e radicular de espécies da tribo Epidendreae I ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG).

Foram estudadas *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Pleurothallis prolifera* e *P. teres* com objetivo de caracterizar anatomicamente as raízes e folhas, identificando caracteres anatômicos úteis na interpretação das estratégias adaptativas, bem como na resolução de problemas taxonômicos. Folhas expandidas e raízes foram coletadas em populações nativas em um campo de altitude na Serra do Brigadeiro/MG. As amostras foram incluídas em metacrilato ou cortadas em micrótomo de mesa e os cortes corados com azul de toluidina, pH 4,0 ou, azul de astra/safranina, respectivamente. As lâminas foram montadas em resina sintética ou em gelatina glicerinada. Epidermes foliares foram dissociadas e procedeu-se a maceração de folhas e raízes. Amostras radiculares foram analisadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black para lipídios; floroglucina para lignina; lugol para amido. As quatro espécies apresentam lâminas foliares coriáceas e suculentas e raízes com velame biestratificado ou pluriestratificado. Tais características estão relacionadas ao armazenamento e absorção de água e a resistência mecânica, comuns, em plantas que sobrevivem em condições de fortes restrições hídricas, como é o caso em estudo. Folhas hipoestomáticas, estômatos protegidos por projeções com poros obliterados, células epidérmicas com pontoações na parede, cutícula espessada, hipoderme, grupos de fibras no mesofilo, barras de espessamento no parênquima aquífero, idioblastos cristalíferos e feixes vasculares envolvidos por fibras evidenciam características relacionadas com estratégias adaptativas para um efetivo controle de fluxo hídrico. São apresentados caracteres anatômicos que podem ser úteis na distinção das quatro espécies, o que permite a identificação de indivíduos estéreis na área amostrada. Todas as características, em maior ou menor intensidade, permitem concluir que as espécies são xerófitas. Apesar das plantas serem terrestres e rupículas, anatomicamente as características observadas são equivalentes às descritas para epifíticas.

Palavras chaves - Anatomia radicular e foliar, Orchidaceae, Epidendreae I, Estratégias adaptativas

Abstract

Radicular and foliar anatomy of species of Epidendreae I tribus in an altitude field in the State Park of Serra do Brigadeiro (MG).

This work evaluated the species *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Pleurothallis montana* and *P. teres* to characterize, anatomically, roots and leaves, identifying anatomical characteristics helpful to the interpretation of adaptative strategies and to the solution of taxonomic problems. The samples collected at Serra do Brigadeiro/MG were included in methacrylate and cut in rotary microtome. The sections were stained with toluidine blue, pH 4,0, and mounted in synthetic resin. Freehand sections were stained with astra blue/safranina and the slides mounted in glycerinated jelly. Foliar epidermises were dissociated and roots and leaves were macerated. The histochemical tests applied were: sudan IV and sudan black B for lipids; phloroglucin for lignin; lugol for starch. The four species show coriaceous leaves and roots with bi and pluristratified velamen. Such characteristics are related to a storage and absorption of water, and mechanic resistance, commonly found in plants that survive in conditions of water deficit. Adaptative strategies related to an effective control of water flux are evident such as: hypostomatic leaves, stomata protected by projections and with obliterated pores, epidermic cells with bordered pits, thick cuticle, hypoderm, fiber groups in mesophyll, aquiferous parenchyma with thickness parietal bars, crystal idioblasts and vascular bundles involved by fibers. There are anatomical features that may be useful on the distinction of these four species, allowing identification of sterile samples. It can be concluded, through all the characteristics, that the species are xerophytes. Although, plants observed in this study are considered terrestrial, they show anatomical characteristics of epiphytic habits.

Key-words: Radicular and foliar anatomy, Orchidaceae, Epidendreae, Adaptive Strategies.

Introdução

O Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) é uma das 76 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais, avaliada pela riqueza das espécies em geral, por espécies ameaçadas de extinção e espécies endêmicas. O PESB possui áreas extensas e contínuas bem preservadas, destacando-se pela alta importância biológica e presença de vegetação remanescente com alto grau de conectividade (Costa et al 1998). São poucos os levantamentos florísticos e estudos anatômicos realizados, especialmente, quanto a monocotiledôneas nesta área. Em um trabalho recente foram avaliadas a composição florística e a estrutura da vegetação em uma área do PESB (Totem deitado), sendo amostrados 31 famílias, 63 gêneros e 81 espécies (Caiafa 2002), onde Orchidaceae aparece na lista de maior importância, registrando 14 espécies distribuídas em 8 gêneros, 5 tribos e 3 subfamílias.

Epidendreae I está representada no PESB por duas subtribos Pleurothallidinae e Laeliinae, tendo sido amostradas *Pleurothallis prolifera* e *P. teres* (Pleurothallidinae) e *Epidendrum secundum* e *Epidendrum xanthinum* (Laeliinae). *Pleurothallis* é um megagênero de cerca de 1000 espécies distribuídas por toda a região Neotropical (Dressler 1993). *Epidendrum* compreende cerca de 800 espécies distribuídas por todo o continente americano (Dressler 1993) e para o território brasileiro foram referidas aproximadamente 100 espécies (Pabst & Dungs 1975).

A importância da anatomia de órgãos vegetativos na taxonomia de Orchidaceae é enfatizada na literatura, em diversos níveis hierárquicos, desde subfamílias, tribos, subtribos, até genéricos e específicos (Williams 1979, Arditti 1992).

As folhas em Epidendreae I são predominantemente hipoestomáticas (Withner et al. 1974, Oliveira 1982, Pridgeon 1982), quando ocorrem estômatos nas duas faces sua distribuição é desigual, com concentração maior na face abaxial (Cyge 1930 *apud* Withner et al. 1974), células subsidiárias podem ser evidenciadas (Williams 1979). Tricomas glandulares podem ocorrer (Pridgeon & Williams 1979, Pridgeon 1981a, Benzing & Pridgeon 1983), entretanto, não é comum (Withner 1974). Mesofilo homogêneo e hipoderme são caracteres conservativos (Bonates 1993, Oliveira & Sajo 1999a). Em muitas espécies epifíticas, que carecem de pseudobulbos, por exemplo, na subtribo Pleurothallidinae, o mesofilo possui células parenquimáticas com espessamento espiralado (Pridgeon 1986, Scatena & Nunes 1996).

Nas raízes de Epidendreae I podemos encontrar velame (Mulay & Prasad 1956, Pridgeon et al. 1983, Bonates 1993, Oliveira & Sajo 1999b) e tilossomos (Pridgeon et al. 1983) além de xilema poliarco e presença de medula (Oliveira & Sajo 1999b).

O presente estudo teve por objetivo caracterizar, anatomicamente, as raízes e as folhas das espécies da tribo Epidendreae I (Dressler 1993), ocorrentes em um campo de altitude (PESB), identificando caracteres anatômicos que possam ser úteis na interpretação das estratégias adaptativas e na resolução de problemas taxonômicos da tribo.

Material e Métodos

Área de estudo

O material botânico foi coletado na Serra das Cabeças, sub-serra denominada “Totem deitado” (Fig. 1), no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (Tab. 1). O parque foi criado por meio do Decreto n° 38.319 de 27/07/1996 e situa-se no Maciço Mantiqueira, entre os meridianos 42°20`e 42°40`S e os paralelos 20°20`e 21°00`W, estando inserido na Zona da Mata de Minas Gerais (Engevix 1995). Ocupa uma área de 13210 ha, abrangendo 8 municípios, totalizando 156,9 km de perímetro. O relevo e a altitude variam entre 1000 e 1995m, exercendo importante influência nas características climáticas do parque, amenizando as temperaturas e criando um clima tipicamente serrano nas regiões mais elevadas. O PESB é dominado por fragmentos secundários de Floresta Estacional Semidecidual (Veloso et al. 1991), da formação Altimontana (Oliveira Filho & Ratter 1995).

Coleta e processamento das amostras

No presente trabalho, foram analisadas 4 espécies da tribo Epidendreae I (Tab 1). O sistema de classificação taxonômica adotada foi o proposto por Dressler (1993) (Tab 1). Os dados sobre a morfologia foram registrados em campo. O material testemunha foi coletado, herborizado e incorporado ao acervo do Herbário VIC da Universidade Federal de Viçosa, e enviado aos especialistas para confirmação da identidade taxonômica. Registros foram obtidos em campo com máquina fotográfica digital (Sony Cyber DSC-P10).

Para os estudos anatômicos e histoquímicos foram coletadas cinco raízes e três folhas, totalmente expandidas, de cada um dos três indivíduos, de cada espécie. Estas amostras foram fixadas em FAA₅₀ (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 50% 5:5:90, v/v), por 48 horas, mantidas sob vácuo, e estocadas em etanol 70% (Johansen 1940).

Porções medianas das raízes e região mediana da lâmina foliar (zona da nervura mediana e bordo) foram isoladas e incluídas em metacrilato (Meira & Martins 2003). Os blocos foram cortados transversal e longitudinalmente em micrótomo rotativo de avanço automático (RM 2155 - Leica), com a utilização de navalhas de aço descartáveis, os cortes, com espessura de 8 µm, foram corados com azul de toluidina em pH ácido. Cortes de materiais frescos foram obtidos, conforme interesse em confirmar algumas informações. As lâminas foram montadas em resina (Permout) ou em gelatina glicerizada.

Epidermes foliares foram dissociadas pelo método de Jeffrey (Johansen 1940), coradas em azul de astra e fucsina básica (Roeser 1972 *apud* Kraus & Arduin 1997) e montadas em gelatina glicerizada.

Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black para lipídios (Jensen 1962); floroglucina para lignina (Jensen 1962); lugol para amido (Johansen 1940).

Amostras de raízes e de folhas foram submetidas à maceração pelo método de Jeffrey (Johansen 1940), e coradas com safranina em solução alcoólica 50%.

As lâminas foram montadas com resina (Permount), observadas e fotografadas em um fotomicroscópio (Olympus AX 70 com sistema U-PHOTO).

Para estudos em microscopia eletrônica de varredura (MEV), parte das amostras radiculares e foliares fixadas foi desidratada em série etílica, levada à secagem em ponto crítico (FDU 010 Balzers – Alemãinha), montada em “stubs” e metalizada com ouro (Bozzola & Russel 1992). O registro fotográfico foi feito em um microscópio eletrônico de varredura, (modelo LEO 1430 VP Inglaterra), do Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM) da Universidade Federal de Viçosa, MG.

A partir dos caracteres anatômicos observados foi elaborada uma tabela de dados relacionados à reserva de água e a resistência ao dessecamento, presentes nas quatro espécies.

Os caracteres morfológicos e anatômicos foram organizados em uma matriz de presença e ausência para calcular a similaridade de Jaccard - ISj (Sneath & Sokal 1973) entre as espécies utilizando a seguinte fórmula:

$$ISj = C / A + B - C$$

Em que:

A – número de caracteres presentes na espécie A;

B – número de caracteres presentes na espécie B;

C – número de caracteres comuns entre A e B.

Foi organizada uma matriz simétrica com os índices de similaridade (ISj) calculados e foi aplicado o algoritmo de médias não-ponderadas (UPGMA), por meio do programa NTSYS (Rohlf 1988) para expressar graficamente as semelhanças entre as espécies.

Resultados e Discussão

As populações das espécies estudadas (Figs 3 a 6) encontram-se distribuídas em um campo de altitude, dispendo de água em abundância durante o verão chuvoso e estando submetidas a um período mais seco, com intensa radiação solar e baixa temperatura, durante o inverno. Na estação do inverno ocorrem, esporadicamente, fortes ventos, associados com nebulosidade e precipitação atmosférica, denominado localmente como corrupiana. As corrupianas não são incomuns, além de serem observados nas incursões de campo deste trabalho, também foram relatadas por outros pesquisadores na Serra das Cabeças (Saporetti Junior 2004 comunicação pessoal).

P. teres foi a única espécie exclusivamente rupícola (campo granitóide) (Fig. 6). As populações de *E. secundum* e *E. xanthinum* foram encontradas sobre afloramento rochoso (campo granitóide), em solo profundo (escrube) (Figs 3 e 4), em manchas de solo raso (campo graminóide), diretamente sobre rochas e epifíticas em *Veloziaceae*. *P. prolifera* foi encontrada em manchas de solo raso (campo graminóide) ou, diretamente, sobre rocha (campo granitóide) (Fig. 5). Com exceção de *P. teres*, no presente estudo foram analisadas somente os espécimes terrestres, cujo sistema radicular aprofunda-se no solo não compactado. Embora, na maioria dos gêneros de Epidendroideae o epifitismo seja predominante, alguns gêneros desta subfamília retornaram a forma de vida terrestre em virtude das condições ambientais (Barros 1996).

As populações de *P. teres* (Fig. 6), apesar de crescerem diretamente sobre a rocha, distribuem-se no entorno das ilhas de campo graminóide. Nessas ilhas a umidade, e a disponibilidade de nutrientes, é maior, o que favorece o desenvolvimento desta espécie, pelo alcance de suas raízes. *P. teres* é considerada muito semelhante a *P. rupestris*, tanto morfológica quanto anatomicamente (Scatena & Nunes 1996).

1. Morfologia do sistema subterrâneo e aéreo

Em *E. secundum* e *E. xanthinum* as raízes são esbranquiçadas, delgadas, longas, as vezes, ramificadas com diâmetro de 6 a 8 mm e comprimento variável, frequentemente excedendo 15 cm. Apresentam pêlos na porção mediana da raiz. O caule não é intumescido em pseudobulbo. As folhas são numerosas, dísticas, bainha foliar amplexicaule, persistentes, lâmina verde a púrpuras, oblongo-elíptica, ápice obtuso e são comparáveis às folhas coriáceas, referidas por Withner et al. (1974) (Figs 3 e 4). Segundo os mesmos autores, esse tipo de folha em *Orchidaceae* é característico de formas vegetativas mais evoluídas. Observando apenas a morfologia vegetativa externa, é impossível distinguir *E. secundum* de *E. xanthinum*,

entretanto a morfologia reprodutiva é diferenciada, as flores em *E. secundum* são róseas (Fig. 3) e em *E. xanthinum* são amareladas (Fig. 4).

E. secundum é uma espécie com circunscrição bastante complexa. Barros (1996, 2002) e Toscano-de-Brito (1995) tratam-na como uma espécie única com grande variação morfológica. Esta posição foi corroborada por Pinheiro & Barros (2002), após a realização de uma análise morfométrica com caracteres vegetativos e florais de indivíduos do “complexo *Epidendrum secundum*”. Considerável variação morfológica foi verificado ao estudar esta espécie quando observadas em populações diferentes.

P. prolifera possui raízes amarronzadas, delgadas, alongadas, de 5 a 7 mm de diâmetro e comprimento variando entre 5 a 7 cm. O caule não é intumescido em pseudobulbo. As folhas são pecioladas, apicais e possuem margem inteira, com lâmina verde clara, às vezes púrpura, coriáceo-carnosa, apresentando-se conduplicada, ou seja, são dobradas longitudinalmente ao longo da zona da nervura mediana, assumindo a forma de “V” fechado (Fig. 5). Apresenta inflorescência em cincínios, multiflora, terminal, posicionada nas axilas das folhas (Fig. 5). Segundo Braga (1987), folhas carnosas ou coriáceo-carnosas possuem a capacidade de armazenamento de água e outras substâncias e, conforme Withner et al. (1974), a forma “V” diminui a superfície de exposição à luz, conferindo também suporte mecânico, o que é uma estratégia importante no campo de altitude em estudo.

As raízes em *P. teres* são esbranquiçadas, delgadas, de 3 a 5 mm de diâmetro e comprimento variável, freqüentemente não excedendo 4 cm, apresentando poucos pêlos absorventes. As folhas são cilíndricas, coriáceas, suculentas envolvidas, basalmente, pelas bainhas, ápice agudo, margem inteira, cor variando de verde escuro a púrpura (Fig. 6), com inflorescência em cincínios, posicionada nas axilas das folhas. As folhas são consideradas xeromórficas (Cutter 1978).

A variação na cor das plantas: verdes à púrpuras nas espécies estudadas provavelmente se deve à presença de pigmentos antociânicos nas células dos respectivos órgãos, principalmente da folha. Antocianinas podem ser produzidas em respostas a vários estresses ambientais, incluindo nutricional, hídrico, e ataque fúngico, além de ser uma resposta à intensa radiação, principalmente por luz ultra-violeta (Levin 1971). Parece coerente atribuir à presença de antocianinas a estas respostas, pois o ambiente em que plantas estudadas ocorrem oferece tais condições extremas.

2. Anatomia foliar

a. Epiderme

A epiderme das espécies analisadas é uniestratificada e recoberta por cutícula espessa e estriada (Tab. 2), cuja espessura pode ultrapassar a altura da célula epidérmica (Figs 7 a 10) chegando a recobrir parte da câmara subestomática. A espessura da cutícula tende a aumentar em direção a margem foliar (Figs 10 e 11), sendo a sua natureza lipídica evidenciada pelos testes positivos com sudan IV e sudan black B. Dentre as funções relacionadas para cutícula destaca-se a de impermeabilidade à água, reflexão da radiação solar excessiva, reflexão de raios ultravioleta e proteção quanto à invasão por fungos e bactérias (Mauseth 1988). A temperatura, o solo, a umidade atmosférica e a altitude influenciam no desenvolvimento da cutícula (Esau 1960, Withner et al. 1974, Fahn 1990, Sinclair 1990, Oliveira & Sajo 1999a) e, em geral, a espessura aumenta tanto quanto as condições ambientais se tornam desfavoráveis (Sanford 1974). Entretanto, Wilkinson (1979) admite que a espessura cuticular tenha implicações também de ordem gênica. Dessa forma, a espessura da cutícula pode ser utilizada como um caráter taxonômico, mas com cautela. Pridgeon (1982) enfatiza cutículas espessas para todas as Pleurothallidinae.

Em *P. prolifera* e *P. teres* a forma das células epidérmicas em corte transversal varia de retangular a quadrada (Fig. 9) e, em geral, não há diferenças quanto à face analisada (Tab. 2). Em *P. teres* verifica-se uma tendência ao formato quadrado, enquanto em *P. prolifera* as células da margem são papilosas (Fig. 10). Esse formato das células epidérmicas parece comum para o gênero, pois esse mesmo caráter foi observado por Ferreira (1992) ao estudar 11 espécies de *Pleurothallis* e por Oliveira & Sajo (1999a) ao analisar *P. smithiana*. Já, *E. secundum* e *E. xanthinum* apresentam células achatadas horizontalmente, sendo maiores na face adaxial (Tab. 2) variando de retangular a arredondada (Figs 7 e 8, 11 e 12), sendo o último caráter mais comumente encontrado em *E. xanthinum*. A forma retangular e arredondada foi relatada para as células epidérmicas de *Epidendrum campestre* e *E. secundum* (Oliveira & Sajo 1999a) e formato filiforme para *E. compressum* e *E. huebneri* (Bonates 1993).

As paredes celulares das células epidérmicas são bastante espessas, se comparadas com as das células do clorênquima, especialmente, as periclinais externas. Segundo Sinclair (1990), o espessamento das paredes celulares da epiderme parece contribuir para a resistência das folhas a perda de água. Fahn (1990) menciona esse caráter como adaptação a ambientes secos.

Pontoações foram observados nas células epidérmicas, em ambas as faces da lâmina foliar das espécies, sendo mais freqüentes em *E. secundum* e *E. xanthinum* (Figs 8 e 12).

Estruturas morfológicamente semelhantes a pontoações têm sido descritas para células epidérmicas sob outras denominações: pontoações, ectodesmos, microcanais, faixas fibrosas, fibrilas eletrodensas, tufos de material fibrilar, estruturas dendríticas ramificadas, dedos de pectina, entre outras (Holloway 1982). Segundo Widholzer (1993), a presença dessas pontoações pode ser um indicativo de uma forte demanda de transporte na epiderme, entretanto os trabalhos não são conclusivos quanto à função de tais estruturas.

Em *E. secundum* e *E. xanthinum* as folhas são hipoestomáticas (Figs 13, 14, 16 a 18), enquanto em *P. prolifera* e *P. teres* são anfiestomáticas. O caráter hipoestomático parece ser o preponderante para a maioria das Orchidaceae (Withner et al. 1974, Singh 1981, Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Leiria 1997, Oliveira & Sajo 1999a, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004, entre outros), ocorrendo poucas espécies anfiestomáticas (Rosso 1966, Pridgeon 1993, Pridgeon 1994).

Os estômatos em *E. secundum* e *E. xanthinum* são anomocíticos (Figs 13, 14, 16 a 18), o que está de acordo com a literatura para Orchidaceae (Widholzer 1993, Zanenga-Godoy & Costa 2003). O número de células subsidiárias varia de 4 a 6, sendo predominante 4 células em *E. secundum* e 5 células em *E. xanthinum*. Já em *P. prolifera* e *P. teres* os estômatos são ciclocíticos (Figs 15 e 22), o que também foi observado por Williams (1979), Ferreira (1992), Scatena & Nunes (1996) e Zanenga-Godoy & Costa (2003) para outras espécies de orquídeas. O número de células subsidiárias varia de 4 a 6, sobressaindo-se 5 em *P. prolifera* e 6 em *P. teres* (Fig. 15). Apesar de Withner et al. (1974) afirmarem que o aparelho estomático das Orchidaceae não possui células subsidiárias, Rosso (1966) e Williams (1975), entre outros, confirmam a sua presença. Para Williams (1975) a presença de células subsidiárias em muitos dos gêneros avançados dos grupos Epidendroideae e Vandoideae apóia a hipótese que esta característica é uma condição derivada nas Orchidaceae.

As células-guardas localizam-se no mesmo nível das demais células epidérmicas, contudo, projeções cuticulares salientes formam cristas sobre o poro (Figs 7 e 9), tendo sido mencionadas para muitas das espécies de orquídeas (Ferreira 1992, Leiria 1997, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004) e consideradas como xeromórficas (Rasmussen 1987). Tais projeções são tão desenvolvidas que chegam a formar uma câmara supraestomática (Figs 7 e 9). Esta é uma característica comum em orquídeas epifíticas que enfrentam altas temperaturas e pouca disponibilidade de água, pois mantém um pequeno compartimento de ar úmido, reduzindo a transpiração (Rosso 1966, Rasmussen 1987).

As paredes periclinais externas e internas das células-guardas de *P. prolifera* são espessas (Fig. 9) e intensamente impregnadas de lignina, confirmado pelo teste com floroglucina ácida. Em *P. teres* as paredes periclinais internas são mais espessas. Já as paredes anticlinais de ambas as espécies são delgadas e celulósicas. Segundo Widholzer (1993), as

paredes periclinais, espessas e lignificadas, constituem-se num marco rígido e indeformável que age como se fosse a parte rígida de um fole, enquanto que as paredes anticlinais delgadas atuam como a parte flexível que bloqueia a passagem dos gases no nível dos ostíolos.

Observaram-se câmaras subestomáticas pouco desenvolvidas em *E. secundum* e *E. xanthinum* e, mais pronunciadas em *P. prolifera* e *P. teres* (Figs 7 e 9). Para Tominsky (1905 *apud* Leiria 1997), a presença de câmaras subestomáticas pouco desenvolvidas é uma característica de ambientes xéricos, o que confirma as condições de estresse hídrico, a que estão submetidas, às espécies de Orchidaceae estudadas.

E. secundum e *E. xanthinum* apresentam estegmatas de forma cônica encravados nas paredes anticlinais das células epidérmicas e nos grupos de fibras (Fig. 12 e 13). Estegmatas são definidos como corpos silicosos das Orchidaceae (Mauseth 1988) e muitas funções lhes são atribuídas entre elas: refletância das folhas (Campos & Labouriau 1969), redução da transpiração, retenção de água, defesa contra microorganismos (Paviani 1972), prevenção contra o colapso dos tecidos subjacentes, servindo como um envelope protetor rígido (Metcalf & Chalk 1983). Acredita-se que nas espécies em estudo, devido ao ambiente extremo em que se encontram, os estegmatas epidérmicos atuariam como coadjuvantes na redução da transpiração e na retenção de água e, por outro lado, tornariam a planta menos palatável a herbivoria.

P. prolifera e *P. teres* apresentaram tricomas glandulares em ambas as faces da folha (Figs 23 e 24). A presença de tricomas foliares em Orchidaceae tem sido relatada em alguns trabalhos (Rosso 1966, Williams 1974, Pridgeon 1981, 1982, Benzing & Pridgeon 1983, Ferreira 1992) sendo sua ocorrência praticamente restrita as folhas jovens, com rara observação em folhas adultas. Pridgeon (1981) observou tricomas glandulares em 120 espécies da subtribo Pleurothallidinae, sendo inclusive observado em *Pleurothallis*, considerando portanto, caráter taxonômico para a tribo. O autor relata, para este gênero, tricomas em ambas as faces de folhas jovens, contendo duas células, uma apical globosa e a outra de parede espessa. Ferreira (1992) também observou tricomas do mesmo tipo em 11 espécies de *Pleurothallis*.

b. Mesofilo

O mesofilo é homogêneo, constituído por: hipoderme, parênquima clorofiliano, parênquima aquífero e grupos de fibras (Figs 7, 8, 25 a 27). Com base na literatura, pode-se afirmar que a maioria das espécies de Orchidaceae apresenta mesofilo homogêneo (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Stern 1997a, Stern 1997b, Oliveira & Sajo 1999a, Stern et al. 2004, entre outros).

A hipoderme ocorre somente em *E. secundum* e *E. xanthinum* (Tab. 2) nas faces adaxial e abaxial (Figs 7 e 8), sendo constituída de apenas uma camada de células, em geral maiores do que as células epidérmicas. Nas duas faces, encontra-se descontínua, sendo interrompida por pequenas câmaras subestomáticas e por grupos de fibras (Figs 7 e 12). Suas células mantêm certa regularidade de forma e conteúdo e apresentam paredes espessadas. A presença de hipoderme é um critério que, juntamente, com outros caracteres contribui para a distinção dos dois gêneros estudados. Trata-se de uma característica comum entre os xerófitos (Esau 1977 e Cutter 1978), podendo apresentar células maiores que as epidérmicas e com forte espessamento nas paredes (Withner et al. 1974). Sua função está associada ao acúmulo de água e sustentação (Metcalf 1979). Williams (1972, 1974) considera a hipoderme como uma estratégia adaptativa e afirma que as características dessas células, como tamanho e forma, constituem-se em critérios de grande utilidade taxonômica. De acordo com Pridgeon (1982), as camadas da hipoderme são de particular emprego taxonômico na distinção de gêneros e espécies de monocotiledôneas.

O número de estratos celulares do clorênquima é variável, sendo constituído por células alongadas com paredes anticliniais sinuosas e com espaços intercelulares. Em *E. secundum* e *E. xanthinum* constata-se uma diminuição do tamanho das células em direção a face abaxial. Em *P. prolifera* e *P. teres* observa-se também uma diminuição do tamanho das células, entretanto, se dá das faces em direção ao centro.

Circundando os feixes vasculares de *E. secundum* e *E. xanthinum* encontram-se, muitas vezes, células grandes, elípticas e ovaladas apresentando disposição radiada. Células alongadas circundando o feixe vascular também são encontradas em *E. xanthinum* (Fig. 19). Todas as espécies estudadas por Oliveira (1982) e Ferreira (1992) da subtribo Pleurothallidinae apresentaram disposição tendendo a radiada ao redor dos feixes vasculares.

Em *P. prolifera* e *P. teres* as células do clorênquima, próximo ao feixe vascular, são bastante alongadas, com a maior dimensão perpendicular às faces da folha, apresentando também disposição radiada (Fig. 20). Na lâmina foliar de *P. teres*, na região da nervura mediana, as células voltadas para a face abaxial são mais volumosas assemelhando-se a uma extensão de bainha.

Nas espécies de *Epidendrum* analisadas observou-se barras de espessamento nas paredes das células do parênquima aquíífero no mesofilo (Tab. 2), sendo esta característica mais comum nas proximidades da face abaxial da lâmina foliar (Fig. 25). Em *P. prolifera* e *P. teres* o espessamento das paredes é espiralado (Figs 26 e 27) e ocupa todo o mesofilo (parênquima aquíífero e clorofiliano não se distinguem). De acordo com Williams (1974), a presença desses espessamentos pode servir como critério taxonômico, desde que combinado com outros caracteres. Outros trabalhos de anatomia foliar de Orchidaceae registram nomes

diferentes para estruturas semelhantes: células traqueoidais (Olatungi & Negin 1980, Widholzer 1993), idioblastos espessados de forma espiralada (Pridgeon 1982), idioblastos de paredes espessadas (Ferreira 1992), barras de espessamento de lignina (Bonates 1993), idioblastos com espessamento helicoidal (Scatena & Nunes 1996), barras de espessamento nas paredes anticlinais (Zanenga-Godoy & Costa 2003). Para alguns autores, esses espessamentos são essencialmente celulósicos enquanto para outros, são lignificados (Pridgeon 1982). No material examinado, ficou evidenciada pela reação com floroglucina ácida uma composição lignificada em *E. secundum* e *E. xanthinum* (Fig. 25) e celulósica em *P. prolifera* e *P. teres* (Fig. 26), um aspecto distintivo entre os dois gêneros. Tais células estariam envolvidas com o armazenamento de água e suporte mecânico, evitando o colapso celular durante a dessecação (Olatungi & Negin 1980, Pridgeon 1982, Ferreira 1982, Widholzer 1993, Zanenga-Godoy & Costa 2003). Acredita-se que, no material em estudo, as barras de espessamento nas paredes desempenham as duas funções. Uma outra característica que sugere a função de armazenamento de água para tais células é a sinuosidade das suas paredes anticlinais.

No estudo realizado por Zanenga-Godoy & Costa (2003), com espécies epifíticas, não foi relatada a ocorrência de barras de espessamento nas paredes de *E. secundum*. Entretanto, esta característica foi observada nos indivíduos estudados neste trabalho, levando a acreditar que seja uma estratégia adaptativa para o ambiente extremo em que se encontram.

Idioblastos contendo cristais em forma de ráfides, visualizados em ambas as faces, estão distribuídos aleatoriamente. Em seções longitudinais, esses idioblastos são alongados e as ráfides estão agrupadas em feixes, geralmente orientadas paralelamente ao eixo longitudinal da folha. Em *E. secundum* e *E. xanthinum* o padrão é a presença dessas ráfides nas zonas do bordo foliar (Fig. 11). A presença de tais idioblastos é bastante documentada para as Orchidaceae (Oliveira 1982, Pridgeon 1982, Pridgeon & Stern 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Stern 1997b, Oliveira & Sajo 1999a, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004) e, acredita-se que o oxalato de cálcio contribua para tornar as plantas menos palatáveis aos animais, frisando, no entanto, que a função do oxalato na biologia vegetal é questão ainda controversa (Mauseth 1995). Bonates (1993) registra idioblastos com ráfides em *Encyclia calamaria* e sugere que estejam relacionados ao balanço iônico e osmoregulação da planta.

Fibras esclerenquimáticas interrompem a hipoderme e estão dispersas pelo clorênquima em *E. secundum* e *E. xanthinum* (Tab. 2), formando cordões paralelos, no sentido longitudinal da lâmina foliar (Figs 7, 8, 11 e 25). Grupos de fibras também foram relatados para outras espécies de Orchidaceae, sendo esta característica relacionada com a resistência mecânica em casos de desidratação (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer

1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Oliveira & Sajo 1999a, Stern et al. 2004).

Em *P. teres* e *P. prolifera* ficou evidenciada através de reação com lugol, a presença de amido nas células do clorênquima, especialmente nas células próximas aos feixes vasculares (Fig. 27). Segundo Ferreira (1992), não obstante sua larga ocorrência, tais componentes celulares ainda não haviam sido mencionados em trabalhos sobre a anatomia foliar das Orchidaceae. O autor encontrou grãos de amido nas 20 espécies analisadas da subtribo Pleurothallidinae e Oliveira & Sajo (1999a) também relata amido em *Pleurothallis smithiana*.

c. Sistema vascular

O sistema vascular é constituído por feixes colaterais, de formato ovalado e dimensões bastante variáveis (Figs 19 e 20).

Os feixes vasculares possuem disposição paralela, onde os diferentes tamanhos encontram-se alternados (Figs 10 e 11). Em *P. prolifera* os feixes de maior calibre encontram-se dispostos na porção mediana (Fig. 26). Nas demais espécies este carácter não é perceptível e os feixes são aproximadamente do mesmo tamanho.

Xilema e floema são delimitados por uma bainha de fibras. Fibras também formam calotas (Tab. 2) e concentram-se nos pólos (Figs 19 e 20). Em caso de feixes vasculares de maior calibre, na porção mediana, como em *P. teres* ocorrem fibras entre xilema e floema. Nas demais espécies analisadas entre xilema e floema ocorrem muitas vezes, células parenquimáticas lignificadas. A quantidade e disposição dos feixes vasculares e, especialmente, de elementos fibrosos a eles associados são elementos importantes na determinação do grau de xeromorfia e rigidez foliar nas Orchidaceae (Withner et al. 1974). Rudall (1986) considera a presença de calotas de fibras no floema como carácter xeromórfico.

Os elementos condutores do xilema estão representados por elementos de vaso de variados tamanhos, cujas paredes mostraram espessamento reticulado e escalariforme (Fig. 28). Bonates (1993) observou que em *E. compressum* e *E. huebneri* o xilema mostra elementos de vasos com reforço escalariforme.

3. Anatomia radicular

a. Velame

Nas espécies estudadas, observou-se a presença de velame bi e pluriestratificado (Tab. 2) com inexistência de protoplasto vivo e com paredes espessadas (Figs 29, 30, 31 e 37). Cutter (1980), Fahn (1987) e Mauseth (1988) observaram a existência de velame em raízes de várias espécies de orquídeas epifíticas e associaram a ocorrência deste tecido ao

hábito epifítico. Esses autores reconheceram a existência de velame em raízes de plantas terrestres. Todas as espécies de orquídeas terrestres, estudadas por Tissot (1991), apresentaram velame que variou quanto à estrutura da parede e o número de camadas celulares. Segundo a autora, isso mostra que o velame não é uma exclusividade de plantas com hábito epifítico. Este tecido é formado por células mortas, compactadamente arranjas e, freqüentemente, produzindo espessamento secundário de parede na forma de numerosas faixas estreitas, sendo comumente interpretado como absorvente (Hunt 1985). Alguns estudos fisiológicos, sobre o velame de orquídeas, indicam que a principal função é a proteção mecânica e a redução da perda de água através do córtex (Esau 1977, Fahn 1987). Benzing et al. (1982) descrevem para as raízes de *Sobralia macrantha* um complexo velame-exoderme atribuindo ao sistema a função de absorção de água e sais minerais e, sugerem que o mesmo possa ocorrer em muitas outras orquídeas que apresentem estrutura semelhante. Acredita-se que, para as espécies estudadas, o velame desempenhe todas as funções mencionadas.

O número de estratos no velame das espécies estudadas é variável (Figs 29 a 31). Em *E. secundum* varia de 6 a 8 estratos (Fig. 29) e em *E. xanthinum*, de 4 a 5 estratos (Fig. 30). Em um trabalho de revisão, Arditii (1992) relata para o velame de *E. secundum* 5 a 6 camadas e 3 a 4 em *E. xanthinum*. Em ambas espécies, o espessamento da parede se dá por depósitos de faixas helicoidais (Fig. 37) de lignina, confirmados por testes histoquímicos.

Em *P. prolifera* e *P. teres*, observou-se velame biestratificado (Figs 31 e 34). Também foi observada a presença de velame biestratificado nas raízes de *P. peduncularis* (Pridgeon 1982), *P. rupestris* (Scatena & Nunes 1996) e *P. smithiana* (Oliveira & Sajo 1999b). Entretanto, de acordo com Pridgeon (1982), *P. alexandrae* possui um velame de 3 a 4 camadas, demonstrando que o número de camadas do velame pode ser utilizado como parâmetro taxonômico com certas limitações pois, pode variar dentro do mesmo gênero ou espécie.

Em *P. prolifera* e *P. teres*, a camada mais externa do velame apresenta as paredes periclinais internas espessas e as anticlinais e periclinais externas delgadas, enquanto a camada mais interna apresenta paredes periclinais internas e externas espessas e anticlinais delgadas (Figs 31 e 34). Estes dados concordam com os registrados por Scatena & Nunes (1996) em *P. rupestris*.

Considerável valor taxonômico pode ser atribuído as estriações das paredes, lignificação do velame e exoderme e, possivelmente, a freqüência das células-de-passagem (Sanford & Adanlawo 1973). A forma do espessamento da parede (em faixas, helicoidal ou em espiral) é constante dentro de uma mesma espécie, mas pode ou não variar entre as espécies de um mesmo gênero, sendo, portanto, parâmetro útil para a taxonomia.

Nas paredes das células do velame, em contato com as células-de-passageira da exoderme, ocorrem tilossomos (Tab. 2) do tipo esponjoso em *E. secundum* e *E. xanthinum*. Para classificação dos tilossomos recorreu-se a compilação de dados realizada por Arditii (1992). Pridgeon et al (1983) também relataram tilossomos do tipo esponjoso em *E. secundum* e registraram ocorrência destes para a maioria das 16 espécies de *Pleurothallis* por eles estudadas; segundo esses autores, os tilossomos são quase exclusivos de táxons epifíticos. A função dos tilossomos despertou a curiosidade de muitos autores. Estas estruturas seriam responsáveis pela absorção ou condensação do vapor de água da atmosfera, atuando como um reservatório de água que preveniria a dessecação dos tecidos internos (Leitgeb 1864 *apud* Pridgeon et al. 1983). Dietz (1930 *apud* Pridgeon et al. 1983), igualmente, atribuiu aos tilossomos a função de absorção. Segundo Benzing et al. 1982, o ponto de entrada de água é, precisamente, através dos tilossomos, onde a extensão de parede sólida entre o velame morto e o simplasto da raiz é menor que em qualquer outro ponto da interface velame-exoderme.

b. Córtex

São diferenciadas três regiões no córtex das quatro espécies analisadas: a exoderme, o parênquima cortical e a endoderme (Figs 29 a 36). A presença de tais regiões distintas é relatada para a maioria das orquídeas (Withner et al. 1974, Benzing et al. 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983, Pridgeon et al. 1983, Tissot 1991, Oliveira & Sajo 1999b, Stern 1997a, Stern 1997b, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern et al. 2004).

A exoderme é constituída de uma camada de células, imediatamente, abaixo do velame. Em *E. secundum* e *E. xanthinum*, o espessamento da parede é do tipo “O”, algumas células da exoderme apresentam paredes espessas, tendo os núcleos e protoplastos degenerados, outras apresentam paredes delgadas e permanecem vivas constituindo-se nas células-de-passageira da exoderme (Figs 29 e 30). É interessante notar que, nas duas espécies de *Pleurothallis*, as células de passagem apresentam a parede periclinal desigualmente espessada, onde pontoações podem ser visualizadas, sendo essa observação inédita (Fig. 31). Em corte longitudinal, verifica-se que as células-de-passageira mostram-se, aproximadamente isodiamétricas, enquanto as demais são alongadas (Fig. 34). Em *P. teres* e *P. prolifera*, as células da exoderme apresentam espessamento tipo “[]” (Figs 31 e 34), como também observado em *P. rupestris* (Scatena & Nunes 1996). As paredes das células da exoderme reagiram, positivamente, a fluoruglucina ácida detectando a presença de lignina. Benzing et al. (1983) identificaram lignina nas paredes da exoderme de uma série de espécies epifíticas.

A presença de exoderme uniestratificada típica, constituída de células longas de paredes espessadas e células-de-passageira de paredes delgadas foi relatada para a grande

maioria das raízes portadoras de velame (Withner et al. 1974, Benzing et al. 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983, Pridgeon et al. 1983, Stern 1997a, Stern 1997b, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern et al. 2004). Considerando-se sua origem, posição e função, a exoderme trata-se, por definição, de uma hipoderme que recebe a denominação de exoderme quando a epiderme é destruída ou, como nos velames, suas células morrem. A exoderme pode diminuir a transpiração da raiz, como foi observado em outras orquídeas (Sanford & Adalawo 1973, Benzing et al. 1982, Benzing et al. 1983).

Na região cortical as células mostram-se volumosas e arredondadas, com paredes delgadas e arranjo compacto (Figs 29, 32 e 34). Em *E. secundum* e *E. xanthinum*, estas células apresentam projeções sinuosas nas paredes anticlinais, semelhantes às visualizadas na lâmina foliar dessas espécies (Fig. 33). Associados a outros caracteres essa sinuosidade pode estar contribuindo para aumentar o armazenamento de água.

Micorrizas, em diferentes estádios de desenvolvimento, foram visualizadas nas espécies estudadas, com exceção de *P. teres* (Fig. 29). Em *E. secundum* e *E. xanthinum* observaram-se hifas micorrízicas no velame atingindo o córtex através das células-de-passagem. As infecções, geralmente, assemelham-se aos pélotons descritos por Hadley & Williamson (1972) e Benzing & Friedman (1981). A ocorrência de micorrizas é uma característica universal em Orchidaceae e está baseada na evidente dependência deste tipo de associação para a germinação das sementes, em geral, e na persistência de infecções por fungos no sistema radicular de alguns adultos terrestres (Hadley & Williamson 1972, Benzing & Friedman 1981).

A presença de associações micorrízicas pode alterar fisiologicamente a planta aumentando a capacidade de captação de nutrientes, principalmente o fósforo (Stribley 1987). Arias (1995) sugeriu que essas associações são importantes para plantas que crescem em substratos de baixa fertilidade e fácil drenagem, como ocorre na área estudada.

Nas espécies analisadas, idioblastos contendo cristais do tipo ráfides apresentaram-se esparsos por todo o córtex (Figs 33, 34 e 38), exceto em *P. teres*. Em seções longitudinais, esses idioblastos são alongados e as ráfides estão agrupadas em feixes (Fig. 34). A presença de ráfides é muito comum em Orchidaceae (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Tissot 1991, Stern & Whitten 1999, Stern & Judd 2001, Stern et al. 2004).

Além de estarem presentes no mesofilo, foi detectado amido nas células corticais de *P. teres* e em *E. xanthinum* (Fig. 35), através de reação com lugol, enfatizando o caráter de reserva das raízes. Observações como estas foram também relatadas em espécies estudadas por Tissot (1991) e Stern (1997b).

A endoderme, nas quatro espécies, é constituída de apenas uma camada de células (Figs 35 e 36). O espessamento da parede é do tipo “O”, a maioria destas células apresenta

paredes espessas, sendo as demais delgadas e localizadas nos pólos opostos ao protoxilema, as quais correspondem as células-de-passagem. A maioria das orquídeas estudadas por Singh (1986) apresentaram endoderme com espessamento tipo “O”, mas os tipos “P” e “U” foram também observados. Endoderme com paredes espessadas foram descritas em várias espécies de orquídeas (Hass & carathers 1975, Pridgeon & Stern 1982, Singh 1986, Tissot 1991, Stern et al. 2004).

c. Cilindro vascular e medula

Nas espécies estudadas, o cilindro vascular encontra-se delimitado pelo periciclo que se apresenta unisseriado e, parcialmente, esclerificado (Figs 35 e 36). Células com paredes delgadas são encontradas opostas aos pólos de protoxilema. Na maioria das orquídeas o periciclo é unisseriado (Pridgeon & Stern 1982, Tissot 1991, Stern 1997a, Stern 1997b, Stern et al. 2004).

O xilema encontrado é poliarco, com em média 18 a 20 pólos de protoxilema em *E. secundum*, 16 a 18 em *E. xanthinum*, 10 a 11 em *P. prolifera* e 7 a 9 em *P. teres* (Fig. 36). Em orquídeas o número de pólos do xilema varia em diferentes raízes da mesma espécie e, também, em diferentes porções da mesma raiz (Rosso 1966, Singh 1986, Tissot 1991).

A porção central da raiz é ocupada por uma medula (Figs 35 e 36) constituída por células volumosas de paredes delgadas em *E. secundum*, e paredes espessas e pontoadas em *E. xanthinum*. Em *P. prolifera* e *P. teres* as células são pequenas e apresentam-se, em corte transversal, pentagonais e hexagonais com paredes espessas (Fig. 36). A presença de medula é comum em raízes adventícias de monocotiledôneas (Mauseth 1988). Tissot (1991) observou medula nas seis espécies que estudou entre elas *E. fulgens*. Medula constituída de células de paredes delgadas, com formato poligonal e espaços intercelulares ausentes foi observada por Stern (1997b).

Pode-se observar uma variedade de fibras que estão associadas ao xilema e ao floema. Os elementos condutores do xilema estão representados por elementos de vaso de vários tamanhos, alongados e estreitos, com espessamento escalariforme e pontado, com placas de perfuração escalariforme e simples, respectivamente. Elementos de vaso foram descritos em raízes de algumas espécies de orquídeas (Cheadle 1942, Rosso 1966, Pridgeon & Stern 1982). Metcalfe (1963) relata que entre as monocotiledôneas derivadas, os elementos condutores são representados por vasos.

4. Considerações taxonômicas

As análises de agrupamento foram efetuadas com base nos dados listados na Tabela 3a e 3b. O cladograma resultante desta análise é a Figura 39. A comparação dos caracteres anatômicos das espécies estudadas, considerando características apomórficas e

plesiomórficas, mostrou uma definição clara de dois grupos, sendo denominados 1 e 2 (Fig. 39), que distinguem dois gêneros, *Epidendrum* e *Pleurothallis*, pertencentes a tribo Epidendreae I.

No cladograma gerado, houve um nível de ligação alto entre as espécies *E. secundum* e *E. xanthinum*, o grupo 1 (Fig. 39) apresentando similaridade de 0,963 (Tab. 4). Esse grupo é o mais derivado considerando-se o âmbito de caracteres deste estudo, compartilhando feições consistentes para delimitação taxonômica do gênero *Epidendrum*. Stigmata (corpos silicosos) na epiderme, cutícula espessa e estriada, folhas hipostomáticas, estômatos anomocíticos, células subsidiárias, hipoderme, barras de espessamento nas paredes do parênquima aquífero, presença de ráfides na lâmina foliar e na região cortical da raiz, tilossomos e micorrizas são caracteres de ligação entre as duas espécies. As espécies deste grupo se distinguem, anatomicamente, no caráter medula com células de paredes espessas e delgadas.

O grupo 2 é constituído pelas espécies *P. prolifera* e *P. teres*, com similaridade de 0,762 (Fig. 39). Este grupo é menos derivado, quando considerado o conjunto de caracteres utilizados para esta análise, ao ser comparado com o grupo 1. As características anatômicas apomórficas de ligação dessas duas espécies de *Pleurothallis* são: folhas coriáceas carnosas, tricomas glandulares e ausência de grupos de fibras. Essas espécies apresentam caracteres distintivos entre si. *P. prolifera* apresenta hábito terrícola, folhas coriáceas, ráfides tanto na lâmina foliar, quanto na raiz e associação com micorrizas. Enquanto que em *P. teres* nenhum destes caracteres foi observado.

E. secundum (A) e *P. prolifera* (C) apresentam similaridade de 0,583. Entre *E. xanthinum* (B) e *P. prolifera* (C) a similaridade é de 0,640. A presença de ráfides, na lâmina foliar e na região cortical da raiz, e de micorrizas são caracteres de ligação entre as três espécies citadas.

Entre *E. secundum* (A) e *P. teres* (D) ocorre a menor similaridade (0,348). A característica morfo-anatômica compartilhada entre as duas espécies é a presença de barras de espessamento.

Habitat rupestre, folhas cilíndricas, ausência de ráfides e de micorrizas são características exclusivas de *P. teres* (4). Portanto, no gênero *Pleurothallis*, para uma maior consistência na distinção das duas espécies estudadas, a análise de caracteres da morfologia externa, para estudos taxonômicos, deve ser acrescida da análise de caracteres da morfologia interna.

Scatena & Nunes (1996) sugerem que as espécies rupestres *P. rupestris* e *P. teres* são a mesma espécie. As autoras não observaram diferenças nas características morfológicas externas e internas para os indivíduos inicialmente identificados como duas espécies distintas.

Nossos estudos, em campo de altitude, com a espécie identificada como *P. teres*, corroboram esta sugestão pois todas as características são semelhantes às descritas por estas autoras.

Conclusões

Caracteres derivados na família Orchidaceae, como presença de velame, folhas coriáceas, células subsidiárias morfológicamente distintas, elementos de vaso, entre outros, sugerem que as espécies estudadas pertencem a grupos evolutivamente derivados.

Os caracteres morfológicos vegetativos externos e os anatômicos das duas espécies do gênero *Epidendrum* não são suficientes para distinguir as duas espécies taxonomicamente e por esse motivo é fundamental utilizar caracteres reprodutivos, a fim de diferenciá-las no campo.

P. teres apresenta características exclusivas tais como: habitat rupestre, folhas cilíndricas, não apresentam ráfides e nem micorrizas. Portanto, no gênero *Pleurothallis*, para uma maior consistência na distinção das duas espécies estudadas, a análise de caracteres de morfologia externa para estudos taxonômicos deve ser acrescida de análise de caracteres de morfologia interna.

A ausência de diferenças nas características anatômicas para os indivíduos inicialmente identificados como *P. rupestris* e *P. teres* sugere que são a mesma espécie. Assim, os estudos realizados podem confirmar a sugestão dos taxonomistas do grupo que consideram *P. rupestris* e *P. teres* como sinônimos por não apresentarem diferenças morfológicas.

As folhas coriáceas das espécies do gênero *Epidendrum* apresentaram barras de espessamento lignificadas no parênquima aquífero, enquanto barras de espessamento celulósicas foram observadas nas folhas suculentas de *Pleurothallis*. Acredita-se que no caso de folhas coriáceas os espessamentos lignificados serviriam principalmente como suporte mecânico evitando o colapso durante a dessecação.

Apesar das plantas serem terrícolas e rupícolas, anatomicamente, as características observadas são equivalentes às descritas para epifíticas. As quatro espécies apresentam lâminas foliares coriáceas ou suculentas com barras de espessamento no parênquima aquífero e raízes com velame biestratificado ou pluriestratificado, que estão relacionadas a armazenamento e absorção de água e resistência mecânica, em plantas que sobrevivem em condições de fortes restrições hídricas.

Referências Bibliográficas

- Arditti, J. & Ernest, R. 1974. Reciprocal movements of substances between orchids and mycorrhizae. Medellín. **Anais 7a. Conferência Mundial de Orquideologia**. 299-308 p.
- Arditti, J. 1992. **Fundamentals of Orchid Biology**. New York: John Wiley. 691 p.
- Arias, R. L. 1995. **Estudo morfoanatomico em espécies de *Lychnophora* Mart. (Asteraceae) dos campos rupestres do Brasil**. Tese de doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. SP.
- Barros, F. 1996. Notas taxonômicas para espécies brasileiras dos gêneros *Epidendrum*, *Platystele*, *Pleurothallis* e *Scaphylothis* (Orchidaceae). **Acta Botanica Brasilica** 10(1): 139-151.
- Barros, F. 2002. Notas taxonômicas para espécies brasileiras dos gêneros *Epidendrum* e *Heterotaxis* (Orchidaceae). **Hoehnea** 29(2): 109-113.
- Benzing, D.H. & Friedman, W.E. 1981. Mycotrophy: its occurrence and possible significance among epiphytic Orchidaceae. **Selbyana** 5(3-4): 243-247.
- Benzing, D.H.; Ott, D.W. & Friedman, W.E. 1982. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. **American Journal of Botany** 69(4): 608-614.
- Benzing, D.H.; Friedman, W.E.; Peterson, G. & Renfrow, A. 1983. Shootlessness, velamentous roots, and the pre-eminence of Orchidaceae in the epiphytic biotope. **American Journal of Botany** 70(1): 121-133.
- Benzing, D.H. & Pridgeon, A.M. 1983. Foliar trichomes in the Pleurothalidinae (Orchidaceae): functional significance. **American Journal of Botany** 70(2): 173-180.
- Bonates, L.C.M. 1993. Estudos ecofisiológicos de Orchidaceae da Amazônia II. Anatomia ecológica foliar de espécies com metabolismo CAM de uma campina de Amazônia Central. **Acta Amazonica** 23:315-348.
- Bozzola, J.J.; Russel, L.D. 1992. **Eletron Microscopy**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 542 p.
- Braga, P.I.S. 1987. Orquídeas. Biologia floral. **Ciência Hoje** 5: 53-55.
- Caiafa, A.N. 2002. **Composição florística e estrutura da vegetação sobre um afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 55 p.
- Campos, A.C. & Labouriau, L.G. 1969. Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 4: 143-151.
- Cheadle, V.I. 1942. The occurrence and types of vessel cell in the various organs of the plant in Monocotyledoneae. **American Journal of Botany** 29: 441-450.
- Costa, C.M.R.; Hermann, G.; Martins, P.S.; Lins, L.V.; Lamas, I.R. (Orgs) 1998. **Biodiversidade em Minas Gerais. Um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 94 p.
- Cutter, E. G. 1978. **Plant anatomy**. Part I: cells and tissues. 2nd ed. London: Edward Arnold. 315 p.
- Cutter, E. G. 1980. **Plant anatomy**. Part II: organs. 1^o Ed. London: Edward Arnold. 315 p.
- Dressler, R.L. 1993. **Phylogeny and classification of the orchid family**. Portland: Dioscorides Press. 313 p.

- Engevix, 1995. **Caracterização do meio físico da área autorizada para a criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro - relatório técnico final dos estudos - 8296-RE-H4-003/94 "VER.1"**. Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ-FLORESTA/SEPLAN. 59p.
- Esau, K. 1960. **Plant anatomy**. 2° ed. Tokyo: Toppan Printing. 767 p.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2° ed. John Wiley & Sons, New York. 550 p.
- Fahn, A. 1987. **Plant anatomy**. 3° ed. Oxford, Pergamon Press. 555 p.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy**. 4° ed. Blutterworth-Heinemann Ltd., Oxford. 588 p.
- Ferreira, J.L.B. 1992. **Anatomia foliar de espécies da subtribo Pleurothallidinae (Orchidaceae)**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Botânica. Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 106 p.
- Haas, N.F. & Carothers, Z.B. 1975. Some ultrastructural observations on endodermal cell development in *Zea mays* roots. **American Journal of Botany** 62(4): 336 – 348.
- Hadley, G. & Williamson, B. 1972. Features of mycorrhizal infection in some malayan orchids. **New Phytologist** 71: 1111-1118.
- Holloway, P.J. 1982. Structure and histochemistry of plant cuticular membranes an overview. In: D.F. Cutler, K.L. Alvin & C.E. Price (eds.). **The Plant Cuticle**. London: Academic Press. 1-32 p.
- Hunt, P.F. 1985. Orquidáceas. In: **Las plantas com flores** (V.H. Heywood ed.), Barcelona: Editorial Reverté, S. A. 25 p.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. San Francisco: H. Freeman and Co. 408 p.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 523 p.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro. EDUR (Editora Universidade Rural). 107 p.
- Leiria, D.P.S. 1997. **Anatomia foliar das espécies nativas do gênero *Oncidium* Sw., Seção *Synsepala* (Orchidaceae) ocorrentes no Morro Santana (POA) – RS**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Botânica. Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 78 p.
- Levin, D.A. 1971. Plant phenolics: an ecological perspective. **American Naturalist** 10: 157-181.
- Mauseth, J.D. 1988. **Plant anatomy**. California: The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. 560 p.
- Mauseth, J.D. 1995. Botany- **An introduction to plant Biology**. 2nd ed., Menlo Park. Sanders College Publishing. 794 p.
- Meira, R.M.S.A. & Martins, F.M. 2003. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. **Revista Árvore** 27(1): 109- 112.
- Metcalf, C.R. 1963. Comparative anatomy as a modern botanical discipline. **Advances Botanical Reserch** 1: 101-147.
- Metcalf, C.R. 1979. The leaf: general topography and ontogeny of the tissues. In: In Metcalfe, C.R. & Chalk, L. **Anatomy of the Dicotyledons. Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject**. 2nd ed. Vol I. Oxford: Clarendon Press. 294 p.
- Metcalf, C.F. & Chalk, L. 1983. **Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction**. 2 ed. Vol. II. Oxford: Clarendon Press, 297 p.
- Mulay, B.N. & Prasad, M.K. 1956. On the structure and development of velamen in the roots of some terrestrial orchids. **Proc. 43 RD. Indian Sc. Congr.** Pt. III. 246 p.

- O'brien, T.P. & Mc Cully, M.E. 1981. **The Study of Plant Structure Principles and Selected Methods**. Melbourne, Austrália: Termarcarphi PTY. LTD. 87 p.
- Olatunji, O.A. & Nengim, R.O. 1980. Occurrence and distribution of tracheoidal elements in the Orchidaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **80**: 357-370.
- Oliveira, P.L. 1982. **Blattanatomie und Co₂- Gaswechsel Epiphytischer Orchideen aus Südbrasilien/ Rio Grande do Sul**. Stuttgart, Tese de Doutorado em Agronomia. Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim. 94 p.
- Oliveira- Filho, A.T & Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of central brasilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany** **52**(2): 141-194.
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999a. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica** **22**(3): 365-374.
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999b. Root anatomy of nine Orchidaceae species. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **42**(3): 405-413.
- Pabst, G.F.J. & Dungs, F. 1975. **Orchidaceae Braziliensis**. Hildeshein: Brueck-Kurt Schmerson. 2 V. 373- 416 p.
- Paviani, T.I. 1972. Estudo morfológico e anatômico de *Brasilia sickii* G. M. Barroso: **Revista Brasileira de Biologia** **32**(4): 451-472.
- Pinheiro, F. & Barros, F. 2002. **Análise morfométrica do “complexo *Epidendrum secundum*” (Orchidaceae) do Brasil**. In: *Anais do 53º Congresso Nacional de Botânica e 25º Reunião Nordestina de Botânica*. Resumo. 459 p.
- Pridgeon, A.M. & Williams, N.H. 1979. Anatomical aspects of *Dresslerella* (Orchidaceae). **Selbyana** **5**(2): 120-134.
- Pridgeon, A.M. 1981. Absorbing trichomes in the Pleurothaliidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany** **68**(1):64-71.
- Pridgeon, A.M. & Stern, W.L. 1982. Vegetative anatomy of *Mioxanthus* (Orchidaceae). **Selbyana** **7** (1): 55-63.
- Pridgeon, A.M. 1982. Diagnostic anatomical characters in the Pleurothallidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany** **69**(6): 921-38
- Pridgeon, A.M., Stern, W.L. & Benzing, D.H. 1983. Tilosomes in roots of Orchidaceae: morphology and systematic occurrence. **American Journal of Botany** **70**(9): 1365-1377.
- Pridgeon, A.M. 1986. Anatomical adaptations in Orchidaceae. **Lindleyana** **1**(2): 90-101.
- Pridgeon, A.M. 1993. Systematic leaf anatomy of *Caladenia* (Orchidaceae). **Kew Bull.** **48**(3): 533-543.
- Pridgeon, A.M. 1994. Systematic leaf anatomy of Caladeniinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **114**: 31-48.
- Rasmunssen, H. 1987. Orchid stomata – structure, differentiation, function, and phylogeny. In **Orchid Biology: Reviews and Perspectives**, IV (J. Arditti, ed.). New York: Cornell University Press. 105-138 p.
- Rohlf, F.J. 1988. **NTSYS numerical taxonomy and multivariate analysis system**. New York: Exeter Publishing LTD. 155 p.
- Rosso, S.W. 1966. The vegetative anatomy of the Cyripedioideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **59**: 309-341.
- Rudall, P. 1986. Taxonomic significance of leaf antomy in Australasian Iridaceae. **World Journal of Botany** **6**: 277-289.

- Sanford, W.W. 1974. The ecology of orchids. In: Withner, C.L. (ED.). **The orchids – scientific studies**. New York: John Wiley & Sons. 100 p.
- Sanford, W.W. & Adanlawo, I. 1973. Velamen and exodermis characters of west african epiphytic orchids in relation to taxonomic grouping and habitat tolerance. **Botanical Journal of the Linnean Society** **66**: 307-321.
- Scatena, V.L. & Nunes, A.C. 1996. Anatomia de *Pleurothallis rupestris* Lindl. (Orchidaceae) dos campos ruprestres. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **15**: 35-43.
- Sinclair, R. 1990. Water relations in Orchids. In: Arditti, J. **Orchid Biology: Reviews and Perspectives**. London: Cornell University. v. 5. 100-119 p.
- Singh, H. 1981. Development and organization of stomata in Orchidaceae. **Acta Botanica Indica** **9**: 94-100.
- Singh, H. 1986. Anatomy of root in some Orchidaceae. **Acta Botanica** **14**: 24 – 32.
- Sneath, P.H. & Sokal, R.R. 1973. **Numerical Taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman Co. 573 p.
- Stern, W.L., Morris, M.W., Judd, W.S., Pridgeon, A.M. & Dressler, R.L.; 1993. Comparative vegetative anatomy and systematics of Spiranthoideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **113**: 161-197.
- Stern, W.L. 1997a. Vegetative anatomy of subtribe Orchidinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **124**: 121-136.
- Stern, W.L. 1997b. Vegetative anatomy of subtribe Habenariinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **125**: 211-227.
- Stern, W.L. & Whitten, W.M. 1998. Comparative vegetative anatomy of *Stanhopeinae* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **129**: 87-103.
- Stern, W.L. & Judd, W.S. 2001. Comparative anatomy and systematic of Catasetinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **136**: 153-178.
- Stern, W.L., Judd, W.S. & Carlsward, B.S. 2004. Systematic and comparative anatomy of Maxillarieae (Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **144**: 251-274.
- Stribley, D. P. 1987. Mineral Nutrition. in G. R. Safir Ed.: **Ecophysiology of VA micorrrhizal plants**. Florida: CRC Press. Boca Raton. 59-70 p.
- Tissot, M.L. 1991. **Anatomia de raízes de orquídeas terrestres nativas no Morro Santana, Porto Alegre, Rs**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 158 p.
- Toscano-de-Brito, A.L. 1995. Orchidaceae. In: B.L. Stannard (ed.), **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia- Brasil**, Royal Botanic Gardens. Kew. 725-767 p.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Ibge, Departamento de recurso naturais e estudos ambientais. 123 p.
- Widholzer, C.F.N. 1993. **Morfo-anatomia foliar de espécies do gênero *Sophronitis* Ldl. (Orchidaceae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 146 p.
- Wilkinson, H.P.1979. The plant surface (mainly leaf) In: Metcalfe, C.R. & Chalk, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol I. 2nd ed. Oxford Science Publications, Oxford. 97-165 p.
- Williams, N.H. 1972. The value of plant anatomy. In M. Ospina (ed.), **Orchid Taxonomy. Proceedings of the 7th World Orchid Conference**: 281-288 p.

- Williams, N.H. 1974. The value of plant anatomy in orchid taxonomy. In: Ospina, O. **World Orchid Conference**. Medellin. Proceedings. 281-88 p.
- Williams, N.H. 1975. Stomatal development in *Ludisia discolor* (Orchidaceae): mesoperigenous subsidiary cells in the Monocotyledons. **Taxon** **24**: 281-288.
- Williams, N.H. 1979. Subsidiary cells in the Orchidaceae: Their general distribution with special reference to development in the Oncidieae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **78**: 41-66.
- Withner, C.L., Nelson, P.K. & Wejksnora, P.J. 1974. The anatomy of Orchids. In: Wither, C.L. **The Orchids Scientific Studies**. New York: John Wiley. 267-347 p.
- Zanengo-Godoy, R. & Costa, C.G. 2003. Anatomia foliar de quatro espécies do gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brasilica** **17**(1): 101-118.

Tabelas e Figuras

Tabela 1- Espécies de Orchidaceae presentes na sub-serra “Totem deitado”, Serra das Cabeças, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG. A ocorrência das espécies brasileiras se baseia na obra de Pabst & Dungs (1975).

Subfamília	Tribo	Espécies	Sinusias	Ocorrência
Epidendroideae	Epidendreae I	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	Campo graminóide Campo granitóide Escrube	AM/AP/PA/CE/BA/R J/MT/MG/GO/DF/SP /PR/SC/RS/
Epidendroideae	Epidendreae I	<i>Epidendrum xanthinum</i> Lindl.	Campo graminóide Campo granitóide Escrube	RJ/ MG
Epidendroideae	Epidendreae I	<i>Pleurothallis prolifera</i> Lindl.	Campo graminóide Campo granitóide	RJ/ SP/ MG
Epidendroideae	Epidendreae I	<i>Pleurothallis teres</i> Lindl.	Campo granitóide	RJ/ MG

Tabela 2. Caracteres relacionados à reserva de água e a resistência ao dessecamento, presentes nas quatro espécies de Orchidaceae estudadas. + = presentes; - = ausentes; vl = velame; tl = tilossomos; ad = adaxial (tamanho das células em relação a face abaxial); ec = espessura da cutícula; ea = estômatos abaxial com poro protegido; gf = grupo de fibras; ic = idioblastos cristalíferos; hi = hipoderme; be = barras de espessamento nas paredes anticlinais do parênquima aquífero; fb = fibras envolvendo feixes colaterais; cf = calotas de fibras associadas aos feixes.

Espécie	Raiz		Epiderme			Mesofilo				Feixe vascular	
	vl	tl	ad	ec	ea	gf	ic	hi	be	cf	fb
<i>Epidendrum secundum</i>	pluri	+	maiores	espessa estriada	+	+	+	+	+	+	+
<i>Epidendrum xanthinum</i>	pluri	+	maiores	espessa estriada	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurothallis prolifera</i>	bi	+	=	espessa estriada	+	-	-	-	+	+	+
<i>Pleurothallis teres</i>	bi	+	=	espessa estriada	+	-	-	-	+	+	+

Tabela 3a. Caracteres morfológicos das espécies estudadas da tribo Epidendreae I. Características pleisomórficas estão representadas por (0), e apomórficas (1).

1. Hábito terrestre (0), rupícula (1).
2. Folhas coriáceas (0), coriáceas carnosas (1).
3. Folhas cilíndricas ausentes (0), presentes (1).
4. Stegmata na epiderme ausente (0), presente (1).
5. Tricoma glandular ausente (0), presente (1).
6. Cutícula espessa e estriada ausente (0), presente (1).
7. Folha anfiestomática (0), hipoestomática (1).
8. Estômato geralmente ciclocítico (0), predominantemente anomocíticos (1).
9. Células subsidiárias ausente (0), presente (1).
10. Hipoderme ausente (0), presente (1).
11. Grupos de fibras dispersos no mesofilo presente (0), ausente (1).
12. Barras de espessamento nas paredes anticlinais das células do mesofilo ausentes (0), presentes (1).
13. Presença de ráfides na lâmina foliar ausente (0), presente (1).
14. Velame biestratificado (0), pluriestratificado (1).
15. Tilossomos ausente (0), presente (1).
16. Micorrizas ausente (0), presente (1).
17. Presença de ráfides no córtex radicular ausente (0), presente (1).
18. Células medulares de paredes delgadas (0), espessas (1).
19. Elementos de vaso ausente (0), presente (1).

Tabela 3b. Representação dos caracteres pleisomórficos e apomórficos das espécies estudadas. **Esp.:** espécies **A:** *Epidendrum secundum*, **B.** *Epidendrum. xanthinum*, **C.** *Pleurothallis. prolifera*, **D.** *Pleurothallis teres*. **Caracteres** representados pelos números.

Esp.	Caracteres																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
B	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
C	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
D	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1

Tabela 4. Matriz de similaridade entre as espécies estudadas da tribo Epidendreae I. **A:** *Epidendrum secundum*, **B.** *Epidendrum xanthinum*, **C.** *Pleurothallis prolifera*, **D.** *Pleurothallis teres*

Espécies	A	B	C	D
A	1			
B	0,963	1		
C	0,583	0,640	1	
D	0,348	0,417	0,762	1

Figuras 1 a 6. Caracterização da área e das Orchidaceae estudadas.

Fig. 1- Sub-serra Totem deitado.

Fig. 2- Paisagem vista de cima do Tótem deitado (1722m).

Fig. 3- *Epidendrum secundum*.

Fig. 4- *Epidendrum xanthinum*.

Fig. 5- *Pleurothallis prolifera*.

Fig. 6- *Pleurothallis teres*.



Figuras 7 a 12. Estrutura da lâmina foliar de *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum* e *Pleurothallis prolifera*. (coloração: azul de toluidina em pH ácido, exceto Fig. 10 onde o corte foi submetido ao reagente Lugol).

Fig. 7- Seção transversal de *E. secundum* evidenciando, cutícula (Ct), câmara subestomática (cs), cristas (cr), hipoderme (hi) e grupos de fibras (gf).

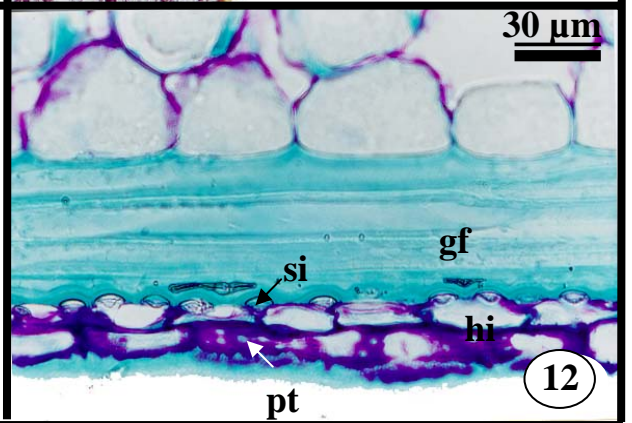
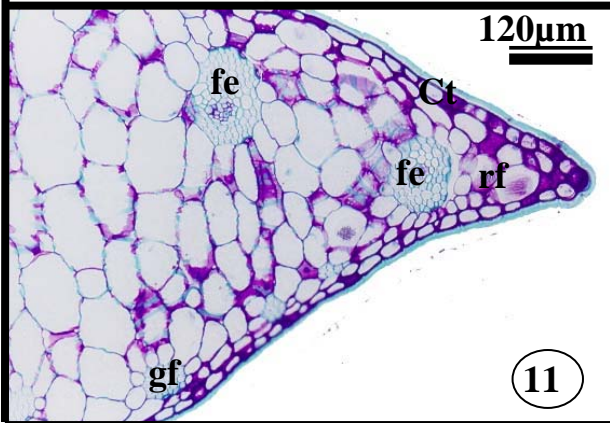
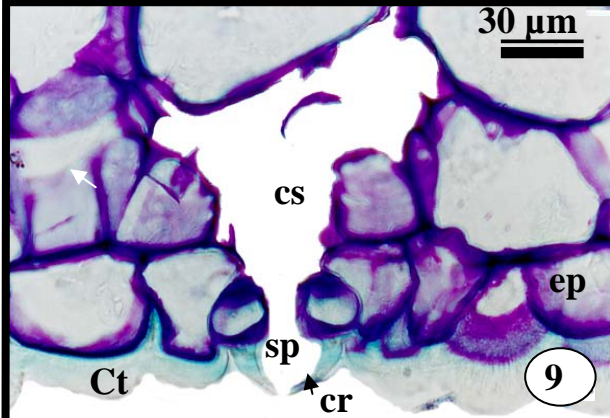
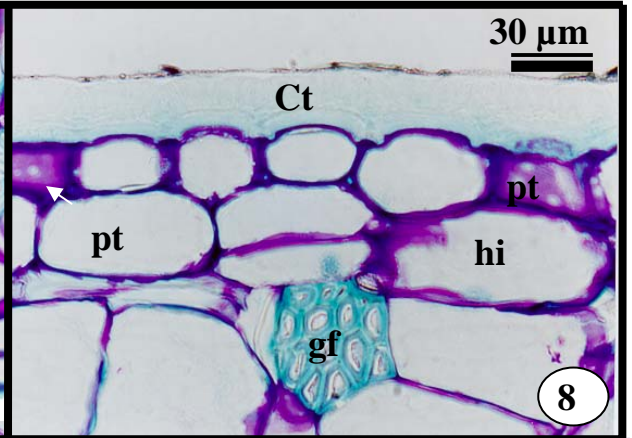
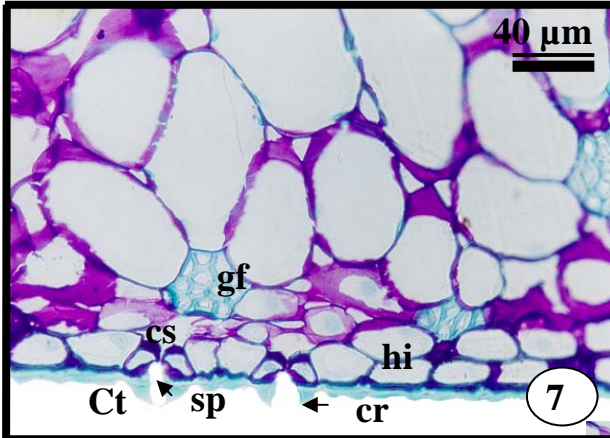
Fig. 8- Seção transversal de *E. xanthinum* mostrando, cutícula (Ct), pontoações (pt), hipoderme (hi) e grupos de fibras (gf).

Fig. 9- Seção transversal de *P. prolifera* destacando a presença de cutícula (Ct), epiderme (ep), câmara subestomática (cs), câmara supraestomática (sp) e cristas (cr).

Fig. 10- Corte evidenciando a cutícula (Ct) de *P. prolifera*. Abreviações: amido (am) e feixe vascular (fv) .

Fig. 11- Seção transversal de *E. secundum* identificando, cutícula (Ct), ráfides (rf), grupos de fibras (gf) e feixe vascular (fv).

Fig. 12- Seção longitudinal de *E. xanthinum* evidenciando, corpos silicosos (Stigmata- si), grupos de fibras (gf), hipoderme (hi) e pontoações (pt).

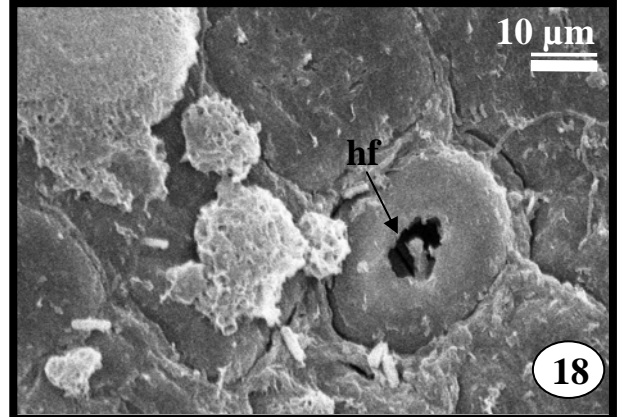
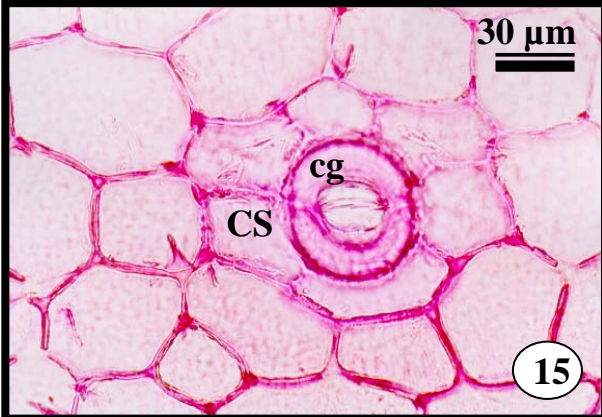
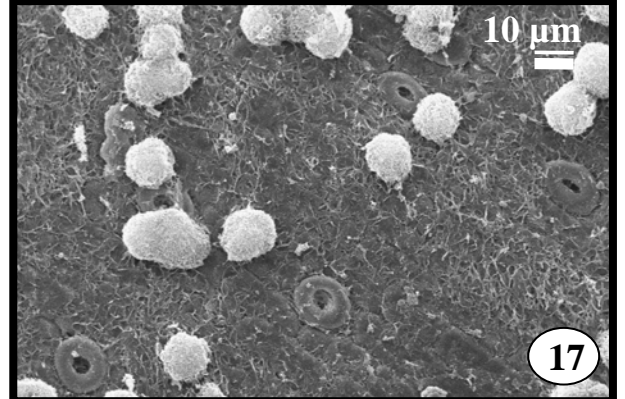
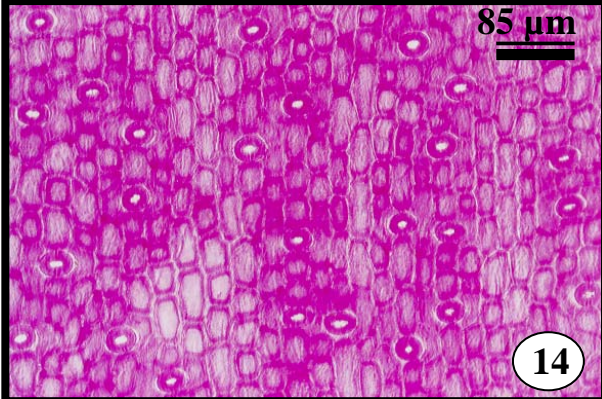
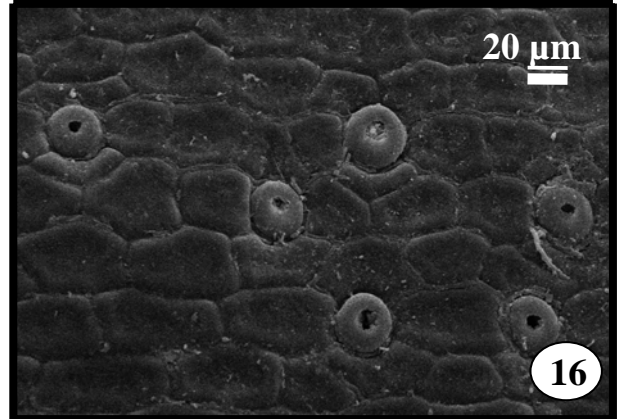


Figuras 13 a 18. Epiderme da lâmina foliar de *Epidendrum secundum*, *Pleurothallis teres* e *E. xanthinum*. 13 a 15- Dissociações evidenciando a face abaxial da lâmina foliar, corada com safranina. 16 a 18- Faces abaxiais em microscopia eletrônica de varredura.

Figs. 13 e 16- *E. secundum* presença de corpos silicosos (Stegmata cônico- si) na fig. 13.

Fig. 14, 17 e 18- *E. xanthinum*. Abreviações: hifas fúngicas (hf).

Fig. 15- *P. teres* evidenciando, células subsidiária (CS) e célula-guarda (cg).



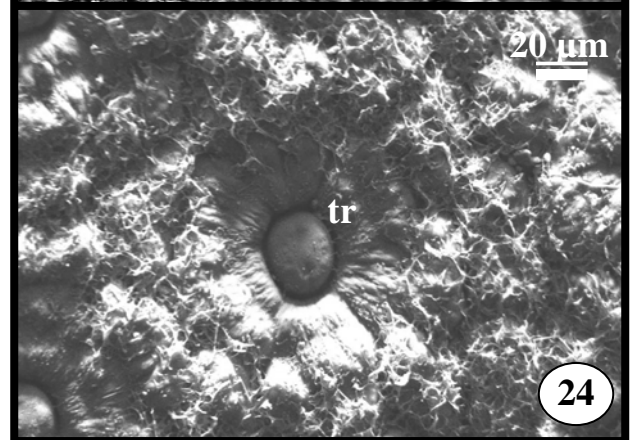
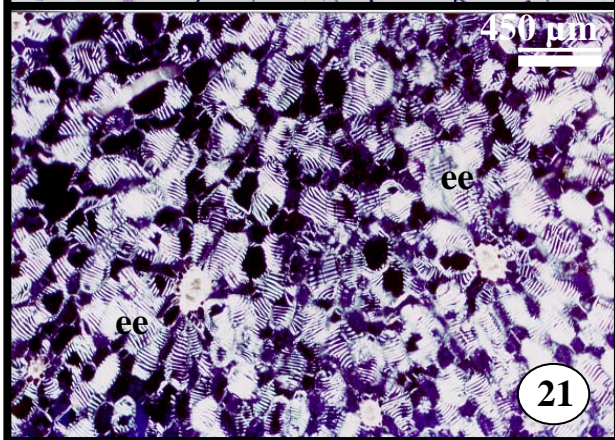
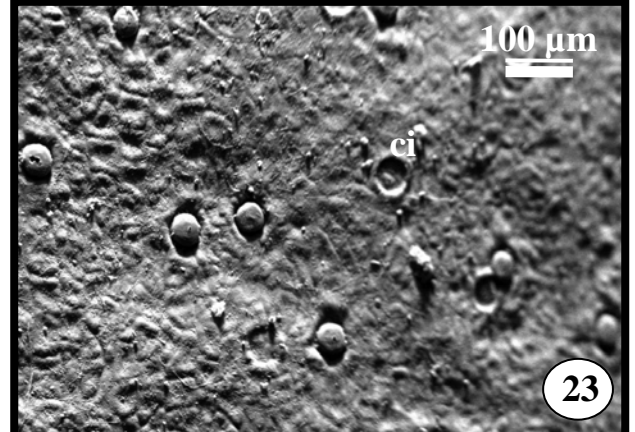
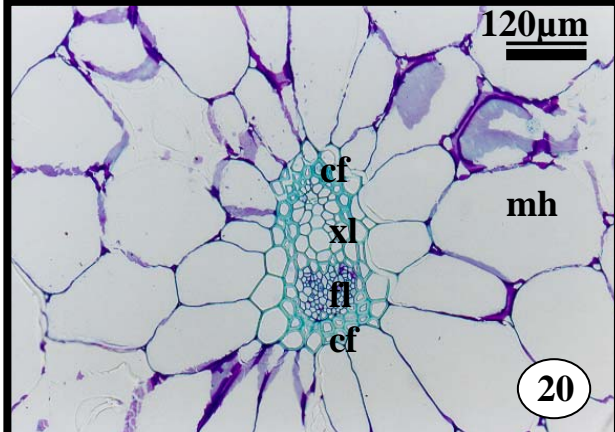
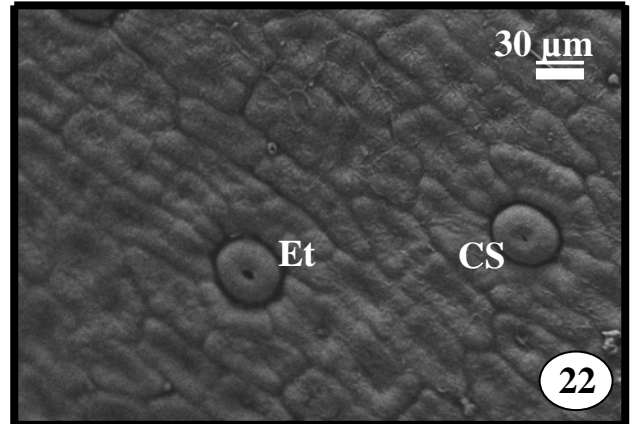
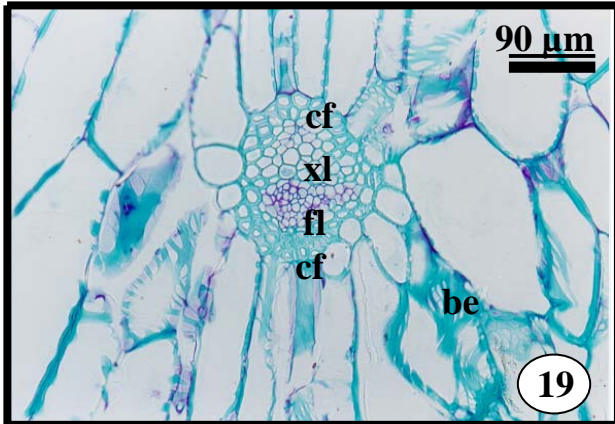
Figuras 19 a 24. Caracterização estrutural da lâmina foliar de *Epidendrum xanthinum*, *Pleurothallis prolifera* e *P. teres*. 19 a 21- Seções transversais; coradas com azul de toluidina em pH ácido (Figs 19 e 20) e observada em luz polarizada (Fig. 21). 22 a 24- Faces abaxiais vistas em microscopia eletrônica de varredura.

Fig. 19- Região mediana da lâmina foliar de *E. xanthinum*, evidenciando, xilema (xl), floema (fl), barras de espessamento (be) e calota de fibras (cf).

Fig. 20- Região mediana da lâmina foliar de *P. prolifera*, mostrando, xilema (xl), floema (fl), barras de espessamento (be) e calota de fibras (cf).

Fig. 21- Lâmina foliar de *P. teres* observada sob luz polarizada destacando a presença de espessamentos espiralados (ee).

Fig. 22 a 24- Detalhe de estômatos (Et), células subsidiárias (CS), cicatrizes deixada por tricomas (ci) e tricomas (tr) de *P. teres*, respectivamente.



Figuras 25 a 32. Caracterização estrutural da lâmina foliar e porção mediana da raiz de *Epidendrum secundum*, *Pleurothallis prolifera*, *E. xanthinum* e *P. teres*. 25 a 28- Seções transversais e macerado da lâmina foliar. 29 a 32- Seções transversais da raiz corada com azul de toluidina em pH ácido.

Fig. 25 e 26- Seções da lâmina foliar de *E. secundum* e *P. prolifera*, respectivamente, submetidas a reação com fluoroglucina ácida. Abreviações: grupo de fibra (gf), barras de espessamento (be), parênquima aquífero (pa), espessamento espiralado (ee) e feixe vascular (fe).

Fig. 27- Corte de *P. teres*, submetido ao reagente de lugol, evidenciando espessamento espiralado (ee), feixe vascular (fe) e amido (am).

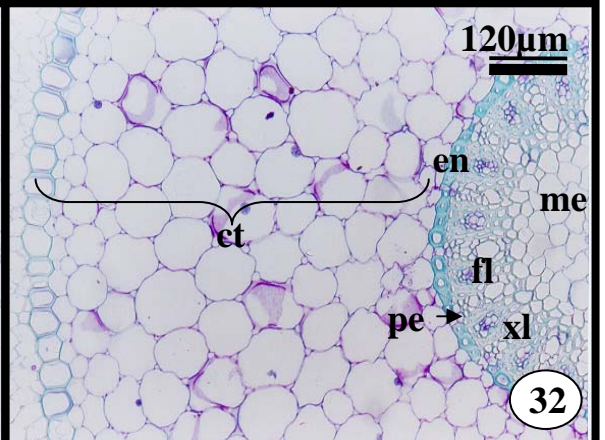
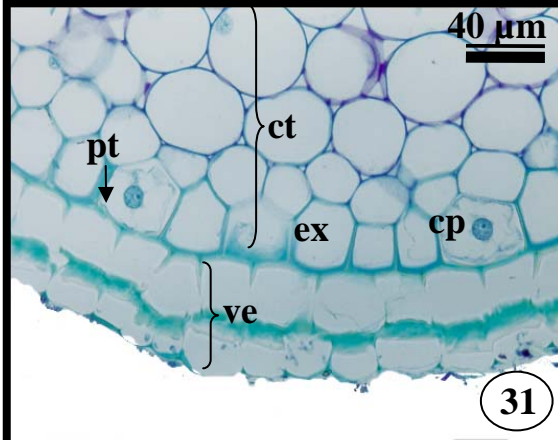
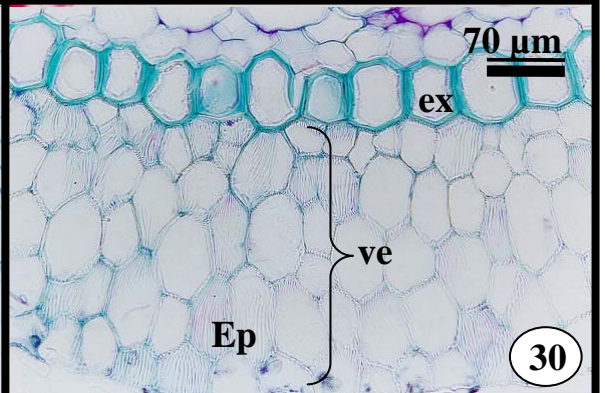
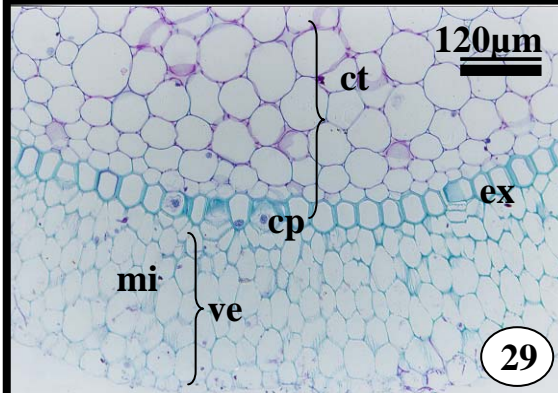
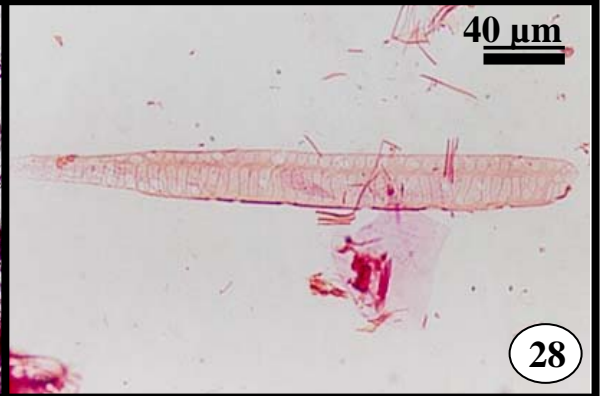
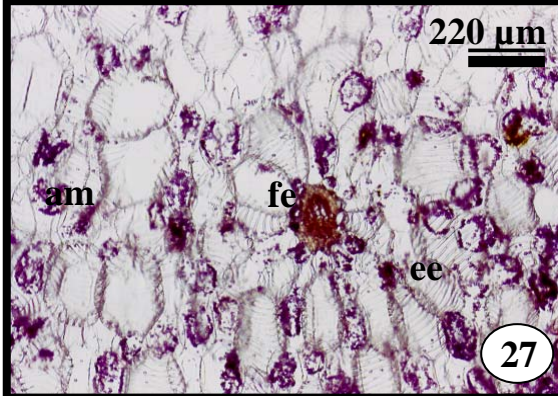
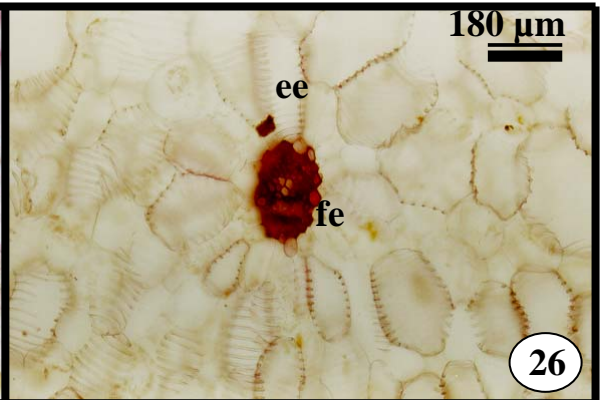
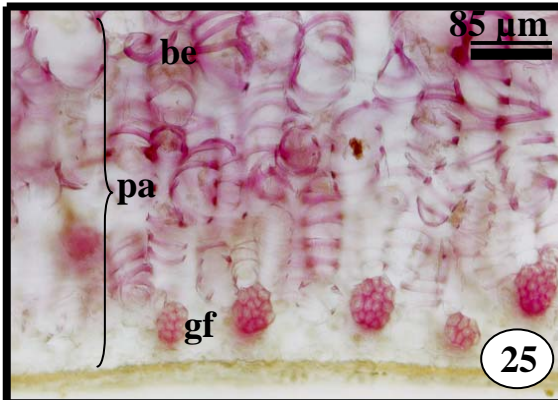
Fig. 28- Macerado da região da nervura mediana da lâmina foliar de evidenciando elemento de vaso de *E. xanthinum*.

Fig. 29- Raiz de *E. secundum* evidenciando, velame (ve), exoderme (ex), célula-de-passagem (cp), córtex (ct) e micorriza (mi).

Fig. 30- Raiz de *E. xanthinum* mostrando, velame (ve), exoderme (ex) e espessamento de parede (Ep).

Fig. 31- Raiz de *P. teres* evidenciando, velame (ve), exoderme (ex), célula-de-passagem (cp), pontoações (pt) e córtex (ct).

Fig. 32- Raiz de *E. secundum*: região cortical e cilindro vascular. Abreviações: córtex (ct), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl) e medula (me).



Figuras 33 a 38. Cortes da porção mediana da raiz de *Epidendrum xanthinum*, *Pleurothallis prolifera*, *P. teres* e *E. secundum*. 33 a 36- Seções coradas com azul de toluidina em pH ácido. 37 e 38- Seções em microscopia eletrônica de varredura.

Fig. 33- Seção transversal da raiz de *E. xanthinum* dando ênfase a região cortical. Abreviações: córtex (ct), ráfides (rf) e cilindro vascular (cv).

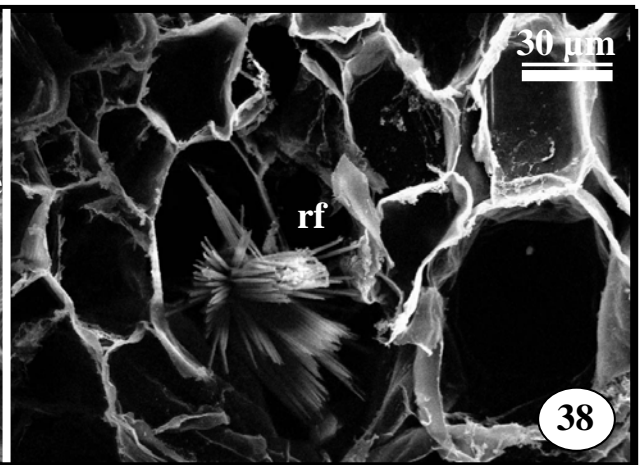
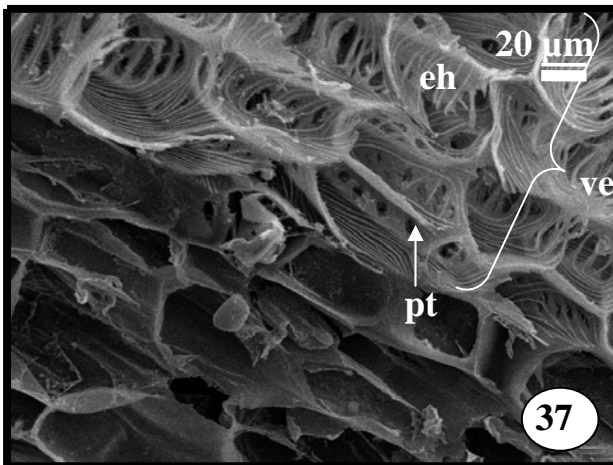
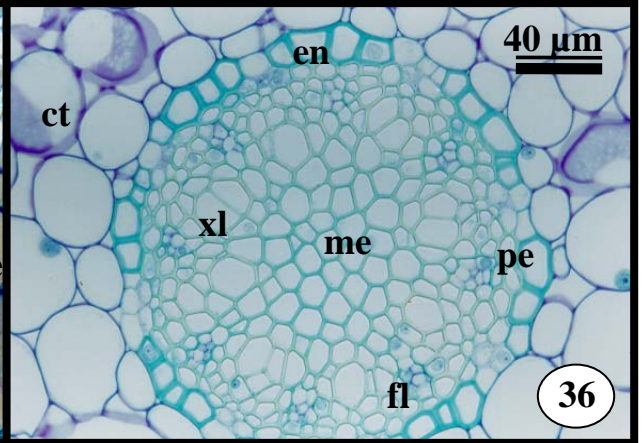
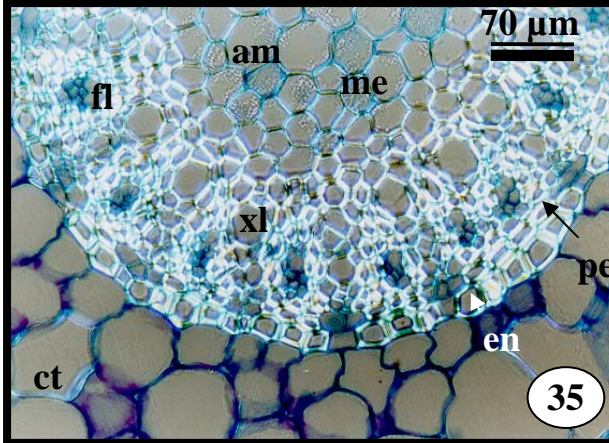
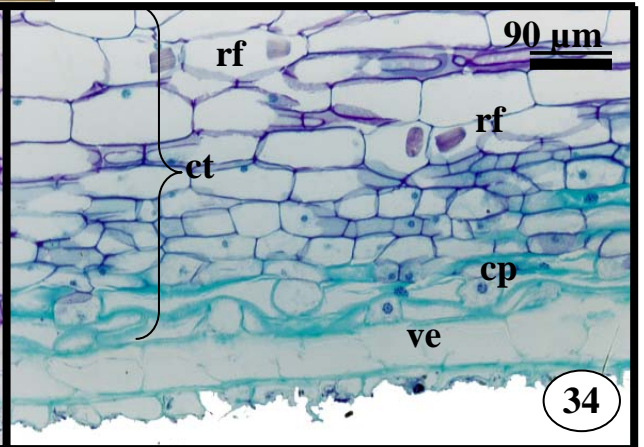
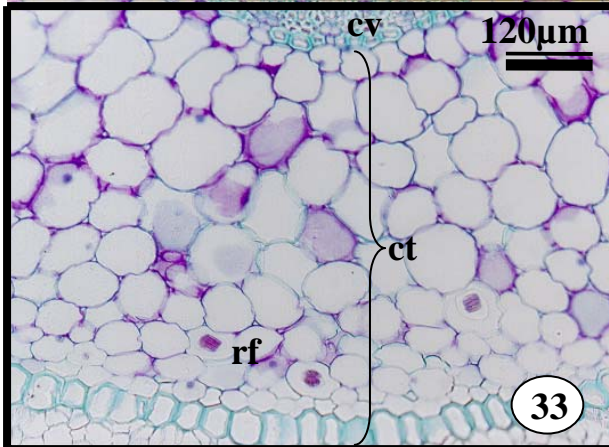
Fig. 34- Seção longitudinal da raiz de *P. prolifera* evidenciando, velame (ve), célula-de-passagem (cp), córtex (ct) e ráfides (rf).

Fig. 35- seção transversal da raiz sob luz polarizada de *E. xanthinum* dando ênfase ao cilindro vascular. Abreviações: córtex (ct), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl), medula (me) e amido (am).

Fig. 36- Seção transversal da raiz de *P. teres* mostrando o cilindro vascular. Abreviações: córtex (ct), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl) e medula (me).

Fig. 37- Seção longitudinal da raiz de *E. secundum* evidenciando, velame (ve) com espessamentos helicoidais de parede (eh) e pontoações (pt).

Fig. 38- Seção transversal da raiz de *E. xanthinum* mostrando a presença de ráfides (rf).



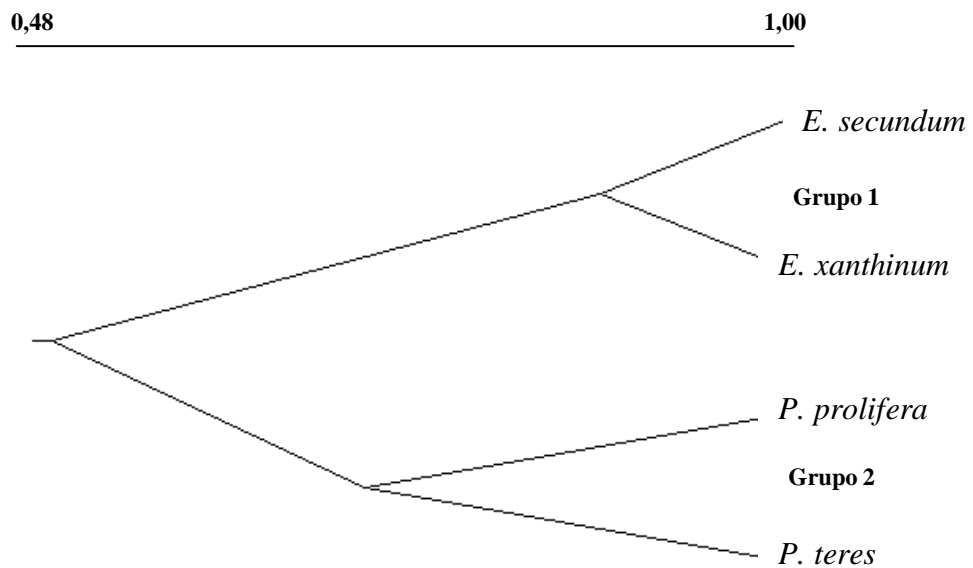


Figura 39. Cladograma gerado pelo algoritmo de análise de agrupamento por médias não-ponderadas (UPGMA) das espécies estudadas (*Epidendrum secundum*, *Epidendrum xanthinum*, *Pleurothallis prolifera* e *Pleurothallis teres*) da tribo Epidendreae I, de acordo com a similaridade Sorensen expressos na matriz apresentada na tabela 4.

Capítulo II

**Anatomia foliar e radicular de espécies da tribo Maxillarieae
ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da
Serra do Brigadeiro (MG)**

Resumo

Anatomia foliar e radicular de espécies da tribo Maxillarieae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-(MG).

Orchidaceae é uma das maiores famílias, dentre as Fanerógamas, possuindo cerca de 19500 espécies e 775 gêneros. A tribo Maxillarieae possui 63 gêneros distribuídos em florestas tropicais por toda a América. Foram estudadas as espécies *Oncidium barbaceniae*, *O. blancheti*, *Zygopetalum brachypetalum* e *Z. mackaii*, com objetivo de caracterizar, anatomicamente, as raízes e as folhas, identificando caracteres anatômicos que possam ser úteis na interpretação das estratégias adaptativas e na resolução de problemas taxonômicos da família. Folhas expandidas e raízes foram coletadas em populações presentes em um campo de altitude na Serra do Brigadeiro/MG. As amostras foram incluídas em metacrilato ou cortadas em micrótomo de mesa e os cortes corados com azul de toluidina, pH 4,0 ou azul de astra/safranina. As lâminas foram montadas em resina sintética ou em gelatina glicerinada. Epidermes foliares foram dissociadas e procedeu-se a maceração de folhas e raízes. Amostras radiculares foram avaliadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black para lipídios; floroglucina para lignina; lugol para amido. As plantas observadas neste estudo, apesar de serem consideradas terrestres, apresentam características anatômicas semelhantes às de plantas de hábitos epifíticos. A presença de pseudobulbos, folhas coriáceas e hipoestomáticas, estômatos protegidos por projeções e com poros obliterados, células epidérmicas com pontoações na parede, cutícula mais espessada na face adaxial, hipoderme, grupos de fibras no mesofilo, idioblastos, feixes vasculares envolvidos por fibras e velame pluriestratificado permite concluir que as espécies são xeromorfas e que tais características representam estratégias adaptativas, para um efetivo controle do fluxo hídrico dentro do limbo foliar.

Palavras chaves - Anatomia radicular e foliar, Orchidaceae, Maxillarieae, Estratégias adaptativas.

Abstract

Radicular and foliar anatomy of species of Maxillarieae tribus in a altitude field in the State Park of Serra do Brigadeiro (MG).

Orchidaceae is one of the largest families of Phanerogams, owing around 19500 species and 775 genus. The tribus Maxillarieae has 63 genus distributed in tropical forests. *Oncidium barbaceniae*, *O. blancheti*, *Zygopetalum brachypetalum* and *Z. mackaii* were studied aiming to characterize, anatomically, roots and leaves, identifying anatomical characteristics helpful to the interpretation of adaptation strategies and to the solution of taxonomic problems. The samples collected at Serra do Brigadeiro/MG were included in methacrylate and cut in rotary microtome. The sections were stained with toluidine blue, pH 4,0, and mounted in synthetic resin. Freehand sections were stained with astra blue/safranina and the slides mounted in glycerinated jelly. Foliar epidermises were dissociated and roots and leaves were macerated. The histochemical tests applied were: Sudan IV and Sudan black B for lipids; phloroglucin for lignin; lugol for starch. Although, plants observed in this study are considered terrestrial, anatomically they show characteristics of epiphytic habits. The presence of pseudobulbs, coriaceous leaves, hypostomatic, stomata protected by projections and with obliterated pores, epidermic cells with bordered pits, thick cuticle in adaxial side, hypoderm, fibres groups in mesophyll, idioblasts, vascular bundles involved by fibers and pluristratified velamen show that the species are xenomorphic and that characteristics are related to adaptative strategies to an effective control of water flux in the leaf blade.

Key-words: Radicular and foliar anatomy, Orchidaceae, Maxillarieae, Adaptative Strategies.

Introdução

A família Orchidaceae é uma das maiores dentro de Fanerógamas, possuindo cerca de 19500 o número de espécies e 775 gêneros (Judd et al. 1999). Pabst & Dungs (1975), em sua última revisão de espécies brasileiras, apontaram cerca de 2350 espécies e 191 gêneros. Atualmente, acredita-se que este número aproxima-se de 2400 espécies (Barros 1996).

A família está inserida dentro da Ordem Orchidales, apresentando os caracteres mais derivados dentro da subclasse Liliidae (Cronquist 1981) e, no sistema filogenético de classificação (Judd et al. 1999) encontra-se englobada dentro do grupo das monocotiledôneas, na Ordem Asparagales.

Devido à diversidade de espécies e variedade de formas, a família apresenta ainda muitas indefinições taxonômicas. Embora haja na literatura, algumas tentativas de reunir informações importantes a este respeito (Sanford 1974 e Withner et al. 1974), elas estão ainda muito longe de proporcionarem uma visão abrangente e realista acerca da anatomia, ecofisiologia e taxonomia do grupo, bem como suas inter-relações. Muitos trabalhos abordam, descritivamente, a anatomia de espécies da família e também aspectos, sob o ponto de vista ecológico/evolutivo, com o intuito de compreender a capacidade adaptativa das Orchidaceae (Dressler 1981).

Oncidium e *Zygopetalum* são gêneros incluídos na tribo Maxillarieae que compreende 63 gêneros distribuídos em florestas tropicais por toda a América (Dressler 1993).

O velame e a exoderme têm recebido atenção especial nos estudos sobre as raízes de Orchidaceae, os demais tecidos são pouco enfatizados, especialmente, quanto a comparações entre espécies terrestres, rupícolas e epifíticas. A maioria das espécies de *Zygopetalum* possui pseudobulbos; apresentam de 4 a 5 camadas de velame, sem tilossomos, exoderme com células-de-passage, córtex com endoderme de paredes espessadas em “U” (Pridgeon et al. 1983, Pridgeon 1987, Arditti 1992, Stern et al. 2004). Tilossomos também estão ausentes em *Oncidium* (Pridgeon et al. 1983, Pridgeon 1987). O velame é um tecido envolvido com a capacidade de absorver água e sais minerais, reduzir a transpiração e oferecer proteção mecânica às raízes de Orchidaceae (Cutter 1980, Pridgeon 1986, Benzing 1987). Entretanto, não há consenso quanto a esta função (Fahn 1987, Mauseth 1988).

As folhas, de formatos variados, podem ser membranosas, coriáceas ou carnosas (Withner et al. 1974) e, quando armazenam água e outras substâncias, são carnosas ou coriáceo-carnosas (Braga 1987). Nas Orchidaceae ocorrem inúmeras adaptações morfológicas e funcionais que podem estar relacionadas ao ambiente em que as espécies ocorrem. Estas podem apresentar caracteres xeromórficos, tais como, parede da célula epidérmica espessa e lignificada, presença de hipoderme, baixa densidade estomática relacionada à suculência foliar, metabolismo ácido das crassulaceae (MAC), presença marcante de elementos mecânicos, maior desenvolvimento do parênquima paliçádico, projeções das paredes celulares e cutícula sobre os estômatos, além da presença de cutina revestindo as câmaras subestomáticas (Widholzer 1993).

O Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) está inserido na Zona da Mata de Minas Gerais e abrange oito municípios. O relevo e a altitude, entre 1000 e 1995m, exercem importante influência nas características climáticas do parque, amenizando as temperaturas e criando um clima tipicamente serrano nas regiões mais elevadas. Neste parque encontra-se a região denominada “Totem Deitado”, local onde foi realizado um trabalho sobre a composição florística e a estrutura da vegetação, tendo sido amostradas 81 espécies vasculares pertencentes a 31 famílias e 63 gêneros distribuídos em três diferentes sinusias (Caiafa 2002). A família Orchidaceae aparece na lista das espécies de maior importância, registrando 14 espécies distribuídas em 8 gêneros e 5 tribos.

Por ser uma área de elevada diversidade vegetal, representada por diferentes sinusias de condições ambientais extremas, o presente trabalho teve por objetivo estudar, anatomicamente, as espécies de Orchidaceae da tribo Maxillarieae da subfamília Epidendroideae, buscando compreender as estratégias adaptativas das espécies, bem como avaliar a importância de caracteres anatômicos para uso em taxonomia.

Material e Métodos

O material botânico foi coletado na sub-serra denominada “Totem deitado” no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (Tab. 1). O parque que ocupa uma área de 13210 ha está situado entre os meridianos 42°20` e 42°40` S e os paralelos 20°20` e 21°00` W (Engevix 1995). A sub-serra está a 1.722m de altitude e possui uma área de aproximadamente seis hectares, composta por uma tipologia vegetal Campo de Altitude.

Os dados sobre a morfologia foram registrados em campo. O material testemunha foi coletado, herborizado e incorporado ao acervo do Herbário VIC da Universidade Federal de Viçosa e enviado aos especialistas, para confirmação da identidade taxonômica. Registros fotográficos foram obtidos em campo com máquina fotográfica digital (Sony Cyber DSC-P10).

Para os estudos anatômicos e histoquímicos foram coletadas cinco raízes e três folhas totalmente expandidas de três indivíduos de cada espécie. Estas amostras foram fixadas em FAA₅₀ (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 50% 5:5:90, v/v), por 48 horas, mantidas sob vácuo e estocadas em etanol 70% (Johansen 1940).

As porções das raízes e região mediana da lâmina foliar (zona da nervura mediana e bordo) foram isoladas e incluídas em metacrilato (Meira & Martins 2003). Os blocos foram cortados transversal e longitudinalmente com espessura de corte de 8 µm, em micrótomo rotativo de avanço automático (RM 2155 - Leica), com a utilização de navalhas de aço descartáveis; os cortes foram corados com azul de toluidina em pH ácido. Cortes de materiais frescos também foram obtidos, conforme interesse para confirmar algumas observações anteriores. As lâminas foram montadas em resina sintética (Permout) ou em gelatina glicerinada.

Epidermes foliares foram dissociadas pelo método de Jeffrey (Johansen 1940) coradas em azul de astra e fucsina básica (Roeser 1972 *apud* Kraus & Arduin 1997), e as lâminas montadas com gelatina glicerinada.

Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black para lipídios (Jensen 1962); floroglucina para lignina (Jensen 1962); lugol para amido (Johansen 1940).

Amostras de raiz e de folha foram submetidas à maceração pelo método de Jeffrey (Johansen 1940) e coradas com safranina (solução alcoólica 50%). As lâminas foram montadas com resina sintética (Permout), observadas e fotografadas em fotomicroscópio (Olympus AX 70 com sistema U-PHOTO).

Amostras radiculares e foliares foram avaliadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV). Para isso, foram fixadas em FAA₅₀, por 48 horas, mantidas em dessecador, sob vácuo, e estocadas em etanol 70% (Johansen 1940). Posteriormente, as amostras foram desidratadas em série etílica, levadas à secagem em ponto crítico (FDU 010 Balzers- Alemanha) e montadas em “stubs”, sendo na seqüência cobertas com ouro metálico (Bozzola & Russel 1992). O registro fotográfico foi feito em um microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO 1430 VP, Inglaterra), do Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM), da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Resultados e Discussão

As plantas foram encontradas crescendo a pleno sol, em manchas de solo raso, sobre afloramento de rocha granitóide (Figs 1 a 5). As populações de *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii*, também foram encontradas sobre afloramento rochoso (Figs 4 e 5), entretanto, o sistema radicular aprofunda-se no solo não compactado, ficando as raízes mais curtas descobertas. Johansson (1975) refere que o padrão de distribuição das orquídeas parece resultar, primordialmente, da necessidade de altas intensidades luminosas e que a composição do substrato, quase sempre, é de importância secundária.

1. Morfologia do sistema subterrâneo e vegetativo aéreo

Em todas as espécies estudadas, as raízes apresentam pêlos absorventes na região mediana, são amarronzadas, delgadas, longas e, as vezes ramificadas, de 5 a 7 mm de diâmetro e comprimento variável, freqüentemente excedendo 15 cm.

As espécies apresentam rizoma curto, com pseudobulbos, muito próximos uns dos outros (Fig. 3). Os pseudobulbos, de comprimento não superior à largura, são lisos e achatados lateralmente. Destes, partem em geral, duas folhas, podendo encontrar indivíduos com três folhas (Fig. 3). Em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* o comprimento do pseudobulbo, às vezes, é superior à largura. Segundo Braga (1977, 1987) a presença de pseudobulbos em Orchidaceae está relacionada com o armazenamento de água auxiliando na manutenção do balanço hídrico (Tab. 2).

As folhas das quatro espécies são apicioladas, sendo suas bases sobrepostas umas as outras (Figs 1 a 5). As lâminas foliares apresentam-se conduplicada, ou seja, são dobradas longitudinalmente ao longo da zona da nervura mediana, assumindo a forma de “V” aberto, em seção transversal, mais pronunciada na região proximal. *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* apresentam folhas maiores, alongadas e com ápice mais afilado (Figs 4 e 5). Conforme Withner et al. (1974), a forma “V” diminui a superfície de exposição à luz, conferindo também suporte mecânico. As folhas são comparáveis às folhas coriáceas, referidas por Withner et al. (1974). Esse tipo de folhas, em Orchidaceae, é característico de formas vegetativas mais evoluídas, que possuem pseudobulbos e são capazes de sobreviver em habitats xéricos.

2. Anatomia foliar

a. Epiderme

Nas espécies estudadas, a cutícula apresenta variações de espessura, em função das faces consideradas (Tab. 2). Ela é mais espessa na face adaxial, atingindo seu máximo nas proximidades dos bordos (Figs 7 a 10 e 12). Na face adaxial de *O. barbaceniae* e *O. blancheti* a cutícula é estriada e o espessamento é mais pronunciado nos bordos e na região da nervura mediana (Figs 6 a 10), inclusive, nestas regiões verificou-se projeções papilosas (Figs 7 e 12). Todas as camadas reagem positivamente ao sudan IV e sudan black B, confirmando a natureza lipídica desta camada. Segundo Withner et al. (1974), o padrão de espessamento da cutícula é determinado pela exposição ao sol, o que está em consonância com a morfologia das folhas estudadas que apresentam a face adaxial, ápice e bordo mais expostos ao sol. Dentre as funções relacionadas à cutícula destaca-se a de impermeabilidade à água, reflexão da radiação solar excessiva, reflexão de raios ultra-violeta e proteção quanto a invasão de fungos e bactérias (Mauseth 1988). Acredita-se que a temperatura, o solo, a umidade atmosférica e a altitude influenciam no espessamento da cutícula (Esau 1960, Withner et al. 1974, Sinclair 1990, Fahn 1990, Oliveira & Sajo 1999). Williams (1974) considera a presença de papilas cuticulares como critério taxonômico para a subtribo Oncidinae.

A epiderme é uniestratificada (Figs 8 a 12). Examinadas frontalmente, as células epidérmicas de *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* distribuem-se em fileiras regularmente orientadas, tem formato retangular e são alongadas longitudinalmente (Figs 13 e 14). Em *Z. brachypetalum* ocorrem células com projeções papilosas somente na face adaxial (Fig. 21) da nervura mediana, o que não se observou em *Z. mackaii*. Já em *O. barbaceniae* e *O. blancheti* não se observa esse arranjo, pois as células dispõem-se irregularmente (Figs 15, 17 e 18), com exceção da região correspondente à nervura central. Este foi um parâmetro constante entre as espécies analisadas constituindo um critério de utilidade taxonômica para distinguir os dois gêneros. Esta mesma distribuição foi observada em outras espécies de *Oncidium* (Leiria 1997).

Em seção transversal, as células epidérmicas de *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* têm formas que variam desde aproximadamente retangulares a quadradas, sendo maiores na face adaxial (Figs 11 e 12). Essa característica já foi relatada para várias espécies de Orchidaceae

(Withner et al. 1974, Braga e Vilhena 1981, Campos Leite & Oliveira 1987, Khasim & Rao 1990, Leiria 1997), podendo ser considerada comum para a família. Em *O. barbaceniae* e *O. blancheti* as células epidérmicas também são maiores, na face adaxial, entretanto têm formato mais achatado (Figs 8 a 10). Esta relação é menos acentuada na face abaxial. Williams (1974) verificou, para a subtribo Oncidinae, que as células epidérmicas variam de isodiamétricas a alongadas, tendo observado células de paredes anticlinais sinuosas para *Epistephium*. Segundo Kurzweel et al. (1995), células epidérmicas maiores estão relacionadas com a função de reserva de água, o que parece estar acontecendo nas espécies estudadas que estão submetidas a estresse hídrico (Tab. 2).

Pontoações foram observados nas células epidérmicas, em ambas as faces da lâmina foliar (Figs 8, 10, e 12), sendo mais comuns em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* (Fig. 12). Estruturas morfológicamente semelhante à pontoações têm sido descritas para células epidérmicas sob diversas denominações: ectodesmos, microcanais, faixas fibrosas, fibrilas eletrodensas, tufo de material fibrilar, estruturas dendríticas ramificadas, dedos de pectina, entre outras (Holloway 1982). Segundo Widholzer (1993), a presença dessas pontoações pode ser um indicativo de uma forte demanda de transporte na epiderme, entretanto, os trabalhos não são conclusivos quanto à função de tais pontoações.

Nas células epidérmicas, em ambas as faces, de *O. barbaceniae* e *O. blancheti* constatou-se a presença de cloroplastos, sendo mais esparsos e menores do que os das células do clorênquima. Existem registros da ocorrência de cloroplastos em células epidérmicas de Orchidaceae (Withner et al. 1974, Widholzer 1993), inclusive em espécies de *Oncidium* (Leiria 1997), entretanto, nenhuma função foi sugerida para esse fato. Aparentemente, essas organelas se concentram nas células que recobrem a porção da nervura mediana da folha, que nas espécies estudadas, se posiciona em uma depressão, além disso, as paredes, principalmente as periclinais externas, são espessas o que poderia estar protegendo os cloroplastos e outras organelas, evitando danos decorrentes da incidência direta da radiação ultravioleta.

As folhas são hipoestomáticas (Figs 10, 11 e 20) e os estômatos estão distribuídos por toda a face abaxial da lâmina foliar, exceto sobre a nervura mediana. O caráter hipoestômático parece ser o padrão para a maioria das Orchidaceae (Withner et al. 1974, Singh 1981, Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Leiria 1997, Oliveira & Sajo 1999, Zanengo-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004, entre outros), algumas poucas espécies são anfiestomáticas.

Os estômatos são tetracíticos ou anomocíticos (Figs 13, 14, 15, 17 e 18), o que está de acordo com a literatura para Orchidaceae (Widholzer 1993, Zanengo-Godoy & Costa 2003). Em geral, as células polares são maiores e alongadas, enquanto as células paralelas às células-guardas são, aproximadamente, trapezoidais. O poro é relativamente amplo e regular ao longo de toda a extensão do estômato. As paredes celulares periclinais externas e internas das células-guardas são espessas (Figs 16 e 19) e intensamente impregnadas de lignina, evidenciado pela reação com floroglucina ácida. Já as paredes anticlinais são delgadas e celulósicas (Figs 16 a 19). Segundo Widholzer (1993), as paredes periclinais, espessas e lignificadas, constituem um marco rígido e indeformável que age como se fosse a parte rígida de um fole, enquanto que as paredes anticlinais, delgadas, atuam como a parte flexível que bloqueia a passagem dos gases no nível dos ostíolos.

As células-guardas localizam-se ao mesmo nível das demais células epidérmicas, contudo, projeções cuticulares salientes formam cristas sobre o poro (Figs 16 e 19), tendo sido mencionadas para muitas das espécies de orquídeas (Ferreira 1992, Leiria 1997, Zanengo-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004) e consideradas como xeromórficas (Rasmussen 1987). Tais projeções são tão desenvolvidas que chegam a formar uma câmara supraestomática (Figs 16 e 19). Esta é uma característica comum em orquídeas epifíticas que enfrentam altas temperaturas e pouca disponibilidade de água, pois mantém um pequeno compartimento de ar úmido, reduzindo a transpiração (Rosso 1966, Rasmussen 1987).

As câmaras subestomáticas são pouco desenvolvidas nas espécies estudadas (Figs 11, 16 e 19). Para Tominsky (1905 *apud* Leiria 1997), a presença de câmaras subestomáticas pouco desenvolvidas é uma característica de ambientes xéricos, o que confirma as condições de estresse hídrico a que estão submetidas às espécies de Orchidaceae estudadas.

Em *O. barbaceniae* e *O. blancheti* foram observados, eventualmente, alguns estômatos geminados, com células-guardas em comum (Fig. 15), como também observado em espécies de *Sphronitis* (Widholzer 1993) e de *Oncidium* (Leiria 1997). Em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* estômatos, aos pares, foram observados separados por células subsidiárias paralelas às células-guardas (Fig. 13).

b. Mesofilo

O mesofilo é homogêneo (Figs 8 a 11, 20 e 21), portanto não diferenciado em parênquima paliçádico e esponjoso, sendo constituído por: hipoderme, parênquima clorofiliano e grupos de fibras. Com base na literatura consultada, pode-se afirmar que a maioria das espécies de Orchidaceae apresenta mesofilo homogêneo (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Oliveira & Sajo 1999, Stern et al. 2004, entre outros).

A hipoderme ocorre em *O. barbaceniae*, *O. blancheti* e *Z. brachypetalum* junto à face adaxial (Figs 6, 8 a 10 e 11) (Tab 2) sendo, em geral, contínua e com células maiores do que as epidérmicas. Suas paredes são espessadas, principalmente, em *O. blancheti*. Algumas paredes são mais espessas do que outras e apresentam pontoações comunicando tanto células hipodérmicas adjacentes quanto às epidérmicas (Figs 8 e 10). Espaços intercelulares são pouco desenvolvidos.

As células hipodérmicas não mantêm regularidade quanto à forma e o conteúdo. Na zona da nervura mediana mostram-se alongadas, mais volumosas e se comunicam diretamente com o feixe vascular central (Figs 8 e 9). Nesta zona as células da hipoderme estão dispostas em duas camadas em *O. barbaceniae* (Figs 6 e 8) e três a quatro camadas em *O. blancheti* (Fig. 9). A hipoderme é um elemento comum entre os xerófitos (Esau 1977, Cutter 1978), podendo apresentar células maiores que as epidérmicas e com forte espessamento nas paredes (Withner et al. 1974). Sua função está associada à acúmulo de água e sustentação (Metcalf 1979). Williams (1972, 1974) considera a hipoderme como uma estratégia adaptativa e afirma que as características dessas células, como tamanho e forma, constituem em critérios de grande utilidade taxonômica podendo ser usada, por exemplo, como elemento adicional para classificar distintos grupos dentro do gênero *Oncidium*.

O número de estratos celulares do mesofilo é variável, sendo evidente uma diminuição no tamanho das células em direção à face abaxial (Figs 8 a 10). Entre os feixes vasculares, encontram-se, muitas vezes, células grandes, elípticas a ovaladas, apresentando o eixo maior paralelo à epiderme, algumas das quais com as paredes mais espessadas do que as demais. Descrição semelhante foi registrada para duas espécies de *Oncidium* (Leiria 1997).

Idioblastos contendo cristais do tipo ráfides, de oxalato de cálcio, visualizados em ambas as faces, distribuem-se aleatoriamente no mesofilo (Figs 7, 8, 11 e 12). Em seções longitudinais, esses idioblastos são bastante alongados e as ráfides estão agrupadas em feixes, geralmente orientadas paralelamente ao eixo longitudinal da folha. Em *O. barbaceniae* e *O. blancheti* aparentemente, os idioblastos ocorrem preferencialmente nas proximidades das

faces adaxiais e abaxiais da epiderme, podendo, às vezes compor a hipoderme (Fig. 8). Em *O. blancheti* foram observados monocristais pequenos, em outras células. A presença de tais idioblastos é bastante documentada para as Orchidaceae (Oliveira 1982, Pridgeon 1982, Pridgeon & Stern 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Oliveira & Sajo 1999, Zanengo-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004) e acredita-se que o oxalato de cálcio contribua para tornar as plantas menos palatáveis aos animais, frisando, no entanto, que a função do oxalato na biologia vegetal é questão ainda controversa (Mauseth 1995). Bonates (1993) encontrou idioblastos com ráfides em *Encyclia calamaria* provavelmente relacionados ao balanço iônico e osmoregulação da planta.

Em *O. blancheti* duas séries de grupos de fibras esclerenquimáticas posicionam-se abaixo da epiderme, interrompendo a continuidade da hipoderme e, também de forma dispersa pelo clorênquima (Fig. 10). Em *O. barbaceniae* os grupos de fibras estão presentes em uma única série, alternando-se em grupos de maior número de células com os de menor número (Figs 6 e 8). Tais grupos de fibras foram relatados para espécies de Orchidaceae, sendo esta característica relacionada com a resistência mecânica em casos de desidratação (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Oliveira & Sajo 1999, Stern et al. 2004).

Em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* muitos amiloplastos foram evidenciados pelo teste de lugol, nas células do clorênquima, especialmente nas células próximas aos feixes vasculares. Segundo Ferreira (1992), não obstante sua larga ocorrência, tais componentes celulares ainda não haviam sido mencionados em trabalhos sobre a anatomia foliar das Orchidaceae. O autor encontrou grãos de amido nas 20 espécies analisadas da subtribo Pleurothallidinae.

c. Sistema Vascular

O sistema vascular é constituído por feixes colaterais, de formato ovalado e dimensões bastante variáveis (Figs 6 a 12 e 26 a 28).

Os feixes vasculares possuem disposição paralela, sendo a vascularização da região da nervura mediana mais facilmente identificável externamente, devido à sua posição e maior calibre. Os feixes localizam-se em uma única série, na qual os diferentes tamanhos encontram-se alternados (Figs 6, 9, 10, 11 e 12). Em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii* o feixe

vascular, na região da nervura mediana, é bem desenvolvido indo de uma epiderme a outra, sendo os feixes laterais de menor calibre (Figs 21 e 22).

Em *Z. brachypetalum* na nervura mediana da lâmina foliar ocorre a presença de dois pequenos feixes acessórios, um de cada lado (Fig. 21). Estes são delimitados por fibras, cujas paredes podem ser mais espessas do que as que envolvem o feixe de maior porte. Em *O. barbaceniae* verifica-se a presença de dois grupos de células de floema rodeados por fibras, situados um de cada lado da nervura mediana. O mesmo ocorre em *Oncidium flexuosum* (Leiria 1997). Estas características são de utilidade taxonômica para separação das espécies estudadas.

Xilema e floema são delimitados por uma bainha de fibras (Figs 6, 9, 21 e 22). Fibras também formam calotas e concentram-se nos pólos (Figs 6 a 12). Entre o xilema e o floema dos feixes menores ocorrem células parenquimáticas lignificadas que apresentam muitas pontuações nas paredes. No caso de feixes vasculares maiores há, muitas vezes, fibras entre xilema e floema. Em *O. barbaceniae* e *O. blancheti*, as fibras apresentam-se mais numerosas e de paredes mais espessas nos pólos do floema (Figs 6 e 9). Este caráter também foi registrado para outras espécies de Orchidaceae (Leiria 1997, Widholzer 1993), sendo considerado xeromórfico (Rudall 1986) (Tab. 2).

Através da maceração do sistema vascular, pôde-se observar que as fibras variam quanto ao comprimento, largura e calibre. Os elementos condutores do xilema estão representados por traqueídes de vários tamanhos, cujas paredes mostraram espessamento reticulado e escalariforme em *O. barbaceniae* e *O. blancheti* e espiralados em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii*. Elementos de vasos estreitos e alongados com paredes de espessamento escalariforme foram visualizados em *Z. brachypetalum*, o que sugere que esta espécie atingiu um estágio de desenvolvimento evolutivo relativamente avançado em relação às demais. Segundo Metcalfe (1963), entre as monocotiledôneas mais derivadas, os elementos condutores são constituídos de elementos de vaso.

3. Anatomia radicular

a. Velame

As espécies analisadas apresentaram velame pluriestratificado, com espessamento nas paredes (Figs 24 a 27). A ocorrência de velame, em raízes, foi registrada em várias

espécies de orquídeas e correlacionadas ao hábito epifítico (Cutter 1980, Fahn 1987, Mauseth 1988). Entretanto, em trabalhos posteriores, também foi relatada a existência de velame em raízes de espécies terrestres de Orchidaceae. Todas as espécies de orquídeas terrestres, estudadas por Tissot (1991), apresentaram velame que variou quanto à estrutura da parede e o número de camadas celulares. Segundo a autora, isso mostra que o velame não é uma exclusividade de plantas com hábito epifítico. A origem do velame, em plantas terrestres, permanece não esclarecida. É possível que apareçam nas espécies estudadas devido ao ambiente extremo em que se encontram o qual se assemelham às condições de plantas epifíticas, quanto à disponibilidade de água e de nutrientes. Uma outra hipótese seria a de que essa característica seja relictual para a família que, possivelmente, evoluiu como plantas epífitas, sendo que alguns gêneros retornaram a forma de vida terrestre em virtude de modificações ambientais pretéritas (Barros 1996).

O velame das orquídeas funciona como uma esponja (a entrada de água é puramente passiva), permitindo que a raiz mobilize uma reserva temporária, mas, altamente acessível, tanto de água quanto de sais minerais (Benzing et al. 1982). Uma vez em contato com esses fluidos, os mesmos penetram no velame por capilaridade (Esau 1977, Benzing et al. 1983). Benzing et al. 1983 atribuíram ao velame uma função de proteção mecânica, quando ele se encontra vazio, isto é, com células cheias de ar. Por outro lado, Dycus & Knudson (1957) verificaram que na região apical da raiz, onde o velame apresenta células vivas, ocorre absorção de água e nutrientes, mas como essa região é reduzida, sua capacidade de absorção seria insignificante.

O número de estratos no velame das espécies estudadas é variável (Figs 24 a 27), inclusive entre espécies do mesmo gênero. Em *O. barbaceniae*, varia de 4 a 6, mas na maior parte das vezes 5; em *O. blancheti* 6 a 8 estratos sendo comum 8; em *Z. brachypetalum*, de 5 a 6, predominando 6 e em *Z. mackaii*, de 7 a 8 estratos, com predominância de 8. Nestas espécies, o espessamento da parede se dá por depósitos de faixas helicoidais e ocorrem campos primários de pontoações nas paredes (Figs 28 e 30). Segundo Goebel & Suessenguth (1922 *apud* Sanford & Adanlawo 1973), os campos primários de pontoações facilitam a absorção de água. Considerável valor taxonômico pode ter as estriações das paredes, lignificação do velame e exoderme e, possivelmente, a frequência das células-de-passagem (Sanford & Adanlawo 1973). A forma do espessamento da parede (em faixas, helicoidal, em espiral) é constante dentro de uma mesma espécie, mas pode variar entre as espécies de mesmo gênero sendo um parâmetro útil para a taxonomia.

Nas paredes das células do velame, em contato com as células-de-passagem da exoderme observou-se tilossomos do tipo esponjoso (Figs 26, 29 e 30). Pridgeon et al. (1983) sugeriram que estas estruturas seriam responsáveis pela absorção ou condensação do vapor de água da atmosfera, atuando como um reservatório de água que preveniria a dessecação dos tecidos internos. Segundo Benzing et al. (1982), os tilossomos são precisamente regiões de entrada de água, onde a extensão de parede sólida entre o velame morto e o simplasto da raiz é menor que em qualquer outro ponto da interface velame-exoderme.

b. Córtex

São diferenciadas três regiões no córtex das quatro espécies analisadas: exoderme, parênquima cortical e endoderme (Figs 23 a 27, 31, 33 e 34).

A exoderme, camada mais externa é uniestratificada (Figs 23 a 27). Dentre as células da exoderme, algumas se diferenciam como células-de-passagem que se apresentam aproximadamente isodiamétricas com núcleos volumosos e nucléolos evidentes (Figs 23 a 27). Em *Z. brachypetalum* e *Z. mackaii*, comparando-se as imagens em corte transversal e longitudinal, verifica-se que as células exodérmicas são volumosas e altas, enquanto as células-de-passagem são menores (Fig. 27). Em muitas espécies, as células exodérmicas, de passagem ou não, apresentam o mesmo formato nos cortes transversais (Stern et al. 2004).

Exoderme uniestratificada, constituída de células longas de paredes espessadas entremeadas por células-de-passagem, foi observada na maioria das raízes portadoras de velame (Withner et al. 1974, Benzing et al. 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983, Pridgeon et al. 1983). Em orquídeas, acredita-se que a exoderme esteja envolvida com a diminuição da transpiração pelas raízes (Sanford & Adalawo 1973, Benzing et al. 1982, Benzing et al. 1983).

O espessamento na parede das células da exoderme é variável (Figs 23 a 27). As células-de-passagem e as demais exodérmicas apresentam espessamento na parede “tipo “[]” (Figs 29 a 35). As células da exoderme podem apresentar espessamento em suas paredes anticlinais (Sanford & Adalawo 1973), nas paredes anticlinais e periclinais externa (Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983), ou em todas elas (Benzing et al. 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983, Pridgeon et al. 1983, Tissot 1991).

Na região cortical, internamente à exoderme, as células são volumosas e isodiamétricas, com paredes delgadas, com arranjo compacto (Figs 24, 31, 33 e 34). Entretanto, em *O. barbaciae*, algumas células corticais são mais volumosas de paredes espessas (Fig. 24), conforme já citado na literatura para *Mesadenella cuspidata* e *Liparis nervosa* (Tissot 1991) e *Laelia anceps* e *Cattleya trianaea* (Napp-Zinn 1953 *apud* Tissot 1991). Segundo Olatunji & Nengim (1980) tais células seriam responsáveis por reter água e oferecer suporte mecânico, evitando o colapso do tecido durante a dessecação.

Micorrizas, em diferentes estádios de desenvolvimento, foram identificadas nas raízes das espécies estudadas (Figs 23 a 26, 31, 32, 35 e 36). Inclusive, hifas micorrízicas foram observadas no velame, atravessando as células-de-passage em direção ao córtex em *O. blancheti* e *Z. brachypetalum* (Figs 35 e 36). A infecção por micorrizas atinge uma área relativamente grande do parênquima cortical, ocupando grande parte do interior de algumas células (Figs 41 e 42). A infecção assemelha-se aos pélotons descritos por Hadley & Williamson (1972) e Benzing & Friedman (1981). Para Arditti & Ernst (1974), planta-fungo co-evoluíram em uma relação mutualística, garantindo o intercâmbio de substâncias nitrogenadas, vitaminas e/ou seus precursores, carboidratos, minerais e hormônios.

Idioblastos contendo cristais do tipo ráfides ocorrem esparsamente por todo o córtex nas espécies analisadas (Figs 23, 37 e 38). Em seções longitudinais, esses idioblastos são alongados e as ráfides estão agrupadas em feixes (Figs 23 e 38). A presença de ráfides é muito comum em Orchidaceae, não só em raízes, mas principalmente nelas (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Tissot 1991, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern et al. 2004).

Nas espécies estudadas, grãos de amido foram visualizados como estruturas anisotrópicas, sob luz polarizada, nas células corticais, correspondendo ao tecido de reserva destes órgãos. Esta característica foi registrada no córtex das seis espécies de Orchidaceae estudadas por Tissot (1991).

A endoderme, camada mais interna do córtex, é uniestratificada nas quatro espécies estudadas (Figs 32 a 34 e 39). Apresenta células de paredes espessas alternadas com células de parede delgada localizadas opostamente aos pólos de protoxilema (Figs 32 a 34 e 39) e denominadas células-de-passage da endoderme. Nestas, o depósito de lignina nas paredes é mais restrito que nas demais células. Endoderme com espessamento nas paredes foi descrita em várias espécies de orquídeas (Hass & carathers 1975, Pridgeon & Stern, 1982, Singh 1986, Pridgeon 1983, Tissot 1991 entre outros). A exoderme, em conjunto com a endoderme, diminui o

refluxo de íons acumulados no cilindro central e no córtex, dificultando a sua perda para a solução do solo (Steudle 2001). Acredita-se, também, que as células-de-passagem da endoderme sejam responsáveis pelo movimento seletivo de íons do córtex para o cilindro vascular (Mauseth 1988).

c. Cilindro vascular e medula

Nas quatro espécies estudadas, o cilindro vascular é delimitado pelo periciclo unisseriado e, parcialmente esclerificado, com células de paredes espessas alternando com células de parede delgada (Figs 32 a 34 e 39).

O xilema encontrado é poliarco (Figs 32 a 34 e 39), com uma média de 18 a 20 pólos de protoxilema em *Z. brachypetalum*, de 10 a 11 em *O. blancheti* e *Z. mackaii* e de 9 a 10 em *O. barbaceniae*. Rosso (1966) e Singh (1986) observaram que, em orquídeas, este número varia tanto em raízes da mesma espécie quanto em diferentes regiões de uma mesma raiz.

A porção central da raiz é ocupada por uma medula (Figs 32 a 34 e 39) constituída por células volumosas de paredes delgadas. Apenas em *O. blancheti* as paredes são espessas e pontoadas (Fig. 32). Os elementos de condução do xilema dispõem-se em grupos alternados com o floema. Células esclerificadas estão associadas entre os grupos (Figs 32 a 34 e 39). O floema é, em geral, constituído de poucas células condutoras e de diâmetro reduzido. Esta distribuição de tecidos vasculares e medulares ocorre em todas as espécies analisadas, neste trabalho, e, também na maioria das orquídeas até hoje examinadas (Rosso 1966, Pridgeon & Stern 1982, Singh 1986, entre outros).

As fibras variam no comprimento, largura e calibre. Os elementos condutores do xilema são elementos de vaso, alongados e estreitos, com espessamento de parede escalariforme ou pontoadado e placa de perfuração escalariforme ou simples, nas espécies estudadas (Fig. 40). Elementos de vaso foram descritos em raízes de algumas espécies de orquídeas (Cheadle 1942, Rosso 1966, Pridgeon & Stern 1982), inclusive esses elementos condutores predominam dentre as monocotiledôneas mais derivadas (Metcalf 1963).

Conclusões

As plantas observadas neste estudo, apesar de serem considerados terrestres, apresentam características anatômicas observadas em plantas de hábitos epifíticos.

Os caracteres anatômicos analisados são comuns nas Orchidaceae e nos gêneros analisados. As quatro espécies apresentam lâminas foliares coriáceas, assumindo a forma de “V” aberto, pseudobulbos e raiz com velame, capacitando assim, a espécie a ocupar nichos mais ensolarados e com fortes restrições hídricas, como é o caso em estudo.

Avaliando-se a morfologia vegetativa e a anatomia de *Oncidium blancheti* e *O. barbaceniae* verifica-se que são bem parecidas. As diferenças entre as duas espécies estão basicamente na presença da hipoderme, que na região da nervura mediana apresenta duas camadas em *O. barbaceniae* e três a quatro camadas em *O. blancheti*. Outra diferença marcante é que em *O. blancheti* duas séries de grupos de fibras esclerenquimáticas posicionam-se abaixo da epiderme, interrompendo a continuidade da hipoderme e, também de forma dispersa pelo clorênquima, enquanto em *O. barbaceniae* os grupos de fibras estão presentes em uma única série, alternando-se em grupos de maior número de células com os de menor número.

Zygopetalum mackaii e *Z. brachypetalum* compartilham de caracteres anatômicos como: mesofilo homogêneo, velame pluriestratificado, exoderme com espessamento apenas nas paredes periclinais externas e presença de amido. Entretanto, *Z. brachypetalum* apresenta caracteres exclusivos, possuindo nervura mediana da lâmina foliar com um feixe grande e dois feixes acessórios de pequeno porte, um de cada lado, presença de hipoderme, além de elementos de vasos estreitos e alongados, cujo espessamento da parede é escalariforme.

A presença de pseudobulbos, folhas coriáceas hipoestomáticas, estômatos protegidos por projeções e com poros obliterados, células epidérmicas com pontoações na parede, cutícula mais espessada na face adaxial, hipoderme, grupos de fibras no mesofilo, idioblastos, feixes vasculares envolvidos por fibras, velame pluriestratificado permite concluir que as espécies são xeromorfas e, que tais características se relacionam com estratégias adaptativas, para um efetivo controle de fluxo hídrico dentro do limbo foliar.

Referências Bibliográficas

- Arditti, J. & Ernest, R. 1974. Reciprocal movements of substances between orchids and mycorrhizae. Medellin. **Anais 7a. Conf. Mundial de Orquideologia**. 299-308 p.
- Arditti, J. 1992. **Fundamentals of Orchid Biology**. New York: John Wiley. 691 p.
- Barros, F. 1996. Notas taxonômicas para espécies brasileiras dos gêneros *Epidendrum*, *Platystele*, *Pleurothallis* e *Scaphylottis* (Orchidaceae). **Acta botânica brasílica 10**(1): 139-151.
- Benzing, D.H. & Friedman, W.E. 1981. Mycotrophy: its occurrence and possible significance among epiphytic Orchidaceae. **Selbyana 5**(3-4): 243-247.
- Benzing, D.H.; Ott, D.W. & Friedman, W.E. 1982. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. **American Journal of Botany 69**(4): 608-614.
- Benzing, D.H., Friedman, W.E., Peterson, G. & Renfrow, A. 1983. Shootlessness, velamentous roots, and the pre-eminence of Orchidaceae in the epiphytic biotope. **American Journal of Botany 70**(1): 121-133.
- Benzing, D.H. 1987. Vascular epiphytism: taxonomy participation and adaptive diversity. **Annals of the Missouri Botanical Garden 74**: 183-204.
- Bonates, L.C.M. 1993. Estudos ecofisiológicos de Orchidaceae da Amazônia II. Anatomia ecológica foliar de espécies com metabolismo CAM de uma campina de Amazônia Central. **Acta Amazonica 23**: 315-348.
- Bozzola, J.J. & Russel, L.D. 1992. **Electron Microscopy**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 542 p.
- Braga, P.I.S. 1977. Aspectos Biológicos das Orchidaceae de uma campina da Amazônia Central. **Acta Amazonica 7**(2): 1-89.
- Braga, P.I.S. & Vilhena, R.C.Q. 1981. Estudo sobre a vegetação das Campinas Amazônicas – VII. In: Encontro Nacional de orquidófilos e orquidólogos, 1, Rio de Janeiro: **Anais**. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura. 88 -106 p.
- Braga, P.I.S. 1987. Orquídeas. Biologia floral. **Ciência Hoje 5**: 53-55.
- Caiafa, A.N. 2002. **Composição florística e estrutura da vegetação sobre um afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 55 p.
- Campos Leite, V.M. & Oliveira, P.L. 1986. Morfo-anatomia foliar de *Cattleya intermedia*. (Orchidaceae). **Napaea 2**: 1-10.
- Chadler, V.I. 1942. The occurrence and types of vessel cell in the various organs of the plant in Monocotyledoneae. **American Journal of Botany 29**: 441-450.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press. 1262p.
- Cutter, E.G. 1978. **Plant anatomy**. Part I: cells and tissues. 2nd ed. London: Edward Arnold. 315 p.

- Cutter, E.G. 1980. **Plant anatomy**. Part II: organs. London: Edward Arnold. 315 p.
- Dycus, A.M. & Knudson, L. 1957. The role of the velamen of the aerial roots of orchids. **Botanical Gazette** **119**: 78-87.
- Dressler, R.L. 1981. **The Orchids: Natural History and Classification**. Cambridge: Harvard University Press. 332 p.
- Dressler, R.L. 1993. **Phylogeny and Classification of the Orchid Family**. Portland: Dioscorides Press. 313 p.
- Engevix, 1995. **Caracterização do meio físico da área autorizada para a criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro - relatório técnico final dos estudos - 8296-RE-H4-003/94 "VER.1"**. Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ-FLORESTA/SEPLAN. 59 p.
- Esau, K. 1960. **Plant anatomy**. 2° ed. Tokyo: Toppan Printing. 767 p.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2° ed. New York: John Wiley & Sons. 550 p.
- Fahn, A. 1987. **Plant anatomy**. 3° ed. Oxford: Pergamon Press. 555 p.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy**. 4° ed. Oxford: Blutterworth-Heinemann Ltd., 588 p.
- Ferreira, J.L.B. 1992. **Anatomia foliar de espécies da subtribo Pleurothallidinae (Orchidaceae)**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 106 p.
- Ferreira, J.L.B., Oliveira, P.L. & Mariath, J.E.A. 1994. Anatomia foliar de espécies do gênero *Octomeria* (Orchidaceae). **Napaea** **10**: 7-14.
- Haas, N.F. & Carothers, Z.B. 1975. Some ultrastructural observations on endodermal cell development in *Zea mays* roots. **American Journal of Botany** **62**(4) : 336 – 348.
- Hadley, G. & Williamson, B. 1072. Features of mycorrhizal infection in some malayan orchids. **New Phytologist** **71**: 1111-1118.
- Holloway, P.J. 1982. Structure and histochemistry of plant cuticular membranes an overview. In: D.F. Cutler, K.L. Alvin & C.E. Price (eds.). **The Plant Cuticle**. London: Academic Press. 1-32 p.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. San Francisco: H. Freeman and Co. 408 p.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc. 523 p.
- Johansson, D.J. 1975. Ecology of epiphytic orchids in west african rain forests. **American Orchid Society Bulletin – February**: 125-136 p.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. 1999. **Plant Systematics: a phylogenetic approach**. Sunderland - Massachusetts: Sinauer Associates. 464 p.
- Khasim, S.M. & Rao, P.R.M. 1990. Anatomy in relation to taxonomy in some members of Epidendroideae (Orchidaceae). **Phytomorphology** **40**(304): 243-250.
- Kores, P.J. 1995. A systematic Study of the Genus *Acianthus* (Orchidaceae:Diurideae). **Allertonia** **7**(3): 87-220.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro. EDUR (Editora Universidade Rural). 107 p.

- Kurzweil, H., Linder, H.P., Stern, W.L. & Pridgeon, A.M. 1994. Comparative vegetative anatomy and classification of *Diseae* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 117: 171-220.
- Leiria, D.P.S. 1997. **Anatomia foliar das espécies nativas do gênero *Oncidium* Sw., Seção *Synsepalá* (Orchidaceae) ocorrentes no Morro Santana (POA) – RS.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 78 p.
- Mauseth, J.D. 1988. **Plant anatomy.** California: The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc.. 560 p.
- Mauseth, J.D. 1995. **Botany- An introduction to plant Biology.** 2nd ed., Menlo Park. Sanders College Publishing, 794 p.
- Meira, R.M.S.A. & Martins, F.M. 2003. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. **Revista Árvore** 27(1): 109- 112.
- Metcalf, C.R. 1963. Comparative anatomy as a modern botanical discipline. **Advances Botanical Research** 1: 101-147.
- Metcalf, C.R. 1979. The leaf: general topography and ontogeny of the tissues. In: In Metcalfe, C.R. & Chalk, L. **Anatomy of the Dicotyledons. Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject.** 2nd ed. Vol I. Oxford: Clarendon Press. 294 p.
- O'brien, T.P. & Mc Cully, M.E. 1981. **The study of plant structure principles and selected Methods.** Melbourne Austrália: Termarcaphi PTY. LTD. 87 p.
- Olatunji, O.A. & Nengim, R.O. 1980. Occurrence and distribution of tracheoidal elements in the Orchidaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society** 80: 357-370.
- Oliveira, P.L. 1982. **Blattanatomie und Co₂- Gaswechsel Epiphytischer Orchideen aus Südbrasilien/ Rio Grande do Sul.** Stuttgart, Tese de Doutorado em Agronomia. Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim. 94 p.
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica** 22(3): 365-374.
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999b. Root anatomy of nine Orchidaceae species. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 42(3): 405-413.
- Pabst, G.F.J. & Dungs, F. 1975. **Orchidaceae Brasiliensis.** Hildeshein: Brueck-Kurt Schmerson. 2 V. 373- 416 p.
- Pridgeon, A.M. & Stern, W.L. 1982. Vegetative Anatomy of ***Mioxanthus*** (Orchidaceae). **Selbyana** 7 (1): 55-63.
- Pridgeon, A.M. Stern, W.L. & Benzing, D. H. 1983. Tilosomes in roots of Orchidaceae: morphology and systematic occurrence. **American Journal of Botany** 70(9): 1365-1377.
- Pridgeon, A.M. 1986. Anatomical adaptations in Orchidaceae. **Lindleyana** 1(2): 90-101.
- Pridgeon, A.M. 1987. The velamen and exodermis of orchid roots. In: **Orchid Biology: reviews and perspectives**, ed. J. Arditti. Ithaca, New York: Cornell University Press. 139-92 p.
- Pridgeon, A.M. 1994. Systematic Leaf Anatomy of Caladeniinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 114: 31-48.

- Rasmunssen, H. 1987. Orchid stomata – structure, differentiation, function, and phylogeny. In **Orchid biology: reviews and perspectives**, IV (J. Arditti, ed.). New York: Cornell University Press. 105-138 p.
- Rosso, S.W. 1966. The vegetative anatomy of the Cypripedioideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **59**: 309-341.
- Rudall, P. 1986. Taxonomic significance of leaf anatomy in Australasian Iridaceae. **World Journal of Botany** **6**: 277-289.
- Sanford, W.W. 1974. The ecology of orchids. In: Withner C.L. (ED.), **The orchids – scientific studies**. New York: John Wiley & Sons, 100 p.
- Sanford, W.W. & Adanlawo, I. 1973. Velamen and exodermis characters of west african epiphytic orchids in relation to taxonomic grouping and habitat tolerance. **Botanical Journal of the Linnean Society** **66**: 307-321.
- Sinclair, R. 1990. Water relations in Orchids. In: Arditti, J. **Orchid Biology: Reviews and Perspectives**. London: Cornell University. v. 5. 100-119 p.
- Singh, H. 1981. Development and organization of stomata in Orchidaceae. **Acta Botanica Indica** **9**: 94-100.
- Singh, H. 1986. Anatomy of root in some Orchidaceae. **Acta Botanica** **14**: 24 – 32.
- Stern, W.L., Morris, M.W., Judd, W.S., Pridgeon, A.M. & Dressler, R.L. 1993. Comparative vegetative anatomy and systematics of Spiranthoideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **113**: 161-197.
- Stern, W.L. & Whitten, W.M. 1998. Comparative vegetative anatomy of *Stanhopeinae* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **129**: 87-103.
- Stern, W.L. & Judd, W.S. 2001. Comparative anatomy and systematic of Catasetinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **136**:153-178.
- Stern, W.L., Judd, W.S. & Carlswald, B.S. 2004. Systematic and comparative anatomy of Maxillarieae (Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **144**: 251-274.
- Steudle, E. 2001. The cohesion-tension mechanism and the acquisition of water by plant roots. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **Plant Molecular Biology** **52**: 847-875.
- Tissot, M.L. 1991. **Anatomia de Raízes de Orquídeas Terrestres Nativas no Morro Santana, Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado. Curso De Pós- Graduação em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 158 p.
- Widholzer, C.F.N. 1993. **Morfo-Anatomia Foliar de Espécies do Gênero *Sophranitis* Ldl. (Orchidaceae) Ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 146 p.
- Williams, N.H. 1974. The value of plant anatomy in orchid taxonomy. In: Ospina, O. **World Orchid Conference**. Medellin: Proceedings. 281-88 p.
- Williams, N.H. 1972. The value of plant anatomy. In M. Ospina (ed.), *Orchid Taxonomy. Proceedings of the 7th World Orchid Conference*: 281-288 p.
- Withner, C.L., Nelson, P.K. & Wejksnora, P.J. 1974. The Anatomy of Orchids. In: Wither, C.L. **The Orchids Cientific Studies**. New York: John Wiley. P. 267-347.

Zanengo-Godoy, R. & Costa, C.G. 2003. Anatomia foliar de quatro espécies do gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brasilica** 17(1): 101-118.

Tabelas e Figuras

Tabela 1- Orchidaceae presentes na sub-serra “Totem deitado”, Serra das Cabeças, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG. A classificação apresentada é a proposta por Dressler 1993. A ocorrência das espécies se baseia nas obras de Pabst & Dungs 1975.

Subfamília	Tribo	Subtribo	Espécie	Ocorrência
Epidendroideae	Maxillarieae	Oncidiinae	<i>Oncidium barbaceniae</i> Lindl.	MG/RJ/SP/PR
Epidendroideae	Maxillarieae	Oncidiinae	<i>Oncidium blancheti</i> Rchb. F.	PE/BA/RJ/PR/ SC/MG/ Bolívia
Epidendroideae	Maxillarieae	Zygopetalinae	<i>Zygopetalum brachypetalum</i> Lindl.	ES/RJ/SP/PR/SC/MG
Epidendroideae	Maxillarieae	Zygopetalinae	<i>Zygopetalum mackaii</i> Hook.	ES/RJ/SP/RS/SC/MG

Tabela 2. Caracteres presentes em quatro espécies de Orchidaceae presentes na sub-serra “Totem deitado”, Serra das Cabeças, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG.

+ = presentes; - = ausentes; ad = adaxial; ec = espessura da cutícula; ea = estômatos abaxial com poro protegido; gf = grupo de fibras; ic = idioblastos cristalíferos; hi = hipoderme; es = estratos do mesofilo; fc = feixes colaterais; fb = fibras associadas aos feixes.

Espécie	Pseudobulbo	Epiderme			Mesofilo				Feixe vascular	
		Ad	ec	ea	gf	ic	hi	es	fc	fb
<i>Oncidium barbaceniae</i>	+	maiores ++	Ad + estriada	+	+	+	+	9	+	+
<i>Oncidium blancheti</i>	+	maiores ++	Ad + estriada	+	+	+	+	7	+	+
<i>Zygopetalum brachypetalum</i>	+	maiores +	Ad + -	+	-	+	+	11	+	+
<i>Zygopetalum mackaii</i>	+	maiores +	Ad + -	+	-	+	-	9	+	+

Figuras 1 a 5. Caracterização das Orchidaceae estudadas.

Fig. 1- *O. barbaceniae*.

Fig. 2 e 3- *O. blancheti*, sendo a fig. 3 detalhe do pseudobulbo.

Fig. 4- *Z. mackaii*.

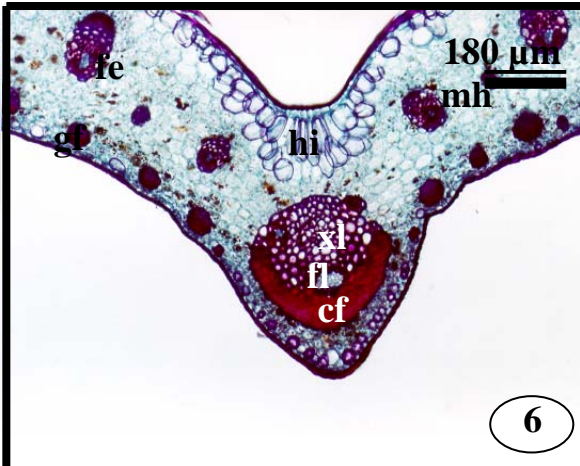
Fig. 5- *Z. brackypetalum*.



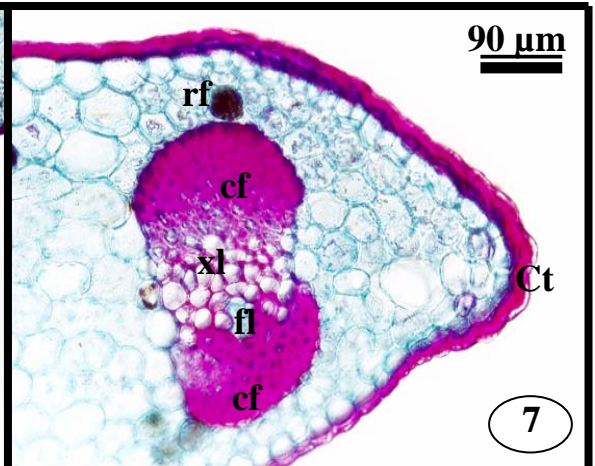
Figuras 6 a 10. Cortes transversais da lâmina foliar de *O. barbaceniae* e *O. blancheti*. 8 e 9- Cortes a mão livre corados com azul de astra e safranina, os demais foram incluídos em historesina e corados com azul de toluidina em pH ácido.

Fig. 6 a 8- Cortes evidenciando região mediana e região do bordo da lâmina foliar de *O. barbaceniae*, respectivamente. Abreviações: hipoderme (hi), grupo de fibra (gf), mesofilo homogêneo (mh), feixe vascular (fe), calota de fibras (cf), xilema (xl), floema (fl), ráfides (rf), cutícula (Ct), pontoações (pt), célula da hipoderme com parede espessa (He).

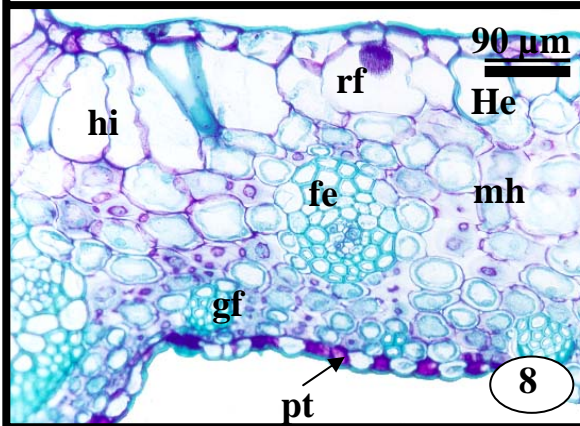
Fig. 9 e 10- Cortes da lâmina foliar de *O. blancheti* mostrando a região mediana e dando destaque ao mesofilo, respectivamente. Abreviações: hipoderme (hi), grupo de fibra (gf), mesofilo homogêneo (mh), feixe vascular (fe), calota de fibras (cf), xilema (xl), floema (fl), ráfides (rf), cutícula (Ct), pontoações (pt), célula da hipoderme com parede espessa (He) e estômato (Es).



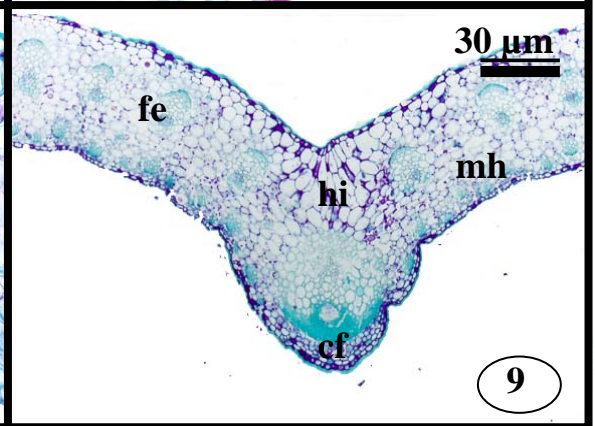
6



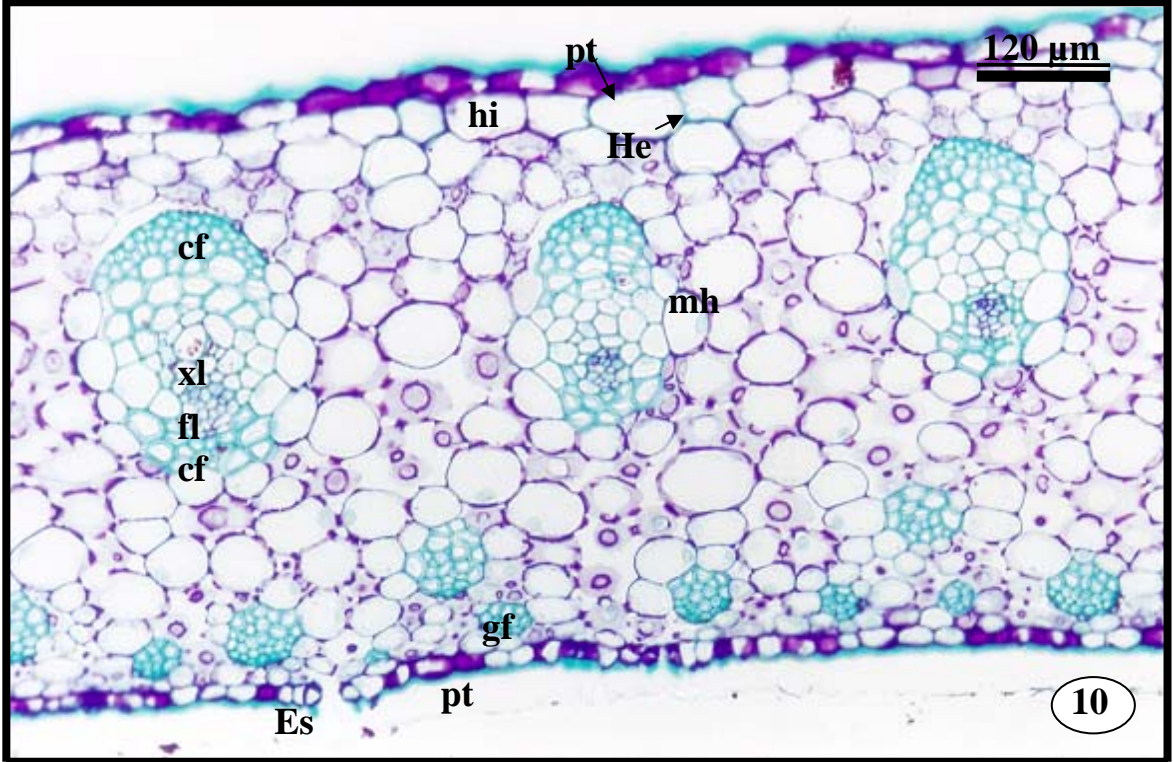
7



8



9



10

Figuras 11 a 16. Caracterização estrutural da lâmina foliar de *Z. brackypetalum*, *Z. mackaii*, *Oncidium barbaceniae* e *O. blancheti*.

Fig. 11- Corte transversal corado com azul de toluidina em pH ácido da lâmina foliar de *Z. brackypetalum* dando destaque ao mesofilo. Abreviações: mesofilo homogêneo (mh), hipoderme (hi), ráfides (rf) e feixe vascular (fe).

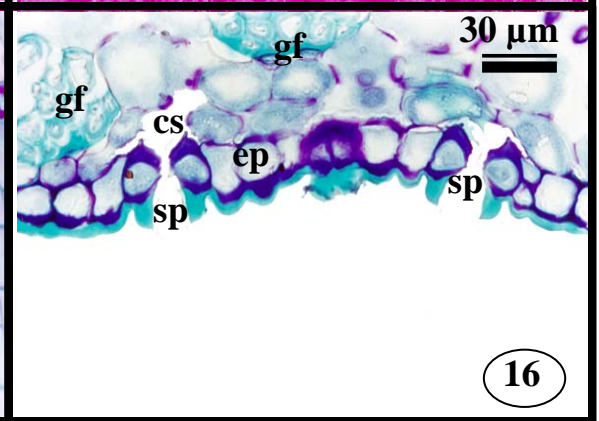
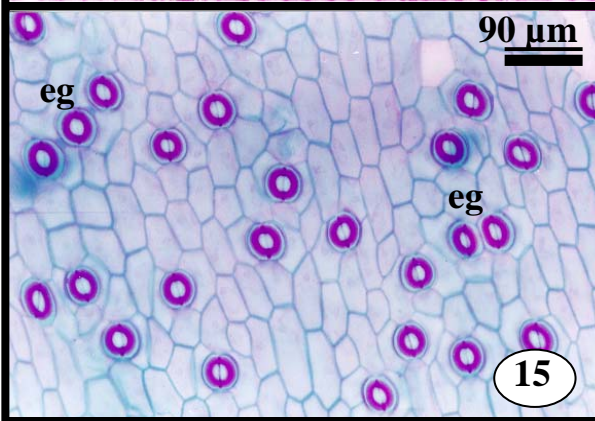
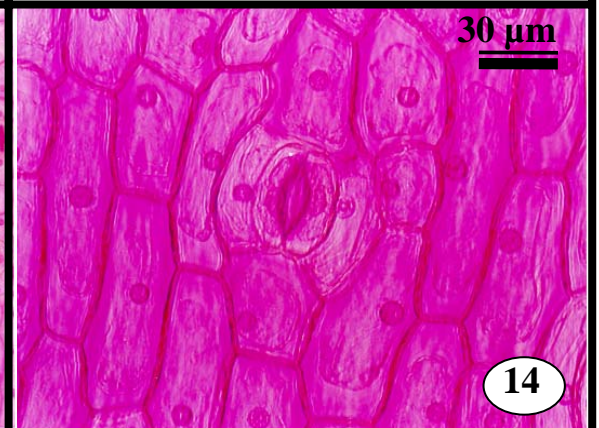
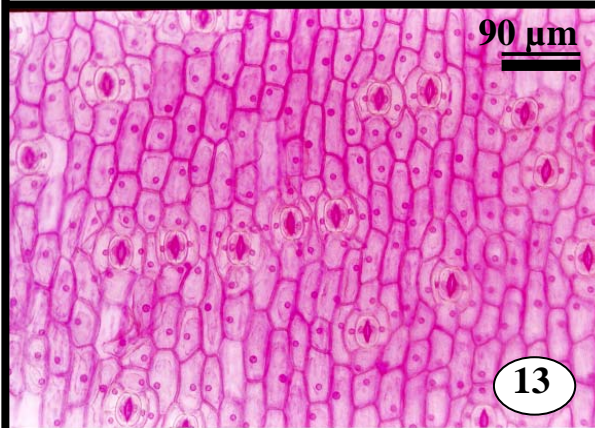
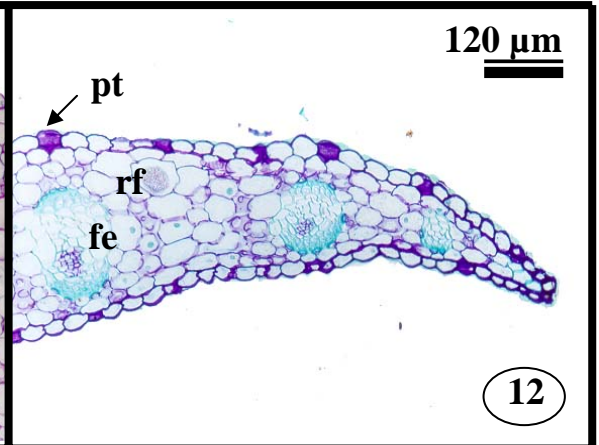
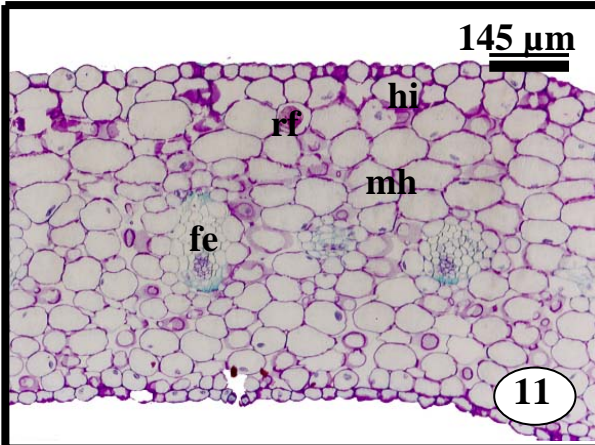
Fig. 12- Corte transversal da região do bordo da lâmina foliar de *Z. mackaii*, corado com azul de toluidina em pH ácido. Abreviações: pontoações (pt), ráfides (rf) e feixe vascular (fe).

Fig. 13- Dissociação de *Z. mackaii* corada com safranina evidenciando estômatos na face abaxial.

Fig. 14- Dissociação de *Z. brackypetalum* corada com safranina detalhando um estômatos na face abaxial.

Fig. 15- Dissociação de *O. barbaceniae* corada com azul de astra e safranina evidenciando estômatos na face abaxial, inclusive em alguns locais estômatos geminados (eg).

Fig. 16- Corte transversal corado com azul de toluidina em pH ácido da lâmina foliar de *O. blancheti*. Abreviações: epiderme (ep), câmara subestomática (cs), câmara supraestomática (sp) e grupos de fibras (gf).



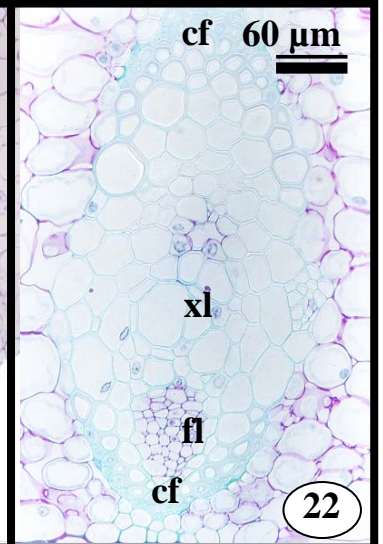
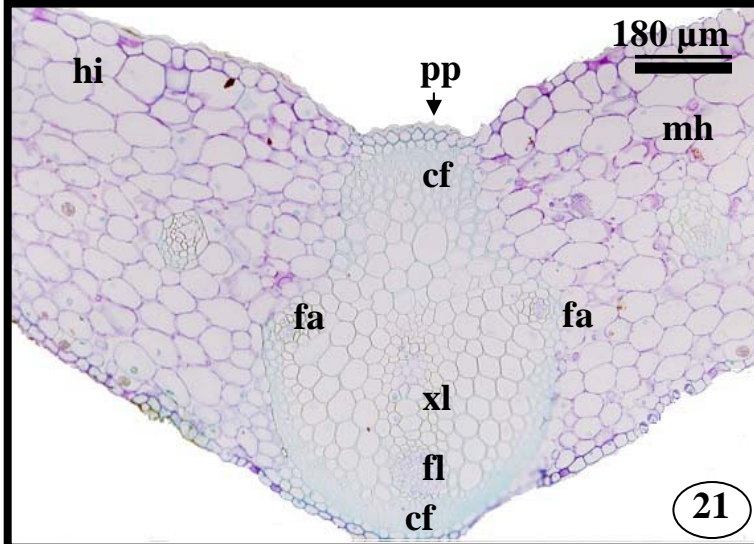
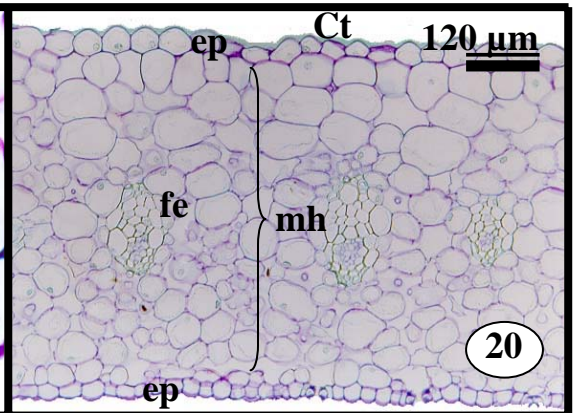
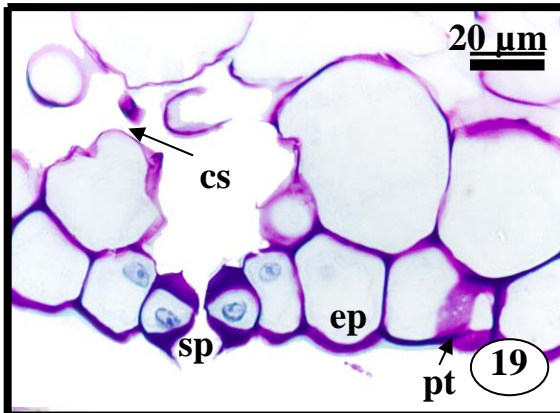
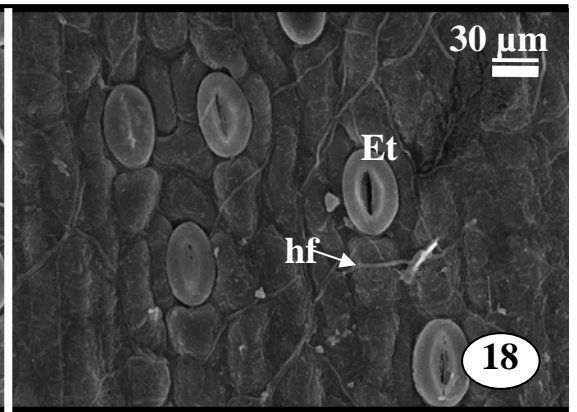
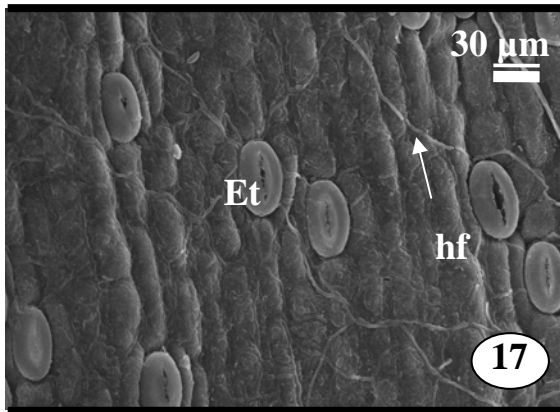
Figuras 17 a 22. Caracterização estrutural da lâmina foliar de *Oncidium barbaceniae*, *O. blancheti*, *Zygopetalum mackaii* e *Z. brackypetalum*. 19 a 22- Cortes transversais corados com azul de toluidina em pH ácido.

Fig. 17 e 18- Superfícies abaxiais de *O. barbaceniae* e *O. blancheti* em microscopia eletrônica de varredura mostrando estômatos (Et) e hifas fúngicas (hf), respectivamente.

Fig. 19- Corte da lâmina foliar de *Z. mackaii* evidenciando, epiderme (ep), câmara subestomática (cs), câmara supraestomática (sp) e pontoações (pt).

Fig. 20- Cortes de *Z. mackaii* destacando o mesofilo foliar. Abreviações: epiderme (ep), cutícula (Ct), mesofilo homogêneo (mh) e feixe vascular (fe).

Fig. 21 e 22- Cortes da lâmina foliar de *Z. brackypetalum* mostrando a região da nervura mediana e dando destaque ao feixe vascular na fig. 22. Abreviações: projeções papilosas (pp), hipoderme (hi), mesofilo homogêneo (mh), feixes acessórios (fa), calota de fibras (cf), xilema (xl) e floema (fl).



Figuras 23 a 30- Caracterização da porção mediana da raiz de *Oncidium barbaceniae*, *O. blancheti*, *Zygopetalum mackaii* e *Z. brackypetalum*. 23 a 26- seções observadas em microscopia de luz. Fig. 23, 25 e 26- Cortes corados com azul de toluidina em pH ácido. 27 a 30- seções em microscopia eletrônica de varredura.

Fig. 23- Corte longitudinal de *O. barbaceniae* dando ênfase a presença de ráfides (rf). Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), micorriza (mi).

Fig. 24- Corte transversal de *O. barbaceniae* feito a mão livre e corada com azul de astra e safranina, evidenciando células de paredes espessadas (Pe) no córtex (ct). Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), micorriza (mi).

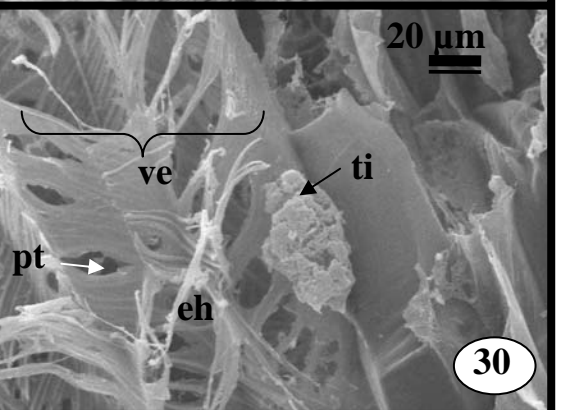
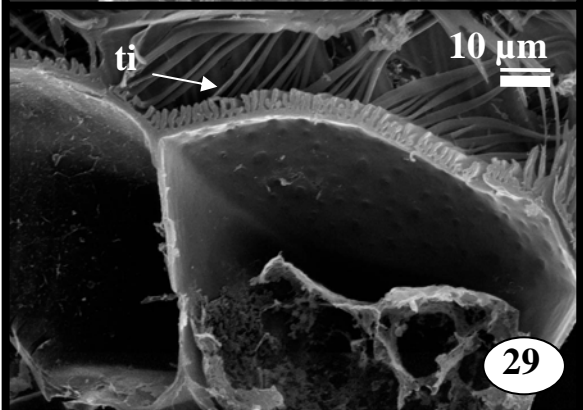
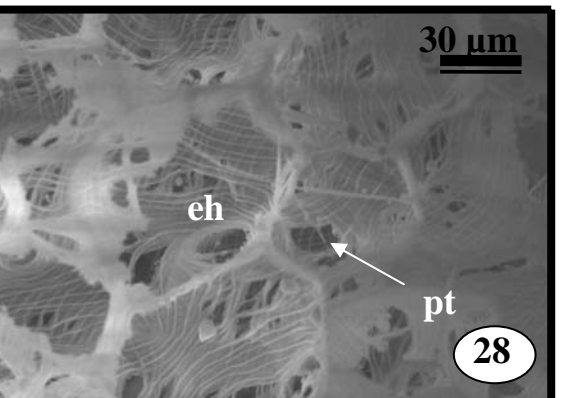
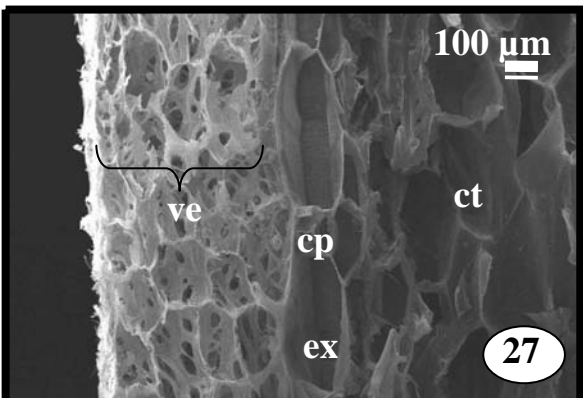
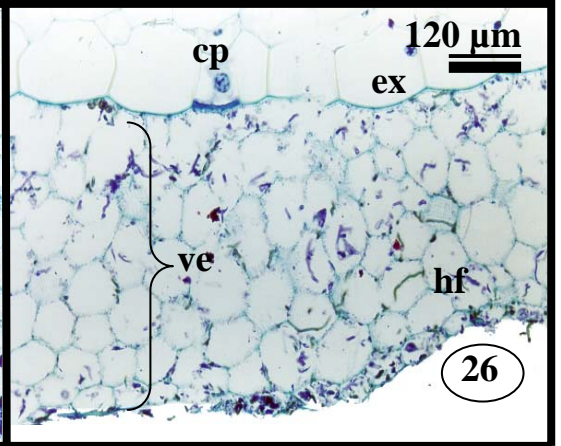
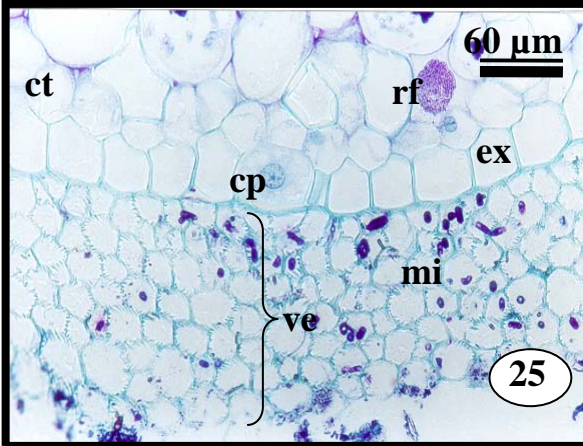
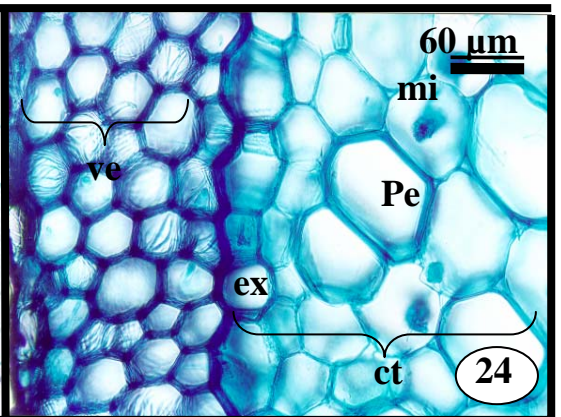
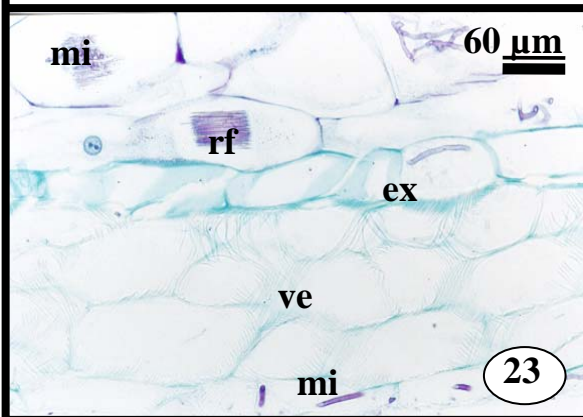
Fig. 25 e 26- Cortes transversais evidenciando a região do velame e a exoderme de *O. blancheti* e *Z. mackaii*, respectivamente. Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), célula-de-passagem (cp), micorriza (mi), córtex (ct) e ráfides (rf).

Fig. 27- seção longitudinal de *Z. brackypetalum* dando ênfase a região do velame e cortical. Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), célula-de-passagem(cp) e córtex (ct).

Fig. 28- seção transversal de *Z. mackaii* evidenciando camadas de velame com células de paredes espessadas helicoidalmente (eh) e pontoadas (pt).

Fig. 29- seção transversal de *O. barbaceniae* mostrando tilossomos (ti) no velame acima da célula-de-passagem (cp) da exoderme.

Fig. 30- seção transversal de *O. blancheti* mostrando tilossomos (ti) no velame (ve) acima da célula-de-passagem (cp) da exoderme e paredes do velame espessadas helicoidalmente (eh) .



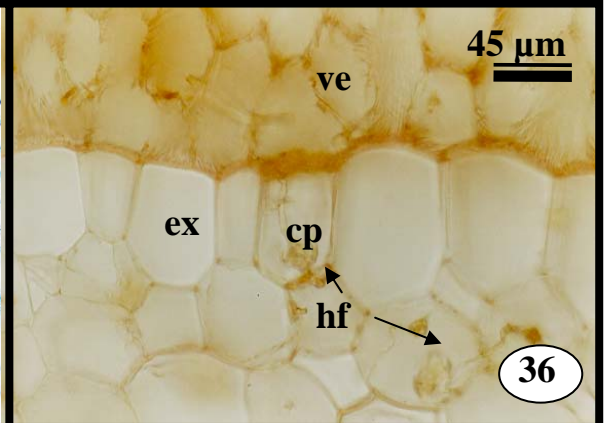
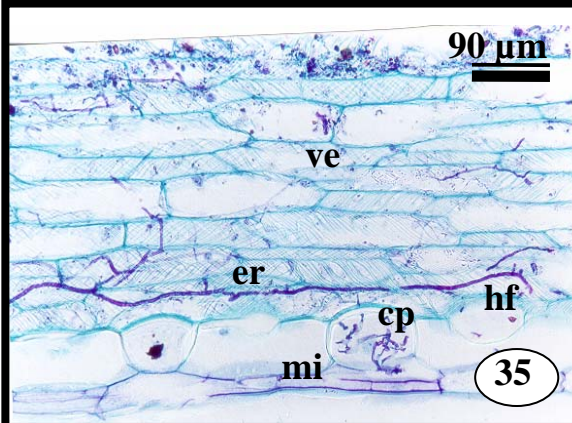
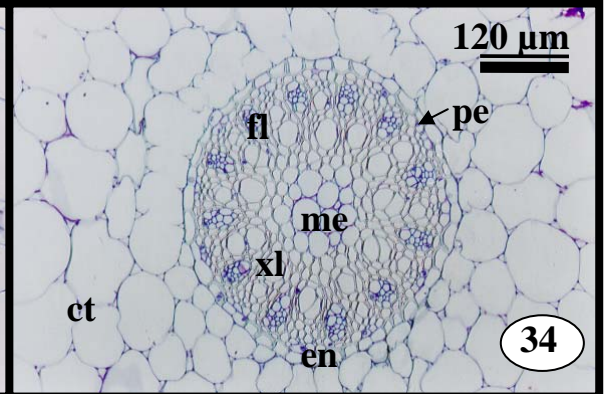
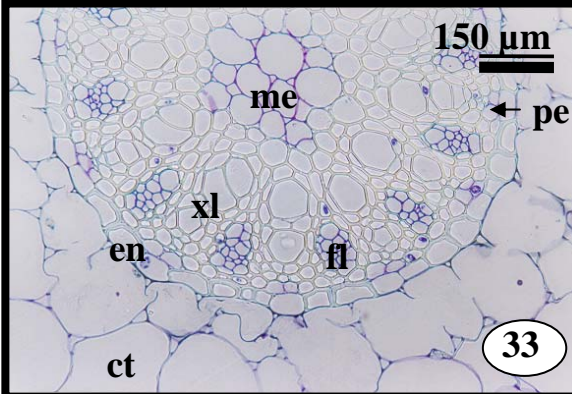
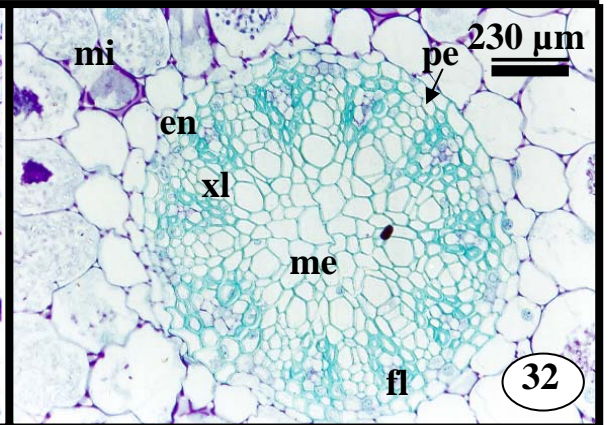
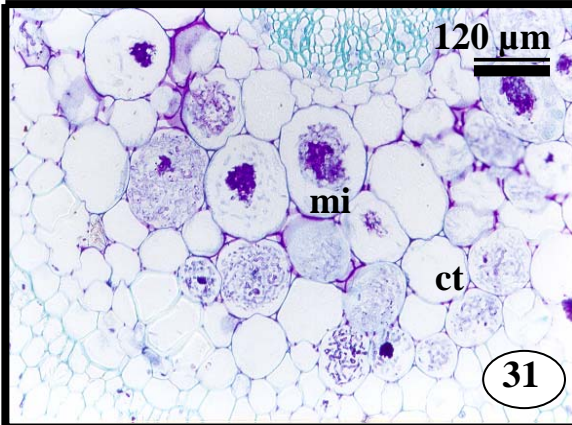
Figuras 31 a 36. Caracterização estrutural da porção mediana da raiz de *Oncidium blancheti*, *Zygopetalum brackypetalum* e *Z. mackaii*. Fig. 31 a 35- Cortes corados com azul de toluidina em pH ácido. Fig. 36- Corte feito a mão livre e corado com azul de astra e safranina.

Fig. 31e 32- Cortes transversais evidenciando a região cortical e o cilindro vascular de *O. blancheti*, respectivamente. Abreviações: córtex (ct), micorrizas (mi), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl) e medula (me).

Fig. 33 e 34- Cortes transversais evidenciando a região cortical e o cilindro vascular de *Z. brackypetalum* e *Z. mackaii*, respectivamente. Abreviações: córtex (ct), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl) e medula (me).

Fig. 35- Corte longitudinal de *O. blancheti* dando ênfase a presença de hifas fúngicas (hf) chegando ao córtex através das células de passagem (cp) da exoderme. Abreviações: velame (ve) e espessamento em rede (er).

Fig. 36- Corte transversal de *Z. brackypetalum* mostrando a entrada de hifas fúngicas (hf) no córtex pela célula-de-passage(cp) da exoderme. Abreviações: velame (ve) e exoderme (ex).



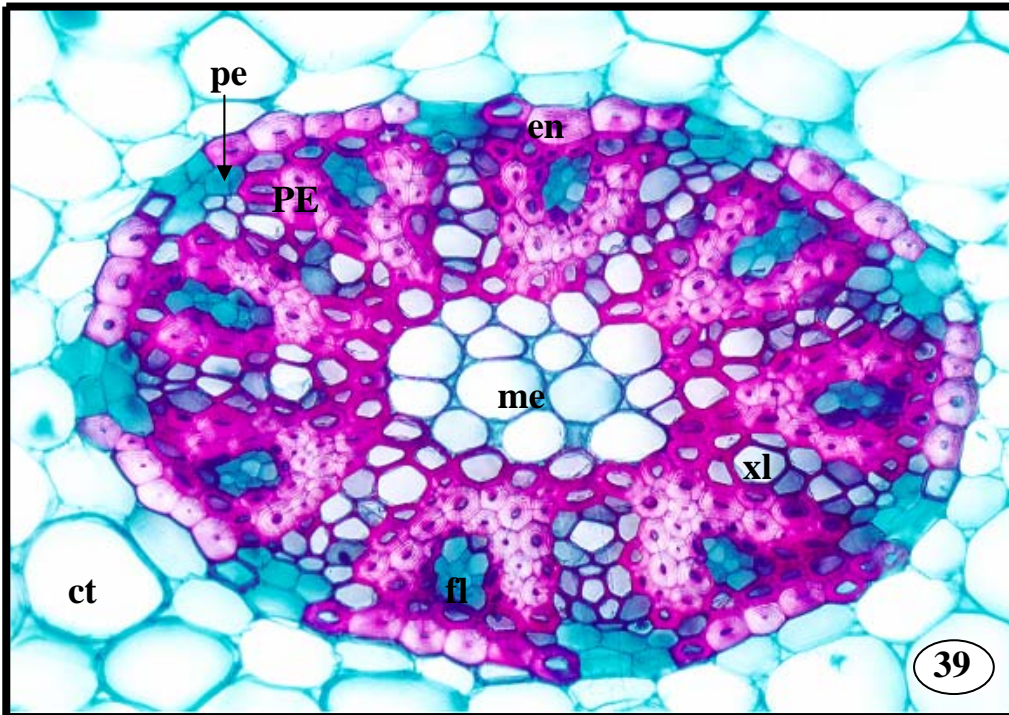
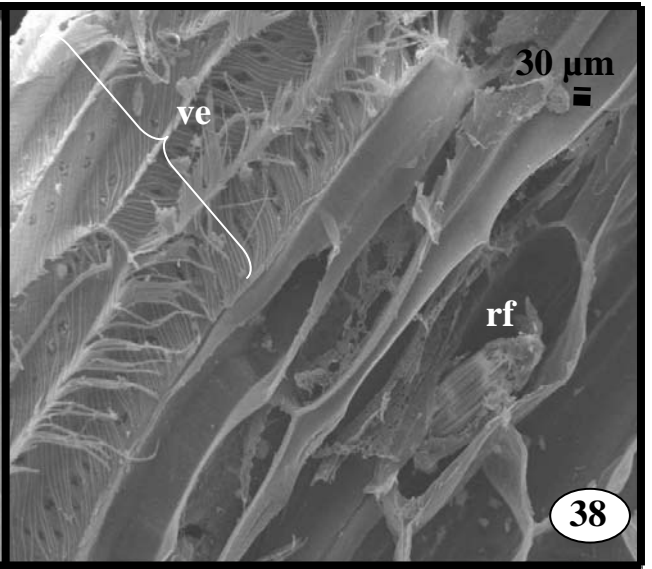
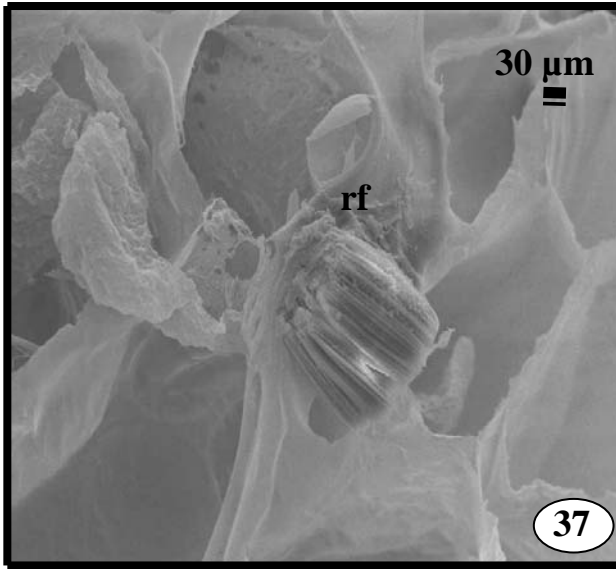
Figuras 37 a 40. Caracterização estrutural da porção mediana da raiz de *Oncidium barbaceniae* e *Z. brackypetalum*. 37 e 38- seções em microscopia eletrônica de varredura. 39 e 40- seções observadas em microscopia de luz.

Fig. 37- seção transversal de *O. barbaceniae* evidenciando a presença de ráfides (rf).

Fig. 38- seção longitudinal de *Z. brackypetalum* mostrando a região do velame e cortical, dando ênfase na presença de ráfides (rf).

Fig. 39- seção transversal de *O. barbaceniae* feita a mão livre e corada com azul de astra e safranina evidenciando a região cortical e o cilindro vascular. Abreviações: córtex (ct), parênquima esclerificado (PE), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl) e medula (me).

Fig. 40- Macerado de *Z. brackypetalum* corado com safranina.



Capítulo III

**Anatomia foliar e radicular de cinco espécies de
Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no
Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG)**

Resumo

Anatomia foliar e radicular de cinco espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra no Brigadeiro (MG).

Foram estudadas *Cleistes gracilis*, *Habenaria hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *Prescottia montana*, com objetivo de caracterizar, anatomicamente, as raízes e as folhas, identificando caracteres anatômicos úteis na interpretação de estratégias adaptativas, e que também possam auxiliar na resolução de problemas taxonômicos da família. Folhas expandidas e raízes foram coletadas em populações nativas, em um campo de altitude na Serra do Brigadeiro/MG. As amostras foram incluídas em metacrilato ou cortadas em micrótomo de mesa e os cortes corados com azul de toluidina, pH 4,0 ou azul de astra/safranina, respectivamente. As lâminas foram montadas em resina sintética ou em gelatina glicerizada. Epidermes foliares foram dissociadas e procedeu-se a maceração de folhas e raízes. Amostras radiculares foram avaliadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black para lipídios; floroglucina para lignina; lugol para amido. As cinco espécies completam seu ciclo antes do período seco, possuindo redução periódica das partes aéreas. Caracteres anatômicos que se relacionam entre as espécies estudadas são: folhas hipostomáticas, estômatos anomocíticos com cristas, ausência de tricomas e fibras, mesofilo homogêneo, velame uni e biestratificado. As diferenças observadas foram encontradas no formato e altura das células epidérmicas, espessamento da cutícula, presença de cloroplasto na epiderme, elemento condutor do xilema, espessamento das paredes do velame, exoderme, espaço intercelular no córtex, idioblastos cristalíferos com ráfides e números de pólos do xilema. Uma vez que a morfologia vegetativa externa é semelhante entre espécies de *Habenaria*, várias diferenças anatômicas observadas, e outras compiladas de trabalhos anteriores, evidenciaram que a anatomia do gênero pode fornecer subsídios para a taxonomia. O presente trabalho contribui para a identificação das espécies analisadas, mesmo quando em forma vegetativa, pois com a utilização de caracteres anatômicos da lâmina foliar foi possível identificar as espécies.

Palavras chaves - Anatomia radicular e foliar, Orchidaceae, Estratégias adaptativas

Abstract

Radicular and foliar anatomy of five species of Orchidaceae in altitude field in the State Park of Serra do Brigadeiro (MG).

This study evaluated the species *Cleisthes gracilis*, *Habenaria hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *Prescottia montana*, aiming to characterize anatomically, their roots and leaves, identifying anatomical characteristics helpful to the interpretation of adaptative strategies and to the solution of taxonomic problems. The samples collected at Serra do Brigadeiro/MG were included in methacrylate and cut in rotary microtome. The sections were stained with toluidine blue, pH 4,0, and mounted in synthetic resin. Freehand sections were stained with astra blue/safranina and the slides mounted in glycerinated jelly. Foliar epidermises were dissociated and roots and leaves macerated. The histochemical tests applied were: sudan IV and sudan black B for lipids; phloroglucin for lignin; lugol for starch. The five species complete their cycle before dry time, with periodic reduction of aerial part. Anatomical features observed among the studied species are: hypostomatic leaves, anomocytic stomata, absence of trichome and fibers, homogeneous mesophyll, uni and bistratified velamen. The differences are found in the shape and height of epidermic cells, cuticle thickness, chloroplasts in the epidermis, conductor element, velamen wall thickness, exoderm, intercellular space in the cortex, raphide crystal idioblast and pole number of xylem. A data compilation of studies done before with *Habenaria* and several anatomical differences observed in this study may provide subsidies to the taxonomy. This study contributes to the identification of analyzed species, even in vegetative stage, through leaf anatomical features.

Key-words: Radicular and foliar anatomy, Orchidaceae, Epidendreae, Adaptive strategies.

Introdução

Orchidaceae é uma das maiores famílias dentre as Magnoliophyta e estima-se que 19500 mil espécies tenham sido descritas, o que corresponde a uma grande diversidade de formas. Existem, ainda, alguns híbridos naturais e, anualmente, são registrados centenas deles produzidos pelo homem (Dressler 1993). Pabst & Dungs (1975), na última revisão das espécies brasileiras, apontaram cerca de 2350 espécies e 191 gêneros. Atualmente acredita-se que este número aproxima-se de 2400 espécies (Barros 1996).

A família está inserida dentro da ordem Orchidales, apresentando os caracteres mais derivados dentro da subclasse Liliidae (Cronquist 1981). Exibem características altamente especializadas para atrair insetos e propiciar a polinização cruzada (Dressler 1993).

A família apresenta, ainda, muitas indefinições taxonômicas. Embora haja, na literatura, algumas tentativas de reunir informações importantes a este respeito (Sanford 1974 e Withner et al. 1974), elas estão ainda muito longe de proporcionarem uma visão abrangente e realista acerca da anatomia, ecofisiologia e taxonomia do grupo, bem como, suas inter-relações.

Segundo Arditti (1992), a classificação das Orchidaceae, para que seja o mais útil e o mais próximo da realidade, deve estar baseada em um número variado de critérios, entre os quais, a anatomia.

As espécies de orquídeas estudadas estão presentes em campo de altitude, no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), mais especificamente na Serra das Cabeças. Os campos de altitude são diferentes dos campos rupestres quanto a litologia e as vegetações circunvizinhas. Enquanto os campos rupestres ocorrem sobre quartzitos e arenitos, em geral associados ao cerrado, caatinga e matas de galeria, os campos de altitude ocorrem sobre rochas granitóides e rochas intrusivas ácidas, ligados à mata atlântica (Moreira & Camelier 1977, Caiafa 2002, Benites et al. 2003).

As espécies que ocorrem neste campo de altitude possuem um alto poder de adaptação a diferentes ambientes (Bensing et al. 1982), particularmente, por apresentarem organização de suas partes vegetativas notavelmente diversas (Dressler 1993). Trata-se de organismos extremamente especializados que ocupam uma diversidade de habitats e de nichos ecológicos, ocorrendo até em ambientes extremos como mares, desertos e topos frios de montanhas (Hunt 1985) e apresentando uma série de adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas.

O presente estudo teve por objetivo caracterizar anatomicamente as raízes e as folhas de cinco espécies de Orchidaceae, ocorrentes em um campo de altitude (PESB), auxiliar na

resolução de problemas taxonômicos da família, bem como, identificar caracteres anatômicos que possam ser úteis na interpretação das estratégias adaptativas.

Material e Métodos

O material botânico (Tab. 1) foi coletado na sub-serra denominada “Totem deitado” no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. O parque, que ocupa uma área de 13210 ha, está situado entre os meridianos 42°20` e 42°40`S e os paralelos 20°20` e 21°00`W (Engevix 1995) e foi regulamentado criado por meio do Decreto nº 38.319 de 27/07/1996. Situa-se no Maciço Mantiqueira, entre os meridianos 42°20` e 42°40`S e os paralelos 20°20` e 21°00`W, estando inserido na Zona da Mata de Minas Gerais (Engevix 1995). Ocupa uma área de 13210 ha, abrangendo 8 municípios, totalizando 156,9 km de perímetro, constituindo em um conjunto de serras. Uma das serras é denominada Serra das Cabeças e, nesta, encontra-se o “Totem deitado” a 1.722m de altitude, possuindo uma área de aproximadamente seis hectares, composta pela tipologia Campo de Altitude.

A classificação taxonômica apresentada é a proposta por Dressler (1993) (Tab. 1). Os dados sobre a morfologia foram registrados em campo. O material testemunha foi coletado, herborizado e incorporado ao acervo do Herbário VIC da Universidade Federal de Viçosa e enviado aos especialistas, para confirmação da identidade taxonômica. Registros fotográficos foram obtidos em campo com uma máquina fotográfica digital (Sony Cyber DSC-P10).

Para os estudos anatômicos e histoquímicos foram coletadas cinco raízes e três folhas totalmente expandidas de três indivíduos de cada espécie. As amostras foram fixadas em FAA₅₀ (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 50% 5:5:90, v/v), por 48 horas, mantidas sob vácuo, e estocadas em etanol 70% (Johansen 1940).

As porções das raízes e região mediana da lâmina foliar (zona da nervura mediana e bordo) foram isoladas e incluídas em metacrilato (Meira & Martins 2003). Os blocos foram cortados transversal e longitudinalmente, com espessura de corte de 8 µm, em micrótomo rotativo de avanço automático (RM 2155 - Leica), com a utilização de navalhas de aço descartáveis; os cortes foram corados com azul de toluidina em pH ácido. Cortes de materiais frescos foram obtidos, conforme o interesse em confirmar algumas observações anteriores. As lâminas foram montadas em resina sintética (Permount) ou em gelatina glicerinada.

Epidermes foliares foram dissociadas pelo método de Jeffrey (Johansen 1940), coradas em azul de astra e fucsina básica (Roeser 1972 *apud* Kraus & Arduin 1997) e as lâminas montadas com gelatina glicerinada.

Os testes histoquímicos aplicados foram: sudan IV e sudan black para lipídios (Jensen 1962); floroglucina para lignina (Jensen 1962); lugol para amido (Johansen 1940).

Amostras de raiz e de folha foram submetidas à maceração pelo método de Jeffrey (Johansen 1940) e coradas com safranina (solução alcoólica 50%). As lâminas foram montadas com resina sintética (Permount), observadas e fotografadas em um fotomicroscópio (Olympus AX 70 com sistema U-PHOTO).

Parte das amostras radiculares fixadas foi processada para avaliação em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Após a desidratação em série etílica, as amostras foram levadas à secagem em ponto crítico (FDU 010 Balzers- Alemanha), montadas em “stubs” e metalizadas com ouro (Bozzola & Russel 1992). O registro fotográfico foi feito em um microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO 1430 VP, Inglaterra), do Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM) da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Resultados e Discussão

Os campos de altitude dispõem de grande disponibilidade de água durante o verão chuvoso. Estes campos litólicos estão submetidos a um período mais seco (Fig. 1) com intensa radiação solar e baixa temperatura durante o inverno. Nessa estação do ano, esporadicamente, ocorrem fortes ventos, associados com nebulosidade e precipitação atmosférica (Fig. 2), um fenômeno conhecido, localmente, como corrupiana. As corrupianas são esporádicas mais não incomuns, conforme observado nas incursões de campo durante este trabalho e, também, relatadas por outros pesquisadores na Serra das Cabeças (Saporetti Junior 2004 comunicação pessoal).

As populações foram encontradas sobre afloramentos de rocha granitóide (Figs 3 a 6). Observa-se que em *P. montana* (Fig. 6), as raízes aprofundam-se bastante no solo não compactado, já em *C. gracilis* (Fig. 3) e nas populações das três espécies de *Habenaria* (Fig. 4 e 5), as raízes estão em manchas de solo raso, sendo visualizadas no ponto de drenagem de águas.

Sanford (1974) afirma que o principal fator restritivo à distribuição das Orchidaceae é a disponibilidade de umidade atmosférica. O que não é problema no ambiente amostrado cujo relevo e a altitude variam entre 1700 e 1722m exercendo importante influência nas características climáticas, amenizando as temperaturas e criando um clima tipicamente serrano nas regiões mais elevadas.

As cinco espécies completam seu ciclo antes do período seco. Para Ferri (1963), o que adapta uma vegetação ao ambiente é seu comportamento. Isso inclui capacidade de diminuir o consumo de água, de obter água e, de principalmente, completar seu ciclo antes do período seco.

Além da umidade atmosférica, o padrão de distribuição das orquídeas parece resultar da necessidade de altas intensidades luminosas, sendo a composição do substrato, na maioria das vezes, de importância secundária (Johansson 1975). Isso deve ser levado em consideração já que os solos no local são rasos, muito permeáveis e carentes em nutrientes (Benites et al. 2003).

1. Morfologia do sistema subterrâneo e aéreo

As espécies apresentam raízes absorventes de diferentes tonalidades castanhas, delgadas, com pêlos longos, em quase toda a sua extensão (Figs 7 e 8). Em *P. montana*, as raízes são tenras, atingindo cerca de 1cm de diâmetro e, freqüentemente, excedendo 20 cm de

comprimento. *C. gracilis* apresenta raízes de 8 a 9 mm de diâmetro e comprimento variável, geralmente não excedendo 10 cm. O número de raízes nas duas espécies é bastante variável, com um número médio de 9 raízes.

Já nas espécies de *Habenaria*, as raízes apresentam de 2 a 3 mm de diâmetro e comprimento variável, comumente não excedendo 10 cm, sendo o número de raízes por planta diversificado, situando-se em média de 6 raízes.

O caule não é intumescido em pseudobulbo nas cinco espécies (Figs 3 a 6). As folhas em *C. gracilis* são ovaladas, de cor verde, filotaxia alterna, simétricas com margens foliares inteiras e lisas (Fig. 3).

As lâminas foliares de *H. janeirensis*, *H. macronectar*, *H. hydrophila* e *P. montana* apresentam-se conduplicadas, ou seja, são dobradas longitudinalmente, assumindo a forma de “V” aberto, em seção transversal (Fig. 4 a 6). Conforme Withner et al. (1974), a forma “V” diminui a superfície de exposição à luz, conferindo também suporte mecânico. Os feixes vasculares são identificáveis, externamente, como linhas mais claras. Das espécies citadas, *H. macronectar* apresenta lâmina foliar maior, verde-escura, alongada e com ápice mais afilado.

2. Anatomia foliar

a. Epiderme

H. janeirensis, *H. macronectar*, *C. gracilis* e *P. montana* apresentam cutícula com ornamentação estriada (Tab. 2). Este parâmetro foi constante nas quatro espécies analisadas constituindo um critério de utilidade na distinção de *H. hydrophila*, cuja cutícula é desprovida de estriamentos. A espessura da cutícula varia em função das faces consideradas, sendo mais acentuada na zona dos bordos e na nervura mediana (Figs 9 a 12). Em *P. montana* a espessura é mais proeminente (Figs 11 e 12). Testes com sudan IV e sudan black confirmaram a natureza lipídica desta camada. Acredita-se que, nas espécies em estudo, a cutícula desempenhe funções que lhe são atribuídas por outros autores como: impermeabilidade à água, reflexão da radiação solar excessiva, reflexão de raios ultravioleta e proteção contra a invasão por fungos e bactérias (Mauseth 1988) além de produzir suporte mecânico contra a ação do vento (Handro et al. 1970). Entretanto, trabalhos recentes vêm demonstrando que a espessura da cutícula está mais relacionada com a proteção contra patógenos, sugerindo que a resistência da cutícula em relação à perda d'água seja conferida pelas ceras localizadas na superfície, ou embebidas na matriz de cutina, e que depende muito mais da sua composição química, estrutura molecular e arranjo das mesmas, para maior ou menor difusão de água do que, simplesmente, da espessura (Heredia et al. 1998). Alguns autores relatam que fatores abióticos influenciam no espessamento da cutícula (Esau 1960,

Withner et al. 1974, Sinclair 1990, Fahn 1990, Oliveira & Sajo 1999a). Então, a aplicação desse caráter à taxonomia deve ser avaliada com parcimônia, pois existem implicações de ordem tanto ambiental, quanto da expressão gênica e, portanto, taxonômica.

A epiderme das espécies estudadas é uniestratificada o que é comum dentre as Orchidaceae (Oliveira 1982, Campos Leite & Oliveira 1986, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Leiria 1997, Stern 1997a, Stern 1997b, Holtzmeier et al. 1998, Oliveira & Sajo 1999, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004). As células epidérmicas variam quanto às suas dimensões, segundo as regiões e as faces consideradas, sendo em geral, altas e volumosas na face adaxial (Figs 13, 14 e 15).

O formato das células epidérmicas da face adaxial é variável, são aproximadamente quadradas a retangulares diminuindo sua altura na nervura mediana e bordo em *H. hydrophila* e *P. montana*. Em contraposição, estas células são arredondadas e aumentam seu volume e altura na região da nervura mediana em *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *C. gracilis* (Tab. 2). A ocorrência de tais células altas é comum entre os xerófitos, especialmente em células tipicamente de “vida-longa”, onde as paredes celulares epidérmicas sofrem um grande espessamento, geralmente desigual (Mauseth 1988). Este caráter pode estar relacionado à estratégia de reserva de água e proteção contra a intensidade solar excessiva. É provável que esta característica esteja envolvida na substituição da cutícula espessa, pois, as espécies com cutículas espessas estudadas nos capítulos I e II não apresentaram diferenças relevantes no tamanho das células epidérmicas, quando comparadas às superfícies abaxial e adaxial. Uma outra característica que sugere a função de reserva de água para as células epidérmicas é a sinuosidade das paredes anticlinais (Figs 9, 10, 14 e 15) observadas nestas espécies.

Na face abaxial da epiderme das cinco espécies analisadas, sua forma varia de retangular a elíptica, sendo em geral, aproximadamente do mesmo tamanho (Figs 13 a 15). Vistas frontalmente, as células epidérmicas de ambas as faces são, predominantemente, hexagonais alongadas (Figs 17 a 20), menos alongadas em *C. gracilis* (Fig. 17) e *H. janeirensis* (Fig. 19). Há também a possibilidade de formas pentagonais, quadrangulares e retangulares.

Em *C. gracilis*, *H. janeirensis* e *H. macronectar* é possível observar campos primários de pontoação em células epidérmicas de ambas as faces da lâmina foliar (Figs 9 e 10). Segundo Widholzer (1993), a presença desse caráter pode ser um indicativo de uma forte demanda de transporte na epiderme. Além disso, os campos primários de pontoação podem representar uma forma de compensação em relação à baixa vascularização encontrada nestas espécies. Geralmente, em plantas que se encontram, em regiões de déficit hídrico as células são pequenas e compactas, porém, quando apresentam a função de armazenamento de água

tais células são, em geral, volumosas (Metcalf & Chalk 1983). Outro fator que corrobora esse transporte é a cutícula ornamentada por estrias formadas por microcanais.

Existem registros da ocorrência de cloroplastos em células epidérmicas de Orchidaceae (Withner et al. 1974, Widholzer 1993, Leiria 1997), entretanto nenhuma função foi sugerida para esse fato. Nas células epidérmicas de *H. janeirensis*, *H. hydrophila* e *C. gracilis* constatou-se a presença de cloroplastos, sendo esses mais esparsos e menores do que os das células do clorênquima. Aparentemente, essas organelas se concentram nas células da face abaxial que, nas espécies estudadas, estão principalmente protegidas pelas paredes periclinais externas, espessas, o que estaria evitando danos decorrentes da incidência direta da radiação ultravioleta. Além disso, cloroplastos na epiderme pode representar um importante acréscimo na produtividade destas plantas, aumentando o volume de tecidos fotossintetizantes ativos, constituindo-se dessa forma, em uma vantagem seletiva.

A presença de hifas fúngicas foi observada, algumas vezes, na face abaxial das células epidérmicas de *H. macronectar* e no mesófilo de *C. gracilis* (Fig. 13). Sobre a cutícula de alguns indivíduos de Orchidaceae esta ocorrência também foi relatada (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Leiria 1997, Widholzer 1993). Metcalf & Chalk (1983) relacionam hifas fúngicas com xerófitos.

O caráter hipoestomático parece ser o padrão para a maioria das Orchidaceae (Withner et al. 1974, Singh 1981, Oliveira 1982, Ferreira 1992, Oliveira & Sajo 1999, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004), algumas poucas espécies são anfiestomáticas (Rosso 1966, Pridgeon 1993, Pridgeon 1994). Nas espécies estudadas, os estômatos estão distribuídos por toda a face abaxial da lâmina foliar (Figs 13 a 15). Com exceção de *P. montana* foram observados inclusive sobre a nervura mediana (Fig. 16).

Os estômatos são anomocíticos (Figs 17 a 20), o que está de acordo com a literatura para Orchidaceae (Widholzer 1993, Zanenga-Godoy & Costa 2003). O número de células subsidiárias é variável (Tab. 2). Em *H. macronectar* e *C. gracilis* foram observadas, em corte transversal da lâmina foliar, células subsidiárias mais volumosas que as demais células epidérmicas.

A presença de células subsidiárias em Orchidaceae é ponto de discussão (Withner et al. 1974, Rosso 1966, Williams 1975). Para Williams (1975) a presença destas em muitos gêneros avançados dos grupos Epidendroideae e Vandoideae apóia a hipótese de que tal característica é uma condição derivada nas Orchidaceae.

Estômatos geminados foram observados aos pares (Fig. 17 a 19) e trios, com células-guarda em comum. Este caráter foi muito comum em *C. gracilis* (Fig. 18) e *H. macronectar*, como também em espécies de *Sphronitis* (Widholzer 1993) e de *Oncidium* (Leiria 1997).

As células-guardas, na maioria das vezes, localizam-se ao mesmo nível das demais células epidérmicas, contudo projeções cuticulares salientes formam cristas sobre o poro (Figs 21 a 23), tendo sido mencionadas para muitas das espécies de orquídeas (Ferreira 1992, Leiria 1997, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004) e consideradas como xeromórficas (Rasmussen 1987).

As paredes celulares periclinais e anticlinais das células-guardas são uniformemente espessas nas espécies estudadas (Figs 14, 21 e 22) com exceção de *P. montana* cujas paredes periclinais são espessas (Fig. 23) e impregnadas de lignina, confirmado pela reação de floroglucina ácida. Segundo Widholzer (1993), as paredes periclinais, espessas e lignificadas (rígida e indeformável) e paredes anticlinais delgadas (parte flexível), em conjunto, contribuem para o bloqueio da passagem dos gases no nível dos ostíolos.

Nas espécies analisadas, as câmaras subestomáticas são volumosas, possuindo dimensões variáveis (Figs 14, 16, 21, 22 e 23), além de serem tortuosas, criando certo obstáculo à difusão da água (Figs 21 e 22). São menos volumosas em *H. macronectar* (Fig. 22) e *P. montana* (Fig. 23), o que sugere que outros mecanismos devam estar envolvidos com a diminuição da transpiração pelos estômatos. Em Orchidaceae esta morfologia é freqüente, o grande volume das câmaras estomáticas aumenta a distância que a água tem de seguir até ser totalmente difundida, promovendo uma certa resistência à sua difusão (Widholzer 1993).

A presença de tricomas foliares em Orchidaceae tem sido relatada em alguns trabalhos (Rosso 1966, Williams, 1974, Pridgeon, 1981, 1982, Benzing & Pridgeon 1983, Ferreira 1992), entretanto, em 15 espécies de *Habenaria*, os tricomas não foram evidenciados (Stern 1997a). Sua ocorrência restringe-se, praticamente, as folhas jovens sendo raros nas folhas adultas. Como as amostras avaliadas, no presente trabalho, são provenientes de folhas adultas, não se pode afirmar a ausência de tricomas.

b. Mesofilo

Com exceção de *P. montana*, as espécies apresentam mesofilo homogêneo (Figs 13 e 14). Com base na literatura consultada, pode-se afirmar que a maioria das espécies de Orchidaceae apresentam este caráter (Oliveira 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Holtzmeier et al. 1998, Oliveira & Sajo 1999, Stern et al. 2004, entre outros).

O mesofilo de *P. montana* apresentou-se com tendência a dorsiventral (Fig. 15). Observou-se de 2 a 3 camadas de parênquima paliçádico e 6 a 8 camadas de células de tecido esponjoso.

Nas espécies analisadas, o número de estratos celulares do mesofilo é variável (Tab. 2), sendo constituído por um tecido de células arredondadas com espaços intercelulares (Figs 13 a 15). Stern (1997) relata em seus estudos com *Habenaria*, células clorenquimáticas ovais e elípticas algumas vezes arredondadas, em *Habenaria leonsios* e *H. rhocheila*, contendo muitos cloroplastos e espaços celulares grandes e abundantes.

Não ocorreram hipoderme e grupos de fibras, nas espécies analisadas, o mesmo tendo sido relatado por Stern (1997), ao estudar *Habenaria*.

Células colenquimáticas foram observadas em *P. montana*, na zona do bordo (Fig. 11), o mesmo foi observado em espécies de *Maxillaria* (Holtzmeier et al. 1998).

Nas espécies estudadas, é freqüente a presença de idioblastos contendo cristais do tipo ráfides (Tab. 2), preferencialmente, próximos às faces adaxiais e abaxiais da epiderme (Figs 9, 14, 16 e 22). Em seções longitudinais, esses idioblastos são alongados e as ráfides estão agrupadas em feixes. Stern (1997) relata a presença destes em *Habenaria* apresentando-se circulares em corte transversal. A presença de ráfides é documentada na maioria dos trabalhos realizados com espécies de orquídeas (Oliveira 1982, Pridgeon 1982, Pridgeon & Stern 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Stern 1997, Oliveira & Sajo 1999, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004) e acredita-se que o oxalato de cálcio contribua para tornar as plantas menos palatáveis aos animais (Mauseth 1995). Bonates (1993) registra idioblastos com ráfides em *Encyclia calamaria* e sugere que estejam relacionados ao balanço iônico e osmoregulação da planta.

Em *H. hydrophila*, *P. montana* e *C. gracilis*, foram observados grãos de amido nas células do clorênquima (Tab. 2). A ocorrência de amido, no mesofilo de orquídeas, é pouco relatada na literatura, entretanto, Ferreira (1992) observou grãos de amido em 20 espécies analisadas da subtribo Pleurothallidinae.

c. Sistema vascular

O sistema vascular das espécies analisadas é constituído por feixes colaterais (Figs 12 a 16), o que é bastante comum em Orchidaceae (Oliveira 1982, Pridgeon 1982, Pridgeon & Stern 1982, Ferreira 1992, Widholzer 1993, Bonates 1993, Stern et al. 1993, Pridgeon 1994, Leiria 1997, Stern 1997b, Oliveira & Sajo 1999a, Zanenga-Godoy & Costa 2003, Stern et al. 2004).

Os feixes vasculares possuem disposição paralela localizando-se em uma única série, onde os diferentes tamanhos encontram-se alternados (Figs 12, 13 e 15). Em *H. macronectar* e *H. hydrophila*, observa-se uma alternância de feixes maiores e menores, que se distribuem em zigue-zague, com os maiores próximos à face abaxial e os menores

próximos à face adaxial. Em *C. gracilis* estes feixes apresentam-se, em seção transversal, com formato ovalado e dimensões bastante reduzidas como relatado por Widholzer (1993) e por Leiria (1997) ao estudar outras orquídeas. Em *P. montana* os feixes são alongados, com a maior dimensão perpendicular às faces da folha (Fig. 12). Nas cinco espécies, o feixe vascular na região da nervura mediana é maior e não possui fibras associadas, apenas células parenquimáticas de paredes espessas (Figs 12 e 16) e pontoadas.

Através do macerado do sistema vascular, pôde-se observar que os elementos condutores do xilema estão representados por traqueídes de vários tamanhos, cujas paredes mostraram-se com espessamentos anelados e espiralados, em *H. hydrophila* e, espiralados e escalariformes em *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *C. gracilis*. Já em *P. montana*, ocorreram elementos de vasos estreitos e alongados com paredes de espessamento escalariforme. Segundo Metcalfe (1963), entre as monocotiledôneas mais derivadas, os elementos condutores são representados por elementos de vaso, o que sugere que neste caráter *P. montana* seja mais evoluída.

3. Anatomia radicular

a. Velame

O velame pode ser uni ou biestratificado (Tab. 2), nestes casos, o conjunto de características é que define tratar-se ou não desse tecido. As características mais usadas são: o espessamento das paredes, que pode variar em forma e intensidade, a inexistência de protoplasto vivo na maturidade e a ocorrência de uma exoderme. Utilizando-se dessas características considerou-se que nas espécies avaliadas ocorreu um velame uniestratificado (Figs 24, 26 a 28), apenas em *H. janeirensis* é biestratificado (Fig. 25). Muitos autores descreveram velames uniestratificados, em espécies de orquídeas, entre eles: Rosso (1966), Pridgeon & Stern (1982) e Tissot (1991).

Acredita-se que, por estas plantas estarem distribuídas em locais encharcados, à absorção de água seja facilitada e o velame teria apenas a função de proteção mecânica para os períodos de seca. Analisando sob este ponto de visto, justifica-se a existência de velame pluriestratificado nas espécies estudadas, nos capítulos I e II, que se distribuem em locais secos da área em estudo. Nas células do velame uniestratificado ocorrem projeções sinuosas, o que pode sugerir um aumento na superfície de absorção de água e sais minerais. Segundo Benzing et al. (1982) essa é uma das funções do velame, assim como para Esau (1977) e por Fahn (1987) a função é a de proteção mecânica e redução da perda de água através do córtex. Sabe-se que o velame é formado por células mortas, compactamente arranjadas e,

frequentemente, produzindo espessamento secundário de parede na forma de numerosas faixas (helicoidais, espiraladas e em rede). Apenas em *P. montana* observou-se espessamento em rede nas paredes do velame (Fig. 29), sendo constituídos por lignina como confirmado pelo teste com floroglucina ácida.

Stern (1997b), ao estudar 15 espécies de *Habenaria* terrestres, observou que o velame variava de 3 a 4 camadas, com paredes delgadas e perfuradas. A existência de velame em raízes de várias espécies de orquídeas epifíticas levou autores a associar este tecido ao hábito epifítico (Cutter 1980, Fahn 1987, Mauseth 1988) entretanto, atualmente, já se admite a existência de velame em raízes de plantas terrestres (Tissot 1991).

Nas paredes das células do velame, em contato com as células-de-passageira da exoderme, foram observados tilossomos do tipo esponjoso apenas em *P. montana* (Fig. 28). Segundo Pridgeon et al. (1983), os tilossomos são quase exclusivos de táxons epifíticos. Benzing et al. (1982) acreditam que o ponto de entrada de água é, precisamente, através dos tilossomos, onde a extensão de parede sólida entre o velame morto e o simplasto da raiz é menor que em qualquer outro ponto da interface velame-exoderme. Sua função desperta, ainda, a curiosidade de muitos autores. Leitgeb (1864, *apud* Pridgeon et al. 1983) sugeriu que estas estruturas seriam responsáveis pela absorção ou condensação do vapor de água da atmosfera, atuando como um reservatório de água que preveniria a dessecação dos tecidos abaixo.

b. Córtex

São diferenciadas três regiões no córtex das duas espécies analisadas: a exoderme, o parênquima cortical e a endoderme. A exoderme apresentou-se uniestratificada, tendo a maioria das células núcleos e protoplastos degenerados (Figs 24, 26, 27, 28 e 32). Apenas algumas permanecem vivas, com núcleos e nucléolos bastante volumosos, correspondendo às células-de-passageira da exoderme (Figs 24, 26 e 28). Exoderme uniestratificada típica, com células-de-passageira, foi observada na grande maioria das raízes portadoras de velame (Withner et al. 1974, Benzing et al. 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983, Pridgeon et al. 1983, Stern 1997a, Stern 1997b, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern et al. 2004). A exoderme pode diminuir a transpiração da raiz, como foi observado em orquídeas por Sanford & Adalawo (1973) e Benzing et al. (1982, 1983). Considerando-se sua origem, posição e função, a exoderme trata-se, por definição, de uma hipoderme que recebe a denominação de exoderme quando a epiderme é destruída ou suas células morrem, como nos velames.

O espessamento das paredes da exoderme é variável (Tab. 2). Em *P. montana*, a

exoderme apresenta as paredes periclinais internas espessadas (Fig. 28). Em *C. gracilis*, *H. hydrophila* e *H. macronectar* estas células apresentam espessamento do tipo “[]” (Figs 24 e 26). Já em *H. janeirensis* o espessamento é do tipo “O” (Fig. 25). Na literatura consultada, as células da exoderme podem apresentar espessamentos em suas paredes anticlinais (Sanford & Adalawo 1973), nas paredes anticlinais e periclinais externas (Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983), ou em todas elas (Benzing et al. 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing et al. 1983, Pridgeon et al. 1983, Tissot 1991, Stern 1997b).

Na região cortical de *C. gracilis*, *H. hydrophila* e *P. montana* observou-se células volumosas e arredondadas, com paredes delgadas e com arranjo compactado (Figs 24, 33 e 34). Fato também observado por Tissot (1991), Stern (1997b) e Stern et al. (2004) na região cortical de outras espécies. *H. macronectar* diferencia-se das demais por apresentar muitos espaços intercelulares (Tab. 2), parecidos a um aerênquima (Fig. 30), que acredita-se funcionar como áreas para a armazenagem de oxigênio (Stern 1997). Já *H. janeirensis* apresenta tais espaços intercelulares, mas, diferencia-se das demais por apresentar células volumosas com paredes mais espessas (Fig. 25) (Tab. 2). Células de paredes delgadas com espaços intercelulares pequenos ou ausentes foram observadas por Stern (1997b) na região cortical de orquídeas.

Algumas vezes, células corticais de paredes mais espessas que as demais do clorênquima são encontradas em *P. montana* e *C. gracilis* (Fig. 34). Esta característica foi observada no parênquima cortical de raízes de *Mesadenella cuspidata* e *Liparis nervosa* por Tissot (1991) e na lâmina foliar de *Laelia anceps*, *Cattleya trianaea* por Napp-Zinn (1953 *apud* Tissot 1991). Devido ao ambiente extremo em que se encontram, acredita-se que nas espécies em estudo, essas células atuariam como coadjuvantes na economia de água, oferecendo também suporte mecânico, evitando o colapso celular durante a dessecação. Tais funções também são sugeridas para células traqueoidais por Olatunji & Nengim (1980).

Foram visualizadas micorrizas em diferentes estádios de desenvolvimento (Figs 8, 26, 27, 31 e 35), assemelhando-se aos pélotons descritos por Hadley & Williamson (1972) e Benzing & Friedman (1981). Em *H. macronectar* e *H. janeirensis* observou-se à presença de hifas atingindo o córtex através das células-de-passage (Fig. 26). Em *H. hydrophila* a infecção por micorrizas atinge uma área relativamente grande do parênquima cortical, ocupando grande parte do interior de algumas células. A ocorrência de micorrizas em Orchidaceae é indiscutivelmente aceita (Hadley & Williamson 1972). As orquídeas possuem dependência de associação de fungos micorrízicos para germinação das sementes e, quando adultas, pode-se verificar infecções no sistema radicular de muitos indivíduos adultos (Benzing & Friedman 1981). Acredita-se que nas plantas em estudo, os fungos persistem

nos indivíduos amostrados, devido à pobreza do solo. Possivelmente, estariam adquirindo substâncias nitrogenadas, vitaminas e/ou seus precursores, carboidratos, minerais e hormônios na degradação dos pélotons.

Idioblastos contendo cristais do tipo ráfides e monocristais também foram visualizados (Figs 27, 36), exceto em *H. macronectar* (Tab. 2). A presença de ráfides é muito comum em Orchidaceae, não só em raízes mas, principalmente nelas (Oliveira 1982, Tissot 1991, Ferreira 1992, Stern 1997b, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern et al. 2004).

Além de estarem presentes no mesofilo, foi detectado grãos de amido nas células corticais de *C. gracilis* (Figs 39 e 41) através de reação com lugol. Grãos de amido também foram encontrados em *P. montana* (Fig. 40). Observações como estas também foram relatadas em espécies estudadas por Tissot (1991) e Stern (1997b).

A endoderme é constituída de apenas uma camada de células (Figs 30, 33, 41 a 43). As células são volumosas e apresentam paredes delgadas com estrias de Caspary (Figs 30, 33 e 41). Não se visualizou, propriamente, células-de-passagem na endoderme. Em algumas espécies isso é comum, a endoderme permanece no estágio primário de desenvolvimento e, então, a estria de Caspary é visível em todas as células (Stern 1997b).

c. Cilindro vascular

O cilindro vascular encontra-se delimitado pelo periciclo unisseriado cujas células são pequenas e apresentam paredes delgadas (Figs 30, 33 e 41). Na maioria das orquídeas, o periciclo é unisseriado (Tissot 1991, Stern 1997a, Stern 1997b, Stern et al. 2004, Pridgeon & Stern 1982).

O xilema encontrado é poliarco (Figs 30, 33 e 41). Observou-se uma média (Tab. 2) de 5 a 6 pólos de protoxilema em *C. gracilis* (Fig. 41), de 5 a 6 em *H. hydrophila* (Fig. 33), de 10 a 12 em *H. macronectar* (Fig. 30) e de 5 a 7 em *P. montana*. Em orquídeas, o número de pólos do xilema varia em diferentes raízes da mesma espécie e, também, na mesma raiz em diferentes porções. Isso foi constatado para todas as espécies estudadas (Rosso 1966, Singh 1986, Tissot 1991).

Stern (1997b) observou que os tecidos vasculares estão embebidos em parênquima. Em *Habenaria distans* o autor verificou a presença de dois cilindros vasculares separados e, uma lacuna, o que é idêntico em *H. janeirensis* (Figs 42 a 44). A lacuna característica de folhas, caules e raízes de *H. distans* e *H. repens* (espécies semi-aquática) são assumidas como áreas de armazenagem de oxigênio (Stern 1997b). *H. janeirensis* estava crescendo sobre

manchas de solo raso, no ponto de drenagem de água, por isso, tal característica deve ser aparente.

A porção central da raiz é ocupada por uma medula (Figs 30, 33 e 41) constituída por células volumosas de paredes delgadas. Em *H. janeirensis* a medula não é visível (Fig. 42). Medula constituída de células de paredes delgadas, com formatos poligonais e espaços intercelulares ausentes foi observado por Stern (1997b).

Os elementos de condução do xilema são poucos e dispõem-se em grupos alternados com o floema (Figs 30, 33 e 41). Poucas fibras estão associadas entre os grupos. O floema é, em geral, constituído de poucas células condutoras e de diâmetro reduzido.

Traqueídes cujos espessamentos das paredes apresentaram-se anelares e helicoidais são os elementos condutores do xilema, mais comumente observados nas espécies estudadas, em concordância com Withner et al. (1974) e Tissot (1991). Entretanto, elementos de vaso foram descritos em raízes de algumas espécies de orquídeas por Cheadle (1942), Rosso (1966) e Pridgeon & Stern (1982), sendo o mesmo observado em *H. macronectar* e *P. montana*, cujas paredes apresentaram espessamento reticulado.

Conclusões

As cinco espécies completam seu ciclo antes do período seco, possuindo redução periódica das partes aéreas. Portanto, estão menos sujeitas à estresse, pois, quando a parte vegetativa está totalmente presente, concomitantemente, ocorre disponibilidade hídrica e umidade atmosférica.

Nas cinco espécies observou-se na porção mediana das raízes uma quantidade expressiva de pêlos absorventes. Como uma das funções atribuídas ao velame é a de absorção e, nestas espécies o velame é uni ou biestraificado a presença de pêlos absorventes é fundamental.

Caracteres anatômicos comuns entre as espécies estudadas foram: folhas hipostomáticas, estômatos anomocíticos com projeções cuticulares salientes que se depositam na forma de cristas, ausência de tricomas e fibras, velame uni ou biestratificado.

Células epidérmicas adaxiais altas também é um caráter anatômico compartilhado entre as cinco espécies e, é provável que tais células estejam envolvidas na substituição da cutícula que não é espessa.

Prescottia montana, apesar de compartilhar muitos caracteres anatômicos, se diferencia das outras espécies por apresentar mesofilo com tendência a dorsiventral.

Habenaria janeirensis se diferencia das demais *Habenaria* por apresentar muitos espaços intercelulares, parecidos a aerênquima e dois cilindros vasculares com uma lacuna no centro da raiz.

A anatomia do gênero *Habenaria* pode proporcionar subsídios para a taxonomia uma vez que a morfologia vegetativa é parecida e, anatomicamente, várias diferenças foram observadas.

O presente trabalho contribuiu para a identificação das espécies analisadas, mesmo quando em forma vegetativa, pois utilizando-se caracteres anatômicos, da lâmina foliar, foi possível identificar a qual espécie se refere.

Referências Bibliográficas

- Arditti, J. & Ernest, R. 1974. Reciprocal movements of substances between orchids and mycorrhizae. Medellin. **Anais 7a. Conf. Mundial de Orquideologia**. 299-308 p.
- Arditti, J. 1992. **Fundamentals of orchid biology**. New York: John Wiley. 691 p.
- Barros, F. 1996. Notas taxonômicas para espécies brasileiras dos gêneros *Epidendrum*, *Plastystele*, *Pleurothallis* e *Scaphylottis* (Orchidaceae). **Acta botânica brasileira** 10(1): 139-151.
- Barros, F. 2002. Notas taxonômicas para espécies brasileiras dos gêneros *Epidendrum* e *Heterotaxis* (Orchidaceae). **Hoehnea** 29(2): 109-113.
- Benites, V. M., Caiafa, A. N., Mendonça, E. S., Shafer, C. E. & Ker, J. C. 2003. Solos e Vegetação nos campos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente** 10: 76-85.
- Benzing, D.H. & Friedman, W.E. 1981. Mycotrophy: its occurrence and possible significance among epiphytic Orchidaceae. **Selbyana** 5(3-4): 243-247.
- Benzing, D.H., Ott, D.W. & Friedman, W.E. 1982. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. **American Journal of Botany** 69(4): 608-614.
- Benzing, D.H., Friedman, W.E., Peterson, G. & Renfrow, A. 1983. Shootlessness, velamentous roots, and the pre-eminence of Orchidaceae in the epiphytic biotope. **American Journal of Botany** 70(1): 121-133.
- Benzing, D.H. & Pridgeon, A.M. 1983. Foliar trichomes in the Pleurothaliidinae (Orchidaceae): functional significance. **American Journal of Botany** 70(2): 173-180.
- Bonates, L.C.M. 1993. Estudos ecofisiológicos de Orchidaceae da Amazônia II. Anatomia ecológica foliar de espécies com metabolismo CAM de uma campina de Amazônia Central. **Acta Amazonica** 23: 315-348.
- Bozzola, J.J. & Russel, L.D. 1992. **Electron Microscopy**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 542 p.
- Caiafa, A.N. 2002. **Composição florística e estrutura da vegetação sobre um afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 55 p.
- Campos, A.C. & Labouriau, L.G. 1969. Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 4: 143-151.
- Campos Leite, V.M. & Oliveira, P.L. 1986. Morfo-anatomia foliar de *Cattleya intermedia*. (Orchidaceae). **Napaea** 2: 1-10.
- Cheadle, V.I. 1942. The occurrence and types of Vessel cell in the various organs of the plant in Monocotyledoneae. **American Journal of Botany** 29: 441-450.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press. 1262p.
- Cutter, E.G. 1978. **Plant anatomy**. Part I: cells and tissues. 2nd ed. London: Edward Arnold. 315 p.
- Cutter, E.G. 1980. **Plant anatomy**. Part II: organs. 1^o Ed. London: Edward Arnold. 315 p.
- Dressler, R.L. 1981. **The Orchids: Natural history and classification**. Cambridge: Harvard University Press. 332 p.

- Dressler, R.L. 1993. **Phylogeny and Classification of the Orchid Family**. Portland: Dioscorides Press. 313 p.
- Engevix, 1995. **Caracterização do meio físico da área autorizada para a criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Relatório técnico final dos estudos-8296-RE-H4-003/94 "VER.1"**. Instituto Estadual da Floresta, BIRD/PRÓ-FLORESTA/SEPLAN. 59 p.
- Esau, K. 1960. **Plant anatomy**. 2° ed. Tokyo: Toppan Printing. 767 p.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2° ed. New York: John Wiley & Sons. 550 p.
- Fahn, A. 1987. **Plant anatomy**. 3° ed. Oxford: Pergamon Press. 555 p.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy**. 4° ed. Oxford: Blutterworth-Heinemann Ltd. 588 p.
- Ferreira, J.L.B. 1992. **Anatomia foliar de espécies da subtribo Pleurothallidinae (Orchidaceae)**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Botânica. Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 106 p.
- Ferri, M.G. 1963. Evolução do conceito de xerofitismo. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. Botânica 19**: 101-114.
- Haas, N.F. & Carothers, Z.B. 1975. Some ultrastructural observations on endodermal cell development in *Zea mays* roots. **American Journal of Botany 62**(4): 336-348.
- Hadley, G. & Williamson, B. 1972. Features of mycorrhizal infection in some malayan orchids. **New Phytologist 71**: 1111-1118.
- Handro, W., Campos, J.F.B. de M. & Oliveira, Z. M. (1970). Sobre a anatomia foliar de algumas Compostas dos Campos Rupestres. **Ciência e Cultura 22**:107-126.
- Heredia, A., Casado, C. G., Laguna L., Reina J. J., Serrano J. M. & Dominguez, E. 1998. La cutícula vegetal: estructura y funciones. **Ecology 12**: 293-305.
- Holloway, P.J. 1982. Structure and histochemistry of plant cuticular membranes an overview. In: D.F. Cutler, K.L. Alvin & C.E. Price (eds.). **The Plant Cuticle**. London: Academic Press. 1-32 p.
- Holtzmeier, A.M., Stern, L.W. & Judd, W.S. 1998. Comparative anatomy and systematics of Senghas's cushion species of *Maxillaria* (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society 127**: 43-82.
- Hunt, P.F. 1985. Orquídeas. In: **Las plantas com flores** (V.H. Heywood ed.). Barcelona: Editorial Reverté, S. A. 25 p.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. San Francisco: H. Freeman and Co. 408 p.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc. 523 p.
- Johansson, D.J. 1975. Ecology of epiphytic orchids in west african rain forests. **American Orchid Society Bulletin – February**: 125-136 p.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR (Editora Universidade Rural). 107 p.
- Leiria, D.P.S. 1997. **Anatomia foliar das espécies nativas do gênero *Oncidium* Sw., Seção *Synsepsala* (Orchidaceae) ocorrentes no Morro Santana (POA) – RS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 78 p.
- Mauseth, J.D. 1988. **Plant anatomy**. California: The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. 560 p.
- Mauseth, J.D. 1995. **Botany- An introduction to plant Biology**. 2nd ed. Menlo Park: Sanders College Publishing. 794 p.

- Meira, R.M.S.A. & Martins, F.M. 2003. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. **Revista Árvore** 27(1): 109- 112.
- Metcalf, C.R. 1963. Comparative anatomy as a modern botanical discipline. **Advances Botanical Research** 1: 101-147.
- Metcalf, C.R. 1979. The leaf: general topography and ontogeny of the tissues. In: In Metcalf, C.R. & L. Chalk. **Anatomy of the Dicotyledons. Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject**. 2nd ed. Vol I. Oxford: Clarendon Press. 294 p.
- Metcalf, C.F. & Chalk, L. 1983. **Anatomy of the dicotyledons. Wood structure and conclusion of the general introduction**. 2 ed. Vol. II. Oxford: Clarendon Press, 297 p.
- Moreira, A.A. & Camelier, C. (1977). Relevô. In: Geografia do Brasil. Região sudeste. **IBGE, Rio de Janeiro** 3:1-50.
- Mulay, B.N. & Prasad, M.K. 1956. On the structure and development of velamen in the roots of some terrestrial orchids. **Proc. 43 RD. Indian Sc. Congr.** Pt. III. 246 p.
- O'brien, T.P. & Mc Cully, M.E. 1981. **The study of plant structure principles and selected methods**. Melbourne Austrália: Termarcaphi PTY. LTD. 87 p.
- Olatunji, O.A. & Nengim, R.O. 1980. Occurrence and distribution of tracheoidal elements in the Orchidaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society** 80: 357-370.
- Oliveira, P.L. 1982. **Blattanatomie und Co₂- Gaswechsel Epiphytischer Orchideen aus Südbrasilien/ Rio Grande do Sul**. Stuttgart, Tese de Doutorado em Agronomia. Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim. 94 p.
- Oliveira- Filho, A.T & Ratter, J.A. 1995. A Study of the origin of central brasilian forests by the analysis of plant species distribution paterns. **Edinburgh Journal of Botany** 52(2,):141-194 .
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999a. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica** 22(3): 365-374.
- Oliveira, V. del C. & Sajo, M.G. 1999b. Root anatomy of nine Orchidaceae species. **Brazilian Archieves of Biology and Technology** 42(3): 405-413.
- Pabst, G.F.J. & Dungs, F. 1975. **Orchidaceae Brasiliensis**. Hildeshein: Brueck-Kurt Schmerson. 2 V. 373- 416 p.
- Paviani, T.I. 1972. Estudo morfológico e anatômico de *Brasilia sickii* G. M. Barroso: **Revista Brasileira de Biologia** 32(4): 451-472.
- Pinheiro, F. & Barros, F. 2002. **Análise morfométrica do “complexo *Epidendrum secundum*” (Orchidaceae) do Brasil**. In: Anais do 53º Congresso Nacional de Botânica e 25º Reunião Nordestina de Botânica. Recife. 459 p.
- Pridgeon, A.M. 1981. Absorbing trichomes in the Pleurothaliidinae (Orchidaceae). **American Journal of Botany** 68(1):64-71.
- Pridgeon, A.M. & Stern, W.L. 1982. Vegetative Anatomy of *Mioxanthus* (Orchidaceae). **Selbyana** 7 (1): 55-63.
- Pridgen, A.M. 1982. Diagnostic anatomical characters in the Pleurothallidinnæ (Orchidaceae). **American Journal of Botany** 69(6): 921-38
- Pridgeon, A.M., Stern, W.L. & Benzing, D.H. 1983. Tilosomes in roots of Orchidaceae: morphology and systematic occurrence. **American Journal of Botany** 70(9): 1365-1377.
- Pridgeon, A.M. 1986. Anatomical adaptations in Orchidaceae. **Lindleyana** 1(2): 90-101.
- Pridgeon, A.M. 1993. Systematic Leaf Anatomy of *Caladenia* (Orchidaceae). **Kew Bull.** 48(3): 533-543.

- Pridgeon, A.M. 1994. Systematic leaf anatomy of Caladeniinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **114**: 31-48.
- Rasmunssen, H. 1987. Orchid stomata – structure, differentiation, function, and phylogeny. In: **Orchid biology: Reviews and Perspectives, IV** (J. Arditti, ed.). New York: Cornell University Press. 105-138 p.
- Rosso, S.W. 1966. The vegetative anatomy of the Cypripedioideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **59**: 309-341.
- Rudall, P. 1986. Taxonomic significance of leaf anatomy in Australasian Iridaceae. **World Journal of Botany** **6**: 277-289.
- Sanford, W.W. 1974. The ecology of orchids. In: Withner, C.L. (ED.), **The orchids – scientific studies**. New York: John Wiley & Sons. 100 p.
- Sanford, W.W. & Adanlawo, I. 1973. Velamen and exodermis characters of west african epiphytic orchids in relation to taxonomic grouping and habitat tolerance. **Botanical Journal of the Linnean Society** **66**: 307-321.
- Scatena, V.L. & Nunes, A.C. 1996. Anatomia de *Pleurothallis rupestris* Lindl. (Orchidaceae) dos campos ruprestres. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **15**: 35-43.
- Sinclair, R. 1990. Water relations in Orchids. In: Arditti, J. **Orchid Biology: Reviews and Perspectives**. London: Cornell University. v. 5. 100-119 p.
- Singh, H. 1981. Development and organization of stomata in Orchidaceae. **Acta Botanica Indica** **9**: 94-100.
- Singh, H. 1986. Anatomy of root in some Orchidaceae. **Acta Botanica** **14**: 24 – 32.
- Stern, W.L., Morris, M.W., Judd, W.S., Pridgeon, A.M. & Dressler, R.L. 1993. Comparative vegetative anatomy and systematics of Spiranthoideae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **113**: 161-197.
- Stern, W.L. 1997a. Vegetative anatomy of subtribe Orchidinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **124**:121-136.
- Stern, W.L. 1997b. Vegetative anatomy of subtribe Habenariinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **125**:211-227.
- Stern, W.L. & Whitten, W.M. 1998. Comparative vegetative anatomy of Stanhopeinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **129**: 87-103.
- Stern, W.L. & Judd, W.S. 2001. Comparative anatomy and systematic of Catasetinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **136**:153-178.
- Stern, W.L., Judd, W.S. & Carlswald, B.S. 2004. Systematic and comparative anatomy of Maxillarieae (Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **144**: 251-274.
- Tissot, M.L. 1991. **Anatomia de raízes de Orquídeas terrestres nativas no morro Santana, Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 158 p.
- Toscano-de-Brito, A.L. 1995. Orchidaceae. In: B.L. Stannard (ed.), **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia- Brazil**, Kew: Royal Botanic Gardens. 725-767 p.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Ibge, Departamento de Recurso Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 123 p.
- Widholzer, C.F.N. 1993. **Morfo-anatomia foliar de espécies do gênero *Sophronitis* Ldl. (Orchidaceae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado.

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 146 p.
- Wilkinson, H.P. 1979. The plant surface (mainly leaf) In: Metcalfe, C.R. & Chalk, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol I. 2nd ed. Oxford: Oxford Science Publications. 97-165 p.
- Williams, N.H. 1972. The value of plant anatomy. In M. Ospina (ed.), **Orchid Taxonomy. Proceedings of the 7th World Orchid Conference**: 281-288 p.
- Williams, N.H. 1974. The value of plant anatomy in orchid taxonomy. In: Ospina, O. **World Orchid Conference**. Medellin: Proceedings. 281-88 p.
- Williams, N.H. 1975. Stomatal development in *Ludisia discolor* (Orchidaceae): mesoperigenous subsidiary cells in the Monocotyledons. **Taxon** **24**: 281-288.
- Williams, N.H. 1979. Subsidiary cells in the Orchidaceae: Their general distribution with special reference to development in the Oncidieae. **Botanical Journal of the Linnean Society** **78**:41-66.
- Withner, C.L., Nelson, P.K. & Wejksnora, P.J. 1974. The anatomy of Orchids. In: Wither, C.L. **The Orchids Scientific Studies**. New York: John Wiley. p. 267-347.
- Zanengo-Godoy, R. & Costa, C.G. 2003. Anatomia foliar de quatro espécies do gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brazilica** **17**(1): 101-118.

Tabelas e Figuras

Tabela 1- Espécies de Orchidaceae presentes na sub-serra “Totem deitado”, Serra das Cabeças, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG.

Subfamília	Tribo	Espécies
Epidendroideae	Vanilleae	<i>Cleistes gracilis</i> Schdl.
Spiranthoideae	Cranichideae	<i>Prescottia montana</i> Barb. Rodr.
Orchidoideae	Orchideae	<i>Habenaria hydrophila</i> Barb. Rodr.
Orchidoideae	Orchideae	<i>Habenaria janeirensis</i> Kraenzl
Orchidoideae	Orchideae	<i>Habenaria macronectar</i> (Vell.) Hoehne

Tabela 2. Comparação anatômica entre as espécies *C. gracilis*, *H. hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *P. montana* presentes na sub-serra “Totem deitado”, Serra das Cabeças, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG.

Características	<i>C. gracilis</i>	<i>H. hydrophila</i>	<i>H. janeirensis</i>	<i>H. macronectar</i>	<i>P. montana</i>
FOLHA					
Células epidérmicas	quadrangular	quadradas a retangulares	circulares	circulares	retangular
Cutícula	estriada	Lisa	estriada	estriada	lisa
Hifas fúngicas/ cutícula		Ausente	ausente	presente	
Câmara subestomática	volumosas	Volumosas	volumosas	- volumosas	- volumosas
Cloroplastos na epiderme	presente	Presente	presente	ausente	ausente
Células guarda (formato)	circular	Circular	circular	circular	reniforme
Nº de células subsidiárias	4 a 5	3 a 4	3 a 4	3 a 4	3 a 4
Mesofilo	homogêneo	Homogêneo	homogêneo	homogêneo	tendência a dorsiventral
Colênquima	ausente	Ausente	ausente	ausente	presente
Idioblastos tipo ráfides	presente	Presente	presente	presente	ausente
Elemento de condução	traqueídeos	Traqueídeos	traqueídeos	traqueídeos	elemento de vaso
RAIZ					
Espessamento das paredes do velame	tipo “O”	tipo “O”	tipo “O”	tipo “O”	em rede
Camadas de velame	uniestratificado	Uniestratificado	uniestratificado	biestratificado	uniestratificado
Tilossomos	ausente	Ausente	ausente	ausente	presente
Espessamento exoderme	tipo “[]”	tipo “[]”	tipo “[]”	tipo “O”	tipo “P”
Amido	presente	Ausente	ausente	ausente	presente
Células corticais	volumosas/ paredes delgadas	volumosas/ paredes delgadas	volumosas/ paredes espessas	volumosas/ paredes delgadas	volumosas/ paredes delgadas
Idioblastos com ráfides	presente	Presente	presente	ausente	presente
Espessamento/endoderme	tipo “O”	paredes delgadas	paredes delgadas	paredes delgadas	paredes delgadas
Espessamento periciclo	tipo “O”	paredes delgadas	paredes delgadas	paredes delgadas	paredes delgadas
Xilema	5 a 6 pólos	5 a 6 pólos	2 cilindros separados	10 a 12 pólos	6 a 8 pólos
Medula	volumosas/ paredes delgadas	volumosas/ paredes delgadas	ausente	volumosas/ paredes delgadas	volumosas/ paredes delgadas

Figuras 1 a 6. Caracterização da área e das Orchidaceae estudadas.

Fig. 1-Período seco no Totem deitado.

Fig. 2- Entardecer na Serra das Cabeças (Parque Estadual da Serra do Brigadeiro- MG) na estação de inverno.

Fig. 3- *Cleistes gracilis*.

Fig. 4- *Habenaria janeirensis*.

Fig. 5- *H. macronectar*.

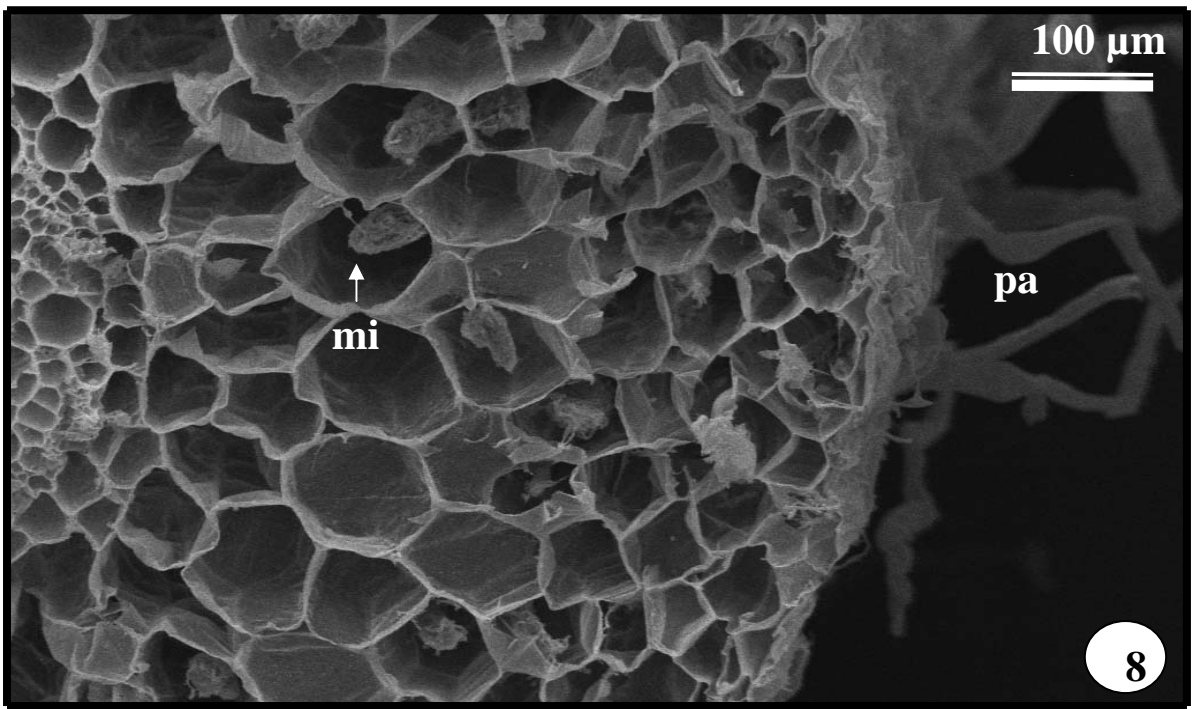
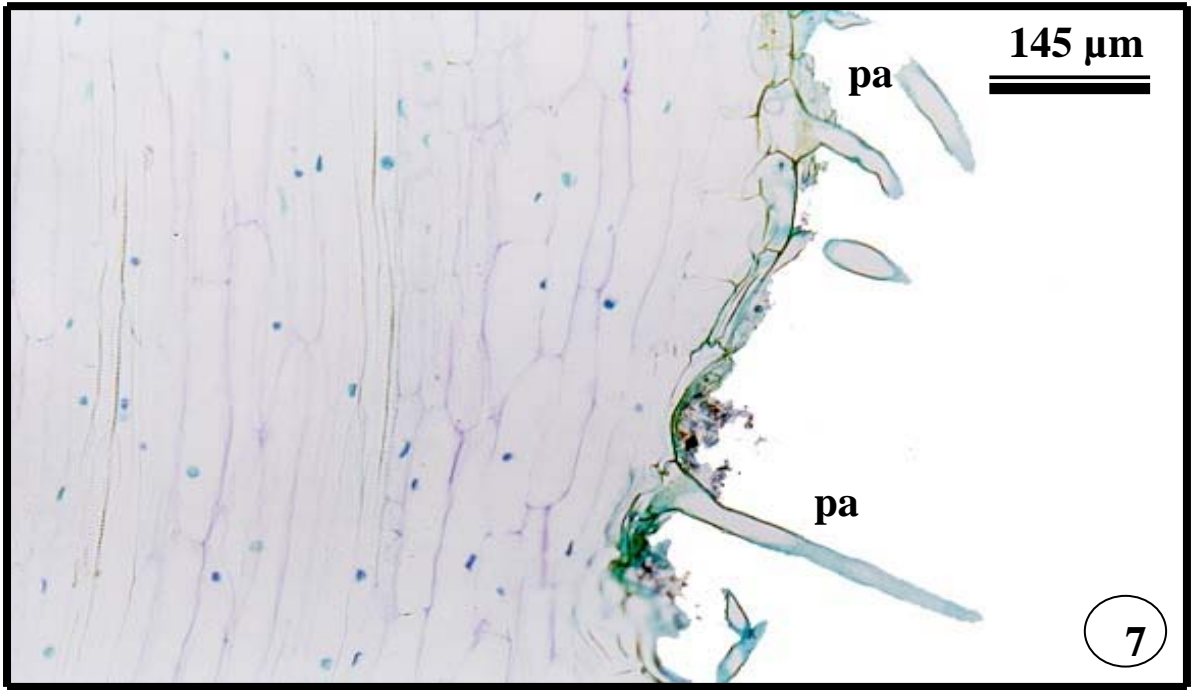
Fig. 6- *Prescottia montana*.



Figuras 7 e 8. Caracterização estrutural da porção mediana da raiz de *Cleistes gracilis* e *Habenaria macronectar*.

Fig. 7- Seção longitudinal em microscopia de luz de *C. gracilis* evidenciando pêlos absorventes (pa).

Fig. 8- Seção transversal em microscopia eletrônica de varredura de *H. macronectar*, evidenciando pêlos absorventes (pa) e pélotons de fungos micorrízicos (mi).



Figuras 9 a 14. Caracterização estrutural da lâmina foliar de *Cleistes gracilis*, *Habenaria hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *Prescottia montana*. (Seções transversais coradas com azul de toluidina em pH ácido, exceto Figs 11 e 12 nas quais foram utilizados azul de astra e safranina)

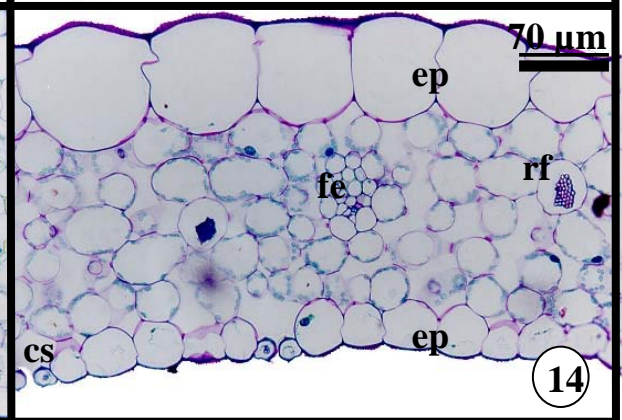
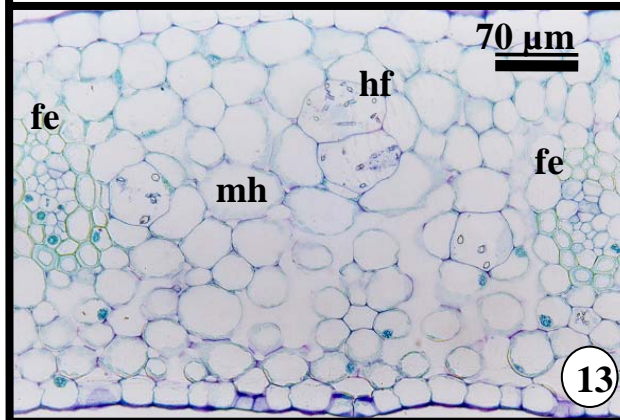
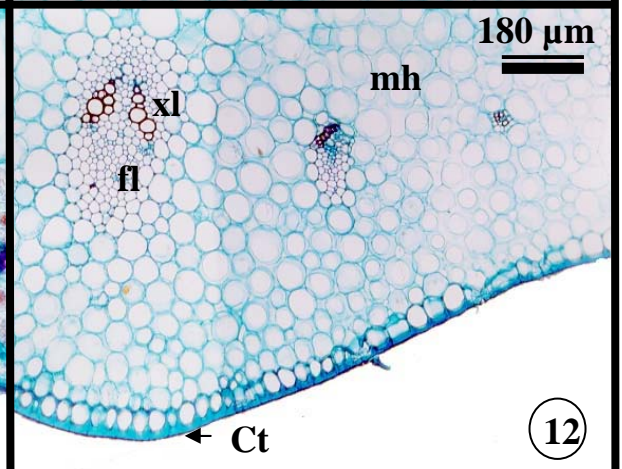
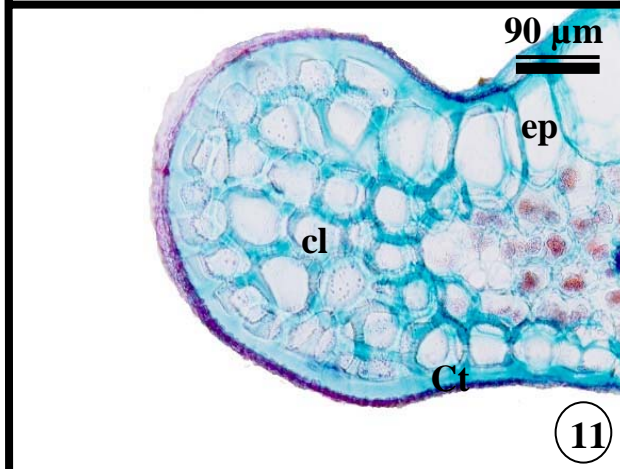
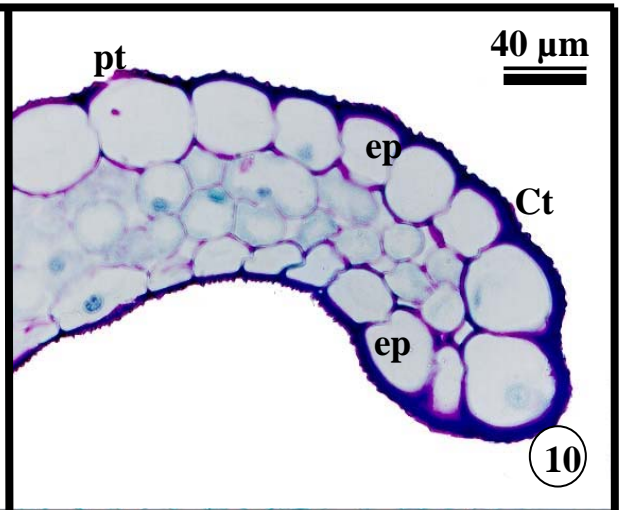
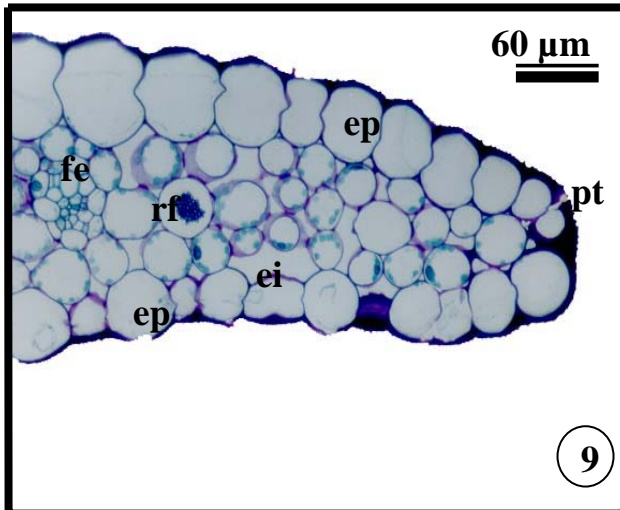
Fig. 9- *H. janeirensis*. Região do bordo foliar, destacando, epiderme (ep), pontoações (pt), ráfides (rf), espaços intercelulares (ei) e feixe vascular (fe).

Fig. 10- *H. macronectar*. Região do bordo, evidenciando epiderme (ep), pontoações (pt) e cutícula (Ct).

Fig. 11 e 12- *P. montana*. Região do bordo e nervura mediana, respectivamente, corte à mão livre. Abreviações: epiderme (ep), cutícula (Ct), colênquima (cl), mesofilo homogêneo (mh), xilema (xl) e floema (fl).

Fig. 13- *C. gracilis*. Lâmina foliar com mesofilo homogêneo (mh), feixe vascular (fe) e hifas fúngicas (hf).

Fig. 14- *H. hydrophila*. Lâmina foliar evidenciando, epiderme (ep), ráfides (rf), câmara subestomática (cs) e feixe vascular (fe).



Figuras 15 a 22. Caracterização estrutural da lâmina foliar de *Prescottia montana*, *Habenaria hydrophila*, *Cleistes gracilis*, *H. janeirensis*, *H. macronectar*. 15, 16, 21 e 22 - Cortes transversais corados com azul de toluidina em pH ácido. 17 a 20- Dissociação da epiderme evidenciando estômatos na face abaxial, cortes corados com azul de astra e safranina.

Fig. 15- Mesofilo foliar de *P. montana*. Abreviações: epiderme (ep), feixe vascular (fe) e mesofilo com tendência a dorsiventral (md).

Fig. 16- Região da nervura mediana de *H. hydrophila*. Abreviações: epiderme (ep), câmara subestomática (cs) e feixe vascular (fe).

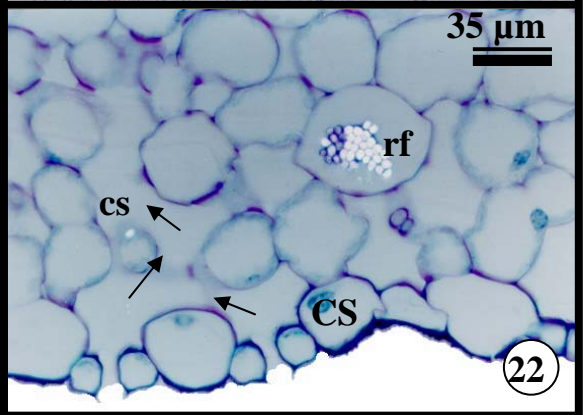
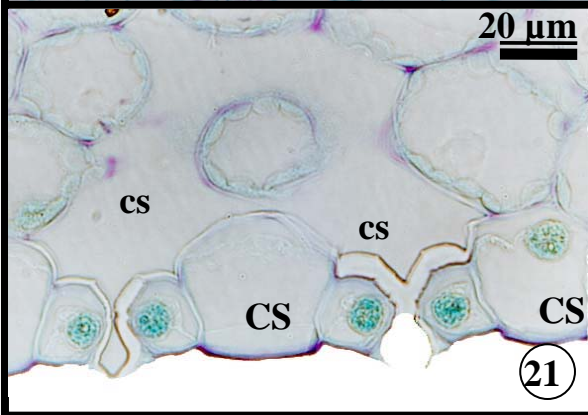
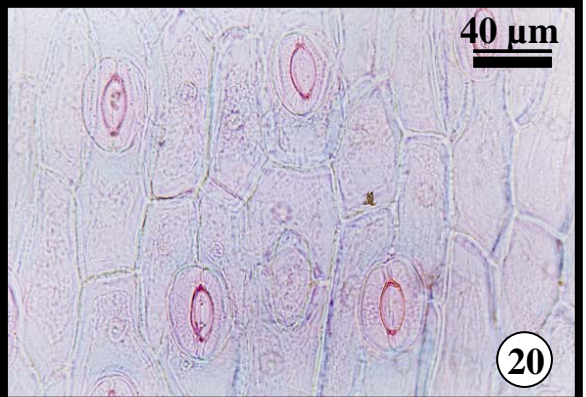
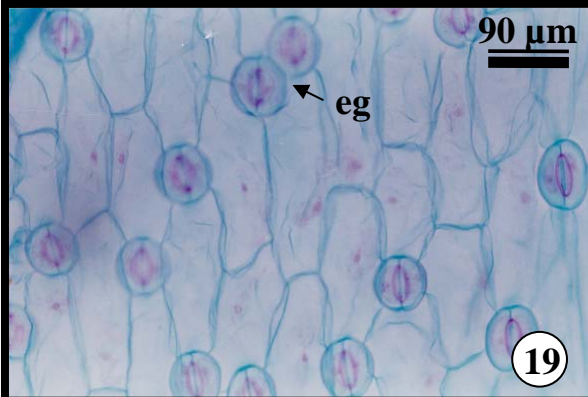
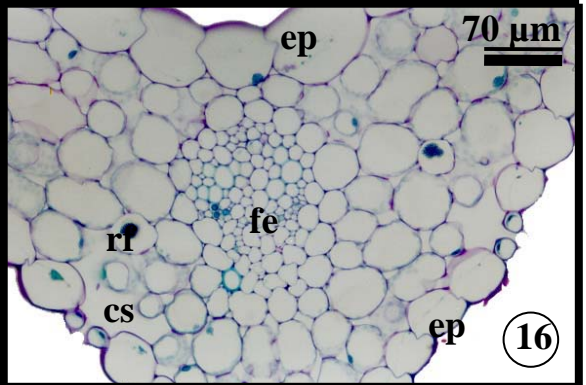
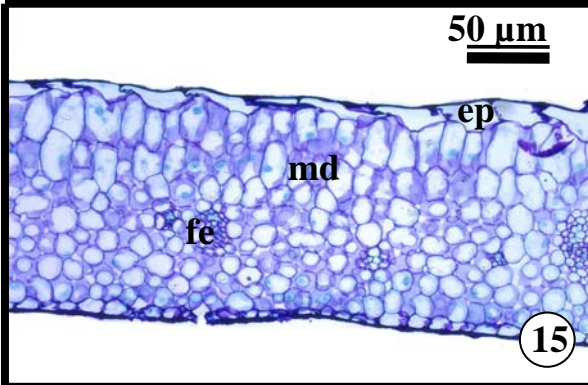
Fig. 17 e 18- *C. gracilis*: estômatos geminados (eg).

Fig. 19- *H. janeirensis*: estômatos geminados (eg).

Fig. 20- *P. montana*: estômatos

Fig. 21- *C. gracilis* evidenciando o aparelho estomático. Abreviações: câmara subestomática (cs) e célula subsidiária (CS).

Fig. 22- *H. macronectar* mostrando o aparelho estomático. Abreviações: câmara subestomática (cs), célula subsidiária (CS) e ráfides (rf).



Figuras 23 a 30. Lâmina foliar e porção mediana da raiz de *Prescottia montana*, *Cleistes gracilis*, *Habenaria janeirensis*, *H. macronectar*. Cortes transversais corados com azul de toluidina em pH ácido, com exceção da figura 29.

Fig. 23- Lâmina foliar de *P. montana* evidenciando o aparelho estomático. Abreviações: câmara subestomática (cs), célula subsidiária (CS) e cristas (cr).

Fig. 24- Raiz de *C. gracilis*. Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), célula-de-passagem (cp) e córtex (ct).

Fig. 25- Raiz de *H. janeirensis*. Abreviações: velame (ve), córtex (ct) espaços intercelulares (ei) e ráfides (rf).

Fig. 26- Raiz de *H. macronectar*. Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), célula-de-passagem (cp), córtex (ct) e micorrizas (mi).

Fig. 27 e 28- Raiz de *P. montana*. Abreviações: velame (ve), exoderme (ex), ráfides (rf), micorrizas (mi), célula-de-passagem (cp), tilossomos (ti) e córtex (ct).

Fig. 29- Macerado da porção mediana da raiz de *P. montana*, corado com safranina evidenciando célula do velame. Abreviação: espessamento em rede (er).

Fig. 30- Raiz de *H. macronectar*. Abreviações: micorriza (mi), espaços intercelulares (ei), cilindro vascular (cv) e córtex (ct).

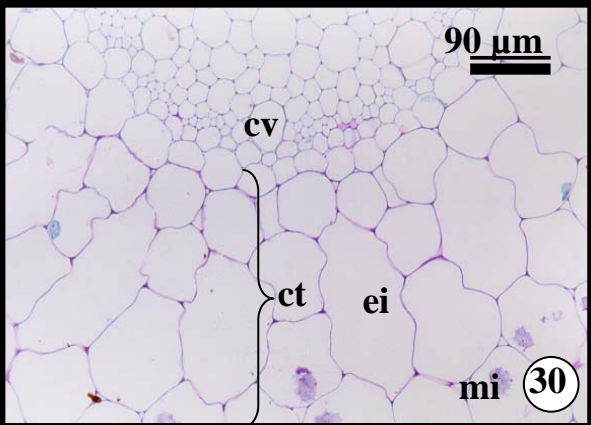
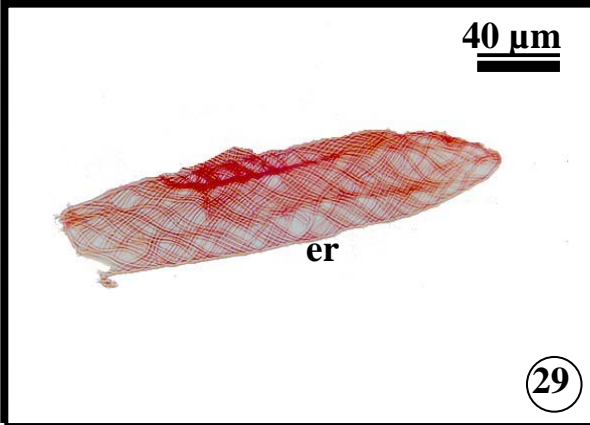
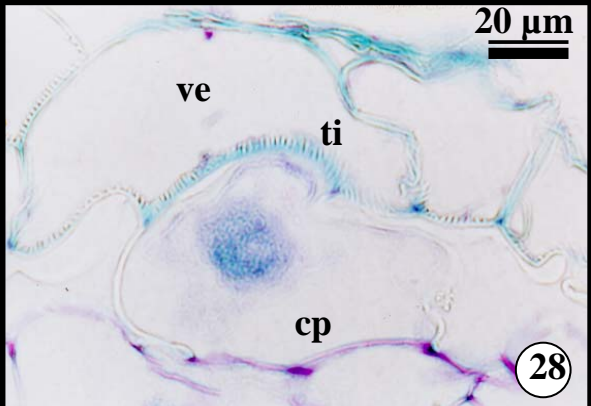
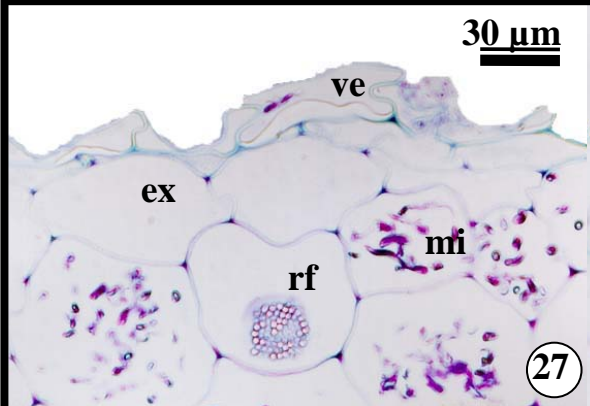
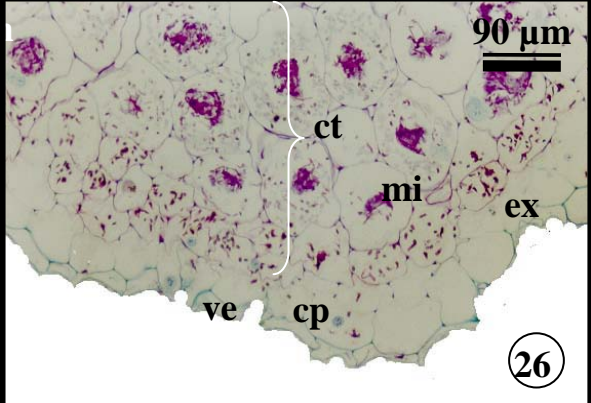
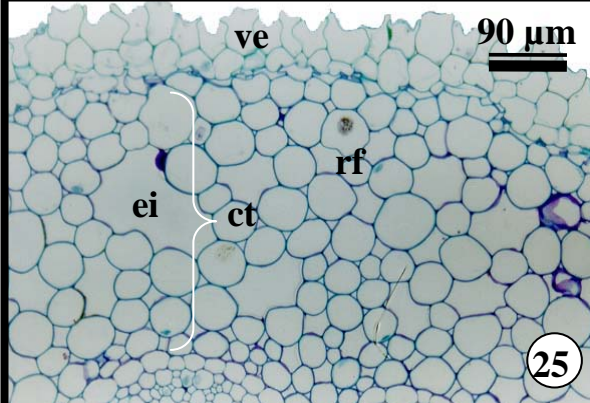
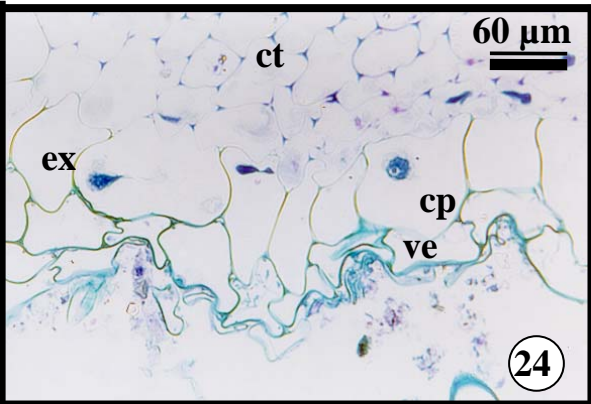
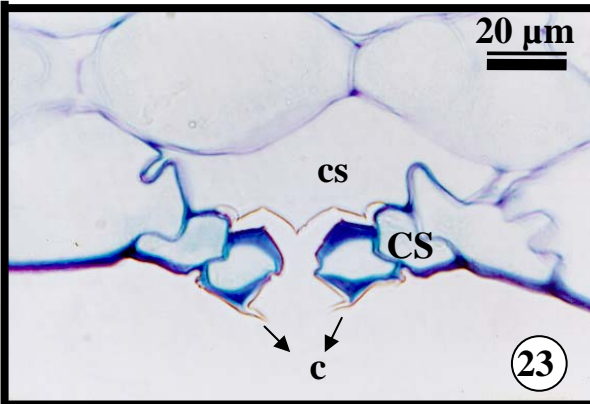


Figura 31 a 36. Caracterização estrutural da porção mediana da raiz de *Habenaria hydrophila*, *Prescottia montana*, *Habenaria macronectar*, *Cleisthes gracilis*. 31 e 32- Seções vistas em microscopia eletrônica de varredura; as demais figuras foram observadas em microscopia de luz e coradas com azul de toluidina em pH ácido.

Fig. 31- Seção transversal de *H. hydrophila* evidenciando, células de paredes sinuosas (Ps) e micorriza (mi).

Fig. 32- Seção longitudinal de *P. montana* mostrando, velame (ve) e exoderme (ex).

Fig. 33- Seção transversal de *H. hydrophila* destacando o córtex e o cilindro vascular. Abreviações: córtex (ct), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema(fl) e medula (me).

Fig. 34- Seção transversal de *P. montana* evidenciando células de paredes mais espessadas (Pe).

Fig. 35 e 36- Seções longitudinais de *C. gracilis* mostrando pélotons micorrizicos (mi) na Fig. 35 e ráfides (rf) e amido (am) na Fig. 36.

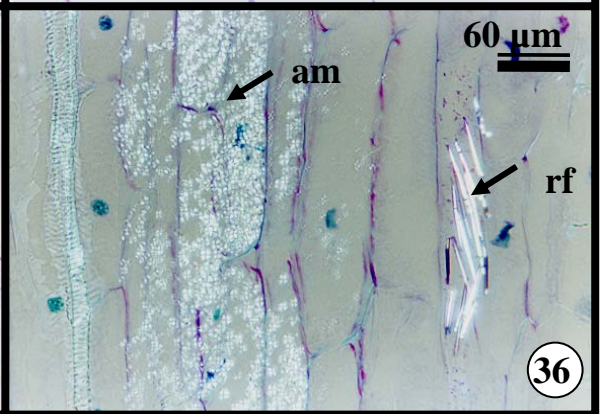
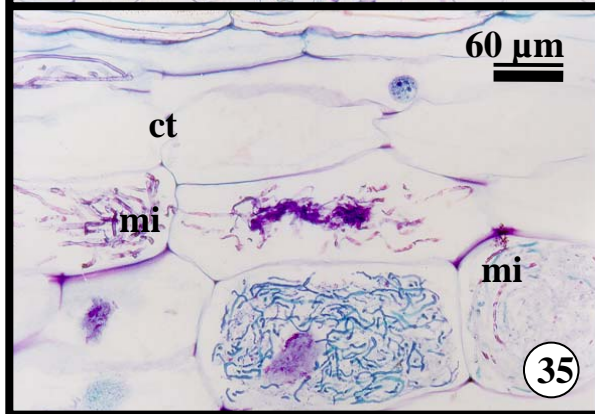
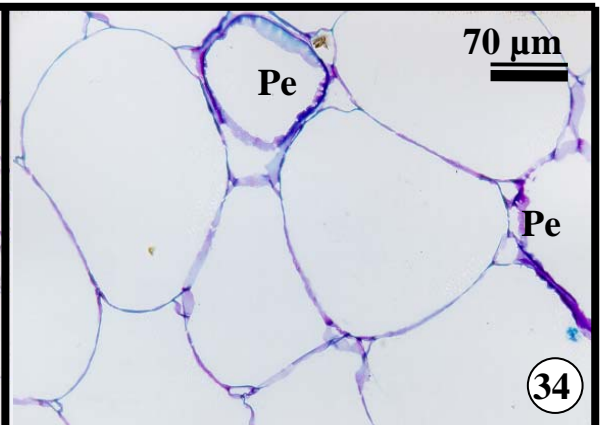
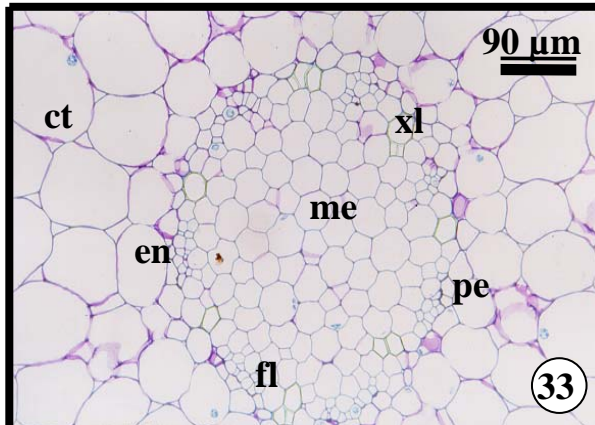
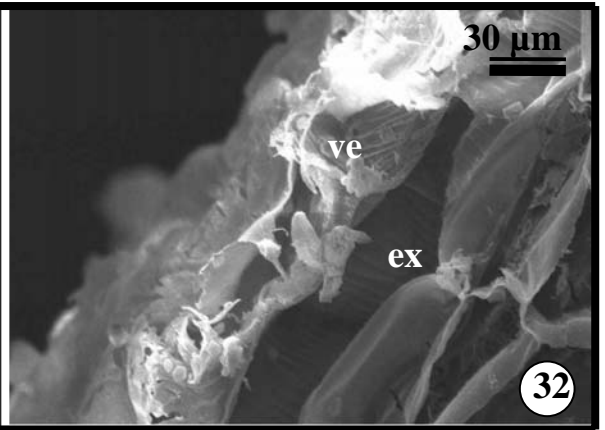
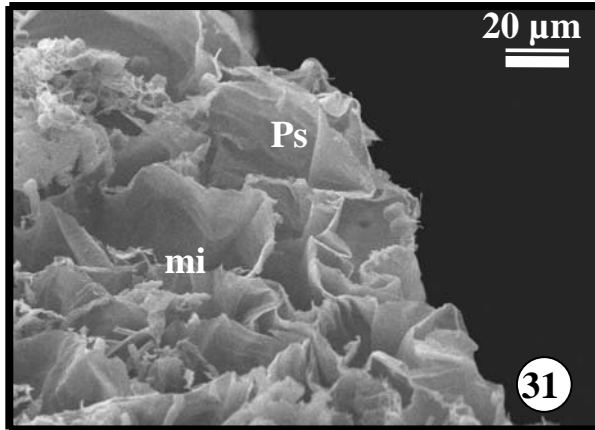


Figura 37 a 44- Caracterização estrutural da porção mediana da raiz de *Habenaria janeirensis*, *Cleistis gracilis*, *Prescottia montana*. 38 e 39- Seções transversais (exceto Fig. 40) observadas em microscopia de luz e coradas com azul de toluidina em pH ácido, as demais figuras foram vistas em microscopia eletrônica de varredura.

Fig. 37 e 38- *H. janeirensis* evidenciando, ráfides (rf) e monocristais (mo), respectivamente.

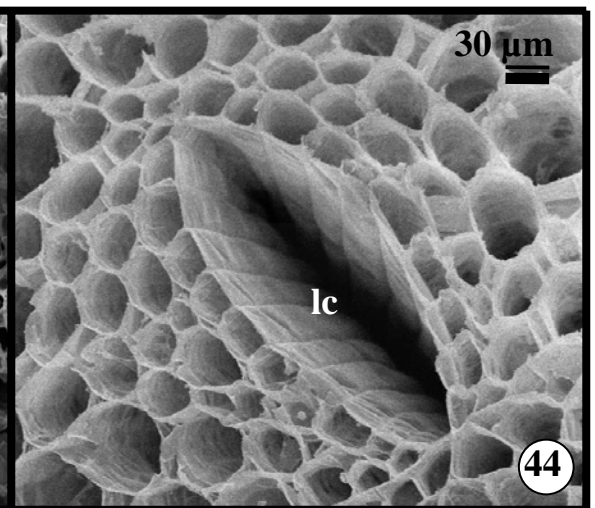
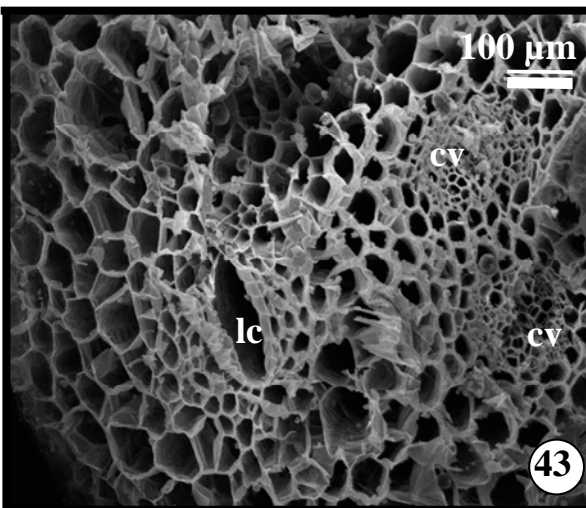
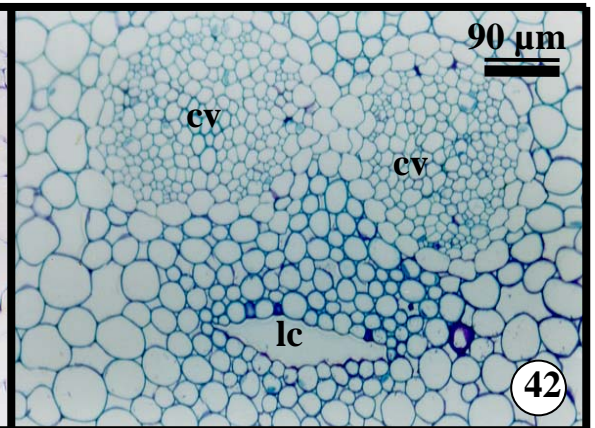
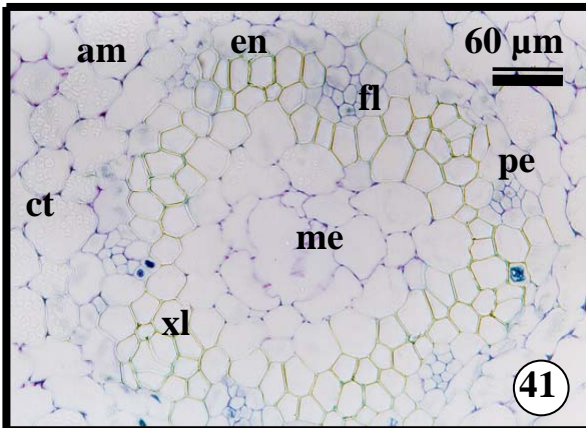
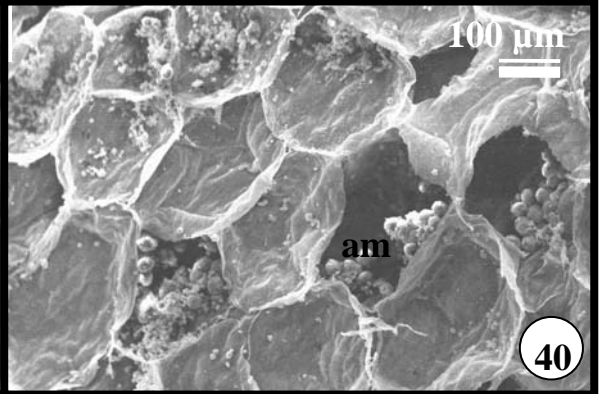
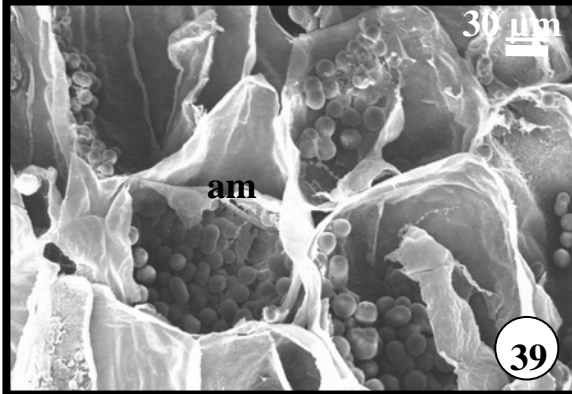
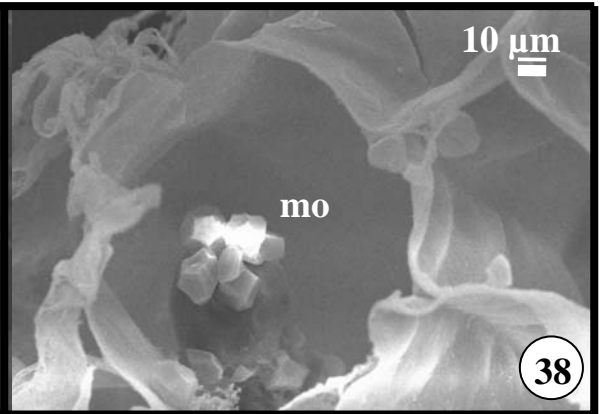
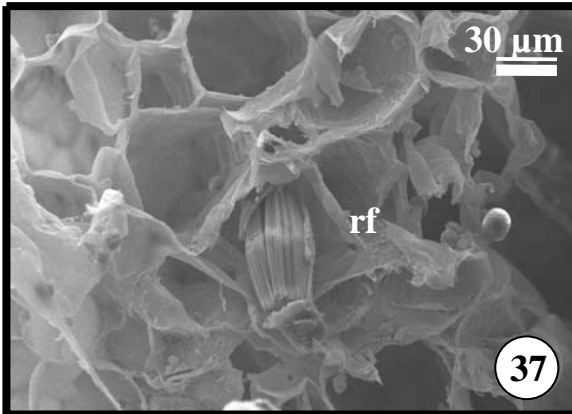
Fig. 39- *C. gracilis* mostrando amido (am).

Fig. 40- *P. montana* destacando a presença de amido em seção longitudinal.

Fig. 41- *C. gracilis* evidenciando o cilindro vascular. Abreviações : córtex (ct), amido (am), endoderme (en), periciclo (pe), xilema (xl), floema (fl) e medula (me).

Fig. 42 e 43- *H. janeirensis* destacando a presença de dois cilindros vasculares (cv) e uma lacuna (lc).

Fig. 44- *H. janeirensis* detalhando a lacuna (lc).



Conclusões Finais

As espécies perenes *E. secundum*, *E. xanthinum*, *O. barbaceniae*, *O. blancheti*, *P. prolifera*, *P. teres*, *Z. mackaii* e *Z. brackypetalum* apresentaram vários caracteres xeromórficos adaptados à sobrevivência em ambiente de forte insolação, seca, altitude elevada, nebulosidade, baixas temperaturas, vento forte e solo com deficiência nutricional. Presença de pseudobulbos, folhas coriáceas ou coriáceas suculentas, hipostomáticas, estômatos protegidos por projeções e com poros obliterados, células epidérmicas com pontoações na parede, cutícula espessa, hipoderme, grupos de fibras no mesofilo, idioblastos, parênquima aquífero, feixes vasculares envolvidos por fibras, velame pluriestratificado permitem concluir que as espécies são xeromorfas e que tais características se relacionem como estratégias adaptativas, para um efetivo controle de fluxo hídrico dentro do limbo foliar.

E. secundum, *E. xanthinum*, *P. prolifera* e *P. teres*, mesmo sendo terrícolas e rupículas, apresentaram maior número de características anatômicas equivalentes às descritas para epifíticas. As quatro espécies apresentam lâminas foliares coriáceas e suculentas com barras de espessamento no parênquima aquífero e raízes com velame biestratificado ou pluriestratificado, que estão relacionadas ao armazenamento e absorção de água e a resistência mecânica.

O estudo realizado contribuiu com os taxonomistas do grupo que consideram *P. rupestris* e *P. teres* como sinônimos. A ausência de diferenças morfológicas e anatômicas para os indivíduos inicialmente identificados como *P. rupestris* e *P. teres* sugere que são a mesma espécie.

As folhas coriáceas das espécies do gênero *Epidendrum* apresentaram barras de espessamento no parênquima aquífero lignificadas enquanto espessamento celulósico foi observado nas folhas suculentas de *Pleurothallis*. Acredita-se que no caso de folhas coriáceas os espessamentos lignificados serviriam principalmente como suporte mecânico evitando o colapso durante a dessecação.

A variação na cor das plantas, de verdes à púrpuras, nas espécies estudadas da tribo Epidendreae I se deve, provavelmente, à presença de pigmentos antociânicos nas células dos respectivos órgãos, principalmente da folha. Parece coerente interpretar a presença de antocianinas como respostas a vários estresses ambientais e ao ataque fúngico, além de ser uma resposta à intensa radiação, principalmente por luz ultra-violeta, pois o ambiente em que plantas estudadas ocorrem oferece tais condições extremas.

C. gracilis, *H. hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *P. montana* completam seu ciclo antes do período seco, possuindo redução periódica das partes aéreas. Nestas espécies as folhas são delgadas e os caracteres xeromórficos não são acentuados, possivelmente por estarem menos sujeitas à estresse, pois, quando a parte vegetativa está totalmente presente concomitantemente ocorre disponibilidade hídrica e umidade atmosférica.

Interessante observação constatou-se com referência à quantidade de camadas do velame. Nas plantas perenes o velame observado é pluriestratificado e inclusive com células de paredes espessadas e perfuradas. Já nas plantas com redução periódica das partes aéreas o velame é uniestratificado, com exceção de *H. janeirensis* que é biestratificado. Acredita-se que por estas últimas plantas estarem distribuídas em locais enxarcados a absorção de água seja facilitada e o velame teria apenas a função de proteção mecânica para os períodos de seca. Além disso, nas células desta camada foram observadas projeções sinuosas, sugerindo um aumento na superfície de absorção de água e sais minerais.

A quantificação de pêlos absorventes na região mediana da raiz seria um dado interessante para estudos posteriores. Observou-se que plantas perenes possuem velame pluriestratificado na porção mediana da raiz e tem a mesma função de absorção dos tricomas radiculares, sendo assim, os poucos tricomas presentes na porção mediana das raízes com velame pluriestratificado são vestigiais. Nas plantas com redução da parte aérea que possui velame uni a biestratificado visualizou-se, na porção mediana das raízes, uma grande quantidade de pêlos absorventes.

Células epidérmicas adaxiais altas foram observadas nas plantas com redução da parte aérea. É provável que esta característica esteja envolvida na substituição da cutícula espessa, pois, as demais espécies estudadas apresentaram cutículas espessas e não apresentaram diferenças relevantes no tamanho das células epidérmicas, quando se compara a superfície abaxial com a adaxial.

Os caracteres morfológicos vegetativos externos e os anatômicos das duas espécies do gênero *Epidendrum* não permitem distinguí-las e por esse motivo é fundamental utilizar caracteres reprodutivos a fim de fazer a distinção no campo. Entretanto, para as demais espécies estudadas o presente trabalho contribui para a identificação, mesmo quando em forma vegetativa, pois utilizando-se caracteres anatômicos da lâmina foliar foi possível separar as espécies.