

## Anatomia foliar de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) do Cerrado do Estado de São Paulo, Brasil<sup>1</sup>

Angela C. Bieras<sup>2,3</sup> e Maria das Graças Sajo<sup>2</sup>

Recebido em 10/06/2001. Aceito em 11/02/2004

**RESUMO** – (Anatomia foliar de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) do Cerrado do Estado de São Paulo, Brasil). Com o objetivo de apontar caracteres úteis na delimitação taxonômica, foram estudadas as folhas das espécies de *Erythroxylum* do Cerrado do Estado de São Paulo (*E. ambiguum*, *E. campestre*, *E. cuneifolium*, *E. deciduum*, *E. microphyllum*, *E. nanum*, *E. pelleterianum*, *E. suberosum* e *E. tortuosum*). Todas as folhas são revestidas por cristais de cera epicuticular, que apresentam forma de grânulo ou plaquetas e se distribuem de maneira esparsa ou densa. Para todos os representantes, o padrão de nervação é camptódromo - broquidódromo, o mesófilo é dorsiventral e os estômatos restringem-se à superfície abaxial. Algumas características como bordo acuminado, região da nervura central com projeção adaxial, feixes vasculares laterais envolvidos por bainha parenquimática e tecido vascular em forma de arco aberto, nos pecíolos, são de ampla distribuição nas espécies estudadas. Outras características como bordo arredondado, nervura central com um único feixe vascular, epiderme papilosa na face abaxial e ocasionalmente biestratificada, na adaxial, além de esclereídes dispersas no mesófilo, restringem-se a determinados táxons. A presença ou ausência dos diferentes caracteres foliares permitiu elaborar uma chave de identificação para os *Erythroxylum* aqui estudados.

**Palavras-chave:** anatomia foliar, Cerrado, Erythroxylaceae, *Erythroxylum*, taxonomia

**ABSTRACT** – (Leaf anatomy of *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) from Cerrado of the state of São Paulo, Brazil). With the aim of pointing out useful character for taxonomic purposes, we studied the leaf of the *Erythroxylum* species that grow on Cerrado vegetation in São Paulo state, Brazil (*E. ambiguum*, *E. campestre*, *E. cuneifolium*, *E. deciduum*, *E. microphyllum*, *E. nanum*, *E. pelleterianum*, *E. suberosum* and *E. tortuosum*). They are all covered by granules or platelets of epicuticular waxes of sparse or dense distribution. The venation is of camptodromous - brochidodromous pattern, the mesophyll is dorsiventral and the stomata occur only on the abaxial surface. Some features, such as acuminate margin, midrib region with adaxial projection, lateral vascular bundle surrounded by a parenchymatous sheath and petiole with vascular tissue in an opened arc-shape, are widely distributed amongst the studied species. Others, like rounded margin, midrib with only one vascular bundle, papillose epidermis on the abaxial surface, and occasionally bilayered on the adaxial surface, besides scattered sclereids on the mesophyll, occur only in some taxa. The occurrence or not of these leaf features allowed the elaboration of an identification key for the *Erythroxylum* species.

**Key words:** foliar anatomy, Cerrado, Erythroxylaceae, *Erythroxylum*, taxonomy

### Introdução

O Cerrado abrange 20 a 25% do território nacional (Joly 1970; Hueck 1978; Ferri 1980; Ratter *et al.* 1997) e apresenta um gradiente fisionômico que varia desde uma paisagem campestre (os campos limpos) até paisagem com aspecto florestal (os cerradões), intermediadas pelos campos sujos, campos cerrados e cerrados *sensu stricto* (Coutinho 1978). Reúne flora bastante rica e diversificada, com cerca de 6.062 espécies de fanerógamas e 267 espécies de pteridófitas (Mendonça *et al.* 1998).

No Estado de São Paulo, o Cerrado originalmente encontrava-se na região centro - norte, mas devido ao

ritmo intenso e desordenado de ocupação, sua área original foi drasticamente reduzida. Algumas espécies de *Erythroxylum* P. Browne, com súber espesso e galhos retorcidos, são bastante características deste tipo de formação vegetal. O gênero compreende cerca de 180 espécies neotrópicas (Ribeiro *et al.* 1999), sendo que para o Brasil foram listadas 130 espécies em ambientes florestais e de cerrado *sensu lato*. Reúne representantes arbóreos, arbustivos e subarbustivos com folhas inteiras, glabras, membranáceas a coriáceas, de filotaxia alterna ou oposta e portadoras de estípulas interpeciolares, geralmente persistentes e estriadas no sentido longitudinal (Amaral Junior 1980; Ribeiro *et al.* 1999).

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado da primeira Autora

<sup>2</sup> Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, C. Postal 199, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: acbieras@rc.unesp.br

Alguns trabalhos utilizam a morfologia e anatomia foliar como auxiliares na separação das espécies de *Erythroxylum* (Bohm *et al.* 1982; Rury & Plowman 1983). Entretanto, esses estudos se referem principalmente às espécies de cocas (*E. coca* e *E. novogranatense*) e suas variedades, que são os representantes mais populares deste gênero. Outros trabalhos, como os de Ballard (1926), Machado (1972) e Rury (1981) merecem destaque, pois discutem a importância taxonômica de caracteres foliares e da madeira, na identificação de espécies de *Erythroxylum*. Ballard (1926) e Machado (1972) elaboraram chaves de identificação com base na anatomia foliar, e Rury (1981) considerou seguro o uso de caracteres morfológicos e anatômicos na taxonomia do gênero, principalmente quando associados a aspectos ecológicos.

O presente trabalho descreve a anatomia foliar de nove espécies de *Erythroxylum*, do Cerrado do Estado de São Paulo, com o objetivo de apontar caracteres que auxiliem na delimitação desses táxons.

## Material e métodos

Foram coletados ramos com folhas adultas dos *Erythroxylum* presentes nos remanescentes de Cerrado de Botucatu, Itirapina, Corumbataí (Área de Proteção Ambiental) e Mogi-Guaçu (Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu), de acordo com os levantamentos efetuados por Amaral Junior (1973), Pagano *et al.* (1989) e Mantovani & Martins (1993). Os locais de coleta abrangeram formas fisionômicas que variam desde campo cerrado a cerradão.

As exsiccatas encontram-se depositadas no Herbário Rioclarense (HRCB), com as seguintes especificações: Seção *Archerythroxylum* O.E. Schulz: *E. ambiguum* Peyr. (HRCB 36724) e *E. tortuosum* Mart. (HRCB 36718); Seção *Macrocalyx* O.E. Schulz: *E. suberosum* St. Hil. (HRCB 36716); Seção *Microphyllum* O.E. Schulz: *E. cuneifolium* (Mart.) O.E. Schulz (HRCB 36717), *E. microphyllum* St. Hil. (HRCB 36721); Seção *Rhabdophyllum* O.E. Schulz: *E. campestre* St. Hil. (HRCB 36723), *E. deciduum* St. Hil. (HRCB 36720), *E. nanum* St. Hil. (HRCB 36719), *E. pelleterianum* St. Hil. (HRCB 36722). O porte das espécies varia de subarbustivo (*E. microphyllum*, *E. campestre* e *E. nanum*) a arbóreo (demais representantes).

Os estudos foram realizados utilizando-se folhas coletadas na região da copa sob plena luminosidade e pertencentes ao 3° e/ou 4° nó. Para cada espécie foram

estudados aproximadamente 5-6 representantes diferentes. As folhas foram previamente fixadas em FAA 50 (Johansen 1940) e estocadas em etanol 50% glicerinado.

A micromorfologia da superfície foliar foi analisada com o uso do microscópio eletrônico de varredura. Para tanto, o material foi seco entre lâminas de vidro, montado em suportes e metalizado por 120 segundos, seguindo as técnicas usuais de microscopia eletrônica de varredura. A classificação dos tipos de cera epicuticular baseou-se no trabalho de Barthlott *et al.* (1998).

Para o estudo do padrão de nervação foliar, utilizou-se o processo de diafanização proposto por Shobe & Lersten (1967), com as seguintes modificações: clarificação com solução de hidróxido de sódio a 30%, seguida de solução de hipoclorito de sódio a 80%; desidratação em série etanólica e coloração com safranina 1% em mistura de etanol 100% e xilol (1:1, v/v). O tempo de permanência do material botânico nas soluções variou de espécie para espécie. As folhas foram distendidas em placas de vidro, tendo como meio de montagem resina Entellan. Para o estudo do retículo (rede menor de nervuras), fragmentos do terço mediano das folhas diafanizadas foram montados em lâminas permanentes. As ampliações, utilizadas para a análise do padrão de nervação foram confeccionadas a partir das próprias placas de vidro que serviram como “negativos” projetados sobre papel fotográfico, utilizando-se um ampliador fotográfico. Para a descrição e classificação dos padrões de nervação utilizou-se os tipos básicos definidos por Hickey (1979).

Para os estudos anatômicos, os cortes histológicos transversais foram confeccionados à mão-livre, nas regiões apical dos pecíolos (Howard 1979) e mediana dos limbos, que foram divididos em semi-limbo, bordo e nervura central, quando necessário. Os cortes foram clarificados com água sanitária 20%, corados com azul de astra e safranina (Bukatsch 1972 *in* Kraus & Arduin 1997) e, posteriormente, montados em lâminas semi-permanentes, com gelatina glicerinada (Haupt 1930 *in* Kraus & Arduin 1997).

Os resultados obtidos foram registrados por meio de fotografias, fotomicrografias e eletromicrografias, sendo as escalas fotografadas nas mesmas condições ópticas.

## Resultados e discussão

Micromorfologia da superfície foliar - As ceras epicuticulares não se distribuem homogeneamente nas

duas faces foliares. Na face adaxial, da maioria das espécies, as ceras depositam-se de forma esparsa (Tab. 1), como observado em *E. cuneifolium* (Fig. 1); entretanto, em *E. suberosum* (Fig. 2) e *E. nanum* as ceras cobrem quase que totalmente a superfície foliar e, em *E. deciduum* (Fig. 3) elas depositam-se apenas nas depressões, localizadas entre as estrias da cutícula. Cristais de cera (Tab. 1) na forma de grânulos aparecem na superfície adaxial das folhas de *E. nanum* (Fig. 4), *E. ambiguum* e *E. campestre*; nas demais espécies, como em *E. microphyllum* (Fig. 5) os cristais têm forma de plaquetas, arranjadas em rosetas. Já em relação à face abaxial (Tab. 1), exceto por *E. nanum* (Fig. 6) onde quase não se observam depósitos de cera, todas as folhas são densamente recobertas por esse composto, semelhante ao que ocorre em *E. deciduum* (Fig. 7), fato que dificulta a visualização da cutícula. Também a forma dos cristais de cera varia dentro das espécies estudadas (Tab. 1). Assim, nas folhas de *E. campestre* (Fig. 8) eles apresentam forma de grânulos, em *E. tortuosum* (Fig. 9) forma de plaquetas membranáceas e, nas demais espécies, como em *E. suberosum* (Fig. 10) forma de plaquetas arranjadas em rosetas (Tab. 1). Segundo Barthlott *et al.* (1998), cristais de cera formando placas ou plaquetas encontram-se amplamente distribuídos nas plantas apresentando, portanto, pouco significado taxonômico. Em todos os representantes, a cutícula apresenta ornamentação em costelas (Fig. 1), segundo a classificação de Wilkinson (1979).

Os estômatos (Fig. 6-10), restritos à face abaxial, não são facilmente visíveis devido ao acúmulo de ceras

e à espessura da cutícula. Entretanto, notam-se fendas na epiderme que correspondem aos pontos onde estas estruturas estão alojadas. Tais fendas são sempre guarnecidas por cera epicuticular (Fig. 8-10) e, em *E. tortuosum* (Fig. 9), o intenso acúmulo de cera praticamente as obstrui.

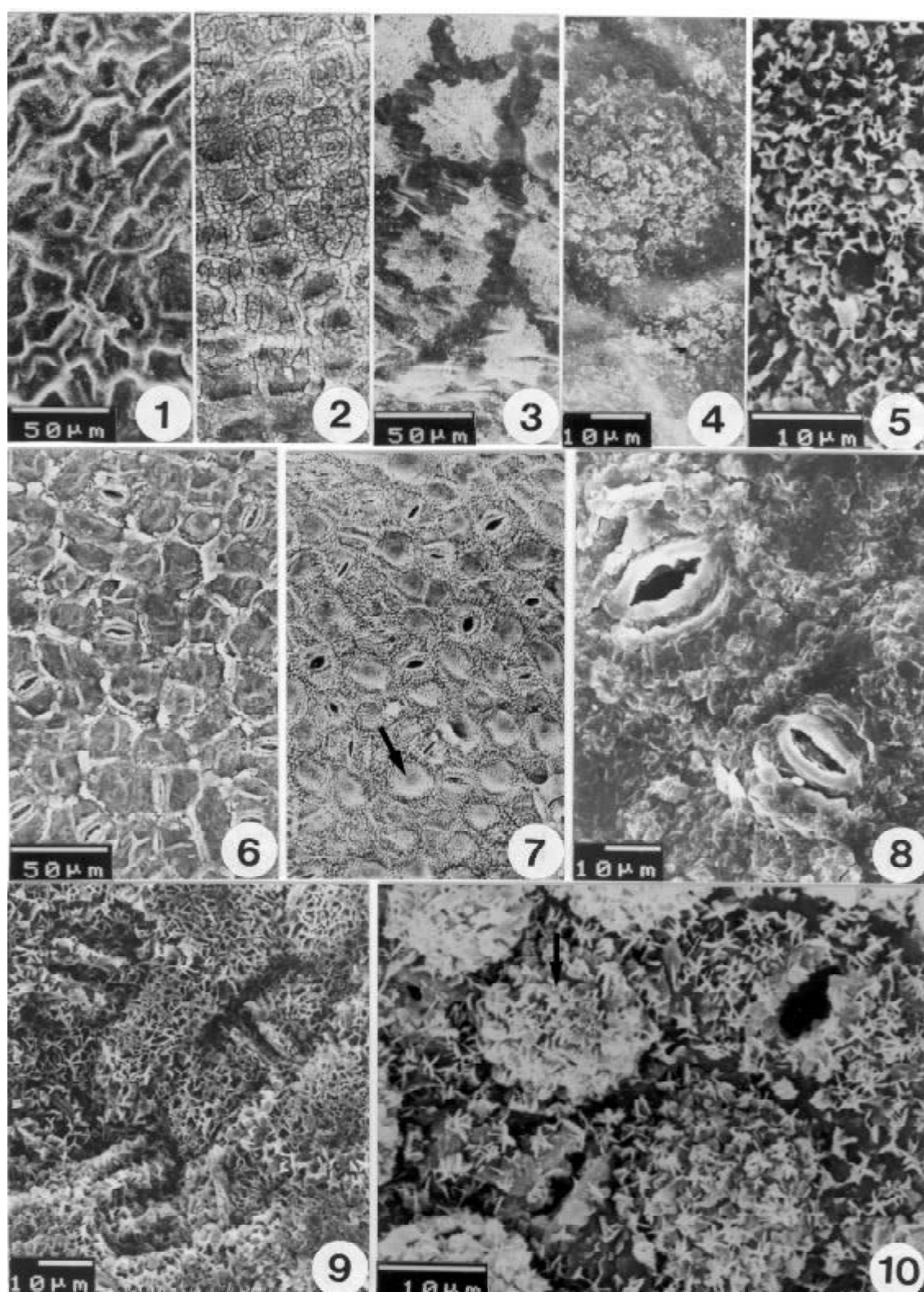
Na superfície abaxial das folhas de *E. deciduum* (Fig. 7, seta) e *E. suberosum* (Fig. 10, seta), observam-se projeções (Tab. 1) que, segundo Salatino *et al.* (1986), representam células papilosas. Entretanto, tais projeções ocorrem em qualquer célula e parecem representar mais um acúmulo de ceras (Fig. 10). Além disso, as folhas dessas espécies não mostram, em corte transversal, células epidérmicas papilosas, conforme observado nas Fig. 21-22. De acordo com Salatino *et al.* (1986), a presença de estrias cuticulares, de cristais de cera e de tricomas nas folhas podem indicar adaptações às condições do cerrado, onde predominam altas intensidades luminosas e as espécies lenhosas apresentam elevadas taxas de transpiração.

Os dados apresentados na Tabela 1 mostram que na seção *Microphyllum* tanto o padrão de distribuição como a forma dos cristais de cera é constante nas espécies estudadas; entretanto, nas demais seções, salvo *Macrocalyx*, representada por apenas uma espécie, essas características variam entre os indivíduos estudados.

Nervação foliar - Todas as espécies estudadas apresentam nervura principal com traçado reto e nervação secundária do tipo camptódromo-broquidódromo (Fig. 11). A ocorrência de nervuras intersecundárias também é característica comum entre

Tabela 1. Características micromorfológicas das superfícies foliares de espécies de *Erythroxylum* P. Browne do Cerrado do Estado de São Paulo, Brasil.

Espécies	Ceras na face adaxial				Ceras na face abaxial					
	Distribuição		Forma dos cristais		Distribuição		Forma dos cristais		Projeções	
	Esparsa	Em depressão	Grânulo	Plaqueta	Esparsa	Uniforme	Grânulo	Plaqueta membranácea		
Seção <i>Archerythroxylum</i>										
<i>E. ambiguum</i>	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-
<i>E. tortuosum</i>	X	-	-	-	X	-	X	-	-	X
Seção <i>Macrocalyx</i>										
<i>E. suberosum</i>	-	-	X	-	X	-	X	-	X	-
Seção <i>Microphyllum</i>										
<i>E. cuneifolium</i>	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-
<i>E. microphyllum</i>	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-
Seção <i>Rhabdophyllum</i>										
<i>E. campestre</i>	X	-	-	X	-	-	X	X	-	-
<i>E. deciduum</i>	-	X	-	-	X	-	X	-	X	-
<i>E. nanum</i>	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-
<i>E. pelleterianum</i>	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-



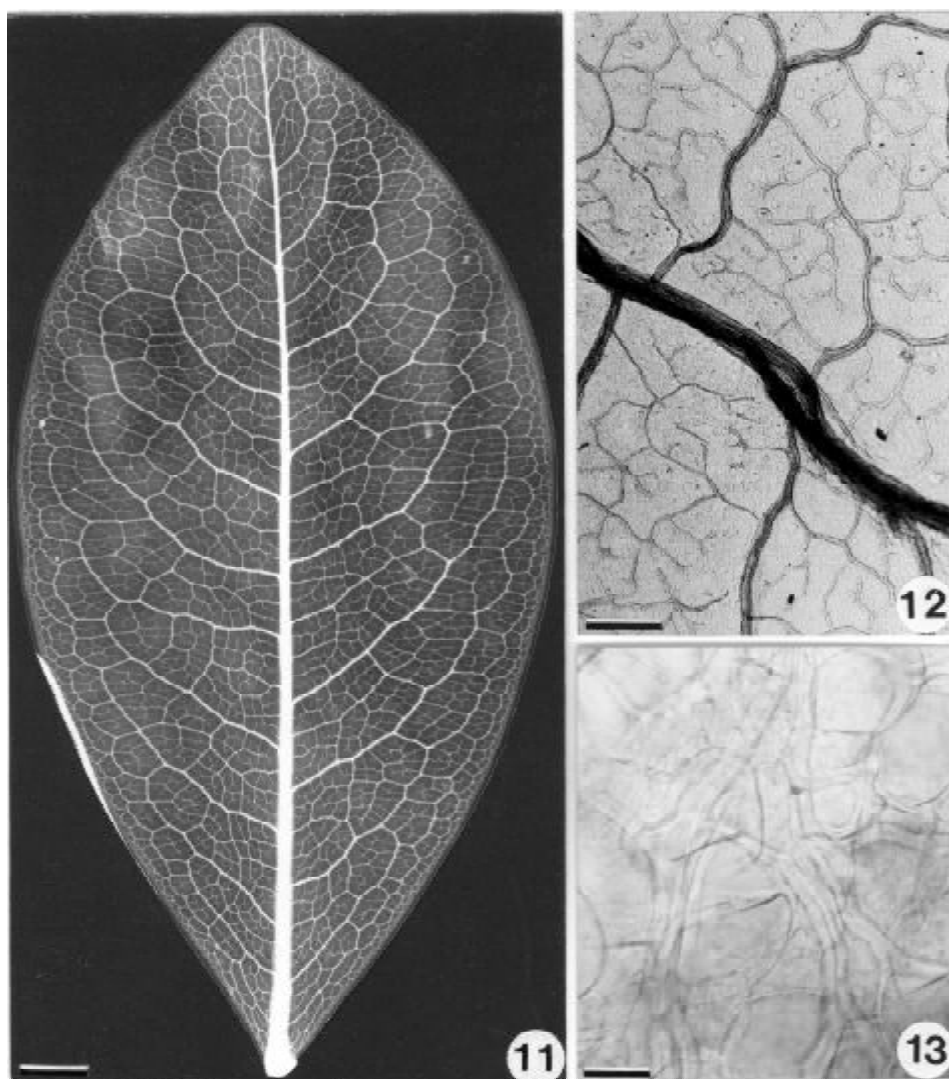
Figuras 1-10. Superfície foliar de *Erythroxylum*. 1-5. Face adaxial. 1. *Erythroxylum cuneifolium*, mostrando cera distribuída de forma esparsa. 2. *Erythroxylum suberosum* mostrando cera distribuída de forma densa. 3. *Erythroxylum deciduum*, mostrando cera distribuída em depressões. 4. *Erythroxylum nanum*, com cristais de cera em forma de grânulos. 5. *Erythroxylum microphyllum*, com cristais de cera em forma de plaquetas. 6-10. Face abaxial. 6. *Erythroxylum nanum*, mostrando cera distribuída de forma esparsa. 7. *Erythroxylum deciduum* mostrando cera distribuída de forma densa e projeções de cera (seta). 8. *Erythroxylum campestre*, com cristais de cera em forma de grânulos. 9. *Erythroxylum tortuosum*, com cristais de cera em forma de plaquetas membranáceas. 10. *Erythroxylum suberosum*, com cristais de cera em forma de plaquetas e projeções de cera (seta).

as espécies (Fig. 11). As nervuras terciárias e de ordem superior determinam aréolas imperfeitas, de formato irregular e distribuídas ao acaso (Fig. 12). Em *E. campestre* (Fig. 13) e *E. suberosum*, a presença de esclereídes dificulta a observação dessas nervuras. Na maioria das espécies, a última nervação marginal é do tipo em arco, como em *E. tortuosum* (Fig. 14), caracterizado por uma série de arcos, de onde podem se originar nervuras mais delgadas. Em *E. cuneifolium* (Fig. 15) e *E. ambiguum* ela é do tipo incompleta e caracteriza-se por apresentar vênulas adjacentes à margem. Numa mesma folha, as terminações vasculares podem ser simples ou ramificadas (Fig. 16).

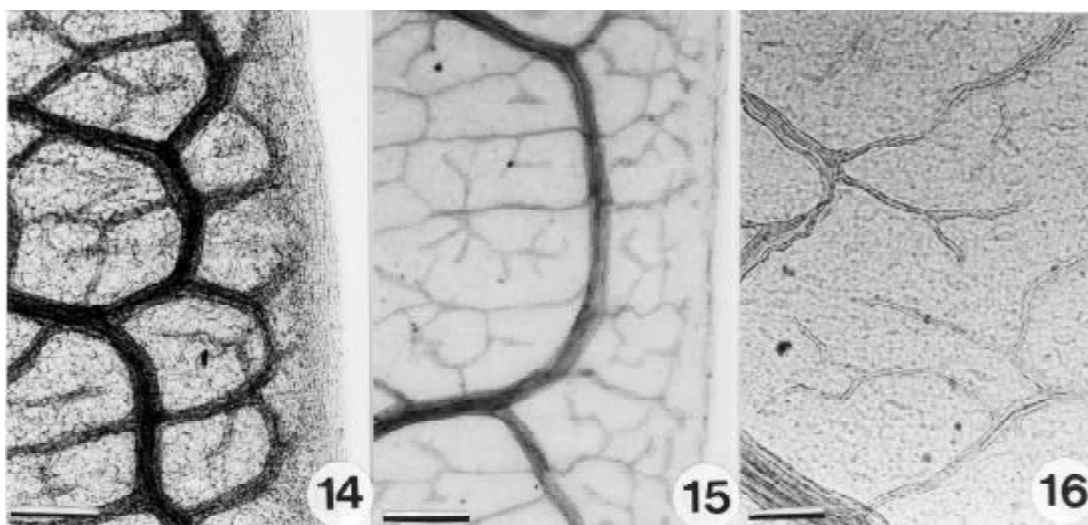
De acordo com Rury (1981), embora o padrão de nervação seja variável nas espécies de coca, esse caráter pode ser taxonomicamente útil dentro de

Erythroxylaceae. Nas espécies aqui estudadas, nota-se variação apenas na última nervação marginal, já que as nervuras primárias, secundárias e terciárias apresentam sempre o mesmo padrão.

Anatomia foliar - Em todos os pecíolos, a epiderme uniestratificada é constituída por células de tamanho reduzido e revestida por cutícula espessa (Fig. 17-19); o córtex é formado por colênquima angular, externamente, e por parênquima interno, semelhante ao representado na Fig. 18. A configuração do tecido vascular pode apresentar a forma de arco fechado, como em *E. suberosum* (Fig. 17) e *E. campestre*, ou de arco aberto, como em *E. ambiguum* e *E. microphyllum* (Fig. 18-19). Arco aberto é a forma mais comum para os pecíolos de *Erythroxylum*, ocorrendo nas espécies das seções *Archerythroxylum*,



Figuras 11-13. Nervação foliar de *Erythroxylum*. 11. *Erythroxylum campestre*, com nervação do tipo camptódromo-broquidódromo. 12. *Erythroxylum ambiguum*, mostrando aréolas imperfeitas. 13. *Erythroxylum campestre*, mostrando esclereídes. Barras: 11 = 0,5cm; 12 = 200µm; 13 = 30µm.



Figuras 14-16. Nervação foliar de *Erythroxylum*. 14. *Erythroxylum tortuosum*, com última nervação marginal em arco. 15. *Erythroxylum cuneifolium*, com última nervação marginal incompleta. 16. *Erythroxylum ambiguum*, mostrando terminações vasculares simples e ramificadas. Barras: 14-15 = 200µm; 16 = 70µm.

*Microphyllum* e na maioria das espécies da seção *Rhabdophyllum* (Tab. 2). Feixes colaterais isolados, em posição adaxial, caracterizam os pecíolos de *E. suberosum* (Fig. 17, seta), *E. campestre* e *E. nanum* (Tab. 2). É comum aos pecíolos estudados, a presença de uma bainha esclerenquimática envolvendo o tecido vascular. Tal bainha é formada por várias camadas de células nos representantes da seção *Microphyllum* (Fig. 19) e é pouco desenvolvida nas demais espécies estudadas, como em *E. suberosum* e *E. ambiguum* (Fig. 17-18) (Tab. 2).

As lâminas foliares são dorsiventrals, com parênquima paliçádico adaxial e parênquima lacunoso abaxial (Fig. 20-22). A cutícula é espessa na face adaxial. Também é comum a ocorrência de células mucilaginosas nas duas faces da epiderme (Fig. 20-21, seta), conforme referido por Metcalfe & Chalk (1957). Na face adaxial, a epiderme é uniestratificada nas folhas de *E. pelleterianum* (Fig. 20), *E. nanum* e *E. suberosum*, ocasionalmente biestratificada em *E. campestre* (Fig. 21) e *E. cuneifolium* e biestratificada nos demais representantes, como em *E. microphyllum* (Fig. 22, 25) (Tab. 3).

Nas espécies de *Erythroxylum* estudadas por Ballard (1926) predominam folhas com epiderme uniestratificada na face adaxial, sendo que *E. anguifugum* Mart., *E. obovatum* Macfad. e *Erythroxylum* sp. apresentam nessa face epiderme ocasionalmente biestratificada. Embora o número de camadas epidérmicas, na face adaxial, não pareça estar relacionado a grupos taxonômicos específicos (Tab. 3),

esse caráter foi usado como auxiliar na determinação das espécies aqui estudadas, conforme sugerido por Ballard (1926).

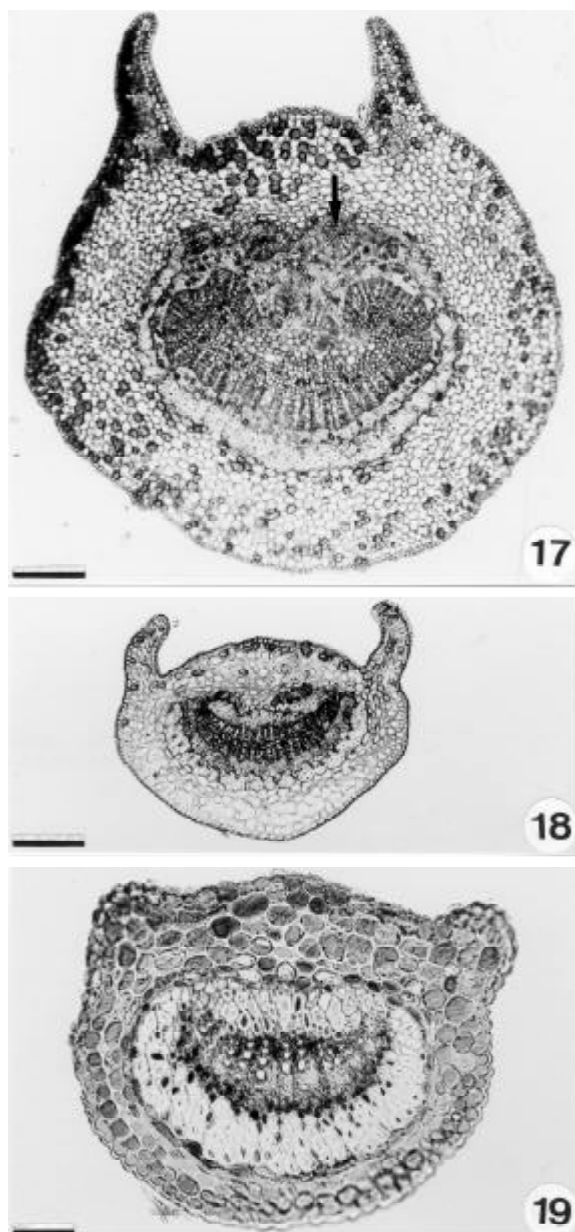
Em todas as folhas, na face abaxial a epiderme é uniestratificada (Fig. 20-22), sendo que em *E. pelleterianum* (Fig. 20) ela é formada por células papilosas (Tab. 3) que possuem forma de cúpula, segundo a classificação de Wilkinson (1979). De acordo com Metcalfe & Chalk (1957), epidermes papilosas são freqüentes em *Erythroxylum*, podendo ser um caráter útil na separação de espécies e variedades de cocas (Machado 1972; Rury & Plowman 1983).

Observam-se dois padrões distintos de organização para o mesofilo das espécies estudadas: parênquima paliçádico/lacunoso ocupando respectivamente 30/70%, da espessura da lâmina, como observado nas figuras 20 e 21, ou ocupando a mesma percentagem do mesofilo (50/50%), como ilustrado na figura 22 (Tab. 3). Mesofilos com parênquima paliçádico e lacunoso na mesma proporção caracterizam as folhas dos representantes das seções *Archerythroxylum* e *Microphyllum* e ocorrem apenas em *E. nanum* da seção *Rhabdophyllum*. Gotas de lipídios estão presentes no mesofilo de todas as espécies, como pode ser observado para *E. campestre* (Fig. 21, ponta de seta).

Os feixes vasculares laterais são, em geral, envolvidos por bainha de células parenquimáticas (Fig. 23, ba). Em *E. campestre* (Fig. 21 ba), *E. pelleterianum* e *E. suberosum*, tal bainha é formada por células esclerificadas. Bainha de natureza



parenquimática, envolvendo os feixes vasculares laterais, caracteriza os representantes das seções *Archerythroxyllum* e *Microphyllum*, embora também esteja presente em algumas espécies da seção *Rhabdophyllum* (Tab. 3). Também, em feixes vasculares de maior calibre, verifica-se a ocorrência



Figuras 17-19. Seções transversais do pecíolo de *Erythroxyllum* P. Browne. 17. *Erythroxyllum suberosum*, mostrando sistema vascular em forma de arco fechado, envolvido por camada de fibras pouco desenvolvida, e feixes colaterais isolados (seta). 18. *Erythroxyllum ambiguum*, mostrando sistema vascular em forma de arco aberto, envolvido por camada de fibras pouco desenvolvida. 19. *Erythroxyllum microphyllum*, mostrando sistema vascular em forma de arco aberto, envolvido por espessa camada de fibras. Barras: 17-18 = 200µm; 19 = 70µm.

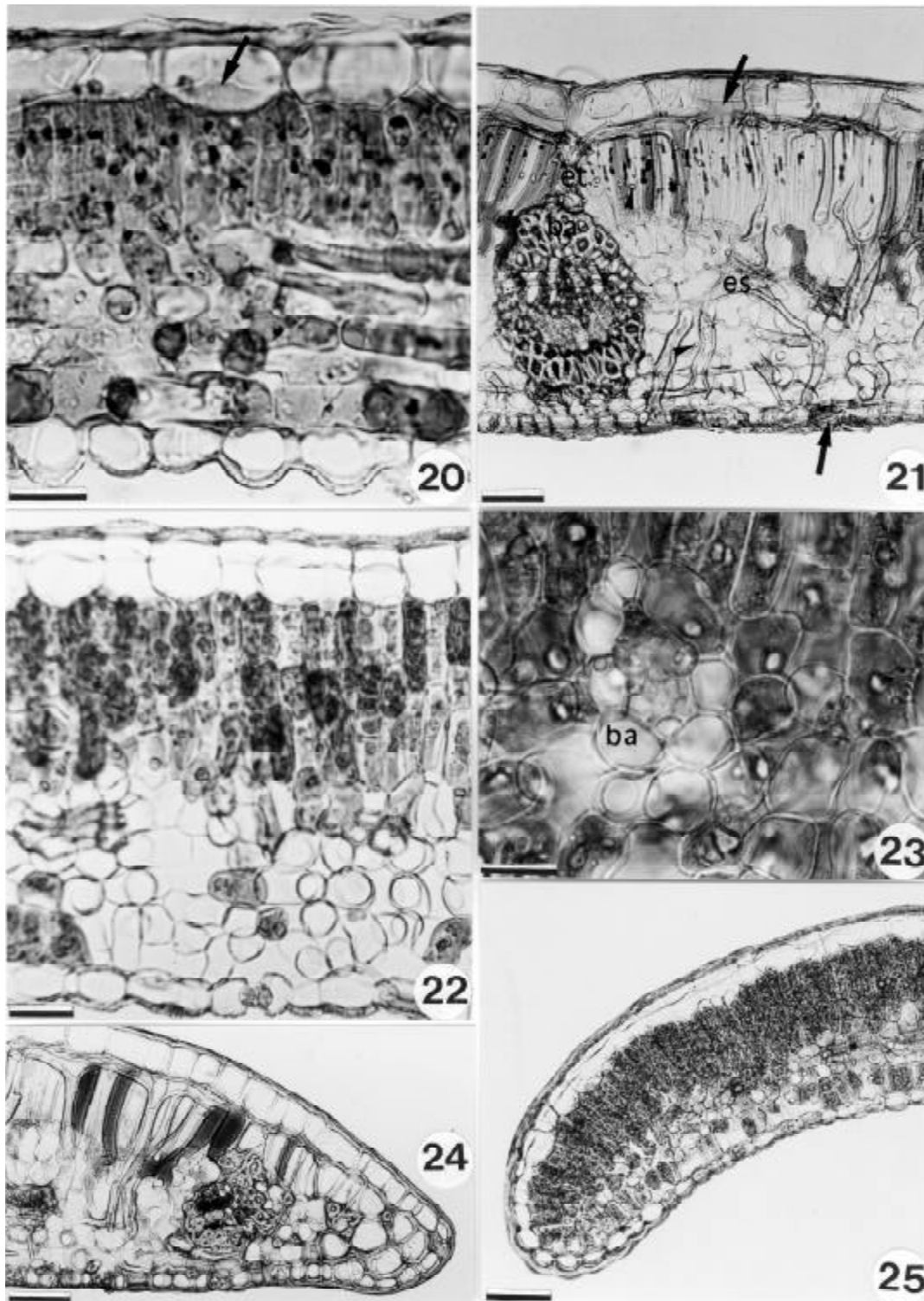
Tabela 2. Sistema vascular em corte transversal do pecíolo de espécies de *Erythroxyllum* P. Browne.

Espécies	Forma			Bainha	
	Arco aberto	Arco fechado	Feixes isolados	Pouco desenvolvida	Espessa
Seção <i>Archerythroxyllum</i>					
<i>E. ambiguum</i>	X	-	-	X	-
<i>E. tortuosum</i>	X	-	-	X	-
Seção <i>Macrocalyx</i>					
<i>E. suberosum</i>	-	X	X	X	-
Seção <i>Microphyllum</i>					
<i>E. cuneifolium</i>	X	-	-	-	X
<i>E. microphyllum</i>	X	-	-	-	X
Seção <i>Rhabdophyllum</i>					
<i>E. campestre</i>	-	X	X	X	-
<i>E. deciduum</i>	X	-	-	X	-
<i>E. nanum</i>	X	-	X	X	-
<i>E. pelleterianum</i>	X	-	-	X	-

de extensões de bainha parenquimática, como observado para *E. campestre* (Fig. 21 et); somente nas espécies da seção *Microphyllum* essas extensões estão ausentes (Tab. 3).

Esclereídes ramificadas e dispersas no mesofilo são comuns em *E. campestre*, seção *Rhabdophyllum* (Fig. 21, es) e *E. suberosum*, seção *Macrocalyx* (Tab. 3) e, em geral, elas estão em contato com as células esclerificadas, da bainha dos feixes laterais. Esses resultados confirmam as observações de Rury (1981), que também descreveu a presença de esclereídes para representantes das seções *Rhabdophyllum* e *Macrocalyx*. De acordo com Beiguelman (1962a, b), as esclereídes das folhas de *E. suberosum* representam ramificações de fibras do periciclo que envolvem os feixes vasculares laterais. Entretanto, nas espécies aqui estudadas nota-se que os dois tipos celulares se interligam, mas constituem unidades distintas. Segundo Ballard (1926), a presença ou não de esclereídes pode auxiliar na delimitação das espécies de *Erythroxyllum*. No presente estudo essa característica foi usada como auxiliar na identificação dos táxons.

Os bordos foliares, em corte transversal, podem apresentar forma acuminada, como em *E. campestre* (Fig. 24), ou arredondada como em *E. microphyllum* (Fig. 25) (Tab. 3); entretanto, a epiderme é sempre revestida por cutícula espessada nesta região (Fig. 24-25). Bordos acuminados ocorrem nos



Figuras 20-25. Seções transversais da lâmina foliar de *Erythroxylum* P. Browne. 20. *Erythroxylum pelleterianum*, mostrando na face adaxial, epiderme uniestratificada contendo mucilagem (seta) e na face abaxial papilas. Mesofilo dorsiventral com parênquima paliçádico/lacunososo ocupando respectivamente 30/70 % da espessura. 21. *Erythroxylum campestre*, mostrando células epidérmicas ocasionalmente biestratificadas na face adaxial e contendo mucilagem (seta) em ambas as faces, gota de lipídio (ponta de seta), esclereídes dispersos no mesofilo (es), bainha do feixe vascular esclerificada (ba) e extensão de bainha parenquimática (et). 22. *Erythroxylum microphyllum*, mostrando epiderme biestratificada na face adaxial e parênquima paliçádico/lacunososo ocupando 50/50% do mesofilo. 23. Detalhe de um feixe vascular lateral de *Erythroxylum microphyllum*, envolvido por bainha parenquimática (ba). 24. *Erythroxylum campestre*, mostrando bordo acuminado. 25. *Erythroxylum microphyllum*, mostrando bordo arredondado e epiderme biestratificada na face adaxial. Barras: 20, 23 = 20µm; 21,24-25 = 70µm; 22 = 30µm.



Tabela 3. Características anatômicas observadas, em corte transversal, na lâmina foliar de espécies de *Erythroxylum* P. Browne, do Cerrado do Estado de São Paulo.

Espécies	Epiderme				Mesofilo					Bordo	
	Uniestratificada	Ocasionalmente biestratificada	Biestratificada	Face abaxial papilosa	PP/PL (%)	Esclereídes	Parênquima	Esclerênquima	Extensão	Arredondado	Acuminado
Seção <i>Archerythroxylum</i>											
<i>E. ambiguum</i>	-	-	X	-	50/50	-	X	-	X	-	X
<i>E. tortuosum</i>	-	-	X	-	50/50	-	X	-	X	-	X
Seção <i>Macrocalyx</i>											
<i>E. suberosum</i>	X	-	-	-	30/70	X	-	X	X	-	X
Seção <i>Microphyllum</i>											
<i>E. cuneifolium</i>	-	X	-	-	50/50	-	X	-	-	X	-
<i>E. microphyllum</i>	-	-	X	-	50/50	-	X	-	-	X	-
Seção <i>Rhabdophyllum</i>											
<i>E. campestre</i>	-	X	-	-	30/70	X	-	X	X	-	X
<i>E. deciduum</i>	-	-	X	-	30/70	-	X	-	X	-	X
<i>E. nanum</i>	X	-	-	-	50/50	-	X	-	X	X	-
<i>E. pelleterianum</i>	X	-	-	X	30/70	-	-	X	X	-	X

PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso

representantes das seções *Archerythroxylum*, *Macrocalyx* e na maioria das espécies de *Rhabdophyllum*, enquanto que bordos arredondados caracterizam as espécies da seção *Microphyllum* e *E. nanum* da seção *Rhabdophyllum*.

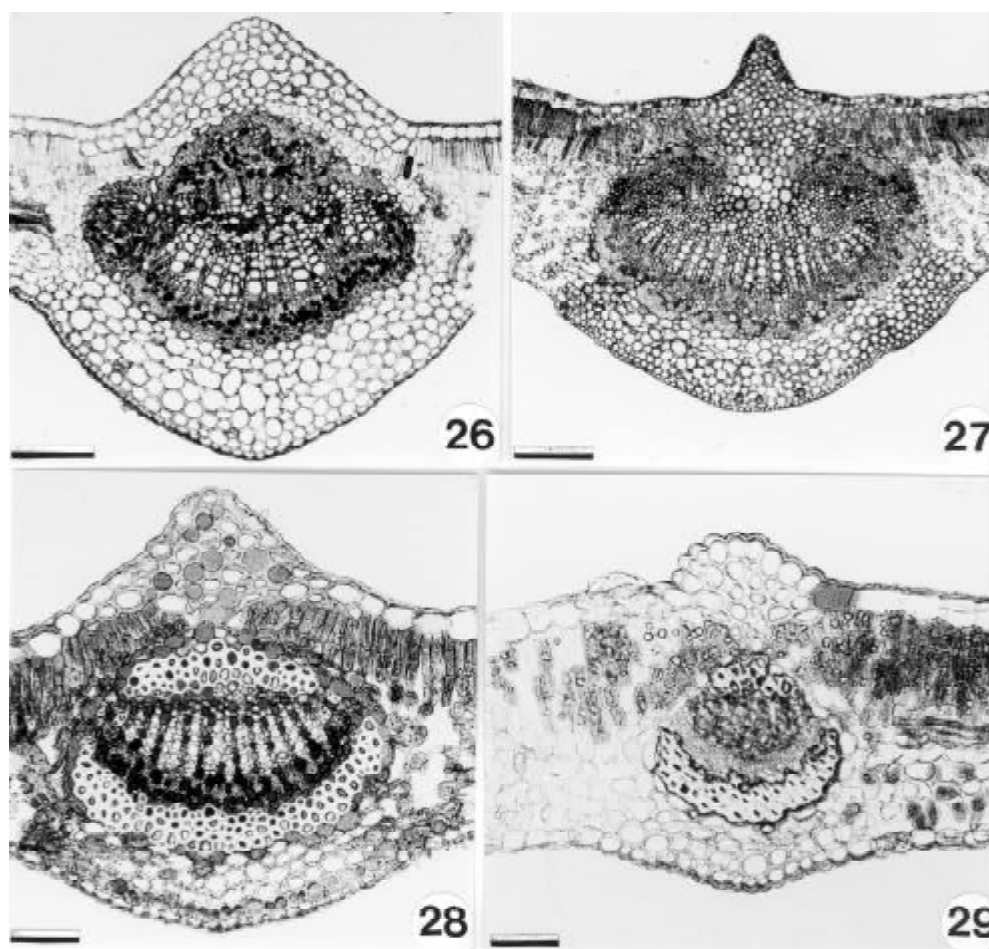
A região da nervura central (Fig. 26-29), em corte transversal, pode ser convexa nas duas faces, como em *E. campestre* (Fig. 26), acuminada na face adaxial e convexa na abaxial, como em *E. deciduum* (Fig. 27) e *E. cuneifolium* (Fig. 28) ou pouco saliente nas duas faces, como observado apenas em *E. microphyllum* (Fig. 29) (Tab. 4). Determinados autores (Ballard 1926; Machado 1972; Rury 1981; Bohm *et al.* 1982; Rury & Plowman 1983) denominam “cristas” as saliências presentes na face adaxial da região da nervura central e, de acordo com Ballard (1926) e Rury (1981), esta característica não tem valor taxonômico, no caso das cocas por eles estudadas. Entretanto, para os *Erythroxylum* examinados no presente trabalho, essa característica foi usada como auxiliar na identificação das espécies, confirmando o observado por Rury (1981) para outros representantes do mesmo gênero.

Na face abaxial desta região notam-se camadas de colênquima angular, seguidas por camadas de parênquima (Fig. 26-29). Beiguelman (1962b) observou que em folhas velhas de *E. suberosum*, a camada parenquimática mais interna se mostrava colapsada, devido à ocorrência de crescimento secundário. Isso

não foi aqui observado, possivelmente porque não foram selecionadas folhas velhas para o estudo.

A nervura central (Tab. 4) é formada por um único feixe em *E. microphyllum* (Fig. 29) ou por feixes unidos que se dispõem em anel, como *E. campestre* (Fig. 26); em ferradura, *E. deciduum* (Fig. 27) ou em arco aberto, como *E. cuneifolium* (Fig. 28). Em todas as folhas, observam-se camadas de fibras envolvendo o tecido vascular. Segundo Ballard (1926) a configuração da nervura central pode auxiliar na identificação de determinados *Erythroxylum*, embora Rury (1981) considere esse caráter importante apenas em casos restritos. Para os representantes aqui estudados, a forma e configuração do tecido vascular da nervura central, mostraram-se úteis na delimitação das espécies, embora essas características não sejam fixas dentro das seções do gênero.

Para as folhas de *Erythroxylum* aqui estudadas pode-se dizer que algumas características são de ampla distribuição, enquanto outras aparecem apenas em determinados táxons. Os caracteres de ampla distribuição incluem pecíolo com tecido vascular em forma de arco aberto e envolvido por bainha pouco desenvolvida, bordo foliar acuminado, região da nervura central com projeção na face adaxial e feixes vasculares laterais envolvidos por bainha parenquimática. As de ocorrência restrita são: pecíolo com tecido vascular em forma de arco fechado e



Figuras 26-29. Seções transversais da região da nervura central de *Erythroxylum* P. Browne. 26. *Erythroxylum campestre*, mostrando face adaxial e abaxial convexas e tecido vascular em forma de arco fechado. 27. *Erythroxylum deciduum*, mostrando face adaxial acuminada e abaxial convexa e tecido vascular em forma de ferradura. 28. *Erythroxylum cuneifolium*, mostrando face adaxial acuminada e abaxial convexa e tecido vascular em forma de arco aberto. 29. *Erythroxylum microphyllum*, mostrando face adaxial e abaxial pouco salientes e tecido vascular formado por um único feixe. Barras: 26-27 = 200µm; 28-29 = 70µm.

Tabela 4. Características observadas na região da nervura central, em corte transversal, de espécies de *Erythroxylum* P. Browne do Cerrado do Estado de São Paulo.

Espécies	Forma								
	Face adaxial			Face abaxial		Sistema vascular			
	Convexa	Acuminada	Pouco saliente	Convexa	Pouco saliente	Único feixe	Arco aberto	Ferradura	Anel
Seção <i>Archerythroxylum</i>									
<i>E. ambiguum</i>	X	-	-	X	-	-	X	-	-
<i>E. tortuosum</i>	-	X	-	X	-	-	-	X	-
Seção <i>Macrocalyx</i>									
<i>E. suberosum</i>	-	X	-	X	-	-	-	-	X
Seção <i>Microphyllum</i>									
<i>E. cuneifolium</i>	-	X	-	X	-	-	X	-	-
<i>E. microphyllum</i>	-	-	X	-	X	X	-	-	-
Seção <i>Rhabdophyllum</i>									
<i>E. campestre</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	X
<i>E. deciduum</i>	-	X	-	X	-	-	-	X	-
<i>E. nanum</i>	-	X	-	X	-	-	-	X	-
<i>E. pelleterianum</i>	-	X	-	X	-	-	-	X	-

envolvido por espessa camada de fibras, bordo foliar arredondado, nervura central com um único feixe vascular, epiderme ocasionalmente biestratificada na face adaxial, epiderme papilosa na face abaxial, presença de esclereídes no mesofilo e feixes vasculares

laterais envolvidos por bainha esclerenquimática. A ocorrência ou não dos diferentes caracteres permitiu elaborar a seguinte chave de identificação para as espécies de *Erythroxylum*, que ocorrem no Cerrado do Estado de São Paulo.

Chave de identificação para os táxons de *Erythroxylum* P. Browne do Cerrado do Estado de São Paulo, baseada em caracteres anatômicos

1. Nervura central formada por um único feixe vascular (Fig. 29) ..... 5. *E. microphyllum*
1. Nervura central formada por vários feixes vasculares (Fig. 26-28)
  2. Presença de esclereídes no mesofilo (Fig. 21 es)
    3. Epiderme ocasionalmente biestratificada na face adaxial (Fig. 21) ..... 2. *E. campestre*
    3. Epiderme uniestratificada na face adaxial (Fig. 20) ..... 8. *E. suberosum*
  2. Ausência de esclereídes no mesofilo (Fig. 20, 22)
    4. Região da nervura central convexa na face adaxial (Fig. 26) ..... 1. *E. ambiguum*
    4. Região da nervura central acuminada na face adaxial (Fig. 27-28)
      5. Nervura central com sistema vascular em arco aberto (Fig. 28) ..... 3. *E. cuneifolium*
      5. Nervura central com sistema vascular em ferradura (Fig. 27)
        6. Presença de epiderme papilosa na face abaxial (Fig. 20) ..... 7. *E. pelleterianum*
        6. Ausência de epiderme papilosa na face abaxial (Fig. 21-22)
          7. Epiderme uniestratificada na face adaxial (Fig. 20) ..... 6. *E. nanum*
          7. Epiderme biestratificada na face adaxial (Fig. 22, 25)
            8. Parênquima paliçádico/lacunoso = 30/70% (Fig. 20-21) ..... 4. *E. deciduum*
            8. Parênquima paliçádico/lacunoso = 50/50% (Fig. 22, 25) ..... 9. *E. tortuosum*

### Agradecimentos

As autoras agradecem à FAPESP - Projeto BIOTA (Proc. 2000/12469-3), à CAPES e ao CNPq, pelo financiamento.

### Referências bibliográficas

- Amaral Junior, A. 1973. **O gênero *Erythroxylum* no município de Botucatu, SP**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Amaral Junior, A. 1980. Erythroxyláceas. In: R. Reitz (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- Ballard, C.W. 1926. Structural variations in *Erythroxylon* leaves. **Journal of the American Pharmaceutical Association** 15: 343-59, 433-53, 533-49.
- Barthlott, W.; Neinhuis, C.; Cutler, D.; Ditsch, F.; Meusel, I.; Theisen, I. & Wilhelm, H. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. **Botanical Journal of the Linnean Society** 126: 237-60.
- Beiguelman, B. 1962a. Fibras do periciclo ramificadas no interior do mesofilo. **Phyton** 18(2): 127-31.
- Beiguelman, B. 1962b. Contribuição para o estudo anatômico das plantas do cerrado: I. Anatomia da folha e do caule de *Erythroxylum suberosum* St. Hil. **Revista de Biologia** 3(1): 97-110.
- Bohm, B.A.; Ganders, F.R. & Plowman, T. 1982. Biosystematics and evolution of cultivated coca (*Erythroxylaceae*). **Systematic Botany** 7(2): 121-33.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 1(1): 17-24.
- Ferri, M.G. 1980. **Vegetação brasileira**. EDUSP, São Paulo.
- Hickey, L.J. 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. Pp. 25-39. In: C.R. Metcalfe & L. Chalk (eds.). **Anatomy of the dicotyledons**. 2<sup>nd</sup> ed. Clarendon Press, Oxford.
- Howard, R.A. 1979. The petiole. Pp. 88-96. In: C.R. Metcalfe & L. Chalk (eds.). **Anatomy of the dicotyledons**. 2<sup>nd</sup> ed. Clarendon Press, Oxford.
- Hueck, K. 1978. **Los bosques de Sudamérica**. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, Ltda (GTZ), Eschborn.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book, New York.
- Joly, A.B. 1970. **Conheça a vegetação brasileira**. EDUSP, São Paulo.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. EDUR, Seropédica.

- Machado, C.E. 1972. El género *Erythroxylon* en el Peru. **Raymondiana** 5: 5-101.
- Mantovani, W. & Martins, F.R. 1993. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu. **Acta Botanica Brasilica** 7(1): 33-60.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Junior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. Pp. 289-556. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1957. **Anatomy of the dicotyledons – leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses**. v.1. Clarendon Press, Oxford.
- Pagano, S.N.; César, O. & Leitão Filho, H.F. 1989. Composição florística do estrato arbustivo - arbóreo da vegetação de cerrado da Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí - Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** 49(1): 37-48.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany** 8(3): 223-30.
- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.P.; Lohmann, L.G.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E.C.; Silva, C.F.; Mesquita, M.R. & Procópio, L.C. 1999. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. IMPA, Manaus.
- Rury, P.M. 1981. Systematic anatomy of *Erythroxylum* P. Browne: practical and evolutionary implications for the cultivated cocas. **Journal of Ethnopharmacology** 3: 229-63.
- Rury, P.M. & Plowman, T. 1983. Morphological studies of archeological and recent coca leaves (*Erythroxylum* sp.). **Botanical Museum Leaflets** 29(4): 279-341.
- Salatino, A.; Montenegro, G. & Salatino, M.L.F. 1986. Microscopia eletrônica de varredura de superfícies foliares de espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 9: 117-24.
- Shobe, W.R. & Lersten, N.R. 1967. A technique for clearing and staining gymnosperm leaves. **Botanical Gazette** 127(2): 150-52.
- Wilkinson, H.P. 1979. The plant surface (mainly leaf). Pp. 97-162. In: C.R. Metcalfe & L. Chalk (eds.). **Anatomy of the dicotyledons**. 2<sup>nd</sup> ed. Clarendon Press, Oxford.