

1º ARTIGO

ANATOMIA FOLIAR DE ESPÉCIES DE FLACOURTIACEAE (SLEUMER 1980)

Marcela Thadeo^{1,2,*}; Renata M.S.A. Meira²; Aristéa A. Azevedo²

¹Parte da Tese de Doutorado da Primeira Autora. ²Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, fone: +55 31 3899-2520, fax: +55 31 3899-2580, Viçosa, MG, Brasil. * Autor para correspondência: tmarcela@gmail.com

Título abreviado: Thadeo *et al.* – Anatomia foliar de Flacourtiaceae.

RESUMO – Não existe consenso quanto à organização taxonômica das Flacourtiaceae e na literatura o assunto é pouco enfatizado, pois são escassos os trabalhos de revisão taxonômica realizados. Diversos autores ressaltam a íntima relação de seus representantes com os representantes da família Salicaceae. Considerando a importância da anatomia como subsídio para a taxonomia, dados sobre a família são fundamentais para auxiliar na elucidação dos problemas taxonômicos. Folhas de representantes dos gêneros *Abatia*, *Banara*, *Carpotroche*, *Casearia*, *Prockia* e *Xylosma* foram coletadas em três fragmentos florestais do município de Viçosa (MG) e em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG) e submetidos à técnicas usuais em anatomia vegetal. Foram descritas anatomicamente onze espécies, ressaltando-se as diferenças e semelhanças entre as mesmas. Neste trabalho foi possível constatar que alguns caracteres podem atuar de forma unificadora para as Flacourtiaceae e Salicaceae: presença do dente salicóide, tricomas simples unicelulares e não ramificados, tricomas multicelulares e ramificados, estômatos braquiparacíticos, crescimento secundário no pecíolo, abundância de cristais, sistema vascular colateral e em forma de arco na nervura mediana, mesofilo dorsiventral e esclerênquima acompanhando os feixes. Os estudos anatômicos feitos nas espécies de Flacourtiaceae demonstraram que a anatomia foliar pode fornecer dados para auxiliar na taxonomia da família, tanto a nível genérico como específico, e a associação de alguns caracteres se mostrou fundamental para a separação das espécies estudadas.

Palavras-Chave: *Abatia*, *Banara*, *Carpotroche*, *Casearia*, *Prockia*, *Xylosma*, Salicaceae, anatomia aplicada à taxonomia.

ABSTRACT – Foliar anatomy from species of Flacourtiaceae (Sleumer 1980). There is no agreement regarding the taxonomic organization of the Flacourtiaceae and the theme is not emphasized in the literature, since there is a lack of taxonomic studies. Several authors point out the close relationship with the members of the Salicaceae family. Considering the importance of anatomy as subsidy for taxonomy, family data are fundamental to elucidate taxonomic problems. Leaves of members of the genera *Abatia*, *Banara*, *Carpotroche*, *Casearia*, *Prockia* and *Xylosma* were collected from three forest fragments in the municipality of Viçosa (MG) and from an altitude field in the Serra do Brigadeiro State Park (MG) and subjected to usual techniques used in plant anatomy. Eleven species were anatomically described, giving emphasis on their differences and similarities. In this work, it was possible to confirm some unifying characters for the families Flacourtiaceae and Salicaceae such as the presence of salicoid leaf teeth, simple unbranched unicellular trichomes, branched multicellular trichomes, brachyparacitic stomata, secondary growth of the petiole, crystal abundance, collateral and arch-shaped vascular system at the midrib, dorsiventral mesophyll and sclerenchyma accompanying the bundles. The anatomic studies carried out on Flacourtiaceae species demonstrated that leaf anatomy can provide data to assist in the family taxonomy, at both generic and specific levels, and the association of some characteres was proven fundamental for the separation of the studied species.

Keywords: *Abatia*, *Banara*, *Carpotroche*, *Casearia*, *Prockia*, *Xylosma*, Salicaceae, anatomy applied to taxonomy.

INTRODUÇÃO

Não existe consenso quanto à organização taxonômica da família Flacourtiaceae e percebe-se, na literatura, que o assunto é polêmico embora pouco enfatizado, pois são escassos os trabalhos de revisão taxonômica realizados. A situação taxonômica das Flacourtiaceae é confusa principalmente porque seus caracteres unificadores são compartilhados por muitas outras famílias (por ex.: placentação parietal, ovário súpero e unilocular, fruto com três valvas do tipo baga ou cápsula) (Chase *et al.* 2002).

Com o intuito de esclarecer os padrões de variação dentro da família Flacourtiaceae e entre as famílias relacionadas diversos aspectos foram investigados, tais como: morfologia externa (Hutching 1967, Sleumer 1954, 1975, 1980, Lemke 1983, 1987a, 1987b, 1988), anatomia do eixo vegetativo (Metcalf & Chalk 1950, Metcalfe 1952, Miller 1975, Golycheva 1975, Baas 1984, Klucking 1992), anatomia e desenvolvimento floral (van Heel 1977), anatomia e morfologia da semente (Duke 1969), palinologia (Schaeffer 1972, Keating 1973, 1975, Krishnan 1981), número e estrutura dos cromossomos (Mukherjee 1975, Raven 1975, Morawetz 1981, Krishnan 1986), caracterização química dos compostos do metabolismo secundário (Rehfeldt *et al.* 1980, Spencer & Seigler 1985) e biologia molecular (APG 1998, Nandi *et al.* 1998, Chase *et al.* 2002). Apesar dos esforços, a família ainda permanece incerta, tanto à sua delimitação quanto à sua afinidade com outros clados .

De acordo com Miller (1975), as Flacourtiaceae, como uma família, representam uma ficção, constituindo-se em um grupo heterogêneo com tribos mais ou menos homogêneas, o que tem dificultado a sua organização sistemática em clados, especialmente em níveis hierárquicos superiores. Vários gêneros de afinidade incerta têm sido alocados na família, o que torna a sua delimitação ainda mais problemática. Até o respeitado botânico Pittier acreditava na utilização das Flacourtiaceae como um receptáculo para

todas aquelas coisas que não se conheciam, dizendo inclusive que “quando em dúvida, coloque em Flacourtiaceae” (Williams 1965).

A família Flacourtiaceae ganhou uma reputação de taxonomicamente confusa e de difícil reconhecimento no campo (Sleumer 1954), principalmente pelo reduzido tamanho das flores de muitos gêneros, sendo facilmente confundida, em uma análise à vista desarmada no campo, com as flores de representantes de Euphorbiaceae e Celastraceae (Chase *et al.* 2002) e Simplicaceae e Aquifoliaceae (Roseli B. Torres - comunicação pessoal), gerando incertezas nas listagens dos levantamentos florísticos realizados.

Cronquist (1981) salientou que a família Flacourtiaceae é considerada como a mais arcaica dentro da ordem Violales, representando um elo entre os grupos que possuem placentação parietal. A monofilia das Violales, como vinha sendo definida, foi extremamente questionada, pois o único caráter potencialmente sinapomórfico para a ordem era a presença de ovário unilocular com duas ou mais placentas parietais. Esta é uma característica claramente homoplásica dentre as dicotiledôneas tricolpadas (Judd 1997). Reforçando estes questionamentos, análises cladísticas preliminares sugeriram que as Violales constituem um grupo polifilético (Chase *et al.* 1993, Chase & Swensen 1995).

A partir de uma análise filogenética molecular baseada nas seqüências rbcL do DNA plastidial, a família Flacourtiaceae foi desmembrada em duas famílias, Salicaceae e Achariaceae (Chase *et al.* 2002). A maior parte de seus representantes foi englobada dentro de Salicaceae, no clado das Eurosideas I, ordem Malpighiales, juntamente com os gêneros *Salix* e *Populus*. As características unificadoras dos representantes dessa família são a presença de dentes foliares únicos, chamados dentes salicóides, ausência de glicosídeos cianogênicos e presença de compostos fenólicos do tipo salicina. As tribos Erythrospermeae (*Ahernia*, *Dasylopsis*, *Erythrospermum*, *Rawsonia* e *Scottellia*), Oncobeae (*Buchnerodendron*, *Caloncoba*, *Camptostylus*, *Carpotroche*, *Grandidiera*,

Lindackeria, *Mayna*, *Pterodendron*, *Poggea*, *Prockiopsis* e *Xylothea*) e *Pangieae* (*Baileyoxylon*, *Chiangiodendron*, *Chlorocarpa*, *Eleutherandra*, *Gynocardia*, *Hydnocarpus*, *Kiggelaria*, *Pangium*, *Ryparosa*, *Scaphocalyx* e *Trichadenia*) foram realocadas na família *Achariaceae*, no clado das *Eurosideas I*, ordem *Malpighiales*, juntamente com os gêneros *Acharia*, *Ceratosicyos* e *Guthrieae*. Os representantes dessa família apresentam glicosídeos cianogênicos e ausência de dentes salicídeos. Entretanto, o estudo filogenético foi baseado em um reduzido número de gêneros e espécies, não sendo esta nova circunscrição universalmente aceita.

No presente estudo, será adotada a classificação proposta por Sleumer (1980), pois trata-se de um trabalho sistemático de revisão taxonômica. Neste, *Flacourtiaceae* foi organizada em 7 tribos (*Oncobeeae*, *Abatieae*, *Homalieae*, *Prockieae*, *Flacourtieae*, *Lacistemeae* e *Caseariae*), com 880 espécies, distribuídas em 86 gêneros. A grande maioria dos gêneros tem reduzido número de espécies, excetuando-se *Casearia*, *Homalium* e *Xylosma* que, juntos, perfazem quase metade do número de espécies da família (Lemke 1988). A família está distribuída pelas Américas, África, Ásia, Malásia, Austrália e nas ilhas do Pacífico (Klein & Sleumer 1984). No Neotrópico ocorrem 32 gêneros, com cerca de 280 espécies (Klein & Sleumer 1984) e, para o Brasil, são mencionados 19 gêneros e, aproximadamente, 92 espécies (Barroso *et al.* 2002). Nos fragmentos florestais da região da Zona da Mata Mineira e em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro foram amostradas espécies pertencentes aos gêneros *Abatia*, *Banara*, *Carpotroche*, *Casearia*, *Prockia* e *Xylosma* (Silva *et al.* 2000, Caiafa 2002, Campos 2002, Irsigler 2002, Meira-Neto & Martins 2002, Ferreira Jr. 2005).

Os estudos de morfologia e anatomia foliar são, reconhecidamente, ferramentas para a taxonomia (Solereder 1908, Metcalfe & Chalk 1950, 1979, 1983). As características anatômicas, principalmente as foliares, em muitos casos, são de utilidade para elucidar

problemas taxonômicos em diversas famílias de plantas (Lersten & Curtis 1994, Moraes & Paoli 1999, Scatena *et al.* 1999, Kong 2001, Alves *et al.* 2002, Sartori & Tozzi 2002).

Considerando a importância da anatomia como subsídio para a taxonomia, dados sobre a família Flacourtiaceae são fundamentais para auxiliar na elucidação dos problemas taxonômicos expostos, além da possibilidade da indicação de caracteres que poderão auxiliar na identificação de amostras estéreis. Portanto, este trabalho teve como objetivos: (1) caracterizar anatomicamente as folhas de espécies de *Abatia*, *Banara*, *Carpotroche*, *Casearia*, *Prockia* e *Xylosma* (pertencentes às tribos Abatieae, Prockieae, Oncobaeae, Casearieae, Prockieae e Flacourtieae, respectivamente), ocorrentes em fragmentos florestais da Zona da Mata de Minas Gerais, (2) avaliar a importância dos caracteres anatômicos como subsídio para a identificação das espécies, (3) elaborar uma chave de identificação para as espécies da Zona da Mata Mineira e (4) ampliar os conhecimentos sobre a anatomia foliar da família.

MATERIAIS E MÉTODOS

Folhas de *Abatia americana* (Gardner) Eichler, *Banara brasiliensis* (Schott) Benth., *Carpotroche brasiliensis* (Raddi) Endl., *Casearia arborea* (Rich.) Urb., *C. decandra* Jacq., *C. gossypiosperma* Briq, *C. obliqua* Spreng., *C. sylvestris* Swartz, *C. ulmifolia* Vahl ex Vent, *Prockia crucis* P. Browne ex L. e *Xylosma prockia* (Turcz.) Turcz. foram coletadas em três fragmentos florestais no município de Viçosa (Mata da Silvicultura, Mata da Biologia e Mata do Seu Nico) e em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, todos na Zona da Mata de Minas Gerais.

A Mata da Silvicultura, um fragmento florestal de 17ha situado em altitudes entre 670 e 730m, é resultante de regeneração natural (Meira-Neto & Martins 2002). Foi adquirida pela Universidade Federal de Viçosa em 1936 e, desde então, encontra-se

protegida de cortes e extração de madeira (Mariscal-Flores 1993), sendo a vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso *et al.* 1991).

A Mata da Biologia faz parte de um contínuo florestal com 75ha e está situada em altitude de 650m, tendo sido desmatada em 1922 para o plantio de café. Desde 1926, quando da fundação da Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV), hoje Universidade Federal de Viçosa (UFV), essa mata tem sido protegida permanentemente, estando em processo de regeneração natural desde aquela década (Silva *et al.* 2000), sendo a vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso *et al.* 1991).

A Mata do Seu Nico está localizada em uma propriedade particular chamada Sítio Bom Sucesso, distando aproximadamente 5km do Campus da UFV. De toda a propriedade, apenas um trecho de um vale foi mantido como remanescente florestal, sendo a vegetação do tipo Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso *et al.* 1991). A área florestal é de, aproximadamente, 35ha, sendo que o núcleo possui uma estrutura muito bem conservada, sem sinais evidentes de perturbação causada por retirada de madeira ou pela ocorrência de fogo. A altitude é de 750m e o fragmento está situado nas proximidades da Mata do Paraíso, maior fragmento florestal da região de Viçosa e de propriedade da UFV.

O Parque Estadual da Serra do Brigadeiro está situado no conjunto do Maciço da Mantiqueira, ocupando uma área de 13.210ha e abrangendo os municípios de Araponga, Divino, Ervália, Fervedouro, Pedra Bonita, Miradouro, Muriaé e Sericita (Minas Gerais 1996 apud Paula 1998). A vegetação constitui-se de Floresta Estacional Semidecidual (Veloso *et al.* 1991). A Serra das Cabeças localiza-se a 5km da sede do Parque, no município de Araponga, sendo constituída de três pequenas sub-serras, sendo que a conhecida como “totem deitado” foi o local de coleta do material botânico. Este cume está localizado a 1722m de altitude e possui uma área de aproximadamente 6 há, composta pela

tipologia vegetal Campo de Altitude, bem como de uma formação transicional entre esta tipologia e a Floresta Estacional Semidecidual Altimontana.

O material testemunha foi herborizado e incorporado ao acervo do Herbário VIC da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas também folhas de exsicatas provenientes do acervo deste herbário, tendo sido na sua totalidade identificadas por especialista. Os espécimes utilizados no estudo, bem como a sua procedência e n° VIC, estão listados abaixo. Parte das amostras foi coletada em campo e fixada para as análises anatômicas e parte foi retirada das exsicatas depositadas no herbário. Os espécimes coletados em campo foram incorporados ao acervo do herbário quando encontravam-se férteis.

Espécimes fixados – *Abatia americana* (Gardner) Eichler – Brasil, MG, Araponga, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), Serra das Três Cabeças, Totem deitado. Col.: G. Valente. *Banara brasiliensis* (Schott) Benth. - Brasil, MG, Viçosa, Sítio Bom Sucesso, Mata do Seu Nico. Cols.: M. Thadeo e R.M.S.A. Meira. *Carpotroche brasiliensis* (Raddi) Endl.- Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente (VIC 20.172). *Carpotroche brasiliensis* (Raddi) Endl.- Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr. *Casearia arborea* (Rich.) Urb. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr. *Casearia arborea* (Rich.) Urb. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente (VIC 20.173). *Casearia decandra* Jacq. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente (VIC 20.174). *Casearia decandra* Jacq. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr (VIC 18.684). *Casearia decandra* Jacq. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr (VIC 18.685). *Casearia decandra* Jacq. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr (VIC 18.686). *Casearia gossypiosperma* Briquet - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr. *Casearia sylvestris* Swartz - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente (VIC 20.176). *Casearia ulmifolia* Vahl ex Ventenat - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente (VIC 20.177). *Prockia crucis* P. Browne ex L. - Brasil, MG, Viçosa, Sítio Bom Sucesso, Mata do Seu Nico. Cols.: M. Thadeo e R.M.S.A. Meira. *Prockia crucis* P. Browne ex L. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente. *Xylosma prockia* (Turcz.) Turcz. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Silvicultura. Cols.: J.A.A.M. Neto e G. Valente. *Xylosma prockia* (Turcz.) Turcz. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr (VIC 30.834). *Xylosma prockia* (Turcz.) Turcz. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: W.G.F. Jr.

Espécimes herborizados: *Abatia americana* (Gardner) Eichler – Brasil, MG, Araponga, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), Serra das Três Cabeças. Col.: G.Valente, R.S.A.Meira, A.Caiafa & F.M.Martins (VIC 28.209). *Abatia americana* (Gardner) Eichler – Brasil, MG, Araponga, Parque

Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), Serra das Três Cabeças, Totem deitado. Col.: G. Valente & R.S.A. Meira (VIC 28.211). *Abatia americana* (Gardner) Eichler – Brasil, MG, Estrada Ponte Nova Mariana km 19. Cols.: M.V. Faria, M.F. Soares & M. Garcia (VIC 9.234). *Carpotroche brasiliensis* (Raddi) Endl.- Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Jardim Botânico. Cols.: W.P. Lopes, A. Paula e A.C. Sevilha (VIC 17.014). *Casearia arborea* (Rich.) Urb. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Cols.: A.F. Silva e N.R.L. Fontes (VIC 12.990). *Casearia arborea* (Rich.) Urb. - Brasil, MG, Nova Lima, estrada de São Sebastião de Águas Claras. Cols.: R.P. Martins, T.M. Levinjohn e A.F. Silva (VIC 6.820). *Casearia decandra* Jacq. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Cols.: A.F. Silva e N.R.L. Fontes (VIC 12.988). *Casearia gossypiosperma* Briquet - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Jardim Botânico. Cols.: W.P. Lopes, A. Paula e A.C. Sevilha (VIC 17.013). *Casearia obliqua* Spreng. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Cols.: A.F. Silva e N.R.L. Fontes (VIC 12.987). *Casearia sylvestris* Swartz - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Jardim Botânico. Cols.: J.C.S. Leite e A.A. Frinhani (VIC 12.850). *Casearia sylvestris* Swartz - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Dendrologia. Cols.: W.N. Vidal (VIC 10.162). *Casearia ulmifolia* Vahl ex Ventenat - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Cols.: A.F. Silva e N.R.L. Fontes (VIC 13.077). *Casearia ulmifolia* Vahl ex Ventenat - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Mata da Biologia. Col.: E.P. Campos (VIC 30.151). *Prockia crucis* P. Browne ex L. - Brasil, MG, Ponte Nova, Estação Experimental da EPAMIG. Col.: L.B. Rocha (VIC 11.372). *Xylosma prockia* (Turcz.) Turcz. - Brasil, MG, Viçosa, Campus da UFV, Jardim Botânico. Cols.: W.P. Lopes, A. Paula e A.C. Sevilha (VIC 17.079).

Para análise anatômica, em microscopia de luz, amostras da região mediana da lâmina foliar (nervura mediana, margem, região entre a margem e a nervura mediana e dentes marginais) e do pecíolo (região apical, mediana e basal) de folhas totalmente expandidas foram fixadas em FAA₅₀ por 24 horas sob vácuo e após esse período estocadas em etanol 70% (Johansen 1940). Posteriormente, foram desidratadas em série etílica e incluídas em metacrilato (Historesin, Leica Instruments, Heidelberg, Alemanha).

Sempre que possível, no mínimo, três indivíduos de cada táxon foram analisados. Para os indivíduos arbóreos foram coletadas diversas folhas provenientes dos ramos mais baixos, cerca de três ramos por indivíduo. Para os indivíduos arbustivos, a metodologia de coleta foi semelhante, embora não haja necessidade da preocupação com a localização do ramo, uma vez que todos possuem alturas semelhantes e encontram-se submetidos a semelhantes condições de luminosidade. Nos espécimes herborizados a coleta do material seguiu como critério para a seleção das folhas o tamanho, escolhendo-se aquelas de

tamanho médio, e o estado de preservação do material. O material herborizado foi submetido ao processo de reversão de herborização (Smith & Smith 1942), desidratado em série etélica crescente até 95% e incluído em metacrilato (Meira & Martins 2003).

Todas as amostras incluídas em metacrilato foram cortadas transversal e longitudinalmente, em um micrótomo rotativo de avanço automático (modelo RM2155, Leica Microsystems Inc., Deerfield, USA), utilizando-se navalhas de aço descartáveis. Os cortes, de 6µm de espessura, foram corados com Azul de Toluidina pH 4,0 por aproximadamente 8 minutos (O'Brien & McCully 1981) para caracterização estrutural.

Para descrever os caracteres de superfície, fragmentos foliares foram dissociados utilizando-se ácido nítrico e ácido crômico, segundo metodologia de Jensen (1962) e corados com Azul de Astra por 5 minutos e Fucsina Básica por 5 segundos (Kraus *et al.* 1998). Para a análise dos padrões de venação, as folhas foram diafanizadas utilizando-se solução de hidróxido de sódio 10% e hipoclorito 20%, intercaladas por sucessivas lavagens em água destilada (Johansen 1940, modificado) e coradas com safranina (1% solução alcoólica) por 20 minutos.

As lâminas foram montadas com resina sintética (Permout, Fisher) ou gelatina glicerinada. As observações e a documentação fotográfica foram realizadas em microscópio de luz (modelo AX70TRF, Olympus Optical, Tóquio, Japão) equipado com sistema U-Photo. Os diagramas foram efetuados em microscópio de luz (modelo CBA, Olympus Optical, Tóquio, Japão) acoplado a uma câmara clara.

Para descrever a arquitetura da folha foi utilizada a terminologia proposta por Hickey (1973) e Hickey & Wolfe (1975), para descrever os padrões cuticulares e para os estômatos a de Dilcher (1974), e para os padrões de vascularização da nervura mediana e do pecíolo a de Dickison (2000).

Amostras da margem foliar foram analisadas ao microscópio eletrônico de

varredura, a fim de se avaliar a micromorfologia dos dentes marginais; para tal foram fixadas em solução contendo 2,5% de glutaraldeído e 4% de paraformaldeído em tampão cacodilato de sódio 0,1M pH 7,2 (Karnovsky 1965, modificado), por 48 horas, e pós-fixadas, por 18 horas, em tetróxido de ósmio a 1% preparado no mesmo tampão (Bozzola & Russel 1992). Após a fixação, estas amostras foram lavadas na mesma solução tampão, sendo, então desidratadas em série etúlica e levadas à secagem ao ponto crítico (Bozzola & Russel 1992), utilizando-se equipamento CPD020 da Balzers. Após a montagem do material nos suportes, procedeu-se a deposição metálica com ouro (Bozzola & Russel 1992), utilizando-se equipamento Sputter Coater FDU 010 da Balzers, e a investigação e documentação do material em microscópio eletrônico de varredura (Leo 1430VP, Zeiss, Heidelberg, Alemanha).

Para expressar graficamente as semelhanças entre as espécies fez-se uma análise comparativa de alguns caracteres anatômicos foliares (Tabelas 1 a 4) baseados na presença ou ausência utilizando-se distância euclidiana (Sneath & Sokal 1973). As relações foram interpretadas por métodos de agrupamentos por algoritmos de médias não ponderadas (UPGMA), utilizando-se o programa MVSP (Multi-Variate Statistical Package).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As onze espécies de Flacourtiaceae estudadas apresentam folhas simples, com margens denteadas (Figs. 1 a 12). Segundo Hickey & Wolfe (1975), o tipo de dente marginal presente nas folhas das dicotiledôneas é um caráter muito estável, constituindo-se em ferramenta bastante interessante para a taxonomia.

Diversos autores ressaltaram a presença do dente do tipo teóide e seu derivado salicóide dentre as Flacourtiaceae (Hickey & Wolfe 1975, Judd 1997, Bernhard & Endress 1999, Chase *et al.* 2002). Os dentes teóides possuem a nervura mediana do dente em direção ao ápice, que se encontra encapuzado por uma seta opaca decídua. Já nos dentes

salicóides a seta é retida como uma calosidade esférica escura, que não é opaca nem decídua e se encontra fusionada ao ápice do dente (Hickey & Wolfe 1975, Hickey 1973).

Nas espécies analisadas foi possível detectar dentes teóides em *Carpotroche brasiliensis* e nas espécies de *Casearia* (Figs. 1 a 8) e dentes salicóides em *Abatia americana*, *Banara brasiliensis*, *Prockia crucis* (Fig. 9) e *Xylosma prockia* (Figs. 10 a 12). Cada dente teóide é vascularizado por um feixe central (Figs. 2 e 8), enquanto os dentes salicóides possuem uma vascularização intensa formada pela fusão e ramificação de diversos feixes (Fig. 9). O tipo de dente mostrou-se importante taxonomicamente, uma vez que a presença do dente salicóide é um forte indício de que a planta pertence ou à família Flacourtiaceae ou Salicaceae *stricto sensu*, únicas famílias aonde o caráter já foi relatado. Podemos também inferir que o gênero *Casearia* possui uma localização basal dentro da família, uma vez que, segundo Hickey & Wolfe (1975), dos dentes teóides é que derivaram os salicóides.

Através de observações estruturais foi possível constatar que os dentes teóides mostraram-se semelhantes à hidatódios (Fig. 4). Hidatódios são aberturas na superfície da planta, especialmente folhas, por onde líquido, ao invés de vapor d'água, é secretado. Esse líquido constitui-se principalmente de água, mas é comum a presença de íons dissolvidos, e o processo pelo qual essa água é secretada recebe o nome de gutação (Fahn 1979). As estruturas aqui observadas possuem um suprimento vascular constituído exclusivamente de terminações xilemáticas e poros aquíferos, não sendo possível constatar a presença de bainha nem de epitema (Fig. 4).

Já os dentes salicóides mostraram-se semelhantes à nectários extraflorais (Thadeo *et al.* – enviado para publicação). Possuem epiderme secretora uniestratificada recobrendo a concavidade, formando uma paliçada de células, parênquima secretor (Fig. 11) e extensões vasculares que, por vezes, se ramificam (Fig. 9) até a epiderme secretora.

Para as Salicaceae *stricto sensu*, hidatódios e nectários extraflorais, anatomicamente muito semelhantes aos descritos neste trabalho para Flacourtiaceae, já foram descritos para espécies de *Populus* (Curtis & Lersten 1974, 1978).

Quanto ao padrão de venação, observou-se que em dez das espécies estudadas o padrão de venação foliar tende para o camptódromo-broquidódromo, onde as nervuras de segunda ordem se anastomosam, desde a base da folha, e formam uma série de arcos próximos ao bordo (Figs. 13 a 17). Dependendo do ângulo de fechamento, os arcos broquidódromos podem ser mais ou menos proeminentes; em geral, são mais proeminentes no ápice da folha, onde formam laços de ordem superior. Já em *Banara brasiliensis* e *Prockia crucis*, o padrão é misto acródromo-broquidódromo, onde existem cerca de duas nervuras secundárias basais que tendem ao padrão acródromo até o terço médio da folha, quando, então, se unem a outras nervuras formando arcos broquidódromos.

Os padrões de venação anteriormente descritos para as Flacourtiaceae foram pinado com nervuras laterais semicraspedódromas, broquidódromas ou eucamptódromas e palmado com as nervuras laterais convergindo, sendo este último de ocorrência comum na tribo Prockieae (Judd 1997). Os padrões visualizados nas espécies em estudo estão de acordo com a literatura, inclusive o padrão palmado foi também um caráter que permitiu o agrupamento dos representantes da tribo Prockieae estudadas (*Banara brasiliensis* e *Prockia crucis*).

Nas espécies estudadas foi possível identificar dois grupos quanto ao padrão de nervação última marginal: as espécies de *Casearia* apresentam o padrão incompleto, com terminações vasculares livres nas proximidades da margem foliar (Figs. 13 a 16), enquanto nos outros gêneros as terminações são formadas por uma série de arcos de onde podem se originar nervuras de menor porte (Fig. 17). As nervuras de terceira ordem possuem um padrão ramificado transverso, as ramificações orientadas ao longo da área intercostal (Fig.

18), e junto com as de ordem superior determinam aréolas imperfeitas, de formato irregular e distribuídas ao acaso (Figs. 19, 21 e 24). As terminações vasculares, representadas por traqueídes e esclerênquima, podem ser ramificadas (Figs. 20 e 22) ou não (Fig. 23). Embora o padrão de venação foliar se mostre bastante uniforme nas espécies estudadas, determinados aspectos podem predominar numa tribo ou outra. Por exemplo, todos os representantes da tribo Casearieae possuem venação última marginal incompleta, enquanto esse padrão é em arcos nas espécies pertencentes às outras tribos.

Embora vários autores utilizem a venação foliar para fins taxonômicos e/ou caracterização das espécies (Cardoso & Sajo 2006, Reis *et al.* 2004, Moraes & Paoli 1999), esta característica deve ser considerada com parcimônia. Dilcher (1974), em uma revisão sobre o uso taxonômico e ecológico da venação e dos padrões cuticulares de folhas, incluindo desde estudos com espécies fósseis até plantas atuais, salienta que folhas de um mesmo gênero e espécie podem exibir densidades diferentes de microvenação, na dependência de certos fatores ambientais, levantando sérias dúvidas quanto à utilização do tamanho de aréolas e padrões de ramificações de vênulas para fins taxonômicos.

Os estômatos, de um modo geral, estão restritos à superfície abaxial (Figs. 25, 28, 31, 34, 38, 40, 42 e 45), são do tipo braquiparacítico (Figs. 27, 33, 37 e 44), e estão nivelados com as demais células epidérmicas (Figs. 47, 50, 51, 54, 56, 59, 60 e 61). As únicas espécies que não seguiram esse padrão foram *Carpotroche brasiliensis*, apresentando estômatos anomocíticos (Fig. 30), e *Casearia ulmifolia*, com estômatos em ambas as superfícies embora mais abundantes na abaxial (Figs. 45, 46, 60 a 62). Vale ressaltar que além do tipo braquiparacítico predominante, foram também observados estômatos paracíticos típicos e também tipologias intermediárias entre esses dois tipos, embora em proporção mais reduzida.

A presença de estômatos paracíticos e anomocíticos já foi relatada para a família por diversos autores (Solleder 1908, Metcalfe & Chalk 1950, Merida & Medina 1967, Judd 1997). Van Cotthem (1970) ressaltou que os estômatos do tipo paracíticos necessitam de uma observação mais cautelosa, pois notou que por vezes eles podem não estar totalmente circundados, em um ou em ambos os pólos, pelas células epidérmicas ordinárias. Ou seja, as células subsidiárias não se tocam nos pólos do estômato. Dilcher (1974) propôs então o termo braquiparacítico para tais estômatos. A ocorrência concomitante de estômatos paracíticos, braquiparacíticos e tipologias intermediárias já foi relatada para representantes das Magnoliaceae (Baranova 1972).

Em vista frontal, as células epidérmicas variaram bastante quanto ao contorno. Algumas espécies apresentaram células da superfície adaxial com contorno reto (*Abatia americana*, *Banara brasiliensis* – Fig. 26, *Casearia arborea* – Fig. 39, *C. decandra* – Fig. 41, *C. gossypiosperma*, *C. obliqua*, *C. sylvestris* – Fig. 43 e *C. ulmifolia* – Fig. 46), outras com contorno sinuoso (*Carpotroche brasiliensis* – Fig. 29 e *Xylosma prockia* – Fig. 35) enquanto *Prockia crucis* não se enquadrou em nenhum dos dois grupos, apresentando células com contorno reto a levemente sinuoso (Fig. 32). Para a superfície abaxial também ocorreu variação, contorno reto em *Abatia americana*, *Banara brasiliensis* – Fig. 25, *Casearia decandra* – Fig. 40, *C. gossypiosperma* e *C. sylvestris* – Fig. 42; contorno sinuoso em *Carpotroche brasiliensis* – Fig. 28, *Casearia arborea* – Fig. 38, *Prockia crucis* – Fig. 31 e *Xylosma prockia* – Fig. 34; e contorno reto à levemente sinuoso em *Casearia obliqua* e *C. ulmifolia* (Fig. 45). As células epidérmicas que revestem as nervuras apresentam-se alongadas e com paredes anticliniais retas (Figs. 31, 34, 38 e 46).

A sinuosidade das paredes epidérmicas está ligada à função mecânica que aumenta a rigidez das células evitando o colapso de parede, devido à escassez de água (Haberlandt, 1928). Pyykkö (1979) observou maior sinuosidade nas paredes das células epidérmicas de

folhas de estratos arbóreos inferiores enquanto as folhas de estratos superiores possuíam paredes retas, admitindo portanto, a possibilidade de correlação entre a sinuosidade das paredes das células epidérmicas e a intensidade luminosa à qual a folha está submetida.

A cutícula, de modo geral, é lisa e delgada. Exceções foram *Banara brasiliensis* (Figs. 49 e 50) e *Casearia decandra*, com cutícula espessa na face adaxial, e *Xylosma prockia*, com cutícula estriada (Figs. 36 e 53).

Tricomas tectores unicelulares e não ramificados, de tamanhos variados e paredes espessadas (Figs. 31, 32 e 48), por vezes com a extremidade curvada formando um gancho (Fig. 42), possuem ampla distribuição tanto na superfície da lâmina quanto na do pecíolo das espécies estudadas. Esses tricomas estão localizados tanto na superfície adaxial quanto abaxial da folha e preferencialmente nos locais que recobrem as nervuras e na superfície abaxial. Em *C. arborea*, concomitantemente aos tricomas unicelulares e não ramificados, ocorrem tricomas pluricelulares ramificados, apresentando de duas a três células (Figs. 38 e 58). *Abatia americana* e *Casearia arborea*, baseando-se somente em análise visual, foram as espécies mais pilosas.

Em *Carpotroche brasiliensis* e *Xylosma prockia* as células epidérmicas ordinárias estão intercaladas com células epidérmicas solitárias ou em grupos de duas a quatro células pequenas e de contorno circular que contêm cristais (Fig. 37). Esses cristais ocorrem principalmente nas células epidérmicas que revestem as nervuras (Fig. 34), sendo do tipo drusas (Fig. 52) em *C. brasiliensis* e monocristais (Fig. 54) em *X. prockia*.

A presença de cristais epidérmicos para *Xylosma* foi relatada por Solereder (1908) como uma característica de grande valor no reconhecimento de material estéril. Metcalfe & Chalk (1950), além da presença dos cristais epidérmicos em *Xylosma*, também relataram a sua existência no gênero *Casearia*, característica que não foi confirmada neste trabalho. Vale ressaltar que o gênero *Casearia* possui distribuição pantropical, portanto os autores

podem ter analisado espécies diferentes das analisadas no presente trabalho, justificando assim as diferenças encontradas nos resultados obtidos.

Somente *Abatia americana* apresentou hipoderme, variando de um a dois estratos de células (Fig. 47). As demais espécies estudadas apresentaram epiderme unisseriada sem a presença de camadas subepidérmicas. Vale ressaltar que a denominação de hipoderme para essas camadas celulares é meramente especulativa, necessitando-se de estudos ontogenéticos futuros para elucidação da real origem desse tecido. Tanto a hipoderme como a epiderme multisseriada podem estar relacionadas com o armazenamento de água ou com proteção do tecido fotossintético da folha, quando a taxa de metabolismo é limitada pela deficiência de água e luz excessiva (Fahn & Cutler 1992, Feller 1996). *Abatia americana* foi a única espécie proveniente de Campo de Altitude, um ambiente com intensa luminosidade e solo com muita drenagem, o que nos permite inferir que essa característica pode representar uma importante estratégia adaptativa para essa espécie.

Embora a presença de hipoderme tenha sido relatada para os gêneros *Banara* (América do Sul, sul do México e Antilhas), *Casearia* (pantropical) e *Xylosma* (América do Sul e Central tropical e subtropical) (Solereder 1908, Metcalfe & Chalk 1950), esta característica não foi observada nas espécies desses gêneros avaliadas no presente trabalho. Esta pode ser mais uma evidência que esta característica tenha sido selecionada conforme as condições ambientais de ocorrência das espécies.

As células epidérmicas variaram em tamanho, sendo que as células da superfície adaxial geralmente apresentam-se mais altas que as da superfície abaxial, excetuando-se *Casearia gossypiosperma* e *C. ulmifolia* (Figs. 60 a 62), que apresentam as células de ambas as superfícies com tamanhos semelhantes.

As células epidérmicas de todas as espécies estudadas possuem um formato tabular típico, excetuando-se as regiões marginais e as nervuras medianas e de menor calibre, aonde as células apresentaram caráter papiloso.

Características epidérmicas têm sido taxonomicamente úteis em diversas famílias de dicotiledôneas, incluindo, entre outras, as Celastraceae (Den Hartog & Baas 1978), Euphorbiaceae (Raju & Rao 1977) e Magnoliaceae (Baranova 1972). Em diferentes condições ecológicas, o tamanho das células, a frequência de estômatos e de tricomas e a configuração das paredes anticlinais podem variar, enquanto o posicionamento e orientação dos estômatos, a morfologia dos tricomas e o tipo de estômato são caracteres menos variáveis. Entretanto, quando muitos caracteres epidérmicos são considerados em conjunto, com um melhor entendimento da sua variabilidade, eles podem tornar-se extremamente úteis, por vezes essenciais, para a taxonomia das angiospermas (Dilcher 1974). Para as espécies de Flacourtiaceae estudadas, algumas características epidérmicas tiveram caráter diagnóstico: a presença de idioblastos cristalíferos na epiderme em *Xylosma prockia* e *Carpotroche brasiliensis*, a presença de estômatos anomocíticos em *Carpotroche brasiliensis* e de cutícula estriada em *Xylosma prockia*, facilitando portanto a identificação dessas espécies.

O mesofilo é dorsiventral, exibindo claramente uma diferenciação entre o parênquima paliçádico e o lacunoso (Figs. 47, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 60 a 62). No parênquima paliçádico as células são alongadas, justapostas e de espessura uniforme, sendo interrompidas apenas na região da nervura mediana. Esse tecido apresenta-se unisseriado em *Carpotroche brasiliensis* (Fig. 52), com uma a duas camadas de células em *Abatia americana* (Fig. 47), *Casearia arborea* (Fig. 57) e *C. ulmifolia* (Figs. 60 a 62), e com duas camadas de células em *Banara brasiliensis* (Fig. 50), *Casearia decandra*, *C. gossypiosperma*, *C. obliqua*, *C. sylvestris*, *Prockia crucis* (Fig. 56) e *Xylosma prockia* (Fig.

54). O parênquima lacunoso, de modo geral, possui um arranjo frouxo, com abundantes espaços intercelulares, e pode ocupar de dois terços à metade do mesofilo.

A espessura da lâmina, bem como a disposição e número de camadas dos tecidos fotossintéticos foliares, constituem-se em caracteres muito plásticos, sendo influenciados pela umidade do ar e do solo, pela temperatura e disponibilidade luminosa, como indicam os estudos comparativos de folhas de sol e de sombra de uma mesma espécie (Larcher 2000).

Ductos e cavidades secretoras estão presentes em todas as espécies de *Casearia* estudadas. Em secção transversal da nervura mediana, ductos encontram-se distribuídos irregularmente no parênquima fundamental, localizados tanto na superfície abaxial quanto na adaxial (Figs. 69, 64 e 72), sendo esta caracterização confirmada pelo lúmen alongado observado nos cortes longitudinais (Fig. 71). No mesofilo e na região próxima à margem existem numerosas cavidades com localização subepidérmica (Fig. 57) ou distribuídas na interface do parênquima paliçádico com o lacunoso (Figs. 57 e 62). Em *C. arborea* e *C. sylvestris*, existem ductos dispersos na região do floema (Figs. 64B e 64E, 69 e 70). Com exceção de *C. ulmifolia*, que apresenta as cavidades do mesofilo dispersas somente na interface dos parênquimas paliçádico e lacunoso (Fig. 62), todas as outras espécies as apresentam dispersas no mesofilo (Fig. 57).

Os tipos de estruturas secretoras encontradas no presente trabalho e a posição que ocupam nos órgãos foliares têm valor diagnóstico para *Casearia*, tanto em nível genérico quanto específico (Tabs. 2, 3 e 4). Segundo Fahn (1979), as estruturas secretoras apresentam uma grande variação na morfologia, anatomia, função, posição que ocupam e tipo de substância que secretam. O estudo da anatomia dessas estruturas pode ser um componente importante para as avaliações taxonômicas (Solereder 1908, Metcalfe & Chalk 1950). Investigando plantas xeromórficas do leste da Patagônia, Pyykkö (1966)

concluiu que as estruturas secretoras têm significado taxonômico, sendo mais características em certas famílias e gêneros do que em grupos ecológicos.

Idioblastos cristalíferos contendo drusas e monocristais estão abundantemente dispersos pela lâmina (Figs. 22, 51 e 56), inclusive na região do floema. A única espécie que não apresentou idioblastos cristalíferos foi *Abatia americana*, e em *Xylosma prockia*, apesar de serem muito abundantes, ocorrem apenas monocristais (Fig. 23). Esses cristais, em muitas das espécies, encontram-se nas células que estão associadas aos feixes vasculares formando uma bainha cristalífera (Figs. 49 e 55), e podem também ser encontrados dentro de elementos de sustentação do tecido esclerenquimático. Fato semelhante foi descrito por Barcock & Quimby (1962), quando observaram cristais preenchendo completamente os braquiesclereídes presentes na casca de *Casearia sylvestris*.

Na nervura mediana o sistema vascular esta constituído por xilema em posição adaxial e floema abaxial, em forma de arco plano (Figs. 63B, 63E, 64, 69, 70 e 73), com esclerênquima tanto na face adaxial quanto abaxial (Figs. 63B, 63E, 64A-C, 64E, 64F, 69, 73 e 74). A única espécie em que o esclerênquima não estava presente foi *Casearia obliqua* (Fig. 64D). Nas nervuras das folhas mais amplas o sistema vascular forma um cilindro, pois, em adição ao feixe vascular em forma de arco existe um segundo feixe com orientação inversa. Esse padrão ocorreu em *Abatia americana* (Fig. 63A) e em *Carpotroche brasiliensis* (Fig. 63C). Em *Prockia crucis* o feixe apresentou um padrão intermediário entre o encontrado em *A. americana* e *C. brasiliensis*, o arco apresentou as extremidades invaginadas (Fig. 63D). As células esclerenquimáticas que acompanham a nervura mediana, na maioria dos casos, são fibras (Figs. 69, 70, 73 e 74), mas podem ocorrer também alguns braquiesclereídes. Os feixes vasculares das nervuras de menor

calibre seguem o mesmo padrão apresentado para a nervura mediana e são acompanhados por calotas de fibras tanto na face adaxial como na abaxial (Figs. 49, 52 e 53).

Em algumas espécies, no floema da nervura mediana (Figs. 63B-D, 63F, 69 e 70) e do pecíolo (Figs. 66A, 66D, 67A, 67C-F, 75, 76 e 77), ocorrem diversos idioblastos de coloração esverdeada (quando corados com Azul de Toluidina), o que indica a presença de compostos fenólicos. Esses idioblastos também se encontram dispersos no parênquima fundamental do pecíolo (Figs. 67A, 67D, 67E, 67G e 75) e, por vezes, no xilema (Figs. 64A-C, 67A-D, 67F e 77).

Nas camadas subepidérmicas da região da nervura mediana, do pecíolo e da margem foliar ocorre colênquima como um caráter constante em todas as espécies analisadas (Figs. 4, 69, 75 e 80).

A anatomia do pecíolo fornece, freqüentemente, subsídios para a identificação de determinados taxa, sendo que a porção distal do pecíolo é a mais significativa em termos taxonômicos (Howard 1979). A forma e a anatomia do pecíolo variaram muito pouco da região distal para a proximal em todas as espécies analisadas de Flacourtiaceae.

De um modo geral, os pecíolos das espécies estudadas apresentaram epiderme unisseriada recoberta por cutícula delgada e com tricomas. Subjacente ao colênquima subepidérmico, ocorre o parênquima onde são comuns idioblastos contendo cristais (Figs. 75, 79 e 80). Nas espécies de *Casearia* ocorrem ductos secretores distribuídos por entre as células do parênquima (Figs. 67, 75, 77), e em algumas espécies esses ductos podem ocorrer no floema (Figs. 67C, 67E e 67F). A distribuição de ductos no floema seguiu o mesmo padrão descrito para a região da nervura mediana, excetuando-se *Casearia obliqua*, que também apresentou ductos no floema do pecíolo (Fig. 76).

A organização do sistema vascular do pecíolo é semelhante ao descrito para a nervura mediana: consiste de um feixe vascular colateral, com xilema em posição adaxial e

floema abaxial, em forma de arco com as extremidades levemente fletidas e que contêm esclerênquima preferencialmente na face abaxial (Figs. 66B, 67, 75, 77 e 80). Inclusive, nas folhas mais amplas, o sistema vascular também forma um cilindro, como visualizado em *Abatia americana* (Fig. 66A), *Carpotroche brasiliensis* (Fig. 66C) e *Prockia crucis* (Fig. 66D). O esclerênquima não estava presente em *Abatia americana* (Fig. 66A), *Casearia gossypiosperma* (Figs. 67D e 77) e *Casearia obliqua* (Figs. 67E e 76). As células esclerenquimáticas, assim como na nervura mediana, na maioria dos casos, são fibras, mas podem ocorrer também alguns braquiesclereídes.

Câmbio vascular encontra-se presente em todas as espécies estudadas (Fig. 76), e em alguns cortes de espécies de *Casearia* foi possível visualizar a formação de uma periderme nas aletas adaxiais do pecíolo (Fig. 75). Esse câmbio pode originar uma estrutura secundária no feixe vascular, dando origem, em alguns casos, a um órgão com crescimento secundário, como visto para o pecíolo de *Casearia decandra* (Fig. 67B). Existem muitos relatos da atividade cambial em folhas de gimnospermas (Mauseth 1988), mas para as dicotiledôneas esses relatos mostram-se mais restritos (Shtromberg 1959, Teixeira & Gabrielli 2006).

À semelhança do que já foi descrito para a lâmina, cristais foram observados na epiderme do pecíolo (Fig. 79). Apenas em *Abatia americana* não foram observados cristais no parênquima fundamental nem no floema do pecíolo, entretanto esta foi a única espécie em que foram observados estômatos na epiderme do pecíolo.

Os caracteres anatômicos do sistema vascular podem fornecer dados importantes para serem aplicados na taxonomia (Metcalf & Chalk 1979). No presente trabalho, o sistema vascular, tanto da nervura mediana quanto do pecíolo, forneceu dados valiosos que foram de fundamental importância para a separação das espécies.

Neste trabalho foram descritas anatomicamente onze espécies de Flacourtiaceae, com ênfase nos caracteres semelhantes e distintos. Diversos caracteres anatômicos eram de ocorrência comum entre as espécies, enquanto outros estavam restritos a algumas delas, mostrando, assim, que são de valor taxonômico tanto em nível genérico quanto específico. Baseando-se nesses caracteres foi elaborada uma chave de identificação para as espécies ocorrentes na Zona da Mata Mineira.

Chave de identificação para as espécies de Flacourtiaceae ocorrentes na Zona da Mata Mineira baseada em caracteres anatômicos foliares

1. Margem da lâmina com dente teóide2
1. Margem da lâmina com dente salicóide8

2. Estruturas secretoras internas (ductos e cavidades) ausentes; epiderme com idioblastos cristalíferos (drusas); estômatos anomocíticos; nervura última marginal em arcos; feixe vascular da nervura mediana em cilindro medulado*Carpotroche brasiliensis*
2. Estruturas secretoras internas (ductos e cavidades) presentes; epiderme sem idioblastos cristalíferos; estômatos predominantemente braquiparacíticos; nervura última marginal incompleta; feixe vascular da nervura mediana em arco plano3

3. Folhas anfiestomáticas; cavidades do mesofilo localizadas na interface do parênquima paliádico e parênquima lacunoso.....*Casearia ulmifolia*
3. Folhas hipoestomáticas; cavidades dispersas no mesofilo4

4. Ductos no floema5
4. Ductos no floema ausentes7

5. Cavidades dispersas pela lâmina, mais densas nos bordos.....*Casearia obliqua*
5. Cavidades dispersas pela lâmina6

6. Tricomas tectores pluricelulares ramificados *Casearia arborea*
6. Tricomas tectores unicelulares e não ramificados *Casearia sylvestris*

7. Feixe vascular do pecíolo com esclerênquima*Casearia decandra*
7. Feixe vascular do pecíolo sem esclerênquima *Casearia gossypiosperma*

8. Epiderme com idioblastos cristalíferos (monocristais); cutícula estriada*Xylosma prockia*
8. Epiderme sem idioblastos cristalíferos; cutícula lisa.....9

9. Hipoderme; mesofilo e floema sem idioblastos cristalíferos*Abatia americana*
9. Hipoderme ausente, mesofilo e floema com idioblastos cristalíferos10

10. Vascularização em arco plano na nervura mediana; vascularização em arco com as extremidades fletidas no pecíolo*Banara brasiliensis*
10. Vascularização em arco com as extremidades invaginadas e com feixes acessórios na nervura mediana; vascularização em cilindro medulado no pecíolo*Prockia crucis*

Nas Tabelas 1 a 4 foram sumarizados os resultados quanto ao padrão de venação, caracteres epidérmicos, da lâmina e do pecíolo das folhas das espécies de Flacourtiaceae, visando uma comparação entre os clados estudados. A análise de agrupamento feita com base nestes caracteres (Fig. 81) demonstra que, à exceção de *Abatia americana* que foi a única espécie que não se agrupou com as demais, a morfologia externa, associada aos caracteres de anatomia foliar, separa as espécies estudadas em dois grupos bem definidos: o primeiro constituído pelas espécies do gênero *Casearia* e um segundo reunindo *Xylosma prockia*, *Banara brasiliensis*, *Prockia crucis* e *Carpotroche brasiliensis* (Fig. 81). Vale ressaltar que *Banara brasiliensis* e *Prockia crucis* formaram um grupo menor, fato que corrobora a abordagem taxonômica que reúne esses dois gêneros em uma mesma tribo (Chase *et al.* 2002).

Abatia americana pertence a tribo Abatieae, tribo esta que tem sido questionada como um clado da família Flacourtiaceae. Alguns autores sugerem que os representantes dessa tribo sejam melhor alocados dentro da família Passifloraceae (Lemke 1988, Takhtajan 1997). Entretanto, com base nos dados de biologia molecular, Chase *et al.* (2002) concluíram que a tribo pertence à família Flacourtiaceae e está intimamente relacionada com a tribo Prockieae. Os resultados obtidos no presente trabalho não corroboram a abordagem baseada em dados moleculares, pois a espécie estudada foi a única avaliada que ficou isolada. Isso sugere que estudos envolvendo um maior número de espécies, além de uma maior número de caracteres, devam ser realizados.

O gênero *Carpotroche* (pertencente à tribo Oncobeeae), de acordo com os dados de biologia molecular (Chase *et al.* 2002), foi realocado na família Achariaceae. No presente estudo, *C. brasiliensis* apareceu intimamente relacionada com os representantes da tribo

Prockieae. Embora não tenham sido analisadas espécies pertencente à família Achariaceae *strictu sensu*, e tampouco avaliada a presença dos glicosídeos cianogênicos característicos da tribo, os resultados sobre a anatomia apresentados no presente estudo reforçam a necessidade de uma revisão taxonômica.

Apesar das espécies de *Casearia* apresentarem grande variação morfológica entre os indivíduos de uma mesma espécie e algumas espécies serem muito semelhantes vegetativamente, é possível destacar caracteres anatômicos que são constantes em nível genérico e caracteres que possibilitam a correta identificação das espécies.

As relações taxonômicas da família Flacourtiaceae são bastante controversas. Diversos autores ressaltam a íntima relação entre Flacourtiaceae e Salicaceae (Metcalf & Chalk 1950, Hickey & Wolfe 1975, Meeuse 1975, Miller 1975, Cronquist 1988, Leskinen & Alström-Rapaport 1999, Azuma *et al.* 2000, Chase *et al.* 2002). Neste trabalho foram identificados caracteres que corroboram a proximidade entre esses clados, tais como: a presença do dente salicídeo, tricomas simples unicelulares e não ramificados, estômatos braquiparacíticos, crescimento secundário no pecíolo, abundância de cristais, feixes colaterais e em forma de arco na nervura mediana, mesofilo dorsiventral e esclerênquima acompanhando os feixes.

Os estudos anatômicos feitos nas espécies de Flacourtiaceae permitem concluir: 1. a anatomia foliar pode fornecer dados para auxiliar na taxonomia da família, tanto em nível genérico quanto específico; 2. a análise de espécimes provenientes de localidades distintas é de fundamental importância para que se possa levar em consideração a variação que ocorre na estrutura anatômica determinada pelas condições ambientais; 3. a associação de alguns caracteres; como o tipo de venação última marginal, dente marginal, estruturas secretoras, padrões cuticulares, presença de hipoderme e de cristais epidérmicos, tipo de

tricomas e padrões de vascularização; se mostrou fundamental para a separação das espécies estudadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Cláudia Alencar Vanetti e João Marcos de Araújo, pela colaboração na captura de imagens digitais ao microscópio eletrônico de varredura, à Walnir G. Ferreira, Gilmar Valente e João Augusto Meira Neto pelo auxílio na coleta dos espécimes, à Roseli B. Torres pela identificação do material e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M. V.; Estelita, M. E. M.; Wanderley, M. G. L. & Thomas, W. W. 2002. Aplicações taxonômicas da anatomia foliar de espécies brasileiras de *Hypolytrum* Rich. (Cyperaceae). - Revista Brasileira de Botânica 25: 1-9.
- APG: The Angiosperm Phylogeny Group. 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. - Annals of the Missouri Botanical Garden 85: 531-553.
- Azuma, T.; Kajita, T.; Yokoyama, J. & Ohashi, H. 2000. Phylogenetic relationships of *Salix* (Salicaceae) based on *rbcl* sequence data. - American Journal of Botany 87: 67-75.
- Baas, P. 1984. Vegetative anatomy and taxonomy of *Berberidopsis* and *Streptothamnus* (Flacourtiaceae). - Blumea 30: 39-44.
- Baranova, M. A. 1972. Systematic anatomy of the leaf epidermis of Magnoliaceae and some related families. - Taxon 21: 447-469.
- Barcock, P.A. & Quimby, M. W. 1962. Histological study of *Aristolochia triangularis*, *Casearia sylvestris*, and *Schinopsis balansae*. - Journal of Pharmaceutical Sciences 51: 555-562.
- Barroso, G. M.; Peixoto, A. L.; Ichaso, C. L. F.; Guimarães, E. F. & Costa, C. G. 2002. -Sistemática das angiospermas do Brasil, Vol. 1, 2ª ed. - Editora UFV, Viçosa.
- Bernhard, A. & Endress, P. K. 1999. Androecial development and systematics in *Flacourtiaceae s. l.* - Plant Systematics and Evolution 215: 141-155.
- Bozzola, J. J. & Russel, L. D. 1992. Electron microscopy. - Jones and Bartlett Publishers, Boston.
- Caiafa, A. N. 2002. Composição florística e estrutura da vegetação sobre um afloramento rochoso no parque estadual da Serra do Brigadeiro, MG - Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- Campos, E. P. de. 2002. Florística e estrutura horizontal da vegetação arbórea de uma ravina em um fragmento florestal no município de Viçosa – MG - Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Cardoso, C. M. V. & Sajo, M. G. 2006. Nervação foliar em espécies brasileiras de Myrtaceae Adans. - Acta Botanica Brasilica 20: 657-669.
- Chase, M. W.; Soltis, D. E.; Olmstead, R. G.; Morgan, D.; Les, D. H.; Mishler, B. D.; Duvall, M. R.; Price, R. A.; Hills, H. G.; Qiu, Y. -L.; Kron, K. A.; Rettig, J. H.; Conti, E.; Palmer, J. D.; Manhart, J. R.; Sytsma, K. J.; Michaels, H. J.; Kress, W. J.; Karol, K. G.; Clark, W. D.; Hedrén, M.; Gaut, B. S.; Jansen, R. K.; Kim, K. -J.; Wimpee, C. F.; Smith, J. F.; Furnier, G. R.; Strauss, S. H.; Xiang, Q. -Y.; Plunkett, G. M.; Soltis, P. S.; Williams, S. E.; Gadek, P. A.; Quinn, C. J.; Eguiarte, L. E.; Golenberg, E.; Learn, G. H.; Graham, S. W.; Barrett, S. C. H.; Dayanandan, S. & Albert, V. A. 1993. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. - Annals of the Missouri Botanical Garden 80: 528-580.
- Chase M. W. & Swensen, S. M. 1995. Relationships of Violales sensu Cronquist from the perspective of cladistic analyses of *rbcL* sequence data. - American Journal of Botany 82: 119.
- Chase, M. W.; Zmarzty, S.; Lledó, M. D.; Wurdack, K.; Swensen, S. M. & Fay, M. F. 2002. When in doubt, put it in Flacourtiaceae: a molecular phylogenetic analysis based on plastid *rbcL* DNA sequences. - Kew Bulletin 57: 141-181.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. – Columbia University Press, New York.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. - Houghton Mifflin, New York.
- Curtis, J. D. & Lersten, N. R. 1974. Morphology, seasonal variation, and function of resin glands on buds and leaves of *Populus deltoides* (Salicaceae). - American Journal of Botany 61: 835-845.
- Curtis, J. D. & Lersten, N. R. 1978. Heterophylly in *Populus grandidentata* (Salicaceae) with emphasis on resin glands and extrafloral nectaries. - American Journal of Botany 65: 1003-1010.
- Den Hartog, R. M. & Baas P. 1978. Epidermal characters of the Celastraceae sensu lato. - Acta Botanica Neerlandica 27: 355-388.
- Dickison, W. C. 2000. Integrative Plant Anatomy. - Academic Press., California.
- Dilcher, D. L. 1974. Approaches to the identification of angiosperms leaf remains. - The Botanical Review 40: 1-157.
- Duke, J. A. 1969. On tropical tree seedlings. 1. Seeds, seedlings, systems, and systematics. - Annals of the Missouri Botanical Garden 56: 125-161.
- Fahn, A. 1979. Secretory tissues in plants. - Academic Press, London.
- Fahn, A. & Cutler, D. 1992. Xerophytes. - Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Feller, I. C. 1996. Effects of nutrient enrichment on leaf anatomy of dwarf *Rhizophora mangle* L. (Red Mangrove). - Biotropica 28: 13-22.

- Ferreira Jr., W. G. 2004. Composição, estrutura e análise de gradientes em uma floresta estacional semi-decídua (Viçosa-MG) - Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Golycheva, M. D. 1975. Leaf anatomy of *Idesia polycarpa* Maxim. And other Flacourtiaceae in connection with the problem of affinitive interrelations between the families Salicaceae and Flacourtiaceae. - *Botanicheskij Zhurnal* 60: 787-799.
- Haberlandt, G. 1928. *Physiological plant anatomy*. – Macmillan & Co. Ltda., London.
- Hickey, L. J. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. - *American Journal of Botany* 60: 17-33.
- Hickey, L. J. & Wolfe, J. A. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. - *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62: 538-589.
- Howard, R. A. 1979. The petiole. - In: Metcalfe, C. R. & Chalk, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. - Vol. 1. Oxford Clarendon Press, Oxford, pp. 88-96.
- Hutching, J. 1967. *The genera of flowering plants*, Vol 2 – Clarendon Press, Oxford.
- Irsigler, D. T. 2002. Composição florística e estrutura de um trecho primitivo de floresta estacional semidecidual em Viçosa – MG - Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Jensen, W. A. 1962. *Botanical histochemistry: principles and practice* - W. H. Freeman & Co., San Francisco.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant microtechnique* - Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York.
- Judd, W. S. 1997. The Flacourtiaceae in the southeastern United States - *Harvard Papers in Botany* 10: 65-79.
- Karnovsky, M. J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy - *Journal of Cell Biology* 27: 137-138.
- Keating, R. C. 1973. Pollen morphology and relationships of the Flacourtiaceae. – *Annals of the Missouri Botanical Garden* 60: 273-305.
- Keating, R. C. 1975. Trends of specialization in the pollen of Flacourtiaceae with comparative observations of Cochlospermaceae and Bixaceae. – *Grana* 15: 29-49.
- Klein, R. M. & Sleumer, H. O. 1984. Flacourtiáceas. - In: Raulino Reitz (ed.), *Flora ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí - Santa Catarina.
- Klucking, E. P. 1992. Leaf venation patterns. Flacourtiaceae, vol. 6. – J. Cramer, Berlin.
- Kong, H. Z. 2001. Comparative morphology of leaf epidermis in the Chloranthaceae - *Botanical Journal of the Linnean Society* 136: 279-294.
- Kraus, J. E.; Sousa, H. C.; Rezende, M. H.; Castro, N. M.; Vechi, C. & Luque, R. 1998. Astrablue and basic fuchsin double staining of plant materials. - *Biotechnic and Histochemistry* 73: 235-243.
- Krishnan, N. 1981. Pollen morphology of some Flacourtiaceae. – *Proceedings of the Indian Academy of Science* 90: 163-168.

- Krishnan, N. 1986. Taxonomic status of *Flacourtia ramontchi* L'Herit.- Current Science Bangalore 55: 868-869.
- Larcher, W. 2000. Ecofisiologia vegetal. - Rima Artes e Textos, São Carlos.
- Lemke, D. E. 1983. Taxonomy of *Neopringlea* (Flacourtiaceae). - Systematic Botany 8: 430-435.
- Lemke, D. E. 1987a. Morphology, xylem anatomy, and relationships of *Neopringlea* (Flacourtiaceae). - Ibid 12: 609-616.
- Lemke, D. E. 1987b. Tribal relationships of *Bartholomaeae* (Flacourtiaceae). - Brittonia 39: 436-439.
- Lemke, D. E. 1988. A synopsis of Flacourtiaceae - Aliso 12: 29-43.
- Lersten, N. R. & Curtis, J. D. 1994. Leaf anatomy in *Caesalpinia* and *Hoffmannseggia* (Leguminosae, Caesalpinioideae) with emphasis on secretory structures - Plant Systematics and Evolution 192: 231-255.
- Leskinen, E. & Alström-Rapaport, C. 1999. Molecular phylogeny of Salicaceae and closely related Flacourtiaceae: evidence from 5.8 S, TIS 1 and ITS 2 of the rDNA. - Plant Systematics and Evolution 215: 209-227.
- Mariscal-Flores, E. J. 1993. Potencial produtivo e alternativas de manejo sustentável de um fragmento de Mata Atlântica secundária, Município de Viçosa, Minas Gerais - Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Mauseth, J. D. 1988. Plant anatomy. - The Benjamin/Cummings Publishing Co., California.
- Meeuse, A. D. J. 1975. Taxonomic relationships of Salicaceae and Flacourtiaceae: their bearing on interpretative floral morphology and dilleniid phylogeny. - Acta Botanica Neerlandica 24: 437-457.
- Meira, R. M. S. & Martins, F. M. 2003. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal - Revista Árvore 27: 109-112.
- Meira-Neto, J. A. A. & Martins, F. R. 2002. Composição florística de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana no município de Viçosa - MG - Revista Árvore 26: 437-446.
- Merida, T. & Medina, E. 1967. Anatomia y composicion foliar de arboles de las sabanas de Trachypogon en Venezuela. - Boletim da Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales 27: 45-55.
- Metcalf, C. R. 1952. The anatomical structure of the Dioncophyllaceae in relation to the taxonomic affinity of the family. - Kew Bulletin 1951: 351-368.
- Metcalf, C. F. & Chalk, L. 1950. Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses, Vol. I - Clarendon Press, Oxford.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1979. Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of leaf and stem with a brief history of the subject, Vol. 1, 2nd ed. - Clarendon Press, Oxford.
- Metcalf, C. R.; Chalk, L. 1983. Anatomy of the dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction, Vol. 2, 2nd ed. - Clarendon Press, Oxford.
- Miller, R. B. 1975. Systematic anatomy of the xylem and comments on the relationships of Flacourtiaceae - Journal of the Arnold Arboretum 56: 20-102.

- Moraes, P. L. R. & Paoli, A. A. S. 1999. Epiderme e padrão de venação foliar de espécies de Lauraceae - Acta Botanica Brasilica 13: 87-97.
- Morawetz, W. 1981. Zur systematischen Stellung der Gattung *Prockia*: Karyologie und Epidermisskulptur im Vergleich zu *Flacourtia* (Flacourtiaceae), *Grewia* (Tiliaceae) und verwandten Gattungen. – Plant Systematics and Evolution 139: 57-78.
- Mukherjee, P. 1975. Cytotaxonomical studies on *Bixa* and *Flacourtia*. – Bulletin Bot. Soc. Bengal 29: 25-27.
- Nandi, O. I.; Chase, M. W. & Endress, P. K. 1998. A combined cladistic analysis of angiosperms using *rbcL* and non-molecular data sets. – Annals of the Missouri Botanical Garden 85: 137-214.
- O'Brien, T. P. & McCully, M. E. 1981. The study of plant structure principles and selected methods - Termarcarphi Pty. Ltda, Melbourne
- Paula, C. C. 1998. Florística da família Bromeliaceae no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG – Brasil - Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Pyykkö, M. 1966. Morphology and anatomy of leaves from some woody plants in a humid tropical forest of Venezuelan Guayana. – Acta Botanica Fennica 112: 1-41.
- Raju, V. S. & Rao, P. N. 1977. Variation in the structure and development of foliar stomata in the Euphorbiaceae. – Botanical Journal of the Linnean Society 75: 69-97.
- Raven, P. H. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: cytology. – Annals of the Missouri Botanical Garden 62: 724-764.
- Rehfeldt, A. G.; Schulte, E. & Spener, F. 1980. Occurrence and biosynthesis of cyclopentenyl fatty acids in leaves and chloroplasts of Flacourtiaceae. – Phytochemistry 19: 1685-1689.
- Reis, C.; Proença, S. L. & Sajo, M. G. 2004. Vascularização foliar e anatomia do pecíolo de Melastomataceae do cerrado do estado de São Paulo, Brasil. – Acta Botanica Brasilica 18: 987-999.
- Sartori, A. L. B. & Tozzi, A. M. G. A. 2002. Comparative leaflet anatomy in *Myrocarpus* Allemão, *Myroxylon* L. f. and *Myrospermum* Jacq. (Leguminosae-Papilionoideae-Sophoreae) species - Botanical Journal of the Linnean Society 140: 249-259.
- Scatena, V. L.; Cardoso, V. A. & Giulietti, A. M. 1999. Morfoanatomia de espécies de *Blastoculon* Ruhland (Eriocaulaceae) - Acta Botanica Brasilica 13: 29-41.
- Schaeffer, J. 1972. Pollen morphology of the genus *Hydnocarpus* (Flacourtiaceae). – Blumea 20: 65-86.
- Shtromberg, A. 1959. Cambial activity in leaves of some woody dicotyledons. – Doklady Botanical Sciences Sections 124: 699-702.
- Silva, A. F. da; Fontes, N. R. L. & Leitão-Filho, H. de F. 2000. Composição florística e estrutura horizontal do estrato arbóreo de um trecho da Mata da Biologia da Universidade Federal de Viçosa – Zona da Mata de Minas Gerais - Revista Árvore 24: 397-405.
- Sleumer, H. 1954. Flacourtiaceae - Flora Malesiana Bulletin 1: 1-106.
- Sleumer, H. 1975. Flacourtiaceae. – In: Flora of tropical East Africa. London.

- Sleumer, H. 1980. Flacourtiaceae. Monograph number 22. - In: Flora Neotropica 22. The New York Botanical Garden, Nova York.
- Smith, F. H. & Smith, E. C. 1942. Anatomy of the inferior ovary of *Darbya* - American Journal of Botany 29: 464-471.
- Sneath, P. H. & Sokal, R. R. 1973. Numerical taxonomy. - W. H. Freeman Co., San Francisco.
- Solereeder, H. 1908. Systematic anatomy of the dicotyledons - Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
- Spencer, K. C. & Seigler, D. S. 1985. Cyanogenic glycosides and the systematics of the Flacourtiaceae. - Biochemical Systematics and Ecology 13: 421-431.
- Takhtajan, A. 1997. Diversity and classification of flowering plants.- Columbia University Press, New York.
- Teixeira, S. P. & Gabrielli, A. C. 2006. Taxonomic value of foliar characters in *Dahlstedtia* Malme - Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae. - Acta Botanica Brasilica 20: 395-403.
- Thadeo, M.; Cassino, M.F.; Vitarelli, N.C.; Meira, R.M.S.A.; Azevedo, A.A.; Araújo, J.M. & Valente, V.M.M. Caracterização anatômica e histoquímica das glândulas foliares de *Prockia crucis* P. Browne ex. L. - Annals of Botany (enviado para publicação).
- Van Cotthem, W. R. J. 1970. A classification of stomatal types. - Botanical Journal of the Linnean Society 63: 235-246.
- van Heel, W. A. 1977. Flowers and fruits in Flacourtiaceae III. Some Oncobeeae. - Blumea 23: 349-369.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. & Lima, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal - IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.
- Williams, L. O. 1965. The story of two sterile specimens - Annals of the Missouri Botanical Garden 52: 485-486.