

Aspectos estruturais e ontogenéticos dos diafragmas das raízes de *Nymphaea amanozum* L. (Nymphaeaceae)

Rosana Ap. Gabriel Adamowicz¹ e Edna Scremin-Dias²

Introdução

O desenvolvimento e a sobrevivência da flora em ambientes alagáveis depende da sua capacidade de responder fisiológica ou morfológicamente ao estresse imposto pelas variações ambientais [1], sendo a ausência de oxigênio nos solos alagados o principal fator imposto às plantas aquáticas ou de áreas úmidas. Numerosas plantas aquáticas toleram a influência desses fatores estressantes por meio de adaptações estruturais [2] que envolvem o estabelecimento de um contínuo sistema de lacunas de ar. Espécies de ambientes aquáticos possuem grandes lacunas aeríferas no parênquima cortical, que se estendem até a região meristemática [3,4]. Essas lacunas facilitam a difusão do oxigênio das folhas para o rizoma e as raízes [5] e permitem a flutuação das partes aéreas, além de oferecer resistência mecânica para as partes submersas. Esses espaços podem ser interrompidos por septos conhecidos por diafragmas [1]. O termo diafragma foi primeiramente empregado por Snow em 1914 tendo sido definido como “uma estrutura perfurada, formada por uma ou mais camadas celulares delgadas, que atravessam, em intervalos, os espaços aeríferos da plantas” [6]. As células estreladas do parênquima que constituem o diafragma são resultantes do crescimento, sob pressão, do tecido parenquimático, e são constantemente associadas com a passagem de feixes vasculares dos caules e folhas que atravessam as lacunas [6]. O diafragma desempenha várias funções, como sustentação do lúmen aerífero e barreira contra invasão de água causada por perfuração ou injúria [7].

Neste trabalho são apresentados os aspectos estruturais e ontogenéticos dos diafragmas que se desenvolvem nas lacunas aeríferas do córtex das raízes de *Nymphaea amanozum* Mart. & Zucc. Esta espécie é conhecida popularmente como lírio-d'água e possui ampla distribuição no Pantanal Sulmatogrossense.

Material e métodos

Ápices e raízes completamente desenvolvidas de *N. amanozum* foram coletadas no Pantanal, nas áreas de influência dos rios Miranda e Abobral, nas adjacências da Base de Estudos do Pantanal (BEP) - UFMS. O material coletado foi fixado em Formalina Neutra

Tamponada [9] e armazenado em álcool 70%. O material destinado à confecção de lâminas permanentes foi emblocado em parafina e historesina seguindo técnicas usuais. As lâminas confeccionadas a partir de material emblocado em historesina foram coradas com Azul de Toluidina e as emblocadas em parafina tiveram coloração dupla - Azul de Astra e Safranina, sendo montadas entre lâminas e lamínulas com resina Entellan [8].

Resultados

O ápice da raiz de *N. amanozum* tem organização aberta, a formação das lacunas aeríferas começa muito próximo à região das iniciais meristemáticas. Isto se dá com a dissolução da lamela média entre as derivadas corticais, formando as lacunas esquizógenas (Figuras 1-2). As lacunas, em secção transversal, são delimitadas por camadas radiais de células. Nos vértices das lacunas ocorrem células de formato hexagonal e, conectadas a estas, células menores retangulares (Figura 5). A ampliação da lacuna é acompanhada pela expansão das paredes das células hexagonais e retangulares.

Na zona de diferenciação celular, divisões anticlinais das células que delimitam as lacunas originam as iniciais do diafragma. Estas projetam-se para o interior da lacuna (Figura 6), dividindo-se sucessivas vezes, sempre na face conectada às células laterais ou hexagonais, de maneira a formar uma lâmina celular unisseriada, o diafragma (Figuras 6-13). No ângulo das células do diafragma, bem como em suas áreas medianas, há dissolução da lamela média, originando pequenos espaços intercelulares. Ao final da ontogênese do córtex, o diafragma apresenta formato celular estrelado, tipicamente de células braciiformes (Figuras 3 e 4).

Discussão

N. amanozum e demais espécies do gênero têm o meristema apical da raiz aberto [9], sendo a formação do aerênquima iniciada muito próximo da região meristemática. Na raiz de *N. amanozum* ocorre, como já foi descrito para o gênero, um aerênquima em formato de favo de mel, [10] cujas lacunas têm origem esquizógena

1. Aluna do curso de Mestrado em Biologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Avenida Costa e Silva, S/N, Campo Grande, MS, CEP 79070-900. E-mail: rosana-gabriel@hotmail.com

2. Professora Adjunta do departamento de Biologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Avenida Costa e Silva, S/N, Campo Grande, MS, CEP 79070-900. E-mail: scremin@nin.ufms.br

[11]. Observações feitas em *N. odorata* [9] demonstraram que o aerênquima se forma a partir de uma única série de células com divisões oblíquas das facetas anticlinais das células hexagonais do meristema fundamental, produzindo séries de células laterais que limitam as lacunas. O mesmo padrão é observado na espécie em questão. A expansão lateral das células corticais amplia as dimensões da lacuna e da própria raiz. No aerênquima maduro, as lacunas aeríferas são amplas e interrompidas por diafragmas, cujas células possuem pequenos espaços intercelulares, o que confere porosidade ao tecido [9,10]. O surgimento da célula inicial do diafragma, bem como sua proliferação, segue o padrão já descrito para o gênero [9].

O formato e a distribuição dos diafragmas nos aerênquimas dos órgãos de plantas aquáticas é variável, sendo mais comumente encontrados em caules, raízes, pecíolos e limbo foliares. Eles são especialmente característicos em Nymphaeaceae e monocotiledôneas aquáticas, mas inexplicavelmente ausentes em alguns órgãos como folhas flutuantes e submersas [12]. O exato motivo da formação dos diafragmas ainda não está bem claro, mas importantes propriedades funcionais têm sido relacionadas a eles, tais como proteção mecânica (em termos de restrição de invasão de água), nutrição, estocagem e condução. Eles representam um reforço para a integridade do sistema de lacunas de ar quando ocorre algum tipo de dano nas partes submersas da planta, bloqueando a difusão rápida da água através dos espaços de ar devido a sua natureza hidrofóbica [13].

Registros desse tipo de função já haviam sido citados para Nymphaeaceae em 1870, sendo destacada recentemente a característica de resposta rápida à invasão de água nas lacunas aeríferas de órgãos submersos, quando danificados por insetos [13].

Agradecimentos

As autoras desejam expressar seus agradecimentos à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia – MS, pelo suporte financeiro, e à Jane Rodrigues da Silva e Erika Amano pelo auxílio técnico.

Referências

- [1] SCREMIN-DIAS, E. 2000. A plasticidade fenotípica das macrófitas aquáticas em resposta à dinâmica ambiental. In: Tópicos Atuais em Botânica: palestras convidadas do 51º Congresso Nacional de Botânica. Brasília-DF.
- [2] SOUKUP, A.; VOTRUBOVÁ, O.; CIZKOVÁ, H. 2002. Development of anatomical structure of roots of *Phragmites australis*. *New Phytologist*, 153: 277-287.
- [3] DREW, M. 1987. Mechanisms of acclimation to flooding and oxygen shortage in non-wetland species. In: CRAWFORD, R.M.M. 1987. *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Oxford. Blackwell Scientific Publications, p. 321-331.
- [4] GAYNARD, T.J.; ARMSTRONG, W. 1987. Some aspects internal plant aeration in

- amphibious habitats. In: CRAWFORD, R.M.M. 1987. *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Oxford. Blackwell Scientific Publications, p. 303-320.
- [5] SCREMIN-DIAS, E. 2000. *Caracterização morfo-anatômica dos órgãos vegetativos de Echinodorus paniculatus Micheli e Echinodorus tenellus (Mart.) Buchenau (Alismataceae), durante os períodos de cheia e seca no Pantanal Sul-matogrossense*. São Paulo, tese de Doutorado/IB/USP.
- [6] MANI, P.A. 1962. Air-space tissue in *Cyperus*. *Science and Culture*, 28: 35-40.
- [7] SCREMIN-DIAS, E.; POTT, J. V.; HORA, R. C.; SOUZA, P. R. 1999. Nos Jardins Submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito. Editora da UFMS. 160 p.
- [8] KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. 1997. Manual básico de métodos em Morfologia Vegetal. Editora da UFRJ. Seropédica, 198 p.
- [9] SEAGO, J. L. JR.; PETERSON, C.A.; KINSLEY, L.J.; BRODERICK, J. 2000. Development and Structure of the Root Cortex in *Caltha palustris* L. and *Nymphaea odorata* Ait. *Annals of Botany*, v. 86, p. 631-640.
- [10] CONARD, H.S. 1905. The waterlilies. A monograph of the Genus *Nymphaea*. *Publications of the Carnegie Institution of Washington*, 4: 1-292.
- [11] JUSTIN, S.H.F.W.; ARMSTRONG, W. 1987. The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *New Phytologist*, 106: 465-495.
- [12] SCULTHORPE, C. D. 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 610 p.
- [13] ARMSTRONG, W. 2000. Diaphragms and survival. *New Phytologist*, 145: 1- 5.

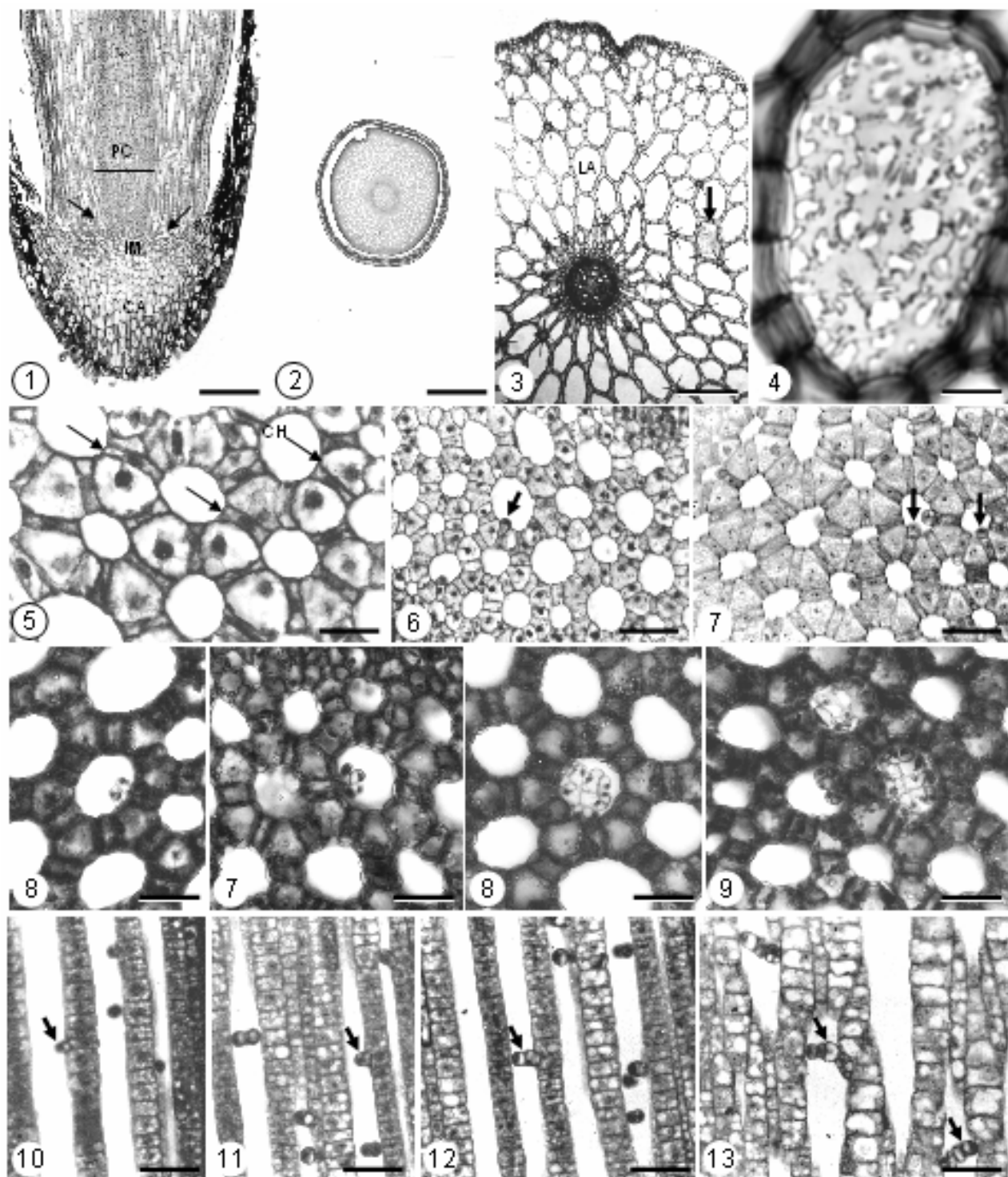


Figura 1. 200µm; Corte longitudinal da região apical da raiz de *Nymphaea amazonum*. Notar o meristema aberto, im, iniciais meristemáticas; pc, procâmbio; ca, caliptra; lacunas aeríferas (setas). **Figura 2.** 475µm; corte transversal do ápice da raiz mostrando um aspecto geral do desenvolvimento do aerênquima. **Figura 3.** 475µm; Corte transversal da raiz desenvolvida mostrando o aerênquima bem desenvolvido; notar o diafragma interrompendo a lacuna (seta). **Figura 4.** 50µm; Detalhe de uma lacuna aerífera mostrando o diafragma, já desenvolvido, com formato celular estrelado das células brachiformes. **Figura 5.** 20µm; Corte transversal da raiz próximo as iniciais corticais, ch, células hexagonais e retangulares (setas). **Figura 6 e 7.** 55µm; Corte transversal da raiz próximo da iniciais corticais. Estágio inicial da formação do diafragma com uma célula inicial, derivada da célula lateral (seta), se projetando para dentro da lacuna. **Figura 8 e 9.** 55µm; Corte transversal mostrando as lacunas e vários estágios do diafragma em desenvolvimento. **Figura 10 a 13.** 50µm; Corte longitudinal do ápice da raiz próximo das iniciais corticais. Notar o desenvolvimento do diafragma a partir da formação de uma célula derivada da célula retangular e até o completo fechamento da lacuna.