

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MORFOLOGIA POLÍNICA EM ESPÉCIES BRASILEIRAS DE  
CARYOPHYLLALES NATIVAS EM FRAGMENTOS FLORESTAIS  
REMANESCENTES DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**ESTHER ASSAGRA KAWANO**

Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,  
Campus de Jaboticabal, para obtenção do  
título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Jaboticabal – SP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MORFOLOGIA POLÍNICA EM ESPÉCIES BRASILEIRAS DE CARYOPHYLLALES  
NATIVAS EM FRAGMENTOS FLORESTAIS REMANESCENTES DA REGIÃO  
NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**ESTHER ASSAGRA KAWANO**

Orientador: Profa. Dra. Fernanda Vitorete Dutra

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2024

|      |   |
|------|---|
| K22m | <p>Kawano, Esther</p> <p>Morfologia polínica em espécies brasileiras de Caryophyllales nativas de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo / Esther Kawano. -- Jaboticabal, 2024</p> <p>34 p. : tabs., fotos</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientadora: Profª. Dra. Fernanda Vitorete Dutra</p> <p>Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino</p> <p>1. Palinologia. 2. Microscopia eletrônica de varredura. 3. Fragmentos florestais. 4. Esporos (Botânica). I. Título.</p> |
|------|---|



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
CÂMPUS JABOTICABAL



NOME COMPLETO DO AUTOR

ESTHER ASSAGRA KAWANO

**TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO:**

**Morfologia polínica em espécies brasileiras de Caryophyllales nativas em fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do Estado de São Paulo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Profa. Dra. Fernanda Vitorete Dutra

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino.

Área de Concentração:

Data da defesa: 26/11/2024

( X ) Aprovado

( ) Reprovado

Banca Examinadora:

*Fernanda Vitorete Dutra*

Dra. Fernanda Vitorete Dutra

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

*KB*

Me. Talita Kelly Bellonzi

FFCLRP - Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto

*Mirela Vantini Checchio*

Dra. Mirela Vantini Checchio

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião Departamental: 13/12/2024

*Davi R. Rossatto*

Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto

Chefe do Departamento

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Seção Técnica de Graduação  
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 Jaboticabal/SP - Brasil  
Tel (16) 3209 7106 e-mail: [graduacao.fcav@unesp.br](mailto:graduacao.fcav@unesp.br) - [www.fcav.unesp.br](http://www.fcav.unesp.br)



Digitizado com CamScanner

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho, em um primeiro momento a meus pais Simone e Wander, que sempre me deram forças para buscar meus sonhos e ser eu mesma; a meus avós Dirce e Antônio por sempre colocarem a família em primeiro lugar, e nunca me deixarem desistir; E a meu irmão Tarik, por me mostrar que a vida é melhor quando dividida ao lado de um irmão.

Em um segundo momento, gostaria de agradecer as pessoas que sempre tornaram esta caminhada mais leve e divertida, e que sempre me apoiaram e estiveram lá para enxugar minhas lágrimas e comemorar minhas vitórias, Marcela, Marina, Júlia, Clara, Amanda, Aila, Conrado, Iago e Giovanni.

Por fim, gostaria de agradecer a Unesp/FCAV e principalmente ao LaMPali pela oportunidade de uma vida toda. Agradecimentos especiais ao Professor Doutor Eduardo Custódio Gasparino por me proporcionar a inefável experiência de realizar um trabalho tão rico e bonito, e, por sempre fazer deste, uma experiência leve e tranquila durante o aprendizado. Agradeço com todo meu coração a minha parceira, amiga, e orientadora, Doutora Fernanda Vitorete Dutra por sempre acreditar em mim e no meu trabalho, por sempre ter a paciência e o cuidado de me ensinar de maneira calma e minuciosa, e, por me conceder o privilégio de acompanhar sua caminhada celebrando suas vitórias. Agradeço também a todos os meus companheiros de laboratório do LaMPali, que a cada dia me ensinavam uma coisa nova e nunca me deixavam desanimar, e ainda, agradeço a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela oportunidade grandiosa de desenvolver um projeto de pesquisa de iniciação científica (nº 2022/12960-8).

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 07 |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....   | 11 |
| <b>2.1 OBJETIVO GERAL</b> .....                                       | 11 |
| <b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....                                | 11 |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                    | 11 |
| <b>3.1 MATERIAL DE ANÁLISE</b> .....                                  | 11 |
| <b>3.1.1 GÊNEROS E ESPÉCIES ESTUDADAS</b> .....                       | 11 |
| <b>3.2 ANÁLISE DOS GRÃOS DE PÓLEN</b> .....                           | 11 |
| <b>3.2.1 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ÓPTICA (MO)</b> .....                 | 12 |
| <b>3.2.2 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA</b> .....     | 12 |
| <b>3.2.3 MEDIDAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN</b> ..... | 12 |
| <b>3.2.4 TERMINOLOGIAS E DESCRIÇÕES POLÍNICAS</b> .....               | 13 |
| <b>4. RESULTADOS</b> .....  | 15 |
| <b>4.1 DESCRIÇÃO POLÍNICA</b> .....                                   | 15 |
| <b>4.2 ANÁLISE GRÁFICA DO INTERVALO DE CONFIANÇA A 95%</b> .....      | 22 |
| <b>4.3 FORMA DOS GRÃOS DE PÓLEN</b> .....                             | 23 |
| <b>4.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)</b> .....              | 24 |
| <b>5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b> .....                                 | 26 |
| <b>6. REFERÊNCIAS</b> .....   | 29 |

## RESUMO

Caryophyllales abriga 11.620 espécies, o que corresponde a pouco mais de 6,0% da diversidade das eudicotiledôneas. Dentre as 37 famílias da ordem, Cactaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae e Polygonaceae são de grande importância na flora brasileira. O objetivo do presente trabalho foi descrever a morfologia polínica de 11 espécies de quatro famílias de Caryophyllales, sendo elas: *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae), *Bougainvillea glabra* Choisy, *Guapira areolata* (Heimerl) Lundell, *G. graciflora* (Mart. ex Schmidt) Lundell, *G. hirsuta* (Choisy) Lundell, *G. opposita* (Vell.) Reitz, *Pisonia aculeata* L. e *P. ambigua* Heimerl (Nyctaginaceae), *Seguiera aculeata* Jacq., *S. langsdorfi* Mocq. (Phytolaccaceae) e *Ruprechtia lundii* Meisn. (Polygonaceae), a fim de identificar os principais caracteres polínicos que caracterizam as famílias e que possam ser úteis para futuros estudos taxonômicos que envolvam esses táxons. Os materiais são provenientes de coletas realizadas nos herbários ESA e SP. Os grãos de pólen foram medidos após a realização de acetólise e em seguida foram fotomicrografados e descritos qualitativamente. Os dados quantitativos foram submetidos ao tratamento estatístico descritivo adequado. Foram observados grãos de pólen em mônades, apolares e grandes (*Pereskia aculeata*), ou isopolares e médios; com área polar pequena (*Guapira aerolata*), área polar grande e muito grande (demais espécies), esferoidais (*Pereskia aculeata*), oblato-esferoidais, prolato-esferoidais ou subprolatos, 6-pantocolpados (*Pereskia aculeata*), ou 3-colpados, ectoaberturas curtas ou longas e estreitas. Exina fina, tectada ou semitectada, com ornamentação reticulada ou microrreticulada. Em microscopia eletrônica de varredura, foi possível identificar elementos suprategmiais, como espinhos ou espículos e nanospículos. Variações na forma, no número de aberturas e na ornamentação da exina dos grãos de pólen são importantes na caracterização morfológica das espécies estudadas de Caryophyllales.

**Palavras-chave:** caracteres polínicos, grãos de pólen, palinologia, microscopia eletrônica de varredura.

## ABSTRACT

Caryophyllales encompasses 11,620 species, corresponding to just over 6.0% of the diversity within the eudicotyledons. Of the 37 families in the order, Cactaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae, and Polygonaceae are very important in the Brazilian flora. The aim of this study was to describe the pollen morphology of 11 species from four families of Caryophyllales: *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae), *Bougainvillea glabra* Choisy, *Guapira areolata* (Heimerl) Lundell, *G. graciflora* (Mart. ex Schmidt) Lundell, *G. hirsuta* (Choisy) Lundell, *G. opposita* (Vell.) Reitz, *Pisonia aculeata* L. and *P. ambigua* Heimerl (Nyctaginaceae), *Seguiera aculeata* Jacq., *S. langsdorfi* Mocq. (Phytolaccaceae), and *Ruprechtia lundii* Meisn. (Polygonaceae), to identify the main pollen characters that distinguish the families and may be useful for future taxonomic studies involving these taxa. The materials used were obtained from collections at the herbariums ESA, SJRP, and SP. The pollen grains were measured after acetolysis, then photomicrographed and described qualitatively. Quantitative data were subjected to appropriate descriptive statistical treatment. Pollen grains are monad, apolar, and large pollen grains (from *Pereskia aculeata*), or isopolar and medium-sized; with small polar area (*Guapira areolata*), large and very large polar areas (other species), spheroidal (*Pereskia aculeata*), oblate spheroidal, prolate spheroidal, or subprolate, 6-pantocolpate (*Pereskia aculeata*), or 3-colpate, with short or long and narrow ectoaperturate, were observed. The exine is thin, semitectate, with reticulate or microreticulate ornamentation. Scanning electron microscopy revealed suprategal elements, such as spines or spicules. Variations in the shape, number of apertures, and exine ornamentation of the pollen grains are important for the morphological characterization of the species studied within Caryophyllales.

**Keywords:** pollen characters, pollen grains, palynology, scanning electron microscopy.

## 1. INTRODUÇÃO

Caryophyllales contém 6,3% da diversidade de eudicotiledôneas e segundo o APG IV (2016) está inserida no clado das Superasterídeas, englobando 11.620 espécies, distribuídas em 37 famílias, constituídas de 749 gêneros, entre elas Cactaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae e Polygonaceae (Magallón et al., 1999). Suas espécies possuem distribuição cosmopolita, concentrada em áreas temperadas, em ambientes abertos, como campos naturais e cerrados.

Cactaceae Juss. é constituída de 129 gêneros e 1450 espécies (Hunt e Charles, 2006, 2013) com uma distribuição geográfica concentrada em todo o continente americano. A família possui espécies bem caracterizadas pelo caule fotossintetizante e suculento. Os meristemas auxiliares são reduzidos e compactos, possuem tricomas, espinhos ou flores, mas raramente possuem folhas. Das quatro subfamílias de Cactaceae, Pereskioideae, Opuntioideae, Cactoideae e Maihueinoideae, as três primeiras ocorrem no Brasil, onde atualmente, são reconhecidas 510 espécies, das quais 223 são endêmicas, dispostas em 85 gêneros, com larga distribuição por todo o território nacional, ou seja, presente em todos os seis biomas brasileiros: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Flora e Funga do Brasil, 2020). Estudos moleculares demonstram a parafilia de Pereskioideae e a monofilia das outras três famílias (Hernández- Hernández et al., 2011).

A morfologia polínica de Cactaceae foi estudada por diversos autores e também em diversas regiões do Brasil, entre eles Santos et al. (1996) analisaram 19 espécies e classificou os grãos de pólen em cinco grupos polínicos com base em características morfológicas como polaridade, número e tipo de aberturas e ornamentação da exina, que variou de psilada, perfurada, foveolada, granulada a reticulada. Um resultado interessante encontrado pelos autores foi a grande variação do número de aberturas, de seis até 18 aberturas em um único grão de pólen. Essas características mostram a diversidade encontrada na morfologia polínica dessa família e reforça a importância de novos estudos envolvendo outras espécies (Santos et al., 1996). Outros autores deram continuidade aos estudos palinológicos, como Araújo et al. (2000), Garralla e Cuadrado (2007), Bauermann et al. (2013), Cuadrado e Garralla (2009), Gonzaga et al. (2019) e Mouga et al. (2019).

O estudo mais recente foi realizado por Majeed et al. (2020) que também encontrou variação na polaridade, tamanho e ornamentação da exina dos grãos de pólen

(granulada, reticulada, perfurada-granulada e foveolada espinhosa). Os autores constataram que os grãos de pólen das espécies de Cactoideae são tricolpados, enquanto os membros de Opuntioideae são pantoporados. Diferenças significativas no tamanho dos grãos de pólen de Cactaceae também foram descritas anteriormente por Cancelli, Menezes e Souza (2017).

Nyctaginaceae apresenta cerca de 30 gêneros e 400 espécies (APG IV, 2016), sendo organizada com base em evidências moleculares (Douglas e Spellenberg, 2010) em sete tribos monofiléticas como: Boldoeae, Bouganvilleae, Caribeeae, Colignoniae, Leucastereae, Nyctagineae e Pisoniae; majoritariamente suas espécies encontram-se em regiões tropicais e subtropicais (Nowicke, 1968). A família é constituída por árvores, arbustos, lianas ou ervas (Barroso et al., 1986). E pode ser facilmente reconhecida por algumas de suas características diagnósticas como a oxidação da madeira que se torna marrom-avermelhada ou alaranjada quando cortada e frutos recobertos com glândulas que produzem uma secreção muito pegajosa. No Brasil Nyctaginaceae é representada por 11 gêneros e 64 espécies (Sá et al., 2020), podendo ser encontrada em campos, florestas de encostas, florestas de restinga, florestas úmidas e em alguns cultivos nos estados do Ceará, Bahia, São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e no Rio Grande do Sul (Sá, 2010).

Os grãos de pólen de Nyctaginaceae foram estudados por Erdtman (1952), Nowicke (1970), Nowicke e Skvarla (1976, 1979), Roubik e Moreno (1991), Struwig, Siebert e Jordaan (2013), Magalhães-Silva, Santos e Lima (2016), Pramanick, Mondal e Maiti (2015), Tripathi et al. (2017) e Chang et al. (2021). Nowicke (1970) destacou diferenças interessantes para os grãos de pólen da família, como variedade na polaridade, tipo de abertura (porado ou colpado), número de aberturas, 3-colpado ou 12-15-18-pantocolpado e ornamentação da exina (espinhoso e reticulado). Pramanick, Mondal e Maiti (2015) definiram Nyctaginaceae como euripolínica, com variação nas formas, tamanho, número e tipo de aberturas e ornamentação (microrreticulados, reticulados ou equinados, com diferentes tamanhos de espinhos. Os autores acreditam que essas diferenças estão relacionadas à variabilidade dos habitats dos membros da família (Pramanick, Mondal e Maiti, 2015).

Phytolaccaceae é uma família constituída por 17 gêneros, sendo que *Phytolacca* L. engloba o maior número de espécies da família (Atha, 2004). Heimerl (1934) dividiu a família em cinco tribos Agdestideae, Barbeuieae, Phytolacceae, Rivineae e Stegnospermeae. Suas 30 espécies são frequentemente encontradas em regiões

neotropicais, principalmente nas Américas. São ervas, arbustos ou árvores, mais raramente, e, sua polinização é em maioria do tipo entomófila, sendo realizada por abelhas, vespas, moscas e borboletas (Judd et al., 2002). No Brasil, Phytolaccaceae é representada por sete gêneros e em torno de 14 espécies (Marchioretto, Senna e Siqueira 2015), encontradas em todos os biomas brasileiros (Flora e Funga do Brasil, 2020).

Sobre a palinologia de Phytolaccaceae destaca-se o trabalho de Barth e Barbosa (1972), no qual as autoras descrevem a morfologia polínica de *Phytolacca dioica* Marchioretto, *P. thyrsiflora* Fenzl. ex J.A.Schmidt., *Seguieria glaziovii* Briq., *Seguieria guaranitica* Speg, as quais apresentam grãos de pólen com tamanhos médios e âmbitos triangulares, e *Petiveria alliacea* var. *octandra* (L.) Moq., que por sua vez, possui grãos de pólen de tamanho pequeno e âmbito circular, características que os distinguem umas das outras espécies, mostrando a importância do estudo palinológico para a família em questão. Já Cruz-Barros, Corrêa e Watanabe (2006) e Nowicke (1968), descrevem diferenças quanto a polaridade, número de aberturas e ornamentação em grãos de pólen da família.

Polygonaceae possui 50 gêneros e cerca de 1.200 espécies (Sanchez-del-Pino 2016). Estudos moleculares (Sanchez e Kron, 2008; Burke e Sanchez 2011) distribuíram a família em três subfamílias Eriogonoideae, Polygonoideae e Symmerioideae Meisn. As espécies são encontradas principalmente em regiões temperadas no hemisfério norte, apresentam-se como pequenas ervas, cipós, arbustos, trepadeiras, lianas e árvores. No Brasil, encontram-se 11 gêneros e 100 espécies (das quais sete são nativas), presentes em todos os biomas brasileiros, com maior número de representantes na Mata Atlântica e na Amazônia. (Flora e Funga do Brasil, 2020). *Coccoloba* P. Browne apresenta maior expressão em número de espécies, onde 46 espécies são descritas para o Brasil (Tabosa et al., 2016).

Os estudos polínicos dessa família iniciam-se com o trabalho de Erdtman (1952), no entanto um trabalho de grande importância para a família é o de Barth e Barbosa (1972), que apresentou descrições polínicas mais assertivas de determinadas espécies. Em um cenário mais recente, destaca-se os estudos de Melhem et al. (2003) que visavam a descrição de polínica de espécies provenientes da região de Campos do Jordão no estado de São Paulo.

O termo palinologia criado por Hyde e Williams (1944), vem do grego *palunein* que significa polvilhar/pó, e é descrito como a ciência que analisa externamente os grãos

de pólen e esporos fósseis ou atuais, sua morfologia, dispersão e aplicações. De acordo com Melhem (1978) os grãos de pólen são estruturas microscópicas produzidas pelas plantas espermatófitas, chamados microgametófitos, que carregam a célula reprodutora masculina. Os grãos de pólen são liberados sozinhos ou em grupos chamados unidades polínicas, possuem diferentes números e tipos de aberturas, e diferentes ornamentações da exina, o que torna o estudo da morfologia polínica de grande importância para reconhecimento e separação de espécies e para auxiliar em outras áreas da botânica, como taxonomia e paleobotânica (Melhem, 1978).

Os fragmentos florestais da vegetação do Noroeste do estado de São Paulo, são caracterizados como Floresta Estacional Semidescuidais, e são áreas do Cerrado que, apesar de terem sofrido com a intensa ação antrópica, desmatamento, queimadas e fragmentação, apresentam alta biodiversidade, o que faz com que os estudos de sua população e de sua conservação sejam fundamentais para se conseguir manejar a fauna e a flora desta região de modo que a fragmentação dessas áreas não se expanda e ainda, faça com que mais zonas de preservação possam ser criadas ao longo do estado. (Ranga, 2012). Dessa maneira, estudos sobre a palinologia das espécies encontradas nos fragmentos podem auxiliar a compreender melhor a relação das espécies ali inseridas, bem como auxiliar na compreensão de sua taxonomia e filogenia.

Este estudo tem por intuito descrever e caracterizar a morfologia do pólen das espécies nativas em fragmentos florestais remanescentes no noroeste paulista, bem como compreender melhor esses ambientes. Este trabalho polínico buscou identificar e descrever características relevantes dos grãos de pólen das famílias e espécies, contribuindo para o acervo de dados e servindo de base para futuros estudos que incluam estas espécies.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e descrever a morfologia polínica de espécies nativas de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do Estado de São Paulo das famílias Cactaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae e Polygonaceae (Caryophyllales).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar novos caracteres polínicos que possam vir a caracterizar as famílias (Cactaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae e Polygonaceae), gêneros e espécies de Caryophyllales;
- Fornecer, através de dados palinológicos, subsídios para o estudo da palitaxonomia buscando uma melhor delimitação das espécies estudadas;
- Analisar a existência de diferenças qualitativas e quantitativas entre os grãos de pólen estudados, propondo uma definição de tipos polínicos quando possível;
- Contribuir com dados morfológicos precisos para futuros trabalhos envolvendo espécies de Caryophyllales.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 MATERIAL DE ANÁLISE

#### 3.1.1 GÊNEROS E ESPÉCIES ESTUDADAS

Foram estudados os grãos de pólen de 11 espécies pertencentes às famílias Cactaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae e Polygonaceae nativas em fragmentos florestais remanescentes do Estado de São Paulo (Tabela 1). Foram analisadas as seguintes espécies: *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae), *Bougainvillea glabra* Choisy, *Guapira areolata* (Heimerl) Lundell, *G. graciflora* (Mart. ex Schmidt) Lundell, *G. hirsuta* (Choisy) Lundell, *G. opposita* (Vell.) Reitz, *Pisonia aculeata* L. e *P. ambigua* Heimerl (Nyctaginaceae), *Seguieria aculeata* Jacq., *S. langsdorfi* Mocq. (Phytolaccaceae) e *Ruprechtia lundii* Meisn. (Polygonaceae).

### 3.2 ANÁLISE DOS GRÃOS DE PÓLEN

#### 3.2.1 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ÓPTICA (MO)

Para a análise de microscopia óptica, os grãos de pólen foram submetidos e preparados segundo a técnica de acetólise tradicional (Erdtman, 1960), seguindo modificações sugeridas por Melhem et al. (2003). A técnica foi realizada no Laboratório de Morfologia Vegetal e Palinologia (LaMPali) do Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV) e as lâminas preparadas foram adicionadas à palinoteca da instituição como material para testemunho. A fim de registrar os caracteres morfológicos dos grãos observados sob microscopia de luz, foram realizadas fotomicrografias por meio de um microscópio óptico (modelo Leica DM1000 Led) e uma câmera de vídeo (Leica MC190 HD) acoplada a um microcomputador. A partir dessas fotomicrografias obtidas, foram elaboradas pranchas para poder ilustrar os grãos de pólen dos espécimes analisados.

### **3.2.2 ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA**

Para análise dos grãos de pólen em microscopia eletrônica de varredura, o material foi processado conforme o protocolo para grãos de pólen não acetolisados proposto por Melhem et al. (2003). As espécies foram escolhidas de acordo com a disponibilidade de material, com o intuito de evidenciar detalhadamente a ornamentação da exina. A técnica foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (UNESP). As eletromicrografias foram registradas pelo microscópio ZEISS EVO-MA10.

### **3.2.3 MEDIDAS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS GRÃOS DE PÓLEN**

Para a mensuração dos diâmetros foram escolhidos grãos de pólen aleatoriamente ( $n = 25$ ) sendo realizada em um período de até sete dias após sua preparação (Melhem e Matos, 1972; Salgado-Laboriau, 1973). Também foram realizadas dez medidas para os demais caracteres, tais como ectoaberturas. A partir dos dados quantitativos obtivemos a média aritmética ( $\bar{x}$ ), o desvio padrão da média ( $s_x$ ), o desvio padrão da amostra ( $s$ ), o coeficiente de variabilidade (CV) e o intervalo de confiança a 95% (IC). As comparações das médias entre cada espécie estudada foram realizadas através da análise de variância, seguida do teste de Tukey (Vieira, 2011; Zar, 2010), cujos dados serão apresentados em gráficos utilizando o pacote estatístico Microsoft Excel.

Com o auxílio do programa Fitopac (Shepherd, 1996) para a transformação das medidas métricas dos grãos de pólen pelo logaritmo natural  $[\log(x+1)]$  e, posteriormente,

do programa PC-ORD versão 7 (McCune e Meeford, 2011), foi realizada uma ordenação pela análise de componentes principais (ACP) a partir da matriz de covariância, cujo objetivo foi avaliar a influência dos dados quantitativos dos grãos de pólen na ordenação das espécies.

### **3.2.4 TERMINOLOGIAS E DESCRIÇÕES POLÍNICAS**

A terminologia utilizada para referir-se as características dos grãos de pólen seguiu Punt et al. (2007), Hesse et al. (2009) e Halbritter (2018). A estruturação da descrição polínica seguiu a sugestão de Bellonzi et al. (2020). A classificação quanto ao tamanho e a forma seguiram a proposta de Erdtman (1952). O índice de área polar, o índice de largura do colpo e o índice de comprimento do colpo seguiram, respectivamente, Faegri e Iversen (1966), Gasparino, Cruz-Barros e Chautems (2013) e Dutra, Groppo e Gasparino (2023). E, por fim, para descrever a espessura da exina, foi utilizada a classificação proposta por Faegri e Iversen (1950).

**Tabela 1.** Material herborizado examinado de Caryophyllales brasileiras provenientes de fragmentos florestais.

| Taxon  | Locality   |
|--|--|
| <b>Cactaceae</b>                                       |  |
| <i>Pereskia aculeata</i> Mill.                         | BRAZIL. Rio de Janeiro: Ilha do Governador, 21/IV/2017, A. L. Scudelen <i>et al.</i> 398. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Mombuca, 04/VII/2019, C. A. P. Toledo <i>et al.</i> 123. (ESA)<br>BRAZIL. Rio de Janeiro: Ilha da Mata, 25/IV/2017, R. C. Andrade <i>et al.</i> 140. (ESA)         |
| <b>Nyctaginaceae</b>                                   |  |
| <i>Bougainvillea glabra</i> Choisy                     | BRAZIL. São Paulo: Suzano, 28/V/1973, H. Ishihashi <i>s/n.</i> (SP)<br>BRAZIL. São Paulo: Piracicaba, 20/XII/2004, C. D. Rocco <i>s/n</i> (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Piracicaba, 30/XI/2005, K. G. Andrioli <i>s/n</i> (ESA)  |
| <i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell              | BRAZIL. São Paulo: Nova Brasilândia, 12/I/1997, V. C. Souza <i>et al.</i> 20815 (ESA).   |
| <i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell | BRAZIL. São Paulo: Assis, 24/XI/2003, P. F. Penatti; P. P. Souza 744. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Itirapina, 31/I/2007, T. B. Flonos 245. (ESA)<br>BRAZIL. Bahia: Alcurã, 10/X/1992, W. Ganev 1211. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Assis, 14/X/2002, A. P. Savassi <i>et al.</i> 850. (ESA) |
| <i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell                | BRAZIL: São Paulo, Avaí, 25/IX/1998, A. P. Bertoncini; A. Cazelta Neto 887. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Iguape, 06/IX/1986, E. L. M. Catharino 948. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Iguape, 10/I/1999, C. Kozeru <i>et al.</i> 831. (ESA)  |
| <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz                  | BRAZIL. São Paulo: São Paulo, 14/IV/2001, J. P. Souza <i>et al.</i> 3585. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Itanhaém, 26/VII/1997, F. T. Farah, M. R. Gorensteins 18. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Itanhaém, 07/IX/1996, G. D. Joaquim Jr. <i>et al.</i> 21. (ESA)                              |
| <i>Pisonia aculeata</i> L.                             | BRAZIL. São Paulo: Nova Odessa, 29/VI/2015, A. V. Scatigna <i>et al.</i> 808. (ESA)<br>BRAZIL. Paraná: Londrina, 23/IV/2004, J. S. Carneiro <i>et al.</i> 062. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Piracicaba, 07/III/20015, A. V. Scatigna <i>et al.</i> 907. (ESA)                             |
| <i>Pisonia ambigua</i> Heimerl                         | BRAZIL. São Paulo: São Miguel Arcanjo, 07/VII/1992, P. L. R. Moros 703. (ESA)<br>BRAZIL. São Paulo: Gália, G. A. D. C. Franco, E. Furlan 4593. (ESA)   |
| <b>Phytolaccaceae</b>                                  |  |
| <i>Seguieria aculeata</i> Jacq.                        | BRAZIL. São Paulo: Piracicaba, E. L. M. Catharino 509. (ESA)<br>BRAZIL. Rio de Janeiro: Ilha do governador, M. G. K. Connia <i>et al.</i> 386. (ESA)   |
| <i>Seguieria langsdorfii</i> Mocq.                     | BRAZIL. São Paulo: Campinas, H. F. Leitão <i>s/n.</i> (ESA)  |
| <b>Polygonaceae</b>                                    |  |
| <i>Ruprechtia lundii</i> Meisn.                        | BRAZIL. Rio de Janeiro: São Pedro da Aldeia, 17/XII/2013, L. S. Nascimento <i>et al.</i> 14. (ESA)   |

Herbário de São Paulo (SP) e Herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESA)

## 4. RESULTADOS

### 4.1 DESCRIÇÃO POLÍNICA

Cactaceae, *Pereskia aculeata* Mill. (Figura 1a-d, Tabelas 2-3).

Grãos de pólen em mônades, apolares, grandes, âmbito circular a quadrangular, esferoidais; 6-pantocolpados, ectoaberturas curtas e estreitas; exina semitectada, reticulada em microscopia óptica, granulada nanoespiculada em microscopia eletrônica de varredura, exina fina, com nexina mais espessa que sexina.

Nyctaginaceae, *Bougainvillea glabra* Choisy (Figura 1e-h, Tabelas 2-3).

Grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito circular, área polar muito grande, prolato ~~o~~-esferoidal; 3-colpados, circulares, ectoaberturas curtas e estreitas; exina semitectada, reticulada com espinhos nos muros e báculas nos lúmens, exina fina, com nexina mais espessa que sexina.

Nyctaginaceae, *Guapira* Aubl. (Tabelas 2-3)

Grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito circular, área polar pequena (*Guapira aerolata*), grande ou muito grande (*G. opposita*), prolato ~~o~~-esferoidais ou subprolatos (*G. opposita*), 3-colpados, circulares ou fossaperturados (*G. graciliflora*), golpes curtos (*G. graciliflora* e *G. opposita*) ou longos e estreitos. Exina tectada, perfurado equinada, exina fina, nexina mais espessa que sexina ou sexina mais espessa que nexina (*G. graciliflora*).

Espécies analisadas: *Guapira areolata* Heimerl Lundell (Figura 1i-l), *Guapira graciliflora* (Mart. ex Schmidt) Lundell (Figura 2a-c), *Guapira hirsuta* (Choisy) Lundell (Figura 2d-g) e *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Figura 2h-i).

Nyctaginaceae, *Pisonia* L. (Tabelas 2-3)

Grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito circular, área polar muito grande, subprolatos ou prolato esferoidais (*Pisonia ambigua*), 3-colpados, circulares, golpes curtos ou longos (*P. aculeata*) e estreitos. Exina tectada, perfurada equinada, fina ou espessa (*P. aculeata*), nexina mais espessa que sexina.

Espécies estudadas: *Pisonia aculeata* L. (Figura 2j-l) e *Pisonia ambigua* Heimerl (Figura 3a-d).

Phytolaccaceae, *Seguiera* Loefl. (Tabela 2-3)

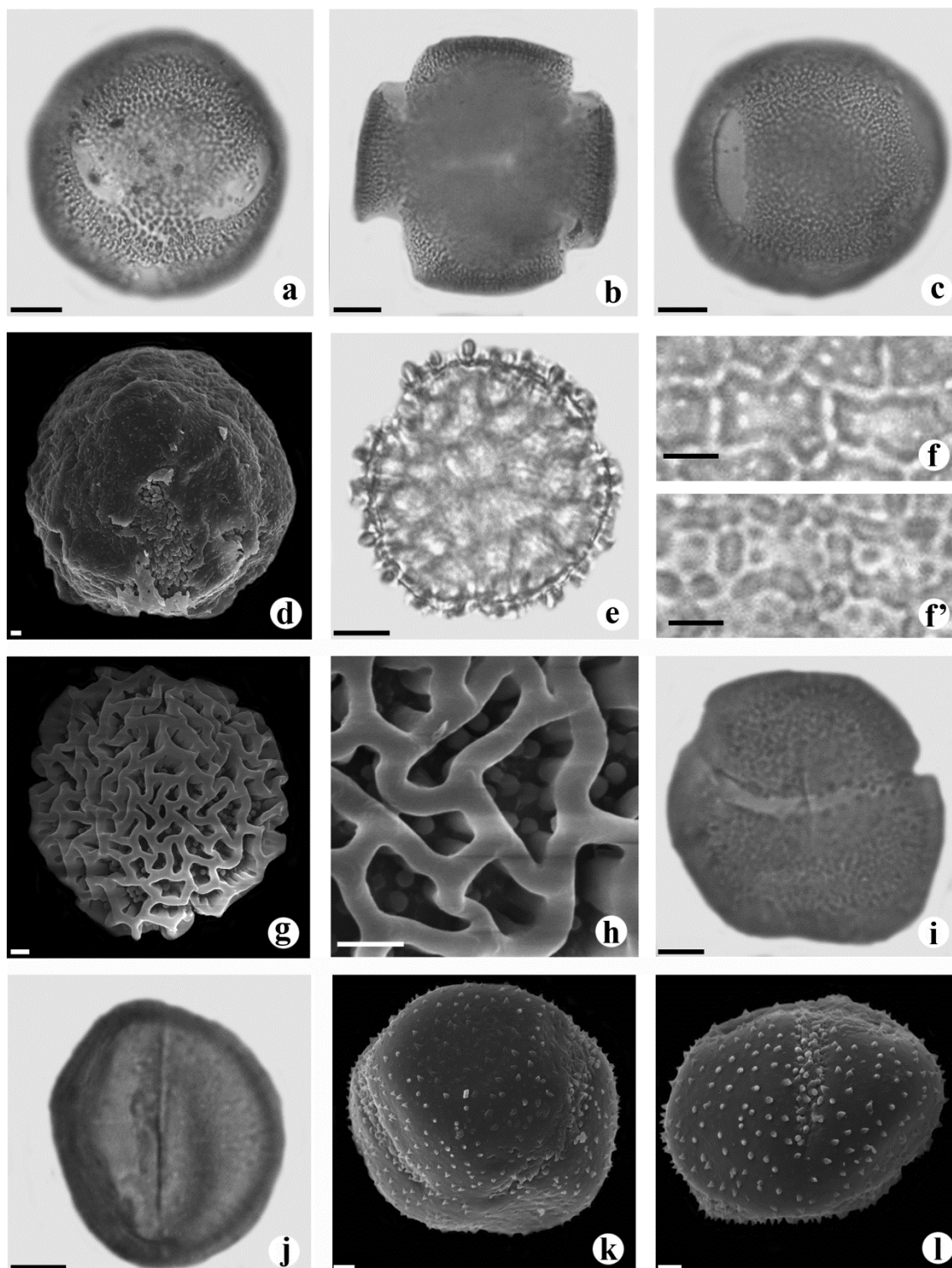
Grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito circular, área polar grande (*Seguiera langsdorffii*) ou muito grande, oblato esferoidal (*S. aculeata*) ou prolato esferoidal, 3-colpados, circulanaperturados ou ângulanaperturados (*S. aculeata*), colpos longos e estreitos. Exina tectada, psilada granulada em microscopia óptica e fossulada nanoequinada em microscopia eletrônica de varredura, exina fina, com exina mais espessa que sexina.

Espécies estudadas: *Seguiera aculeata* Jacq. (Figura 3e-g) e *Seguiera langsdorffii* Mocq. (Figura 3h-j).

Polygonaceae, *Ruprechtia lundii* Meisn. (Figura 3k-o, Tabelas 2-3).

Grãos de pólen em mônades, isopolares, médios, âmbito circular, área polar muito grande, prolato esferoidais, 3-colpados, angulanaperturados, colpos longos e estreitos. Exina semitectada, microrreticulada equinada, exina fina, com nexina mais espessa que sexina.

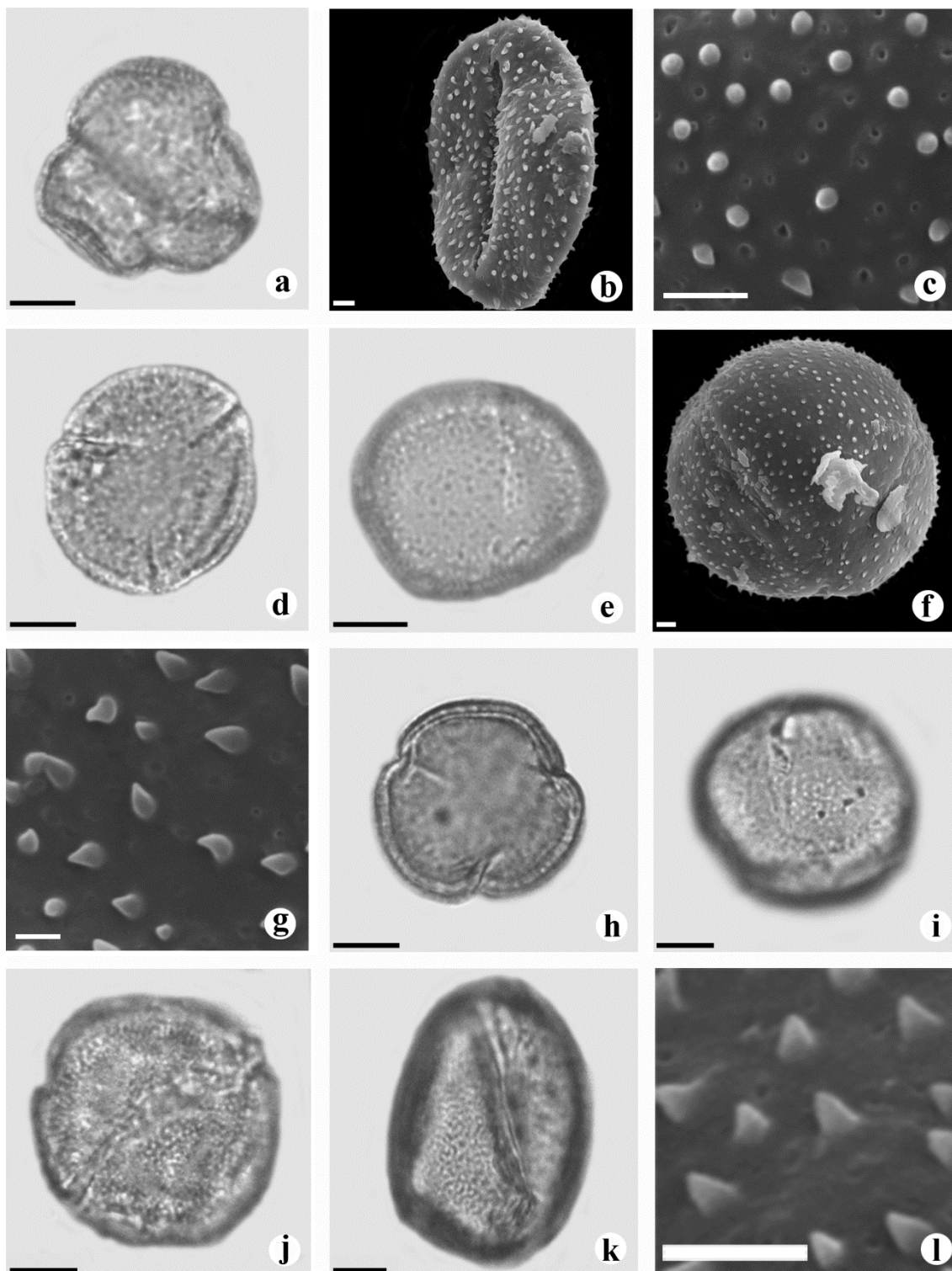
**Figura 1.** Fotomicrografias eletromicrografias dos grãos de pólen de Cactaceae e Nyctaginaceae



a-d *Pereskia aculeata*. e-h. *Bougainvillea glabra*: e. Vista polar..f e f' Luz/obscuridade. g. Vista equatorial. h. Ornamentação e detalhes da exina. i-l. *Guapira areolata*: i. Vista polar em MEV. j. Vista equatorial em MEV. k. Vista polar. l. Vista equatorial. Escala= 10 $\mu$ m para microscopia óptica e Escala = 2 $\mu$ m para microscopia eletrônica de varredura.

Fonte: a autora, 2024.

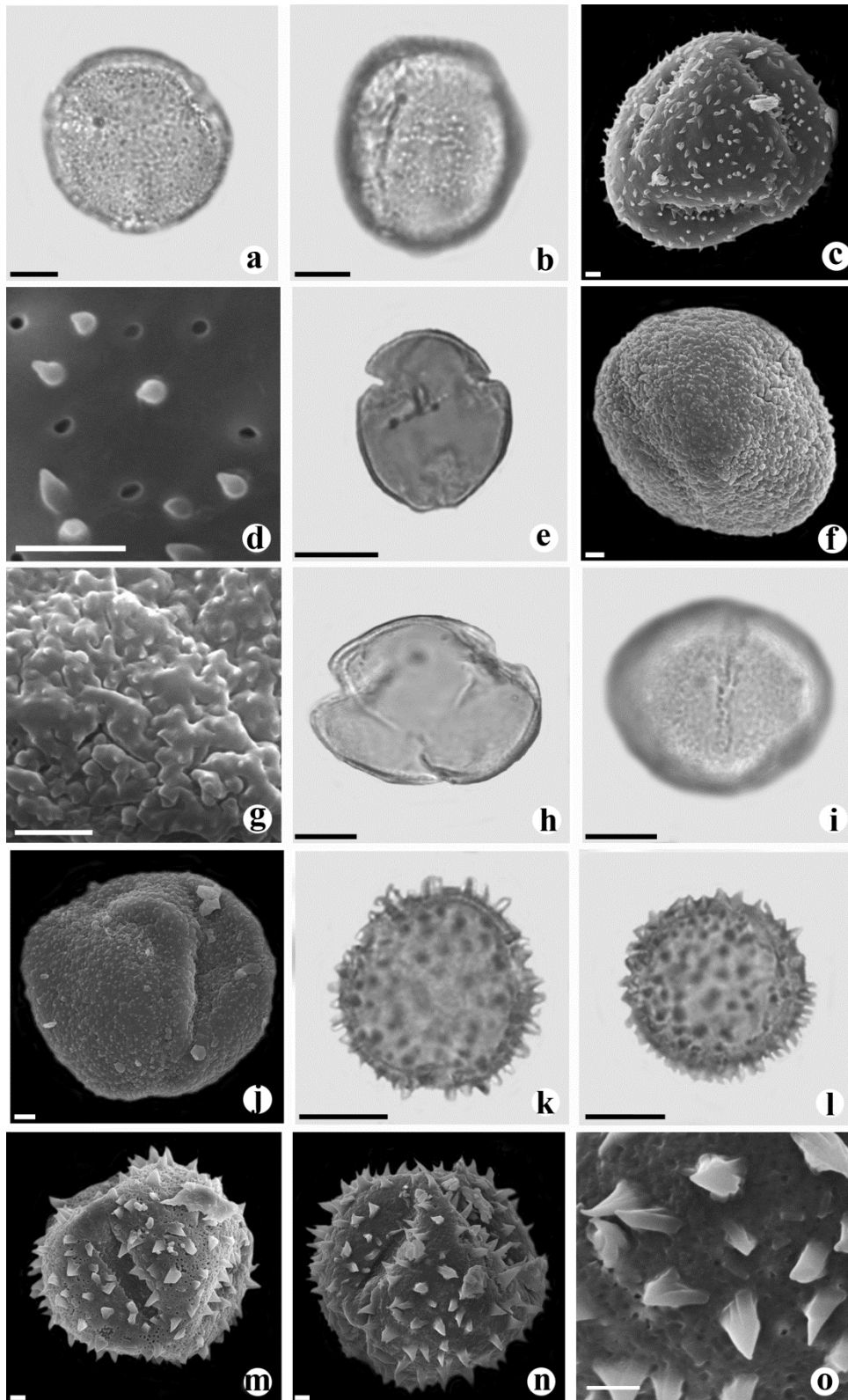
**Figura 2** Fotomicrografias e eletromicrografias dos grãos de Nyctaginaceae.



a-c . *Guapira graciliflora*: a. Vista polar.. b. Vista equatorial. c. Ornamentação e detalhes da exina em MEV. d-g *Guapira hirsuta*: d. Vista polar. e. Vista equatorial. f. Vista polar. g. Ornamentação e detalhes da exina. h-i. *Guapira opposita*: h. Vista polar. i. Vista equatorial. j-l. *Pisonia aculeata*: j. Vista polar. k. Vista equatorial. l. Ornamentação e detalhes da exina em MEV. Escala= 10 $\mu$ m para microscopia óptica e Escala = 2 $\mu$ m para microscopia eletrônica de varredura.

Fonte: a autora, 2024.

**Figura 3.** Fotomicrografias e eletromicrografias dos grãos de pólen de Phytolaccaceae e Polygonaceae.



a-d. *Pisonia ambigua*: a. Vista polar. b. Vista equatorial. c. Vista polar em MEV. d. Ornamentação e detalhes da exina. e-g. *Segueria aculeata*: e. Vista Polar. f. Vista equatorial. g. Ornamentação e detalhes da exina. h-j. *Segueria iangsdorffi*: h. Vista polar. i. Vista equatorial. j. Vista polar. k-o. *Ruprechtia lundii* Meisn. k. Vista polar. l. Vista equatorial. m. Vista polar. n. Vista equatorial. o. Ornamentação e detalhes da exina. Escala = 10µm para microscopia óptica e Escala = 2µm para microscopia eletrônica de varredura.

**Tabela 2.** Caracterização quantitativa e qualitativa dos grãos de pólen de Caryophyllales M=médio, G=grande, MG=muito grande, CR=circular, QD=quadrangular, PE=prolato esferoidal, SB= subprolato, OB= oblato esferoidal, ES=esferoidal, FN= fina, EP= espessa, RE= reticulado, PQ=perfurado equinado, PG=psilado granuloso, MR=microrreticulado.

| Famílias/Espécies           | Tamanho | Âmbito | P/E  | Forma | IAP  | Ectoabertura |       | Exina | Ornamentação |
|-----------------------------|---------|--------|------|-------|------|--------------|-------|-------|--------------|
|                             |         |        |      |       |      | Comp.        | Larg. |       |              |
| Cactaceae                   |         |        |      |       |      |              |       |       |              |
| <i>Pereskia aculeata</i>    | G       | CR/QD  | 0,98 | ES    | -    | 25,88        | 4,40  | FN    | RE           |
| Nyctaginaceae               |         |        |      |       |      |              |       |       |              |
| <i>Bougainvillea glabra</i> | M       | CR     | 1,06 | PE    | 0,89 | 14,20        | 1,65  | FN    | RE           |
| <i>Guapira areolata</i>     | M       | CR     | 1,03 | PE    | 0,46 | 17,24        | 1,91  | FN    | PQ           |
| <i>Guapira graciliflora</i> | M       | CR     | 1,11 | PE    | 0,67 | 17,33        | 1,34  | FN    | PQ           |
| <i>Guapira hirsuta</i>      | M       | CR     | 1,06 | PE    | 0,39 | 16,25        | 1,36  | FN    | PQ           |
| <i>Guapira opposita</i>     | MG      | CR     | 1,16 | SB    | 0,80 | 15,53        | 0,57  | FN    | PQ           |
| <i>Pisonia aculeata</i>     | M       | CR     | 1,18 | SB    | 0,80 | 22,94        | 1,54  | EP    | PQ           |
| <i>Pisonia ambigua</i>      | M       | CR     | 1,05 | PE    | 0,42 | 16,46        | 1,32  | FN    | PQ           |
| Phytolaccaceae              |         |        |      |       |      |              |       |       |              |
| <i>Seguiera aculeata</i>    | M       | CR     | 1,00 | OB    | 0,78 | 18,08        | 1,97  | FN    | PG           |
| <i>Seguiera iangsдорфii</i> | M       | CR     | 1,12 | PE    | 0,59 | 18,97        | 1,63  | FN    | PG           |
| Polygonaceae                |         |        |      |       |      |              |       |       |              |
| <i>Ruprechtia lundii</i>    | M       | CR     | 1,01 | PE    | 0,77 | 21,83        | 3,33  | FN    | MR           |

Fonte: a autora, 2024.

**Tabela 3.** Medida dos diâmetros polar e equatorial dos grãos de pólen de Caryophyllales. n=25. Xmin = menor valor observado ( $\mu\text{m}$ ), Xmax = maior valor observado ( $\mu\text{m}$ ), x = média aritmética ( $\mu\text{m}$ ), sx = desvio padrão da média ( $\mu\text{m}$ ), s = desvio padrão da amostra ( $\mu\text{m}$ ), IC = intervalo de confiança a 95 % ( $\mu\text{m}$ ), CV = coeficiente de variabilidade (%).

| Espécies                     | Diâmetro polar em vista equatorial / Diâmetro I |      |               |       | Diâmetro equatorial em vista equatorial / Diâmetro II |      |               |       |
|------------------------------|---|------|---------------|-------|---|------|---------------|-------|
|                              | (R) x $\pm$ sx                                  | S    | IC            | CV%   | (R) x $\pm$ sx  | S    | IC            | CV%   |
| <i>Bougainvillea glabra</i>  | (25,00-37,50) 33,00 $\pm$ 0,78                  | 3,89 | (31,40-34,60) | 11,78 | (22,50-42,50)34 $\pm$ 1,15                            | 5,77 | (31,62-36,38) | 16,98 |
| <i>Guapira areolata</i>      | (17,50-30,00)25,40 $\pm$ 0,84                   | 4,19 | (23,67-27,13) | 16,49 | (22,50-37,50)30,80 $\pm$ 0,77                         | 3,87 | (29,20-32,40) | 12,56 |
| <i>Guapira graciliflora</i>  | (25,00-40,00)33,20 $\pm$ 0,71                   | 3,57 | (31,72-34,68) | 10,76 | (27,50-42,50)32,10 $\pm$ 0,67                         | 3,36 | (30,71-33,49) | 10,47 |
| <i>Guapira hirsuta</i>       | (27,50-37,50)31,70 $\pm$ 0,55                   | 2,77 | (30,56-32,84) | 8,73  | (20,00-37,50)29,80 $\pm$ 0,95                         | 4,73 | (27,85-31,75) | 15,87 |
| <i>Guapira opposita</i>      | (25,00-35,00)28,93 $\pm$ 0,97                   | 3,63 | (26,83-31,03) | 12,55 | (20,00-40,00)29,40 $\pm$ 0,89                         | 4,47 | (27,56-31,24) | 15,19 |
| <i>Pisonia aculeata</i>      | (22,50-47,50)35,71 $\pm$ 2,77                   | 7,32 | (28,95-42,48) | 20,49 | (25,00-40,00)32,50 $\pm$ 1,97                         | 6,24 | (28,04-36,96) | 19,19 |
| <i>Pisonia ambigua</i>       | (30,00-42,50)35,00 $\pm$ 0,61                   | 3,06 | (33,74-36,26) | 8,75  | (25,00-40,00)33,30 $\pm$ 0,36                         | 3,80 | (31,73-34,87) | 11,41 |
| <i>Ruprechtia lundii</i>     | (27,50-35,00)31,38 $\pm$ 0,58                   | 2,46 | (30,17-32,61) | 7,83  | (27,50-35,00)32,90 $\pm$ 0,40                         | 2,00 | (32,07-33,73) | 6,08  |
| <i>Seguieria aculeata</i>    | (25,00-32,50)27,62 $\pm$ 0,50                   | 2,30 | (26,57-28,67) | 8,33  | (22,50-47,50)28,00 $\pm$ 1,28                         | 5,71 | (25,33-30,67) | 20,40 |
| <i>Seguieria iangsдорфii</i> | (22,50-35,00)27,70 $\pm$ 0,54                   | 2,69 | (26,59-28,81) | 9,72  | (22,50-32,50)26,70 $\pm$ 0,49                         | 2,47 | (25,68-27,72) | 9,25  |

Fonte: a autora, 2024.

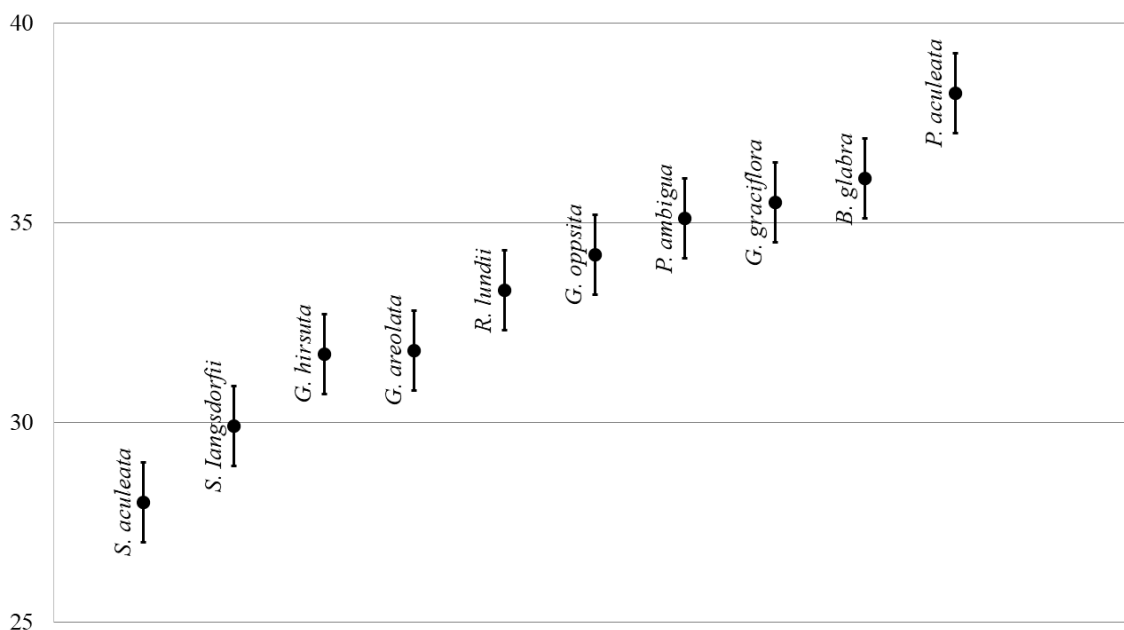
#### 4.2 ANÁLISE GRÁFICA DO INTERVALO DE CONFIANÇA A 95%

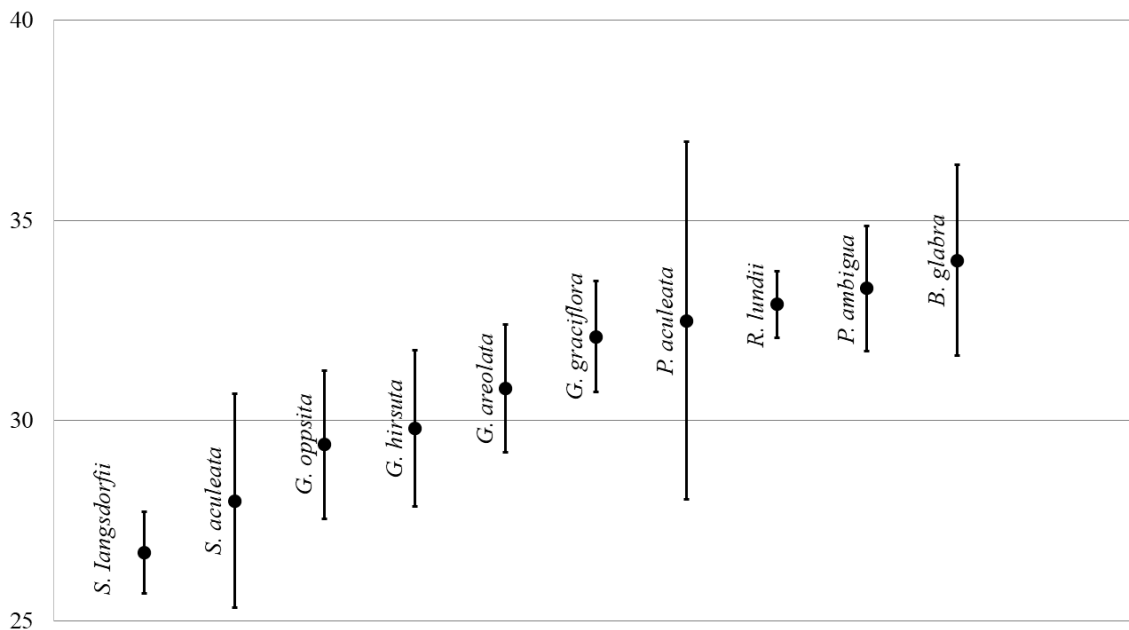
Na análise do intervalo de confiança a 95% das medidas dos diâmetros dos grãos de pólen das espécies de Caryophyllales, observa-se que *Pereskia aculeata* separa-se das demais por apresentar os maiores valores de diâmetro polar em vista equatorial. As espécies de *Seguieria* apresentam grãos de pólen com os menores valores de diâmetro polar em vista equatorial, porém não se separam das demais espécies aqui analisadas, que formam juntas, um grupo contínuo (Figura 4).

Observando-se os dados de medidas do diâmetro equatorial em vista equatorial, *Pereskia aculeata*, também se destaca das demais espécies por apresentar os maiores valores deste diâmetro em seus grãos de pólen. As espécies de *Seguieria* apresentam os menores valores de diâmetro, seguida pelas espécies de *Guapira*. Ademais todas as espécies formam um grupo contínuo quando se observar as medidas destes diâmetro nos seus grãos de pólen.

Para as espécies da atual análise, as medidas de diâmetro polar e equatorial não auxiliam na distinção de espécies ou grupo de espécies em Caryophyllales, apresentando intervalos bem próximos uns aos outros.

**Figura 4.** Representação gráfica do intervalo de confiança da média dos intervalos de confiança em 95% das medidas dos grãos de pólen de Caryophyllales.



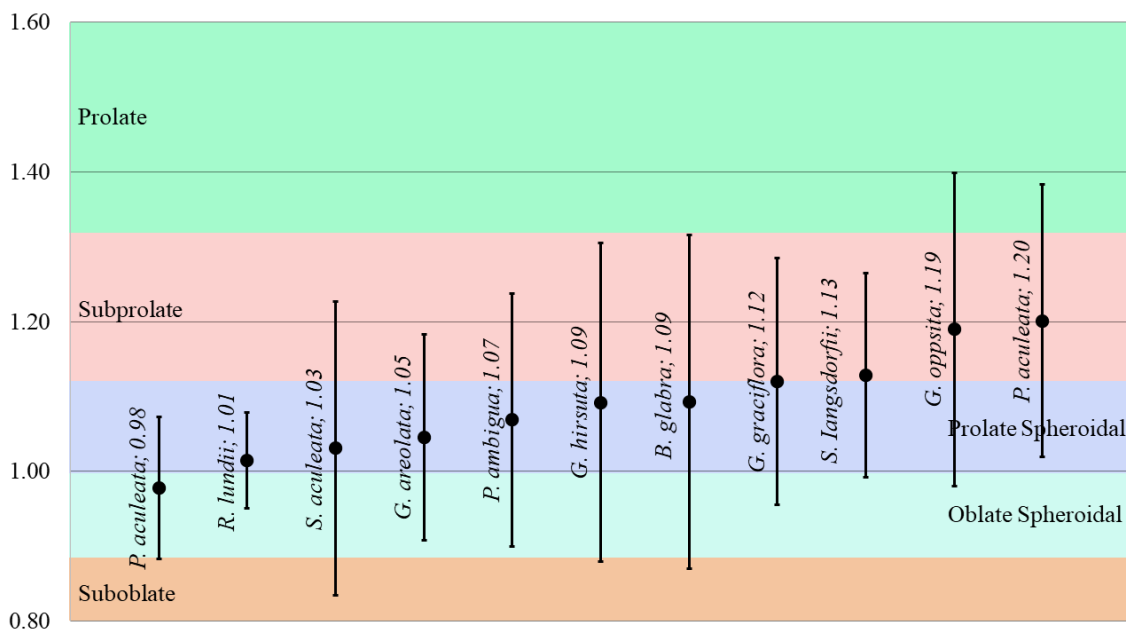


A. Diâmetro polar em vista equatorial (DPVE). B. Diâmetro equatorial em vista equatorial.(DEVE) *Bo. glab* = *Bougainvillea glabra*; *Gu. aero* = *Guapira areolata*; *Gu. grac* = *Guapira graciliflora*; *Gu. hirs* = *Guapira hirsuta*; *Gu. oppo* = *Guapira opposita*; *Pe. acul* = *Pereskia aculeata*; *Pi. acul* = *Pisonia aculeata*; *Pi. ambi* = *Pisonia ambigua*; *Ru. lund* = *Ruprechtia lundii*; *Se. acul* = *Seguieria aculeata*; *Se. lang* = *Seguieria langsdorffii*. Fonte: a autora, 2024.

### 4.3 FORMA DOS GRÃOS DE PÓLEN

De acordo com o gráfico a seguir (Figura 5), nota-se que a forma dos grãos de pólen das espécies estudadas é, em grande maioria, oblato-esferoidais, prolato-esferoidais e subprolatos. O valor médio da forma dos grãos de pólen estudados encontra-se majoritariamente no intervalo entre 1,00 e 1,20, que caracteriza grãos de pólen prolato-esferoidais. As espécies de *Guapira* foram as que mais apresentaram variações de forma em seus grãos de pólen, assim como *Bougainvillea glabra* e *Seguieria aculeata*.

**Figura 5.** Representação gráfica da média dos intervalos de confiança a 95% das medidas de forma dos grãos de pólen de Caryophyllales estudados.



Fonte: a autora, 2024.

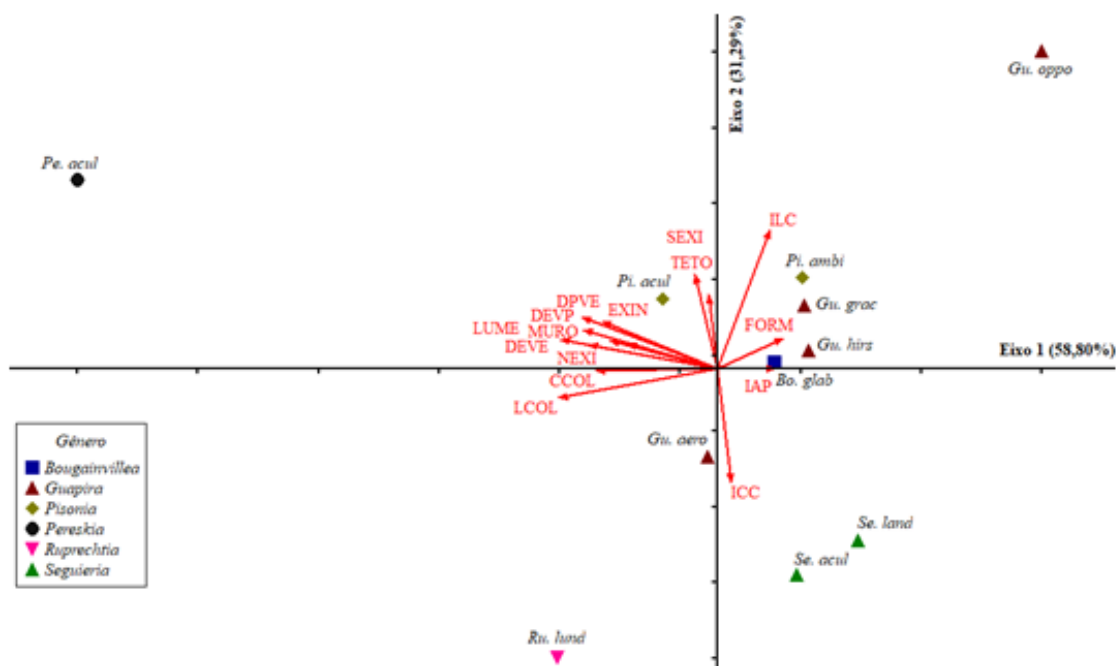
#### 4.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise multivariada (análise de componentes principais) foi realizada com o objetivo de identificar os agrupamentos das espécies por similaridades dos dados quantitativos de seus grãos de pólen, assim como quais caracteres possuem maiores correlação com os componentes principais e desta forma contribuem efetivamente para o posicionamento e agrupamento dos táxons. Nesta análise, os dois primeiros eixos da ACP resumiram 90,09% da variabilidade total dos dados explorados. O primeiro eixo da análise explicou 58,80% da variabilidade das métricas utilizadas, sendo a largura do colpo (LCOL) e o diâmetro equatorial em vista equatorial (DEVE) as variáveis mais significativas da análise (Tabela 4; Figura 6). Observa-se que *Pereskia aculeata* separou-se das demais por apresentar os maiores valores das variáveis em questão. Do lado positivo do eixo, o mesmo acontece com *Guapira opposita*. O terceiro grupo é formado pelas demais espécies e percebe-se a proximidade das espécies pertencentes à Nyctaginaceae.

O segundo eixo contribuiu com 31,29% da variabilidade dos dados amostrados. As variáveis métricas mais representativas foram o índice de largura do colpo (ILC) e a largura do colpo (LCOL). Houve a separação das espécies em três grupos: o

primeiro formado por *Pereskia aculeata* e *Guapira opposita*, no lado positivo do eixo; o segundo formado por *Ruprechtia lundii*, *Seguiera aculeata* e *Seguiera langsdorffii*, no lado negativo do eixo; e o terceiro formado pelas demais espécies em análise. Mais uma vez observa-se o agrupamento das espécies de *Bougainvillea*, *Guapira* e *Pisonia*, pertencentes à Nyctaginaceae.

**Figura 6.** Ordenação pela análise de componentes principais das espécies de Caryophyllales em função das variáveis métricas dos grãos de pólen.



*Bo. glab* = *Bougainvillea glaba*; *Gu. aero* = *Guapira areolata*; *Gu. grac* = *Guapira graciliflora*; *Gu. hirs* = *Guapira hirsuta*; *Gu. oppo* = *Guapira opposita*; *Pe. acul* = *Pereskia aculeata*; *Pi. acul* = *Pisonia aculeata*; *Pi. ambi* = *Pisonia ambigua*; *Ru. lund* = *Ruprechtia lundii*; *Se. acul* = *Seguiera aculeata*; *Se. lang* = *Seguiera langsdorffii*. Fonte: a autora, 2024.

**Tabela 4.** Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre variáveis métricas dos grãos de pólen e os dois primeiros eixos da ordenação pela Análise de Componentes Principais (ACP) para as espécies de brasileiras de Caryophyllales.

| Variáveis                                      | Componentes Principais |         |
|--|------------------------|---------|
|  | Eixo 1                 | Eixo 2  |
| DEVP (diâmetro equatorial em vista polar)      | -0.3375                | 0.2500  |
| DPVE (diâmetro polar em vista equatorial)      | -0.3295                | 0.2807  |
| DEVE (diâmetro equatorial em vista equatorial) | -0.3893                | 0.2293  |
| CCOL (comprimento do colpo)                    | -0.2247                | -0.0439 |
| LCOL (largura do colpo)                        | -0.4904                | -0.2903 |
| FORM (forma)                                   | 0.0304                 | 0.0281  |
| ILC (índice de largura do colpo)               | 0.3459                 | 0.7638  |

|      |                                  |         |         |
|------|----------------------------------|---------|---------|
| ICC  | (índice de comprimento do colpo) | 0.0301  | -0.1158 |
| EXIN | (exina total)                    | -0.2535 | 0.2222  |
| SEXI | (sexina)                         | -0.0510 | 0.1409  |
| NEXI | (nexina)                         | -0.3333 | 0.1944  |
| TETO | (teto)                           | -0.0132 | 0.0530  |
| LUME | (lúmen)                          | -0.1403 | 0.0985  |
| MURO | (muro)                           | -0.0739 | 0.0535  |

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Dentre algumas das espécies aqui estudadas, *Guapira areolata* Heimerl Lundell, *Guapira graciflora* (Mart. ex Schmidt) Lundell (Nyctaginaceae) e *Ruprechtia lundii* Meisn. (Polygonaceae), não foram encontrados dados de sua morfologia polínica em literatura, sendo os resultados aqui apresentados, as primeiras descrições para as espécies.

Estudos sobre a descrição palinológica de Cactaceae Juss. foram realizados por diversos autores, como Leuenberger (1976), Santos et. al. (1997), Araujo (2000), Cuadrado e Garralla (2009) e Mouga et. al (2019) os quais analisaram e descreveram diversos gêneros dentro da família, ilustrando e evidenciando sua morfologia polínica dos mesmos. Os grãos de pólen de *Pereskia aculeata* Mill. foram descritos em um primeiro momento por Cuadrado e Garrala (2009) como grãos de pólen grandes, esferoidais, pantocolpados com 6-8 colpos com alguns grãos formando sincolpos, exina perfurada com espinhos suprategmiais apresentando sexina mais espessa que nexina. Já Leuenberger (1976) descreve a exina como foveolada com espinhos que apresentam tamanhos variados, com perfurações tegmiais em formato de cratera. Santo e Watanabe (1996) descrevem os grãos de pólen de *P. aculeata* como mônades, apolares, esferoidais, tamanho médio a grande, 6-9-12- pantocolpado, reticulado granuloso e nano-espiculado. Em nosso estudo encontramos semelhanças em relação ao tamanho e ornamentação da exina, porém, quanto a número de aberturas e espessura da exina, observamos algumas diferenças como, respectivamente, grãos de pólen esferoidais, variação de 3-6 colpos e em relação à espessura da exina, encontramos que a nexina é muito mais espessa que a sexina.

Análise e descrições da morfologia polínica em Nyctaginaceae foram realizadas por diversos autores como Erdtman (1952), Nowicke (1970), Barth e Barbosa (1972), Pramanick, Mondal e Maiti (2015) e Tripathi et al. (2017), e, entre elas, puderam ser observadas diferentes características em todos os aspectos morfológicos dos grãos de pólen como número de aberturas, forma e ornamentação.

Barth e Barbosa (1972), Roubik e Moreno (1991), Souza, Mendonça e Gonçalves-Esteves (2010), Pramanick, Mondal e Maiti (2015), Tripathi et al. (2017) descreveram os grãos de pólen de *Bougainvillea glabra* Choisy como grãos de pólen em mônades, médios, esferoidais a oblatos-esferoidais, 3-colpados, reticulados, com colpos curtos, âmbito subtriangular, com área polar grande, lúmen com báculos pequenos, espículos suprategmiais altos nos muros e apresentando sexina mais espessa que nexina. Os dados obtidos em nosso estudo demonstram grãos de pólen também em mônades, de tamanhos médios e 3-colpados. Apresentando forma prolato-esferoidal e área polar muito grande, diferindo dos dados relatados anteriormente. Nós visualizamos exina semitectada e reticulada, apresentando báculos contidas dentro dos retículos, dados também observados pelos autores acima citados.

Barth e Barbosa (1972) descreveram os grãos de pólen de *Guapira opposita* Vell. Reitz como grãos de pólen grandes, isopolares, prolato esferoidais, âmbito subtriangular, área polar grande, 3,4-colpados, com colpos curtos e estreitos com elementos isolados na sexina, além disto, descreve também a esta, sexina, é mais espessa a nexina. Souza, Mendonça e Gonçalves-Esteves (2010), descrevem os grãos como médios, isopolares, prolato-esferoidais, âmbito subtriangular, área polar grande, 3-colpados com colpos pequenos e espinhos curtos de difícil mensuração e sexina tão espessa quanto a nexina e para Luz, Barros e Barth (2019) têm se a descrição destes grãos como sendo também grãos médios, isopolares, oblatos-esferoidais, 3-zono-colpados com colpos longos e estreitos, extremidades arredondadas também descrevem a sexina sendo composta por elementos isolados, esta ainda também é descrita como espiculada-granulada e também mais espessa que a nexina. Nossos dados concordam quanto às dimensões do colpo, no entanto observamos grãos de pólen médios, subprolato, somente 3-colpados, exina semitectada e reticulada.

Os grãos de pólen de *Guapira hirsuta* foram descritos por Luz, Barros e Barth (2019) como isopolares, tamanho médio, oblatos-esferoidais a prolato-esferoidais, 3-colpados com colpos estreitos e longos com sexina mais espessa que nexina. No presente estudo foram observados grãos de pólen prolato-esferoidais, 3-colpados com colpos estreitos e longos, com exina semitectada, microrreticulada e espiculada, e em divergência ao que foi proposto pelas autoras, apresentando nexina mais espessa que sexina. Os grãos de pólen de *Pisonia aculeata* L. e *Pisonia ambigua* Heimerl foram estudados por Barth e Barbosa (1972) e Pramanic, Mondal e Maiti (2015), e foram

descritos como tendo tamanho médio, forma prolato—esferoidal a esferoidal, 3-colporados com colpos longos, sexina igual ou mais espessa que a nexina com ornamentação da exina apresentando retículos e espinhos. Para estas espécies foram observadas semelhanças em tamanho, formato e número de aberturas, e ornamentação da exina, no entanto, diferente dos trabalhos acima citados, foram identificados grãos de pólen com colpos estreitos e curtos.

Para Phytolaccaceae dados sobre a descrição palinológica podem ser encontrados na literatura proposta por Barth e Barboza (1972), Cruz-Barros, Corrêa e Watanabe (2006) e Neves et. al. (2006).

Os grãos de pólen de *Seguieria aculeata* Jacq. e *Seguieria langsdorffii* Mocq. foram estudados por Neves et. al. (2006), o qual os descreveu como sendo de tamanho médio, âmbito triangular, prolatos em *S. aculeata* e subprolatos a prolatos em *S. iangsdorffii*, columelados e escabradados. Foram encontradas algumas similaridades com o proposto em literatura, como o tamanho e a forma em *S. iangsdorffii*, porém em nosso estudo, descrevemos os âmbitos dos grãos como circulares, para *S. aculeata* descrevemos sua forma como oblato esferoidal e a ornamentação da exina para ambos, encontramos em microscopia óptica que os grãos eram do tipo psilados granulados, e com o auxílio da microscopia eletrônica de varredura foi possível descrevê-los como fossulados nanoequinados.

Dessa forma, pode-se inferir que os resultados obtidos referentes às características da morfologia polínica das espécies já analisadas no presente estudo apresentam detalhes da palinologia que não foram relatados anteriormente assim como confirmam dados morfológicos já analisados. Para as 11 espécies aqui estudadas, pode-se observar que variações no tamanho, na forma, no âmbito, nas características das aberturas e estratificações da exina, são importantes na caracterização morfológica dos grãos de pólen das espécies.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M.J. A new method of nonparametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p32-46, 2001.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016.
- ARAÚJO, D.S.D. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- ATHA, D. Phytolaccaceae. *In*: Smith N., Mori S.A., Henderson A., Stevenson D.W., Heald S.V. (Eds) Plantas com flores da região Neotropical. **Imprensa da Universidade de Princeton**, p. 292–294, 2004.
- BARROSO, G.M.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F.; GUIMARÃES, E.F. & COSTA, C.G. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Imprensa Universitária de Viçosa, Viçosa – MG, vol. 3, 1986.
- BARTH, M.O. E BARBOSA, A.F. Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil meridional XV - Myrtaceae. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 70, n. 4, p. 467- 496, 1972.
- BARTH, O. **Glossário Ilustrado de Palinologia**. Editora da UNICAMP, 1988.
- BAUERMAN, S. et al. **Pólen nas angiospermas diversidade e evolução**. Canoas: Editora da ULBRA, 2013.
- BELLONZI, T. K. et al. Pollen types of Sapindaceae from Brazilian forest fragments: apertural variation. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, n. 2, p. 327-341, 2020.
- BITTRICH, V.; KÜHN, U. Nyctaginaceae. *In*: **Flowering Plants: Dicotyledons**. Springer, Heidelberg, Berlin, p. 473-486. 1993.
- BURKE, J. M.; SANCHEZ, A. Classificação de subfamília revisada para Polygonaceae, com uma classificação tribal para Eriogonoideae. **Brittonia**, v. 63, p. 510-520, 2011.
- Cactaceae in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB70>>. Acesso em: 14 dez. 2023.
- CANCELLI, R. R., MENEZES, I. C., SOUZA, P. A. Morfologia polínica de espécies epífitas de Cactaceae Juss. do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia - Série Botânica**, v. 72, n. 2, p. 181– 189, 2017.
- CHANG, S.; LI, C.; JIANG, Y.; LONG, Y.; LI, Y.; YIN, J. Characteristics of the pollen morphology and viability of *Bougainvillea* (Nyctaginaceae). **Scientia Horticulturae**, v. 277, 2021.
- CHEW, S. Anatomical features of *Bougainvillea* (Nyctaginaceae). **SURG Journal**, v. 4, n. 1, p. 72-78, 2010.
- CRUZ-BARROS, M. A.; CORRÊA, A.; MAKINO-WATANABE, H. Pollen studies of Aquifoliaceae, Euphorbiaceae, Lecythidaceae, Malvaceae, Phytolaccaceae and Portulacaceae, occurring in Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil). **Brazilian Journal of Botany**. v. 29, p. 145-162, 2006.
- CUADRADO, G. A.; GARRALLA, S. S. **Plantas alimentícias alternativas del picudo**

**de algodoneiro (*Anthonomus grandis* Boh.) (Coleoptera: Curculionidae) en la Provincia de Formosa, Argentina.** Análisis palinológico del tracto digestivo. *In: Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina*, v. 29, n.2, p. 245-255, 2000.

CUADRADO, G. A.; GARRALA, S. S. Palinologia de los géneros de Cactaceae *Maihuenia* (Maihuenioideae) e *Pereskia* (Pereskioideae) da Argentina. **Bonplandia**, v. 18, n.1, p. 5-12, 2009.

DOUGLAS, N.A.; SPELLENBERG, R. Tribal classification of Nyctaginaceae. **Taxon**, v. 59, n. 3, p. 905-910, 2010.

DUTRA, F.V.; GROPPPO, M.; GASPARINO, E.C. Pollen morphology characterization of *Dryades* Groppo, Kallunki & Pirani, a new genus of Rutaceae, and its phylogenetically related species. **Palynology** v. 47, n. 4, 2023.

ERDTMAN, G., Morfologia do pólen e taxonomia vegetal. **Geologiska Föreningen I Stockholm Förhandlingar**, v. 74, n.4, p. 526–527, 1952.

ERDTMAN, G., **The acetolized method**. Svensk Botanisk Tidskrift, vol. 54, p. 561-564, 1960.

FAEGRI, K; IVERSEN, J. **Livro-texto de análise moderna de pólen**. **Geologiska Föreningen e Estocolmo Förhandlingar**, v. 72, n. 3, p. 363-364, 1950.

FAEGRI, G.; IVERSEN, J. **Textbook of modern pollen analysis**. 2ªed., Scandinavian University Books, Copenhagen, Denmark: Einar Munksgaard, 1966.

GARRALLA, S.; CUADRADO, G.A. Morfologia polínica de *Austrocylindropuntia* Backeb, *Maihueniopsis* Speg., *Opuntia* Mill. e *Tephrocactus* Lem.(Cactaceae, Opuntioideae) da Argentina. **Revisão de Paleobotânica e Palinologia** , v. 146, não. 1-4, pág. 1-17, 2007.

GASPARINO, E. C.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; CHAUTEMS, A. Pollen morphology in Brazilian species of *Codonanthe* (Mart.) Hanst. and *Nematanthus* Schrader (Gesneriaceae). **Grana**, v. 52, n. 4, p. 258-274, 2013.

GONZAGA, D. R.; SOUZA, M. A.; NETO, L. M.; PEIXOTO, A. L.; MENDONÇA, C. B. F.; GONÇALVES-ESTEVEZ, V. The systematic value of pollen morphology in *Arthrocerus* A. Berger (Cactaceae, Cactoideae). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 269, p. 33-41, 2019.

Grupo Flora do Brasil, Projeto Flora do Brasil 2020 - Projeto Flora do Brasil 2020. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 393.274, 2021.

HALBRITTER, H. et al. **Illustrated pollen terminology**. [s.l]: Springer, 2a ed., 2018.

HEIMERL, A. Nyctagináceas. *In: Engler, A.; Prantl, K. (eds.), Die natürlichen Pflanzenfamilien*, 2ª ed., vol. 16c . Leipzig : Engelmann, 1934.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, T. et al. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). **American Journal of Botany**, v. 98, n. 1, p. 44-61, 2011

HESSE, M. et al. **Pollen terminology an illustrated handbook**. – Springer Wiennewyork, University of Vienna, Austria, 2009.

HYDE, H.A. & WILLIAMS, D.W. **Right word. Pollen Analysis**, Lisc. 8, 6, 1944

HUNT D., T. N.; CHARLES, G. **The New Cactus Lexicon**. DH books, Milborne Port.p. 382, 2006.

HUNT D., TAYLOR, N.P.; CHARLES, G. **The New Cactus Lexicon, Illustrations**. DH Books, Milborne Port. v.2, p. 527, 2013.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHOU, M.J. **Plant Systematics: A phylogenetic approach**. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA. p. 57, 2002.

LEUENBERGER, B. E. Morfologia polínica das Cactaceae: um estudo SEM da escultura da exina e suas implicações provisórias para a taxonomia e filogenia. **The Cactus and Succulent Journal of Great Britain**, v. 38, n. 4, p. 79-94, 1976.

LUZ, C. F. P. da; BARROS, M. A. de; BARTH, O. M. Morfologia polínica de eudicotiledôneas arbóreas da Serra da Capoeira Grande, Maciço Geológico da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia - Série Botânica**, v. 73, n. 3, p. 308–328, 2019.

MAGALHÃES-E-SILVA, F.H., SANTOS, F.A.R. & LIMA, L.C.L. Flora polínica das caatingas: Estação Biológica de Canudos (Canudos, Bahia, Brasil), **Micron**, Feira de Santana, 2016.

MAJEED, S. et al. Pollen morphological investigations of family Cactaceae and its taxonomic implication by light microscopy and scanning electron microscopy. **Microscopy Research Technique**, 83, p. 767–777, 2020.

MARCHIORETTO, M.S., SENNA, L.; SIQUEIRA, J.C. **Amaranthaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **PC-ORD. Análise multivariada de dados ecológicos**. Glenden Beach, Oregon: MjM Software, 2011.

MELHEM, T.S.; MATOS, M.E.R. Variabilidade de forma nos grãos de pólen de *Eriope crassipes* Benth. - Labiatae. **Hoehnea**, v.2, p. 1-10, 1972.

MELHEM, T. S. Palinologia suas aplicações e perspectivas no Brasil. Coleção Museu Paulista, **Série Ensaio**, v. 2, p. 333-368, 1978.

MELHEM, T.S. et al. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo**, v.16, p. 1-104, 2003.

MOUGA, D. M. D. S.; SCHROEDER, G. R.; VIEIRA JUNIOR, N. P.; DEC, E. Pollen characterization of ornamental species of *Mammillaria* Haw. (Cactaceae/Cactoideae). **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 1, p. 13-19, 2019.

NEVES, PCP das et al. Palinoflora do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Phytolaccaceae R. Br. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 1, pág. 157-164, 2006.

NOWICKE, J. W. Palynotaxonomic Study of the Phytolaccaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 55, n. 3, p. 294–364, 1968.

NOWICKE, J.W. Pollen morphology in the Nyctaginaceae. **Grana**, v.10, p. 78-79, 1970.

NOWICKE, J.W.; SKVARLA, J.J. Pollen morphology and the relationship of the Plumbaginaceae, Polygonaceae, and Primulaceae to the order Centrospermae. **Smithsonian Contributions to Botany**, 1976.

NOWICKE, J.W.; SKVARLA, J.J. Pollen morphology: The potential influence in higher order systematics. **Annals of Missouri Botanical Garden**, v. 66, p. 633- 699, 1979.

PRAMANICK, D. D.; MONDAL, M.; MAITI, G. G. Estudos morfológicos do pólen em alguns membros da família Nyctaginaceae na Índia. **Asiático Journal Plant Science Research**, v. 2, p. 72-76, 2015.

- PUNT, W; HOEN, P.P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 143, p. 01- 81, 2007.
- RANGA, N.T, REZENDE, A.A, CAVASAN, O., TONIATO, M.T.Z, CIELO-FILHO, R, STRANGHETTI, V. 2012. **Caracterização florística de remanescentes de vegetação nativa da região noroeste do Estado de São Paulo**. Ribeirão Preto, Holos Editora.
- ROUBIK, D. W.; MORENO, J. E. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St. Louis, Missouri Botanical Garden, 1991.
- SÁ, C.F.C. **Nyctaginaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010.
- SÁ, C. F. C. et al. **Nyctaginaceae in Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 1973.
- SANCHEZ, Adriana; KRON, Kathleen A. Filogenética de Polygonaceae com ênfase na evolução de Eriogonoideae. **Botânica Sistemática** , v. 33, n. 1, pág. 87-96, 2008.
- SÁNCHEZ-DEL-PINO, I. The metareticulate pollen morphology of *Alternanthera* Forssk. (Gomphrenoideae, Amaranthaceae) and its taxonomic implications. **Grana**, v. 55, p. 1-25, 2016.
- SANTOS, F. A. R.; WATANABE, H. M. Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). **Hoehnea**, v. 23, p. 123-129, 1996.
- SHEPHERD, G.J. Fitopac 1. **Manual do usuário**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Botânica, p. 96, 1996.
- SKVARLA, J. J.; J. W. NOWICKE.. **Ultraestrutura da exina polínica em famílias Centropérmicas**. p1., Syst. Evol. 126, 55-78. 1976.
- SOARES, E. L.; LANDI, L. A. D. C.; GASPARINO, E. C. Additions to the knowledge of the pollen morphology of some Fabaceae from Cerrado forest patches of Brazil. **Palynology**, v. 45, n. 2, p. 269-281, 2021.
- SOUZA, M. A. D.; MENDONÇA, C. B. F.; GONÇALVES-ESTEVEZ, V. Palinologia de espécies de Nyctaginaceae Juss. ocorrentes nas restingas do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, 104-110, 2010.
- SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2012.
- STRUWIG, M.; SIEBERT, SJ; JORDAAN, A. Morfologia do pólen de membros da África Austral *Boerhavia* e *Commicarpus* (Nyctaginaceae). **Botália**, v. 43, n. 1, p. 15-22, 2013.
- TABOSA, F. R. S, et al. Flora do Ceará, Brasil: Polygonaceae. **Rodriguésia**, v. 67, p. 981-996, 2016.
- VIEIRA, S. **Introdução a Bioestatística**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2011.
- ZAR, JH. **Análise Bioestatística**. Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, v. 5, p. 944, 2010.