

ESTUDOS ANATÔMICOS EM *PFAFFIA JUBATA* MART.

Nanuza Luiza de Menezes

Walter Handro

José Fernando B. de Mello Campos

ESTUDOS ANATÔMICOS EM *PFAFFIA JUBATA* MART.

NANUZA LUIZA DE MENEZES

WALTER HANDRO

JOSÉ FERNANDO B. DE MELLO CAMPOS

Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

I — INTRODUÇÃO:

A importância dos estudos anatômicos e morfológicos das plantas dos Cerrados tem sido salientada, em virtude de que esses estudos podem levantar certos problemas, ou auxiliar a resolução de outros.

LABOURIAU (1963) salienta a importância de estudos anatômicos e morfológicos, principalmente no que se refere a anatomia foliar, morfologia polínica, morfologia de gemas e plântulas, de frutos e de sementes. Essas informações, além do valor anatômico intrínseco, fornecem dados subsidiários para estudos de taxonomia, fisiologia e ecologia. Podemos dizer entretanto, que os estudos anatômicos publicados sobre plantas dos Cerrados se restringem quase que exclusivamente à anatomia foliar e lenho secundário (cf. FERREI, 1963; cf. LABOURIAU, 1963, 1966; HANDRO, 1967; MORALETES, 1967).

O estudo de outros órgãos de plantas do Cerrado tem sido limitado à morfologia externa. Assim, quanto ao sistema subterrâneo, os estudos são quase que puramente de organografia macroscópica (RAWITSCHER e RACHID, 1946; RACHID, 1947; RIZZINI e HERINGER, 1961, 1962, 1966).

O interesse pelo estudo de *Pfaffia jubata* Mart. fundamenta-se em várias considerações. Em primeiro lugar, a distribuição desta espécie abrangendo Cerrados e Campos, faz dela um material adequado à procura de caracteres morfológicos ecológicamente significativos. As Amarantáceas, conforme foi demonstrado no caso de *Gom-*

phrena prostrata Mart. (HANDRO, 1966) prestam-se para estudos experimentais de morfologia ecológica. Uma outra razão para o prosseguimento da investigação morfológica desta espécie, é que já existem dados sobre a anatomia foliar (HANDRO, 1964, 1967) e sobre morfologia polínica (SALGADO-LABOURIAU, 1961; HANDRO, 1965) de Amarantáceas dos Cerrados.

Pfaffia jubata Mart. (fig. 1) apresenta brotação e floração rápida logo após a queimada dos campos (WARMING, 1908)*. Após a floração ela permanece com ramos aéreos e folhas, que depois de alguns meses também desaparecem, restando apenas a parte subterrânea, tal como acontece com várias espécies dos Cerrados designadas por RACHID (1947) como "vegetação de verão". Os estudos sobre órgãos subterrâneos em Amarantáceas têm um interesse especial pelo fato de que, nesta família, e até no mesmo gênero, ocorrem, nos Cerrados, órgãos subterrâneos de consistência contrastante, sendo uns tuberosos e outros lenhosos (HANDRO, 1966). *Pfaffia jubata* Mart. apresenta órgãos subterrâneos de consistência tuberosa. Um dos problemas interessantes a resolver é verificar a origem e estrutura deste órgão, se caulinar, radicular, ou mista e ainda, verificar se porventura ocorre estrutura anômala, que é comum em Amarantáceas (SOLEREDER, 1908; PFEIFFER, 1926).

A todos esses fatos junta-se aquele de que este tipo de planta pode ser utilizado para pesquisas de fisiologia ecológica e morfogênese. A existência de uma base anatômica segura tornaria possível uma tal iniciativa.

II — MATERIAL E MÉTODOS

a) *Plantas*: todo material utilizado pertence a uma população existente numa região de Campo, na Cidade Universitária, São Paulo (JOLY, 1950). Dessa população, foram depositados do-

(*) — WARMING (pg. 61, 1908) observou que nos campos de Lagoa Santa, a floração após a queimada, antes de surgirem folhas numa planta, era extremamente rara. Entretanto, no local de origem de nossas plantas, o fato é extremamente comum com *Pfaffia jubata* Mart., onde freqüentemente após a queimada, emerge do solo um tufo de ramos somente com inflorescências.

cumentos no Herbário do Instituto de Botânica de São Paulo, com as seguintes indicações:

N.º de Herbário: SP 84733

Leg.: W. Handro n.º 149, 20-IX-1965.

Loc.: Estado de São Paulo, município de São Paulo, Butantã.

Det.: O. Handro.

b) *Metodologia*: todos os cortes da parte subterrânea bem como caule aéreo e folhas, foram feitos à mão, em material fresco ou fixado em FAA, exceto para as séries da região do nó e raiz primária, que foram feitos de material incluído em parafina segundo técnicas usuais. No caso de cortes à mão eles foram corados com carmim de Grenacher (celulose) e verde-iodo acético (lignina) (DOP e GAUTIÉ, 1909). Nos cortes a micrótomo a coloração usada foi safranina e verde rápido. As folhas foram diafanizadas em NaOH 5%, e coradas com safranina. Para lignina foi usado ensaio com floroglucinol em meio ácido (JOHANSEN, 1940). O oxalato de cálcio foi verificado pelas mesmas técnicas empregadas em trabalho anterior (HANDRO, 1966).

III — RESULTADOS

1. *Sistema subterrâneo*:

O sistema subterrâneo (figs. 1-4) é bastante complexo, apresentando vários aspectos característicos. Primeiramente, uma região imediatamente abaixo da superfície do solo, de onde partem os ramos aéreos. Essa região, de superfície extremamente irregular, apresenta grande variação de tamanho e forma, de acordo com a planta considerada. Abaixo desta região encontra-se uma estrutura cilíndrica, não ramificada, com inúmeras cicatrizes (figs. 1-4). O resto do sistema subterrâneo apresenta-se com diferentes graus de tuberculificação, interligados esses trechos tuberculificados, por partes não espessadas. Tanto as partes espessadas como as partes que as ligam, apresentam inúmeras ramificações mais finas. Na descrição anatômica que segue, adotou-se o critério de partir das ramificações mais finas, em direção às partes mais espessas e posteriormente às estruturas de posição superior.

Os níveis de cortes indicados nas figuras 2 e 3, têm os números correspondentes às respectivas figuras dos cortes. No caso de haver diferentes níveis com o mesmo número, isso significa que a estrutura é a mesma.

a) *ramificações finas:*

O corte de uma região extrema (fig. 7) mostra uma estrutura de raiz na qual aparece uma periderme espessa e um cilindro central compacto, com o floema apresentando interrupção apenas em dois pontos. O xilema apresenta grande quantidade de fibras em relação ao número de elementos condutores (detalhe na fig. 14). Pela observação do lenho primário verifica-se que se trata de uma raiz diarca (fig. 6). Chama a atenção a estrutura e tamanho das células epidérmicas em relação às células sub-epidérmicas (fig. 13). A figura 8 mostra um estágio mais avançado na diferenciação do órgão, onde além do cilindro central já descrito, aparecem dois arcos fibrovasculares.

b) *regiões mais espessas, não tuberificadas:*

A figura 9 refere-se a uma ramificação lateral e a figura 10 ao eixo principal. Tratam-se de estruturas radiculares o que se verifica pela observação do lenho primário. Note-se a grande quantidade de grupos fibrovasculares dispostos concêntricamente, sendo que essa quantidade é maior no caso da figura 10. A figura 11 mostra um detalhe de um grupo fibrovascular. Pode-se verificar que na região do floema existe grande quantidade de células comprimidas, com paredes espessadas. A periderme em ambos os casos apresenta estrutura como a representada na figura 30. Note-se na periderme a existência de células com canais parietais, semelhantes a pontuações, que se prolongam para o interior da célula e, em alguns casos, chegam mesmo a atravessá-la (figs. 14 e 16), e também células com paredes extremamente espessadas (fig. 17). Na região do parênquima cortical ocorrem numerosos escleritos, vistos em detalhe na figura 12.

c) *regiões tuberificadas:*

As regiões tuberificadas tem fundamentalmente a mesma estrutura (fig. 18), com predominância de parênquima. As partes tu-

berificadas que pertencem ao eixo principal, entretanto, tem maior quantidade de fibras, como na região representada na figura 26. Os feixes vasculares diferenciam-se de duas maneiras: ou numa faixa cambial periférica (figs. 19 e 20) ou diretamente no parênquima (figs. 21-23). Neste último caso verifica-se que os elementos vasculares correspondem perfeitamente às células do parênquima limítrofe, tanto na forma como na posição (fig. 24). Deve-se notar que em toda região parenquimática ocorrem numerosas drusas de oxalato de cálcio.

d) *região de transição:*

O sistema subterrâneo apresenta uma região de transição entre as estruturas radicular e caulinar. Na maioria dos casos ela é aproximadamente esférica (fig. 4), mas pode também ser ovóide (fig. 3) ou pouco conspícua (fig. 2). A seqüência de cortes nessa região (figs. 26-29) cuja localização é indicada na fig. 3, mostra um progressivo afastamento dos feixes da região central, com redução e fragmentação da região correspondentes ao lenho primário (fig. 29). Daí em diante a região central é ocupada por parênquima medular. Os detalhes estruturais são semelhantes aos descritos anteriormente, inclusive a ocorrência de drusas.

e) *região caulinar:*

Apresenta-se com dois aspectos: uma parte cilíndrica, que se segue à região de transição; uma parte de forma irregular de onde saem os ramos aéreos, que fica em contacto com a superfície do solo. Esta última parte pode ser muito desenvolvida (fig. 2), ou reduzida e quase ausente (figs. 3 e 4). A parte cilíndrica tem estrutura caulinar, apresentando porém, vários feixes fibrovasculares dispostos concêntricamente (fig. 34). A periderme e parênquima cortical (fig. 30) mostram idêntica estrutura àquela descrita para raiz. O detalhe (fig. 35) mostra um feixe próximo à medula, em que o floema é totalmente envolvido pelas fibras e elementos do lenho. Os demais feixes são iguais àquêles descritos para raiz (fig. 11).

Em toda extensão da parte cilíndrica, ocorrem gemas que são protegidas por tricomas (fig. 33). Essas gemas são de dois tipos: exógenas ou endógenas.

A parte superior (fig. 31) apresenta-se formada por várias unidades justapostas, de espessura variada, e estrutura correspondente à descrita acima.

2. *Caule aéreo:*

Num caule aéreo distinguimos nó e entre-nó.

a) *Entre-nó:*

A estrutura do caule no entre-nó, do exterior para o interior apresenta a seguinte seqüência:

epiderme: uniestratificada, com células alongadas no sentido longitudinal do caule (fig. 37). Ocorrem tricomas pluricelulares, que podem alcançar até 2mm. de comprimento; sua superfície apresenta espículas (figs. 38 e 40). A epiderme possui também estômatos, dispostos de modo que as células-guarda são paralelas ao eixo longitudinal do caule (fig. 37). Os estômatos ficam sempre em posição deprimida em relação às células subsidiárias (fig. 41).

colênquima: geralmente com três camadas de células exceto na vizinhança dos estômatos, em que está ausente. É interrompido ao nível das câmaras sub-estomáticas (figs. 43 e 44).

parênquima cortical: constituído de cerca de seis camadas de células mais ou menos isodiamétricas. Podem ocorrer drusas.

cilindro fibrovascular: no caule adulto está representado na fig. 36, onde se observam os feixes líbero-lenhosos e uma faixa externa contínua de esclerênquima. Ao redor da faixa de esclerênquima ocorrem grupos isolados de fibras. Um detalhe da região (fig. 43) mostra o seguinte: cada feixe líbero-lenhoso apresenta o floema limitado totalmente pelo lenho e por esclerênquima. Externamente à faixa esclerenquimática ocorre uma faixa cambial que origina novos elementos condutores. Além do feixe cambial ocorrem grupos de fibras. As figuras 39 e 42 mostram aspectos longitudinais da estrutura. A figura 44 mostra a mesma região num caule jovem. Note-se que ainda não aparecem as fibras lignificadas presentes no caule adulto, e que o cilindro vascular está em diferenciação. Observa-se ainda a presença de duas faixas cambiais: uma originando liber e lenho, já parcialmente diferenciados, e outra externa.

A situação acima descrita é encontrada na maior parte dos entre-nós. Os primeiros entre-nós (basais) apresentam mais de um cilin-

dro fibro-vascular, como na parte caulinar subterrânea. Esses entrenós basais apresentam um felogênio de origem epidérmica (fig. 45).

b) Nó:

A vascularização da região do nó (fig. 46) está representada na seqüência de cortes feitos a partir da região abaixo do nó (figs. 47-57). A partir da estrutura típica de entre-nó (fig. 36) ocorrem várias modificações no trajeto vascular de dois ramos e duas fôlhas: diminui o número de feixes menores e aparecem dois feixes muito maiores (fig. 47). Mais acima observam-se já quatro feixes grandes, diminuindo mais ainda o número de feixes menores (fig. 48). Na figura 49, na região onde se separam os feixes maiores (região equatorial da figura) observa-se de cada lado um pequeno feixe; êstes dois pequenos feixes constituirão o sistema vascular do entre-nó seguinte. Na região "polar" (da figura) estão os feixes do traço foliar (figs. 49 e 50). A figura 51 mostra que o feixe que constituirá o sistema vascular do entre-nó seguinte se apresenta "fragmentado" e que a faixa esclerenquimática está interrompida neste nível, persistindo somente nos feixes maiores (que se dirigem aos ramos). A figura 52 mostra o início de individualização da fôlha, cujos estágios sucessivos são vistos nas figuras seguintes. A figura 53 mostra o início da modificação progressiva dos traços de ramo ("fragmentação"). Os estágios sucessivos de vascularização e individualização dos ramos são vistos nas figuras 54-57. Note-se que para cada fôlha existe uma lacuna com três traços foliares.

3. *Fôlha:*

Os estudos se restringiram a dois tópicos: percurso e constituição da nervura central, e padrões de vascularização apical, uma vez que o padrão de nervação e a estrutura do limbo já haviam sido estudadas (HANDRO, 1967).

A figura 58 mostra que a nervura mediana é constituída na parte basal da fôlha, por três feixes vasculares distintos. Isto é comprovado por cortes transversais em diferentes alturas da fôlha, cujas posições são indicadas na figura 59, sendo representados nas figuras 60-65. Vê-se que a partir da região que corresponde mais ou menos ao início do terço mediano da fôlha, os feixes vasculares se apresentam reunidos. Deve-se salientar que os três feixes podem se "unir"

num mesmo ponto, ou haver primeiro a “união” de dois, e posteriormente a do terceiro. Detalhe de um dos feixes pode ser visto na figura 66.

Quanto ao ápice foliar e à respectiva vascularização, três tipos foram verificados. O tipo representado na figura 67 corresponde à maioria das folhas adultas ou jovens. O ápice é agudo, podendo apresentar tricomas terminais. O feixe de vasos que percorre o ápice é continuação da nervura central, e termina apresentando poucos elementos do xilema.

Os tipos representados nas figuras 68 e 70 correspondem à folhas jovens, que pertencem geralmente ao par basal do ramo. São pouco frequentes. No caso da figura 68 a vascularização apical é formada por um plexo que une a nervura mediana às nervuras marginais. No caso representado pela figura 70 não há continuidade das nervuras marginais; ocorre grande número de traqueídes isoladas, ou formando pequenos grupos em toda região apical da folha (fig. 69). Deve-se salientar que a presença de pequeno número de traqueídes isoladas na região apical é comum na maioria das folhas; a situação representada na figura 70 é rara.

IV — CONCLUSÕES

1. O sistema subterrâneo de *Pfaffia jubata* Mart. é na sua maior parte, radicular. Entretanto sempre ocorre uma parte caulinar, que é de tamanho variável.

2. A parte radicular apresenta-se geralmente sob duas formas básicas: tuberificada e não tuberificada.

3. A raiz primária é diarca.

4. O aumento da raiz em espessura é devido a formação de novos cilindros fibrovasculares, e não a um aumento do cilindro central.

5. Os resultados indicam que nas partes tuberificadas da raiz, o crescimento em espessura pode se dar de duas maneiras:

- a) pela formação de feixes numa faixa cambial normal;
- b) por desdiferenciação de células do parênquima.

6. Nas partes tuberificadas e na região de transição (quando muito desenvolvida), ocorre uma maior quantidade de parênquima em

relação aos feixes fibro-vasculares, do que nas partes não tuberificadas.

7. O parênquima nas raízes não apresenta sequer quantidade ínfima de amido. Ocorre entretanto, grande número de drusas de oxalato de cálcio.

8. Na parte subterrânea do caule ocorrem gemas endógenas e exógenas.

9. Algumas particularidades anatômicas (sinuosidade dos feixes, células do parênquima alongadas radialmente), juntamente com rugosidades externas, indicam que a raiz principal sofre contração durante o seu desenvolvimento.

10. O cilindro central na região subterrânea do caule difere da raiz por dois aspectos: a) delimita uma região de parênquima medular; b) o floema é completamente envolvido por xilema e por fibras.

11. A periderme nos órgãos subterrâneos com crescimento em espessura apresenta sempre estrutura semelhante.

12. O caule aéreo apresenta uma faixa cambial externa ao único cilindro fibro-vascular.

13. O nó é unilacunar, apresentando inicialmente quatro traços foliares, que se reduzem a três ao nível da emergência foliar.

14. A nervura central da fôlha apresenta três feixes vasculares, da base até cerca da metade do seu percurso; daí para o ápice foliar o número de feixes desta nervura é progressivamente reduzido.

15. Ocorrem três diferentes tipos de vascularização apical na fôlha, que constituem expressão anatômica da heteroblastia foliar.

V — DISCUSSÃO

A característica anatômica mais notável em *Pfaffia jubata* Mart. é o crescimento anômalo em espessura. Este fato é comum para a família *Amaranthaceae*, tendo sido descrito também para o gênero *Pfaffia* (SOLEREDER, 1908; METCALFE e CHALK, 1950), tanto para caule como para raiz. Para êstes casos já estudados, o primeiro câmbio acessório surge na região do periciclo e os subseqüentes no parênquima. A verificação da ocorrência ou não desse mecanismo de formação em *Pfaffia jubata* Mart. só poderá ser feita atra-

vés de estudos ontogenéticos. Entretanto, verificou-se que nas raízes tubericadas ocorre também um tipo de crescimento anômalo, semelhante àquele descrito para *Raphanus sativus* L. (HAYWARD, 1938), isto é, ocorre formação de feixes no interior do parênquima, além daqueles formados na faixa cambial normal. Segundo JOSHI (1937), o caule das Amarantáceas apresenta estrutura anômala pelo menos na sua parte basal, sendo esta estrutura ausente no restante. No caso de *Pfaffia jubata* Mart., a estrutura do caule aéreo concorda com a descrição de Joshi. Entretanto, um crescimento em espessura notável ocorre somente na parte subterrânea.

Quanto às raízes contráteis, as contrações são provavelmente produzidas pelo crescimento radial das células do parênquima, que é um dos mecanismos que produzem contração, citado por WILSON & HONEY (1966). Deve-se salientar que em *Pfaffia jubata* Mart. nem sempre a sinuosidade dos feixes corresponde a uma contração, pois ocorrem em certos casos sinuosidades onde não há células de parênquima com alongamento radial. Neste caso os feixes vasculares correspondem às células do parênquima, que já apresentam sinuosidade, possivelmente originada pelo crescimento diferencial em espessura.

De particular interesse é a presença de gemas na parte caulinar subterrânea. RAWITSCHER e RACHID (1946), no caso de *Jacaranda decurrens* Cham., admitiram a possibilidade de formação de gemas em regiões profundas, oriundas de um "auto-enterramento" do caule, caráter êsse adaptativo contra o fogo. Produção de ramos aéreos a partir de raízes e caules subterrâneos são comuns em outras plantas lenhosas dos Cerrados (RIZZINI e HERINGER, 1966).

A ocorrência de gemas no caule subterrâneo de *Pfaffia jubata* Mart., planta de porte herbáceo, poderia indicar a existência de um mecanismo adaptativo contra perturbações ambientais, principalmente o fogo.

Uma outra possibilidade ainda é a ocorrência dessas gemas subterrâneas como consequência da contração da raiz, que faria com que o caule fôsse "puxado" para o interior do solo. Isto é comum em *Oxalis* (DAVEY, 1946).

Esses fatos mostram que esse tipo de material pode ser de interesse para estudos sobre reprodução vegetativa de plantas herbáceas dos Cerrados.

Quanto à estrutura do nó, este se enquadra num dos tipos básicos citados por BAILEY (1956). Este tipo, unilacunar com três traços, é uma forma considerada derivada da forma unilacunar com dois traços (SINNOT e BAILEY, 1914; BAILEY, 1956), considerada a mais primitiva de todas.

A estrutura do pecíolo concorda com aquela descrita para as Amaranáceas (METCALFE e CHALK, 1950).

Pela diversidade de aspectos interessantes observados, *Pfaffia jubata* Mart. abre perspectivas para diversas linhas de trabalho:

- a) morfogênese do sistema subterrâneo;
- b) influência de fatores ecológicos no desenvolvimento do sistema subterrâneo (nutrição mineral, compactação do solo, suprimento hídrico, etc.);
- c) ontogênese do sistema vascular nos órgãos com crescimento em espessura;
- d) morfogênese e ontogênese da estrutura das raízes contráteis;
- e) estudos sobre a reprodução vegetativa de plantas herbáceas dos Cerrados a partir de gemas caulinares subterrâneas;
- f) ontogênese da vascularização foliar, com referência especial à vascularização apical;
- g) estudo comparado de outros gêneros e espécies de Amaranáceas dos Cerrados, com particular atenção ao sistema subterrâneo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Luiz Gouvêa Labouriau pela revisão crítica do texto, e ao Dr. George Eiten, pela revisão do "Summary".

SUMMARY

This paper is a morphological study of the vegetative structures of *Pfaffia jubata* Mart., with special emphasis on the anatomy of

the underground parts. This was found to be chiefly formed of root, with a small participation of stem. The root system is composed of thin elongated parts alternating with thick tuberous sections. The primary root is diarch and thickens progressively by the formation of new distinct fibrovascular cylinders. Tuberous structures grow in diameter by the activity of a normal cambium and also by de-differentiation of parenchymatous cells. The parenchyma stores hardly any starch, but contains numerous crystals of calcium oxalate. Several anatomical peculiarities (such as the wavy profiles of the bundles, radial elongation of parenchyma cells, and external folds), indicate the main root to be a contractile structure. The underground stem shows abundant buds, both of the exogenous and endogenous type. The central cylinder of the stem differs from the homologous structure in the root by two main features characteristic of stems, the presence of pith parenchyma and the fact that phloem is completely encircled by xylem and fibers. The aerial parts of the stem display, besides the usual cambium, a cambial layer external to the stele. The node is unilacunar; the four emerging vascular traces are reduced to three foliar traces at the level of the leaf emergence. The leaf midrib shows three distinct vascular bundles at the base; from the middle of its length the number of vascular bundles is progressively reduced. The leaf apex shows three different patterns of venation, expressing heteroblastic leaf differences.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

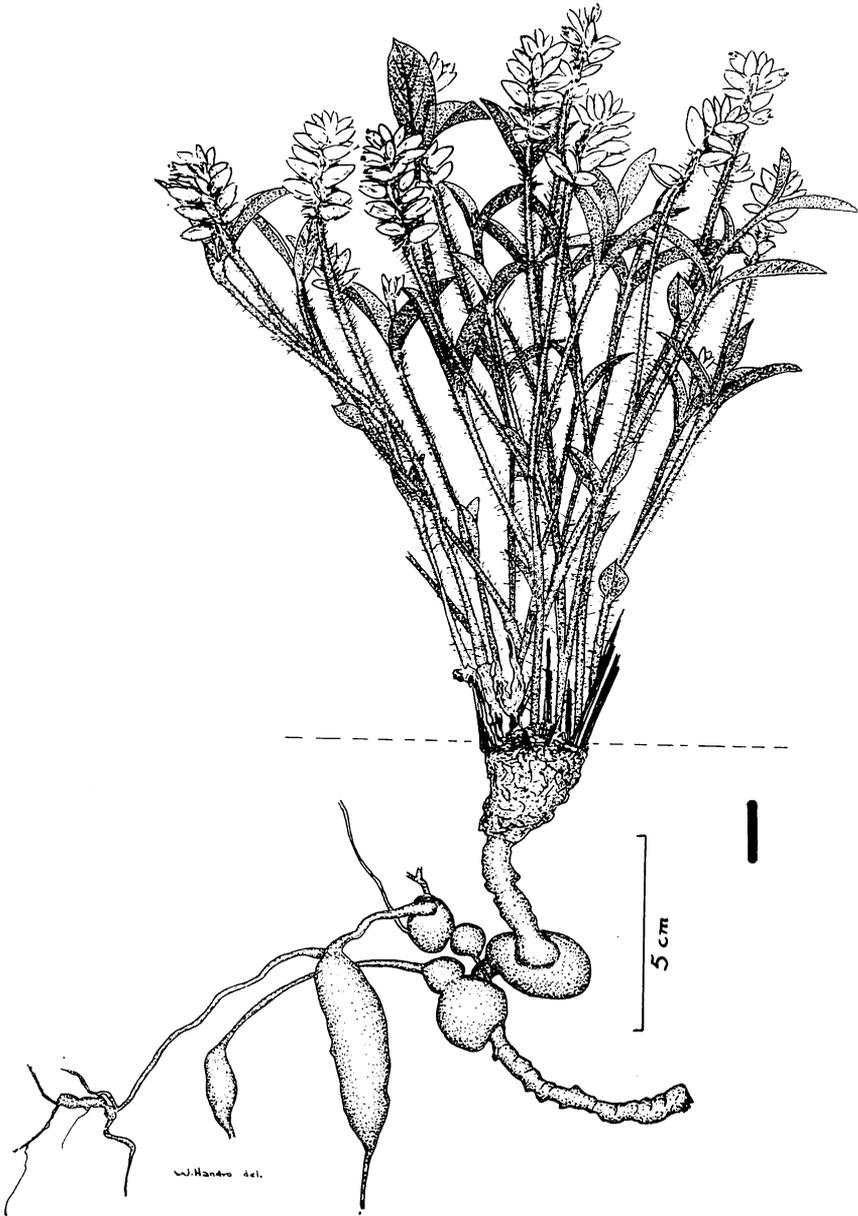
- Bailey, I. W., 1956 — Nodal anatomy in retrospect. Jour. Arnold Arboretum 37: 269-287, 2 figs.
- Bailey, I. W. & E. W. Sinnott, 1914 — Investigations on the phylogeny of the Angiosperms. II — Anatomical evidence of reduction in certain of the Amentiferae. Bot. Gaz. 58: 36-60.
- Davey, A. J., 1956 — On the seedling of *Oxalis hirta* L. Ann. Bot. 10: 237-256, 9 figs.
- Dop, P. & A. Gautié, 1909 — Manuel de technique botanique. viii + 534 pp., illustr., J. Lamane et Cie. Edit., Paris.
- Ferri, M. G., 1953 — Histórico dos trabalhos botânicos sobre o Cerrado, in Simpósio sobre o Cerrado, 424 pp., ilustr., Editora da Univ. São Paulo.
- Handro, W., 1964 — Contribuição ao estudo da venação e anatomia foliar das Amarantáceas dos Cerrados. An. Acad. brasil. Ciên. 36 (4): 479-499, 56 figs.

- Handro, W.*, 1965 — Pollen grains of plants of the Cerrado. X-Amaranthaceae. An. Acad. brasil. Ciên. 37 (3/4): 557-565, 18 figs.
- Handro, W.*, 1966 — Escleromorfismo foliar e nutrição mineral em *Gomphrena prostrata* Mart. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (suplemento): 225-242, 28 figs.
- Handro, W.*, 1967 — Contribuição ao estudo da venação e anatomia foliar das Amarantáceas do Cerrado. II — Gênero *Pfaffia*. An. Acad. brasil. Ciênc. 39 (3): 495-506.
- Hayward, H. E.*, 1938 — The structure of economic plants. x+674 pp., ilustr., The Macmillan Company, N.Y.
- Johansen, D. A.*, 1940 — Plant microtechnique, xi+523 pp., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London.
- Joly, A. B.*, 1950 — Estudo fitogeográfico dos Campos de Butantã (São Paulo). Bol. Fac. Filos. Ciên. Letr. U.S.P. 109, Botânica 8: 5-68, 24 figs., 4 fotos.
- Joshi, A. C.*, 1937 — Some salient points in the evolution of the secondary vascular cylinder of Amaranthaceae and Chenopodiaceae. Amer. Jour. Bot. 24: 3-9, 12 figs.
- Labouriau, L. G.*, 1963 — Problemas de fisiologia ecológica dos Cerrados, in Simpósio sobre o Cerrado, 424 pp., ilustr. Editôra Univ. São Paulo.
- Labouriau, L. G.*, 1966 — Revisão da situação da ecologia vegetal dos Cerrados. An. Acad. brasil. Ciênc. 38 (suplemento): 5-38.
- Morretes, B. L. de*, 1967 — Contribuição ao estudo da anatomia das fôlhas de plantas do Cerrado II. Bol. Fac. Filos. Ciên. Letr. U.S.P. 305, Botânica 22: 209-244, 32 figs.
- Pfeiffer, H.*, 1926 — Das abnorme Dickenwachstum. xii+272 pp. ilustr. (in Handbuch der Pflanzenanatomie, vol. IX). Veilag v. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Rachid, M.* 1947 — Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos Cerrados de Emas. Bol. Fac. Filos. Ciên. Letr. U.S.P. 80, Botânica 5: 5-140, 66 figs., 8 fotos, 34 tabs.
- Rawitscher, F. K. & M. Rachid*, 1946 — Troncos subterrâneos de plantas brasileiras. An. Acad. brasil. Ciên. 18 (4): 261-280, 9 figs. 4 fotos.
- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer*, 1961 — Underground organs of plants from some southern Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. Phytion 17 (1): 105-124, 30 figs.
- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer*, 1962 — Studies on the underground organs of trees and shrubs from some Southern Brazilian savannas. An Acad. brasil. Ciên. 34 (2): 235-247, 28 figs.
- Rizzini, C. T. & E. P. Heringer*, 1966 — Estudos sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. An. Acad. brasil. Ciên. 38 (suplemento): 85-112, 15 figs.
- Salgado-Labouriau, M. L.*, 1961 — Pollen grains of plants of the Cerrado I. An. Acad. brasil. Ciên., 33 (1): 119-130, 9 pl.

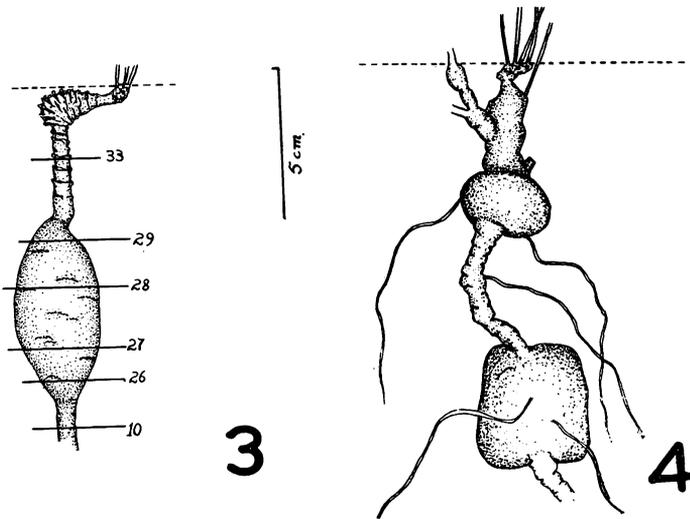
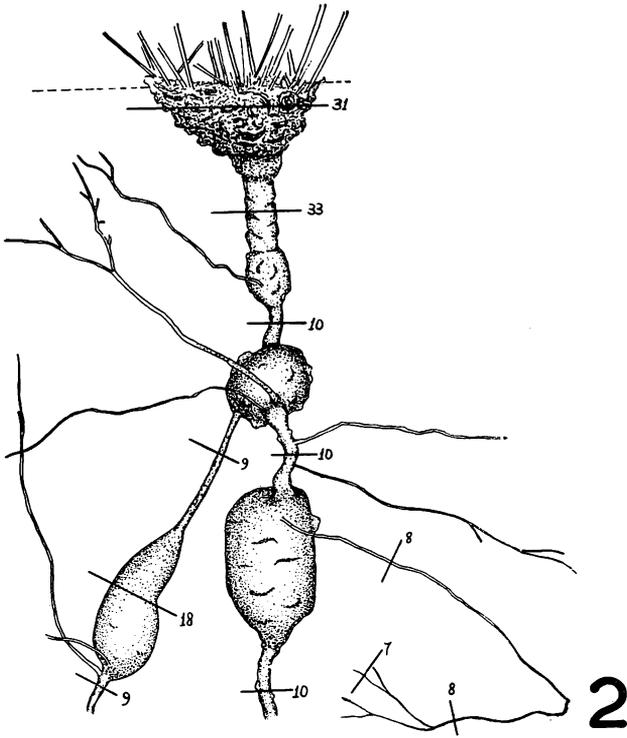
- Solereider, H. 1908 — Systematic anatomy of Dicotyledons. Transl. L. A. Boodle & F. E. Fritsch, 2 vols., 1182 pp., ilustr., Clarendon Press, Oxford.
- Warming, E. 1908 — Lagoa Santa — Contribuição para a Geographia Phytobiológica. Trad. A. Loefgren, 282 pp., ilustr., Imprensa Official, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- Wilson, K. & J. N. Honey, 1966 — Root contraction in *Hyacinthus orientalis* Ann. Bot. N. S. 30: 47-61, 3 figs., 1 pl., 1 tab.

PRANCHAS

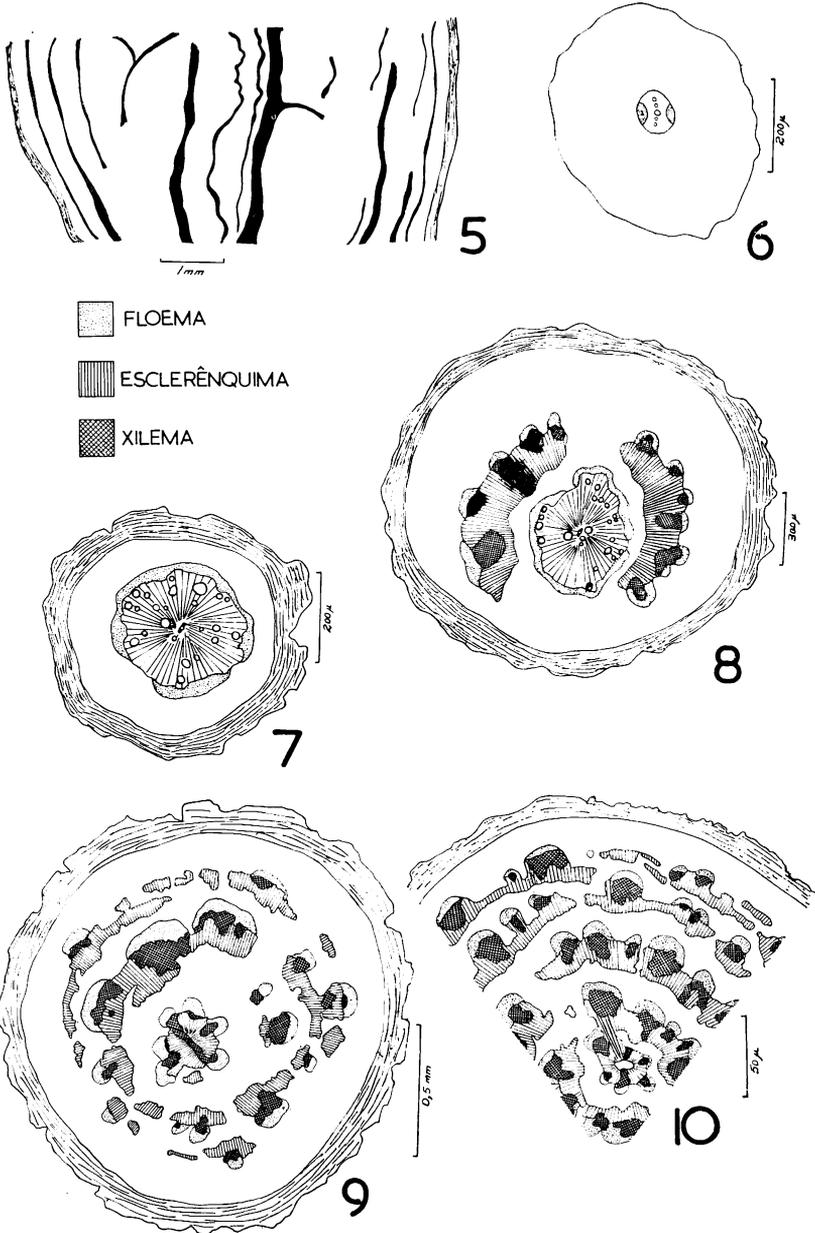
Fig. 1 -- Aspecto geral da planta.



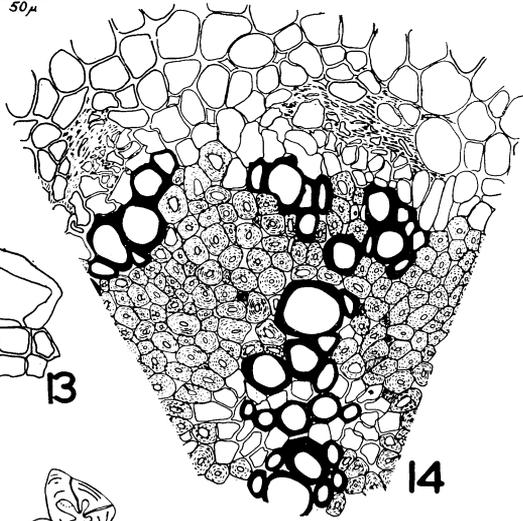
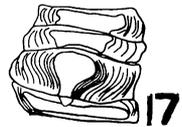
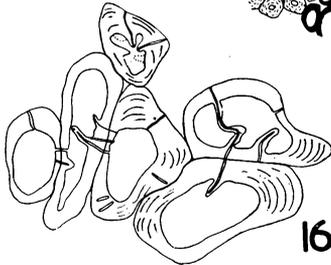
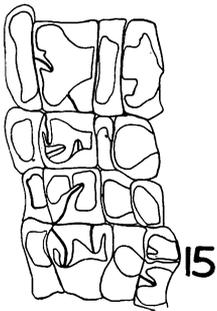
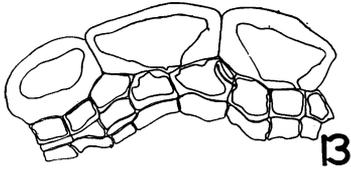
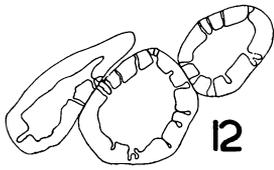
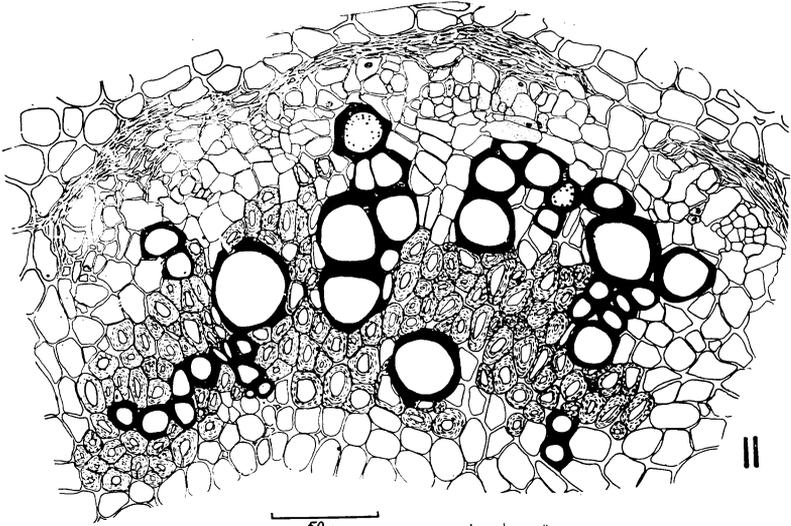
Figs. 2 a 4 — Diversos aspectos da porção subterrânea. Os números indicam os níveis em que foram feitos cortes transversais.



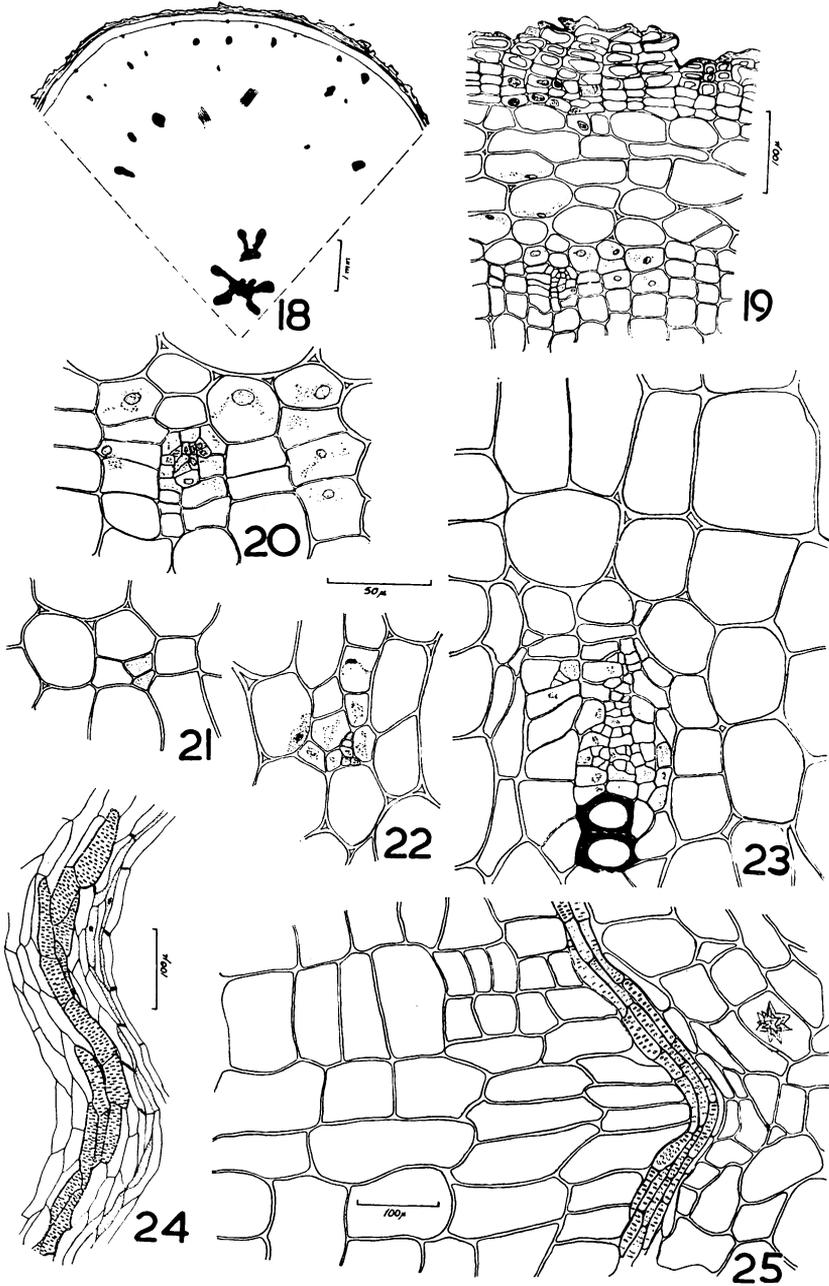
- Fig. 5 — Corte longitudinal da parte basal da região de transição. Em negro estão indicados os feixes vasculares.
- Fig. 6 — Corte transversal da raiz primária, mostrando a estrutura diarca.
- Fig. 7 — Corte transversal de uma ramificação fina na sua porção distal.
- Fig. 8 — Estágio mais avançado na diferenciação, mostrando dois arcos fibrovasculares.
- Fig. 9 — Corte transversal de uma ramificação lateral. Observa-se a presença de vários arcos fibrovasculares.
- Fig. 10 — Corte transversal ao eixo principal.



- Fig. 11 — Corte transversal mostrando um detalhe de um grupo fibrovascular da raiz.
- Fig. 12 — Escleritos do parênquima cortical.
- Fig. 13 — Células epidérmicas muito grandes em relação às subepidérmicas.
- Fig. 14 — Detalhe do lenho primário da raiz, em corte transversal.
- Figs. 15 e 16 — Aspectos das células da periderme das regiões espessas não tuberificadas. Note-se a presença de canais parietais semelhantes a pontuações.
- Fig. 17 — Células da periderme com paredes muito espessadas.

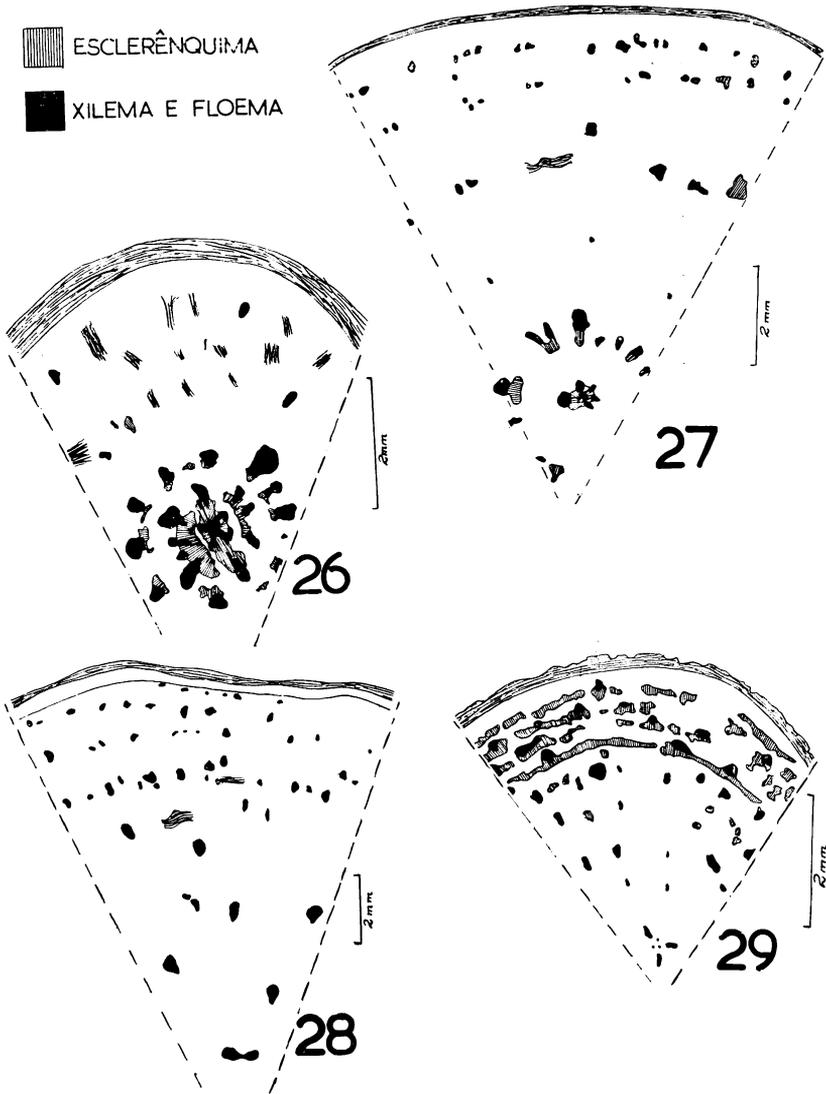


- Fig. 18 — Corte transversal da região tuberificada mostrando a proporção entre parênquima e fibras.
- Fig. 19 — Diferenciação de feixes numa faixa cambial periférica, numa região tuberificada.
- Fig. 20 — Detalhe da figura 19.
- Figs. 21 a 23 — Diferenciação de feixe vascllar a partir de células do parênquima.
- Fig. 24 -- Corte longitudinal em raiz tuberificada. Em pontilhado o floema.
- Fig. 25 — Corte longitudinal em uma raiz contráctil, mostrando as células do parênquima que se alongam radialmente.

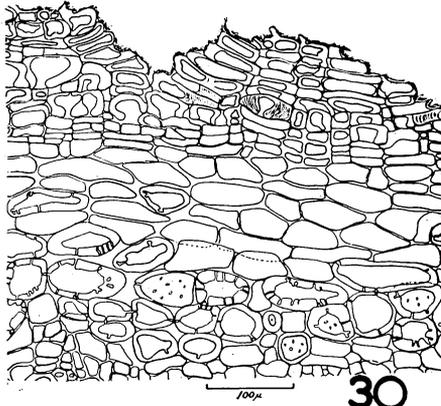


Figs. 26 a 29 — Cortes transversais na região de transição, mostrando um gradual afastamento dos feixes da região central. Na fig. 29 pode-se ver que o lenho primário está muito reduzido.

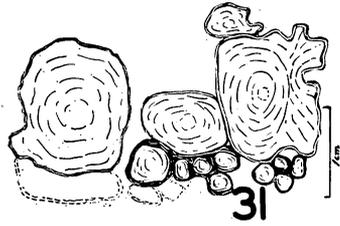
ESCLERÊNQUIMA
XILEMA E FLOEMA



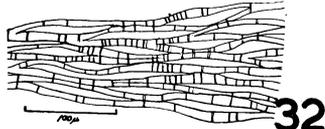
- Fig. 30 — Aspecto da periderme e parênquima cortical da região caulinar subterrânea, em corte transversal.
- Fig. 31 — Diagrama de um corte transversal na porção do órgão subterrâneo, que fica imediatamente abaixo do nível do solo.
- Fig. 32 — Detalhe, em corte longitudinal das fibras de um feixe vascular.
- Fig. 33 — Corte transversal do caule subterrâneo, com a localização das gemas.
- Fig. 34 — Corte transversal da região caulinar subterrânea. Os feixes fibrovasculares se dispõem concêntricamente. Observe-se a medula na porção mais central.
- Fig. 35 — Detalhe da mesma região, porém próximo à medula.



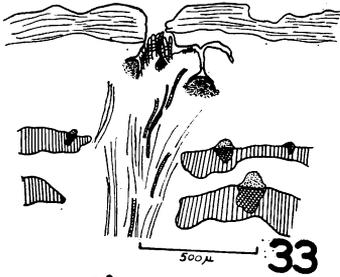
30



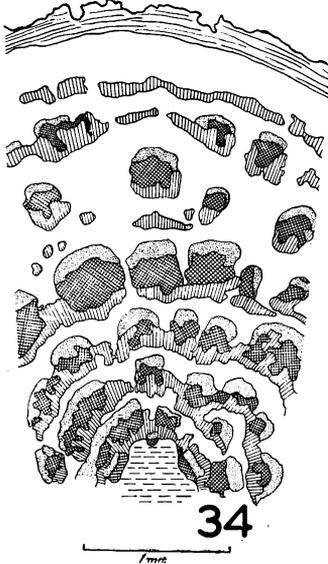
31



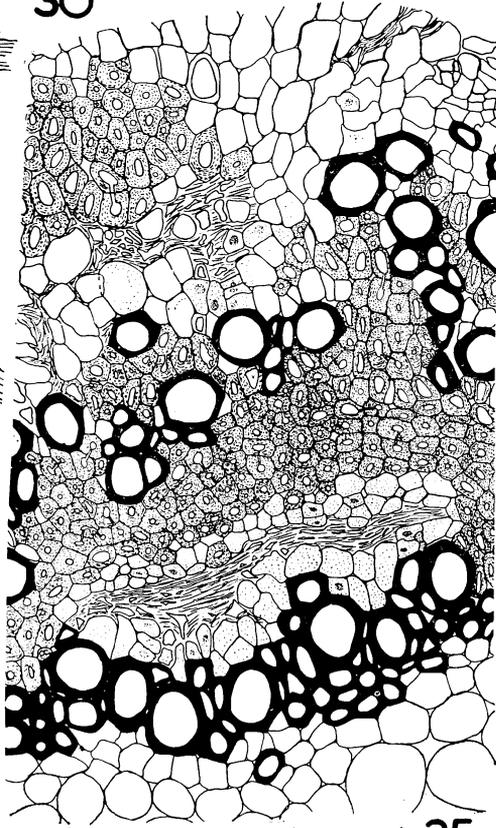
32



33

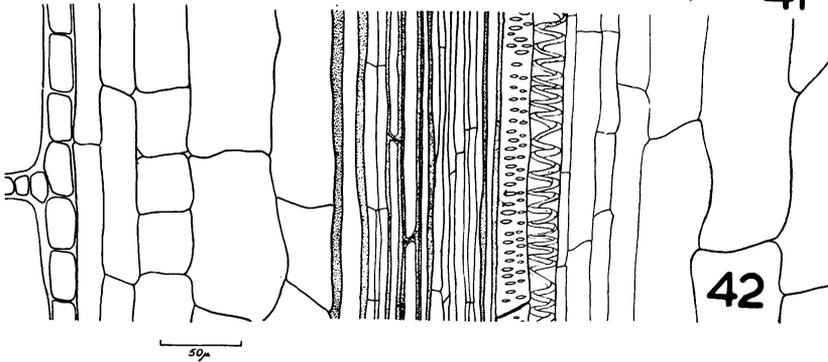
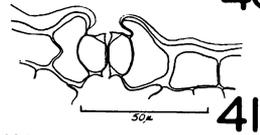
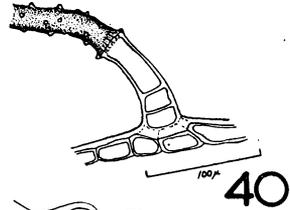
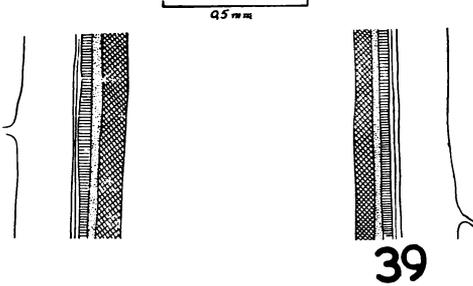
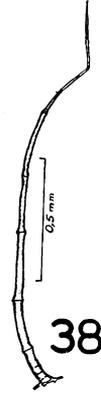
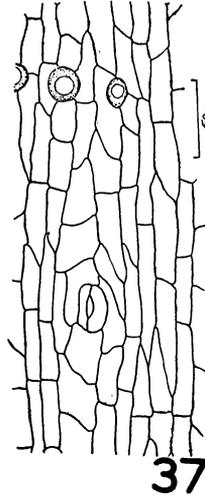
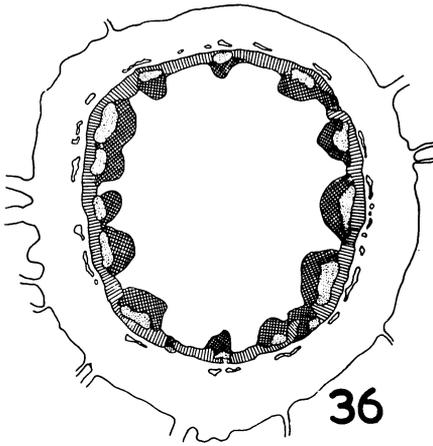


34



35

- Fig. 36 — Corte transversal do caule aéreo, em diagrama (as convenções são as mesmas usadas nas pranchas anteriores).
- Fig. 37 — Detalhe de epiderme do caule, em vista frontal. Em pontilhado as bases de pelos que se destacaram na preparação.
- Fig. 38 — Aspecto de um tricoma caulinar.
- Fig. 39 — Diagrama de um corte longitudinal do caule aéreo.
- Fig. 40 — Detalhe de um tricoma caulinar.
- Fig. 41 — Detalhe de um corte transversal a um estômato da epiderme do caule.
- Fig. 42 — Detalhe de um corte longitudinal ao caule aéreo.



- Fig. 43 — Corte transversal ao caule aéreo para mostrar um detalhe do feixe líbero-lenhoso.
- Fig. 44 — Corte transversal de um caule mais jovem, mostrando o início de diferenciação do feixe líbero-lenhoso.
- Fig. 45 — Detalhe do felogênio de origem epidérmica.

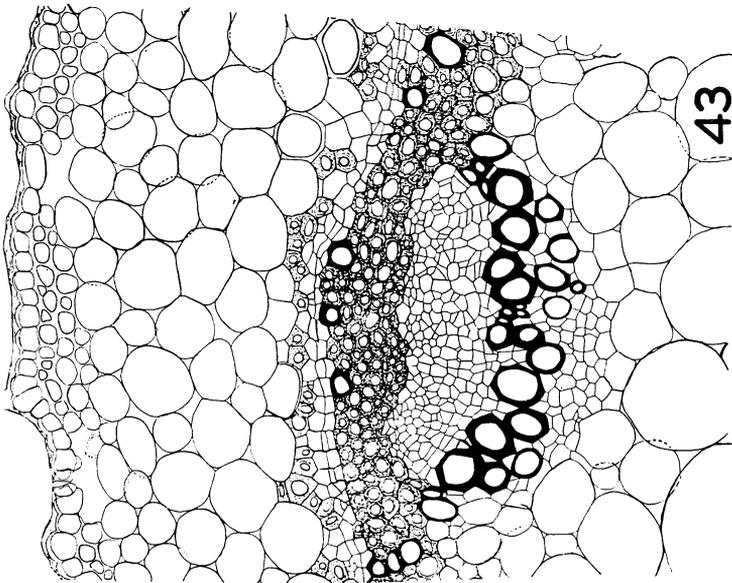
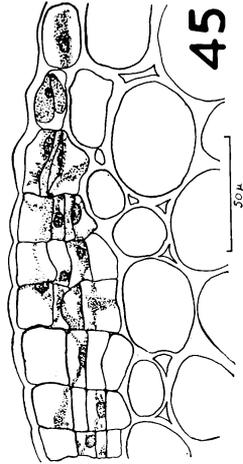
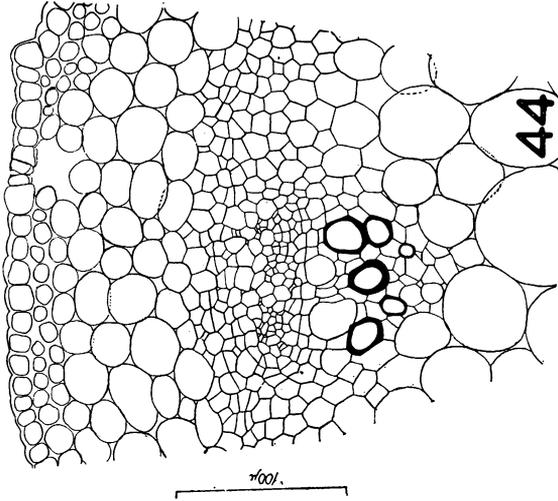
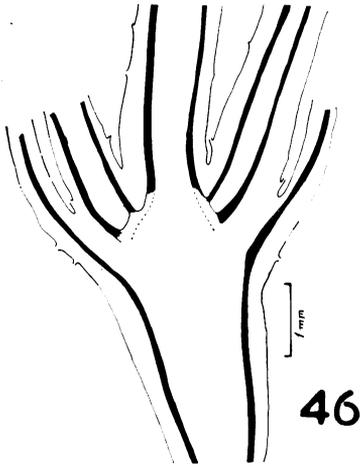


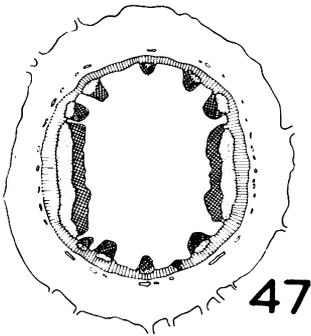
Fig. 46 — Diagrama de um corte longitudinal de um nó, mostrando em negro o percurso dos feixes.

Figs. 47 a 50 — Diagramas de uma seqüência de cortes transversais começando pouco abaixo do nó.

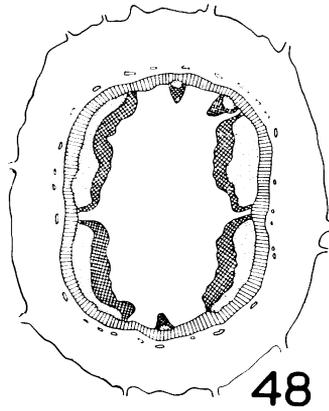


46

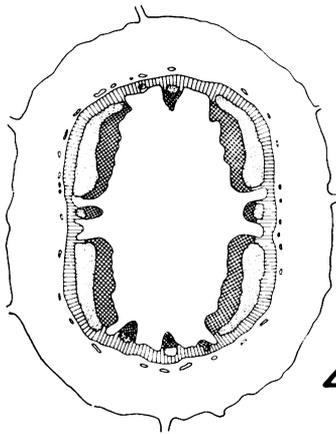
-  FLOEMA
-  ESCLERÊNQUIMA
-  XILEMA



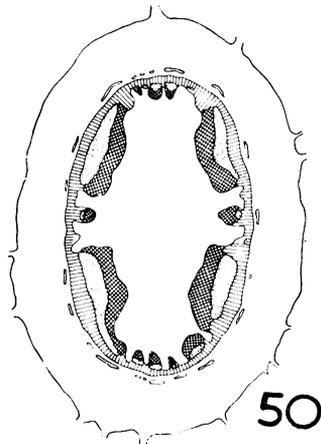
47



48



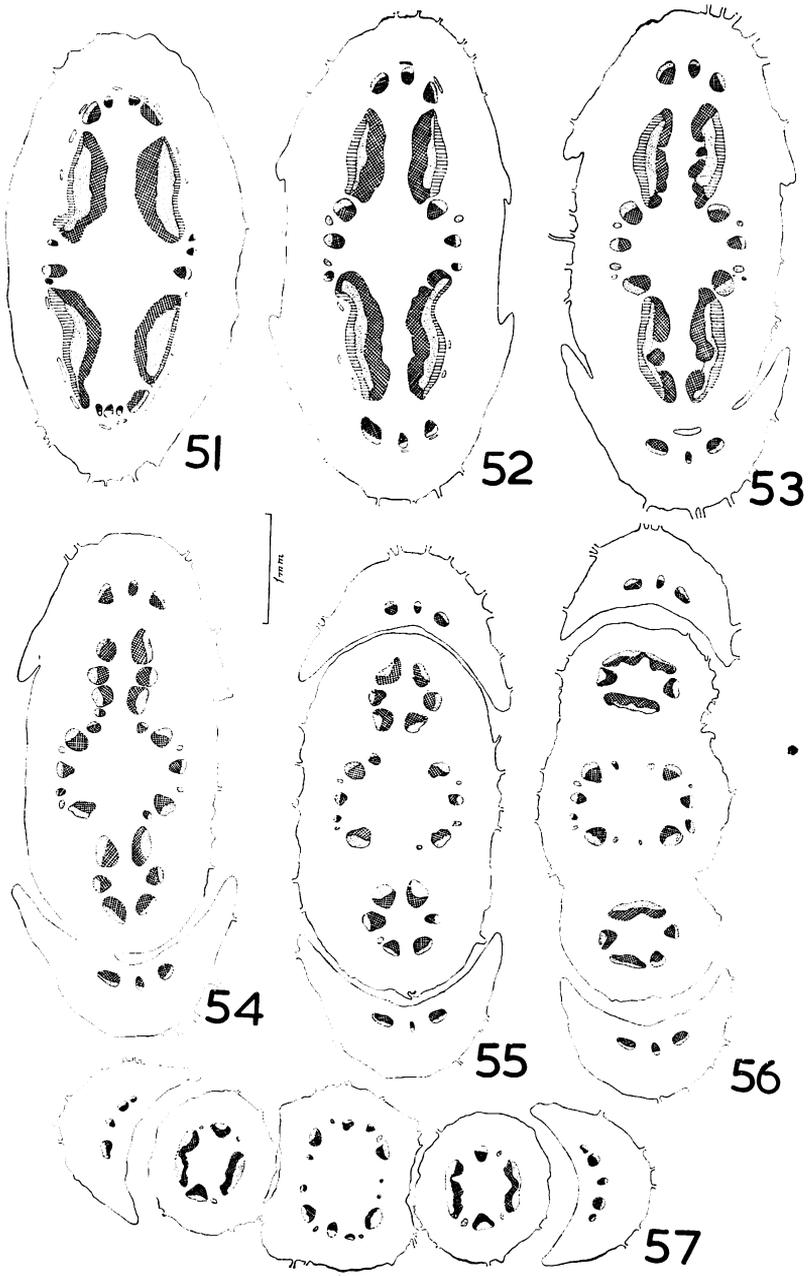
49



50

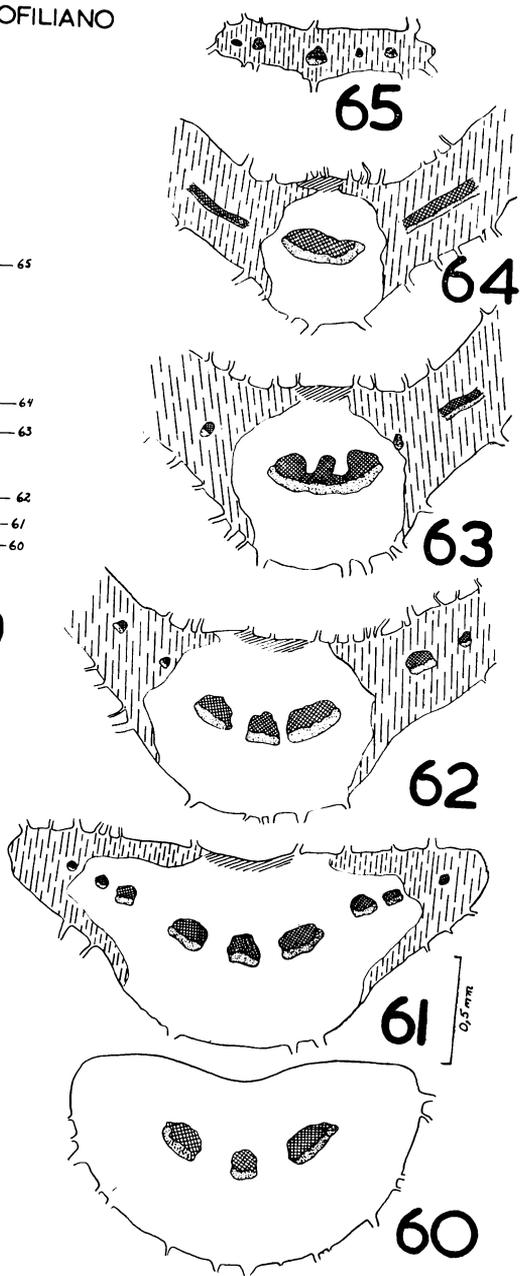
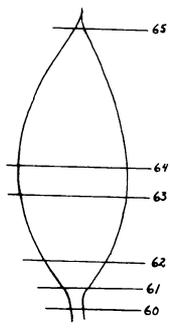
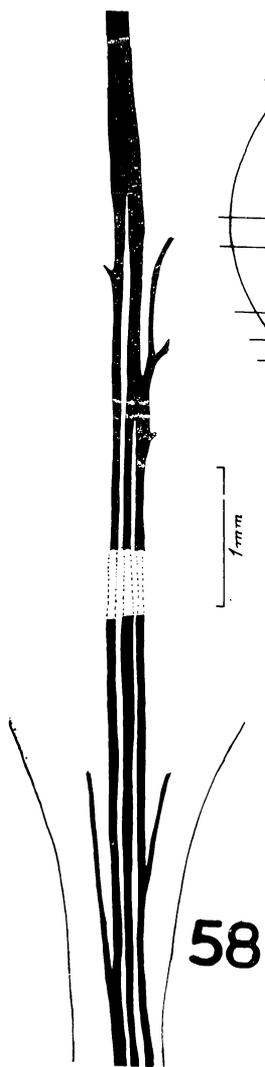
1 mm

Figs. 51 a 57 -- Diagramas de cortes transversais ao nó, mostrando o comportamento dos feixes e fibras. Na figura 52 nota-se o início de formação das fôlhas e os respectivos traços. A figura 55 mostra as fôlhas já formadas e os traços de ramos. A figura 57 mostra o caule, as fôlhas e os ramos que se formam nas axilas foliares.

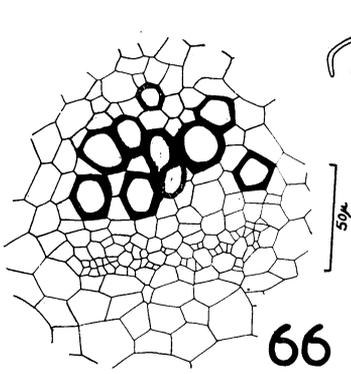


- Fig. 58 — Diagrama para mostrar o percurso (parcial) da nervura principal da fôlha. Observa-se a existência de três feixes (dois dêles dão origem a nervuras laterais) que depois se fundem dando dois e finalmente um único.
- Fig. 59 — Diagrama de uma fôlha para mostrar os níveis em que se efetuaram cortes transversais.
- Figs. 60 a 65 — Diagrama da seqüência de cortes transversais efetuados na fôlha.

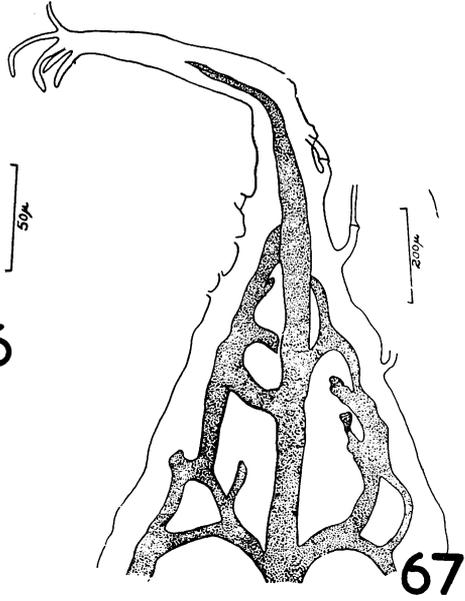
 PARÊNQ. CLOROFILIANO
 XILEMA
 FLOEMA



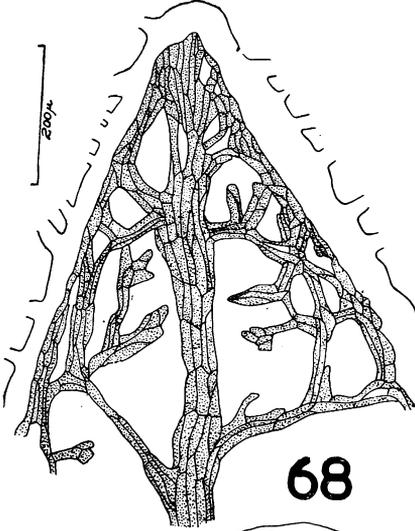
- Fig. 66 — Detalhe de um feixe vascular da nervura principal da fôlha, visto em corte transversal.
- Fig. 67 — Aspecto da vascularização apical de uma fôlha. Esse tipo de vascularização é o mais comum.
- Figs. 68 e 70 — Tipos diferentes da vascularização apical. Note-se a quantidade de elementos xilêmáticos isolados.
- Fig. 69 — Detalhe de traqueides da fôlha, mostrando um grupo de traqueides isolados.



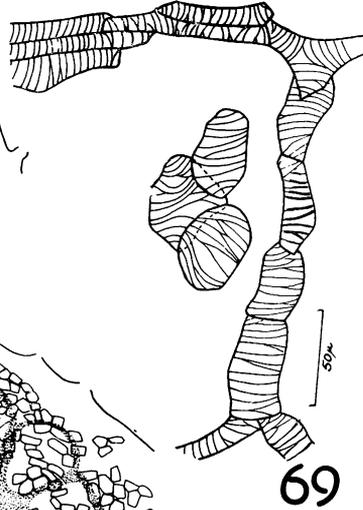
66



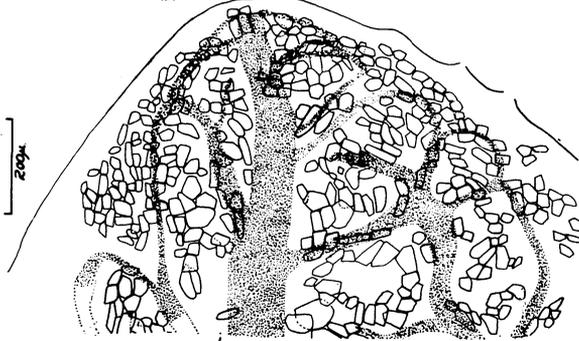
67



68



69



70