

Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Famílias: 12A-Cabombaceae e 12-Nymphaeaceae

 [Cynthia Fernandes Pinto da Luz](#)^{1,2},  [Paola Fernanda Cardoso Bonifácio](#)¹, e  [Natalia Sêneda Martarello](#)¹

Como citar: Luz, C.F.P., Bonifácio, P.F.C., & Martarello, N.S. 2024. Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Famílias: 12A-Cabombaceae e 12-Nymphaeaceae. Hoehnea 51: e342024. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906e342024>

ABSTRACT - (Pollen flora of Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brazil). Families: 12A-Cabombaceae and 12-Nymphaeaceae). Pollen grains of one species of Cabombaceae (*Cabomba caroliniana* var. *flavida* Orgaard.) and five species of Nymphaeaceae (*Nymphaea caerulea* Savigny., *Nymphaea capensis* Thunb., *Nymphaea gardneriana* Planch., *Nymphaea mexicana* Zucc., *Nymphaea odorata* Aiton.) occurring in the Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga were studied. Descriptions, illustrations, and pollen key for species are provided.

Keywords: *Cabomba*, *Nymphaea*, Nymphaeales, pollen morphology

RESUMO - (Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Famílias: 12A-Cabombaceae e 12-Nymphaeaceae). Foram estudados os grãos de pólen de uma espécie de Cabombaceae (*Cabomba caroliniana* var. *flavida* Orgaard.) e cinco espécies de Nymphaeaceae (*Nymphaea caerulea* Savigny., *Nymphaea capensis* Thunb., *Nymphaea gardneriana* Planch., *Nymphaea mexicana* Zucc., *Nymphaea odorata* Aiton.) ocorrentes na “Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga”. São apresentadas descrições, ilustrações, e chave polínica para identificação das espécies.

Palavras-chave: *Cabomba*, morfologia polínica, *Nymphaea*, Nymphaeales

Introdução

Este trabalho é mais uma contribuição para a Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), planejada por Melhem *et al.* (1984) para complementar os levantamentos taxonômicos realizados na área segundo Melhem *et al.* (1981) e finalizados por Nakajima *et al.* (2001). A Flora Polínica da Reserva segue o sistema de Cronquist (1968), conforme definido no projeto original proposto por Melhem *et al.* (1981).

Objetivou-se caracterizar morfológicamente os grãos de pólen das famílias Cabombaceae e Nymphaeaceae ocorrentes no PEFI conforme o formato atual das publicações da Flora Polínica da Reserva que seguem Cruz-Barros & Souza (2005), com modificações, quais sejam, a inclusão de tabelas de medidas para famílias com mais de uma espécie. No presente trabalho incluiu-se também espécies ocorrentes no local citadas no CRIA (2024) que não constavam nas publicações originais da Flora Fanerogâmica do PEFI.

A ordem Nymphaeales (Salisb. ex Bercht. & J. Presl) (popularmente denominadas de ninféias) é cosmopolita e considerada monofilética dentro das angiospermas basais, representando o segundo ramo a surgir na filogenia deste grupo (Hora & Affonso 2021). Evidências paleobotânicas também apoiam uma origem antiga para as ninféias (Taylor *et al.* 2015). Portanto, a caracterização morfológica dos grãos de pólen dessa ordem, além de servir para a investigação do sistema reprodutivo das espécies vegetais, é fundamental para uma compreensão mais ampla da origem e evolução das angiospermas.

Esta ordem engloba três famílias distintas, Cabombaceae Rich. ex A.Rich., Nymphaeaceae Salisb. e Hydatellaceae U.Hamann (APG IV 2016), sendo que esta última está restrita a regiões da Índia, Nova Zelândia e Austrália. *Cabomba* Aubl. é o único gênero de Cabombaceae na região Neotropical, ocorrendo por todo o Brasil. Dentre os quatro gêneros de Nymphaeaceae, somente *Nymphaea* L. e *Victoria* Lindl. são nativas do Brasil. As plantas das duas famílias consistem em ervas aquáticas submersas,

1. Instituto de Pesquisas Ambientais, Laboratório de Palinologia - PALINO-IPA, Avenida Miguel Estéfano, 3687, Água Funda, 04301-902 São Paulo, SP, Brasil

2. Corresponding Author: cyluz@yahoo.com.br

fixas ou flutuantes em rios, lagos e baías de água doce ou pouco salobra (Feres 2000a, b, Pellegrini 2024a, b).

Segundo Feres (2000b), a família Cabombaceae está representada na Reserva somente por *Cabomba caroliniana* var. *flavida* Orgaard.

Feres (2000a) indicou a ocorrência de quatro espécies de Nymphaeaceae no PEFI: *Nymphaea caerulea* Savigny., *Nymphaea gardneriana* Planch., *Nymphaea mexicana* Zucc. e *Nymphaea odorata* Aiton. A busca na base de dados do CRIA (2024) pelas espécies de ocorrência no PEFI adicionou *Nymphaea colorata* Peter. (heterotípico de *Nymphaea capensis* Thunb.).

Segundo Erdtman (1960) e Melhem & Abreu (1981) os grãos de pólen de *Cabomba* e *Nymphaea* são do tipo “dicotiledôneas monocotiledonóides” e diferem das outras Nymphaeaceae.

O pólen de *Cabomba caroliniana* var. *flavida* foi estudado somente por Orgaard (1991). No entanto, a literatura palinológica apresenta muitos dados sobre a morfologia polínica de *Cabomba caroliniana* A. Gray. (Kuprianova 1948, Erdtman 1952, Ueno & Kitaguchi 1961, Walker 1974, 1976a, Walker & Doyle 1975, Osborn *et al.* 1991, Orgaard, 1991, Taylor *et al.* 2008, 2015, Garcia *et al.* 2011). Em Garcia *et al.* (2011) vê-se claramente erro de identificação no material estudado por eles, pois o pólen não condiz com o descrito para a espécie nos outros trabalhos. Os grãos de pólen desta espécie são mônades, de tamanho grande, com âmbito elipsoidal (ovalado), de contorno biconvexo em vista equatorial, algumas vezes erroneamente descritos como prolatos (Orgaard 1991, Taylor *et al.* 2008), já que não são isopolares, não apresentam simetria radial e nem são zonoaperturados, características essas necessárias para o uso do índice da forma do pólen segundo Erdtman (1952). São 1-sulcados, com o sulco localizado no pólo distal e se estendendo aproximadamente por todo o comprimento do grão, ou ainda, com grãos anatricotomosulcados que foram observados somente por Walker (1974). A membrana do sulco é ornamentada ou descrita como apresentando “hastes” curtas arranjadas aleatoriamente (Taylor *et al.* 2008). A exina é tectado-columelada (Erdtman 1952, Osborn *et al.* 1991, Taylor *et al.* 2008, 2015), mas descrita equivocadamente por Walker (1976a, 1976b) e Donoghue e Doyle (1989) como apresentando “elementos semelhantes a grânulos e sem columelas típicas”. A nexina se espessa próximo as margens do sulco e é lamelar (Taylor *et al.* 2008), interpretada erroneamente como não lamelar por Osborn *et al.* (1991). A ornamentação da sexina é descrita como estriada, com macro e micro estrias supratectais, ou ainda com grandes “hastes” paralelas e pequenas “hastes” mais ou

menos paralelas e que se fundem nas extremidades (Taylor *et al.* 2008, 2015). O teto é homogêneo apresentando perfurações e contendo um sistema denso de microcanais orientados longitudinalmente que penetram por toda a sua espessura, bem como penetram nas columelas infratectais e nas estrias supratectais (Taylor *et al.* 2008, 2015). Ainda, apresenta camada homogênea e altamente densa de *pollenkitt* que cobre toda a superfície do grão (Taylor *et al.* 2015), fator importante para a polinização mirmecófila realizada por pequenas moscas *Notiphila cressoni* e *Hydrellia bilobifera* (Schneider & Jeter 1982, Osborn *et al.* 1991, Taylor *et al.* 2008). Osborn *et al.* (1991) propuseram que esses microcanais, combinados com a orientação paralela das “hastes” da superfície, desempenham um papel fundamental no armazenamento e deposição do *pollenkitt*.

Já o pólen das cinco espécies de *Nymphaea* aqui analisadas foram descritos por alguns autores [(*Nymphaea caerulea* em Melhem & Abreu (1981) (determinada na ocasião como *Nymphaea ampla*), Gabarayeva (1991), Coiro & Lumaga (2013) e Lorente *et al.* (2017); *Nymphaea capensis* Thunb. (heterotípico *Nymphaea colorata* Peter.) em Rowley *et al.* (1992), Gabarayeva & Rowley (1994) e Gabarayeva *et al.* (2001); *Nymphaea mexicana* por Gabarayeva & El Ghazaly (1997); *Nymphaea gardneriana* em Zini *et al.* (2017) e *Nymphaea odorata* estudada por Erdtman (1943), Walker (1976b), Willard *et al.* (2004) e Taylor *et al.* (2015)].

Existe controvérsia com relação a abertura do pólen de *Nymphaea*. Erdtman (1952), Walker (1976b), Chanda *et al.* (1979) e El-Ghazali & Abd-Alla (2001), interpretaram-na como sendo 1-zonisulculada ou 1-anazonasulculada, por considerarem, respectivamente, ser contínua na forma de anel em torno do pólen e posicionada no equador ou em paralelo a este e ligeiramente deslocada para o pólo distal. No entanto, Wodehouse (1936), Erdtman (1943), Faegri & Iversen (1950), Erdtman *et al.* (1961), Beug (1961), Ueno & Kitaguchi (1961), Faegri & Iversen (1975), Moore & Webb (1978) e Jones & Clarke (1981) a descreverem como sendo um largo poro (*ulcus*) posicionado centralmente no pólo distal e recoberto por um opérculo de ornamentação diversa do restante do grão, sendo portanto, monoporado. Em Halbritter *et al.* (2018) é citado que a interpretação de um grande *ulcus* com um opérculo conspicuo localizado no hemisfério distal menor é errônea, já que se confirmou que o pólen de *Nymphaea* é composto por duas partes assimétricas divididas pelo sulculo em forma de anel após os estudos ultraestruturais e dos experimentos de germinação do tubo polínico realizados por Gabarayeva & Rowley (1994) e Hesse & Zetter (2005).

Ainda, a exina do pólen de *Nymphaea* foi descrita como intectada e sem columelas e de textura granular (Ueno & Kitaguchi 1961, Jones & Clarke 1981), tectado-columelada (Gabarayeva & Rowley 1994, Gabarayeva & El-Ghazali 1997, Gabarayeva *et al.* 2001, Coiro & Lumaga 2013, Taylor *et al.* 2015), ou intermediária, com ambas, columelada e granular (Doyle & Endress 2000, Doyle 2005, Borsch *et al.* 2008, Coiro & Lumaga 2013), podendo variar de espessura no pólo proximal e distal (Ueno & Kitaguchi 1961). No entanto, Gabarayeva & El-Ghazali (1997) explicaram que a região infratectal parece granular por causa do arranjo ondulado das columelas curtas, sendo, portanto, tectado-columelada.

Material e métodos

Os botões florais utilizados para este trabalho foram coletados de material herborizado depositado no Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP).

Os grãos de pólen foram preparados segundo o método de acetólise (Erdtman 1960) modificado por Melhem *et al.* (2003). Como são grãos frágeis adaptou-se a metodologia para a utilização de 80° C por 30 segundos em banho-maria e 1.200 rpm de centrifugação por 08 minutos. As medidas de tamanho foram obtidas em 25 grãos de pólen tomados ao acaso e para os demais caracteres morfológicos foram feitas 10 medidas. Em outros espécimes da mesma espécie, para efeito de comparação, foram feitas 10 medidas dos eixos maior e menor na vista equatorial para validar o tamanho e a forma do grão representativas da espécie (Melhem *et al.* 1984). As ilustrações dos grãos de pólen foram obtidas digitalmente em microscopia óptica, utilizando-se o fotomicroscópio Olympus BX 50 e o programa CellSens Standard versão 1.5 para Windows.

A terminologia utilizada na descrição dos grãos de pólen foi a de Barth & Melhem (1988) e Punt *et al.* 2007, este último traduzido para o português.

As lâminas de microscopia com o material polínico encontram-se depositadas na palinoteca do Laboratório de Palinologia PALINO-IPA do Instituto de Pesquisas Ambientais.

Resultados e Discussão

Família: 12A-Cabombaceae

Cabomba Aubl.

Grãos de pólen em mônades; com âmbito elipsoidal (ovalado), de contorno biconvexo na vista equatorial; heteropolares; de simetria bilateral; médios (somente em *Cabomba palaeformis*, Orgaard 1991) a muito grandes; 1-anasulcados ou anatricotomosulcados, sulcos recobertos por membrana ornamentada ou escabrada; exina tectado-columelada, de ornamentação

estriado-perfurada, erroneamente descrita como verrucada em *Cabomba palaeformis* por Orgaard (1991), posteriormente corrigido em Halbritter *et al.* (2018) que caracterizaram a espécie como estriado-perfurada de estrias muito curtas; sexina mais espessa que a nexina.

1. *Cabomba caroliniana* var. *flavida* Orgaard.

Figura 1 a-i

Forma: âmbito elipsoidal (“boat-shaped”), apresentando contorno biconvexo em vista equatorial.

Aberturas: 1-sulcados, sulco posicionado no pólo distal (anasulcado), aproximadamente com o mesmo comprimento do eixo equatorial maior, com membrana do sulco apresentando elementos de ornamentação lembrando estrias curtas arranjadas aleatoriamente.

Exina: tectado-columelada, estriado-perfurada, com estrias altas e longas paralelas no sentido longitudinal ao grão, e estrias menores mais ou menos paralelas entre as maiores. As estrias anastomosam nas extremidades do eixo equatorial maior. Sexina mais espessa que a nexina.

Medidas (µm): *L.C. Abreu* 266, SP138969: P = 64,1 ± 1,4 (faixa de variação 37,7-72,9 µm); E = 87,0 ± 1,5 (faixa de variação 62,4-98,2 µm); VPEM (eixo equatorial maior em vista polar) = 82,4 ± 1,4 (faixa de variação 68,1-96,3 µm); VPEm (eixo equatorial menor em vista polar) = 67,4 ± 1,5 (faixa de variação 52,0-86,7 µm); sulco larg. ca. 8,4 µm; sulco compr. ca. 67,3 µm; sexina ca. 1,5 µm e nexina ca. 0,8 µm.

Observações: Os materiais da Reserva *L.C. Abreu* 135, 30-IV-1974 (SP141214), *L.C. Abreu* 192, 02-VII-1974 (SP141215), *L.C. Abreu* 258, 26-III-1975 (SP141222) e *L.C. Abreu, G.G. López, O. Saltini* 367, 02-II-1981, citados por Feres (2000b), não foram estudados por não apresentarem botões florais. Orgaard (1991) ao estudar sob microscopia óptica os grãos de pólen não acetolisados de *Cabomba caroliniana* var. *flavida* e cujas medidas se deram após 24 horas de aplicação da solução de azul de metileno, descreveu-os como de tamanho grande, similar ao classificado aqui. Nossas observações são iguais as descrições feitas pela autora quanto ao pólen ser 1-sulcado e apresentar ornamentação estriada, divergindo com relação a forma prolata descrita por ela, classificação essa que não deve ser usada em grãos de pólen heteropolares e de simetria bilateral. Também, a referida autora apresentou medidas para P = 79,0 µm e E = 56,0 µm, o que parece incorreto, já que o grão é maior no eixo equatorial do que no polar. Não foram vistos grãos de pólen tricotomosulcados como Walker (1974) havia descrito para a espécie *Cabomba caroliniana*. A nossa descrição da ornamentação da membrana do sulco teve como base a de Taylor *et al.* (2008).

Material estudado: BRASIL. SÃO PAULO: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Instituto Astronômico

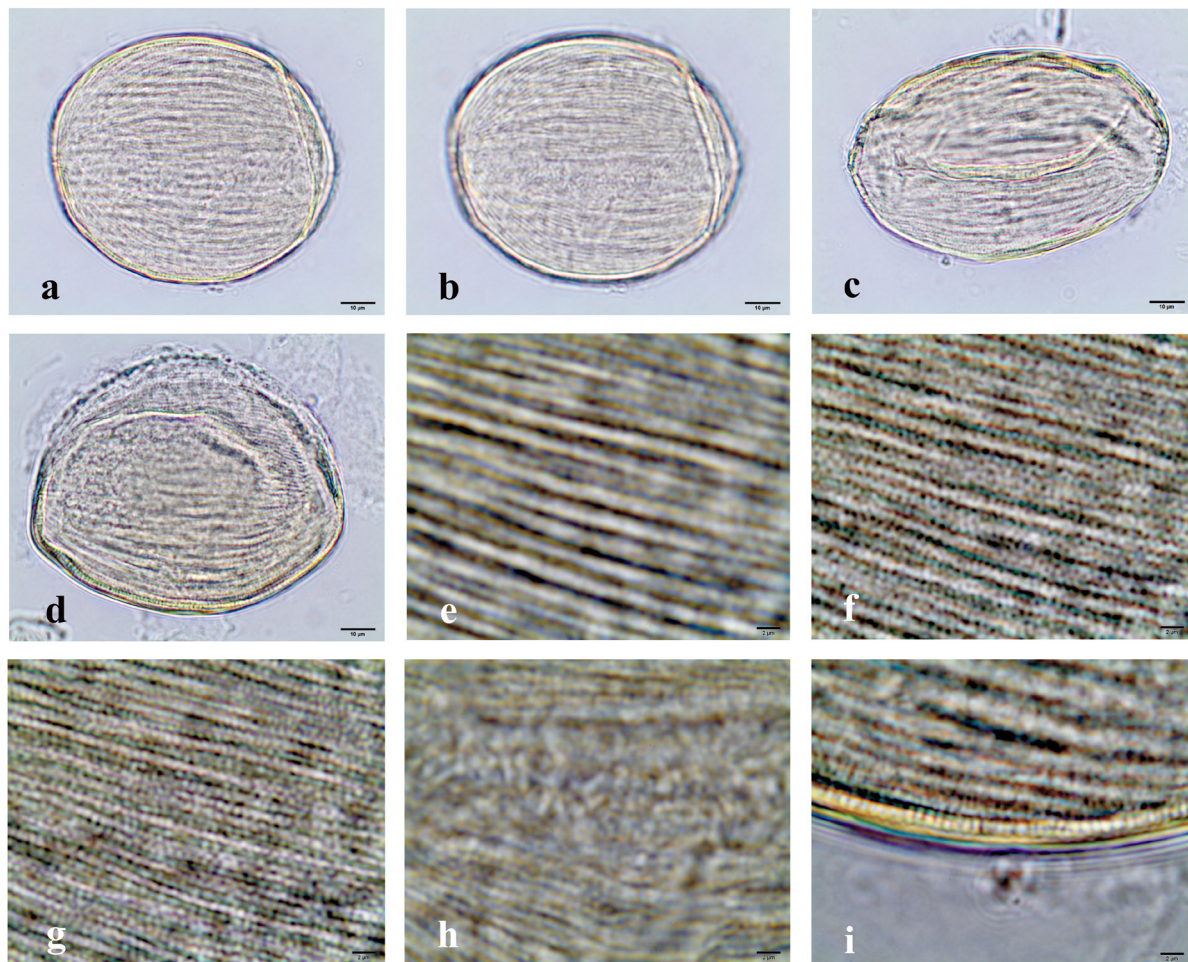


Figura 1. a-i. Fotomicrografias dos grãos de pólen de *Cabomba caroliniana* var. *flavida*. a. Vista polar, evidenciando o corte óptico e o sulco. b. Vista polar evidenciando a superfície em foco alto (LO1). c. Vista polar. d. Vista equatorial evidenciando a membrana do sulco. e. Detalhe da superfície em foco alto (LO1) evidenciando as estrias maiores paralelas e as menores entre as maiores. f. Detalhe da superfície em foco médio (LO2). g. Detalhe da superfície em foco baixo (LO3) evidenciando o teto perfurado. h. Detalhe da superfície da membrana do sulco em foco alto (LO1) evidenciando os elementos alongados lembrando estrias curtas arranjadas aleatoriamente. i. Detalhe do corte óptico evidenciando as columelas. Escalas nas figuras = 10 μ m (a-d); 2 μ m (e-i).

Figure 1. a-i. Photomicrographs of pollen grains of *Cabomba caroliniana* var. *flavida*. a. Polar view showing the optical section and sulcus. b. Polar view showing the surface in high focus (LO1). c. Polar view. d. Equatorial view showing the sulcus membrane. e. Detail of high focus (LO1) surface showing the larger parallel striae and the smaller ones between them. f. Detail of medium focus (LO2) surface. g. Detail of low focus (LO3) surface showing the perforate tectum. h. Detail of the surface of sulcus membrane in high focus (LO1) showing the elongated elements resembling short striae arranged randomly. i. Detail of optical section showing the columellae. Scales in the figures = 10 μ m (a-d); 2 μ m (e-i).

e Geofísico, no lago limítrofe entre as áreas 11 e 17, 13-V-1975, L.C. Abreu 266 (SP138969), Det. F.R. Feres, XI-2000.

Família: 12-Nymphaeaceae
***Nymphaea* L.**

Grãos de pólen em mônades; subisopolares ou heteropolares; de simetria bilateral; âmbito circular (globoso) ou elíptico (em forma de lente); de contorno biconvexo ou plano-convexo na vista equatorial; de tamanho médio, mas ocorrendo muitos grãos anormais de tamanho muito pequeno;

1-anazonasulculados (súlculo na forma de anel situado entre o equador e o pólo distal, ligeiramente deslocado para o pólo distal), súculos estreitos que circundam todo o grão, mas restando uma parte de exina que serve como uma trava que prende as duas partes (hemisférios), margem do súlculo indistinta, súlculo recoberto por membrana psilada ou ornamentada com grânulos e verrugas esparsas; exina tectado-columelada ou com columelas indistintas, sexina de ornamentação fossulada, baculada, equinada ou verrucada.

1. *Nymphaea caerulea* Savigny.

Figura 2 a-g

Forma: presença de grãos de pólen dimórficos, elípticos (ca. de 78% dos grãos) a circulares/globosos (ca. de 22% dos grãos), de contorno biconvexo na vista equatorial, cuja área distal é ligeiramente menor que a proximal (subisopolar).

Aberturas: 1-zonasúculo incompleto, restando uma pequena área de exina que funciona como uma trava entre as duas partes, súculo posicionado bem próximo ao equador, ligeiramente deslocado para o pólo distal, sem margem evidente, membrana do sulco psilada.

Exina: Fossulada, tanto no pólo proximal quanto no distal, sexina mais espessa que a nexina, columelas indistintas.

Medidas (μm): *L.C. Abreu 316*, SP145070: VPEM (eixo maior em vista polar) = $44,1 \pm 0,4$ (faixa de variação 42,9-45,3 μm); VPEm (eixo menor em vista polar) = $24,0 \pm 0,4$ (faixa de variação 22,9-25,1 μm); sexina ca. 1,6 e nexina ca. 0,7 (tabelas 1 e 2).

Observações: Os materiais da Reserva *L.C. Abreu 134*, 30-IV-1974 (SP141216) e *L.C. Abreu, G.G. Lopes, O. Saltini 372*, 2-II-1981 (SP202908) listados em Feres (2000a) não apresentavam botões florais ou se encontravam em fruto. O material da Reserva *L.C. Abreu 190*, 02-VII-1974 (SP138968) já havia sido estudado por Melhem & Abreu (1981) [determinada na ocasião como *Nymphaea ampla* coletada no PEFI (SP138968), mas determinada por F. Feres em 23/05/2000 como *N. caerulea*]. Como o espécime aqui analisado apresentou tendência a abertura das duas partes dos grãos pelo zonasúculo (Fig. 2 b-d), mesmo repetindo-se a preparação com outras temperaturas, tempo de banho-maria e menor velocidade de rotação, não foi possível obter um número significativo de medidas em vista equatorial e nem da largura do súculo. Melhem & Abreu (1981) ao estudarem sob microscopia óptica os grãos de pólen de *Nymphaea caerulea* apresentaram desenhos a nanquim descrevendo-os como de tamanho médio (faixa de variação de 28,8-40,2 μm), com forma de lente biconvexa, com dois sulcos, exina ligeiramente rugulada, sexina mais espessa que a nexina. Já o espécime de *N. caerulea* aqui analisado, apesar de corroborar parcialmente os dados de Melhem & Abreu (1981) com relação a forma e a relação de espessura da sexina e nexina, diverge dos referidos autores pelo pólen não apresentar dois sulcos e pela ornamentação da sexina ser fossulada, bem como pela maior amplitude no tamanho dos grãos de pólen (faixa de variação 18,7-50,8 μm), classificando-os no tamanho de pequeno a grande. Coiro & Lumaga (2013) descreveram o pólen de *N. caerulea* como psilado-columelado. Nossas

observações em microscopia óptica revelaram uma ornamentação diferente. Nas imagens em microscopia de transmissão apresentadas pelos referidos autores não é possível distinguir columelas, parecendo mais ser um infrateto granular, como descrito por outros autores para o pólen de *Nymphaea*. No entanto, Gabarayeva (1991) explicou que a exina do pólen de *N. caerulea* é tectado-columelada, ressaltando que esse padrão é distinto e evidente desde o início da deposição da primexina (microfibrilas de celulose) no período de pós-tétrade, mas começa a perder a precisão quando o teto e as columelas começam a se tornar mais espessos no pólen maduro. No presente estudo, sob microscopia óptica, não foi possível evidenciar as columelas. Lorente *et al.* (2017) descreveram os grãos de pólen de *N. caerulea* como mônades, com âmbito circular, forma suboblata, de tamanho médio ($P = 27-28,4 \mu\text{m}$ e $E = 26,2-28,8 \mu\text{m}$), zonosulcados e de ornamentação escabrada. Com exceção da unidade polínica e do âmbito, as descrições dos referidos autores foram divergentes das nossas. Como a abertura alongada de *N. caerulea* não está posicionada nos pólos e sim no equador (ligeiramente deslocado para o pólo distal), o correto é se usar o termo “súculo” e não “sulco” (ver Punt *et al.* 2007). Como o pólen da espécie é subisopolar, ou seja, a área distal é ligeiramente menor que a proximal, não se pode usar a classificação de forma de Erdtman (1952), usada somente para grãos isopolares, de simetria radial e zonoaperturados, sendo, portanto, a denominação “suboblato” incorreta.

Material estudado: BRASIL. SÃO PAULO: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Área 26 do lago grande atrás das estufas, 11-III-1977, *L.C. Abreu 316* (SP145070).

2. *Nymphaea capensis* Thunb. (heterotípico *Nymphaea colorata* Peter.)

Figura 2 h-l

Forma: circulares/globosos, de contorno plano-convexo na vista equatorial, cuja área distal é nitidamente menor que a proximal (heteropolar).

Aberturas: 1-zonasúculo incompleto, restando uma pequena área de exina que funciona como uma trava entre as duas partes, súculo posicionado bem próximo ao equador, ligeiramente deslocado para o pólo distal, sem margem evidente, membrana do sulco com grânulos e verrugas.

Exina: Baculado-equinada, com báculos e espinhos densamente distribuídos apresentando várias alturas, tanto no pólo proximal quanto no distal, sexina mais espessa que a nexina, columelas indistintas.

Medidas (μm): *L.C. Abreu 315*, SP145069: VPEM (eixo maior em vista polar) = $36,3 \pm 0,7$ (faixa de

Tabela 1: Medidas (µm) em microscopia óptica dos grãos de pólen de *Nymphaea* L. do Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Estado de São Paulo, Brasil. (n=25). VPEM: Eixo equatorial maior na vista polar. VPEM: Eixo equatorial menor na vista polar. VEEM: Eixo maior na vista equatorial. EEEm: Eixo menor na vista equatorial (eixo polar). IC: intervalo de confiança a 95% (valor mínimo [IC-], valor máximo [IC+]). x: média aritmética. sx: desvio padrão da média. s: desvio padrão da amostra. V%: coeficiente de variabilidade. --- não foi possível obter as medidas. *Material de comparação.

Table 1: Measurements (µm) under light microscopy of pollen grains of *Nymphaea* L. from the Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo State, Brazil. (n=25). VPEM: Larger equatorial axis in polar view. VPEM: Shorter equatorial axis in polar view. VEEM: Larger equatorial axis in equatorial view. EEEm: Shorter equatorial axis (polar axis) in equatorial view. IC: confidence interval at 95% (lowest values [IC-], highest values [IC+]). x: arithmetic mean. sx: average standard deviation. s: sample standard deviation. V%: coefficient of variability. --- it was not possible to obtain the measurements. *Comparison material.

Espécie	VPEM			VPEM			VEEM			VEEM		
	IC - (x ± sx) IC +	s	V%	IC - (x ± sx) IC +	s	V%	IC - (x ± sx) IC +	s	V%	IC - (x ± sx) IC +	s	V%
<i>Nymphaea caerulea</i> SP145070	42,9 (44,1 ± 0,4) 45,3	5,6	12,7	22,9 (24,0 ± 0,4) 25,1	5,1	21,3	---	---	---	---	---	---
<i>Nymphaea capensis</i> SP145069	34,7 (36,3 ± 0,7) 37,9	3,9	10,8	34,9 (36,3 ± 0,7) 37,8	3,6	9,9	38,3 (39,2 ± 0,3) 40,0	4,3	11,0	35,8 (36,6 ± 0,3) 37,5	4,4	11,9
<i>Nymphaea gardneriana</i> SP203073	33,5 (36,6 ± 1,5) 39,6	7,5	20,5	33,6 (37,0 ± 1,6) 40,4	8,2	22,3	39,6 (43,1 ± 1,7) 46,6	8,4	19,5	28,6 (31,2 ± 1,3) 33,8	6,3	20,3
<i>Nymphaea gardneriana</i> SP145505*	---	---	---	---	---	---	41,7 (43,3 ± 0,7) 45,0	6,0	13,9	33,0 (34,5 ± 0,7) 36,1	5,7	16,4
<i>Nymphaea mexicana</i> SP202907	33,4 (34,6 ± 0,7) 36,1	3,3	9,6	33,6 (34,9 ± 0,6) 36,2	3,1	9,0	34,4 (35,7 ± 0,6) 37,0	3,2	8,9	27,7 (29,7 ± 1,0) 31,7	4,9	16,5
<i>Nymphaea odorata</i> SP203228	36,3 (37,3 ± 0,5) 38,3	2,4	6,4	36,1 (37,0 ± 0,4) 38,0	2,1	5,7	32,7 (34,4 ± 0,8) 36,2	4,3	12,6	37,8 (40,0 ± 1,0) 42,16	5,2	13,1

Tabela 2: Medidas (µm) em microscopia óptica das aberturas e das camadas da exina dos grãos de pólen de *Nymphaea* L. da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Estado de São Paulo, Brasil. (n=10). S: sexina. N: nexina. --: não foi possível obter as medidas.

Table 2: Measurements (µm) under light microscopy of aperture and exine layers of pollen grains of *Nymphaea* L. from the Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo State, Brazil. (n=10). S: sexine. N: nexine. --: it was not possible to obtain the measurements.

Espécime	Abertura		Ornamentação da exina	Exina	
	Comprimento	Largura		S	N
<i>Nymphaea caerulea</i> SP145070	l-zonasúculo incompleto, restando uma área pequena de exina que une as duas partes	---	Fossulada, tanto no pólo proximal quanto no distal	1,6	0,7
<i>Nymphaea capensis</i> SP145069	l-zonasúculo incompleto, restando uma área pequena de exina que une as duas partes	0,2	Baculado-equinada, tanto no pólo proximal quanto no distal	1,6	0,7
<i>Nymphaea gardneriana</i> SP203073	l-zonasúculo incompleto, restando uma área pequena de exina que une as duas partes	1,5	Verrucada, com verrugas maiores no centro do pólo proximal e verrugas menores e báculos de várias alturas no pólo distal	2,1	1,0
<i>Nymphaea mexicana</i> SP202907	l-zonasúculo incompleto, restando uma área pequena de exina que une as duas partes	1,3	Verrucada, com verrugas maiores no centro do pólo proximal e verrugas menores e báculos de várias alturas no pólo distal	1,7	0,8
<i>Nymphaea odorata</i> SP203228	l-zonasúculo incompleto, restando uma área pequena de exina que une as duas partes	1,8	Baculado-equinada, tanto no pólo proximal quanto no distal	1,9	0,8

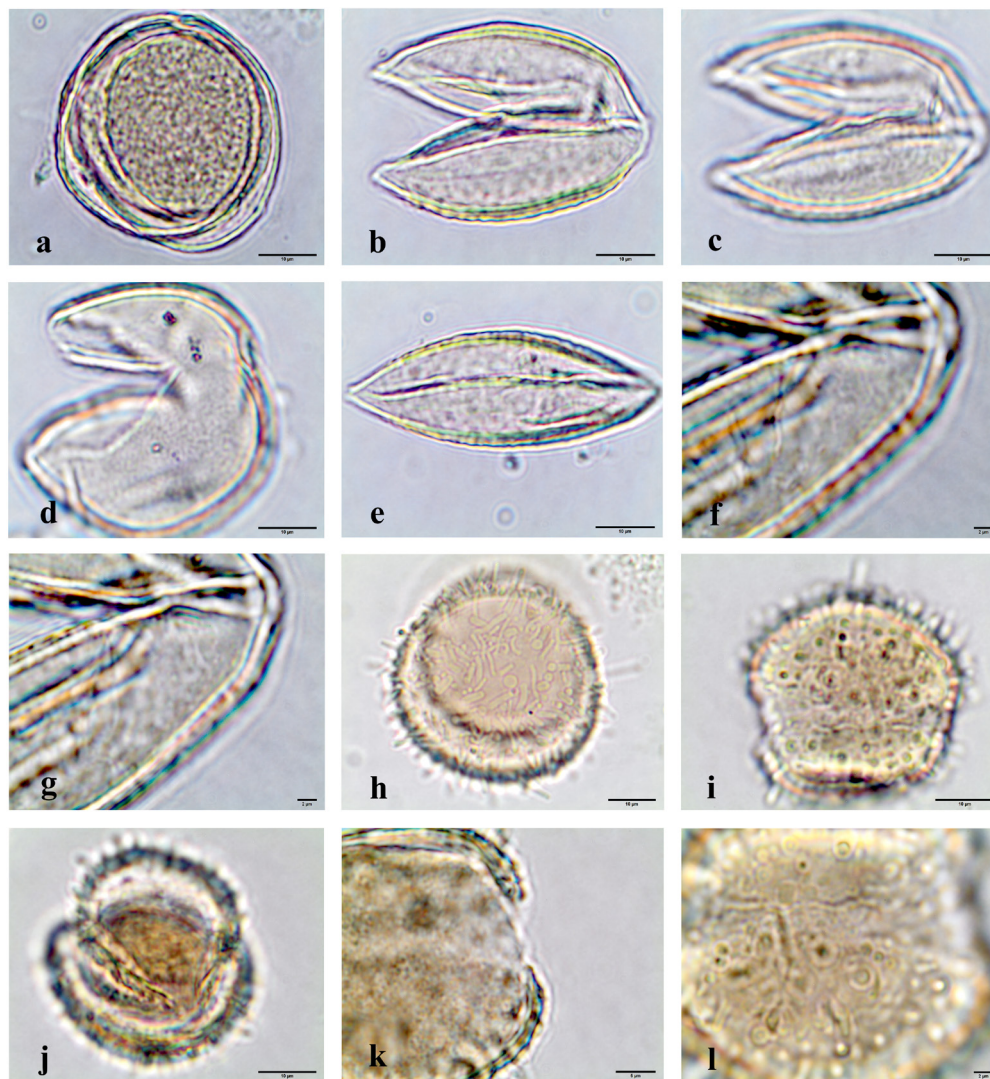


Figura 2. a-l. Fotomicrografias dos grãos de pólen de *Nymphaea* L. a-g. *Nymphaea caerulea* Savigny. a. Vista polar, evidenciando os dois hemisférios presos por um dos lados. b. Vista equatorial lateral (eixo maior) evidenciando o corte óptico e o súculo aberto. c. Vista equatorial lateral (eixo maior) evidenciando a superfície e o súculo aberto. d. Vista equatorial frontal (eixo menor) evidenciando a área da exina que prende os dois hemisférios. e. Vista equatorial lateral (eixo maior), evidenciando o aspecto do pólen com o súculo fechado. f. Detalhe da superfície em foco alto (LO1) evidenciando o teto fossulado. g. Detalhe da superfície em foco baixo (LO2) evidenciando o teto fossulado. h-l. *Nymphaea capensis* Thunb. h. Vista polar evidenciando a superfície e os dois hemisférios presos por um dos lados. i. Vista equatorial evidenciando a superfície (pólo distal abaixo). j. Vista equatorial evidenciando a área de exina que prende os dois hemisférios. k. Detalhe do corte óptico. l. Detalhe da membrana do súculo evidenciando os grânulos e verrugas. Escalas nas figuras = 10 μm (a-e, h-j); 5 μm (k); 2 μm (f-g, l).

Figure 2. a-l. Photomicrographs of pollen grains of *Nymphaea* L. a-g. *Nymphaea caerulea* Savigny. a. Polar view showing the two hemispheres attached on one side. b. Lateral equatorial view (long axis) showing the detail of optical section and the open sulculus. c. Lateral equatorial view (long axis) showing the surface and the open sulculus. d. Frontal equatorial view (shorter axis) showing the area of the exine that holds the two hemispheres. e. Lateral equatorial view (longer axis) showing the aspect of the pollen with the sulculus closed. f. Detail of high focus (LO1) surface showing the fossulate tectum. g. Detail of low focus (LO2) surface showing the fossulate tectum. h-l. *Nymphaea capensis* Thunb. h. Polar view showing the surface and the two hemispheres attached on one side. i. Equatorial view showing the surface (distal pole below). j. Equatorial view showing the area of the exine that holds the two hemispheres. k. Detail of optical section. l. Detail of the sulculus membrane showing the granules and verrucae. Scales in the figures = 10 μm (a-e, h-j); 5 μm (k); 2 μm (f-g, l).

variação 27,4-44,5 μm); VPem (eixo menor em vista polar) = $36,3 \pm 0,7$ (faixa de variação 29,7-41,6 μm); VEEM (eixo maior em vista equatorial) = $39,2 \pm 0,3$ (faixa de variação 35,1-44,1 μm); VEEem (eixo menor em vista equatorial) = $36,6 \pm 0,3$ (faixa de variação 30,4-40,0 μm); sexina ca. 1,6 e nexina ca. 0,7 (tabelas 1 e 2).

Observações: Essa espécie não constava na publicação de Feres (2000a), mas ocorre no PEFI conforme a base de dados de herbários do *SpeciesLink* do CRIA (2024). As descrições do pólen da espécie apresentadas em Rowley *et al.* (1992), Gabarayeva & Rowley (1994) e Gabarayeva *et al.* (2001), com base em imagens em microscopia eletrônica de varredura e de transmissão, mostram um padrão de ornamentação da exina psilada a perfurada, sem estruturas proeminentes aparentes, com hemisférios de tamanho similar, o que não condiz com as nossas observações de ornamentação baculado-equinada e hemisférios nitidamente diferentes em tamanho para o espécime estudado. Os autores ainda citam que a exina do pólo distal não apresenta columelas, mas tem teto fino e nexina 2 lamelar, enquanto a do pólo proximal apresenta teto espesso e columelas curtas, nexina 1 espessa e nexina 2 lamelar e compacta. A área transicional entre os dois pólos, que está aproximadamente situada em banda no equador, e que é a região da abertura, possui uma exina muito fina consistindo em um teto fino descontínuo, um infrateto columelado preenchido com alguns pequenos elementos circulares, nexina 1 e 2 muito compactas, nexina 2 lamelar, servindo como região de germinação do tubo polínico. A pressão do tubo polínico em crescimento e do intumescimento do grão de pólen provoca o levantamento do hemisfério distal do grão.

Material estudado: BRASIL. SÃO PAULO: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Área 26 do lago grande atrás das estufas, 11-III-1977, *L.C. Abreu 315* (SP145069).

3. *Nymphaea gardneriana* Planch.

Figura 3 a-g

Forma: circulares/globosos, de contorno biconvexo a plano-convexo na vista equatorial, cuja área distal é nitidamente menor que a proximal e apresenta ornamentação diferenciada com relação ao outro pólo (heteropolar).

Aberturas: 1-zonasúculo incompleto, restando uma pequena área de exina que funciona como uma trava entre as duas partes, súculo posicionado bem próximo ao equador, ligeiramente deslocado para o pólo distal, sem margem evidente, membrana do sulco psilada.

Exina: Verrucada, com verrugas maiores no centro do pólo proximal e verrugas menores e báculos esparsos de várias alturas no pólo distal, sexina mais espessa que a nexina, exina tectado-columelada.

Medidas (μm): *L.C. Abreu, G.G. Lopes, O. Saltini 390*, SP203073: VPem (eixo maior em vista polar) = $36,6 \pm 1,5$ (faixa de variação 15,5-51,0 μm); VPem (eixo menor em vista polar) = $37,0 \pm 1,6$ (faixa de variação 13,6-50,0 μm); VEEM (eixo maior em vista equatorial) = $43,1 \pm 1,7$ (faixa de variação 19,2-57,5 μm); VEEem (eixo menor em vista equatorial) = $31,2 \pm 1,3$ (faixa de variação 20,7-45,0 μm); sexina ca. 2,1 e nexina ca. 1,0 (tabelas 1 e 2).

L.C. Abreu 296 (SP 145505): VEEM (eixo maior em vista equatorial) = $43,3 \pm 0,7$ (faixa de variação 37,6-56,8 μm); VEEem (eixo menor em vista equatorial) = $34,5 \pm 0,7$ (faixa de variação 25,0-45,0 μm).

Observações: O pólen de *Nymphaea gardneriana* foi estudado em Zini *et al.* (2017), sendo descrito como heteropolar, de âmbito circular, plano-convexo em vista equatorial, de tamanho médio ($P= 22-36 \mu\text{m}$, $E= 35-50 \mu\text{m}$), anazonasulculado, exina tectado-columelada, condizendo com as nossas observações. Porém, foram erroneamente descritos com forma oblata a suboblata, e as imagens em microscopia eletrônica de varredura do pólen maduro, assim como a descrição da ornamentação caracterizada como psilada, com rúgulas na face distal, não condizem com o observado aqui.

Material estudado: BRASIL. SÃO PAULO: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, 10-IX-1981, *L.C. Abreu, G.G. Lopes, O. Saltini 390* (SP203073); Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, planta coletada no antigo hidrofitotério, 02-XII-1975, *L.C. Abreu 296* (SP145505).

4. *Nymphaea mexicana* Zucc.

Figura 3 h-l

Forma: circulares/globosos, de contorno biconvexo a plano-convexo na vista equatorial, cuja área distal é nitidamente menor que a proximal e apresenta ornamentação diferenciada com relação ao outro pólo (heteropolar).

Aberturas: 1-zonasúculo incompleto, restando uma pequena área de exina que funciona como uma trava entre as duas partes, súculo posicionado bem próximo ao equador, ligeiramente deslocado para o pólo distal, sem margem evidente, membrana do sulco psilada.

Exina: Verrucada, com verrugas maiores no centro do pólo proximal e verrugas menores e báculos esparsos

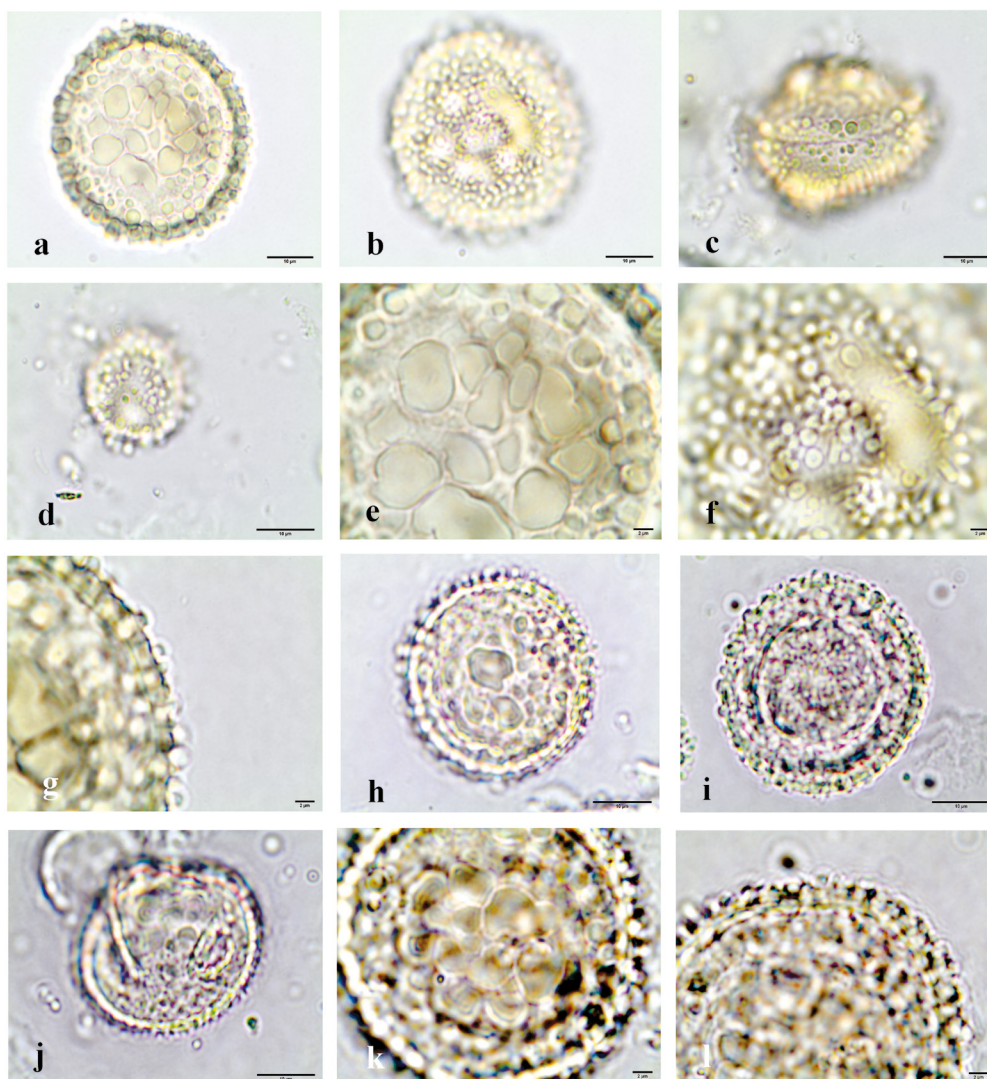


Figura 3. a-l. Fotomicrografias dos grãos de pólen de *Nymphaea* L. a-g. *Nymphaea gardneriana* Planch. a. Vista polar proximal, evidenciando a superfície. b. Vista polar distal evidenciando a superfície. c. Vista equatorial evidenciando a superfície e o sulculo. d. Grão de pólen anormal (tamanho muito pequeno). e. Detalhe da superfície em foco alto (LO1) do pólo proximal evidenciando o teto com grandes verrugas. f. Detalhe da superfície em foco alto (LO1) do pólo distal evidenciando o teto com verrugas menores e báculos. g. Detalhe do corte óptico. h-l. *Nymphaea mexicana* Zucc. h. Vista polar proximal evidenciando a superfície. i. Vista polar distal evidenciando a superfície e o sulculo. j. Vista equatorial evidenciando a área de exina que prende os dois hemisférios. k. Detalhe da superfície em foco alto (LO1) do pólo proximal evidenciando o teto com grandes verrugas. l. Detalhe do corte óptico. Escalas nas figuras = 10 μm (a-d, h-j); 2 μm (e-g, k-l).

Figure 3. a-l. Photomicrographs of pollen grains of *Nymphaea* L. a-g. *Nymphaea gardneriana* Planch. a. Proximal polar view showing the surface. b. Distal polar view showing the surface. c. Equatorial view showing the surface and the sulculus. d. Abnormal pollen grain (very small sized). e. Detail of high focus (LO1) surface in proximal pole showing the tectum with large verrucae. f. Detail of high focus (LO1) surface in distal pole showing the tectum with smaller verrucae and bacula. g. Detail of optical section. h-l. *Nymphaea mexicana* Zucc. h. Proximal polar view showing the surface. i. Distal polar view showing the surface and the sulculus. j. Equatorial view showing the area of the exine that holds the two hemispheres. k. Detail of high focus (LO1) surface in proximal pole showing the tectum with large verrucae. l. Detail of optical section. Scales in the figures = 10 μm (a-d, h-j); 2 μm (e-g, k-l).

de várias alturas no pólo distal, sexina mais espessa que a nexina, exina tectado-columelada.

Medidas (μm): *L.C. Abreu, G.G. Lopez, O. Saltini 371, SP202907*: VPem (eixo maior em vista polar) = $34,6 \pm 0,7$ (faixa de variação 28,3-41,6 μm); VPem (eixo menor em vista polar) = $34,9 \pm 0,6$

(faixa de variação 29,1-40,8 μm); VEEM (eixo maior em vista equatorial) = $35,7 \pm 0,6$ (faixa de variação 30,1-44,0 μm); VEem (eixo menor em vista equatorial) = $29,7 \pm 1,0$ (faixa de variação 23,0-44,0 μm); sexina ca. 1,7 e nexina ca. 0,8 (tabelas 1 e 2).

Observações: O material da Reserva *L.C. Abreu* 296, 02-XII-1975 (SP145505) listado em Feres (2000a) como *Nymphaea mexicana* foi posteriormente determinado como *N. gardneriana* por M.C.E. Amaral *et al.* em 2003, e assim foi descrito no presente estudo. Gabarayeva & El-Ghazaly (1997) descreveram o pólen de *Nymphaea mexicana* sob microscopia eletrônica de varredura e de transmissão como mônades anazonasulculadas, plano-convexas, com superfície no pólo proximal verrucada e no distal psilada. Pelas imagens apresentadas pelos autores as verrugas apresentam forma e tamanho similares entre si, o que não condiz com os nossos resultados de apresentarem maior dimensão no centro do pólo proximal do que no restante do grão. Também, o pólo distal do espécime analisado aqui apresenta verrugas menores e báculos, o que não se vê nas imagens e descrição do citado trabalho.

Material estudado: BRASIL. SÃO PAULO: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, planta coletada no antigo hidrofitotério, 02-II-1981, *L.C. Abreu, G.G. Lopez, O. Saltini* 371 (SP202907).

5. *Nymphaea odorata* Aiton.

Figura 4 a-f

Forma: circulares/globosos, de contorno plano-convexo na vista equatorial, cuja área distal é nitidamente menor que a proximal (heteropolar).

Aberturas: 1-zonasúculo incompleto, restando uma pequena área de exina que funciona como uma trava entre as duas partes, súculo posicionado bem próximo ao equador, ligeiramente deslocado para o pólo distal, sem margem evidente, membrana do sulco com grânulos e verrugas.

Exina: Baculado-equinada, com báculos e espinhos densamente distribuídos apresentando várias alturas, tanto no pólo proximal quanto no distal, sexina mais espessa que a nexina, columelas indistintas.

Medidas (μm): *L.C. Abreu* 402, SP203228: VPem (eixo maior em vista polar) = $37,3 \pm 0,5$ (faixa de variação 30,8-43,1 μm); VPem (eixo menor em vista polar) = $37,0 \pm 0,4$ (faixa de variação 33,3-41,6 μm); VEEM (eixo maior em vista equatorial) = $34,4 \pm$

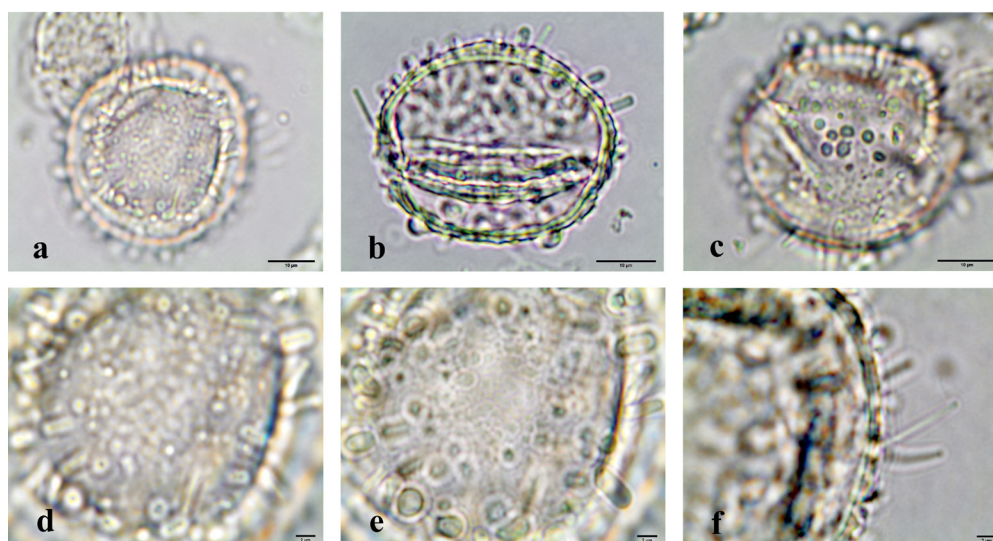


Figura 4. a-f. Fotomicrografias dos grãos de pólen de *Nymphaea odorata* Aiton. a. Vista polar distal, evidenciando a superfície. b. Vista equatorial evidenciando o corte óptico. c. Vista equatorial evidenciando a área de exina que prende os dois hemisférios. d. Detalhe da superfície em foco alto (LO1) do pólo distal evidenciando o teto com os báculos e espinhos. e. Detalhe da superfície em foco baixo (LO2) do pólo distal evidenciando o teto com os báculos e espinhos. f. Detalhe do corte óptico. Escalas nas figuras = 10 μm (a-c); 2 μm (d-f).

Figure 4. a-f. Photomicrographs of pollen grains of *Nymphaea odorata* Aiton. a. Distal polar view showing the surface. b. Equatorial view showing the optical section. c. Equatorial view showing the area of the exine that holds the two hemispheres. d. Detail of high focus (LO1) surface in distal pole showing the tectum with bacula and spines. e. Detail of low focus (LO2) surface in distal pole showing the tectum with bacula and spines. f. Detail of optical section. Scales in the figures = 10 μm (a-c); 2 μm (d-f).

0,8 (faixa de variação 25,8-43,3 μm); VEE (eixo menor em vista equatorial) = $40,0 \pm 1,0$ (faixa de variação 28,6-48,1 μm); sexina ca. 1,9 e nexina ca. 0,8 (tabelas 1 e 2).

Observações: O material da Reserva *L.C. Abreu, G.G. Lopes, O. Saltini 369*, 02-II-1981 (SP 202905) citado em Feres (2000a), não pode ser estudado por não apresentar botões florais. O material *L.C. Abreu 315*, 11-XI-1977 (UEC 94284), citado em Feres (2000a) não foi estudado por não se tratar de coleta na Reserva. Erdtman (1943) descreveu o pólen de *Nymphaea odorata* “com ca. de 27 a 38 μm de tamanho, cuja superfície é geralmente coberta com longos e conspícuos espinhos ou protuberâncias redondas semelhantes a verrugas, ou ainda, ambos”. O autor ainda explicou que os “espinhos são longos, retos, cilíndricos, não afinando, mas mantendo seu diâmetro completo quase ou totalmente até suas pontas, que geralmente são arredondadas, não sendo uniformes em espaçamento, forma ou comprimento. Às vezes, eles estão bem desenvolvidos por todo o grão, conferindo à superfície como um todo uma aparência cerdosa, mas quase sempre estão mais desenvolvidos na superfície proximal do que na distal, exceto pelo anel sulcado (ou seja, a faixa em forma de anel de exina fina que conecta o opérculo com o restante do grão), que é sempre lisa, e frequentemente no opérculo são representados apenas por pequenos nódulos semelhantes a verrugas”. A presença dos espinhos foi também vista aqui, além de outras estruturas mais condizentes com a forma de báculos (Punt *et al.* 2007), mas a presença de opérculo foi descartada nos mais recentes trabalhos como citado em Halbritter *et al.* (2018). Walker (1976b) apresentou imagem em microscopia eletrônica de varredura e descreveu o pólen da espécie como mônade de forma globosa, de tamanho médio, 1-anazonasulcado, heteropolar,

de simetria bilateral, e ornamentação baculada, sendo semelhante as nossas observações. Willard *et al.* (2004) descreveram o pólen da espécie como esférico a ovalado, monosulcado, com sulco aproximadamente de mesmo comprimento do grão, de tamanho médio [média de 31,8 μm (faixa de variação de 29,0-37,0 μm)], de ornamentação clavada, gemada e baculada e espessura da exina com ca. 1,4 μm (1,0-2,0 μm). Conforme as imagens em microscopia óptica apresentadas pelos referidos autores pode-se confirmar que a morfologia do pólen é similar ao espécime aqui estudado, apesar das descrições da superfície não condizerem em grande parte com as nossas. Taylor *et al.* (2015) sumarizaram os dados morfológicos de *Nymphaea odorata* apresentados por alguns autores que estudaram a espécie (Erdtman 1943, Borsh *et al.* 2008) ou utilizaram descrições de outras espécies de *Nymphaea* como sendo análoga para essa espécie (Chaturvedi 1974, Gabarayeva & El-Ghazaly 1997, Volkova & Shipunov 2007, Coiro & Lumaga 2013), descrevendo-os erroneamente como de forma oblata a esferoidal, com amplitude de tamanho maior [média $P=24 \times E=19$ (22–59) μm] do que a encontrada aqui, abertura na forma de anel posicionada distalmente (anazonasulcada), coincidindo com as nossas observações, de ornamentação microgemada (psilado-baculada), o que não foi visto aqui, exina descrita coincidentemente como tectado-columelada, mas com espessura da exina menor que a do espécime aqui analisado. Os autores ainda descreveram que a membrana do sulculo apresenta grandes elementos esculturais, o que não foi comprovado no espécime estudado por nós.

Material estudado: BRASIL. SÃO PAULO: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, 09-XI-1981, *L.C. Abreu 402* (SP203228).

Chave de identificação para as espécies de *Nymphaea*

1. Grãos de pólen com exina fossulada *Nymphaea caerulea*
1. Grãos de pólen com exina baculado-equinada ou verrucada
 2. Exina baculado-equinada *Nymphaea capensis*
Nymphaea odorata
 2. Exina verrucada *Nymphaea gardneriana*
Nymphaea mexicana

Agradecimentos

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelas

Bolsas de Iniciação Científica – BCO concedida a Paola Fernanda Cardoso Bonifácio (processo nº 2023/10169-4) e de Treinamento Técnico – Nível 4 – BCO concedida a

Natalia Sêneda Martarello (processo nº 2023/09303-8), vinculadas ao processo nº 2017/50341-0 – Programa Modernização Institutos Estaduais de Pesquisa. A primeira autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa PQ – 1D (processo nº 307607/2022-4). As autoras agradecem à Curadora do Herbário SP, Dra. Maria Candida Henrique Mamede, por fornecer o material herborizado.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Contribuição dos autores

Cynthia Fernandes Pinto da Luz: contribuição substancial em todas as etapas da pesquisa; contribuiu com a supervisão e orientação da pesquisa, incluindo a obtenção das bolsas de IC e TT-4 da FAPESP para as outras autoras; contribuiu com a análise dos dados; contribuiu com o embasamento teórico; contribuiu com a confecção das figuras; redigiu o manuscrito.

Paola Fernanda Cardoso Bonifácio: contribuição no levantamento dos dados; contribuiu com a análise dos dados; contribuiu na revisão crítica do manuscrito, agregando conteúdo intelectual; realizou a coleta dos espécimes no herbário; realizou a preparação laboratorial do material.

Natalia Sêneda Martarello: contribuição substancial em todas as etapas da pesquisa; contribuiu com a supervisão da aluna de IC; contribuiu na revisão crítica do manuscrito, agregando conteúdo intelectual; realizou a coleta dos espécimes no herbário; realizou a preparação laboratorial do material.

Literatura citada

- APG - Angiosperm Phylogenetic Group.** 2016. An update of the Angiosperm Phylogenetic Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society 181: 1-20.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S.** 1988. Glossário Ilustrado de Palinologia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Beug, H.-J.** 1961. Leitfaden der Pollenbestimmung, 1. Lieferung. G. Fischer, Stuttgart.
- Borsch, T., Löhne, C. & Wiersema, J.H.** 2008. Phylogeny and evolutionary patterns in Nymphaeales: Integrating genes, genomes and morphology. Taxon 57: 1052-1081.
- Chanda, S., Ghosh, K. & Nilsson, S.** 1979. On the polarity and tetrad arrangements in some mono- and diaperturate angiosperm pollen grains. Grana 18: 21-31.
- Chaturvedi, M.** 1974. Pollen grains of *Nymphaea stellata* L. (var. August Coach). Journal of Palynology 10: 126-131.
- Coiro, M. & Lumaga, M.R.B.** 2013. Aperture evolution in Nymphaeaceae: Insights from a micromorphological and ultrastructural investigation. Grana 52: 192-201.
- CRIA (Centro de Referência e Informação Ambiental).** 2024. SpeciesLink - simple search. Disponível em <http://www.splink.org.br/index> (acesso em 02-I-2024).
- Cronquist, A.** 1968. The evolution and classification of flowering plants. Thomas Nelson, London.
- Cruz-Barros, M.A.V. & Souza, L.N.** 2005. Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). Família: 10-Piperaceae. Hoehnea 32: 77-85.
- Donoghue, M.J. & Doyle, J.A.** 1989. Phylogenetic analysis of angiosperms and the relationships of Hamamelidae. In: P.R. Crane e S. Blackmore (eds.). Evolution, systematics, and fossil history of the Hamamelidae, vol. 1: introduction and 'lower' Hamamelidae, 17-45. Clarendon Press, Oxford.
- Doyle, J.A. & Endress, P.K.** 2000. Morphological phylogenetic analysis of basal angiosperms: comparison and combination with molecular data. International Journal of Plant Sciences 161: S121-S153.
- Doyle, J.A.** 2005. Early evolution of angiosperm pollen as inferred from molecular and morphological phylogenetic analyses. Grana 44: 227-251.
- El-Ghazali, G.E.B. & Abd-Alla, W.E.** 2001. Pollen morphology study on *Nymphaea lotus* L. (Nymphaeaceae) with emphasis on zonisulculate apertures. Japanese Journal of Historical Botany 9: 79-84.
- Erdtman, G.** 1943. An introduction to pollen analysis. Chronica Botanica, Waltham, Massachusetts.
- Erdtman, G.** 1952. Pollen morphology and plant taxonomy - Angiosperms. Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Erdtman, G.** 1960. The acetolysis method. A revised description. Svensk Botanisk Tidskrift 54: 561-564.
- Erdtman, G.B., Berglund, B. & Praglowski, J.** 1961. An introduction to a Scandinavian pollen flora. Almqvist & Wiksell, Uppsala.
- Fægri, K. & Iversen, J.** 1950. Textbook of Modern Pollen Analysis. Munksgaard, Copenhagen.
- Fægri, K. & Iversen, J.** 1975. Textbook of Pollen Analysis. Munksgaard, Copenhagen.
- Feres, F.** 2000a. Flora Fanerogâmica (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga): 12-Nymphaeaceae. Hoehnea 27: 219-222.

- Feres, F.** 2000b. Flora Fanerogâmica (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga): 12A-Cabombaceae. *Hoehnea* 27: 227-228.
- Gabarayeva, N.I.** 1991. Patterns of development in primitive angiosperm pollen. In: Pollen and Spores: Patterns of diversification, Blackmore, A., Barnes, S.H. (eds.). The Systematics Association, Special Volume 44, Clarendon Press, Oxford.
- Gabarayeva, N.I. & El-Ghazaly, G.** 1997. Sporoderm development in *Nymphaea mexicana* (Nymphaeaceae). *Plant Systematics and Evolution* 204: 1-19.
- Gabarayeva, N.I. & Rowley, J.R.** 1994. Exine development in *Nymphaea colorata* (Nymphaeaceae). *Nordic Journal of Botany* 14: 671-691.
- Gabarayeva, N.I., Walles, B., El-Ghazaly, G. & Rowley, J.R.** 2001. Exine and tapetum development in *Nymphaea capensis* (Nymphaeaceae): a comparative study. *Nordic Journal of Botany* 21: 529-548.
- García, Y., Rangel, J.O. & Fernández, D.** 2011. Flora palinológica de la vegetación acuática, de pantano y de la llanura aluvial de los humedales de los departamentos de Córdoba y Cesar (Caribe Colombiano). *Caldasia* 33: 573-618.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M. & Frosch-Radivo, A.** 2018. Illustrated Pollen terminology. Springer Cham, Edinburgh.
- Hesse, M. & Zetter, R.** 2005. Ultrastructure and diversity of recent and fossil zona-aperturate pollen grains. *Plant Systematics and Evolution* 255: 145-176.
- Hora, I.P. & Affonso, P.** 2021. Nymphaeales no núcleo Curucutu, Parque Estadual Serra do Mar, São Paulo, SP, Brasil. *Brazilian Journal of Development* 7: 22234-20792.
- Jones, M.R. & Clarke, G.C.S.** 1981. The Northwest European Pollen Flora 25 - Nymphaeaceae. Review of Palaeobotany and Palynology 33: 57-67.
- Kuprianova, L.A.** 1948. Pollen morphology and phylogeny of the Monocotyledon. Trudy Botanicheskogo Instituta, Akademii Nauk Armyanskoy SSR, Ser I Flora Sistematika 7: 163-262.
- Lorente, F.L., Buso Junior, A.A., Oliveira, P.E. & Pessenda, L.C.R.** 2017. Simaroubaceae. In: Atlas palinológico: Laboratório ¹⁴C - Cena/USP. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Melhem, T.S. & Abreu, L.C.** 1981. Grãos de pólen de Angiospermas aquáticas. *Hoehnea* 9: 23-40.
- Melhem, T.S., Giulietti, A.M., Forero, E., Barroso, G.M., Silvestre, M.S.F., Jung, S.L., Makino, H., Melo, M.M.R.F., Chiea, S.C., Wanderley, M.G.L., Kirizawa, M. & Muniz, C.** 1981. Planejamento para elaboração da “Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil)”. *Hoehnea* 9: 63-74.
- Melhem, T.S., Makino, H., Silvestre, M.S.F., Cruz, M.A.V. & Jung-Mendaçoli, S. L.** 1984. Planejamento para elaboração da “Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil)”. *Hoehnea* 11: 1-7.
- Melhem, T.S., Cruz, M.A.V. Corrêa, A.M.S., Makino-Watanabe, H., Silvestre-Capelato, M.S. & Esteves, V.L.G.** 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica* 16: 1- 104.
- Moore, P.D. & Webb, J.A.** 1978. An illustrated guide to pollen analysis. Hodder e Stoughton, London.
- Nakajima, J.N., Esteves, R.L., Gonçalves-Esteves, V., Magenta, M.A.G., Bianchini, R.S., Pruski, J.F. & Hind, D.J.N.** 2001. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). 159-Asteraceae. *Hoehnea* 28: 111-181.
- Orgaard, M.** 1991. The genus *Cabomba* (Cabombaceae) - a taxonomic study. *Nordic Journal of Botany* 11: 179-203.
- Osborn, J.M., Taylor, T.N. & Schneider, E.** 1991. Pollen morphology and ultrastructure of the Cabombaceae: correlations with pollination biology. *American Journal of Botany* 78: 1367-1378.
- Pellegrini, M.O.O.** 2024a. Cabombaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6610> (acesso em 21-III-2024).
- Pellegrini, M.O.O.** 2024b. Nymphaeaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB173> (acesso em 21-III-2024).
- Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S. & Le Thomas, A.** 2007. Glossary of pollen and spore terminology. Review of Paleobotany and Palynology 143: 1-81.
- Rowley, J.R., Gabarayeva, N.I. & Walles, B.** 1992. Cyclic invasion of tapetal cells into loculi during microspore development in *Nymphaea colorata* (Nymphaeaceae). *American Journal of Botany* 79: 801-808.

- Schneider, E.I. & Jeter, J.M.** 1982. Morphological studies of the Nymphaeaceae. XII. The floral biology of *Cabomba caroliniana*. American Journal of Botany 69: 1410-1419.
- Taylor, M.L., Gutman, B.L., Melrose, N.A., Ingraham, A.M., Schwartz, J.A. & Osborn, J.M.** 2008. Pollen and anther ontogeny in *Cabomba caroliniana* (Cabombaceae, Nymphaeales). American Journal of Botany 95: 399-413.
- Taylor, M.L., Cooper, R.L., Schneider, E.L. & Osborn, J.M.** 2015. Pollen structure and development in Nymphaeales: Insights into character evolution in an ancient angiosperm lineage. American Journal of Botany 102: 1685-1702.
- Ueno, J. & Kitaguchi, S.** 1961. On the fine structure of the pollen walls of Angiospermae. I. Nymphaeaceae. Journal of Biology Osaka City University 12: 83-89.
- Volkova, P.A. & Shipunov, A.B.** 2007. Morphological variation of *Nymphaea* (Nymphaeaceae) in European Russia. Nordic Journal of Botany 25: 329-338.
- Walker, J.W.** 1974. Aperture evolution in the pollen of primitive angiosperms. American Journal of Botany 61: 1112-1136.
- Walker, J.W.** 1976a. Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive angiosperms. In: I.K.Ferguson & J. Muller (eds.). The evolutionary significance of the exine. Academic Press, London, pp. 251-309.
- Walker, J.W.** 1976b. Comparative pollen morphology and phylogeny of the Ranalean complex. In: C.B. Beck (ed.). Origin and Early evolution of Angiosperms. Columbia University Press, New York, pp. 241-299.
- Walker, J.W. & Doyle, J.A.** 1975. The Bases of Angiosperm Phylogeny: Palynology. Annals of the Missouri Botanical Garden 62: 664-723.
- Willard, D.A., Bernhardt, C.E., Weimer, L., Cooper, S.R., Gamez, D. & Jensen, J.** 2004. Atlas of pollen and spores of the Florida Everglades. Palynology 28: 175-227.
- Wodehouse, R.P.** 1936. Evolution of pollen grains. The Botanical Review 2: 67-84.
- Zini, L.M., Galati, B.G., Zarlavsky, G. & Ferrucci, M.S.** 2017. Developmental and ultrastructural characters of the pollen grains and tapetum in species of *Nymphaea* subgenus *Hydrocallis*. Protoplasma 254: 1777-1790.

Editor Associado: Ortrud Monika Barth Schatzmayr

Recebido: 06/04/2024

Aceito: 18/06/2024

