

# Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B. & K. (Piperaceae)<sup>1</sup>

Adriana Lenita Meyer Albiero<sup>2,4</sup>, Adelita Aparecida Sartori Paoli<sup>2</sup>, Luiz Antonio de Souza<sup>3</sup> e Káthia Socorro Mathias Mourão<sup>3</sup>

Recebido em 07/01/2004. Aceito em 10/09/2004

**RESUMO** – (Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B. & K. (Piperaceae)). Objetivando auxiliar trabalhos taxonômicos e farmacobotânicos, foram realizados estudos morfoanatomômicos dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B. & K. (jaborandi). O material foi analisado seguindo-se técnicas usuais de corte e coloração. *P. crassinervium* é um arbusto de caule ereto, de folhas estipuladas e alternas. Dentre as características anatômicas importantes para a sua identificação destacam-se: parênquima cortical radical com esclereídes; córtex caulinar com faixas descontínuas de colênquima e tecido vascular organizado em dois círculos descontínuos de feixes colaterais, delimitados por endoderme com estrias de Caspary; folha dorsiventral, hipoestomática, com estômatos cicloclíticos e tetracíticos e hipoderme unisseriada, porém, com 1-3 camadas de células na região da nervura principal; parênquima clorofiliano com idioblastos oleíferos; tricomas glandulares na epiderme unisseriada e idioblastos com pequenos cristais aciculares no parênquima em todos os órgãos.

**Palavras-chave:** *Piper crassinervium*, morfologia, anatomia, raiz, caule, folha

**ABSTRACT** – (Morphology and anatomy of vegetative organs of *Piper crassinervium* H.B. & K. (Piperaceae)). The morphology and anatomy of the vegetative organs of *Piper crassinervium* H.B. & K. (jaborandi) are here described with the purpose of contributing to taxonomical and pharmacobotanical studies. The material was analyzed according to usual techniques in these researches. The species is a shrub, with erect and cylindrical stem. The leaves are stipulate and alternate. The main characteristics that can be used in its identification are: cortical parenchyma of the root with sclereids, stem cortex with discontinuous strands of collenchyma, and vascular tissue constituted of two discontinuous circles of collateral vascular bundles; dorsiventral and hypostomatic leaves, with cyclocytic, and tetracytic stomata, and uniseriate hypodermis, but with 1-3 cells layers in midrib; chlorophilian parenchyma contains lipid idioblasts; glandular trichomes occur in uniseriate epidermis of the leaf and idioblasts with small acicular crystals occur in all organs.

**Key words:** *Piper crassinervium*, morphology, anatomy, root, stem, leaf

## Introdução

A família Piperaceae é pantropical com espécies distribuídas pelas Américas desde o México até o sudoeste da Argentina (Yuncker 1972; 1973; Figueiredo & Sazima 2000). Nesta família encontram-se plantas de porte arbustivo, herbáceo ou arbóreo de mais de 3 m. O caule é articulado e nodoso, as folhas são inteiras, dorsiventrals, alternas, raramente opostas ou verticiladas, pecioladas com estípulas (Hutchinson 1973).

*Piper* L. tem cerca de 700 espécies e grande parte delas se caracterizam pelo uso popular medicinal e pela

importância econômica e comercial devido à produção de óleos essenciais utilizados pela indústria de condimentos, farmacêutica e também de inseticidas (Silva & Machado 1999).

Característica marcante do gênero é a presença de estruturas de conteúdo oleífero. Segundo Maia *et al.* (1987), o óleo extraído de *Piper hispidinervium* C. DC. apresenta um teor de 98,12% de safrol, enquanto o óleo de *Piper callosum* L. possui 64%. Recentemente, Martins *et al.* (1998) revelaram a presença dos compostos  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -pinene, E-nerolidol, linalol e limoneno no óleo essencial de *Piper umbellatum* L.

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro Autor

<sup>2</sup> Universidade Estadual de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Rio Claro, Av. 24-A, 1515, Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil (aapaoli@rc.unesp.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Av. Colombo, 5790, Jardim Universitário, CEP 87020-100, Maringá, PR, Brasil (lasouza@uem.br; ksmmourao@uem.br)

<sup>4</sup> Autor para correspondência: almalbiero@uem.br

O potencial medicinal de outras espécies de *Piper* pode ser representado pela kava-kava, *Piper methysticum* Forst., amplamente utilizada no tratamento dos distúrbios do sistema nervoso central, como a depressão e a insônia (Simões 1999).

Dentre as espécies empregadas para fins terapêuticos, destaca-se *Piper crassinervium* H.B. & K. conhecida popularmente como jaborandi e utilizada para fins medicinais. Entretanto, não há informações detalhadas na literatura sobre a morfologia e anatomia desta espécie.

A grande semelhança morfológica entre as espécies de *Piper* contribui para a troca e até mesmo a falsificação no momento da comercialização. Assim, o presente trabalho teve por objetivo o estudo da morfologia e anatomia dos órgãos vegetativos de *P. crassinervium* visando estabelecer características marcantes para sua identificação, contribuindo com os estudos taxonômicos e também com a avaliação de controle de qualidade de espécies de *Piper* comercializadas como fitoterápicos.

## Material e métodos

O material botânico utilizado constou de raiz, caule e folhas de *Piper crassinervium* coletados de quatro espécimes do Horto Florestal “Dr. Luiz Teixeira Mendes”, situado no município de Maringá, Paraná, Brasil. Exsicata da espécie estudada encontra-se depositada como documento taxonômico no Herbário da Universidade Estadual de Maringá, sob número de registro HUM 9884.

Os estudos morfológicos e anatômicos foram realizados em material fresco e fixados. Para fixação foi utilizado FAA 50, e a conservação foi feita em etanol 70% (Jensen 1962).

Cortes transversais (CT), longitudinais (CL) e paradérmicos (CP) foram realizados à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear comum, ou micrótomo rotatório. Em ambos os casos, os cortes foram corados com safranina e azul de astra (Gerlach 1969) e/ou hematoxilina de Erlich (Johansen 1940). Para confecção de lâminas permanentes, as peças fixadas foram desidratadas em série etílica, passando em seguida por série xilóica, incluídas em parafina (Sass 1951) cortadas, coradas e montadas em Permount. Lâminas permanentes foram confeccionadas utilizando-se historresina, segundo a técnica descrita por Gerrits (1991). Cortes do material fresco foram submetidos a testes histoquímicos com solução de Sudan IV, para localizar paredes suberificadas,

cutinizadas e outros materiais lipídicos (Rawlins & Takahashi 1952); reagente de Lugol, para localização de amido (Berlyn & Miksche 1976) e solução de ácido sulfúrico diluído (5-10%), para evidenciar cristais de oxalato de cálcio (Jensen 1962).

Os aspectos morfológicos e anatômicos das raízes, caules e folhas foram observados, descritos e ilustrados. A nomenclatura para descrever os caracteres morfológicos foi baseada em Radford (1986) e o padrão geral de venação, de acordo com os critérios propostos por Hickey (1973).

A caracterização morfológica da superfície foliar foi complementada com análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV) modelo JEOL JSM - 5410 Scanning Microscope, segundo técnica de Robards (1978). A descrição foi realizada de acordo com a padronização proposta por Barthlott *et al.* (1998).

As fotografias foram obtidas com câmera digital Sony modelo DSC-P51 e as fotomicrografias, por captura de imagem pelo programa Image Pro-Plus, versão 4.0 (Media Cybernetics). As escalas referentes às ilustrações foram obtidas utilizando-se lâmina micrométrica nas mesmas condições ópticas utilizadas para cada caso.

## Resultados e discussão

*P. crassinervium* é um arbusto de aproximadamente 2,5 m alt., de base subterrânea, alargada, da qual partem caules perfilados cilíndricos, lisos, de coloração verde claro e ramificação simpodial (Fig. 1). O sistema radical é bastante ramificado e constituído por raízes subterrâneas superficiais que saem da base da planta, não havendo distinção de uma raiz principal (Fig. 2).

As folhas (Fig. 1) são alternas, simples, pecioladas, com limbo inteiro e estipuladas; o formato é ovado elíptico, o ápice cuspidado, a base assimétrica obtusa e a margem inteira; medem cerca de 16,0 cm compr. e 7,0 cm larg. O padrão geral de venação é camptódromo - broquidódromo.

A espécie floresce duas vezes ao ano, nos meses de abril e outubro. As inflorescências são do tipo espiga, de coloração amarela quando maduras, e exalam aroma agradável. Pessini *et al.* (2003) descreveram características semelhantes em *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. var. *pallescens* (C. DC.) Yunck. exceto pelo caule nodoso e ausência de aroma nas espigas, as quais são de coloração verde acinzentado quando maduras.

As raízes poliarcas apresentam crescimento secundário típico de dicotiledôneas, exceto por não

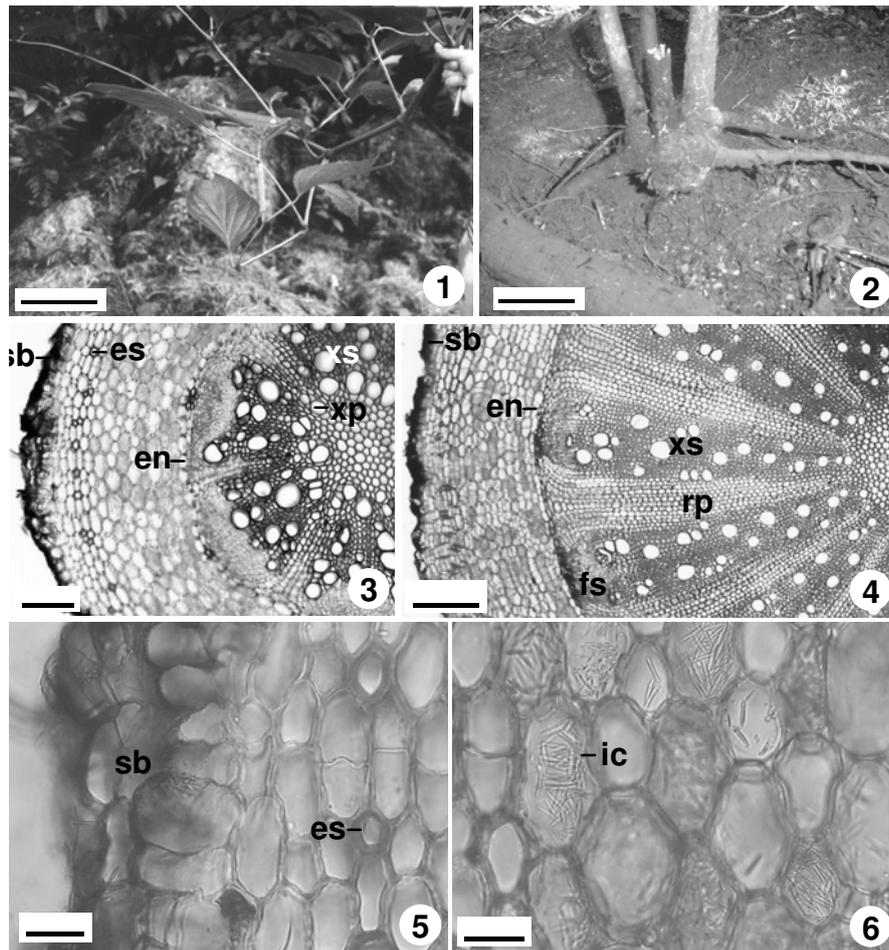
apresentarem periderme e sim gradativa suberificação das células epidérmicas e subepidérmicas (Fig. 3-5). No córtex persistente, observam-se nítidas divisões anticlinais e no parênquima cortical externo, observam-se grupos de esclereídes, em número de um a três posicionados em círculo (Fig. 3-5). Abaixo deste círculo ocorrem idioblastos cristalíferos, contendo, em sua maioria, pequenos cristais aciculares (Fig. 6), outros contendo material lipofílico e células parenquimáticas esparsas com grãos de amido.

Metcalf & Chalk (1950) descreveram nas espécies de Piperaceae, súber e região cortical da raiz bem desenvolvidos e ainda células secretoras e canais de mucilagem. Estes últimos não foram observados na espécie estudada, nem em *Piper aduncum* L., *Piper hispidinervium* e *Piper regnellii*, descritas por Vianna

& Akisue (1997), Nascimento & Vilhena-Potiguara (1999) e Pessini *et al.* (2003), respectivamente.

A estrutura da raiz de *Piper aduncum* (Vianna & Akisue 1997), a de *Piper hispidinervium* (Nascimento & Vilhena-Potiguara 1999) e a de *Piper regnellii* (Pessini *et al.* 2003) assemelha-se a da espécie aqui estudada, exceto pela ausência de células esclerenquimáticas isoladas ou em grupos no córtex das duas últimas espécies.

O caule em estrutura primária é constituído por epiderme uniestratificada e recoberta por cutícula espessa. Abaixo da epiderme ocorrem faixas descontínuas de colênquima anular, as quais se tornam contínuas em regiões mais velhas e sofrem lignificação de dentro para fora (Fig. 7-8). As poucas camadas de células parenquimáticas situadas abaixo da faixa de



Figuras 1-6. *Piper crassinervium* H.B. & K. 1. Aspecto geral do espécime (barra = 10 cm). 2. Detalhe do sistema subterrâneo (barra = 8 cm); 3-4. Seções transversais da raiz em estrutura secundária inicial (barra = 200 µm) e tardia (barra = 400 µm), respectivamente. 5-6. Detalhes da Figura 3. 5. Epiderme, camadas subepidérmicas suberificadas, esclereídes. 6. Parte interna do córtex, evidenciando idioblastos cristalíferos com pequenos cristais aciculares (barra = 50 µm). (en - endoderme, es - esclereídes, fs - floema secundário, ic - idioblasto cristalífero, rp - raio parenquimático, sb - súber, xp - xilema primário, xs - xilema secundário).

colênquima e delimitando o cilindro vascular contêm amido e pequenos cristais aciculares de oxalato de cálcio (Fig. 10). Em *Piper hispidinervium*, Nascimento & Vilhena-Potiguara (1999) descreveram colênquima sofrendo gradualmente esclerificação centrífuga.

O tecido vascular está organizado em um círculo descontínuo de feixes colaterais delimitados, externamente por endoderme com estrias de Caspary e periciclo uniestratificado (Fig. 11) e, internamente, por bainha perimedular esclerificada (Fig. 7).

Segundo Bond (1931), a endoderme estruturalmente distinta no caule é bastante comum em Piperaceae. Em *Piper hispidinervium*, Nascimento & Vilhena-Potiguara (1999), entretanto, descreveram endoderme constituída por bainha amilífera formada de células maiores que as demais células do parênquima, sem estrias de Caspary.

No parênquima medular observam-se inúmeros idioblastos contendo pequenos cristais aciculares de oxalato de cálcio (Fig. 10) além de feixes colaterais (Fig. 7, 8, 10, 12) dispostos em círculo com floema apresentando idioblastos de material lipofílico (Fig. 10).

O crescimento em espessura ocorre pela diferenciação de câmbio fascicular de origem procambial e interfascicular de origem pericíclica, na faixa externa de feixes vasculares e segue padrão de desenvolvimento das dicotiledôneas. Entretanto, o câmbio interfascicular diferencia somente as células parenquimáticas dos raios, os quais são largos e apresentam-se constituídos por cerca de seis fileiras de células (Fig. 7-8). Nos feixes medulares diferencia-se câmbio vascular, que origina poucos elementos de xilema secundário. A endoderme com estrias de Caspary persiste no caule em estrutura secundária.

Lenticelas esparsas são observadas em regiões nas quais já houve bastante adição de tecidos vasculares secundários, sem, entretanto, estar associada a uma periderme, uma vez que a epiderme é persistente no caule em estrutura secundária (Fig. 9).

A estrutura caulinar de *P. crassinervium* assemelha-se a de outras espécies de *Piper* já estudadas, entretanto em *Piper aduncum* (Vianna & Akisue 1997) e em *Piper hispidinervium* (Nascimento & Vilhena-Potiguara 1999) foi descrito colênquima angular sempre descontínuo.

Feixes vasculares distribuídos à semelhança de monocotiledôneas são apontados por Hutchinson (1973) e Cronquist (1981), como característica marcante em Piperaceae. Entretanto, vale observar

que no presente estudo, os feixes medulares distribuem-se em um círculo regular no caule em estrutura primária, os quais se tornam relativamente difusos com o crescimento secundário, com feixes mais externos menores que se alternam aos mais internos.

N.K. Takemori (dados não publicados) descreveu para *Peperomia emarginella* (Sw.) C. DC., *Peperomia rotundifolia* (L.) Kunth., *Peperomia catharinae* Miquel e *Peperomia quadrifolia* (L.) Kunth., tecido vascular constituído por feixes distribuídos à semelhança de monocotiledôneas, sendo denominados de monostelos, pois cada feixe está envolvido por endoderme com estrias de Caspary. A autora discutiu a grande diferença relativa ao tecido vascular entre *Peperomia* e *Piper*, afirmando que os feixes neste último gênero são verdadeiramente medulares, pois há uma medula delimitada pelo cilindro vascular, com endoderme com estrias de Caspary acompanhando apenas o anel externo de feixes, aspecto também confirmado no presente estudo.

Segundo Solereder (1908), Piperaceae apresenta estruturas secretoras no caule, regiões do córtex e medula. Na espécie estudada, estas regiões apresentam pequeno número de células secretoras e grande número de idioblastos cristalíferos contendo pequenos cristais aciculares de oxalato de cálcio.

Metcalf & Chalk (1950) e E.M.J. Silva (dados não publicados) mencionaram a ocorrência de canais de mucilagem e canais secretores para muitas espécies de *Piper* e *Peperomia*. Entretanto, no presente estudo estas estruturas não foram observadas.

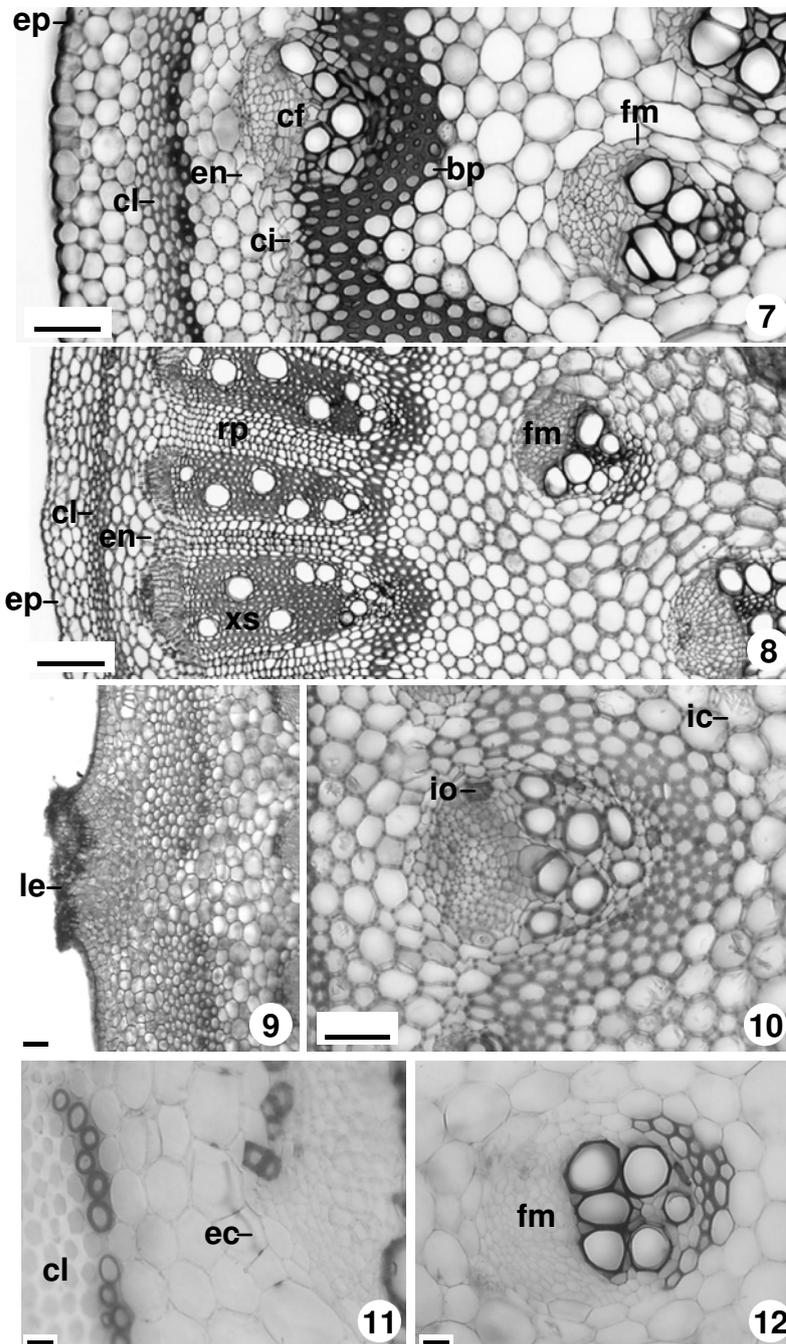
O pecíolo (Fig. 15) na região mediana é reto, cilíndrico e sulcado na face adaxial. A epiderme é uniestratificada e no parênquima fundamental ocorrem idioblastos cristalíferos, contendo pequenos cristais aciculares e cristais prismáticos. Ocorrem 14 feixes vasculares colaterais de tamanho uniforme, dispostos em círculo, opostos a faixas descontínuas de colênquima angular subepidérmico.

A nervura central, na base e na região mediana da folha, apresenta organização dos tecidos semelhante a do pecíolo, havendo gradativa diminuição no número de feixes, que passam de nove para apenas um (Fig. 16-17).

A epiderme do limbo nas faces adaxial (Fig. 13) e abaxial (Fig. 14) é constituída por células cúbicas e retangulares, cobertas por cutícula fina, de aspecto liso quando observada em MEV (Fig. 19-21). A face abaxial apresenta estômatos ciclocíticos e tetracíticos além de tricomas glandulares em abundância, os quais são raros na face adaxial. Os tricomas apresentam

pedúnculo e porção secretora unicelulares, e inserem-se entre células epidérmicas dispostas em roseta, cujo número varia de cinco a sete. A porção secretora é ovóide, recoberta por cutícula e apresenta-se curvada sobre a epiderme (Fig. 20-21).

Em *Piper betle* L., Datta & Dasgupta (1980) descreveram a ocorrência apenas de tricomas tectores unicelulares e ocasionalmente pluricelulares, somente na face abaxial. Em *Piper aduncum*, os tricomas são tectores capitados e glandulares fusiformes em ambas



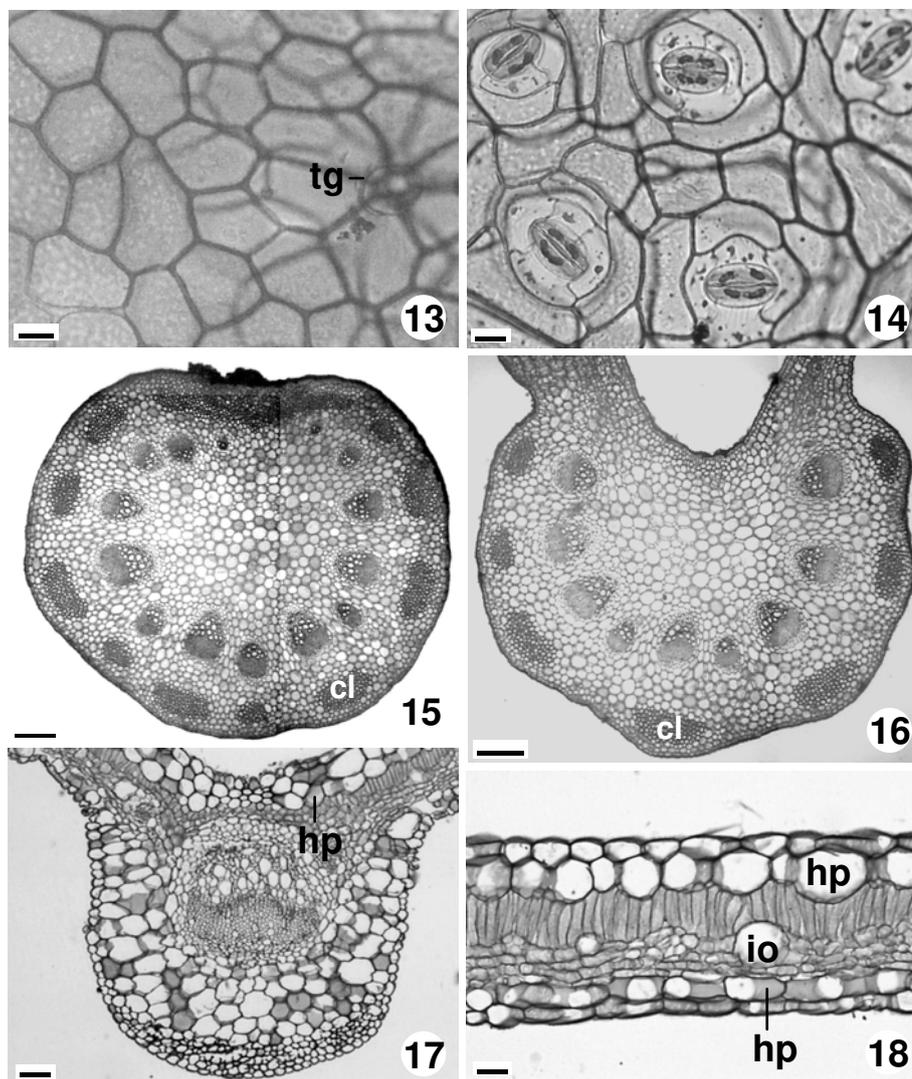
Figuras 7-12. Seções transversais do caule de *Piper crassinervium* H.B. & K. 7. Estrutura primária (barra = 100 µm). 8. Início de crescimento secundário (barra = 200 µm). 9. Lenticela (barra = 100 µm). 10. Feixe vascular do cilindro externo (barra = 100 µm). 11. Endoderme com estrias de Caspary (barra = 50 µm). 12. Feixe medular (barra = 100 µm). (bp - bainha perimedular, cf - câmbio fascicular, ci - câmbio interfascicular, cl - colênquima, ec - estria de Caspary, en - endoderme, ep - epiderme, fm - feixe medular, ic - idioblasto cristalífero, io - idioblasto oleífero, le - lenticela, rp - raio parenquimático, xs - xilema secundário).

as faces (Vianna & Akisue 1997). *Piper hispidinervium* apresenta em ambas as faces tricomas tectores e glandulares com a célula apical em forma de saco (Nascimento & Vilhena-Potiguara 1999). Em *Piper regnellii* var. *regnellii*, Silva & Machado (1999) destacaram a ocorrência de dois tipos de tricomas, ambos secretores, denominados pelas autoras de glândula perolada e tricoma saculiforme e em *Piper regnellii* var. *pallescens* ocorrem além de tricomas glandulares capitados em ambas as faces, raros tricomas tectores pluricelulares, unisseriados e de extremidade afilada, estes últimos sobre as nervuras (Pessini *et al.* 2003).

O mesofilo (Fig. 18) é dorsiventral, com parênquima paliçádico uniestratificado e lacunoso

constituído por três a quatro camadas de células isodiamétricas com disposição relativamente compacta. Em ambas as faces, abaixo da epiderme observa-se uma camada subepidérmica de células grandes desprovidas de cloroplastos, que se torna constituída por duas ou três camadas na região da nervura central.

Cortes realizados em folhas em sucessivas fases de diferenciação revelaram raras divisões periclinais em células protodérmicas e semelhança entre estas células e aquelas que estão se diferenciando na camada subepidérmica. Entretanto, não foi possível concluir se a camada subepidérmica constitui hipoderme ou epiderme múltipla.



Figuras 13-18. *Piper crassinervium* H.B. & K. 13-14. Seções parádérmicas das superfícies adaxial e abaxial da epiderme (barra = 50 µm), respectivamente. 15. Seções transversais do pecíolo (barra = 400 µm). 16. Nervura central na base (barra = 400 µm). 17. Região mediana (barra = 200 µm) da folha, respectivamente. 18. Seção transversal do limbo na região mediana da folha entre a nervura central e a margem (barra = 100 µm). (cl - colênquima, hp - hipoderme, io - idioblasto oleífero, tg - tricoma glandular).

Yuncker (1973) para *Piper* spp., Vianna & Akisue (1997) para *Piper aduncum* e Nascimento & Vilhena-Potiguara (1999) para *Piper hispidinervium* descreveram esta camada como sendo uma hipoderme, sem, entretanto, terem realizado estudos ontogênicos. N.K. Takemori (dados não publicados), após este tipo de estudo descreveu para quatro espécies de *Peperomia* a ocorrência de epiderme múltipla.

Idioblastos contendo material lipofílico estão distribuídos por todo o parênquima clorofiliano, destacados

pela forma esférica e pelo tamanho maior em relação as demais células parenquimáticas. Estes idioblastos encontram-se também entre as células do floema.

Metcalf & Chalk (1950) citaram para as espécies de *Piper* algumas características anatômicas comuns como dorsiventralidade, estômatos tetracíticos e ciclocíticos, tricomas tectores e a presença de glândulas reluzentes. Características estas também observadas em *P. crassinervium*.

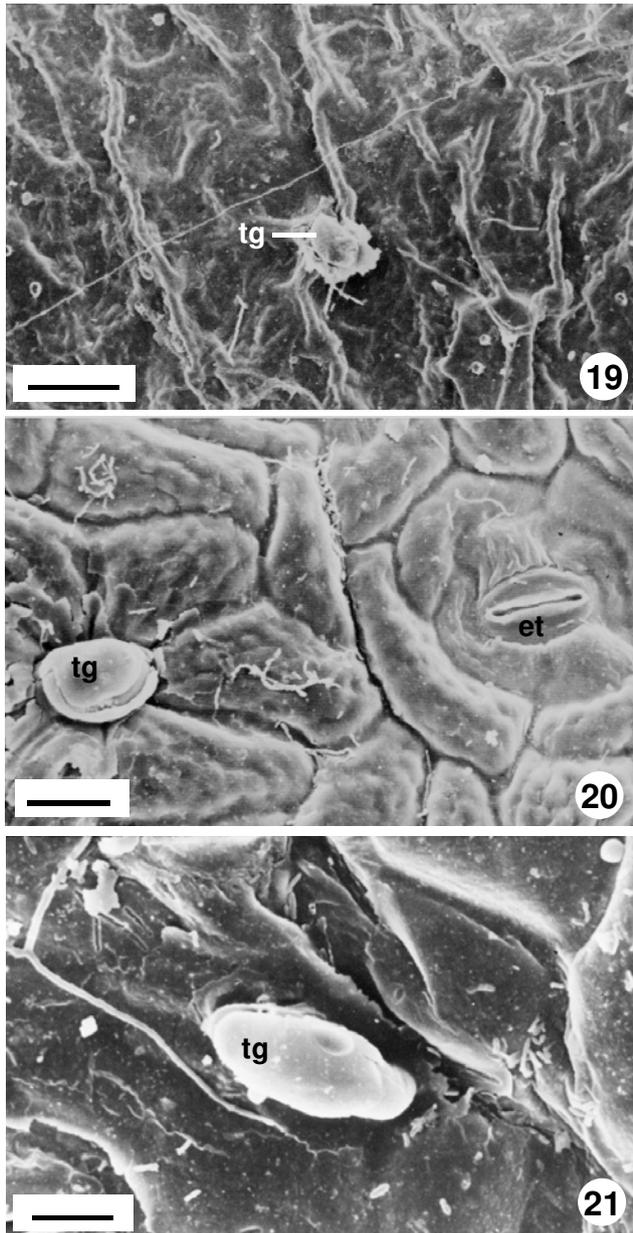
A estrutura foliar de *P. crassinervium* assemelha-se a de outras espécies de *Piper* descritas. Entretanto, em *Piper aduncum* ocorrem estômatos anomocíticos além de tetracíticos (Vianna & Akisue 1997). Nesta espécie ocorrem por toda a folha tricomas tectores uni a pluricelulares e capitados, além de glandulares fusiformes. Há hipoderme restrita apenas à face superior, com idioblastos contendo cristais. Idioblastos oleíferos estão presentes apenas no parênquima lacunoso e células mucilaginosas ocorrem no parênquima do pecíolo e da nervura central. Idioblastos cristalíferos com cristais aciculares e prismáticos são abundantes na nervura central.

*P. crassinervium* diferencia-se de *Piper hispidinervium* (Nascimento & Vilhena-Potiguara 1999) por esta última apresentar: folha anfiestomática, com estômatos também anisocíticos; células silicificadas e idioblastos oleíferos na face abaxial da epiderme; tricomas tectores cônicos distribuídos por toda a folha; hipoderme restrita apenas à face adaxial e constituída por duas a três camadas de células; e parênquima paliçádico constituído por duas camadas de células.

Em *Piper regnellii* (Pessini *et al.* 2003) predominam estômatos ciclocíticos, ocorrendo idioblastos oleíferos ao nível da hipoderme uniestratificada e no parênquima clorofiliano, além de células mucilaginosas, características estas não observadas na espécie estudada.

Dentre as características de *Piper betle*, relatadas por Datta & Dasgupta (1980) que não ocorrem em *P. crassinervium*, pode-se destacar a presença de estômatos anisocíticos, cavidades mucilaginosas entre células de colênquima da nervura central e canais de mucilagem presentes no parênquima fundamental do pecíolo.

As células secretoras, segundo Metcalfe & Chalk (1950) ocorrem no caule e nas folhas de todos os gêneros de Piperaceae, com exceção de *Symbrio*. Em *P. crassinervium* estas células oleíferas ocorrem no floema em todos os órgãos e no parênquima clorofiliano, além de constituírem a porção secretora do tricoma



Figuras 19-21. Vista frontal da epiderme foliar de *Piper crassinervium* H.B. & K. em MEV. 19. Superfície adaxial (barra = 50 µm). 20-21. Superfície abaxial (barra = 20 µm e 10 µm, respectivamente). (et - estômato, tg - tricoma glandular).

glandular que ocorre por todo o limbo foliar.

Cristais, em forma de drusas, em Piperaceae são citados por Solereder (1908) e por Metcalfe & Chalk (1950), além de outros tipos de cristais ou pequenos grãos cristalinos, arenosos de várias formas. Em *P. crassinervium* foram observados apenas pequenos cristais aciculares na raiz, no caule e no pecíolo.

O presente estudo demonstra a grande semelhança estrutural entre as espécies de *Piper* já descritas e a aqui estudada, entretanto o estudo realizado fornece subsídios para diferenciá-las, destacando-se alguns aspectos como: a localização e o número de estratos celulares da hipoderme, os complexos estomáticos, os tricomas glandulares, e também as células secretoras, bem como seus locais de ocorrência.

## Referências bibliográficas

- Barthlott, W.; Neinhuis, C.; Cutler, D.; Ditsch, F. Meusel, I.; Theisen, I. & Wilhelmi, H. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. **Botanical Journal of the Linnean Society** **126**: 237-260.
- Berlyn, G.P. & Miksche, J.P. 1976. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames, The Iowa State University.
- Bond, G. 1931. The stem endodermis in the genus *Piper*. **Transactions of the Royal Society of the Edinburgh** **56**: 695-724.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification**. New York, Columbia University Press.
- Datta, P.C. & Dasgupta, A. 1980. Medicinal species of *Piper*: Pharmacognostic delimitations. **Quarterly Journal Crude Drug Research** **18**: 17-25.
- Figueiredo, R.A. & Sazima, M. 2000. Pollination biology of Piperaceae species in southeastern Brazil. **Annals of Botany** **85**: 455-460.
- Gerlach, G. 1969. **Botanische microtechnik**. Stuttgartard, George Thieme Eine einföhrung.
- Gerrits, P.O. 1991. **The application of glycol methacrylate in histotechnology: some fundamental principles**. Gröningen, Department of Anatomy and Embryology State University.
- Hickey, L.J. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. **American Journal of Botany** **60**(1): 17-33.
- Hutchinson, J. 1973. **The families of flowering plants**. 3<sup>th</sup> ed., London, Clarendon Press.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry: principles and practices**. San Francisco, W.H. Freeman.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A. & Steven, P.F. 1999. **Plant systematics, a phylogenetic approach**. Sunderland, Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Maia, J.G.S.; Silva, M.L.; Luz, A.I.R.; Zoghbi, M.G.B. & Ramos, L.S. 1987. Espécies de *Piper* da Amazônia ricas em safrol. **Química Nova** **10**(3): 200-204.
- Martins, A.P.; Salgueiro, L.; Vila, R.; Tomi, F. Casanova, J. Proença-da-Cunha, A. & Adzet, T. 1998. Essential oils from four *Piper* species. **Phytochemistry** **49**: 2019-2023.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1950. **Anatomy of the dicotyledons**. Pp. 1120-1127. Oxford, Clarendon Press.
- Nascimento, M.E. & Vilhena-Potiguara, V.C.R. 1999. Aspectos anatômicos dos órgãos vegetativos de *Piper hispidinervium* C. DC. (Piperaceae) e suas estruturas secretoras. **Boletim do Museu do Pará Emílio Goeldi** **15**(1): 39-104.
- Pessini, G.L.; Albiero, A.L.M.; Mourão, K.S.M.; Nakamura, C.V.; Dias Filho, B.P. & Cortez, D.A. 2003. Análise farmacognóstica de *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. var. *pallescens* (C. DC.) Yunck.: Aspectos botânicos e enfoque físico-químico preliminar. **Acta farmaceutica bonaerense** **22**(3): 209-216.
- Radford, A.E. 1986. **Fundamentals of plant systematics**. New York, Harper & Row Publishers.
- Rawlins, T.E. & Takahashi, W.N. 1952. **Technics of plant histochemistry and virology**. Millbrae, The National Press.
- Robards, A.W. 1978. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cells. Pp. 343-444. In: **Electron microscopy and cytochemistry of plant cells**. New York, Elsevier.
- Sass, J.E. 1951. **Botanical microtechnique**. 2<sup>nd</sup> ed., Iowa, State College Press.
- Silva, E.M.J. & Machado, S.R. 1999. Estrutura e desenvolvimento dos tricomas secretores em folhas de *Piper regnellii* (Miq.) C. DC. var. *regnellii* (Piperaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **22**(2): 117-124.
- Simões, C.M.O. (org.). 1999. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre, UFRGS/Florianópolis, UFSC.
- Solereder, M. 1908. **Sistematic anatomy of the dicotyledons**. Oxford, Clarendon Press.
- Vianna, W.O. & Akisue, G. 1997. Caracterização morfológica de *Piper aduncum* L. **Lecta** **15**(1/2): 11-62.
- Yuncker, T.G. 1972. The Piperaceae of Brazil - I. **Hoehnea** **2**: 19-366.
- Yuncker, T.G. 1973. The Piperaceae of Brazil - II. **Hoehnea** **3**: 29-284.