ORGANIZAÇÃO VASCULAR DO CAULE EM *XYRIS* L. (XYRIDACEAE) ⁽¹⁾

MARIA DAS GRAÇAS SAJO

Departamento de Botânica - ICB - Universidade Federal de Minas Gerais - Caixa Postal 2486. 31270-901 - Belo Horizonte, MG, Brasil. Bolsista do CNPq.

ABSTRACT - (Stem vascular organization in *Xyris* L. (Xyridaceae)). Three types of stems of *Xyris spinulosa* Kral & Smith, *Xyris pterigoblephara* Steud e *Xyris dawsonii* Smith & Downs, morphologically distinct from each other, were analyzed in terms of anatomical organization. In the species studied, the vascular system of the stem can be subdivided as follows: a) the system of amphivasal axial bundles, prolonged into leaf traces and fundamental bundles of the inflorescence; these occupy the central portion of the stem; b) the vascular system of the base of the adventitious roots, which originate at the limit of the central cylinder and c) the system of peripheral networks, which delimits the region of the vascular cylinder and effects intercommunication between leaf and root, thus connecting the former systems. Both the adventitious roots and the peripheral vascular networks arise from the region of apical meristem, called primary thickening meristem (PTM).

RESUMO - (Organização vascular do caule em *Xyris* L. (Xyridaceae)). Foram estudados sob o aspecto anatômico três tipos de caules, morfológicamente bastante distintos, presentes nas espécies *Xyris spinulosa* Kral & Smith, *Xyris pterigoblephara* Steud e *Xyris dawsonii* Smith & Downs. O sistema vascular do caule das espécies estudadas, pode ser subdividido nas seguintes unidades: a) o sistema de feixes anfisvaisais, que se prolongam em traços foliares e feixes fundamentais de inflorescência, e que ocupam a porção central do caule; b) o sistema vascular da base das raízes adventícias, que se origina no limite do cilindro central e c) o sistema de plexos periféricos, que delimita a região do cilindro vascular e efetua a intercomunicação folha-raiz, integrando os sistemas anteriores. Tanto as raízes adventícias, como os plexos vasculares periféricos originam-se a partir da região do meristema apical, denominada meristema de espessamento primário (MEP).

Key words: *Xyris*, Xyridaceae, PTM, stem vascularization.

INTRODUÇÃO

A família Xyridaceae reúne em cinco gêneros (*Aratitiopea*, *Achlyphila*, *Abolboda*, *Orectanthe* e *Xyris*) (Kral 1988) plantas herbáceas de porte pequeno e mediano, geralmente perenes e acaules, às vezes com rizomas curtos e portadoras de raízes adventícias (Smith & Downs 1968).

No Brasil, a família acha-se amplamente distribuída nos campos rupestres e, junto com as Gramineae, Cyperaceae e Eriocaulaceae, constitui a comunidade dominante desses campos (Giulietti *et al.* 1987); muitos de seus representantes ocorrem nas regiões alagadas e, segundo Giulietti e Pirani (1988), as Xyridaceae encontram-se quase que exclusivamente restritas a esse tipo de formação vegetal.

Poucos são os trabalhos referentes à morfologia e anatomia caulinar em *Xyris* L. Tomlinson (1969) descreve nos rizomas desses representantes a ocorrência de duas regiões distintas: a) uma cortical, sem um sistema vascular independente, mas percorrida por numerosos traços foliares e radiculares e b) uma porção central, delimitada por uma camada de células pequenas e esclerifi-

(1) Parte da tese de Doutorado, apresentada ao Depto. de Botânica do Instituto de Biociências, USP, sob orientação de N. L. de Menezes.

cadadas, contínua aos traços foliares e presente nas raízes como endoderme. No cilindro vascular, os feixes de distribuição dispersa são anfibiais distinguindo-se, ainda, complexos vasculares na região imediatamente interna à camada de células esclerificadas.

Com relação aos caules de monocotiledôneas, o caráter morfológico que caracteriza esse grupo de plantas é a ausência de câmbio vascular na maioria de seus representantes (De Mason 1979). Entretanto, determinadas monocotiledôneas, como *Agave* e *Cordyline*, exibem crescimento secundário devido a atividade de um câmbio, completamente diferente daquele encontrado nas dicotiledôneas (Zimmerman & Tomlinson 1969).

Segundo De Mason (1979), os caules de monocotiledôneas sofrem espessamento próximo ao ápice, durante o crescimento primário; logo após a germinação, o diâmetro caulinar aumenta progressivamente, de tal forma que cada internó apresenta diâmetro maior que o precedente, até que o espessamento definitivo se estabeleça.

A região meristemática subapical, que determina o espessamento durante o crescimento primário dos caules de monocotiledôneas, tem sido denominada "meristema de espessamento primário" - MEP (PTM - primary thickening meristem) por De Mason (1979, 1983) e Diggle & De Mason (1983 a,b), e corresponde à "zona meristemática estreita" de Krauss (1948) e à "capa meristemática" de Zimmerman e Tomlinson (1968, 1972).

Além de promover o espessamento caulinar, o meristema de espessamento primário (MEP), em alguns casos, origina raízes adventícias e todos os tecidos que estabelecem contato entre essas raízes e o caule (Krauss 1948). Embora sob denominações diversas, a presença do MEP tem sido descrita para diversas monocotiledôneas, podendo ocorrer em espécies herbáceas (Krauss 1948), rizomatosas (Rudall 1984), arborescentes (Tomlinson 1964 *apud* De Mason 1979), e mesmo naquelas com crescimento secundário (Fisher & Tomlinson 1972).

O crescimento secundário, em monocotiledôneas, decorre da atividade de um meristema de natureza secundária (STM - secondary thickening meristem), que origina parênquima secundário bidirecionalmente e feixes vasculares secundários internamente (Diggle & De Mason 1983a).

Com base tanto na continuidade e semelhança histológica entre os dois meristemas, como na interrelação dos tecidos derivados deles, Diggle & De Mason (1983a, b) admitem que MEP e MES representam fases subseqüentes de atividade de um mesmo meristema; assim, naquelas monocotiledôneas cujos caules apresentam crescimento secundário, o MEP se transforma no MES. Segundo as mesmas autoras, embora os crescimentos primário e secundário mantenham uma continuidade, o desenvolvimento pode ser conceitualmente dividido em duas fases: a) o primário, representado pelo desenvolvimento inicial do eixo da plântula e o, subseqüente, crescimento em espessura no ápice caulinar e b) o secundário, que origina novos tecidos além dos constituintes do corpo primário da planta.

No que se refere à vascularização do caule de monocotiledôneas, um aspecto tem merecido a atenção de vários pesquisadores: é o que trata da estrutura e modificações sofridas pelos traços foliares durante seu trajeto, ao longo do caule em direção às folhas. Embora cada feixe vascular funcione como uma unidade, Tomlinson (1970) afirma que seus detalhes histológicos variam entre um contato foliar e o próximo, segundo um modelo regular.

Zimmerman e Tomlinson (1972), numa revisão sobre o sistema vascular dos caules de monocotiledôneas, estabelecem que o padrão observado em *Raphis excelsa* (Palmae) serve como básico para todo o grupo, ocorrendo também em *Prionium* (Juncaceae) (Zimmerman & Tomlinson 1968) e em *Dracaena* (Agavaceae) (Zimmerman & Tomlinson 1969).

Este trabalho tem como objetivo contribuir para o entendimento da organização vascular dos caules no gênero *Xyris* L.

MATERIAL E MÉTODOS

Os representantes de *Xyris* L. foram coletados em viagens periódicas aos campos rupestres e os desenhos de morfologia externa referem-se aos exemplares, depositados no Herbário do Instituto de Botânica (SP) com as seguintes especificações:

- *X. dawsonii* Smith & Downs - SP 212485; *X. pterigoblephara* Steud - SP 221628 - CFCR - Coleção da Flora dos Campos Rupestres - 7728; *X. spinulosa* Kral & Smith - SP 221156.

Do material coletado, parte foi herborizada para posterior identificação e parte fixada em FAA 50% (Johansen, 1940) para estudos anatômicos. Para análise anatômica dos caules de *X. dawsonii*, *X. pterigoblephara* e *X. spinulosa*, foram utilizados cortes histológicos seriados, obtidos com o micrótomo rotativo, a partir de peças incluídas em parafina, segundo técnicas usuais indicadas por Sass (1951).

Os desenhos de organografia foram executados, em parte, a mão livre, diretamente do material herborizado ou fixado e, em parte, ao microscópio estereoscópico, com o emprego da câmara clara e projeção da escala micrométrica. Os desenhos anatômicos foram realizados ao microscópio óptico com o emprego da câmara clara e projeção da escala micrométrica. As fotomicrografias foram obtidas com o fotomicroscópio, marca Olympus - modelo Vanox (Processo FAPESP 81/0088-2)

RESULTADOS

Os sistemas caulinares do gênero *Xyris* são sempre aéreos e exibem morfologia variada (Figuras 1-6). Ocorrem espécies, como *X. spinulosa* (Figuras 1-2), cujo eixo caulinar se apresenta desenvolvido e ramificado, com internós (In) distintos, ao lado de outras como *X. dawsonii* (Figuras 3-4), onde as regiões nodais são praticamente imperceptíveis, devido ao encurtamento dos internós. As raízes adventícias podem ser observadas em todos os nós (Figuras 1-2, Ra) ou apenas através dos restos das bainhas, que persistem após a queda das lâminas foliares (Figuras 3-4, Ra). Em algumas espécies como *X. pterigoblephara* (Figuras 5-6) a região caulinar (C), bastante desenvolvida, cresce paralelamente à superfície do solo, apresentando raízes adventícias (Ra) na sua face de contato com o solo e catáfilos (Ca) na face oposta.

Embora com morfologia variada, o sistema caulinar em *Xyris* apresenta organização vascular bastante semelhante à encontrada no caule *X. spinulosa*, cuja porção apical em corte longitudinal (Figura 7) mostra uma região meristemática (Ma) e um primórdio de raiz adventícia (Ra).

O mesmo caule, em corte transversal ao nível 1 da figura 7 (Figura 8) mostra duas regiões distintas: o córtex (Cx) e o cilindro vascular preenchido por parênquima e feixes anfibasais (Fv). A região limítrofe do cilindro (Figuras 8-9, setas) é representada por várias camadas celulares e, junto à mais interna, notam-se tecidos vasculares em início de diferenciação (Figura 9 Tvn).

Em corte transversal (Figuras 10), obtido ao nível 2 da figura 7, observa-se uma maior quantidade de tecidos vasculares, principalmente no limite do cilindro, quando se compara essa região com aquela da figura 8. As várias camadas celulares, que delimitam o cilindro vascular (Figuras 10-11, setas), apresentam paredes relativamente espessadas e junto a mais interna, formada por células menores, observam-se tecidos vasculares recém-formados (Figuras 11 Tvn).

Figs. 1-6 - *Xyris*. Aspecto geral de sistemas caulinares. 1-2. *X. spinulosa*; 3-4. *X. dawsonii*; 5-6. *X. pterigoblephara*. Bf- bainha foliar; Ca- catáfilos; C- caule; Ec- eixo caulinar; In- internó; Ra- raiz adventícia.

Figs. 1-6 - *Xyris*. Outline of different types of stems. 1-2. *X. spinulosa*; 3-4. *X. dawsonii*; 5-6. *X. pterigoblephara*. Bf- sheath leaf; Ca- cataphylls; C- stem; Ec- shoot; In- internode; Ra- adventitious root.

Cortes transversais de regiões caulinares, onde os tecidos encontram-se totalmente diferenciados (Figura 12), mostram um cilindro vascular de diâmetro maior do que o observado nas regiões anteriores (Figuras 8 e 10). As células, que delimitam a região vascular (Figuras 12-13, setas), apresentam paredes espessadas; internamente a elas ocorrem células menores, em contato com tecidos vasculares recém-formados (Figura 13, Tvn).

No diagrama do cilindro vascular do caule de *X. spinulosa* em corte transversal (Figura 14) notam-se feixes anfibasais individualizados (Fv) na região central, e agrupamentos vasculares periféricos (Pv). Acham-se indicados 4 feixes anfibasais (A, B, C e D) cujos deslocamentos, em direção à periferia do cilindro, podem ser acompanhados nas figuras 15-27 (A e B) e 50-60 (C e D). Ao atravessar o limite do cilindro vascular (Figuras 22, A; 27B e 60, CD) os feixes apresentam configuração colateral.

Detalhes do percurso do feixe A, indicados por 1 nas figuras 15-16, 18-19, 22 e 27 são observados nas figuras 28-33, respectivamente. Ao nível da figura 28 o feixe destacado apresenta uma região de protoxilema (Px) e durante seu deslocamento, rumo a periferia do cilindro vascular (Figuras 28-31, A) une-se ao feixe indicado por seta (Figura 29), separando-se ao nível da figura 30. Durante esse percurso (Figuras 28-31) nota-se, em regiões adjacentes ao feixe A, uma redução nos agrupamentos vasculares periféricos (Figuras 28-29 Pv) que, em níveis caulinares superiores (Figuras 30-31), adquirem o aspecto de tecidos vasculares recém-formados (Tvn). Quando o feixe foliar A atinge a periferia do cilindro (Figura 32), vai sendo envolvido pelas células de paredes espessadas e, ao atravessar esse limite (Figura 33), origina aí uma lacuna foliar (Lf).

O sistema vascular correspondente à nervura central, nas folhas de *X. spinulosa*, é formado por mais de um feixe envolto em bainha comum de células espessadas (Figuras 33 e 35); esses feixes deslocam-se do cilindro caulinar já agrupados e, durante sua saída, originam apenas uma lacuna foliar (Figuras 33 e 35, Lf). Os feixes foliares das nervuras laterais são simples e envoltos por bainha de células espessadas (Figura 34, Ff).

Observando as modificações sofridas pelo feixe A (Figuras 36-41), em níveis caulinares intermediários aos das figuras 31-33, nota-se que ele se ramifica na periferia do cilindro vascular (Figura 37, seta) originando dois ramos: um colateral A, que atravessa o limite de células espessadas (Figuras 39-41), e outro concêntrico A' que, ao se unir ao feixe 1 (Figura 39) apresenta organização colateral; o feixe resultante A'1 (Figura 40) é envolvido pelas células de paredes espessadas e exibe elementos de protoxilema em níveis caulinares superiores (Figura 41, Px A' 1).

O deslocamento do feixe foliar B, indicado por 2 nas figuras 22-24 e 26-27, é visto em detalhe nas figuras 42-43 e 46-49. O feixe destacado, que ao nível da figura 42 apresenta elementos de protoxilema (Px), ocupa posição mais periférica na figura 43, onde se notam células em divisão no

Figs. 7-13 - *X. spinulosa* - caule 7- Corte longitudinal do ápice caulinar; 8-9 - Cortes transversais do caule ao nível 1 da figura 7; 10-11 - Cortes transversais do caule ao nível 2 da figura 7; 12-13 - Cortes transversais onde os tecidos se encontram diferenciados. As setas indicam células que delimitam o cilindro vascular, em processo de diferenciação (Fig. 8-11) e com as paredes espessadas (Fig. 12-13). Cx- córtex; Fv- feixe vascular; Ma- meristema apical; Ra- raiz adventícia; Tvn- tecidos vasculares recém-formados.

Figs. 7-13 - *X. spinulosa* - stem 7- Longitudinal section of the apex; 8-9 - Cross sections at the level 1 (Fig. 7); 10-11 - Cross sections at the level 2 (Fig. 7); 12-13 - Cross sections with differentiated tissues. The arrows indicate boundaries cells of the vascular cylinder, with differentiating cells (Fig. 8-11) and with thickened walls (Fig. 12-13). Cx- cortex; Fv- vascular bundle; Ma- apical meristem; Ra- adventitious root; Tvn- differentiating vascular tissues.

Figs. 14-27 - *X. spinulosa* - caule. 14 - Diagrama de corte transversal, mostrando a região do cilindro vascular; 15-27 - Sequência de diagramas mostrando o deslocamento dos traços foliares A e B. Ce- células espessadas; Fv- feixes vasculares; Pv- agrupamentos vasculares periféricos.

Figs. 14-27 - *X. spinulosa* - stem. 14 - Diagram of stem cross section, showing the vascular cylinder; 15-27 - Sequences of diagrams showing the course of leaf traces (A and B). Ce- thick walled cells; Fv- differentiating vascular tissues; Pv- peripheral networks.

limite interno do cilindro vascular (Figuras 43-44, setas). Em níveis superiores, da mesma região caulinar (Figura 45), observa-se a origem de uma raiz adventícia (Ra) de posição perpendicular ao eixo do caule, cujos tecidos se intercomunicam com os agrupamentos vasculares periféricos (Figura 45, setas) do cilindro caulinar. Em regiões superiores à da saída da raiz adventícia (Figuras 46-48), o feixe B desloca-se em direção à periferia do cilindro estabelecendo contatos bilaterais (setas), via elementos de metaxilema, com os agrupamentos vasculares (Pv) adjacentes a ele; tais agrupamentos diminuem em quantidade, à medida que o feixe se aproxima do limite do cilindro (Figuras 46-48, Pv). Ainda durante seu percurso, o feixe destacado sofre uma divisão (Figuras 48, B e B') e o colateral resultante (B) ultrapassa as camadas de células espessadas (Figura 49).

Os diagramas das figuras 50-60, que representam cortes seriados do cilindro vascular do caule de *X. spinulosa*, mostram o percurso dos feixes indicados por C e D nas figuras 14 e 50-51. Os feixes destacados unem-se ao nível da figura 52 e o resultante (CD), de início anfigasal (Figuras 53-57), apresenta configuração colateral em regiões caulinares superiores (Figura 58-60).

Detalhes das regiões indicadas por 3, nas figuras 55 e 57-59, são observados nas figuras 61-64. O feixe destacado CD, que apresenta elementos de protoxilema ao nível da figura 61, desloca-se em direção à periferia do cilindro (Figuras 62-64), estabelecendo contato com o feixe indicado por seta. Durante esse percurso diminuem, nas adjacências do feixe destacado, os agrupamentos vasculares periféricos (Figura 61, Pv), presentes como tecidos vasculares recém-formados (Tvn) ao nível da figura 62 e ausentes em níveis caulinares superiores (Figuras 63-64).

Nas figuras 65-66, nota-se que o feixe CD representa um traço vascular de bráctea de inflorescência.

Nos detalhes das figuras 67-71, que correspondem a cortes transversais em níveis intermediários aos das figuras 61-64, observam-se as alterações sofridas pelo feixe CD, cujos elementos de metaxilema têm suas paredes representadas em negro. Durante seu deslocamento (Figuras 68-71), o feixe anfigasal destacado perde parte de seus elementos de metaxilema para os feixes indicados por setas (Figuras 68-71), passando a apresentar configuração colateral (Figura 71, CD).

As modificações sofridas pelos feixes 1-3 da figura 65, ao se diferenciarem nos feixes de escape floral, encontram-se representadas nas figuras 72-76 (1-3). Os feixes anfigasais 1 e 2 (Figura 72), após contato e fusão com o feixe indicado por A (Figura 73), individualizam-se apresentando organização colateral (Fig. 74) e regiões de protoxilema (Px) (Figuras 74-76, 1 e 76, 2). O feixe 3 anfigasal (Figura 72) sofre rearranjo nos seus elementos de metaxilema (Figuras 73-74), adquirindo configuração colateral (Figura 76) e regiões de protoxilema (Figuras 75-76, Px).

Figs. 28-35 - *X. spinulosa* - caule. 28-32 - Detalhe das regiões indicadas por 1 nas figuras 15-16, 18-19, 22 e 27, mostrando o deslocamento do traço foliar A; observam-se, em regiões adjacentes ao feixe A, agrupamentos vasculares na periferia do cilindro (Fig. 28-29, Pv) e apenas tecidos vasculares recém-formados, em níveis caulinares superiores (Fig. 30-31, Tvn); ao atravessar o limite do cilindro vascular (Fig. 32-33) o feixe A apresenta-se envolvido pelas células espessadas; 34-35 - Detalhes de traços foliares correspondentes a nervura mediana e lateral. Ff- feixe foliar; Lf- lacuna foliar; Px- protoxilema.

Figs. 28-35 - *X. spinulosa* - stem. 28-32 Details of the 15-16, 18-19, 22 e 27 figures (1), showing the course of the leaf trace A; note peripheral networks in the vascular cylinder near bundle A (Fig. 28-29, Pv) and differentiating vascular tissues at upper stem levels (Fig. 30-31, Tvn); when the trace A surpassing the cylinder boundary (Fig. 32-33) is surround by the thick walled cells; 34-35 - Details of the leaf traces from median and lateral veins. Ff- leaf bundle; Lf- leaf gap; Px- protoxylem.

Figs. 36-41 - *X. spinulosa* - caule. Cortes transversais em níveis intermediários às figuras 31-33, mostrando as modificações que ocorrem no traço foliar A ao ultrapassar o limite de células espessadas (Ce). Fl- floema; Px- protoxilema.

Figs. 36-41 - *X. spinulosa* - stem. Cross sections at levels intermediary to those of figures 31-33, showing the trace leaf. A modifications, when surpassing the cylinder boundary (Ce). Fl- phloem; Px- protoxylem.

DISCUSSÃO

O desenvolvimento do caule de *X. spinulosa*, coincide com aquele descrito por Krauss (1948), para *Ananas comosus* (L.) Merr: os feixes vasculares centrais se originam da porção superior do meristema apical e os plexos vasculares periféricos, que representam o espessamento primário do caule, se diferenciam de regiões subapicais do mesmo meristema - o meristema de espessamento primário (MEP).

Além dos plexos vasculares periféricos, nas espécies de *Xyris* estudadas (*X. spinulosa*, *X. pterigoblephara* e *X. dawsonii*) o MEP origina também as raízes adventícias, que são contíguas a esses tecidos periféricos, conforme descrito por De Mason (1979) para outras monocotiledôneas.

Quando se observa a distribuição dos plexos vasculares periféricos, nos caules de *Xyris* percebe-se que, como em *Ananas comosus* (Krauss 1948), sua diferenciação não se dá de maneira uniforme, ao longo de todo o eixo, tanto no sentido longitudinal como no transversal.

Dessa forma, pode-se reconhecer regiões caulinares, onde os plexos ocorrem em maior quantidade, ao lado de outras em que se verifica a ausência de tecidos vasculares periféricos. As regiões de concentração dos plexos coincidem com os locais de origem das raízes adventícias, cujos tecidos se anastomosam aos tecidos vasculares periféricos, estabelecendo contato íntimo; aquelas onde não se observam os plexos periféricos representam espaços, por onde os feixes vasculares atravessam e que podem ser comparados às lacunas foliares.

É possível que, como em *Ananas comosus* (Krauss 1948), as 4-5 camadas celulares que delimitam o cilindro vascular se diferenciem, também, a partir do MEP. Nos dois casos, a camada celular mais interna é formada por células de paredes primárias e as externas constituídas por células esclerificadas. Em *Ananas comosus* (Krauss 1948) vários autores reconhecem como endoderme a camada de células esclerificadas, e como periciclo aquela mais interna e de paredes primárias; essas considerações poderiam ser verdadeiras, também para os representantes do gênero *Xyris*. Entretanto, no caso das espécies estudadas, não foi possível identificar qualquer camada celular, com características definidas de endoderme; já o periciclo, pela posição, pode ser interpretado como a camada celular imediatamente externa ao cilindro vascular, em contato com as camadas de células esclerificadas.

Os feixes anfigasais, da região central do cilindro caulinar, originam-se, conforme já comentado, a partir da porção superior do meristema apical. Durante seu percurso, exibem diversas modificações, muitas vezes, fundindo-se a outros ou se ramificando. Algumas dessas ramificações divergem como traços foliares e feixes fundamentais de inflorescências.

Figs. 42-49 - *X. spinulosa* - caule. Cortes transversais seriados mostrando o deslocamento do traço foliar B; 42-43 - Detalhes das regiões indicadas por 2 nas figuras 22-23; 44 - Camada indicada por setas na figura 43, que apresenta células em divisão (setas); 45 - Nível caulinar superior, mostrando uma raiz adventícia (Ra) cujos tecidos se intercomunicam com os agrupamentos vasculares periféricos (setas) adjacentes ao feixe B; 46-48 - Detalhes do deslocamento do traço foliar B, correspondentes às figuras 24 e 26 (2), onde se notam os contatos bilaterais entre os agrupamentos vasculares periféricos (Pv) e o feixe B (setas); 49 - Detalhes da região 2 da figura 27, onde se nota o traço foliar B atravessando as camadas de células espessadas.

Figs. 42-49 - *X. spinulosa* - stem. Serial cross section sequences, showing the course of leaf trace B; 42-43 - Details of the 22-23 figures (2); 44 - Layer cell (indicated by arrows in figure 43) with dividing cells (arrows); 45 - Upper level showing an adventitious root (Ra) interconnected with peripheral networks (arrows) near bundle B; 46-48 - Details of the course of leaf trace B (2 in figures 24-26), one observes the bilateral contact between peripheral networks (Pv) and bundle B (arrows); 49 - Detail of figure 59 (2) showing the foliar trace B surpassing the cylinder boundary (ce).

Figs. 50-60 - *X. spinulosa*. Sequência de diagramas do cilindro caulinar, mostrando o deslocamento dos feixes C e D. Pv - agrupamentos vasculares periféricos.

Figs. 50-60 - *X. spinulosa*. Sequences of stem cylinder diagrams, showing the course of bundles C and D. Pv - Peripheral networks.

A origem de traços foliares, a partir dos feixes axiais, foi descrita por Zimmerman e Tomlinson (1965, 1968, 1969, 1970 e 1972) para várias monocotiledôneas; como observado em *X. spinulosa*, a partir de uma determinada altura, os elementos de protoxilema tornam-se evidentes e, à medida que se deslocam para a periferia do cilindro, os traços foliares sofrem divergências originando as chamadas pontes (Zimmerman & Tomlinson 1972), que se unem a outros feixes axiais.

Com o deslocamento de elementos de metaxilema, para os feixes adjacentes, o traço foliar de início anfigasal, adquire organização colateral; apesar do deslocamento de elementos de metaxilema, o contato folha-caule é estabelecido através de elementos de proto e metaxilema, como em Velloziaceae (Menezes, 1971, 1975), contrariando as observações de Zimmerman e Tomlinson (1965, 1968, 1969, 1970 e 1972), que admitem uma continuidade folha-caule via elementos de protoxilema somente; nos casos observados por esses autores, todo o metaxilema é perdido quando se formam as pontes.

Também não se verifica em *X. spinulosa*, durante o deslocamento do "complexo traço-foliar", divergências que levem à formação dos feixes satélites, descritos por Tomlinson e Zimmerman (1968); provavelmente isso se deva à ausência de rudimentos de inflorescência, na axila foliar das espécies estudadas. Segundo os mesmos autores, os feixes satélites em *Raphys excelsa* se dirigem para essas estruturas, além, de compor o sistema vascular das verdadeiras inflorescências. No gênero *Xyris*, o suprimento vascular da inflorescência provém diretamente dos feixes axiais. A intercomunicação, entre folha-inflorescência, se dá de maneira indireta pois o mesmo feixe axial, durante seu percurso, prolonga-se em traço foliar ou bracteal e em traço de inflorescência.

Em determinadas monocotiledôneas, os traços foliares se ramificam antes de atingir a base das folhas (Castro 1986); em outras cada traço foliar, originado no caule, se dirige para a folha formando um único feixe vascular (Menezes 1971, 1975). Nas espécies de *Xyris*, o conjunto de traços foliares, que compõem a nervura mediana das folhas, sai do cilindro vascular unido por camadas de células esclerificadas e originam uma só lacuna foliar.

Os traços da nervura mediana não estabelecem conexões com os tecidos vasculares dos plexos periféricos, durante sua saída. Entretanto, os traços foliares das nervuras laterais efetuam, durante seu deslocamento, contato íntimo com os plexos periféricos perdendo, muitas vezes, elementos de metaxilema para esses tecidos. Esse contato representa a intercomunicação direta, via plexos periféricos, entre folha e raiz, cujos tecidos vasculares se anastomosam aos dos plexos periféricos, conforme já comentado. Esse tipo de intercomunicação entre folha-raiz ocorre também, em *Ananas comosus* (Krauss 1948).

Figs. 61-66- *X. spinulosa*; 61-64 - Detalhes das regiões indicadas por 3 nas figuras 55, 57, 58 e 59, mostrando o deslocamento do feixe CD. Notam-se, nas adjacências do feixe destacado, agrupamentos vasculares periféricos (Fig. 61, Pv), que em níveis caulinares superiores (Fig. 62) aparecem como tecidos vasculares recém-formados (Tvn). Ao ultrapassar o limite do cilindro (Fig. 64) o feixe CD é envolvido pelas células espessadas; 65-66- Detalhes transversais, em níveis caulinares superiores, mostrando que o feixe CD representa um traço de bráctea de inflorescência.

Figs. 61-66- *X. spinulosa*; 61-64 - Details of figures 55, 57, 58 e 59, showing the course of bundle CD. One observes peripheral networks in the vascular cylinder near bundle CD (Fig. 61, Pv) and differentiating vascular tissues at upper stem levels (Fig. 62, Tvn); when the bundle CD surpassing the cylinder boundary (Fig. 64) is surrounded by the thick walled cells; 65-66- Details of stem cross sections at upper levels, showing the nature of bundle CD - a bracteal inflorescence trace.

Figs. 67-76 - *X. spinulosa* - Cortes transversais seriados ao caule; 67-71 - Níveis intermediários entre os das figuras 61-64, mostrando as alterações apresentadas pelo feixe CD; 72-76 - Níveis superiores ao da figura 64, onde se observam as modificações que ocorrem nos feixes anfigasais 1-3 ao se diferenciar nos feixes de escape floral 1-3 da figura 65. Ce- células espessadas, Fl- floema; Px- protoxilema.

Figs. 67-76 - *X. spinulosa* - Serial cross section sequences of stem; 67-71 - Intermediate levels between figures 61-64, showing the bracteal inflorescence trace CD modifications, 65-66 - Upper levels of figure 64, showing the amphivasal bundles 1-3- differentiation - they are the floral escape traces indicated at figure 65 (1-3). Ce- thick walled cells; Fl- phloem; Px- protoxylem.

O fato de em *Xyris*, somente os traços foliares laterais estabelecerem contato direto com as raízes, pode ser explicado pela localização desses órgãos ao longo do caule; as folhas se distribuem disticamente, enquanto que as raízes se originam em posição perpendicular à saída da nervura mediana das folhas, isto é, o desenvolvimento das raízes e folhas mantém entre si ângulos de 90° mais ou menos.

À medida que os traços foliares se aproximam do limite do cilindro vascular, observa-se uma redução na quantidade de tecidos vasculares, dos plexos periféricos, até seu total desaparecimento: são as lacunas foliares. Ao ultrapassar o limite do cilindro vascular, os traços foliares são envolvidos pelas células esclerificadas, que delimitam a região central.

Embora com morfologia diversa, os caules das espécies de *Xyris* apresentam um sistema vascular bastante complexo, que pode ser subdividido em unidades: a) um sistema de feixes vasculares axiais, distribuídos ao longo da região central do caule, e que se prolongam em traços foliares e em feixes fundamentais de inflorescência; b) um sistema vascular lateral, que se dirige para a base das raízes adventícias e c) plexos vasculares periféricos, que promovem a integração entre as unidades anteriores, uma vez que servem como intermediário entre os traços foliares e os feixes vasculares da raiz.

O fato de em *Xyris*, o sistema caulinar promover a interrelação direta folha-raiz, vem corroborar as idéias da escola conhecida como "Fitonismo" (Spörne 1974), que duvida da existência do caule como entidade morfológica independente; para os seguidores desse pensamento, o caule representa apenas as bases foliares estendidas e fundidas basalmente, sendo interpretado como um sistema de traços foliares, interconectados.

Agradecimentos - Agradeço à Dra Nanuza Luiza de Menezes pela orientação, incentivo e sugestões oferecidas na execução do trabalho; ao Departamento de Botânica do IBUSP pelo fornecimento do local e material utilizados; ao CNPq pelo concessão de bolsa para o desenvolvimento do estudo e a Pesquisadora Maria das Graças Lapa Wanderley pela identificação do material.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, N. M. 1986. *Estudos morfológicos dos órgãos vegetativos de espécies de Paepalanthus Kunth (Eriocaulaceae) da Serra do Cipó (Minas Gerais)*. Dissertação de Mestrado. Inst. Biociências, Universidade de São Paulo.
- DE MASON, D. A. 1979. Function and development of the primary thickening meristem in the monocotyledon *Allium cepa* L. *Bot. Gaz.* 140: 51-66.
- DE MASON, D.A. 1983. The primary thickening meristem: definition and function in monocotyledons. *Amer. J. Bot.* 70: 955-965.
- DIGGLE, P.K. & DE MASON, D.A. 1983a. The relationship between the primary thickening meristem and the secondary thickening meristem in *Yucca whipplei* Torr. I. Histology of the mature vegetative stem. *Amer. J. Bot.* 70: 1195-1204.
- DIGGLE, P.K. & DE MASON, D.A. 1983b. The relationship between the primary thickening meristem and the secondary thickening meristem in *Yucca whipplei* Torr. II. Ontogenetic relationship within the vegetative stem. *Amer. J. Bot.* 70: 1205-1216.
- FISHER, J.B. & TOMLINSON, P.B. 1972. Morphological studies in *Cordylina* (Agavaceae). II. Vegetative morphology of *Cordylina terminalis*. *J. Arnold Arb.* 53: 113-127.
- GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brasil In: P.E. Vanzoloni & H.R. Heyer (eds.). *Proceedings of workshop on neotropical distribution patterns*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, p. 39-69.
- GIULIETTI, A.M.; MENEZES, N.L.; PIRANI, J.R.; MEGURO, M. & WANDERLEY, M.G.L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. *Boim Bot. Univ. S. Paulo* 9: 1-151.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill. New York.
- KRAL, R. 1988. The genus *Xyris* (Xyridaceae) in Venezuela and contiguous northern South America. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75: 522-722.
- KRAUSS, B.H. 1948. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. I. Introduction, organography, the stem, and lateral branch of axillary buds. *Bot. Gaz.* 110: 159-219.

- MENEZES, N.L. 1971. Traqueídes de transfusão no gênero *Vellozia* Vand. *Cienc. Cult.* 23: 389-409.
- MENEZES, N.L. 1975. Presença de traqueídes de transfusão e bainha mestomática em Barbacenioidae (Velloziaceae). *Bolm Bot. Univ. S. Paulo* 3: 29-60.
- RUDALL, P. 1984. Taxonomic and evolutionary implications of rhizome structure and secondary thickening in Iridaceae. *Bot. Gaz.* 145(4): 524-534.
- SASS, J.E. 1951. *Botanical Microtechnique*. The Iowa State College Press. Ames.
- SMITH, J. & DOWNS, R. 1968. Xyridaceae. In F.C. Hoehne (ed.). *Flora Brasílica* 9(2): 1-209.
- SPÖRNE, K.R. 1974. *The morphology of angiosperms*. Hutchinson & Co. London.
- TOMLINSON, P.B. 1969. Commelinales - Zingiberales. In C.R. Metcalfe (ed). *Anatomy of the Monocotyledons*. Clarendon Press. Oxford.
- TOMLINSON, P.B. 1970. Monocotyledons - towards an understanding of their morphology and anatomy. *Advance Bot. Res.* 3: 207-292.
- TOMLINSON, P.B. & ZIMMERMANN, M.H. 1968. Anatomy of the palm *Raphis excelsa*. V. Inflorescence. *J. Arnold Arb.* 49: 291-306.
- ZIMMERMANN, M.H. & TOMLINSON, P.B. 1965. Anatomy of the palm *Raphis excelsa*. I. Mature vegetative axis. *J. Arnold Arb.* 46: 160-180.
- ZIMMERMANN, M.H. & TOMLINSON, P.B. 1968. Vascular construction and developmental in aerial stem of *Prionium* (Juncaceae). *Amer.J. Bot.* 55: 1100-1109.
- ZIMMERMANN, M.H. & TOMLINSON, P.B. 1969. The vascular system in the axis of *Dracaena fragans* (Agavaceae). I. Distribution and development of primary strands. *J. Arnold Arb.* 50: 370-383.
- ZIMMERMANN, M.H. & TOMLINSON, P.B. 1970. The vascular system in the axis of *Dracaena fragans* (Agavaceae). II. Distribution and development of vascular tissues. *J. Arnold Arb.* 51: 478-491.
- ZIMMERMANN, M.H. & TOMLINSON, P.B. 1972. The vascular system of Monocotyledons stems. *Bot. Gaz.* 133(2): 141-155.