



O uso da Palinologia na descrição de espécies: morfologia polínica e Polinizadores de Alismataceae Vent.

The use of Palynology in the description of species: pollen morphology and pollinators of Alismataceae Vent.

Jakelline Santos Alves⁽¹⁾; Karine de Matos Costa⁽²⁾;
Ana Virginia de Lima Leite⁽³⁾

⁽¹⁾ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9086-988X>; Universidade Federal Rural de Pernambuco/Estudante de Bacharelado em biologia, BRAZIL, E-mail: jakealves700@gmail.com;

⁽²⁾ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9212-8903>; Universidade Federal de Pernambuco/Estudante de doutorado em Biologia Vegetal, BRAZIL, E-mail: karinecostabio@gmail.com;

⁽³⁾ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7120-384X>; Universidade Federal Rural de Pernambuco/Docente e pesquisadora, BRAZIL, E-mail: anavlleite@yahoo.com.br;

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 05/06/2021; Aceito em: 11/06/2021; publicado em 01/08/2021. Copyright © Autor, 2021.

RESUMO: Alismataceae consiste em uma família de plantas semi-aquáticas ou aquáticas com ocorrência em pântanos, rios e lagos. Atualmente são considerados 11 gêneros contendo 75 espécies no mundo. No entanto, há falta de consenso taxonômico para reconhecer e alocar as espécies nos gêneros e a palinologia pode atuar como uma ferramenta para auxiliar na identificação e organização desta família. Este estudo objetivou descrever a morfologia polínica das espécies de Alismataceae disponíveis nos acervos dos herbários Vasconcelos Sobrinho (PEURF/UFRPE), Geraldo Mariz (UFP/UFPE) e do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) além de resgatar informações na literatura sobre polinizadores registrados para as espécies analisadas. Acetólise foi realizada para as espécies disponíveis no acervo do Herbário PEURF (n=5). Para as demais espécies listadas, foram realizadas buscas na literatura sobre a descrição polínica. Foram encontradas 29 espécies registradas nos três herbários analisados. A técnica se mostrou eficiente para ser utilizada como um dos parâmetros para delimitação do táxon a nível de gênero ou espécie para esta família. Abelhas *Protodiscelis* spp. foram as mais comumente citadas na literatura, atuando como os principais polinizadores de espécies de Alismataceae.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas, Pólen, Planta aquática.

ABSTRACT: Alismataceae consists in a family of semi-aquatic or aquatic plants occurring in swamps, rivers and lakes. Currently, 11 genera are considered, with 75 species in the world. However, there is a lack of taxonomic consensus to recognize and allocate the species in the genera and palynology can act as a tool to assist in the identification and organization of this family. This study aimed to describe the pollen morphology of Alismataceae species available in the herbariums Vasconcelos Sobrinho (PEURF / UFRPE), Geraldo Mariz (UFP / UFPE) and of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). In addition we collected informations in the literature about pollinators of the species analyzed. Acetolysis was performed for species available in the PEURF Herbarium collection (n = 5). For the other classified species, pollen descriptions were used based on searches in the literature. Twenty-nine species were found in the three herbariums. Acetolysis proves efficient to be used as one of the parameters for delimiting the taxon at the level of genus or species for this family. *Protodiscelis* spp. bees were the most commonly cited in the literature, acting as the main pollinators of Alismataceae species.

KEYWORDS: Aquatic plant, Bees, Pollen.

INTRODUÇÃO

Alismataceae Vent. é representada por plantas aquáticas ou semi-aquáticas com folhas flutuantes (HAYNES; HOLM-NIELSEN, 1994). Acredita-se que tenham se originado a partir do Oligoceno e Mioceno na Europa, com radiação do gênero *Alisma* L. considerado o mais primitivo, distribuindo-se para a Rússia, América do Norte e África (CHEN et al., 2012). Encontrada por todo o mundo, esta família está inserida na ordem Alismatales R.Br. ex Bercht. & J.Presl, que apresenta duas subordens: Limnocharitaceae Takht. ex Cronquist e Alismatoideae (Lam. & DC.) Am. (HECHT, 1976). Alismataceae são representadas por 11 gêneros e 75 espécies distribuídas mundialmente de forma subcosmopolita nos trópicos em ambientes pantanosos, rios e lagos, podendo também viver em água salobra (HAYNES; NILSEN, 1994; CHEN et al., 2012).

A família Alismataceae é constituída por plantas anuais ou perenes com morfologia variável entre os gêneros, mas todas sem estruturas pilosas (KUBITZKI, 1998). Algumas possuem inflorescências eretas, contendo flores com caracteres basais, tais como presença de vários estames (KUBITZKI, 1998). No Brasil encontram-se 35 espécies alocadas em cinco gêneros: *Echinodorus* Rich., *Helanthium* (Benth. & Hook. f.) Engelm. ex J.G. Sm., *Hydrocleys* Rich., *Limnocharis* Bonpl., e *Sagittaria* L. (MATIAS et al., 2019), sendo os dois últimos amplamente utilizados na medicina popular para diversos fins, além de estarem relacionados a absorção de minerais pesados pelas raízes, contribuindo para o tratamento de efluentes em áreas de risco (RIBEIRO et al., 2015). Ainda, algumas espécies de *Echinodorus* apresentam importância medicinal e assim como *Sagittaria*, podem ser usadas para ornamentação de aquários (RIBEIRO et al., 2015). Todas essas utilidades se retêm a poucas espécies de Alismataceae, com estudos concentrados apenas nestes dois gêneros. Isto se deve em parte, pela insuficiência de informações sobre as espécies, que muitas vezes só são conhecidas pelo protólogo ou descrições curtas (RIBEIRO et al., 2015).

Ocorre certa flexibilidade na organização taxonômica das espécies que compõem essa família, evidência pela falta de consenso sobre o registro e até a determinação de espécies para alguns gêneros (ROGERS, 1973; CHANDN et al., 1988). Dessa forma, surge a necessidade de estabelecer parâmetros que delimitem as espécies nessa família. A palinologia pode auxiliar nessa tarefa, mas infelizmente foram identificados apenas três tipos de grãos de pólen atualmente (ROGERS, 1973; CHANDN et al., 1988). E

tendo como referência os estudos mencionados anteriormente, dentre os 11 gêneros apenas três ou quatro foram revisados. No geral, os grãos de pólen da família possuem forma esférica ou poliédrica, são pantoporados, granulados ou espiculados na sexina, variando entre os gêneros (ROGERS, 1973; CHANDN et al., 1988). Carvalho (2012) e Pansatin (2011) afirmam que a família é exclusivamente polinizada por abelhas, como *Exomalopsis fulvopilosa* Spinola, 1851, *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) Michener, 1954 e *Augochlora* sp. Smith, 1853 e que besouros e moscas, quando visitantes, seriam apenas pilhadores.

De acordo com Chandn et al. (1988), foram determinados três principais tipos de pólen dentro da família: 1. Esféricos, poros em depressões na superfície da exina organizados em círculos (certas vezes mais aprofundado), apresentando grânulos ou espículas; 2. Arredondados, poros pantoporados, poliédricos granulados organizados circularmente nas depressões, com sexina lisa ou levemente espiculada e 3. Disciais, apresentando dois poros equatoriais, com depressões leves, reticulados parcialmente. Como é relatado, há necessidade de parâmetros que auxiliem na classificação de espécies de Alismataceae, assim a pode ajudar na determinação de algumas espécies. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo descrever a morfologia polínica das espécies de Alismataceae disponíveis nos acervos dos herbários Vasconcelos Sobrinho (PEUFR/UFRPE), Geraldo Mariz (UFP/UFPE) e do Instituto agrônomo de Pernambuco (IPA). Adicionalmente, informações sobre polinizadores registrados para as espécies analisadas são aqui fornecidas.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Em exsicatas depositadas no Herbário Vasconcelos Sobrinho (PEUFR/UFRPE), foi realizada a coleta de botões florais de cinco espécies de Alismataceae. A escolha da exsicata se deu em decorrência da quantidade de botões presentes na exsicata (foram escolhidas apenas aquelas com mais de dois botões). De cada espécie foi coletado um botão floral. Os botões foram transportados ao Laboratório de Ecologia Reprodutiva de Angiospermas (LERA/UFRPE) e realizada acetólise ácida, a fim de realizar a etapa de separação dos grãos de pólen do restante das partículas (ERDTMAN, 1952). Posteriormente, os grãos de pólen foram montados em lâminas semipermanentes utilizando-se gelatina glicerinada e lutadas com parafina. Para visualização da

morfologia polínica foi utilizada microscopia ótica e a terminologia para os tipos polínicos observados foi definida a partir de literatura especializada (PUNT et al., 2007, HESSE et al., 2009), bem como a partir de registros contidos na Rede de Catálogos Polínicos Online (RCPol).

Nos Herbários UFP (Universidade Federal de Pernambuco) e IPA (Instituto Pernambucano de Pesquisas Agropecuárias) foi elaborada uma lista com todas as espécies identificadas e registradas da família Alismataceae. Para essas espécies, bem como para as cinco que foram tratadas com a técnica de acetólise (provenientes do PEUFR/UFRPE), foram realizadas buscas na internet que tivessem estudos com gêneros de Alismataceae, referente à tipos polínicos. Também realizamos buscas por literatura que trouxesse informações sobre os polinizadores que visitam as flores das espécies observadas nos três herbários mencionados (ver referências ao longo das descrições das espécies). Os sites os quais foram feitas as buscas corresponderam a: Google scholar, Science direct, Researchgate, Scielo, Journal Article (JSTOR), Springerlink, Re flora e RCPol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos grãos de pólen das cinco espécies coletadas no Herbário PEUFR

1. *Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schltdl.) Micheli

Mônade, dispersos em mássulas, do tipo simples, apolares, chegando a ser assimétrico em alguns casos devido a grandes crateras distribuídas em todo o pólen. Possui depressões visivelmente grandes onde apresentam poros centrais e estreitamento da exina, a qual é ornamentada com grânulos por todo o pólen (Figs. 1 e 2).

2. *Echinodorus lanceolatus* Rataj.

Mônade, dispersos em mássulas, do tipo simples, apolares, pantoporados com diversos poros pela exina que é psilada (Figs. 3 e 4).

3. *Echinodorus subalatus* (Mart.) Griseb.

Mônade, dispersos em mássulas, apolar não possuindo eixo polar e equatorial, circulares. Nas lâminas analisadas podemos visualizar diversos poros circulares por todo o pólen, sugerindo que são pantoporados com distribuição global dos poros, aberturas hipoteticamente virtuais. Sem ornamentação da exina visível, demonstrado grãos psilados (Fig. 5).

4. *Hydrocleys nymphoides* (Willd.) Buchenau

Mônades, dispersos em mássulas, polens simples relativamente esféricos, possuem vistas polar e equatorial, apresentam grandes depressões em seu entorno, tornando-o quase assimétrico. Sem poros aparentes e exina ornamentada com escabras (escabrado) (Figs. 6-9).

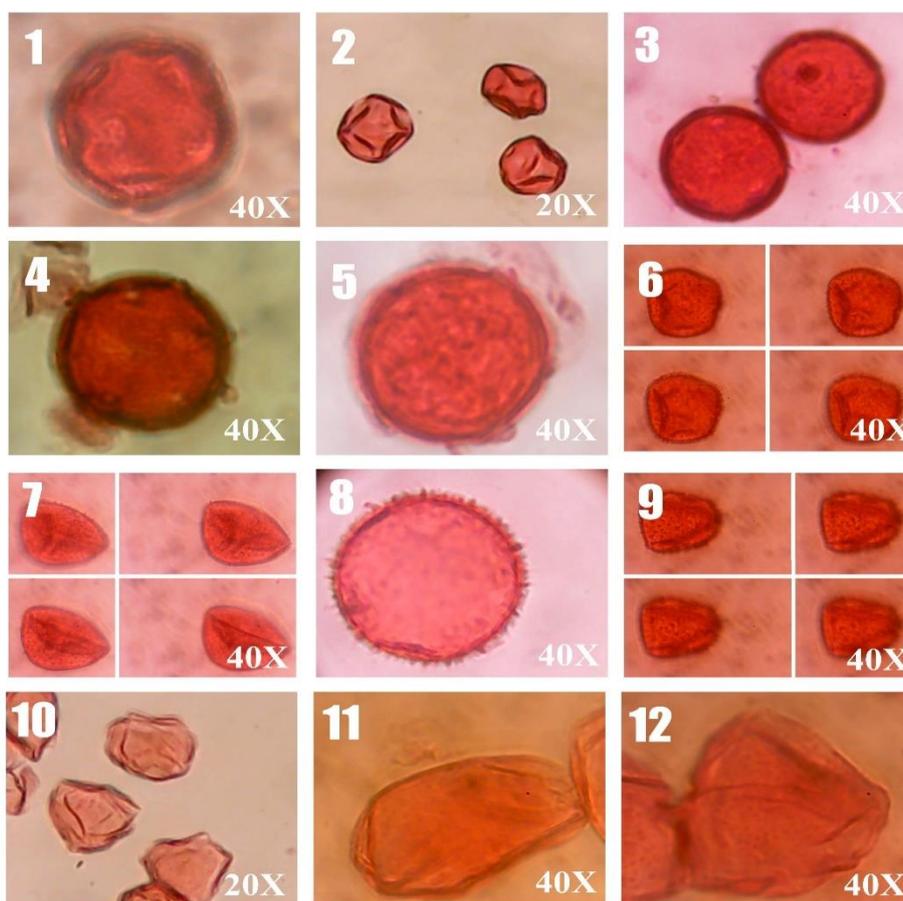


FIGURA 1-12. Grãos de pólen de Alismataceae disponíveis no Herbário PEURF/UFRPE, observados após acetólise. (1-2) *E. grandiflorus*. (3-4) *E. lanceolatus*. (5) *Echinodorus subalatus*. (6-9) *Hydrocleys nymphoides*. (10-12) *Limnocharis flava*. Espécies com grãos de pólen apolar (1-5). Vista polar (6-8, 12). Vista equatorial (9-11). Microscópio de luz. Aumento de 40x (figuras 1, 2, 4, 5, 7-12). Aumento 20x (figuras 3, 6).

5. *Limnocharis flava* (L.) Buchenau

Mônades, dispersos em mássulas, simples, possuem vista equatorial e polar, possuem grandes depressões que conferem aparência de assimetria, não possuem poros, mas exinas cobertas de grânulos visíveis (Figs. 10-12).

De acordo com a literatura, as espécies são polinizadas principalmente por abelhas oligoléticas do gênero *Protodiscelis* (PANSARIN, 2008; PANSARIN; PANSARIN, 2011; CARVALHO, 2012), entretanto, há registros também de espécies mais generalistas como por exemplo *Trigona spinipes* Fabricius, 1793 e *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Tabela 1). Espécies do subgênero *Dialictus* Robertson (Halictidae: *Lasioglossum* Curtis) (GIBBS, 2010) também foram comumente registradas como polinizadores de flores de *Echinodorus grandiflorus* e *Limnocharis flava* (Tabela 1), bem como de outras espécies de Alismataceae (ver Tabela 2).

Tabela 1: Características das cinco espécies coletadas no herbário PEUFR (UFPR), quanto às informações de literatura

Espécie	<i>Echinodorus grandiflorus</i>	<i>Echinodorus lanceolatus</i>	<i>Echinodorus subalatus</i>	<i>Hydrocleys nymphoides</i>	<i>Limnocharis flava</i>
Nº Tombo (data de coleta)	52916 (col. 02/2014)	52870 (col. 03/2014)	49379 (col. 05/2007)	52873 (col. 03/2014)	53386 (col. 02/2014)
Polinizador*	<i>Protodiscelis echinodori</i> , <i>Apis mellifera</i> , <i>Augochlora</i> sp., <i>Dialictus</i> sp., <i>Exomalopsis flavopilosa</i> <i>Spindola</i> , <i>Pseudoaugochloropsis</i> sp., <i>Protodiscelis echinodori</i> , <i>Thygater anali</i> , <i>Trigona spinipes</i> , <i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>)	Abelhas oligoléticas	<i>Protodiscelis alismatis</i> , <i>Trigona spinipes</i> , <i>Apis mellifera</i>		<i>Protodiscelis palpalis</i> (oligolética), <i>T. spinipes</i> , <i>Dialictus</i> sp., <i>Plebeia</i> sp.
Características do Pólen	Apolar Mônade Pequeno Microequinada Colpo ausente Poro circular Esferoidal Pantoporado Granuloso	Apolar Mônade Médio Microequina da Colpo ausente Poro circular Esferoidal Pantoporado Psilado	Apolar Simples Mônade Pantoporado Psilado	Polar Mônade Simples Esféricos Sem poros Escabrado	Polar; esferoidais ou poliédricos; poros irregulares; grandes ilhotas de exina intemporal média; nexina perfurada contínua. Sem poros, granuloso

* Pansarin e Pansarin (2011) para informações de polinizadores em *Echinodorus grandiflorus*. Carvalho (2012) para informações das demais espécies.

Detalhamento das espécies listadas nos herbários PEUFR, UFP e IPA

Foram encontrados nos herbários um total de 40 espécies de Alismataceae, sendo nove no PEUFR (*Baldellia ranunculoides* (L.) Parl., *Echinodorus alpestris* Micheli, *E. grandiflorus*, *E. lanceolatus*, *E. subalatus*, *Hydrocleys martii* Seub., *H. nymphoides*, *H. parviflora* Seub. e *Limnocharis flava*), sete no UFP (*Echinodorus bolivianus* (Rusby) Holm-Niels, *E. glandulosus* Rataj, *E. grandiflorus*, *E. macrophyllus* (Kunth) Micheli, *E. palaeifolius* (Ness & Mart.) J.F. Macbr., *E. pubescens* (Mart.) Seub. ex Warm e *E. tenellus* (Mart. ex Schult. & Schult. f.) Buchenau) e 22 no IPA (*E. glandulosus*, *E. grandiflorus*, *E. grandiflorus* subsp. *aureus* (Fassett) R.R. Haynes & Holm-Niels., *E. macrophyllus*, *E. palaeifolius*, *E. paniculatus* Micheli, *E. pubescens*, *E. reticulatus* R.R. Haynes & Holm-Niels., *E. scaber* Rataj, *E. subalatus* (Mart.) Griseb., *E. tenellus*, *Hydrocleys martii*, *H. nymphoides*, *H. parviflora*, *Limnocharis flava*, *Limnocharis laforestii* Griseb., *Sagittaria guayanensis* Kunth, *S. lancifolia* L., *S. montevidensis* Cham. & Schldl., *S. platyphylla* (Engelm.) J.G. Sm., *S. rhombifolia* Cham. e *S. trifolia* L.) (Tabela 2).

Difícilmente são encontrados em estudos específicos relacionados a análise polínica, biologia da polinização e biologia da reprodução para espécies de Alismataceae, no entanto, após uma constante busca foram reunidas algumas informações (Tabela 2). Para 10 espécies não foram encontrados estudos disponíveis, seja ele morfológico ou de biologia da polinização ou reprodutiva: *Echinodorus alpestris*, *E. bolivianus*, *E. glandulosus*, *E. macrophyllus*, *E. paniculatus*, *E. pubescens*, *E. reticulatus*, *E. scaber*, *Limnocharis laforestii* e *Sagittaria platyphylla*. Abaixo seguem informações sobre as espécies encontradas nos herbários que possuem menção em artigos científicos ou sites especializados.

1. *Baldellia ranunculoides* (L.) Parl.

A descrição do gênero *Baldellia* foi baseado na distribuição dos carpelos sobre os receptáculos (MOLINA, 1994). Kozłowski et al. (2008) se referiram a espécie como "planta aquática taxonomicamente problemática", com distribuição pela Europa, parte do norte da África e oriente médio. Ainda segundo os autores, a espécie é extremamente influenciada pelas condições climáticas e topográficas, apresentando variações nas características e quantidades das folhas relacionadas ao habitat da planta.

Seus grãos de pólen são esferoidais a poliédricos, de 18–32 µm e com poros de 16–30 µm. A polinização é realizada principalmente por abelhas, com registro de visitas

raras de besouros e borboletas (GUMBERT; KUNZER, 1999). Huang (2003) relatou a presença de moscas como visitantes florais, mas apenas as abelhas sociais e solitárias realmente são polinizadoras. Dessa forma, os demais visitantes são destacados como pilhadores, que nem chegam a ter acesso ao interior da flor (GUMBERT; KUNZER, 1999; HUANG, 2003).

2. *Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schltld.) Micheli

Existem pesquisas sobre a ação do extrato dessa espécie em pessoas com fibrose cística comparando com o tratamento convencional que consiste no uso de dexametasona (BRUGIOLO, et al. 2011). Onde o extrato da espécie mostrou resultados mais significativos do que o medicamento de uso convencional (BRUGIOLO et al., 2011). Dessa forma, a espécie possui registro para ações antiinflamatórias e analgésicas (DUTRA et al., 2006).

Segundo Vieira e Lima (1997), as abelhas *Protodiscelis echinodori* (Colletidae) são os principais polinizadores desta espécie. Os grãos de pólen são circulares sem colpo, pantoporados e esferoidais, relativamente pequenos de exina microequinada (RCPOL, 2020). Pansarin e Pansarin (2011) registraram uma série de polinizadores, tais quais *Exomalopsis fulvopilosa*, *Xylocopa suspectar*, visitando várias flores, já *Xylocopa halictidai*, apenas visitou uma flor, e *Trigona spinipes*, passando mais de um minuto em cada flor. Moscas Bombyllidae também foram registradas atuando como pilhadoras (PANSARIN; PANSARIN, 2011). Além desses, Pansarin e Pansarin (2011) ainda destacaram outros polinizadores para a espécie, tais como: *Apis mellifera*, *Augochlora* sp., *Dialictus* sp., *Exomalopsis flavopilosa*, *Pseudoaugochloropsis* sp., *Protodiscelis echinodori*, *Thygater analis*, *Trigona spinipes* e *Xylocopa (Neoxylocopa)* sp.

Segundo Joaquim et al. (2010), a atração de polinizadores é feita por metabólitos produzidos nas folhas em meses que antecedem a floração e depois passam para as flores, além disso, há a produção de cera para compensar o baixo nível desses metabólitos, sugerindo que esses também são usados como defesa contra predadores (JOAQUIM et al., 2010). Furness e Banks (2010) analisaram o pólen em desenvolvimento, mas que já apresentava boa parte de suas características finais. Foi citada morfologia tetragonal, exina columelada espaçadamente com microexinas supratectais, ornamentada com grânulos e vários poros cobertos por protuberâncias ocas que, segundo os autores, são homólogas às columelas (FURNESS; BANKS, 2010).

3. *Echinodorus glandulosus* Rataj

A espécie é endêmica do Nordeste, ocorrendo até nas áreas de caatinga, no entanto também possui registro de ocorrência para o sul e sudeste (MATÍAS, 2007). Essa espécie em particular é parecida com *E. palaeifolius*, pondo em dúvida sua identidade. Não foi encontrado indícios de estudos de seus grãos de pólen ou estudos sobre seus polinizadores.

4. *Echinodorus lanceolatus* Rataj

A espécie apresenta pólen circular, esferoidal, não colgado, pantoporado de tamanho médio com exina microquinada (RCPOL, 2020). Segundo Carvalho (2012) as flores são polinizadas por abelhas oligoléticas.

5. *Echinodorus macrophyllus* (Kunth) Micheli

A espécie tem registro de uso medicinal no combate a infecções cutâneas, doenças venéreas, artrite, reumatismo, como diurético, depurativo do sangue, anti-inflamatório, anti-hipertensivo, doenças hepáticas, entre outras (BRANDÃO et al., 2009). O extrato é capaz de reduzir produção de anticorpos aglutinantes, dessa forma, diminuindo a inflamação em situações de hipersensibilidade testados *in vitro* (PINTO et al., 2007). Não foi encontrado indícios de estudos de seus grãos de pólen ou estudos sobre seus polinizadores.

6. *Echinodorus palaeifolius* (Nees & Mart.) J.F. Macbr.

A espécie é endêmica do nordeste brasileiro, sendo encontrada em áreas áridas, onde sobrevivem devido ao desenvolvido sistema subterrâneo de rizomas paquimorfos semelhantes aos de *E. subalatus* e *E. pubescens* (HAYNES; HOLM-NIELSE, 1994; MATIAS, 2007). As flores são polinizadas por abelhas *Protodiscelis alismatis*, assim como as plantas *Hydrocleys martii* e *Echinodorus palaeifolius* (DUCKE, 1908) e por abelhas polifiléticas (CARVALHO, 2012). O grão de pólen é esferoidal, apolar, pantoporado e microequinado, contendo dez poros presentes em depressões. Exina ornamentada com espinhos sobre os poros (ROTH; LORSCHREITER, 2007).

7. *Echinodorus scaber* Rataj

Essa espécie é amplamente utilizada na ornamentação paisagística e na medicina popular Brasileira no combate ao reumatismo, doenças relacionadas ao sistema urinário, sífilis, doenças de pele e de fígado (POTT; POTT, 2000; SOUZA, 2003). Também ocorrem autores citando *E. scaber* como *E. macrophyllus* de acordo com essas as duas espécies são uma só (LEHTONEN, 2007; MATIAS, 2007; SOUZA, 2013). Não foram encontradas informações na literatura sobre pólen ou polinizadores para esta espécie.

8. *Echinodorus subalatus* (Mart.) Griseb.

Abelhas do gênero *Protodiscelis* são as únicas citadas como polinizadoras de *E. subalatus*, encontrada na maioria das vezes juntamente com *H. martii* na região de nordeste de Pernambuco (CARVALHO; SCHLINDWEIN, 2011). Segundo Carvalho (2012) essas abelhas possuem ciclo de vida correspondente ao período de floração dessas plantas. Outras espécies de visitantes florais mencionados para *E. subalatus* são: *Protodiscelis alismatis*, *Trigona spinipes* e *Apis mellifera*, dentre outras abelhas (CARVALHO, 2012).

9. *Echinodorus tenellus* (Mart. ex Schult. & Schult. f.) Buchenau

A espécie apresenta grãos de pólen esféricos com apenas 24 µm de diâmetro, com 12 a 16 poros. exina contendo espinhos com tectum irregular e nexina escabrosa microperfurada. Sua membrana de abertura possui verrugas, que formam ilhas (ADANSONIA, 2001). Discordando disso, Wodehouse (1936) descreveu que os polens de *E. tenellus* possuem apenas dois poros opostos, com uma exina espiculada sem caroços, espinhos ou papilas. Uma terceira opinião mencionada por Rogers (1983) descreveu os grãos como mais ou menos esferoidais, com poros circulares, granuloso de formato irregular e exina granulosa a espinosa. Não foi encontrado na literatura informação disponível sobre polinizadores para a espécie.

10. *Hydrocleys martii* Seub.

A espécie possui grãos de pólen espiculados, com membrana de aberturas irregulares (CHANDA; ILSSON; BLACKMORE, 1988). As flores são polinizadas por abelhas oligoléticas, especificamente *Protodiscelis palpalis* (Colletidae, Neopasiphaeinae) e *Protodiscelis alismatis* (CARVALHO; DÖTTERL; SCHLINDWEIN, 2014). Porém, de

acordo com Carvalho e Schlindwein (2011) *Protodiscelis martii* são visitantes abundantes e os únicos polinizadores efetivos da espécie.

11. *Hydrocleys nymphoides* (Willd.) Buchenau

Apresenta grãos de pólen esféricos com 33–35 µm de diâmetro, com espículas, pantoporadas, cerca de 10–11 aberturas irregulares, sua membrana de abertura com espículas e grânulos grossos, fimbriado (CHANDA; NILSSON; BLACKMORE, 1988). Exina com 1,5 µm de espessura, espiculada, com tecto na sexina granulosa em alguns lugares, nexina um pouco mais fina que a sexina (CHANDA; NILSSON; BLACKMORE, 1988). Não foram encontradas informações sobre visitantes florais e/ou polinizadores para esta espécie.

12. *Hydrocleys parviflora* Seub.

Há registro de abelhas oligoléticas (*Protodiscelis*) como visitantes florais (SCHLINDWEIN; WITTMANN, 1997). Na literatura não foram encontrados estudos sobre morfologia polínica para esta espécie.

13. *Limnocharis flava* (L.) Buchenau

As flores apresentam grãos de pólen com poros de 5–6 µm de diâmetro com ilhotas de tamanhos variáveis de 0,6–1,6 µm de diâmetro, formato esférico a poliédrico, seixos da exina com ornamentação suprategal, nexina perfurada lateralmente com lamelas e descontínuas na parte interna (ARGUE, 1973). As flores são polinizadas por abelhas oligoléticas, *Protodiscelis paepalis* (Colletidae) (CARVALHO, 2012). Também foram registradas poucas visitas realizadas por *Trigona spinipes*, fêmeas de *P. paepalis*, espécies de *Dialictus* sp., *Pereirapis* sp. e *Plebeia* sp., logo depois de visitas de *Protodiscelis* sp. (CARVALHO, 2012).

14. *Sagittaria guyanensis* Kunth

Não foram encontrados estudos de morfologia polínica para esta espécie, porém há relatos de polinização por moscas Syrphidae (HUANG, 2002). Essas moscas ficam de poucos a vários segundos em cada flor e há menção de borboletas como visitantes florais. Há registro de autocompatibilidade para esta espécie, que assim como outras do gênero

estão tendo tendências evolutivas de não necessitar do polinizador para a reprodução (HUANG, 2002).

15. *Sagittaria lancifolia* L.

Possui grãos de pólen esféroidais irregulares nas laterais, com grânulos grandes contínuos com 10–16 poros, aberturas irregulares, exina com 1,3 µm perfurada, aberturas irregulares, 36 µm de diâmetro (WODEHOUSE, 1936; ARGUE, 1974; CHANDA; NILSSON; BLACKMORE, 1988; WILLARD et al., 2010). Não foram encontradas informações sobre visitantes florais e/ou polinizadores para esta espécie.

16. *Sagittaria montevidensis* Cham. & Schldl.

Apresenta grãos de pólen com 23,8 µm de diâmetro, esféricos, pantoporados com espinhos pequenos. As flores são polinizadas por abelhas *Augochlora amphitrite* (WODEHOUSE, 1936; BASILIO; ROMERO, 1996; DALMAZZO; VOSSLER, 2014). Corujo, Basílio e Galati (2010) encontraram polens de *S. montevidensis* na metade dos ninhos estudados da abelha *Polybia scutellaris*. Um ano depois, em um estudo parecido, os autores encontraram polens também no trato digestório da mesma espécie de abelha sugerindo que *P. scutellaris* utiliza pólen da espécie como recurso alimentar próprio (CORUJO; BASILIO; GALATI, 2011).

17. *Sagittaria rhombifolia* Cham.

A espécie possui grãos de pólen mônades esféroidais, não colpados, com aberturas variáveis e imperceptíveis, exina espiculosa (LEAL et al., 2011). Não foram encontradas informações sobre visitantes florais e/ou polinizadores para esta espécie.

18. *Sagittaria trifolia* L.

As flores são polinizadas por moscas, *Episyrphus* sp. e pelas abelhas, *Apis cerana* e *Halictus* sp. (HUANG et al., 2006; DAI et al., 2018). Não foram encontrados estudos sobre morfologia polínica para esta espécie.

Tabela 2: Espécies encontradas nos herbários analisados que contém registro sobre visitantes florais e morfologia polínica na literatura.

Espécie	Visitantes florais	Morfologia polínica
<i>Baldellia ranunculoides</i>	Abelhas sociais e solitárias	Esfenoidais a poliédricos, de 18 a 32 µm
<i>Echinodorus alpestris</i>	-	-
<i>E. bolivianus</i>	-	-
<i>E. glandulosus</i>	-	-
<i>E. grandiflorus</i>	<i>Protodiscelis echinodori</i> , <i>Xylocopa suspectar</i> , <i>X. halictidai</i> , <i>Trigona spinipes</i> , <i>Apis mellifera</i> , <i>Augochlora</i> sp., <i>Dialictus</i> sp., <i>Exomalopsis flavopilosa</i> Spindola, <i>Pseudoaugochloropsis</i> sp., <i>Thygater</i> sp. e <i>Analis lepeletier</i> .	Circulares sem colpo, pantoporado e esfenoidal. Grãos pequenos de exina microequinada
<i>E. lanceolatus</i>	Abelhas oligoléticas	Circular, esfenoidal, não colgado, pantoporado, médio, de exina microquinada.
<i>E. macrophyllus</i>	-	-
<i>E. palaeifolius</i>	<i>Protodiscelis alismatis</i> e outras abelhas poliléticas	Pólen esfenoidal, radiossimétrico, apolar, pantoporado e microequinado, contendo dez poros presentes em depressões. Exina ornamentada com espinhos sobre os poros
<i>E. paniculatus</i>	-	-
<i>E. pubescens</i>	-	-
<i>E. reticulatus</i>	-	-
<i>E. scaber</i>	-	-
<i>E. subalatus</i>	<i>Protodiscelis alismatis</i> , <i>Trigona spinipes</i> e <i>Apis mellifera</i> .	Apolar, simples, mônade, pantoporado, psilado
<i>E. tenellus</i>	-	Esféricos, 24 µm, de 12 a 16 poros, exina microecinificada, com espinhos, tectum irregular, nexina escabrosa microperfurada, membrana de abertura verrugada
<i>H. martii</i>	abelhas oligoléticas, <i>Protodiscelis palpalis</i> (Colletidae, Neopasiphaeinae), <i>P. alismatis</i> e <i>P. martii</i>	Grãos espiculados, com membrana de aberturas irregulares.
<i>H. nymphoides</i>	-	Grãos esfereoidais, com espículas, pantoporados. Exina com 1,5 µm de espessura, espiculada, com tecto na sexina granulado em alguns lugares, nexina um pouco mais fina que a sexina
<i>H. parviflora</i>	Abelhas oligoléticas	-
<i>Limnocharis flava</i>	Abelhas oligoléticas de <i>Protodiscelis paelpalis</i> (Colletidae, Neopasiphaeinae), <i>Trigona spinipes</i> , <i>Dialictus</i> sp., <i>Pereirapis</i> sp. e <i>Plebeia</i> sp.	Esfenoidal a poliédrico, nexina supratectal, nexina perfurada lateralmente com lamelas e descontínuos na parte interna. Poros de 5 a 6 µm, com ilhotas de 0,6 a 1,6 µm de diâmetro

<i>L. laforestii</i>	-	-
<i>Sagittaria guayanensis</i>	Representantes de Syrphidae e borboletas.	-
<i>S. lancifolia</i>	-	Pólen esfenoidais irregulares nas laterais, com grânulos grandes contínuos com 10 a 16 poros, aberturas irregulares, exina com 1,3 µm perfurada, aberturas irregulares, 36 µm de diâmetro
<i>S. montevidensis</i>	<i>Augochlora amphitrite</i> e <i>Polybia scutellaris</i> .	Pólen com 23,8 µm de diâmetro, esféricos, pantoporados com espinhos pequenos
<i>S. platyphylla</i>	-	-
<i>S. rhombifolia</i>	-	Mônades esfenoidais, não colpados com aberturas variáveis e imperceptíveis, exina espiculosa
<i>S. trifolia</i>	<i>Episyrphus</i> sp., <i>Apis cerana</i> e <i>Halictus</i> sp.	-

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gêneros de Alismataceae apresentam grãos de pólen característicos em morfologia e ornamentação, desta forma a descrição polínica pode ser um dos parâmetros utilizados para delimitação tanto de gêneros quanto de espécies. Essa família, constituída por espécies de plantas aquáticas ou semi-aquáticas tem forte potencial para atuar na fitorremediação, sobretudo *Echinodorus grandiflorus*. Além disso, as espécies dessa família parecem apresentar uma relação positiva de associação com abelhas oligoléticas (sobretudo espécies do gênero *Protodiscelis*), o que torna essa interação ecológica especializada.

No entanto, ainda são necessários esforços para abranger um número maior de espécies da família e assim determinar um possível padrão de características polínicas. Esforços também são necessários no sentido de ampliar estudos envolvendo a polinização, a biologia floral e reprodutiva das espécies e o potencial ecológico das mesmas.

REFERÊNCIAS

6. ARGUE, Charles. The pollen of *Limnocharis flava* Buch., *Hydrocleis nymphoides* (Willd.) Buch., and *Tenagocharis latifolia* (Don) Buch. (Limnocharitaceae). **Grana**, v. 13, n. 2, p. 108-112, 1973.
7. ARGUE, Charles. Pollen studies in the Alismataceae (Alismaceae). **Botanical Gazette**, v. 135, n. 4, p. 338-344, 1974.
8. BASILIO, Alicia; ROMERO, Edgardo. Contenido polínico en las mieles de la región del Delta del Paraná (Argentina). **Darwiniana**, p. 113-120, 1996.
9. BRANDÃO, Maria; Cosenza, Gustavo; NETTO JUNIOR, Nilton; MONTE-MÓR, Roberto. Traditional uses of American plant species from the 1st edition of Brazilian Official Pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2A, p. 478-487, 2009.
10. BRUGIOLO, Alessa et al. Effects of aqueous extract of *Echinodorus grandiflorus* on the immune response in ovalbumin-induced pulmonary allergy. **Annals of Allergy, Asthma & Immunology**, v. 106, n. 6, p. 481-488, 2011.
11. CARVALHO, Airton; DÖTTERL, Stefan; SCHLINDWEIN, Clemens. An aromatic volatile attracts oligolectic bee pollinators in an interdependent bee-plant relationship. **Journal of chemical ecology**, v. 40, n. 10, p. 1126-1134, 2014.
12. CARVALHO, Airton Torres; SCHLINDWEIN, Clemens. Obligate association of an oligolectic bee and a seasonal aquatic herb in semi-arid north-eastern Brazil. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 102, n. 2, p. 355-368, 2011.
13. CARVALHO, Airton Torres. Interações entre *Protodiscelis* (Colletidae, Neopasiphaeinae) e plantas aquáticas e a importância de odores florais na atração de polinizadores. Tese de Doutorado em Zoologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
14. CHANDA, Sunirmal; NILSSON, Siwert; BLACKMORE, Stephen. Phylogenetic trends in the Alismatales with reference to pollen grains. **Grana**, v. 27, n. 4, p. 257-272, 1988.
15. CHEN, Ling-Yun; CHEN, Jin-Ming; GITURU, Robert; TEMAM, Tamru; WANG, Qing-Feng. Generic phylogeny and historical biogeography of

- Alismataceae, inferred from multiple DNA sequences. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 63, n. 2, p. 407-416, 2012.
16. CORUJO, Victoria; BASILIO, Mabel; GALATI, Beatriz. Analysis of digestive tract content of the larvae of *Polybia scutellaris* (White) (Hymenoptera, Vespidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 2, p. 241-246, 2011.
17. CORUJO, Victoria; BASILIO, Alicia; GALATI, Beatriz. Pollen content accumulated in nests of *Polybia scutellaris* (Hymenoptera, Vespidae). **Grana**, v. 49, n. 4, p. 308-313, 2010.
18. DAI, Can; LUO, Wen-Jie; GONG, Yan-Bing; LIU, Fan; WANG, Zheng-Xiang. Resource reallocation patterns within *Sagittaria trifolia* inflorescences following differential pollination. **American journal of botany**, v. 105, n. 4, p. 803-811, 2018.
19. DALMAZZO, Milagros; VOSSLER, Favio. Assessment of the pollen diet in a wood-dwelling *Augochlorine* bee (Halictidae) using different approaches. **Apidologie**, v. 46, n. 4, p. 478-488, 2015.
20. DUCKE, Adolf. Contribution à la Connaissance de la Faune Hyménoptérologique Du Nord-Est du Brésil II. Hyménoptères Récoltés dans l'État de Ceara en 1908. **Rev. Ent. Caen**, v. 27, p. 57, 1908.
21. DUTRA, Rafael; TAVARES, Carolina; FERRAZ, Sávio; SOUSA, Orlando; PIMENTA, Daniel. Investigação das atividades analgésica e antiinflamatória do extrato metanólico dos rizomas de *Echinodorus grandiflorus*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 4, p. 469-474, 2006.
22. FURNESS, Carol A.; BANKS, Hannah. Pollen evolution in the early-divergent monocot order Alismatales. **International Journal of Plant Sciences**, v. 171, n. 7, p. 713-739, 2010.
23. GIBBS, Jason. Revision of the metallic species of *Lasioglossum* (*Dialictus*) in Canada (Hymenoptera, Halictidae, Halictini). **Biotaxa**, v. 2591, n. 1, p. 1-382. 2010.
24. GUMBERT, Andreas; KUNZE, Jan. Inflorescence Height Affects Visitation Behavior of Bees—A Case Study of an Aquatic Plant Community in Bolivia. **Biotropica**, v. 31, n. 3, p. 466-477, 1999.
25. HAYNES, Robert; HOLM-NIELSEN, Lauritz. The Alismataceae. **Flora neotropica**, p. 1-112, 1994.

26. HECHT, Max. K.; STEERE, William Campbell.; WALLACE, Bruce. **Evolutionary Biology**. 1^o edição. Nova York: Springer, 1976.
27. HESSE, Michael; HALBRITTER, Heidemarie; ZETTER, Reinhard; WEBER, Martina; BUCHNER, Ralf; FROSCH-RADIVO, Andrea; ULRICH, Silvia. **Pollen terminology. An illustrated handbook**. Austria: Springer-Verlag, 2009.
28. HUANG, Shuang-Quan; TANG, Lu-Lu, SUN, Ji-Fan; LU, Yang. Pollinator response to female and male floral display in a monoecious species and its implications for the evolution of floral dimorphism. **New Phytologist**, v. 171, n. 2, p. 417-424, 2006.
29. HUANG, Shuang-Quan. Flower dimorphism and the maintenance of andromonoecy in *Sagittaria guyanensis* ssp. *lappula* (Alismataceae). **New Phytologist**, v. 157, n. 2, p. 357-364, 2003.
30. JOAQUIM, Walderez; ONO, Elizabeth; SALATINO, Maria Luiza; RODRIGUES, João. Year season on epicuticular waxes in leaves of *Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schldtl.) Micheli (Alismataceae). **Naturalia**, p. 8-19, 2010.
31. LEAL, Alejandra; BERRÍO, Juan; RAIMÚNDEZ, Elena; BILBAO, Bibiana. A pollen atlas of premontane woody and herbaceous communities from the upland savannas of Guayana, Venezuela. **Palynology**, v. 35, n. 2, p. 226-266, 2011.
32. LEHTONEN, Samuli. **Natural History of *Echinodorus* (Alismataceae)**. Turun Yliopisto, 2007.
33. MATIAS, Lígia. O gênero *Echinodorus* (ALISMATACEAE) do domínio da Caatinga brasileira. **Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 743-774, 2007.
34. PANSARIN, Emerson; PANSARIN, Ludmila. Reproductive biology of *Echinodorus grandiflorus* (Alismataceae): evidence of self-sterility in populations of the state of São Paulo. **Rodriguésia**, v. 62, n. 1, p. 213-221, 2011.
35. PANSARIN, Emerson. Reproductive biology of *Echinodorus longipetalus* (Alismataceae): Sexual morphs, breeding system and pollinators. **Aquatic botany**, v. 89, n. 4, p. 404-408, 2008.
36. PINTO, Amanda; REGO, Gissele; SIQUEIRA, Alessandra; CARDOSO, Cynthia; REIS, Patrícia; MARQUES, Elizabeth; COELHO, Marsen; SABINO, Kátia. Immunosuppressive effects of *Echinodorus macrophyllus* aqueous extract. **Journal of ethnopharmacology**, v. 111, n. 2, p. 435-439, 2007.

37. POTT, Vali; POTT, Arnildo. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de Tecnologia, 2000.
38. PUNT, Win, HOEN, Peter P, BLACKMORE, Stephen, NILSSON, Siwert, Le THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 143, p. 1–81, 2007.
39. RIBEIRO, Estefânia; PEREIRA, Márcio; CASTRO, Evaristo; BARONI, Gabriel; CORRÊA, Felipe. Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em *Echinodorus grandiflorus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 605-612, 2015.
40. RCPOL. **Rede de catálogos polínicos online**. disponível em: < <http://chaves.rcpol.org.br/> >. acesso em: 17/1/2020.
41. ROGERS, George. The genera of Alismataceae in the southeastern United States. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 64, n. 3, p. 383-420, 1983.
42. ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. **The families and genera of vascular plants**. Berlin: Springer, 1990.
43. ROTH, Lionel; LORSCHREITER, Maria Luisa. Palinomorfos de um perfil sedimentar em uma turfeira do Parque Nacional dos Aparados da Serra, leste do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 63, n. 1, p. 69-100, 2008.
44. SCHLINDWEIN, C. & WITTMANN, D. 1997. Micro-foraging routes of *Bicolletes pampeana* (Colletidae) and bee-induced pollen presentation in *Cajophora arechavaletae* (Loasaceae). **Botanica Acta**, 110, 177-183.
45. SOUZA, Ricardo. Assembleia De Microrganismos Endofíticos de *Echinodorus Scaber* Rataj (Macrophyllus) a avaliação do seu potencial biotecnológico. Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Cuiabá, 2013.
46. VIEIRA, Milene; LIMA, Natália. Pollination of *Echinodorus grandiflorus* (Alismataceae). **Aquatic botany**, v. 58, n. 2, p. 89-98, 1997.
47. WILLARD, Debra; BERNHARDT, Christopher; WEIMER, Lisa; COOPER, Sherri; GAMEZ, Desiré; JENSEN, Jenifer. Atlas of pollen and spores of the Florida Everglades. **Palynology**, v. 28, n. 1, p. 175-227, 2004.