



**Palinotaxonomia do gênero *Aechmea*
subgênero *Ortgiesia* (Regel) Mez
(**Bromeliaceae – Bromelioideae**)**

M.

Karen Caroline Calçada dos Santos Teixeira
Orientadora Dra. Cynthia Fernandes Pinto da Luz

Aechmea cylindrata Lindm.
Gartenflora [E. von Regel], vol. 47: t. 1447 (1898) [TM]
Retirada de: http://plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=325601

KAREN CAROLINE CALÇADA DOS SANTOS TEIXEIRA

**Palinotaxonomia do gênero *Aechmea* subgênero
Ortgiesia (Regel) Mez (Bromeliaceae –
Bromelioideae)**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2019

KAREN CAROLINE CALÇADA DOS SANTOS TEIXEIRA

**Palinotaxonomia do gênero *Aechmea* subgênero
Ortgiesia (Regel) Mez (Bromeliaceae –
Bromelioideae)**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. CYNTHIA FERNANDES PINTO DA LUZ

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Teixeira, Karen Caroline Calçada dos Santos
T266p Palinotaxonomia do gênero *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* (Regel) Mez
(Bromeliaceae – Bromelioideae) / Karen Caroline Calçada dos Santos Teixeira -- São
Paulo, 2019.
94p.; il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio
Ambiente, 2019.

Bibliografia.

1. Características polínicas. 2. Mata Atlântica. 3. *Ortgiesia*. I. Título.

CDU: 581.33

“Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que a fez
tão importante” (Antoine de Saint-Exupéry –
O pequeno príncipe).

AGRADECIMENTOS

São tantas as pessoas maravilhosas e especiais que nos erguem e que torcem pelos nosso sucesso, que a gente só da conta quando tenta colocar no papel e vê que ele é pequeno demais para tanto amor.

Quero agradecer imensamente à minha querida orientadora Dra. Cynthia Fernandes Pinto da Luz pela paciência, carinho e principalmente pelos ensinamentos e dedicação à essa orientanda aqui, cheia de afazeres e responsabilidades além do mestrado.

Às minhas colaboradoras queridas Dra. Maria das Graças Lapa Wanderley e Msc Rebeca Politano Romanini, pela dedicação, amizade e pela grande parceria que criamos nestes anos, me auxiliando sempre que precisei.

À Coordenação e Secretariado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, pelo auxílio técnico-administrativo durante a execução da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por me conceder a bolsa de mestrado, que permitiu que eu realizasse o meu sonho de iniciar minha carreira acadêmica e de me tornar Mestre e num futuro próximo, Doutora.

Ao Instituto de Botânica (IBt) pelo uso da infraestrutura, laboratórios e biblioteca.

A Dra. Luciana Benjamim Benatti pela captura de imagens dos grãos de pólen em microscopia eletrônica de varredura.

Ao Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino da Universidade Estadual Paulista - campus Jaboticabal e Dr. Eduardo Pereira Cabral Gomes do Instituto de Botânica, pela ajuda com as análises estatísticas.

A todos os professores que tive, que desde o ensino médio me guiaram para o mundo da ciência e das plantas, em todos os níveis e que me fizeram chegar onde cheguei.

A todos os meus amigos e colegas do Núcleo de Palinologia Kauê Fonseca, Valéria Leobina dos Santos, Higor Antonio-Domingues, Gabriela Cristina Sakugawa, Luara Kelly Moreira da Silva, Maria Tereza de Arruda Botelho, MSc Angela Maria da Silva Corrêa, Dr. Luciano Mauricio Esteves e Dra. Carolina Brandão Coelho pelo apoio, conversas fiadas, risadas e muito carinho em todos os momentos dessa minha jornada. Com especial agradecimento à Valéria, que se tornou uma amiga que vou carregar para sempre em meu coração.

Aos meus colegas de mestrado que fizeram as disciplinas comigo no IBt, por compartilharmos boas conversas e momentos divertidos.

À minha querida família: meus pais Maria Leonor e Pompeu por sempre me apoiar e me ajudar em todos os momentos e em todos os sentidos, desde ao investimento na minha carreira como bióloga até aos ensinamentos e virtudes que me fizeram chegar até aqui, nunca permitindo que eu desistisse. À minha avó querida, Domicília, por ser a melhor vó do mundo em todos os sentidos. Ao meu irmão querido por todos os momentos de diversão e por sempre estar ao meu lado, sendo minha inspiração.

Ao meu amor, Douglas que foi meu porto seguro neste período de dificuldades e incertezas, permanecendo sempre ao meu lado me apoiando e me trazendo sempre de volta à realidade quando tudo parecia desabar, por me incentivar a sempre alcançar meus sonhos e por ter permitido que o maior amor da minha vida existisse, minha filha Alicia, que agradeço por todos os momentos que me fez rir com suas bobices, pedindo para eu brincar quando eu não podia e mesmo assim, trazendo todos os brinquedos do quarto para perto de mim, apenas para estar ao meu lado. Sua presença já fazia todo o sentido.

Agradeço a Deus e aos meus guias espirituais pelo axé e pela força que sempre me impulsionou para chegar até aqui.

RESUMO

Aechmea é o maior gênero da subfamília Bromelioideae, pertencente à família Bromeliaceae, com cerca de 250 espécies e oito subgêneros. É apontado como um dos que possui mais desacordos em relação aos tratamentos taxonômicos, por ser o mais polimórfico gênero da subfamília Bromelioideae com uma possível origem polifilética. As espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* possuem como principais características a combinação de sépalas mucronadas e conatas e pétalas cuculadas que as distinguem das espécies dos demais subgêneros. A maior parte das espécies tem ocorrência restrita ao Brasil. Ainda não há consenso sobre o monofiletismo do subgênero, porém há estudos que mostram estreitas relações filogenéticas entre a maioria das espécies. Esse estudo teve como objetivo reconhecer a morfologia polínica das espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*, buscando distinguir caracteres polínicos de valor taxonômico para contribuir com o diagnóstico das espécies do subgênero, visando auxiliar nas futuras análises filogenéticas do grupo. Foram estudados os grãos de pólen de 16 espécies representadas por 59 espécimes que foram submetidos à análise em microscopia óptica (MO) após preparação pela técnica de acetólise láctica a 60%. Os grãos de pólen foram medidos, fotomicrografados e eletromicrografados. Foram feitas análises estatísticas e multivariadas para avaliar a significância das semelhanças polínicas entre os espécimes estudados. Os grãos de pólen são mônades, subsopulares, de âmbito elíptico, contorno ligeiramente plano-convexo em vista equatorial, porém há dimorfismo, com alguns grãos de pólen esféricos em pequena porcentagem, 2(3)-porados, com poros pequenos a grandes, poros circulares ou elípticos, a exina variou de ‘reticulada’ a ‘predominantemente reticulada’, ‘foveolada’ e ‘microrreticulada’. Os espécimes foram separados em três tipos polínicos, considerando a variação de tamanho dos lumens junto às aberturas e características secundárias da ornamentação da exina, como tamanho e forma dos lumens e muros na área central do pólen. *Ortgiesia* pode ser considerado estenopolínico, apesar da variação morfológica ocorrida entre os espécimes de alguns táxons, principalmente quanto a ornamentação da exina. No entanto, alguns parâmetros mostraram-se importantes para a taxonomia do grupo e sugere-se que sejam considerados em estudos filogenéticos futuros que busquem elucidar as relações entre as espécies do subgênero *Ortgiesia*.

Palavras-chave: Características polínicas; Mata Atlântica; *Ortgiesia*

ABSTRACT

Aechmea is the largest genus of the subfamily Bromelioideae, of Bromeliaceae family, with about 250 species and eight subgenera. It is considered one of the most disagreeable in relation to taxonomic treatments, being the most polymorphic genus of the subfamily Bromelioideae with a possible polyphyletic origin. The species of *Aechmea*, the subgenus *Ortgiesia* have as main characteristics the combination of mucronate sepals and conate and cucular petals that distinguish them from the species of the other subgenera. Most species are restricted to Brasil. There is still no consensus on the subgenus monophyly, but there are studies that show close phylogenetic relationships among most species. This study aimed to recognize the pollen morphology of the species of *Aechmea* subgenus *Ortgiesia*, seeking to distinguish pollen characters of taxonomic value to contribute to the diagnosis of subgenus species, in order to assist in the future phylogenetic analyzes of the group. The pollen grains of 16 species represented by 59 specimens were studied and submitted to light microscopy analysis (LM) after preparation by lactic acetolysis technique at 60%. The pollen grains were measured, photomicrographed and electromicrographed. Statistical and multivariate analyzes were performed to evaluate the significance of pollen similarities among the specimens studied. The *Ortgiesia* pollen are monads, subisopoles, elliptic, slightly flat-convex in equatorial view, but there is dimorphism, with a few percentage of spherical pollen grains, 2(3)-pores, with small to large, cylindrical or elliptical pores, the exine varied to 'reticulate' to 'predominantly microreticulate', 'foveolate' and 'microreticulate'. The specimens were separated into three pollen types, considering the size variation of the lumina near the aperture and secondary characteristics of the exine ornamentation, such as size and shape of lumina and walls in the central area of the pollen. *Ortgiesia* can be considered stenopolynic in spite of the morphological variation that occurred among the specimens of some taxa, mainly regarding the ornamentation of the exine.

Keywords: pollen morphology; Atlantic Forest, *Ortgiesia*

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

- Figura 1.** Distribuição geográfica da família Bromeliaceae (Frazão, 2006 - modificado). **2**
- Figura 2.** Árvore filogenética de Sass & Specht (2010). Notam-se as politomias. Em amarelo estão as espécies de *Ortgiesia* analisadas pelos autores. **6**
- Figura 3.** Mapa de distribuição das espécies do subgênero *Ortgiesia* no Brasil (Smith & Downs 1979, modificado). **9**
- Figura 4.** Árvores com cortes enfatizando (em azul) as espécies de *Ortgiesia*. Diversos autores (modificado). **10**

Capítulo 1

- Figura 1.** Imagens em microscopia óptica (MO) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A–C. *Aechmea blumenavii* Reitz. A. Detalhe em foco alto (LO1), UEC197886. B. Vista polar, RB329.091. C. Detalhe do corte óptico, UEC197886. D–G. *Aechmea calyculata* (E. Morren) Baker. D. Detalhe em foco baixo (LO2), UEC197887. E. Detalhe do corte óptico, UEC197887. F. Vista polar, grão de pólen 2-porado, UEC198759. G. Vista polar, grão de pólen 3-porado, FURB12661. H–I. *Aechmea caudata* Lindm. H. Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198785. I. Detalhe do corte óptico, SP385012. J–L. *Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren. J. Detalhe em foco baixo (LO2), ICN178781. K. Detalhe do corte óptico, UEC198675. L. Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198675. Escalas das barras – 2µm (A–E, H–L), 10 µm (F–G). **37**
- Figura 2.** Imagens em microscopia óptica (MO) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A. *Aechmea comata* (Gaudich.) Baker. Detalhe do corte óptico do grão de pólen 2-porado, UEC198740. B–G. *Aechmea cylindrata* Lindm. B. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC198663. C. Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198672. D. Detalhe em foco alto (LO1), UEC198774. E. Detalhe do poro, UEC198774. F. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197892. G. Vista polar, corte óptico, grão de pólen 3-porado, UEC197892. H–J. *Aechmea gamosepala* Wittm. H. Vista equatorial, UEC198658. I. Vista polar do grão de pólen esférico, UEC198770. J. Vista polar, corte óptico, grão de pólen 3-porado, UEC198750. K–L. *Aechmea* sp1. K. Vista polar, corte óptico, grão de pólen 2-porado, UEC198766. L. Vista polar do grão de pólen esférico, UEC198766. Escalas das barras – 2µm (A, C, D, H), 10 µm (B, E–G, I–L). **38**
- Figura 3.** Imagens em microscopia óptica (MO) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A–C. *Aechmea organensis* Wawra. A. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198665. B. Detalhe em foco baixo (LO2), SP374432. C. Detalhe em foco baixo (LO2),

UEC197872. D. *Aechmea recurvata* (Klotzsch) L.B. Sm. Detalhe do poro, UEC198790. E. *Aechmea kertesziae* Reitz. Detalhe em foco alto (LO1), UEC198755. F. *Aechmea kleinii* Reitz. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198753. G–I. *Aechmea gracilis* Lindm. G. Detalhe do corte óptico, UEC198673. H. Detalhe em foco alto (LO1), UEC198661. I. Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198664. J–K. *Aechmea* sp2. J. Detalhe do poro, UEC198792. K. Detalhe do corte óptico, UEC198780. L. *Aechmea winkleri* Reitz. Vista polar do grão de pólen esférico, UEC202387. Escalas das barras – 2µm (B, C, E, G–I, K), 10 µm (A, D, F, J, L)..... **39**

Figura 4. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A–E. *Aechmea blumenavii* Reitz. A. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197886. B. Detalhe da ornamentação, UEC197886. C. Vista polar do grão de pólen 2-porado, RB329.091. D. Vista polar, do grão de pólen 3-porado, RB329.091. E. Detalhe da ornamentação, RB329.091. F–L. *Aechmea calyculata* (E. Morren) Baker. F. Detalhe da ornamentação, UEC197887. G. Detalhe do poro, UEC197887. H. Detalhe da ornamentação, UEC197890. I. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197870. J. Detalhe da ornamentação, UEC197870. K. Detalhe da ornamentação, UEC198759. L. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, FURB12661. Escalas das barras – 2µm (B, E, F, H, J, K), 5 µm (G), 10 µm (A, C, D, I, L)..... **40**

Figura 5. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A. *Aechmea caudata* Lindm. Detalhe da ornamentação, FURB28062. B–C. *Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren. B. Vista polar do grão de pólen 3-porado, ICN178781. C. Detalhe da ornamentação, UEC198675. D. *Aechmea comata* (Gaudich.) Baker. Detalhe da ornamentação, UEC198769. E–L. *Aechmea cylindrata* Lindm. E. Detalhe do poro, UEC198663. F. Vista polar do grão de pólen 2-porado, SPSF51483. G. Detalhe da ornamentação, UEC198663. H. Detalhe da ornamentação, UEC198672. I. Detalhe da ornamentação, UEC198774. J. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC198775. K. Detalhe da ornamentação, UEC198756. L. Detalhe da ornamentação, UEC198756. Escalas das barras – 2µm (A, C, D, G, H, I, L), 5 µm (F), 10 µm (B, E, J, K)..... **41**

Figura 6. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A–B. *Aechmea cylindrata* Lindm. A. Detalhe da ornamentação, UEC198662. B. Vista polar do grão de pólen 3-porado, SPSF51483. C–L. *Aechmea gamosepala* Wittm. C. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198659. D. Vista aproximadamente polar, do grão de pólen 3-porado, UEC198659. E. Detalhe da ornamentação do grão de pólen 3-porado, UEC198659. F. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198658. G. Detalhe da ornamentação, UEC198658. H. Vista polar do grão de pólen 2-

porado UEC198770. I. Detalhe da ornamentação, UEC198770. J. Detalhe da ornamentação, UEC198750. K. Vista polar do grão de pólen 3-porado, UEC198750. L. Detalhe da ornamentação, UEC198772. Escalas das barras – 2µm (A, E, G, I, J, L), 5 µm (H), 10 µm (B, C, D, F, K)..... **42**

Figura 7. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A. *Aechmea gamosepala* Wittm. Vista polar do grão de pólen esférico, UEC198770. B–D. *Aechmea gracilis* Lindm. B. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198661. C. Detalhe da ornamentação, UEC198661. D. Detalhe da ornamentação, UEC198757. E–J. *Aechmea* sp2. E. Vista polar, do grão de pólen 2-porado, UEC198792. F. Detalhe da ornamentação, UEC198792. G. Detalhe da ornamentação, UEC198780. H. Detalhe da ornamentação, UEC198796. I. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198784. J. Detalhe da ornamentação, UEC198784. K–L. *Aechmea winkleri* Reitz. K. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197871. L. Detalhe da ornamentação, UEC197871. Escalas das barras – 2µm (C, D, F, G, H, J, L), 10 µm (A, B, E, I, K)..... **43**

Figura 8. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. A. *Aechmea* sp1. Detalhe da ornamentação, UEC198766. B–D. *Aechmea kertesziae* Reitz. B. Detalhe da ornamentação, UEC198748. C. Vista polar do grão de pólen 3-porado, UEC198755. D. Vista polar, do grão de pólen 2-porado, UEC198755. E. *Aechmea kleinii* Reitz, Detalhe da ornamentação, UEC198753. F–G. *Aechmea organensis* Wawra. F. Detalhe da ornamentação, UEC198748. G. Detalhe da ornamentação, SP374432. H–I. *Aechmea pimenti-velosoi* Reitz. H. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197873. I. Vista equatorial do grão de pólen 3-porado, UEC197873. J–L. *Aechmea recurvata* (Klotzsch) L.B. Sm. J. Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC198790. K. Detalhe da ornamentação, UEC198790. L. Detalhe da ornamentação, UEC198649. Escalas das barras – 2µm (A, B, E–G, J–L), 10 µm (C, D, H, I). **44**

Figura 9. Representação gráfica do intervalo de confiança a 95% dos grãos de pólen das espécies de *Aechmea* subg. *Ortgiesia*. A: vista equatorial eixo menor (VEEm), B: vista equatorial em eixo maior (VEEM). Os limites superiores e inferiores representam o intervalo de confiança a 95%; os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores estão em µm. Códigos na tabela 1..... **52**

Figura 10. Ordenação pela PCA dos espécimes de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* em função das variáveis métricas dos grãos de pólen. Códigos na tabela 1..... **55**

Figura 11. Dendograma construído a partir da análise de cluster (Distância Euclidiana) para os espécimes de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* em função das variáveis métricas dos grãos de pólen. Códigos na tabela 1. **58**

LISTA DE TABELAS

Introdução Geral

Tabela 1. Distribuição das espécies estudadas.	8
--	----------

Capítulo 1

Tabela I. Medidas (μm) do eixo equatorial na vista equatorial dos grãos de pólen de <i>Aechmea</i> ($n = 25$).	45
---	-----------

Tabela II. Medidas (μm) do eixo equatorial na vista polar dos grãos de pólen de <i>Aechmea</i> ($n = 25$).	47
---	-----------

Tabela III. Médias das medidas (μm) das camadas da exina e tamanho dos poros dos grãos de pólen de <i>Aechmea</i> . ($n= 10$).	49
---	-----------

Tabela VI. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis métricas dos grãos de pólen de <i>Aechmea</i> e os dois primeiros eixos da ordenação pela ACP para as espécies estudadas.	54
---	-----------

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
1. Família Bromeliaceae.....	1
1.1 Histórico Taxonômico de Bromeliaceae	4
1.2 Gênero <i>Aechmea</i>	5
1.3 Subgênero <i>Ortgiesia</i>	7
2. Análises palinológicas em Bromeliaceae e gênero <i>Aechmea</i>	11
3. Objetivos e Justificativa	15
4. Literatura Citada.....	16
CAPÍTULO 1	25
Resumo.....	25
Material e Métodos.....	28
<i>Medidas e estatística</i>	29
<i>Ilustrações e terminologia</i>	31
Resultados	31
<i>Descrição geral dos grãos de pólen de Aechmea subgênero Ortgiesia</i>	31
<i>Descrição dos tipos polínicos</i>	34
<i>Análise do intervalo de confiança da média (IC) a 95%</i>	51
<i>Análise dos componentes principais (principal component analyses – PCA)</i>	53
<i>Agregação média aritmética não ponderada (UPGMA)</i>	56
Discussão.....	59
Conclusão.....	70
Agradecimentos.....	72
Financiamento	72
Espécimes Investigados.....	72
Referências	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

INTRODUÇÃO GERAL

1. Família Bromeliaceae

A família Bromeliaceae Juss. compreende cerca de 3.600 espécies agrupadas em 74 gêneros (Gouda *et al.* cont. atual.). Bromeliaceae teve sua radiação adaptativa há cerca de 15 milhões de anos. Acredita-se que a elevação do Norte dos Andes e da Amazônia e certas adaptações morfológicas e fisiológicas, como a fotossíntese do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) e a formação de suas folhas absortivas em rosetas, foram cruciais para que essa radiação ocorresse. O surgimento da família data, possivelmente, de 100 Ma. atrás, durante o período Cretáceo no Escudo das Guianas irradiando-se, em 15 a 10 Ma., para os Andes, Amazônia, América Central, Caribe e costa leste brasileira, o escudo Brasileiro (Smith 1955, Smith & Downs 1974, Martinelli *et al.* 2008, Givnish *et al.* 2011, Zanella *et al.* 2012, Givnish *et al.* 2014).

Com distribuição predominantemente neotropical (Smith & Downs 1974), os representantes da família ocorrem desde o leste da Virgínia ao Texas, nos Estados Unidos, abrangendo toda a América Central e América do Sul até o limite sul no Norte da Patagônia, na Argentina (Wanderley & Martins 2007, Zanella *et al.* 2012). A única exceção é *Pitcairnia feliciana* (A. Chev.) Harms & Mildbr. que ocorre no Oeste da África, na região da Guiné (Porembski & Barthlott 1999) e cuja ocorrência parece ser decorrente de um evento recente de dispersão de sementes a longa distância por pássaros (Givnish *et al.* 2004, Papini 2017) (Figura 1).

Os representantes da família podem ocorrer nos mais variados ambientes, como as florestas úmidas tropicais e ambientes xéricos dos campos rupestres, desertos e savanas (Smith & Downs 1979, Benzing 2000, Flora do Brasil 2020 cont. atual.), pois são plantas que desenvolveram adaptações morfológicas e fisiológicas para sobreviver a ambientes com pouca disponibilidade de água, como o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). Essa via fotossintética reduz significativamente a perda de água e permite que essas bromélias sobrevivam em condições ambientais extremas (Smith & Downs 1979, Gilmartin & Brown 1987, Benzing 2000, Crayn *et al.* 2004, Linder & Rudall 2005).

As plantas que realizam fotossíntese CAM, abrem os estômatos das folhas no período noturno e absorvem CO₂ presente na atmosfera, reduzindo a perda de água para o ambiente, característica que é considerada uma vantagem adaptativa (Quezada & Gianoli 2011). Crayn *et al.* (2004) realizaram estudos que suportam a hipótese de que o ancestral teria a fotossíntese C₃ por habitar ambientes mais úmidos. Os autores ainda descrevem que em Tillandsioideae o ancestral seria C₃ e as espécies mais recentes seriam CAM, enquanto que em Bromelioideae a linha evolutiva seria inversa ao estabelecimento do hábito epifítico.

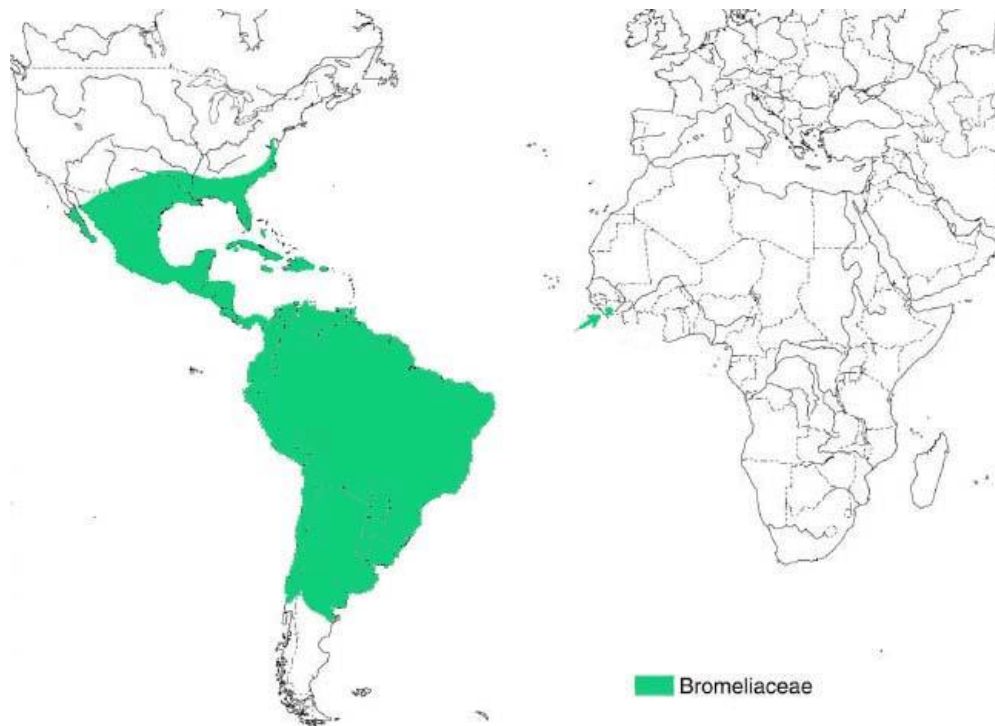


Figura 1. Distribuição geográfica da família Bromeliaceae (Frazão, 2006 - modificado).

Os representantes de Bromeliaceae são plantas herbáceas de hábito terrícola, epifítico ou rupícola. A forma, o tamanho e a coloração das folhas são relativamente variáveis dentre os gêneros e espécies. As folhas são dispostas em roseta na maioria das espécies, podendo ser coriáceas, carnosas e até membranáceas, com margem em geral inteira ou serrilhada a espinescente, com ápice muito variável, características importantes no reconhecimento das subfamílias e gêneros. O caule é curto ou raramente desenvolvido, sendo encoberto pelas folhas em roseta e bainhas foliares. Algumas espécies emitem longos estolões formando densas touceiras. As raízes podem ser absorventes nas plantas terrestres ou fixadoras nas epífitas, raramente estão ausentes (Smith & Downs 1974, Wanderley & Martins 2007).

A inflorescência é vistosa, sustentada por um pedúnculo desenvolvido ou inconspícuo (imperceptível), que se inicia a partir da parte interna ou lateral da roseta, que em geral exibe brácteas também vistosas. As flores são hermafroditas, trímeras, com seis estames e perianto diferenciado em dois verticilos: cálice e corola. O ovário varia de súpero a ínfero e a placentação geralmente é axial. Nectários septais e apêndices petalinos geralmente estão presentes. O fruto é simples, podendo ser em cápsula (secos) ou baya (carnosos), ou composto, como no gênero *Ananas* e as sementes podem apresentar apêndices plumosos ou aliformes ou não apresentar apêndices (sementes nuas) (Smith & Downs 1974, Reitz 1983, Wanderley & Moreira 2000, Wanderley & Martins 2007).

A polinização ocorre mais comumente por animais vertebrados, como os beija-flores e morcegos, sendo também reconhecidas polinizações por insetos, como as abelhas e borboletas e até mesmo autopolinização (Rauh 1990, Piacentini 2006, Kamke 2009, Zanela *et al.* 2012). As flores visitadas por insetos apresentam características similares, tais como pétalas azuis, inflorescências densamente congestas, flores com tubo estreito e nectários ocultos, quando presentes (Benzing 2000, Schmid *et al.* 2010, Zanela *et al.* 2012).

As bromeliáceas possuem grande importância ecológica e econômica. No interior da roseta de algumas espécies, a presença de bainhas foliares imbricadas permite a formação de um tanque, ocorrendo o desenvolvimento de um microecossistema, já que há acúmulo de água pluvial no interior (Benzing 2000). São também importantes fontes de néctar e recursos alimentares, principalmente para as comunidades de beija-flores da Mata Atlântica, já que podem representar 36% da flora ornitófila para essas aves (Buzato *et al.* 2000).

Além de disponibilizar recursos de suas flores (néctar, pólen) e frutos e armazenar água, as espécies de bromeliáceas epífitas atuam na ciclagem de nutrientes, contribuindo para o aumento da heterogeneidade do ecossistema, processo importante na restauração ecológica. Há estoque de minerais que se depositam durante o crescimento da planta e que são removidos quando morrem, com esse padrão de estocagem e liberação, há ciclagem mineral no ecossistema onde ocorrem (Nadkarni & Matelson 1992, Oliveira 2004).

As bromélias epifíticas são consideradas boas indicadoras das condições climáticas devido a sua completa independência do substrato em termos de água e nutrição mineral. Possuem alta dependência do nível da precipitação e qualidade do ar, assim como da composição dos detritos do dossel para aquisição de nutrientes, o que pode afetar na abundância, riqueza e estrutura das comunidades de epífitas de acordo com o grau de impacto (Gilmartin 1973, Elias 2008).

Muitas espécies possuem um potencial ornamental, como nos gêneros *Aechmea*, *Alcantarea*, *Billbergia*, *Bromelia*, *Guzmania*, *Quesnelia*, *Vriesea* e *Tillandsia*. Espécies como *Ananas lucidus* Miller e *Neoglaziovia variegata* Mez são conhecidas, respectivamente, como produtoras de fibras para a indústria automobilística e têxtil (Louzada 2008, Manetti *et al.* 2009). A espécie *Bromelia antiacantha* Bertol. contém a enzima “bromelina”, muito utilizada na indústria farmacêutica por suas funções anti-helmínticas, anti-inflamatórias e anticancerígenas e também na indústria alimentícia, como amaciante de carnes vermelhas, na produção de cerveja, pães, leite de soja e ovos desidratados (Manetti *et al.* 2009). A espécie *Ananas comosus* (L.) Merr. produz o abacaxi, um fruto conhecido e muito apreciado na alimentação humana que também contém a enzima bromelina (Louzada 2008, Zanella *et al.* 2012). Há ainda estudos sobre o uso de espécies de bromélias na medicina popular para diversas finalidades, desde a utilização de seus frutos, como de suas folhas e raízes (Manetti *et al.* 2009).

1.1 Histórico Taxonômico de Bromeliaceae

A família Bromeliaceae apresenta um histórico taxonômico de várias mudanças até a sua atual classificação. Jussieu (1789) descreveu Bromeliaceae em “*Genera Plantarum*” com base no gênero tipo *Bromelia* que foi descrito por Lineu em “*Species Plantarum*” no mesmo ano. A primeira monografia da família foi publicada por Beer (1857), onde o autor subdividiu-a em três grupos: Bromelieae, Ananassaeae e Diaphoranthemeae, com base na morfologia das inflorescências.

Grisebach (1864) propôs a separação da família em duas tribos: Ananassae e Tillandsiae. Wittmack (1889), reconheceu quatro tribos: “Puyeeae, Bromelieae, Tillandsiae e Pitcarinieae. Mez (1891-1894, 1896) a dividiu em três tribos: Bromelieae, Pitcairnieae e Tillandsiae, reconhecendo apenas três das quatro tribos propostas por Wittmack.

Harms (1930) foi o primeiro a sugerir a divisão de Bromeliaceae em subfamílias, sendo elas: Bromelioideae, Pitcairnioideae, Tillandsioideae e Navioideae. Porém Mez (1934-1935) em “*Das Pflanzenreich - O reino Vegetal*”, sugeriu que Navioideae fosse inclusa como a tribo Naviaeae dentro da subfamília Pitcairnioideae.

Smith & Downs (1974, 1977, 1979) publicaram na “Flora Neotropica” a monografia da família dividida em três volumes, seguindo a mesma divisão proposta por Mez (1934-1935). Cada volume tratou de uma subfamília. Essa ainda é considerada a mais completa obra para a família.

Cronquist (1981) em sua obra “*An Integrated System of Classification of Flowering Plants*” incluiu a família Bromeliaceae na ordem Bromeliales, sendo a única família desta ordem por possuir caracteres morfológicos singulares. De acordo com APG IV (2016), sistema de classificação para as Angiospermas baseado em estudos filogenéticos, Bromeliaceae pertence à ordem Poales, sendo reconhecidas oito subfamílias. Essa classificação foi proposta por Givnish *et al.* (2011) considerando uma análise combinada de dados moleculares já que a subfamília Pitcairnioideae foi comprovada como parafilética. Na proposta dos autores, Bromelioideae e Tillandsioideae se mantêm como grupos monofiléticos e Pitcairnioideae é segregada em seis subfamílias: Pitcairnioideae, Navioideae (reestabelecida), Brocchinioideae, Lindmanioideae, Hechtioideae e Puyoideae.

Bromeliaceae conta com estudos sistemáticos recentes, utilizando análises filogenéticas de dados moleculares e morfológicos, que sustentam o monofiletismo da família, porém há consenso de que parte de seus gêneros não correspondam a grupos monofiléticos, principalmente em Bromelioideae, a maior subfamília de Bromeliaceae, que possui uma grande variedade morfológica em seus representantes. Essa variedade morfológica implica em um alto número de homoplasias o

que dificulta na organização dos grupos naturais (Faria *et al.* 2004a,b, Schulte & Zizka 2008, Sass & Specht 2010).

1.2 Gênero *Aechmea*

Com cerca de 250 espécies (Gouda *et al.* cont. atual), o gênero *Aechmea* Ruiz & Pav. é o maior da subfamília Bromelioideae, historicamente dividido em oito subgêneros: *Aechmea*, *Macrochordion* (de Vriese) Baker, *Ortgiesia* (Regel) Mez, *Platyaechmea* (Baker) Baker, *Pothuava* (Baker) Baker, *Lamprococcus* Beer (Baker), *Podaechmea* Mez e *Chevaliera* (Gaudich. ex. Beer) Baker (Smith & Downs 1979).

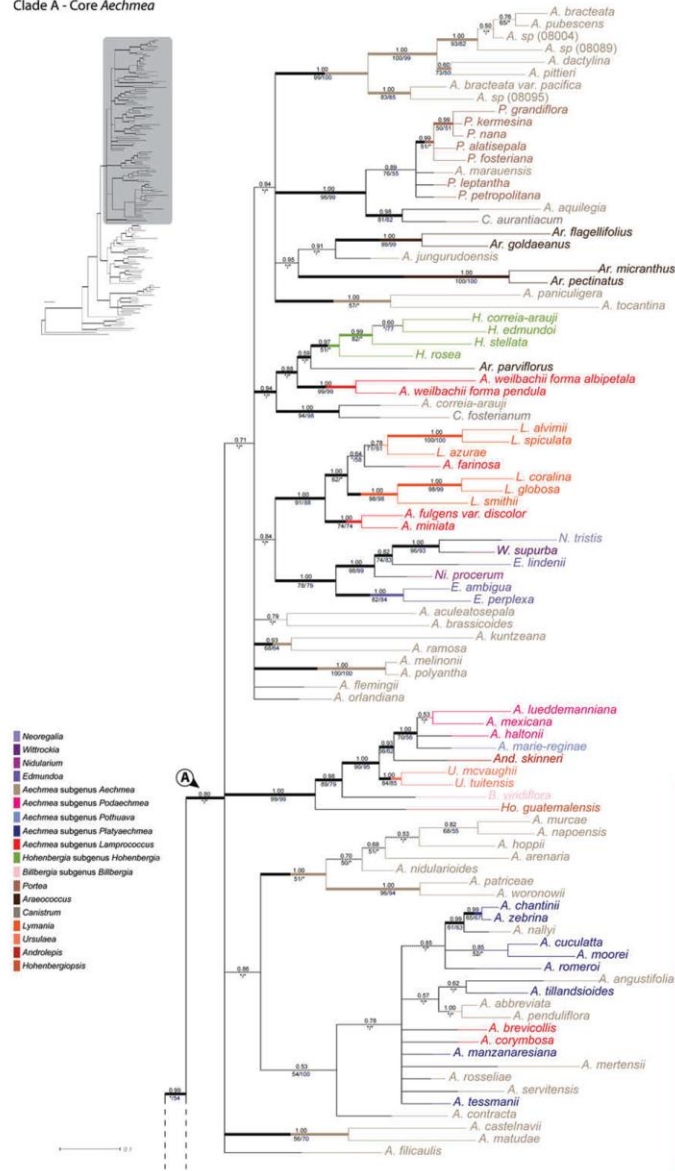
A distribuição das espécies ocorre desde o México e Antilhas até o Uruguai e Norte da Argentina (Reitz 1983). No Brasil, o gênero é representado por 187 espécies, que ocorrem nos mais diversos ambientes, sendo a Mata Atlântica o centro de diversidade para o grupo (Smith 1934, Wanderley & Martins 2007, Flora do Brasil cont. atual.).

As espécies que representam o gênero podem ser epífitas, terrestres ou rupícolas, com folhas coriáceas, às vezes membranáceas, e lepidotas contendo margem serrilhada ou espinosa, e bainha bem desenvolvida, geralmente formando tanque. A inflorescência é muito variável na forma, tendo flores sésseis ou pediceladas e frutos em baga (Wanderley & Martins 2007, Luiz-Santos & Wanderley 2012).

Aechmea é considerado por muitos autores como um gênero de difícil delimitação (Smith & Downs 1979, Faria *et al.* 2004a,b, Wanderley & Martins 2007, Horres *et al.* 2007, Wanderley & Martins 2007, Sass & Specht 2010, Givnish *et al.* 2011, Sousa & Wendt 2011, Silvestro *et al.* 2014, Evans *et al.* 2015), por ser bastante polimórfico em Bromelioideae, incluindo elementos muito discordantes e possuindo espécies mal posicionadas entre seus subgêneros, ou até mesmo no próprio gênero. Nas filogenias realizadas com suas espécies essa problemática se reflete quando os grupos emergem com politomias e baixo suporte nas árvores, e quando o suporte é razoavelmente bom, inclui outras espécies de outros gêneros (Horres *et al.* 2007, Sass & Specht 2010, Givnish *et al.* 2011, Evans *et al.* 2015).

Na filogenia apresentada por Sass & Specht (2010) (Figura 2), que enfatiza o gênero *Aechmea* nos estudos para a família Bromeliaceae, notam-se muitas politomias e diferentes gêneros emergindo juntos às espécies de *Aechmea*.

Clade A - Core Aechmea



Outgroups and Clades B and C

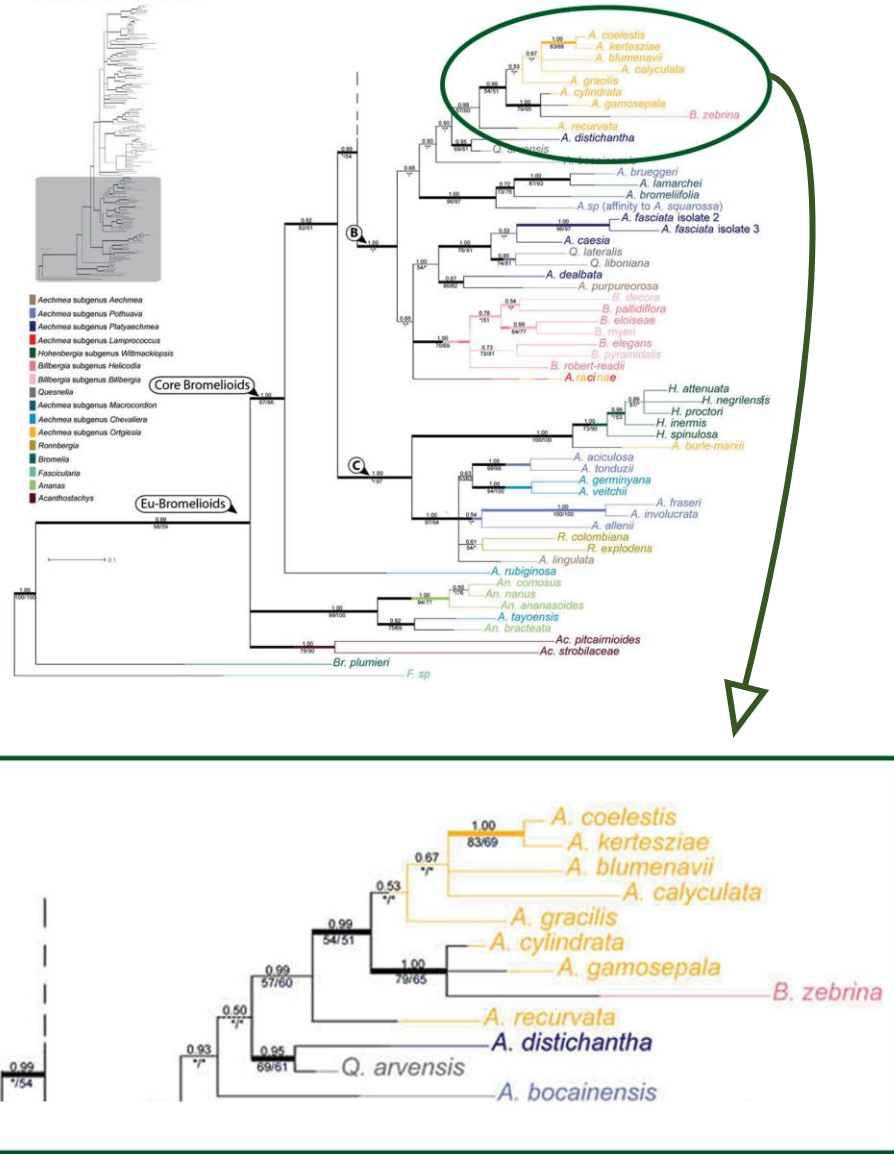


Figura 2. Árvore filogenética de Sass & Specht (2010). Notam-se as politomias. Em amarelo estão as espécies de *Ortgiesia* analisadas pelos autores.

Acredita-se que essa problemática se deve ao fato de que as principais características diagnósticas utilizadas para separar os subgêneros não serem muito consistentes, que são o tipo da inflorescência (simples ou composta), flores sésseis ou raramente pediceladas, simetria das sépalas e morfologia dos apêndices petalinos. Esses caracteres são altamente homoplásticos, o que torna os limites entre as espécies nem sempre muito evidentes (Smith & Downs 1979, Wanderley & Martins 2007, Sass & Spech 2010, Givnish *et al.* 2011, Abondanza 2012, Evans *et al.* 2015).

Schulte & Ziska (2008) e Abondanza (2012) consideraram esses caracteres como muito variáveis dentro de Bromelioideae e até mesmo dentro de uma mesma espécie. Wanderley & Martins (2007) e Goetze *et al.* (2016) corroboraram com essa afirmação já que algumas espécies, como *A. coelestis*, *A. gracilis* e *A. organensis*, do subgênero *Ortgiesia*, formam um grupo de grande plasticidade morfológica, cuja falta de estudos moleculares detalhados em *Ortgiesia* dificulta a avaliação do valor taxonômico de certos caracteres morfológicos.

Faria *et al.* (2004a,b e 2010) apontam a necessidade de revisão quando compararam as delimitações do grupo feitas previamente pelos taxonomistas com a última revisão da família realizada por Smith & Downs (1979). Esses autores mencionaram, por exemplo, espécies de *Ronnbergia* E. Morren & André, *Quesnelia* Gaudich. e *Streptocalyx* Beer aparecendo dentro de chaves de identificação para *Aechmea*. Enfatizaram que os problemas taxonômicos no gênero podem ocorrer devido a limitação nos materiais herborizados de frutos, sementes e flores, consequentemente abreviando as descrições diagnósticas que poderiam ser úteis. Evans *et al.* (2015) também recomendaram que o gênero fosse revisado extensivamente, já que vários estudos mostraram *Aechmea* como altamente polifilético, o que não demonstra ser um grupo natural.

O gênero *Aechmea* conta com revisões de quatro dos seus oito subgêneros: *Pothuava* (Wendt 1997), *Chevaliera* (Sousa *et al.* 2004), *Macrochordion* (Faria 2006) e *Lamproccocus* (Sousa & Wendt 2011). A revisão do subgênero *Ortgiesia* está em andamento pela colaboradora deste trabalho MSc Rebeca Politano Romanini em sua tese de doutorado pela Universidade Estadual de Campinas.

1.3 Subgênero *Ortgiesia*

As espécies do subgênero *Ortgiesia* ocorrem na América do Sul, sendo que a maior parte dessas espécies é de ocorrência restrita ao Brasil. Santa Catarina é o Estado brasileiro reconhecido como o centro da diversidade das espécies do grupo (Goetze *et al.* 2016). São exceções as espécies *Aechmea calyculata* (E. Morren) Baker que também ocorre no leste da Argentina, e *Aechmea recurvata* (Klotzsch) L. B. Sm. que também pode ser encontrada no noroeste do Uruguai, e na região leste da Argentina e Paraguai (Smith & Downs 1979, Goetze *et al.* 2016). A espécie-tipo é a

Ortgiesia tillandsioides Regel (Smith & Downs, 1979) hoje conhecida como *Aechmea recurvata* var. *recurvata* (Klotzsch) L.B. Sm.

O subgênero tem como características inflorescências simples ou compostas, laxas ou densas; brácteas florais não decorrentes e flores sésseis; sépalas mucronadas e parcialmente conatas; pétalas cuculadas de cor amarela ou azul, às vezes rosa, lilás ou branca; folhas coriáceas e lepidotas com margem serrilhada ou espinescente a quase inermes e bainha bem desenvolvida, geralmente formando tanque. Porém as principais características são a combinação de sépalas mucronadas e conatas e pétalas cuculadas que as distinguem das espécies dos demais subgêneros (Smith & Downs 1979, R. P. Romanini comunicação pessoal).

As espécies estudadas neste trabalho são do Brasil (Tabela 1), ocorrendo na faixa litorânea entre os Estados do Espírito Santo e Rio Grande do Sul, no domínio da Mata Atlântica, em florestas, restingas ou manguezais (Smith & Downs, 1979) (Figura 3).

Tabela 1. Distribuição das espécies estudadas.

Espécies	Distribuição
1. <i>Aechmea blumenavii</i> Reitz	Endêmica, SC
2. <i>Aechmea calyculata</i> (E. Morren) Baker	SC, RS, Argentina e Paraguai
3. <i>Aechmea caudata</i> Lindm.	SP, PR, SC
4. <i>Aechmea coelestis</i> (K. Koch) E. Morren	ES, RJ, MG, SP, PR
5. <i>Aechmea comata</i> Baker	Endêmica, SC
6. <i>Aechmea cylindrata</i> Lindm.	SP, PR, SC
7. <i>Aechmea gamosepala</i> Wittm.	PR, SC, RS
8. <i>Aechmea gracilis</i> Lindm.	SP, PR
9. <i>Aechmea kertesziae</i> Reitz	Endêmica, SC
10. <i>Aechmea kleinii</i> Reitz	Endêmica, SC
11. <i>Aechmea organensis</i> Wawra	RJ, SP, PR
12. <i>Aechmea pimenti-velosoi</i> Reitz	Endêmica, SC
13. <i>Aechmea recurvata</i> (Klotzsch) L.B. Sm.	SP, PR, SC, RS, Argentina
14. <i>Aechmea winkleri</i> Reitz	SC, RS
15. <i>Aechmea</i> sp1	SP, PR
16. <i>Aechmea</i> sp2	SC

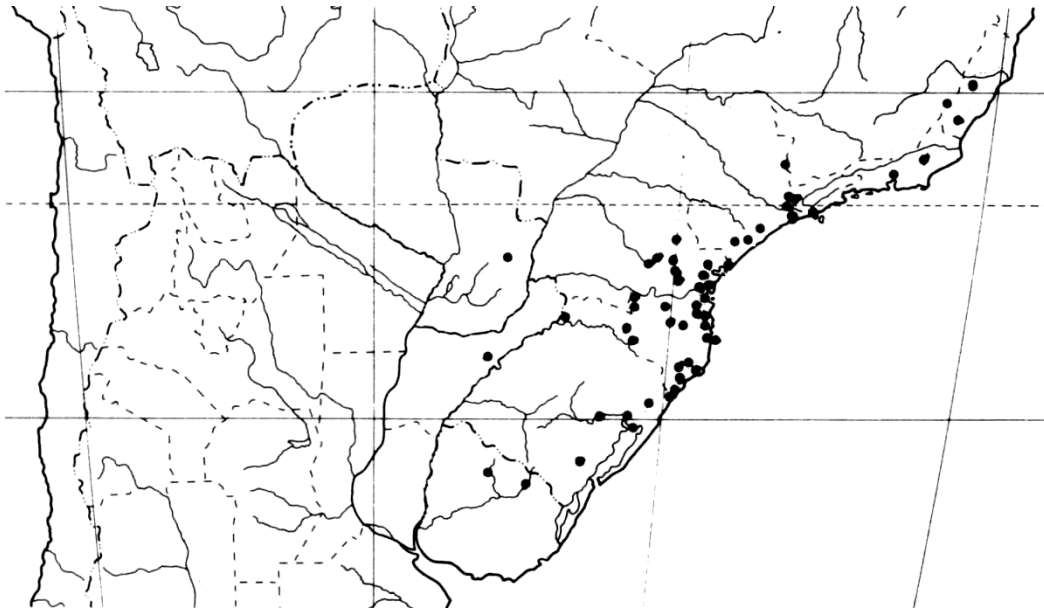


Figura 3. Mapa de distribuição das espécies do subgênero *Ortgiesia* no Brasil (Smith & Downs 1979, modificado).

O subgênero é tratado como um grupo natural por Horres *et al.* (2007), Schulte & Zizka (2008), Silvestro *et al.* (2014), Evans *et al.* (2015) e Goetze *et al.* (2016), com todos os representantes de *Ortgiesia* que foram analisados pelos autores em cada um dos estudos, emergindo no mesmo clado. Nos estudos de Silvestro *et al.* (2014) a espécie *A. racinae* L.B.Sm. emerge no mesmo clado juntamente às espécies do subgênero *Ortgiesia*, porém esta espécie pertence ao subgênero *Lamprococcus*. O subgênero é tratado como parafilético por Sass & Specht (2010), pelo fato de suas espécies emergirem juntas com a presença de uma espécie de outro gênero, *Billbergia zebrina* (Herb.) Lindl. (Figura 4).

Goetze *et al.* (2016) confirmaram que o grupo é natural, porém apenas três, das 14 espécies estudadas pelas autoras foram recuperadas como linhagens monofiléticas, e destes três clusters, somente *A. recurvata* recebeu bom suporte estatístico nas filogenias. Os autores justificaram a falta de suporte pela recente diversificação do grupo a 2,5 Ma.

Os estudos filogenéticos moleculares incluem poucos representantes do subgênero *Ortgiesia*, porém verifica-se que há uma estreita relação filogenética entre a maioria das espécies investigadas, mesmo que alguns dos estudos apresentarem presença de espécies de outros subgêneros de *Aechmea* e de outros gêneros dentro da subfamília Bromelioideae que também se aninharam no mesmo clado de *Ortgiesia*, como *Aechmea racinae* L.B.Sm. (subgênero *Lamprococcus*) nos estudos de Silvestro *et al.* (2014) e *Billbergia zebrina* Lindl., nos estudos de Sass & Specht (2010). *Ortgiesia* continua como um subgênero pouco esclarecido e limitado em reconstruções filogenéticas (Horres *et al.* 2007; Schulte *et al.* 2005, Schulte & Zizka 2008, Schulte *et al.* 2009, Sass & Specht 2010, Silvestro *et al.* 2014, Goetze *et al.* 2016).

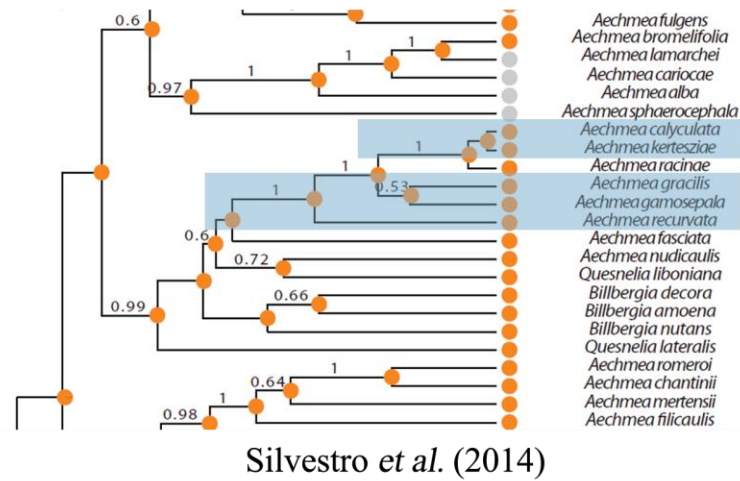
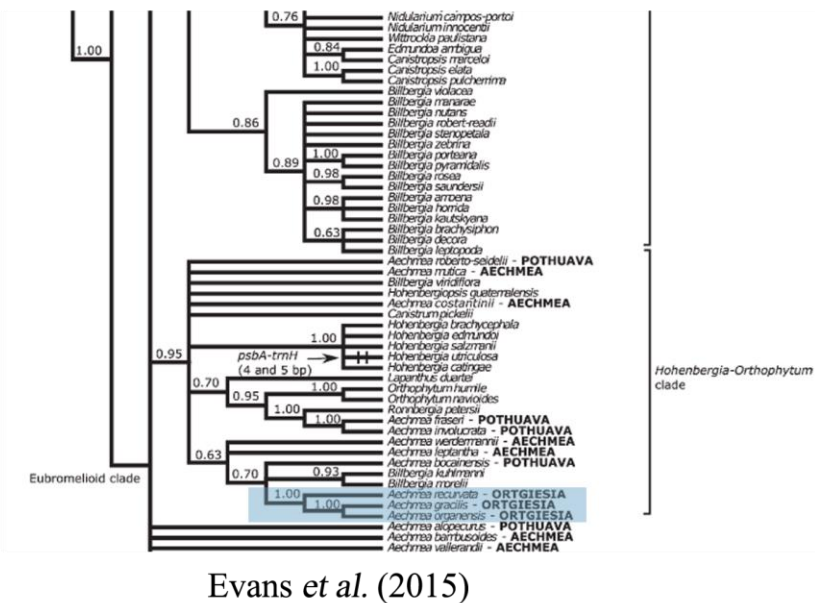
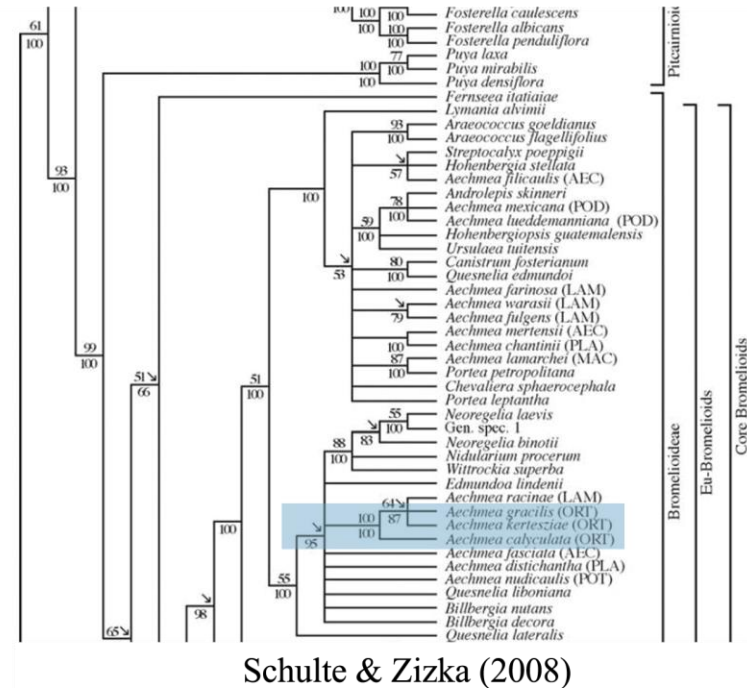
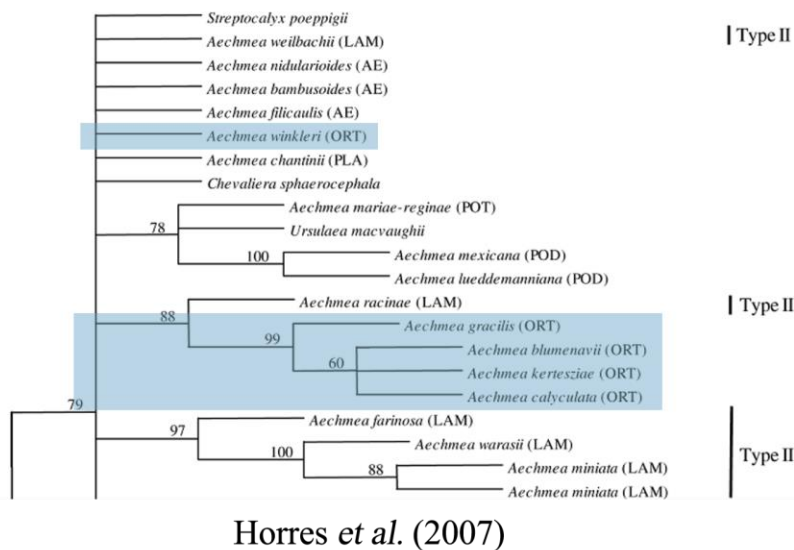


Figura 4. Árvores com cortes enfatizando (em azul) as espécies de *Orgiesia*. Diversos autores (modificado).

2. Análises palinológicas em Bromeliaceae e gênero *Aechmea*

Bromeliaceae é considerada uma família euripolínica, ou seja, com ampla variação na morfologia polínica, cujos grãos de pólen são, em geral, dispostos em mônades ou mais raramente em tétrades, apresentando padrões diferenciados de aberturas, ocorrendo grãos de pólen em geral monossulcados ou ainda inaperturados, 2-porados a pantoporados. A exina pode ser psilada, rugulada, reticulada ou foveolada (Erdtman 1952, Erdtman & Praglowski 1974, Halbritter 1992, Halbritter & Till 1998, Furness & Rudall, 2001, Judd *et al.* 2002).

Quando comparados aos grãos de pólen de outras famílias de monocotiledôneas, os grãos de pólen de Bromeliaceae são pouco conhecidos, já que poucos representantes da flora brasileira foram estudados palinologicamente, flora esta que representa uma grande diversidade com relação às espécies descritas (Wanderley & Melhem 1991, Halbritter 1992, Tardivo & Rodrigues 1998, Moreira *et al.* 2005).

As análises filogenéticas dos grãos de pólen estão sendo consideradas em vários trabalhos recentes dentro das Angiospermas, principalmente dentro das monocotiledôneas (Furness & Rudall 2001, Thornhill & Crisp 2012, Fourny *et al.* 2013, Tuler *et al.* 2017). Dados morfológicos dos grãos de pólen são considerados relevantes em análises filogenéticas com potencial para definir clados dentro da família Bromeliaceae (Harley & Zavada 2000, Aguirre-Santoro *et al.* 2016, Santos 2016).

Harley & Zavada (2000) estudaram alguns caracteres polínicos para uso em análises cladísticas, como o tipo de abertura; forma, simetria e polaridade; composição química da parede; caracteres da exina; ultraestrutura da esporoderme; microsporogênese e dispersão.

Para Luz (2013) os detalhes estruturais e esculturais da exina e padrões das aberturas dos grãos de pólen são muito conservativos, ao mesmo tempo são muito variados, auxiliando na distinção taxonômica. Caracteres mais conservativos são os que estão sujeitos a mudanças mais lentas ou que são mantidos na mesma linha evolutiva (Benzing 2006). O número de aberturas e o padrão de ornamentação da exina são úteis para delimitação taxonômica na família Bromeliaceae, com isso, a Palinologia auxilia no entendimento das relações com base nos padrões polínicos evidenciando a similaridade morfológica entre táxons considerados afins e, por outro lado, demonstra a riqueza de variabilidade em outros grupos.

Uma combinação de características morfológicas e estruturais distintas geralmente se refere a um determinado gênero ou espécie. Sendo assim, as características como forma e tamanho dos grãos de pólen possuem grande valor taxonômico sendo tão importantes quanto qualquer outro caráter morfológico. Com isso, mesmo características muito discretas podem representar um exemplo de valor sistemático (Moreira 2007, Luz 2013, Halbritter *et al.* 2018). Porém são menos utilizadas em Bromeliaceae, já que esses caracteres são instáveis devido às acomodações que os

grãos de pólen sofrem durante a acetólise, e durante sua formação no ambiente, o que pode causar diferenças na constrição das aberturas, interferindo na forma e no tamanho dos grãos de pólen (Halbritter *et al.* 2018). Como menciona Halbritter *et al.* (2018), uma análise mais detalhada da morfologia das plantas comparada à morfologia polínica juntamente a dados da ecologia e da citogenética dos espécimes, poderia indicar alguma relação entre essas variações de ornamentação e número de aberturas polínicas. Luz (2013) sugere que a morfologia do pólen deveria ser utilizada na Taxonomia juntamente a os outros caracteres florais. Quando criticamente avaliadas, essas características polínicas podem ser úteis para a sistemática apoiando ou contradizendo os resultados dos estudos moleculares.

A utilização da microscopia de luz (LM) e eletrônica de varredura (MEV) são fundamentais para as análises morfológicas dos grãos de pólen que, associadas às análises multivariadas, torna possível mapear os caracteres e auxiliar no estudo dos grupos taxonômicos. Esse tipo de análise considera uma grande possibilidade de variáveis de acordo com os dados morfológicos obtidos que podem ser considerados simultaneamente permitindo tratar os dados estatisticamente, organizando e descrevendo os dados qualitativos e quantitativos obtidos (James & Mcculloch 1990, Tuler *et al.* 2017).

Mez (1891-1894) foi quem utilizou a morfologia polínica na sistemática de Bromeliaceae pela primeira vez, quando o autor dividiu a família em três subfamílias com base na morfologia polínica: Pitcairnioideae e Tillandsioideae são estenopolínicas, possuindo grãos de pólen monossulcados e Bromelioideae é euripolínica. Com base no padrão das aberturas dos grãos de pólen, a subfamília Bromelioideae foi dividida em três tribos “Integrae”, com grãos de pólen inaperturados; “Poratae”, com grãos porados e “Sulcatae” com grãos sulcados.

A contribuição de Erdtman (1952) foi significativa para a palinologia da família, já que foram analisadas 120 espécies incluídas em 35 gêneros, abrangendo 13 espécies de *Aechmea*. Somente a partir de 1970 é que surgiram mais trabalhos sobre os grãos de pólen em Bromeliaceae utilizando microscopia óptica e de varredura. Ehler & Schill (1973) analisaram 217 espécies pertencentes a 39 gêneros, utilizando tanto microscopia óptica quanto microscopia eletrônica de varredura. Dentre os estudos dos autores, os grãos de pólen foram classificados em três tipos com base no padrão de abertura e ornamentação da exina, sendo eles: monossulcados com padrão irregular dos colpos (tipo *Cryptanthus* Otto & A. Dietrich), monossulcados com o tamanho dos sulcos quase tão longos quanto o tamanho dos grãos de pólen (tipo *Tillandsia* L.) e os bi a poliporados, que foram os grãos de pólen do tipo *Aechmea*.

Erdtman & Praglowski (1974) analisaram 125 espécies pertencentes a 40 gêneros, dividindo os grãos de pólen em dois grupos: os monossulcados e os porados. Zavada (1983) estudou 18

famílias de monocotiledôneas, incluindo apenas uma espécie do gênero *Billbergia* da família Bromeliaceae.

Wanderley & Melhem (1991) estudaram 30 espécies de Bromeliaceae da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga em São Paulo, incluídas em nove gêneros, sendo uma espécie de *Aechmea*, *A. coelestis*, que também foi estudada no presente trabalho. Halbritter (1992) estudou sob microscopia eletrônica de varredura 338 espécies de 31 gêneros com ênfase na abertura dos grãos de pólen, sendo abordadas 42 espécies do gênero *Aechmea*, sendo que cinco espécies também são estudadas mais detalhadamente neste trabalho (*A. blumenavii*, *A. calyculata*, *A. caudata*, *A. coelestis* e *A. recurvata*). No ano seguinte, Halbritter & Hesse (1993) estudaram sete espécies de Bromeliaceae.

Sousa *et al.* (1997) estudaram a morfologia polínica de 10 espécies do gênero *Aechmea* agrupadas em três subgêneros: *Aechmea*, *Lamprococcus* e *Chevaliera*. Halbritter & Till (1998) com base na microscopia eletrônica de varredura, analisaram algumas espécies de *Aechmea*, *Canistrum*, *Neoregelia*, *Nidularium* (inclusive *Canistropsis*) e *Witrockia*.

Forzza & Wanderley (1998) analisaram a morfologia polínica de oito espécies da subfamília Pitcairnioideae da Serra do Cipó, estado de Minas Gerais, Brasil. No mesmo ano, Tardivo & Rodrigues (1998) analisaram sob microscopia eletrônica de varredura seis espécies de *Nidularium* e duas espécies de *Canistrum*. Vieira (1999), contribuiu para a palinologia da família, estudando onze espécies do gênero *Quesnelia* do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Tardivo (2002) estudou algumas espécies do gênero *Tillandsia* subgênero *Anoplophytum*. Costa (2002) estudou em sua tese de doutorado, cinco táxons pertencentes a um complexo de espécies relacionadas à espécie *Vriesea paraibica*. Melhem *et al.* (2003) estudaram a morfologia polínica de oito espécies de cinco gêneros de Bromeliaceae de Campos de Jordão (São Paulo). Vervaeke *et al.* (2003) analisaram o pólen de seis cultivares representando quatro gêneros de Bromeliaceae, incluindo duas espécies do gênero *Aechmea* (*Aechmea fasciata* e *A. chantinii*). Coffani-Nunes (2004) analisaram sete espécies do gênero *Portea*, encontrando grãos de pólen pantoporados. No mesmo ano, Sousa (2004) fez a revisão do subgênero *Chevaliera* pertencente ao gênero *Aechmea* estudando, também, a morfologia polínica de 21 espécies. Souza *et al.* (2004) analisaram 12 espécies dentro das subfamílias Pitcairnioideae e Tillandsioideae do Rio de Janeiro, Brasil.

Forzza (2005) analisou as características polínicas quanto ao tipo de abertura monossulcada e sexina reticulada do gênero *Encholirium* que pertence à subfamília Pitcairnioideae. Moreira *et al.* (2005) analisaram uma espécie de *Neoregelia* e seis espécies de *Nidularium* do Estado de São Paulo. Sajo *et al.* (2005), através das análises de microsporogênese e desenvolvimento da antera, confirmaram o tipo polínico das subfamílias Tillandsioideae e Pitcairnioideae, sendo essas

monossulcadas e Bromelioideae, sendo porada. Moreira (2007), em sua tese de doutorado sobre palinotaxonomia, estudou 55 espécies distribuídas em 17 gêneros do Estado de São Paulo sendo que dentre estas espécies, 10 são do gênero *Aechmea* e cinco pertencem ao subgênero *Ortgiesia* e também estão sendo tratadas no presente trabalho (*Aechmea caudata*, *A. coelestis*, *A. cylindrata*, *A. organensis* e *A. sp.*).

Souza (2013) analisou e incluiu as mensurações dos diâmetros polar e equatorial realizadas em 25 grãos de pólen de 18 espécies pertencentes a quatro gêneros de Bromelioideae e Tillandsioideae, dentre essas espécies, cinco pertenciam ao gênero *Aechmea*. Salomão (2013) analisou grãos de pólen de *Dyckia distachya* Hassler preparados pela ACLAC 60 (acetólise lática), observando tamanho médio, aberturas monossulcadas e ornamentação reticulada.

Kolomiyets (2014), com auxílio de microscopia eletrônica de varredura, descreveu os grãos de pólen como monossulcados com exina reticulada de quatro espécies de *Billbergia*. Sousa e Wanderley (2014) mencionam o tipo polínico de uma espécie nova de *Aechmea*, *A. prasinata* com grãos de pólen monossulcados de exina rugulada-perfurada, tipo condizente com o subgênero *Chevaliera* ao qual as autoras introduziram a espécie. Santa-Rosa (2015) estudou o desenvolvimento floral e do óvulo abrangendo aspectos da reprodução mencionando os tipos polínicos de duas espécies de *Aechmea* e duas espécies de *Vriesea*, sendo *A. gamosepala* também estudada neste trabalho. Versieux & Wanderley (2015) estudaram a morfologia dos grãos de pólen de 10 espécies do gênero *Alcantarea* utilizando microscopia eletrônica de varredura.

Santos (2016) apresentou em sua dissertação de mestrado um estudo palinológico de 19 espécies de *Alcantarea* e 17 espécies de *Vriesea*, onde observa que as características polínicas podem auxiliar nos estudos taxonômicos e na separação dos dois grupos analisados, já que conseguiu separar os gêneros após verificar características secundárias da ornamentação da exina. Posteriormente, Santos *et al.* (2018) publicaram esses resultados para *Alcantarea*.

Silva *et al.* (2016) estudaram 16 espécies de oito gêneros de Bromeliaceae, sendo três espécies do gênero *Aechmea*. Mougá *et al.* (2017) analisaram apenas duas espécies de *Dickia*. Souza *et al.* (2017) estudaram 18 espécies, sendo quatro pertencentes ao gênero *Aechmea*. Os dados sobre grãos de pólen de espécies do gênero *Aechmea* advindos do bando de dados do Paldat (www.paldat.org) informam que foram analisadas 70 espécies do gênero, sendo que apenas cinco pertencem ao subgênero *Ortgiesia* e também são abordadas neste trabalho (*A. calyculata*, *A. caudata*, *A. comata*, *A. cylindrata* e *A. recurvata*) (Halbritter 2016, 2017).

Muitos dos trabalhos realizados foram resultado de dissertações e teses e abrangem vários gêneros das subfamílias de Bromeliaceae (Wanderley & Melhem 1991, Halbritter 1992, Halbritter 1997, Sousa *et al.* 1997, Forzza & Wanderley 1998, Tardivo & Rodrigues 1998, Vieira 1999, Sousa & Wanderley 2000, Faria 2002, Tardivo 2002, Costa 2002, Melhem *et al.* 2003, Coffani-Nunes

2004, Sousa 2004, Souza *et al.* 2004, Moreira *et al.* 2005, Forzza 2005, Moreira 2007, Louzada & Wanderley 2010, Sousa & Wendt 2011, Souza 2013, Santa-Rosa 2015, Santos 2016, Silva *et al.* 2016, Souza *et al.* 2017).

Com relação ao gênero *Aechmea*, há estudos sobre a morfologia polínica em 13 das referências citadas acima (Ehler & Schill 1973, Halbritter 1992, Halbritter 1997, Sousa *et al.* 1997, Halbritter & Till 1998, Faria 2002, Vervaeke *et al.* 2003, Sousa 2004, Moreira 2007, Sousa & Wendt 2011, Souza 2013, Sousa & Wanderley 2014, Silva *et al.* 2016), porém a maioria não abrange a totalidade de informações quantitativas que os grãos de pólen podem oferecer, resumindo-se à microscopia eletrônica de varredura para a verificação dos padrões de abertura. Dentre esses, o subgênero *Ortgiesia* possui poucos estudos palinológicos, não abrangendo todo o grupo, com apenas dados polínicos para nove das 20 espécies reconhecidas atualmente (*A. blumenavii*, *A. calyculata*, *A. caudata*, *A. coelestis*, *A. comata*, *A. cylindrata*, *A. organensis*, *A. recurvata* e *A. sp*) (Ehler & Schill 1973, Wanderley e Melhem 1991, Halbritter 1992, Moreira 2007, Santa-Rosa 2015, PalDat cont. atual.), sendo que apenas cinco espécies possuem dados de microscopia óptica e eletrônica de varredura combinados com análises estatísticas (Moreira 2007).

Dentro do gênero *Aechmea*, Faria (2002) menciona uma grande variedade de tipos de grãos de pólen, podendo ser observados todos os tipos encontrados para a família e ainda afirma que o caráter abertura é homoplástico, ou seja, ocorre várias vezes no mesmo cladograma. Furness & Rudall (1999) citam os diversos tipos de abertura nas diferentes espécies de *Aechmea*, como: inaperturado, sulcado com membrana do tipo difusa, sulcado com membrana do tipo insulada, 2,3,4-porados ou poliporado/pantoporado.

3. Objetivos e Justificativa

Esse estudo teve como objetivo reconhecer os padrões da morfologia polínica das espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*, pertencentes à família Bromeliaceae buscando reconhecer caracteres polínicos de valor taxonômico, visando auxiliar nas futuras análises filogenéticas do grupo.

Nota-se que os caracteres e a delimitação infragenérica em *Aechmea* são um tanto quanto problemáticos, sendo assim, estudos de diversas áreas da sistemática, principalmente os palinológicos, tornam-se ferramentas importantes para verificar e definir os grupos naturais na família, além de auxiliar a elucidar a complexa circunscrição genérica atual em Bromeliaceae (Moreira 2007).

O subgênero *Ortgiesia* foi escolhido baseando-se em sua quase que exclusividade no Brasil e na grande ocorrência nos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, no domínio da Mata Atlântica, e devido aos poucos estudos palinológicos com as espécies deste subgênero.

Para atingir este objetivo geral a dissertação conta com um capítulo formatado para ser submetido no periódico Grana (Suécia) onde a morfologia polínica de 16 espécies de *Aechmea* foi abordada utilizando-se análises estatísticas multivariadas com o intuito de avaliar a significância das semelhanças polínicas na definição dos tipos polínicos e dessa forma contribuir para a taxonomia infragenérica. O capítulo está intitulado conforme segue:

Capítulo 1: Palinotaxonomia de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* (Regel) Mez (Bromeliaceae - Bromelioideae)

4. Literatura Citada

- Abondanza, B.F.** 2012. Estudos populacionais do complexo *Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren (Bromeliaceae). Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.
- Aguirre-Santoro, J., Michelangeli, F.A. & Stevenson, D.W.** 2016. Molecular phylogenetics of the Ronnbergia Alliance (Bromeliaceae, Bromelioideae) and insights into their morphological evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 100: 1–20.
- APG IV.** 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–20.
- Beer, J.G.** 1857. Die familie der Bromeliaceen. Tendler & Comp., Wien.
- Benzing, D.H.** 2000. Bromeliaceae: profile an adaptative radiation. Cambridge University Press. New York.
- Benzing, D.H.** 2006. What is that Plant Taxonomists Do? *Journal of Bromeliad Society* 56: 156–162.
- Buzato, S., Sazima, M. & Sazima, I.** 2000. Hummingbird–pollinated floras at three Atlantic forest sites. *Biotropica* 32(4): 824-841.
- Coffani-Nunes, J.V.** 2004. Revisão taxonômica e filogenia de *Portea* Brongn. ex K. Koch (Bromelioideae-Bromeliaceae). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Costa, A.F.** 2002. Revisão taxonômica do complexo *Vriesea paraibica* Wawra (Bromeliaceae). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Crayn, D.M., Winter, K. & Smith, A.C.** 2004. Multiple origins of crassulacean acid metabolism and the epiphytic habit in the neotropical family Bromeliaceae *PNAS* 101: 3703-3708.

- Cronquist, A.** 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York.
- Ehler, N. & Schill, R.** 1973. Die Pollenmorphologie der Bromeliaceae. *Pollen et Spores* 15: 13-45.
- Elias, C.** 2008. Amostragem sustentável de bromélias nativas para estudos ambientais em unidades de conservação. Dissertação de Mestrado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Erdtman, G.** 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms. Almqvist and Wiksell, Stockholm.
- Erdtman, G. & Pragowski, K.** 1974. A note on pollen morphology. In: L.B. Smith & R.J. Downs (eds.). *Flora Neotropica* 14: 28-33.
- Evans, T.M., Jabaily, R.S., Faria, A.P.G., Sousa, L.O.F., Wendt, T. & Brown, G.K.** 2015. Phylogenetic relationships in Bromeliaceae subfamily Bromelioideae based on Plastid DNA sequence data. *Systematic Botany* 40:116–128.
- Faria, A.P.G.** 2002. Reavaliação dos limites genéricos de *Aechmea* Ruiz & Pav. e gêneros relacionados (Bromelioideae-Bromeliaceae). Dissertação de Mestrado. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Faria, A.P.G.** 2006. Revisão taxonômica e filogenia de *Aechmea* Ruiz & Pav. subg. *Macrochordion* (De Vriese) Baker Bromelioideae – Bromeliaceae. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Faria, A.P.G., Wendt, T. & Brown, G.K.** 2004a. Cladistic relationships of *Aechmea* (Bromeliaceae, Bromelioideae) and allied genera. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 91: 303-319.
- Faria, A.P.G., Wendt, T. & Brown, G.** 2004b. Insights on the phylogenetic relationships of *Aechmea* and related genera in Subfamily Bromelioideae. *Journal of Bromeliad Society* 54:145-192.
- Faria, A.P.G., Wendt, T. & Brown, G.K.** 2010. A revision of *Aechmea* subgenus *Macrochordion* (Bromeliaceae) based on phenetic analyses of morphological variation. *Botanical Journal of Linnean Society* 162:1-27.
- Flora do Brasil 2020 (cont. atual).** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5753>. Acessado em: 15 fev. 2019.
- Flora do Brasil 2020 (cont. atual).** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB66>. Acessado em: 15 fev. 2019.
- Forzza, R.C.** 2005. Revisão taxonômica de *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Pitcairnoideae - Bromeliaceae). *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 23: 1-49.

- Forzza, R.C. & Wanderley, M.G.L.** 1998. Considerações sobre a morfologia polínica de *Dyckia*, *Encholirium* e *Pitcairnia*. *Bromelia* 5: 50-53.
- Fourny, A.C.S., Carrijo, T.T., Mendonça, C.B.F. & Gonçalves-Esteves, V.** 2013. Palinologia de espécies de Primulaceae aplicada à Sistemática. Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica. Belo Horizonte.
- Frazão, J.G. dos S.** 2006. Contribuição de Características Citogenéticas e Moleculares à Sistemática de Bromeliaceae. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Furness, C.A. & Rudall, P.J.** 1999. Microsporogenesis in monocotyledons. *Annals of Botany* 84: 475-499.
- Furness, C.A. & Rudall, P.J.** 2001. Pollen and anther characters in monocot systematics *Grana* 40: 17-25.
- Gilmartin, A.J.** 1973. Transandean Distributions of Bromeliaceae in Ecuador. *Ecology* 54(6): 1389-1393.
- Gilmartin, A.J. & Brown, G.K.** 1987. Bromeliales, related monocots, and resolution of relationships among Bromeliaceae subfamilies. *Systematic Botany* 14: 493-500.
- Givnish, T.J., Millam, K.C., Evans, T.M., Hall, J.C., Pires, J.C., Berry, P.E. & Sytsma, K.J.** 2004. Ancient vicariance or recent long-distance dispersal: Inferences about phylogeny and South American African disjunctions in Rapateaceae and Bromeliaceae based on *ndhf* sequence data. *International Journal of Plants Science* 165: S35-S54.
- Givnish, T.J., Barfuss, M.H.J., Van E.B., Riina, R., Schulte, K., Horres, R., Gonsiska, P. A., Jabaily, R.S., Crayn, D.M., Smith, J.A.C., Winter, K., Brown, G.K., Evans, T. M., Holst, B.K., Luther, H., Till, W., Zizka, G., Berry, P.E. & Sytsma, K.J.** 2011. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny. *American Journal of Botany* 98: 872-895.
- Givnish, T.J., Barfuss, M.H.J., Ee, B.V., Riina, R., Schulte, K., Horres, R., Gonsiska, P.A., Jabaily, R.S., Crayn, D.M., Smith, J.A., Winter, K., Brown, G., Evans, T.M., Holst, B.K., Luther, H., Till, W., Zizka, G., Berry, P.E. & Sytsma, K.J.** 2014. Adaptive radiation, correlated and contingent evolution, and net species diversification in Bromeliaceae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 71: 55-78.
- Goetze, M., Schulte, K., Palma-Silva, C., Zanella, C.M., Büttow, M.V., Capra, F. & Bered, F.** 2016. Diversification of Bromelioideae (Bromeliaceae) in the Brazilian Atlantic rainforest: a case study in *Aechmea* subgenus *Ortgiesia*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 98: 346–357.

- Gouda, E.J., Butcher, D. & Gouda, C.S.** (cont.updated) Encyclopaedia of Bromeliads, Version 4 (2018). Disponível em: <http://bromeliad.nl/encyclopedia/>. University Botanic Gardens, Utrecht. Acessado em: jan. 2019.
- Grisebach, A.H.R.** 1864. Flora of the British West Indian Islands. London: Lovell Reeve.
- Halbritter, H.** 1992. Morphologie und Systematische Bedeutung des Pollens der Bromeliaceae. Grana 31:197-212.
- Halbritter, H.** 2016. *Aechmea calyculata*. In: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Aechmea_calyculata/300377. Acessado em: 28 jan. 2019.
- Halbritter, H.** 2016. *Aechmea caudata*. In: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Aechmea_caudata/302080. Acessado em: 28 jan. 2019.
- Halbritter, H.** 2016. *Aechmea cylindrata*. In: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Aechmea_cylindrata/300777. Acessado em: 28 jan. 2019.
- Halbritter, H.** 2016. *Aechmea recurvata*. In: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Aechmea_recurvata/301204. Acessado em: 28 jan. 2019.
- Halbritter, H.** 2017. *Aechmea comata*. In: PalDat - A palynological database. https://www.paldat.org/pub/Aechmea_comata/303020. Acessado em: 28 jan. 2019.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M. & Frosch-Radivo, A.** 2018. Illustrated Pollen Terminology. 2ed. Springer. Vienna: Austria.
- Halbritter, H. & Hesse, M.** 1993. Sulcus morphology in some monocot families. Grana 32: 87-99.
- Halbritter, H. & Till, W.** 1998. Morfologia Polínica do Complexo Nidulariíode. In: M.V. Pereira (ed.) Bromélias da Mata Atlântica. Salamandra, Rio de Janeiro, pp. 114-121.
- Harley, M.M. & Zavada, M.S.** 2000. Pollen of the monocotyledons: selecting characters for cladistic analysis. In: K.L. Wilson & D.A. Morrison (eds.) Systematics and evolution of monocots. Proceedings of the 2nd International Monocot Symposium. CSIRO, Melbourne, pp. 194-213.
- Harms, H.** 1930. Bromeliaceae. In: H.G.A. Engler & K.A.E. Prantl. Die Natürlichen Pflanzenfamilien. 2nd ed. Wilhem Engelman, Leipzig, pp. 65-159.
- Horres, R., Schulte, K., Weising, K. & Zizka, G.** 2007. Systematics of Bromelioideae (Bromeliaceae) – evidence from molecular and anatomical studies. Aliso 23: 27-43.
- James, F.C. & Mcculloch, C.E.** 1990. Multivariate Analysis in Ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box? Annual Review of Ecology and Systematics 21: 129-66.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. & Stevens, P.F.** 2002. Plant systematics: a phylogenetic approach. 2 ed. Sinauer Associates, Sunderland.

- Jussieu, A.L.** 1789. Genera plantarum secundum ordines naturales disposita, juxta methodum in horto regio parisiensi exaratum. Herrisant, Paris.
- Kamke, R.** 2009. Polinização por abelhas em *Aechmea caudata* Lindm. uma bromélia com características ornitófilas, na ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 45 p.
- Kolomiyets, T.** 2014. Morphology of pollen of some representatives of the genus *Billbergia* Thunb. (Bromeliaceae Juss.). *Modern Phytomorphology* 6: 243-249.
- Linder, H.P. & Rudall, P.** 2005. Evolutionary History of Poales. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36: 107-124.
- Louzada, R.B.** 2008. Taxonomia e Citogenética das Espécies de Inflorescência Sésstil do Gênero *Orthophytum* Beer (Bromeliaceae). Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo.
- Louzada, R.B. & Wanderley, M.G.L.** 2010. Revision of *Orthophytum* (Bromeliaceae): the species with sessile inflorescences. *Phytotaxa* 13: 1-26.
- Luiz-Santos, A. & Wanderley, M.G.L.** 2012. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Bromeliaceae – Bromelioideae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 30(2): 89-107.
- Luz, C.F.P.** 2013. Contribuição da Palinologia à Sistemática de Bromeliaceae e Xyridaceae. Workshop Estudos Interdisciplinares em Bromeliaceae e Xyridaceae, Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.
- Manetti, L.M., Delaporte, R.H. & Laverde Jr., A.** 2009. *Química Nova* 32(7): 1885-1897.
- Martinelli, G., Vieira, C.M., Gonzalez, M., Leitman, P., Piratininga, A., Costa, A.F. & Forzza, R.C.** 2008. Bromeliaceae da Mata Atlântica Brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia* 59: 209-258.
- Melhem, T.S., Cruz-Barros, M.A.V., Corrêa, A.M.S., Makino-Watanabe, H., Silvestre Capelato, M.S.F. & Gonçalves-Esteves, V.** 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo* 16: 1-104.
- Mez, C.** 1894. Bromeliaceae. *In*: C.F.P. Martius, A.W. Eichler & I. Urban (ed.). *Flora Brasiliensis*. München, Wien, Leipzig, v. 3, pp. 172-634.
- Mez, C.** 1896. Bromeliaceae. *In*: C.D. Candolle (ed.). *Monographiae Phanerogamarum prodromi nunc continuation, nun revisio*. Sumptibus Masson & C., Parisiis.
- Mez, C.** 1934-1935. Bromeliaceae. *In*: H.G.A. Engler (ed.). *Das Pflanzenreich Regni Vegetabilis Conspectus*. Wilhelm Engelmann, Berlin, 4, pp. 1-667.
- Moreira, B.A.** 2007. Palinotaxomia da família Bromeliaceae do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Botânica, São Paulo.

- Moreira, B.A., Cruz-Barros, M.A.V. & Wanderley, M.G.L.** 2005. Morfologia polínica de algumas espécies dos gêneros *Neoregelia* L.B. Sm. e *Nidularium* Lem. (Bromeliaceae) do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 61-70.
- Mouga, D.M.D.S., Possamai, B.T., Dec, E. & Silva, S.M.C.** 2017. Pollinic characterization of *Raulinoa echinata* R.S. Cowan (Rutaceae), *Dyckia brevifolia* Baker and *Dyckia ibiramensis* Reitz (Bromeliaceae), reophyte and saxicolous endemic species of river Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense* 4(1):71-82.
- Nadkarni, N.M. & Matelson, T.J.** 1992. Biomass and nutrient dynamics of epiphytic litterfall in a neotropical montane forest, Costa Rica. *Biotropica* 24(1): p24-30.
- Oliveira, R.R.** 2004. Importância das bromélias epífitas na ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica. *Acta Botanica Brasilica*. 18(4): 793-799.
- PalDat** – a palynological database (2000 cont. atual.). Disponível em: <http://www.paldat.org>. Acessado em: 16 fev. 2019.
- Papini, A.** 2017. The phylogeny of Bromeliaceae and the continental drift. *Webbia: Journal of Plant Taxonomy and Geography*. 72:1, 47-51.
- Piacentini, V.Q.** 2006. Relações entre floração de bromélias e uma comunidade de beija-flores numa área de Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- Porembski, S. & Barthlott, H.** 1999. Pitcairnia Felicianae: the only indigenous African Bromeliad, *Harvard Papers in Botany* 4(1): 175-184.
- Quezada, I.M. & Gianoli, E.** 2011. Crassulacean acid metabolism photosynthesis in Bromeliaceae: an evolutionary key innovation. *Biological Journal of the Linnean Society* 104: 480-486.
- Rauh, W.** 1990. *The Bromeliad Lexicon*. 2 ed. New York, Blandford.
- Reitz, R.** 1983. Bromeliáceas e a malária - bromélia endêmica. *In: R. Reitz (ed.) Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí, Fascículo Brom, pp. 1-518.
- Sajo, M.G., Furness, C.A., Prychid, P., Rudall, J.P.** 2005. Microsporogenesis and anther development in Bromeliaceae. *Grana* 44: 65-74.
- Salomão, K.** 2013. Aspectos reprodutivos e micropropagação em *Dyckia distachya* Hasller, espécie ameaçada de extinção. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Santa-Rosa, S.** 2015. Desenvolvimento floral e do óvulo e aspectos da reprodução em *Aechmea* sp. e *Vriesea* sp. (Bromeliaceae). Tese de Doutorado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Santos, V.L.** 2016. Palinotaxonomia de *Alcantarea* (E. Morren ex Mez) Harms, um gênero segregado de *Vriesea* Lindl. (Bromeliaceae Juss). Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.

- Santos, V.L., Versieux, L.M., Wanderley, M.G.L. & Luz, C.F.P.** 2018. Pollen morphology of *Alcantarea* giant bromeliads (Bromeliaceae, Tillandsioideae), Grana 57: 117-136.
- Sass, C. & Specht, C.D.** 2010. Phylogenetic estimation of the core bromelioids with an emphasis on the genus *Aechmea* (Bromeliaceae). Mol Phylogenet Evol 55: 559-571.
- Schmid, S., Schmid, V.S., Zillikens, A., Harter-Marques, B. & Steiner, J.** 2010. Bimodal pollination system of the bromeliad *Aechmea nudicaulis* involving hummingbirds and bees. Plant Biology, Plant Biology 13: 41–50.
- Schulte, K. & Zizka, G.** 2008. Multi locus plastid phylogeny of Bromelioideae (Bromeliaceae) and the taxonomic utility of petal appendages and pollen characters. Candollea 63: 209-225.
- Schulte, K., Horres, R. & Zizka, G.** 2005. Molecular phylogeny of Bromelioideae and implications on biogeography and the evolution of CAM in the family (Poales, Bromeliaceae). Senckenbergiana Biologica 85: 113-125.
- Schulte, K., Barfuss, M.H.J. & Zizka, G.** 2009. Phylogeny of Bromelioideae (Bromeliaceae) inferred from nuclear and plastid DNA loci reveals the evolution of the tank habit within the subfamily. Mol Phylogenet Evol 51: 327-339.
- Silva, V.J.D., Ribeiro, E.M., Luizi-Ponzo, A.P & Faria, A.P.G.** 2016. Ultrastructure and pollen morphology of Bromeliaceae species from the Atlantic Rainforest in Southeastern Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 88: 439-449.
- Silvestro, D., Zizka, G. & Schulte, K.** 2014. Disentangling the effects of key innovations on the diversification of Bromelioideae (Bromeliaceae). Evolution 68: 163-175.
- Smith, L.B.** 1934. Geographical evidence on the lines of evolution in the Bromeliaceae. Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 66: 446-468.
- Smith, L.B.** 1955. The Bromeliaceae of Brasil. Smithsonian Miscellaneous Collections 126: 1-290.
- Smith, L.B. & Downs, R.J.** 1974. Pitcairnioideae. (Bromeliaceae). *In*: Flora Neotropica, Monograph 14: 1-658.
- Smith, L.B. & Downs, R.J.** 1977. Tillandsioideae. (Bromeliaceae). *In*: Flora Neotropica, Monograph 14: 663-1492.
- Smith, L.B. & Downs, R.J.** 1979. Bromelioideae. (Bromeliaceae). *In*: Flora Neotropica, Monograph 14: 1493-2142.
- Sousa, G.M.** 2004. Revisão Taxonômica de *Aechmea* Ruiz & Pavon subg. *Chevaliera* (Gaudich. ex Beer) Baker Bromelioideae-Bromeliaceae. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sousa, G.M & Wanderley, M.G.L.** 2000. *Aechmea* Ruiz & Pav. (Bromeliaceae) do Estado de Pernambuco, Brasil. Acta Botanica Brasilica 14(1): 77-97.

- Sousa, G.M. & Wanderley, M.G.L.** 2014. A new species of *Aechmea* Ruiz & Pavon (Bromelioideae-bromeliaceae) from the Brazilian Atlantic Rain Forest. *Feddes Repertorium* 125: 39-42.
- Sousa, G.M., Wanderley, M.G.L. & Cruz-Barros, M.A.V.** 1997. Morfologia polínica de *Aechmea* Ruiz & Pav. (Bromeliaceae) de Pernambuco, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 16: 21-30.
- Sousa, L.O.F. & Wendt, T.** 2011. Revisão Taxônômica e Filogenia de *Aechmea* Ruiz & Pav. subgênero *Lamprococcus* (Beer) Baker, Bromelioideae. Bromeliaceae. Tese de Doutorado. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Souza, F.C., Mendonça, C.B.F. & Gonçalves-Mendonça, V.** 2004. Estudo polínico de espécies de Pitcairnioideae e Tillandsioideae (Bromeliaceae Juss.) ocorrentes na restinga de Carapebus, Estado do Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional* 62: 15-23.
- Souza, H.E.** 2013. Reprodução e hibridação interespecífica e intergenética em bromélias com potencial ornamental. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Souza, H.E., Souza, F.V.D., Rossi, M.L., Packer, R.M., Cruz-Barros, M.A.V & Martinelli, A.P.** 2017. Pollen morphology and viability in Bromeliaceae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89(4): 3067-3082.
- Tardivo, R.C.** 2002. Revisão taxonômica de *Tillandsia* L. subgênero *Anoplophytum* (Beer) Baker (Bromeliaceae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Tardivo, R.C. & Rodrigues, W.A.** 1998. Pólen e estigma das espécies de *Nidularium* Lem. e *Canistrum* E. Morren (Bromeliaceae) ocorrentes no Estado do Paraná. *Biotemas* 11: 7-16.
- Thornhill, A.H. & Crisp, M.D.** 2012. Phylogenetic assessment of pollen characters in Myrtaceae. *Austral Journal of Botany* 25: 171–187.
- Tuler, A.C., Silva, T., Carrijo, T.T., Garbin, M.L., Mendonça, C.B.F., Peixoto, A.L. & Gonçalves-Esteves, V.** 2017. Taxonomic significance of pollen morphology for species delimitation in *Psidium* (Myrtaceae). *Plant Systematic Evolution* 303: 317–327.
- Versieux, L.M. & Wanderley, M.G.L.** 2015. Bromélias gigantes do Brasil, Ed. Capim Macio & Offset Gráfica e Editora LTDA, Natal.
- Vervaeke, I., Parton, E., Deroose, R. & De Proft, M.P.** 2003. Flower biology of six cultivares of the Bromeliaceae. I. Pollen, pistil, and petal appendages. *Selbyana* 24: 78-86.
- Vieira, C.** 1999. *Quesnelia* Gaudich. (Bromelioideae-Bromeliaceae) do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de Mestrado. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- Wanderley, M.G.L. & Martins, S.E.** 2007. Bromeliaceae. *In*: Wanderley, M.G.L., Shepherd, G.J., Melhem, T.S. & Giulietti, A.M. (coords). Flora fanerogâmica do estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, v.5, pp. 39-161.
- Wanderley, M.G.L. & Melhem, T.S.** 1991. Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga - Família 178- Bromeliaceae. *Hoehnea* 18: 5-42.
- Wanderley, M.G.L. & Moreira, B.A.** 2000. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). 178 – Bromeliaceae. *Hoehnea* 27: 259-278.
- Wendt, T.** 1997. A review of the subgenus *Pothuava* (Baker) Baker of *Aechmea* Ruiz & Pav. (Bromeliaceae) in Brasil. *Botanical Journal of the Linnean Society* 125: 245-271.
- Wittmack, L.** 1888. Bromeliaceae. *In*: A. Engler & K. Prantl. (ed.). Die Natürlichen Pflanzfamilien. 1ed. Wilhem Engelmann, Leipzig, v. 2, pp. 32-59.
- Zanella, C.M., Janke, A., Palma-Silva, C., Kaltchuk-Santos, E., Pinheiro, F.G., Paggi, G.M., Soares, L.E.S., Goetze, M., Büttow, M.V. & Bered, F.** 2012. Genetics, evolution and conservation of Bromeliaceae. *Genetics and Molecular Biology* 35(4): 1020-1026.
- Zavada, M.** 1983. Comparative morphology of monocot pollen and evolutionary trends of apertures and wall structures. *The Botanical Review* 49: 331-379.

CAPÍTULO 1

Capítulo redigido segundo as normas para publicação no periódico Grana

Palinotaxonomia de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* (Regel) Mez (Bromeliaceae - Bromelioideae)

KAREN CAROLINE CALÇADA DOS SANTOS-TEIXEIRA^{1,2}, REBECA POLITANO ROMANINI³, MARIA DAS GRAÇAS LAPA WANDERLEY⁴ & CYNTHIA FERNANDES PINTO DA LUZ²

¹Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil, ²Núcleo de Pesquisa em Palinologia, Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil, ³Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil, ⁴Núcleo de Pesquisa Curadoria do Herbário, Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil

Autor Correspondente: Karen Caroline Calçada dos Santos-Teixeira, Instituto de Botânica de São Paulo – Núcleo de Pesquisa em Palinologia, Av. Miguel Stefano 3687, São Paulo CEP 04301-902, Brasil. E-mail: karenline.santos@gmail.com

Resumo

Aechmea, com oito subgêneros, é o maior e mais polimórfico gênero da subfamília Bromelioideae, pertencente à família Bromeliaceae. O subgênero *Ortgiesia* é pouco representado em reconstruções filogenéticas, sendo considerado ora um grupo natural (poucas espécies sendo recuperadas como linhagens monofiléticas), ora parafilético (a maioria das espécies recebeu baixo suporte estatístico). A Palinologia é importante para a compreensão da taxonomia e filogenia de *Aechmea*, porém poucos são os estudos palinológicos com as espécies do subgênero *Ortgiesia*. Esse estudo objetiva reconhecer a morfologia polínica de 16 espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*, representadas por 59 espécimes, para auxiliar na circunscrição específica. Os grãos de pólen foram acetolisados, analisados em microscopia óptica (MO), medidos, fotomicrografados e eletromicrografados. Os dados foram analisados estatisticamente. Os grãos de pólen são mônades, subisopolares, âmbito elíptico, contorno ligeiramente plano-convexo em vista equatorial, apresentando alguns grãos esféricos em pequena porcentagem, 2(3)-porados, com poros pequenos a grandes, circulares ou elípticos. A exina variou de ‘reticulada’ a ‘predominantemente reticulada’, ‘foveolada’ e ‘microrreticulada’. *Ortgiesia* pode ser considerado estenopolínico pelo padrão porado de

abertura e forma elipsoidal dos grãos de pólen. No entanto, os espécimes separaram-se em três tipos polínicos, considerando a variação de tamanho dos lúmens junto aos poros formando ou não margem e características secundárias da ornamentação da exina no centro do pólen, como tamanho e forma dos lumens e muros.

Palavras-chave: Brasil, características polínicas, Mata Atlântica, *Ortgiesia*, Poales.

Aechmea é o maior gênero da subfamília Bromelioideae, com cerca de 250 espécies (Gouda *et al.* cont. atual.) e oito subgêneros [*Aechmea*, *Macrochordion* (de Vriese) Baker, *Ortgiesia* (Regel) Mez, *Platyaechmea* (Baker) Baker, *Pothuava* (Baker) Baker, *Lamprococcus* (Beer) Baker, *Podaechmea* Mez e *Chevaliera* (Gaudich. Ex. Beer) Baker] (Smith & Downs 1979). A distribuição das espécies do gênero ocorre na América do Sul, desde o México e Antilhas até o Uruguai e Norte da Argentina (Reitz 1983). No Brasil é representado por 187 espécies, tendo a Mata Atlântica como o centro de diversidade para o grupo (Smith 1934, Wanderley & Martins 2007, Flora do Brasil 2020 cont. atual.).

O gênero é considerado por muitos autores como de difícil delimitação (Smith & Downs 1979, Faria *et al.* 2004, Horres *et al.* 2007, Wanderley & Martins 2007, Sass & Specht 2010, Givnish *et al.* 2011, Sousa & Wendt 2011, Silvestro *et al.* 2014, Evans *et al.* 2015), por ser o mais polimórfico gênero da subfamília Bromelioideae. A falta de estudos moleculares detalhados no grupo dificulta a avaliação de caracteres morfológicos e seu valor taxonômico (Smith & Downs 1979, Wanderley & Martins 2007, Schulte & Ziska 2008, Sass & Specht 2010, Givnish *et al.* 2011, Sousa & Wendt 2011, Abondanza 2012, Silvestro *et al.* 2014, Evans *et al.* 2015, Goetze *et al.* 2016).

No subgênero *Ortgiesia* a maior parte das espécies tem ocorrência restrita ao Brasil, com centro de dispersão na Mata Atlântica, podendo ser encontradas na faixa litorânea entre os Estados do Espírito Santo e Rio Grande do Sul, em florestas, restingas ou manguezais (Smith & Downs 1979). As exceções são *Aechmea calyculata* (E. Morren) Baker que também ocorre no leste da Argentina e *Aechmea recurvata* (Klotzsch) L. B. Sm. que pode ser encontrada inclusive no noroeste do Uruguai e na região leste da Argentina e Paraguai (Smith & Downs 1979, Goetze *et al.* 2016).

As espécies de *Ortgiesia* possuem como principais características a combinação de sépalas mucronadas e conatas e pétalas cuculadas que as distinguem das espécies dos demais subgêneros (Smith & Downs 1979). *Ortgiesia* emerge como monofilético em alguns estudos (Horres *et al.* 2007, Schulte & Ziska 2008, Silvestro *et al.* 2014) e parafilético em outros (Sass & Specht 2010, Evans *et al.* 2015), sendo confirmado como um grupo natural por Goetze *et al.* (2016). Wanderley & Moreira (2000) destacam a importância da adição de mais caracteres morfológicos para esclarecer os limites genéricos na Família Bromeliaceae, ressaltando o uso de dados da palinologia para uma análise diagnóstica mais consistente.

As análises filogenéticas que utilizam características dos grãos de pólen estão sendo consideradas em vários trabalhos recentes sobre as Angiospermas, principalmente dentro das monocotiledôneas (Furness & Rudall 2001, Thornhill & Crisp 2012, Fourny *et al.* 2013, Tuler *et al.* 2017), onde os dados polínicos são relevantes para definir clados dentro da família Bromeliaceae (Harley & Zavada 2000, Furness & Rudall 2010, Aguirre-Santoro *et al.* 2016, Santos 2016).

As espécies de *Aechmea* demonstram grande variabilidade polínica, sendo que o caráter abertura é homoplástico (Faria 2002). Todos os tipos de aberturas observados na família foram encontrados no gênero: inaperturado, sulcado com membrana do tipo difusa, sulcado com membrana do tipo insulada, 2,3,4-porados ou poliporado/pantoporado (Furness & Rudall 1999).

Esse estudo teve como objetivo reconhecer os padrões da morfologia polínica das espécies de *Aechmea* subgênero *Orgiesia*, pertencentes à família Bromeliaceae, buscando reconhecer os caracteres polínicos de valor taxonômico, visando auxiliar nas futuras análises filogenéticas do grupo.

Material e Métodos

Foram estudados os grãos de pólen de 16 espécies de *Aechmea*, subgênero *Orgiesia* representadas por 59 espécimes (ver Anexo “Espécimes investigados”): *A. blumenavii*, *A. calyculata*, *A. caudata*, *A. coelestis*, *A. comata*, *A. cylindrata*, *A. gamosepala*, *A. gracilis*, *A. kertesziae*, *A. kleinii*, *A. organensis*, *A. pimenti-velosoi*, *A. recurvata*, *A. winkleri*, *A. sp1* e *A. sp2*.

Deu-se preferência por utilizar material coletado em expedições ou provenientes da coleção viva do ‘Núcleo de Pesquisa em Plantas Ornamentais’ do Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil, já que com esse tipo de material fresco, obtêm-se melhores preparações. Alguns materiais foram utilizados a partir de material seco herborizado procedente de exsicatas depositadas em herbários (SP, FURB, MBML, UEC, RB, ICN, R, BHCB, SPSF, HBR) por falta de acesso a coleções vivas.

Os botões florais foram coletados em pré-antese quando provenientes de expedições ou de coleção viva. Quando os botões advinham de exsicatas, escolheu-se também os em pré-antese para evitar contaminações.

O método utilizado para a preparação dos grãos de pólen para análise em microscopia óptica (MO) foi a acetólise láctica a 60% (ACLAC) de Raynal e Raynal (1971), que consiste de uma mistura de 10% de ácido sulfúrico, 30% de anidrido acético e 60% de ácido láctico (1:3:6).

Para o preparo das lâminas de microscopia foram utilizadas esferas de massa de modelar com menos de 1 mm de diâmetro, posicionadas entre a lâmina e a lamínula para evitar compressão e deformação dos grãos de pólen (Reistma 1969), utilizando-se gelatina glicerinada de Kissler (Kissler 1937).

Medidas e estatística

A mensuração e a observação dos caracteres morfológicos deram-se, quando possível, em cerca três espécimes de cada espécie. Os grãos de pólen foram medidos e fotografados sob microscópio binocular Olympus BX50 com auxílio de uma ocular micrométrica Olympus OSM-4 (10X) de fio móvel e com tambor giratório do ‘Núcleo de Pesquisa em Palinologia’ do Instituto de Botânica. O prazo para as medições e fotomicrografias foi de até três dias após a preparação das lâminas de microscopia, este prazo é adotado para evitar possíveis problemas de deformações dos grãos de pólen devido aos reagentes da ACLAC que permanecem na lâmina de microscopia (Melhem & Matos 1972, Salgado-Labouriau 1973, Wanderley & Melhem 1991).

As medidas dos eixos polar e equatorial foram realizadas em 25 grãos de pólen de cada espécime, tomados ao acaso, distribuídos em pelo menos três lâminas de microscopia, visando-se uma uniformidade da amostra (Salgado-Labouriau *et al.* 1965). Para as medidas dos demais caracteres como dimensões das aberturas, espessura da nexina, sexina (altura das columelas) e teto, largura do lumen e muros, foi calculada, somente, a média aritmética de 10 medidas.

Os lumens foram classificados de acordo com as médias obtidas nos espécimes analisados em ‘pequenos’ ($\leq 1,02 \mu\text{m}$), ‘médios’ ($1,03\text{--}2,20 \mu\text{m}$) e ‘grandes’ ($\geq 2,21 \mu\text{m}$). Os muros dos retículos e fovéolos foram classificados de acordo com os limites mínimo e máximo das médias em ‘estreitos’ ($\leq 0,84 \mu\text{m}$), ‘largos’ ($0,85\text{--}1,44 \mu\text{m}$) e ‘muito largos’ ($\geq 1,45 \mu\text{m}$). Os lumens e muros foram medidos sempre na área central do grão de pólen e na vista equatorial.

Os poros foram classificados de acordo com todas as médias das medidas obtidas em ‘pequenos’ ($\leq 15,29 \mu\text{m}$) ou ‘grandes’ ($\geq 15,30 \mu\text{m}$) e suas formas caracterizadas de acordo com o Índice da forma do poro (IFP) em ‘circulares’ (0,95–1) ou ‘elípticos’ ($\leq 0,94$). O IFP foi obtido dividindo-se a largura pelo comprimento do poro.

Os tratamentos estatísticos calcularam a média aritmética (\bar{x}), o desvio padrão da média (S_x), desvio padrão da amostra (s), coeficiente de variabilidade (V%) e a faixa de variação (FV). As comparações das médias foram feitas através da análise do intervalo de confiança (IC) a 95% (Vieira 1981), para analisar os valores médios, mínimos e máximos e intervalos entre todas as espécies estudadas, utilizando-se o software MINITAB® Release 10.3 para Windows (2003).

A análise dos componentes principais (*principal component analyses* - PCA) foi utilizada para avaliar as características quantitativas dos grãos de pólen, com base em 11 variáveis métricas, sendo elas: (VEEM – comprimento do eixo maior na vista equatorial, VEEm – comprimento do eixo menor na vista equatorial, VPem – comprimento do eixo maior na vista polar, VPem – comprimento do eixo menor na vista polar, SEXI – altura das columelas, TETO - espessura do teto, NEXI - espessura da nexina, LUMC – largura do lumen, MURC – largura do muro, PORC – comprimento do poro e PORL – largura do poro). Primeiramente utilizou-se o programa Fitopac (Shepherd 1996) para conversão das medidas métricas dos grãos de pólen pelo logaritmo natural [$\log(x + 1)$] e após isso o programa PC-ORD versão 7 (McCune & Mefford 1999) foi utilizado para ordenação a partir de matriz de covariância. As medidas dos grãos de pólen 3-porados e dos grãos de pólen esféricos não entraram nesta análise.

A análise de cluster utilizada para demonstrar a similaridade entre os espécimes estudados foi a agregação média aritmética não ponderada (*unweighted arithmetic average clustering* - UPGMA) que utilizou as mesmas 11 variáveis métricas descritas anteriormente para a PCA, a partir da Distância Euclidiana dos dados. Para isso foram utilizados os valores já convertidos pelo logaritmo natural cujo dendrograma foi obtido pelo programa PC-ORD versão 7 (McCune & Mefford 1999).

De alguns materiais foram obtidas apenas as eletromicrografias, porém esses espécimes não entraram neste trabalho por não ter sido possível obter as 25 medições para as análises estatísticas. Esses espécimes são: *A. joannis* Strehl (Freitas sn, HVAT280), *A. kertesziae* (Goetze s.n., ICN167498), *A. kertesziae* (Silveira 8801, HAS31593), *A. kleinii*

(Goetze s.n., ICN167501), *A. kleinii* (Korte 4687, FURB32131, RB) e *A. winkleri* (Winkler 21, HBR55075).

Ilustrações e terminologia

Os grãos de pólen preparados para o exame em microscopia óptica foram fotografados digitalmente, com fotomicroscópio Olympus modelo BX50, acoplado a uma câmera de vídeo (Olympus U-CMAD-2) e microcomputador (PC), empregando-se o software CellSens 1.5 da Olympus para Windows. Foi possível obter eletromicrografias de todos os espécimes estudados, com exceção de *A. blumenavii* (FURB23477), pois não havia material polínico suficiente para as análises.

Para a remoção do *pollenkitt* para a análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV), os grãos de pólen foram colocados em tubos de centrífuga contendo 5ml de água destilada a 60°C por aproximadamente 1 minuto e centrifugados, cujo processo foi repetido por três vezes (O.M. Barth, comunicação pessoal). Após isso, o material foi ressuspensionado em etanol 70% (Johansen 1940) e depositado em um “stub” metálico e deixado secar para que fosse metalizado com ouro em alto vácuo. Os grãos de pólen foram observados no microscópio do ‘Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura’ do Instituto de Botânica de São Paulo, de modelo Philips XL Series XL 20, S/W, ver. 5.21, com o qual foram tiradas as eletromicrografias.

As descrições polínicas seguiram a sequência proposta por Barth & Melhen (1988), padronizando a terminologia quando necessário pela apresentada por Punt *et al.* (2007) e Hesse *et al.* (2009), traduzidos para o português.

Resultados

Descrição geral dos grãos de pólen de Aechmea subgênero Ortgiesia

Grãos de pólen em mônades, tamanho pequeno a grande (Tabelas I e II), sendo o menor tamanho 24,07 μm e o maior tamanho 57,89 μm , simetria bilateral, subisopolares, âmbito elíptico, contorno ligeiramente plano-convexo em vista equatorial (Figuras 1B, 2F, H, K, 3A, F, 4A, C, I, L, 5F, J, K, 6C, F, H, 7B, E, I, K, 8D, H, J), presença de alguns grãos esféricos nos espécimes de *Aechmea calyculata* [(UEC197890, 1%), (UEC197870, 1%), (UEC198759, 1%), (FURB12661, 6%)], *A. caudata* (SP385012, 2%), *A. cylindrata* [(UEC198663, 2%),

(UEC198672, 2%), (UEC198774, 3%), (UEC198775, 4%), (UEC 198756, 3%), (UEC 198662, 1%), *A. gamosepala* [(UEC198659, 1%), (UEC198657, 1%), (UEC198770, 1%)], *A. gracilis* [(UEC198673, 2%), (UEC198661, 1%), (UEC198757, 6%), (UEC198758, 1%)], *A. kertesziae* (UEC198748, 1%), *A. organensis* (SP374432, 1%), *A. pimenti-velosoi* (UEC197873, 2%), *A. winkleri* [(UEC198795, 1%), (UEC202387, 9%), (UEC197871, 5%)] e *A. sp2* (UEC198792, 3%) (Figuras 1F, 2B, I, L, 3L, 7A).

Os grãos de pólen são 2-porados, regularmente espaçados, com algumas espécies ou espécimes apresentando grãos 3-porados triangulares, cujos três poros podem se apresentar com tamanhos ligeiramente diferentes entre si e cuja posição não é radialmente simétrica, estando um deles um pouco deslocado com relação aos ápices do triângulo: *Aechmea blumenavii* [(UEC197886, 1%), (FURB 28097, 2%), (FURB23477, 6%), (RB329091, 1%)], *A. calyculata* (FURB12661, 1%), *A. coelestis* (ICN178781, 1%), *A. comata* (UEC198769, 1%), *A. cylindrata* [(SPSF51483, 1%), (UEC197892, 1%)], *A. gamosepala* [(UEC198659, 1%), (UEC198750, 4%)], *A. kertesziae* [(UEC198748, 2%), (UEC198755, 2%)], *A. pimenti-velosoi* (UEC197873, 10%), *A. winkleri* (UEC202387, 2%), *A. sp1* [(UEC198766, 3%), (UEC197884, 1%)], *A. sp2* [(UEC198792, 1%), (UEC198780, 1%)] (Figuras 1G, 2G, J, 4D, 5B, 6B, D, K, 8C, I). Os poros podem ser pequenos ou grandes, circulares ou elípticos (Tabela III, Figuras 2E, 3D, J, 4G, 5E, 8I).

A exina é semitectada, reticulada heterobrocada (Figuras 1A, H, J, L, 2C, 3B, C, E, I, 4B, E, H, J, 5A, C, H, L, 6A, I, J, L, 7F-H, J, 8B, G, K, L), predominantemente microrreticulada heterobrocada (Figuras 1D, 3H, 4F, K, 5D, G, 7C, D, L, 8A, E, F), microrreticulada heterobrocada (Figura 6G) ou foveolada heterobrocada (Figura 2D, 5I, 7A).

As malhas dos retículos ou fovéolos podem variar de ligeiramente menores junto aos poros (Figuras 2H, 3A, 4C, D, I, 5F, J, 6F, 7I, K, 8C, D, H, J) ou bem menores junto aos poros (Figuras 5K, 6E, K, 7B, E), sendo que os espécimes *Aechmea calyculata* FURB12661 (Figura 4L) e *A. gracilis* UEC198758 não apresentaram alterações nas malhas dos retículos próximos aos poros. Presença de microrretículos circundando alguns lumens ocorreu nos espécimes *A. calyculata* UEC197890 (Figura 4H), *A. gracilis* UEC198664 e *A. sp2* UEC198780 (Figura 7G).

Os lumens são lisos (Figuras 5D, H, L, 6A, G, I, J, 7C, D, F, G, 8F, G) ou apresentam nexina ondulada (Figuras 4B, E, F, H, J, K, 5A, C, G, I, 6E, L, 7H, J, L, 8A, B, E, K, L). Os lumens tem tamanho pequeno (Figuras 2D, H, 3C, E, 4K, 5I, 6G, 7L) médio (Figuras 1B, D,

H-J, 2C, 3B, H, I, 4E, F, H, 5D, G, H, L, 6A, I, J, L, 7C, D, F, H, 8A, B, E-G) ou grande (Figuras 1A, 4B, E, J, 5A, C, 7I, 8K, L), podendo ser arredondados (Figuras 4E, H, J, 5C, L, 6A, 8A), predominantemente arredondados (Figuras 4K, 5H, I, 6E, G, I, 7C, D, J, L, 8B, L), poligonais (Figura 8K) ou predominantemente poligonais (Figuras 4B, F, 5A, D, G, 6J, L, 7F-H, 8E-G).

Os muros são lisos, retos (Figura 8K), predominantemente retos (Figuras 4B, F, 5A, D, G, 6J, L, 7F-H, 8E-G), curvos (4E, H, J, 5C, L, 6A, 8A), ou predominantemente curvos (Figuras 4K, 5H, I, 6E, G, I, 7C, D, J, L, 8B, L), podendo ser estreitos (Figuras 1B, D, 2H, 3C, H, I, 4E, F, K, 5D, 6E, G, J, 7D, L, 8A, E, F), estreitos a largos (Figuras 1A, H, L, 2D, 3B, 4B, H, 5A, C, I, J, L, 6A, I, L, 7F-H, J, 8B, G, K, L), estreitos a muito largos (Figura 4J), largos (Figura 5G), largos a muito largos (Figuras 2D, 5I) (Tabela III). Os muros simplescolumelados (Figuras 1D, H, 3B, I) foram observados na maior parte dos espécimes, sendo duplicolumelados apenas no espécime *Aechmea cylindrata* UEC198672 (Figura 2C). Os espécimes *A. coelestis* ICN178781, *A. cylindrata* UEC198756, *A. organensis* UEC197872 e *A. sp2* UEC 198784 apresentaram muros simplescolumelados com algumas regiões duplicolumeladas (Figuras 1J, 3C) e os espécimes *A. calyculata* UEC197888 e *A. coelestis* UEC198675 apresentaram muros duplicolumelados com algumas regiões simplescolumeladas (Figura 1L). As bordas dos muros lisas foram observadas na maioria dos espécimes (Figuras 4B, J, 5C, 6G, L, 7C, F, 8A, B, F, G, L), porém alguns espécimes apresentaram algumas bordas dos muros com reentrâncias irregulares entre columelas [*A. blumenavii* (UEC197886, RB329091), *A. calyculata* (UEC197888, UEC197887, UEC197890, UEC198759), *A. caudata* (FURB28062) *A. comata* UEC198769, *A. cylindrata* (UEC198663, UEC198672, UEC198774, UEC198775, UEC198756, UEC198662), *A. gamosepala* (UEC198770, UEC198659, UEC198750), *A. gracilis* (UEC198757, UEC198758), *A. kleinii* UEC198753, *A. recurvata* UEC198790, *A. winkleri* (UEC198795, UEC202387, UEC197871) e *A. sp2* UEC198780, UEC198796 e UEC198784) (Figuras 4E, F, H, K, 5A, D, G-I, L, 6A, I, J, 7D, G, H, J, L, 8E, K). Os muros com perfurações esparsas foram observados em todos os espécimes (Figuras 4B, E, F, H, J, 5C, D, G-I, L, 6A, E, G, I, J, L, 7C, D, F-H, J, L, 8A, B, E, F, K), porém os espécimes *A. calyculata* UEC198759, *A. caudata* FURB28062, *A. coelestis* (BHC380, MBML022310) e *A. recurvata* UEC198649, apresentaram muros sem perfurações (Figuras 4K, 5A, 8G, L).

A maioria dos espécimes apresentou muros descontínuos em algumas áreas (Figuras 4B, F, H, J, K), porém os espécimes *Aechmea blumenavii* (RB329091), *A. coelestis* (UEC198675, BHC380), *A. cylindrata* (UEC198756, UEC198662), *A. gamosepala* (UEC198659, UEC198658), *A. gracilis* (UEC198661, UEC198664, UEC198757), *A. winkleri* (UEC198795, UEC197871), *A. sp1* UEC197884 e *A. sp2* UEC198780 não apresentaram muros descontínuos (Figuras 4E, 5C, L, 6A, E, G, 7C, D, G, L).

A sexina sempre foi mais espessa que a nexina (Tabela III, Figuras 1C, E, I, K, 2A, 3G, K). Em alguns espécimes observaram-se alguns grãos de pólen apresentando perfurações na nexina (*Aechmea calyculata* UEC197888, *A. caudata* UEC198785, *A. coelestis* ICN178781, *A. cylindrata* UEC197892, *A. gamosepala* UEC198659, *A. organensis* UEC198748 e *A. pimentii-velosoi* UEC197873) (Figuras 5C, 6E, 8F).

Três grupos foram reconhecidos com base na avaliação visual qualitativa dos tamanhos dos lúmens junto às aberturas dos grãos de pólen. Também, seguindo a variação observada entre espécies e espécimes, oito subgrupos de pólen foram distinguidos de acordo com a ornamentação da exina na área central e forma dos lumens e muros nessa região. As características de ausência ou presença de perfurações esparsas nos muros, muros descontínuos em algumas áreas ou somente contínuos, tamanho dos grãos de pólen, largura dos lumens e dos muros e diâmetro e forma dos poros foram desconsiderados na tipificação qualitativa por apresentarem grande variação dentre os grãos de pólen de um mesmo espécime e entre espécimes da mesma espécie.

Descrição dos tipos polínicos

Tipo I. Malhas dos retículos ou fovéolos sendo ligeiramente menores junto às aberturas.

Subtipo Ia. Exina reticulada, heterobrocada. Lumens arredondados, muros curvos: A. blumenavii (RB329091), *A. calyculata* (UEC197890, UEC197870), *A. gamosepala* UEC198657, *A. gracilis* UEC198757, *A. winkleri* UEC198795. *Lumens predominantemente arredondados, muros predominantemente curvos: A. caudata* UEC198785, *A. comata* UEC198740, *A. calyculata* UEC197888, *A. cylindrata* (UEC198672, UEC198775), *A. pimentii-velosoi* UEC197873, *A. kertesziae* UEC198748, *A. organensis* UEC198665, *A. recurvata* UEC198649, *A. winkleri* UEC202387, *A. sp2* UEC198784. *Lumens poligonais, muros retos: A. recurvata* UEC198790. *Lumens predominantemente poligonais, muros predominantemente retos: A. blumenavii* (UEC197886, FURB23477, FURB28097), *A.*

caudata (SP385012, FURB28062), *A. coelestis* (ICN178781), *A. gamosepala* (UEC198750, UEC198772), *A. gracilis* UEC198673, *A. kertesziae* UEC198755, *A. organensis* (SP374432, UEC197872), *A. recurvata* UEC202388, *A. sp2* (UEC198780, UEC198796).

Subtipo Ib. Exina predominantemente microrreticulada, heterobrocada. Lumens arredondados, muros curvos: A. sp1 UEC198766. *Lumens predominantemente arredondados, muros predominantemente curvos: A. cylindrata* (SPSF51483, UEC197892). *Lumens predominantemente poligonais, muros predominantemente retos: A. calyculata* UEC197887, *A. cylindrata* UEC198663, *A. kleinii* UEC198753, *A. organensis* UEC198748, *A. sp1* UEC197884.

Subtipo Ic. Exina microrreticulada, heterobrocada. Lumens predominantemente arredondados, muros predominantemente curvos: A. gamosepala UEC198658.

Subtipo Id. Exina foveolada, heterobrocada. Lumens arredondados, muros curvos: A. cylindrata UEC198774, *A. gamosepala* UEC198770 (grão esférico).

Comentários: Todos os espécimes deste tipo possuem muros simplescolumelados, porém os espécimes *A. coelestis* ICN178781, *A. organensis* UEC197872 e *A. sp2* UEC198784 apresentaram algumas regiões duplicolumeladas. O espécime *A. cylindrata* UEC198672 apresentou sempre muros duplicolumelados e o espécime *A. calyculata* UEC197888 apresentou muros duplicolumelados, com algumas regiões simplescolumeladas. Os espécimes *A. calyculata* UEC197890 e *A. sp2* UEC198780 apresentaram microrretículos circundando alguns lumens.

Tipo II. Malhas dos retículos sendo bem menores junto às aberturas.

Subtipo Iia. Exina reticulada, heterobrocada. Lumens arredondados, muros curvos: A. coelestis UEC198675, *A. cylindrata* (UEC198756, UEC198662). *Lumens predominantemente arredondados, muros predominantemente curvos: A. comata* UEC197889, *A. gamosepala* UEC198770 (grão de pólen elíptico), *A. gracilis* UEC198664. *Lumens predominantemente poligonais, muros predominantemente retos: A. coelestis*, BHCB380, *A. sp2* UEC198792.

Comentários: Todos os espécimes deste subtipo possuem muros simplescolumelados, porém o espécime *A. cylindrata* UEC198756 apresentou algumas regiões duplicolumeladas e o espécime *A. coelestis* UEC198675 apresentou muros duplicolumelados com algumas regiões simplescolumeladas. O espécime *A. gracilis* UEC198664 apresentou microrretículos circundando alguns lumens

Subtipo IIb. Exina predominantemente microrreticulada, heterobrocada. Lumens predominantemente arredondados, muros predominantemente curvos: A. gamosepala UEC198659, A. gracilis UEC198661, A. winkleri UEC197871. Lumens predominantemente poligonais, muros predominantemente retos: A. calyculata UEC198759, A. comata UEC198769.

Tipo III. Malhas dos retículos não apresentando alterações de tamanho junto às aberturas.

Subtipo IIIa. Exina reticulada, heterobrocada. Lumens predominantemente arredondados, muros predominantemente curvos: A. gracilis UEC198758. Lumens predominantemente poligonais, muros predominantemente retos: A. coelestis MBML022310.

Subtipo IIIb. Exina predominantemente microrreticulada, heterobrocada. Lumens predominantemente poligonais, muros predominantemente retos: A. calyculata FURB12661.

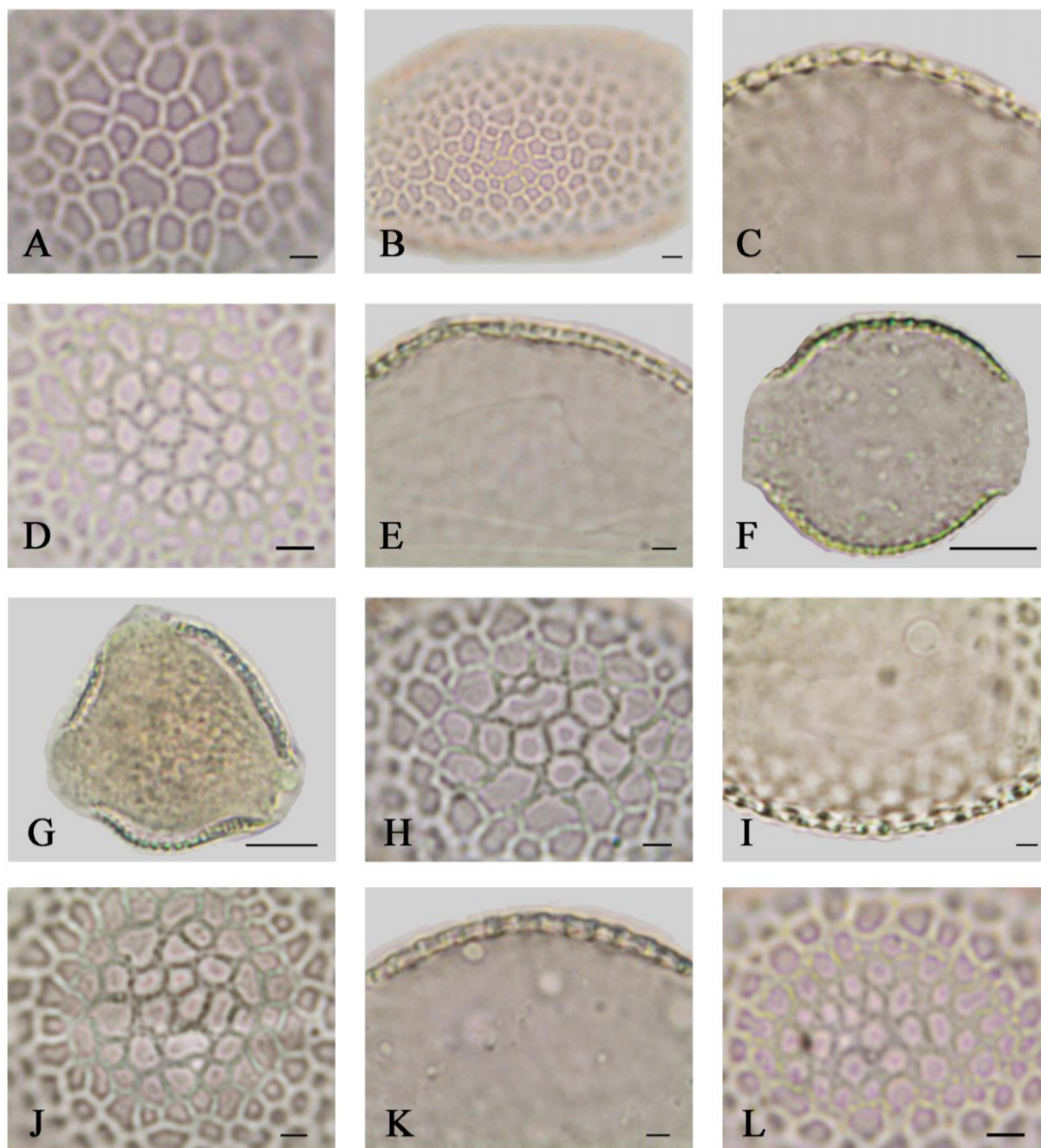


Figura 1. Imagens em microscopia óptica (MO) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A–C.** *Aechmea blumenavii* Reitz. **A.** Detalhe em foco alto (LO1), UEC197886. **B.** Vista polar, RB329.091. **C.** Detalhe do corte óptico, UEC197886. **D–G.** *Aechmea calyculata* (E. Morren) Baker. **D.** Detalhe em foco baixo (LO2), UEC197887. **E.** Detalhe do corte óptico, UEC197887. **F.** Vista polar, grão de pólen 2-porado, UEC198759. **G.** Vista polar, grão de pólen 3-porado, FURB12661. **H–I.** *Aechmea caudata* Lindm. **H.** Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198785. **I.** Detalhe do corte óptico, SP385012. **J–L.** *Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren. **J.** Detalhe em foco baixo (LO2), ICN178781. **K.** Detalhe do corte óptico, UEC198675. **L.** Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198675. Escalas das barras – 2µm (A–E, H–L), 10 µm (F–G).

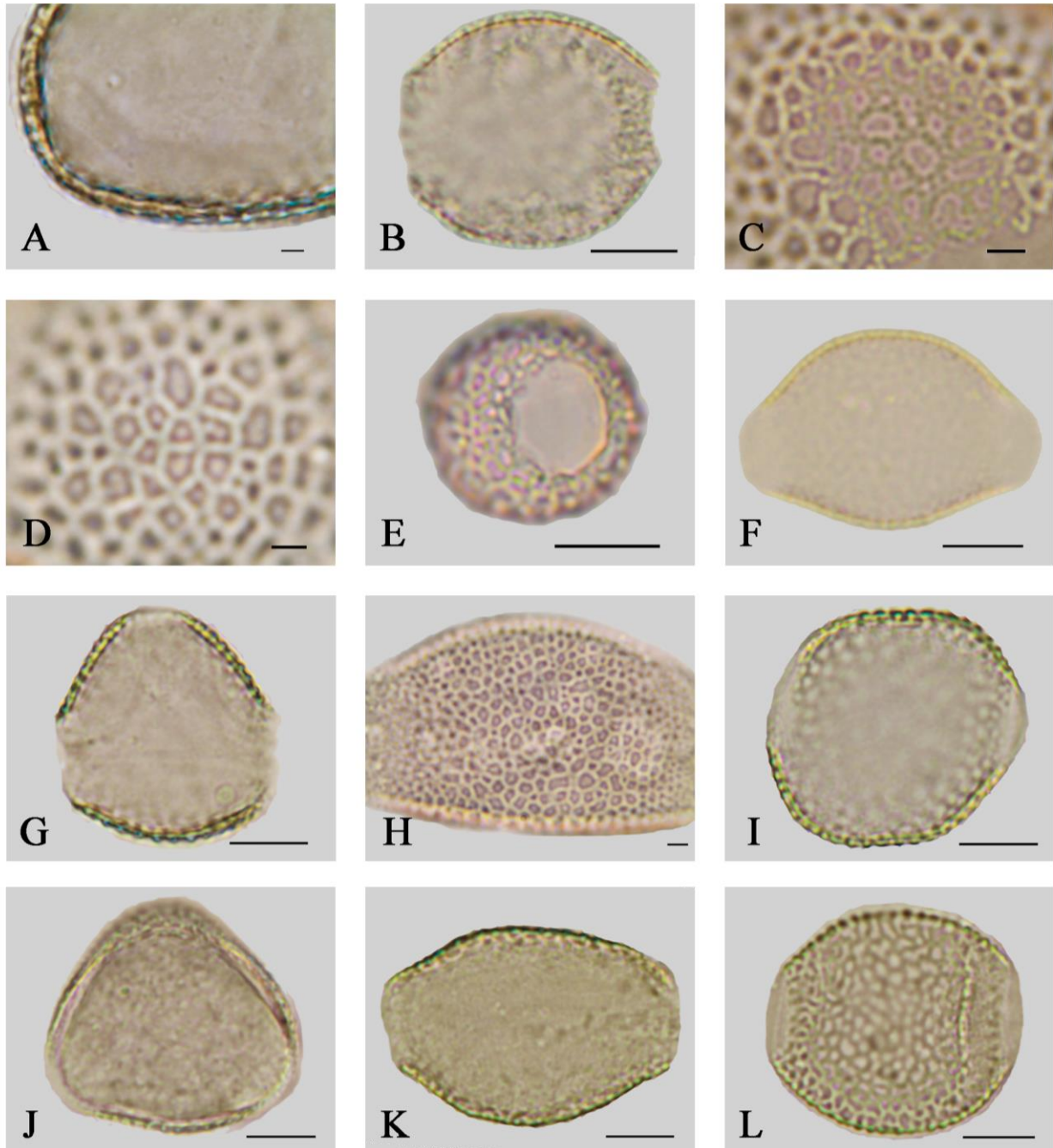


Figura 2. Imagens em microscopia óptica (MO) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A.** *Aechmea comata* (Gaudich.) Baker. Detalhe do corte óptico do grão de pólen 2-porado, UEC198740. **B–G.** *Aechmea cylindrata* Lindm. **B.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC198663. **C.** Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198672. **D.** Detalhe em foco alto (LO1), UEC198774. **E.** Detalhe do poro, UEC198774. **F.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197892. **G.** Vista polar, corte óptico, grão de pólen 3-porado, UEC197892. **H–J.** *Aechmea gamosepala* Wittm. **H.** Vista equatorial, UEC198658. **I.** Vista polar do grão de pólen esférico, UEC198770. **J.** Vista polar, corte óptico, grão de pólen 3-porado, UEC198750. **K–L.** *Aechmea* sp1. **K.** Vista polar, corte óptico, grão de pólen 2-porado, UEC198766. **L.** Vista polar do grão de pólen esférico, UEC198766. Escalas das barras – 2 μ m (A, C, D, H), 10 μ m (B, E–G, I–L).

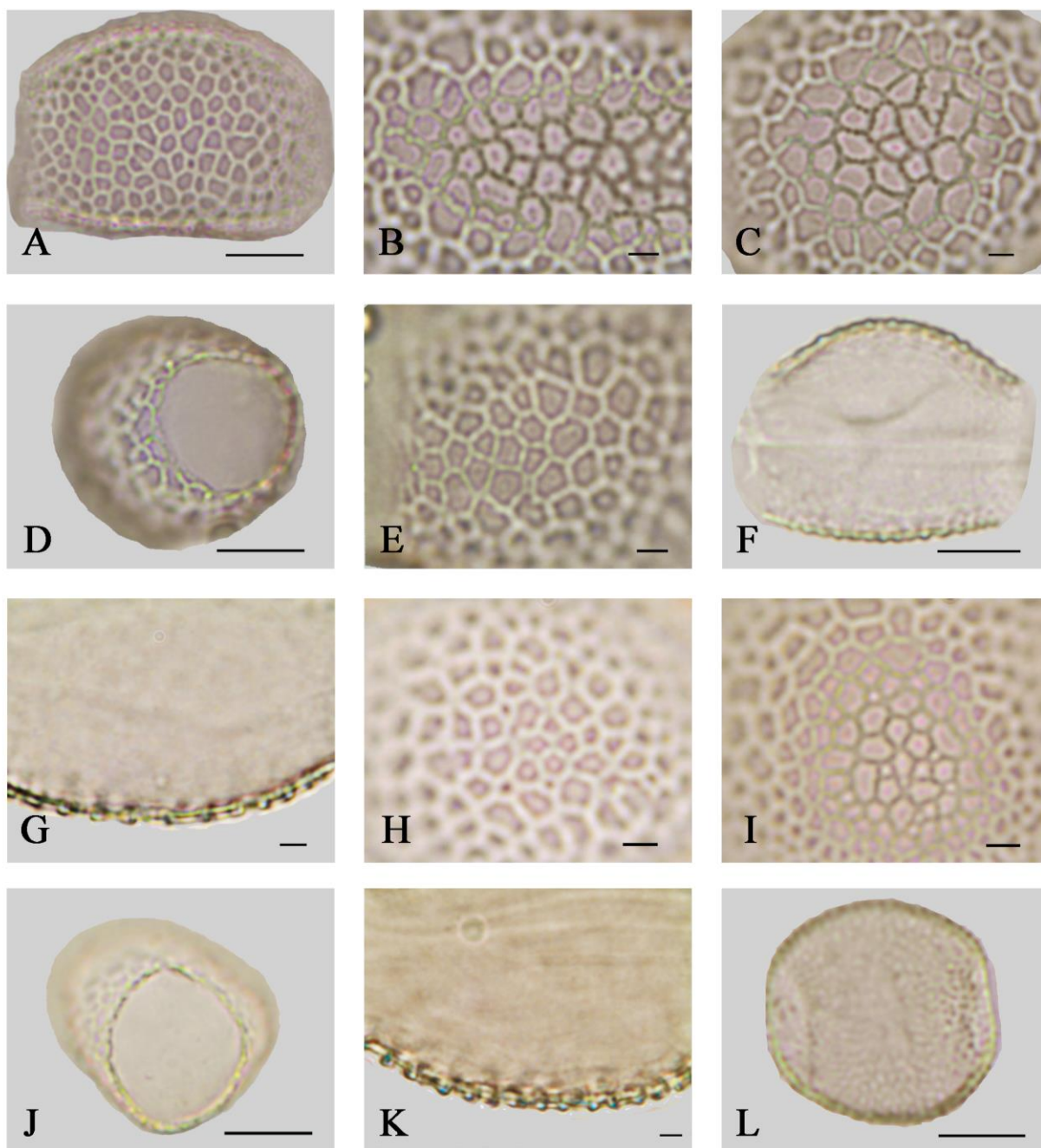


Figura 3. Imagens em microscopia óptica (MO) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A–C.** *Aechmea organensis* Wawra. **A.** Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198665. **B.** Detalhe em foco baixo (LO2), SP374432. **C.** Detalhe em foco baixo (LO2), UEC197872. **D.** *Aechmea recurvata* (Klotzsch) L.B. Sm. Detalhe do poro, UEC198790. **E.** *Aechmea kertesziae* Reitz. Detalhe em foco alto (LO1), UEC198755. **F.** *Aechmea kleinii* Reitz. Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198753. **G–I.** *Aechmea gracilis* Lindm. **G.** Detalhe do corte óptico, UEC198673. **H.** Detalhe em foco alto (LO1), UEC198661. **I.** Detalhe em foco baixo (LO2), UEC198664. **J–K.** *Aechmea* sp2. **J.** Detalhe do poro, UEC198792. **K.** Detalhe do corte óptico, UEC198780. **L.** *Aechmea winkleri* Reitz. Vista polar do grão de pólen esférico, UEC202387. Escalas das barras – 2µm (B, C, E, G–I, K), 10 µm (A, D, F, J, L).

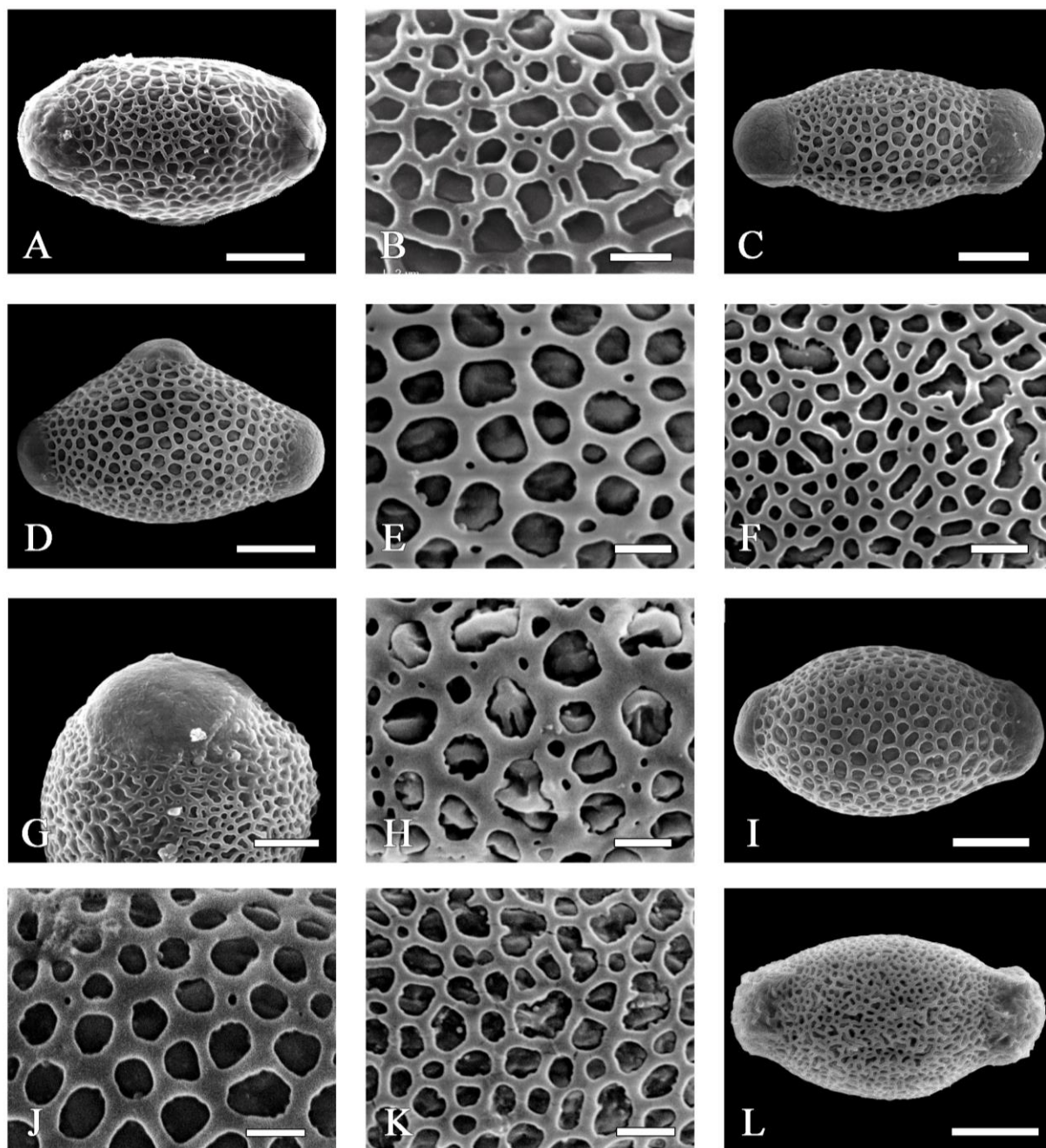


Figura 4. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A–E.** *Aechmea blumenavii* Reitz. **A.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197886. **B.** Detalhe da ornamentação, UEC197886. **C.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, RB329.091. **D.** Vista polar, do grão de pólen 3-porado, RB329.091. **E.** Detalhe da ornamentação, RB329.091. **F–L.** *Aechmea calyculata* (E. Morren) Baker. **F.** Detalhe da ornamentação, UEC197887. **G.** Detalhe do poro, UEC197887. **H.** Detalhe da ornamentação, UEC197890. **I.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197870. **J.** Detalhe da ornamentação, UEC197870. **K.** Detalhe da ornamentação, UEC198759. **L.** Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, FURB12661. Escalas das barras – 2 μ m (B, E, F, H, J, K), 5 μ m (G), 10 μ m (A, C, D, I, L).

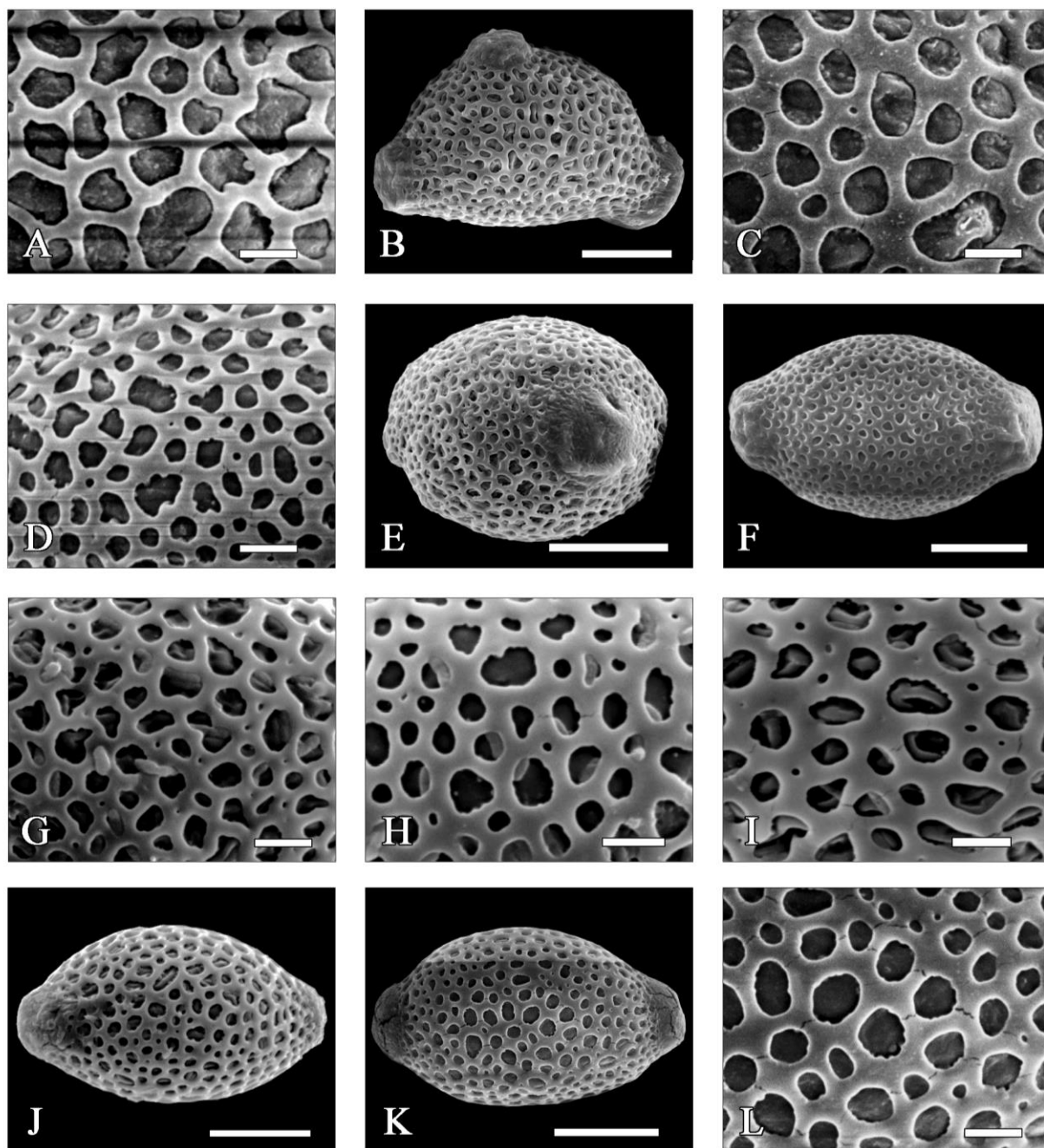


Figura 5. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A.** *Aechmea caudata* Lindm. Detalhe da ornamentação, FURB28062. **B–C.** *Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren. **B.** Vista polar do grão de pólen 3-porado, ICN178781. **C.** Detalhe da ornamentação, UEC198675. **D.** *Aechmea comata* (Gaudich.) Baker. Detalhe da ornamentação, UEC198769. **E–L.** *Aechmea cylindrata* Lindm. **E.** Detalhe do poro, UEC198663. **F.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, SPSF51483. **G.** Detalhe da ornamentação, UEC198663. **H.** Detalhe da ornamentação, UEC198672. **I.** Detalhe da ornamentação, UEC198774. **J.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC198775. **K.** Detalhe da ornamentação, UEC198756. **L.** Detalhe da ornamentação, UEC198756. Escalas das barras – 2µm (A, C, D, G, H, I, L), 5 µm (F), 10 µm (B, E, J, K).

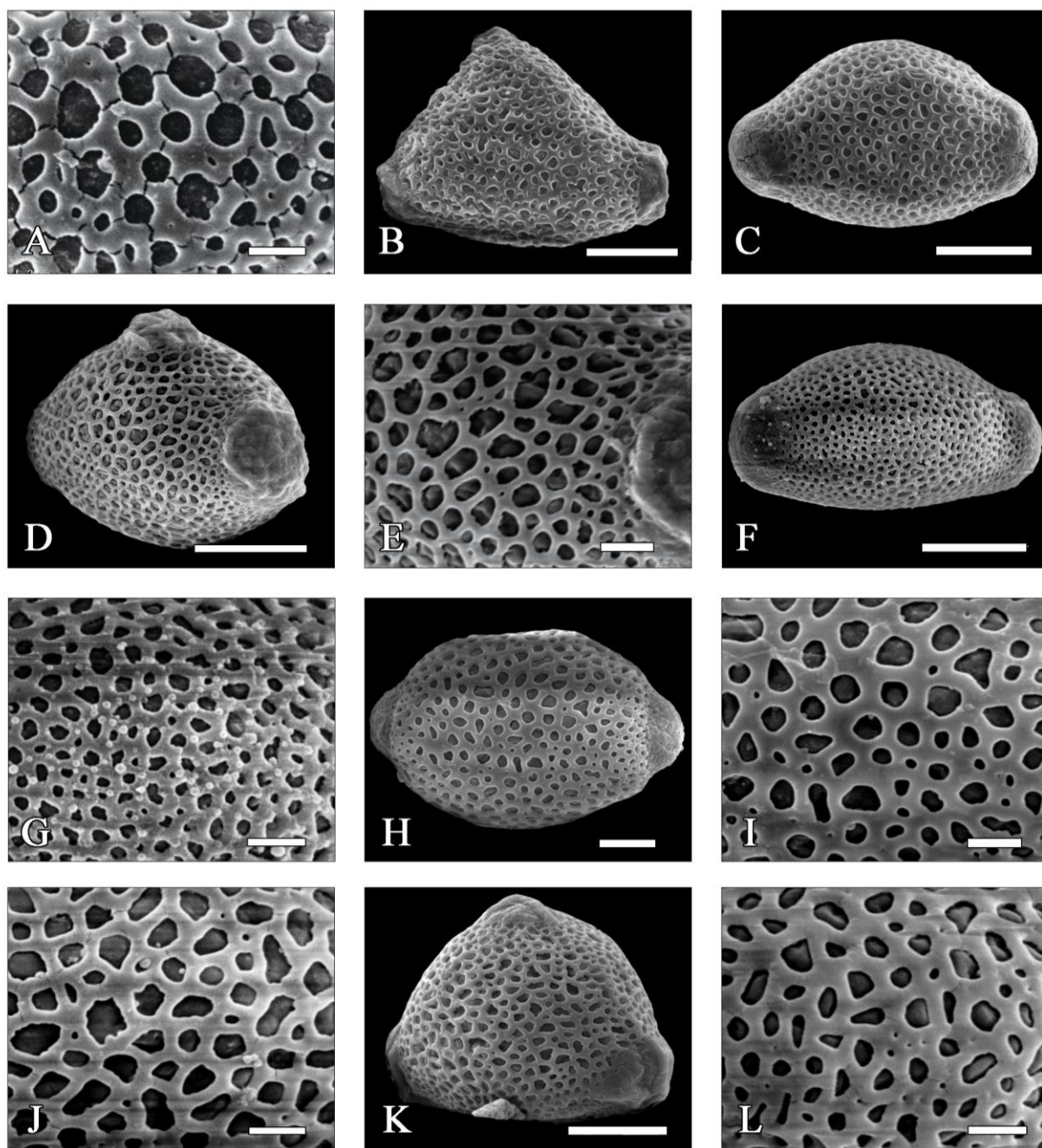


Figura 6. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A–B.** *Aechmea cylindrata* Lindm. **A.** Detalhe da ornamentação, UEC198662. **B.** Vista polar do grão de pólen 3-porado, SPSF51483. **C–L.** *Aechmea gamosepala* Wittm. **C.** Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198659. **D.** Vista aproximadamente polar, do grão de pólen 3-porado, UEC198659. **E.** Detalhe da ornamentação do grão de pólen 3-porado, UEC198659. **F.** Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198658. **G.** Detalhe da ornamentação, UEC198658. **H.** Vista polar do grão de pólen 2-porado UEC198770. **I.** Detalhe da ornamentação, UEC198770. **J.** Detalhe da ornamentação, UEC198750. **K.** Vista polar do grão de pólen 3-porado, UEC198750. **L.** Detalhe da ornamentação, UEC198772. Escalas das barras – 2 μ m (A, E, G, I, J, L), 5 μ m (H), 10 μ m (B, C, D, F, K).

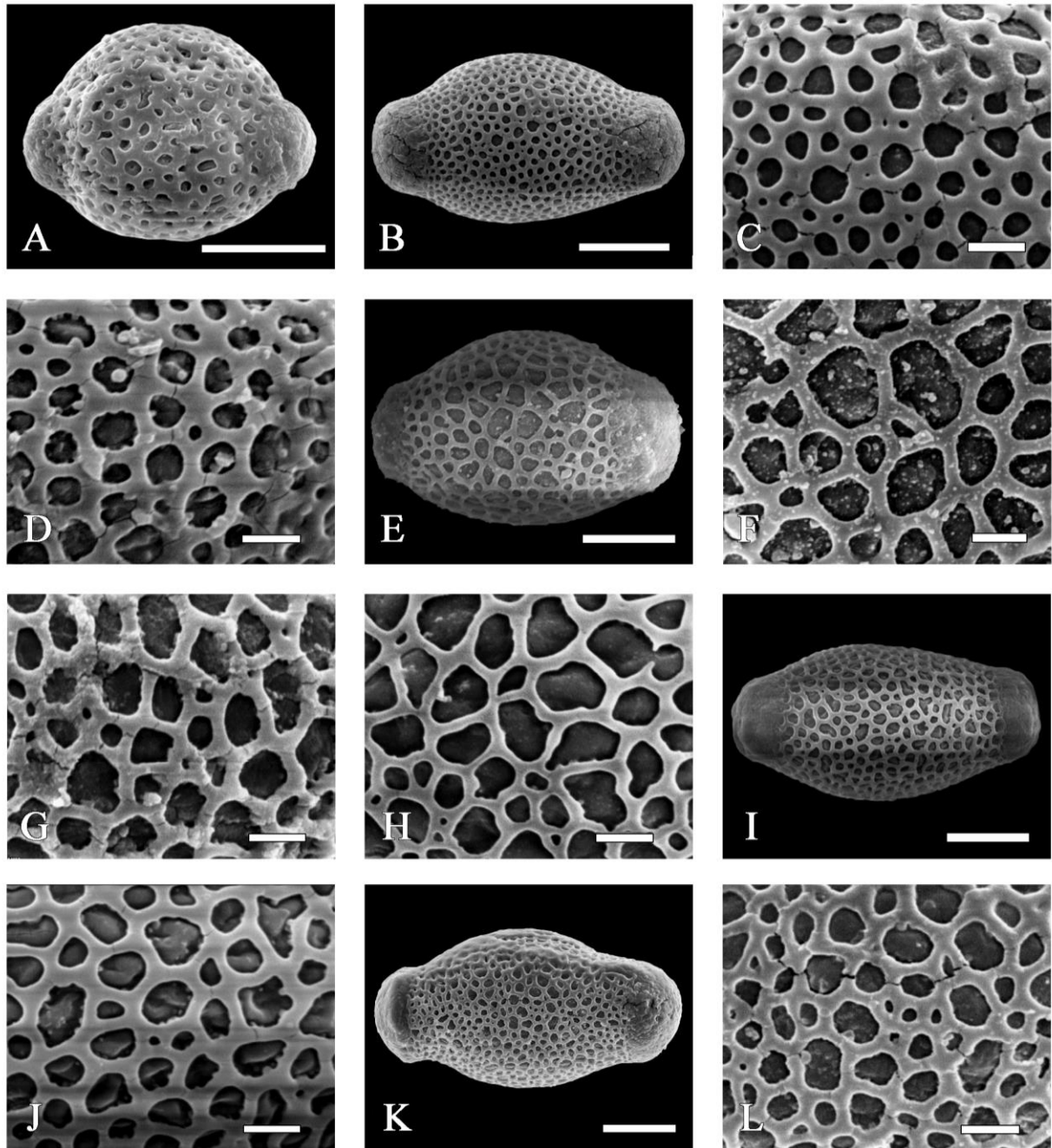


Figura 7. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A.** *Aechmea gamosepala* Wittm. Vista polar do grão de pólen esférico, UEC198770. **B–D.** *Aechmea gracilis* Lindm. **B.** Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198661. **C.** Detalhe da ornamentação, UEC198661. **D.** Detalhe da ornamentação, UEC198757. **E–J.** *Aechmea* sp2. **E.** Vista polar, do grão de pólen 2-porado, UEC198792. **F.** Detalhe da ornamentação, UEC198792. **G.** Detalhe da ornamentação, UEC198780. **H.** Detalhe da ornamentação, UEC198796. **I.** Vista equatorial do grão de pólen 2-porado, UEC198784. **J.** Detalhe da ornamentação, UEC198784. **K–L.** *Aechmea winkleri* Reitz. **K.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197871. **L.** Detalhe da ornamentação, UEC197871. Escalas das barras – 2µm (C, D, F, G, H, J, L), 10 µm (A, B, E, I, K).

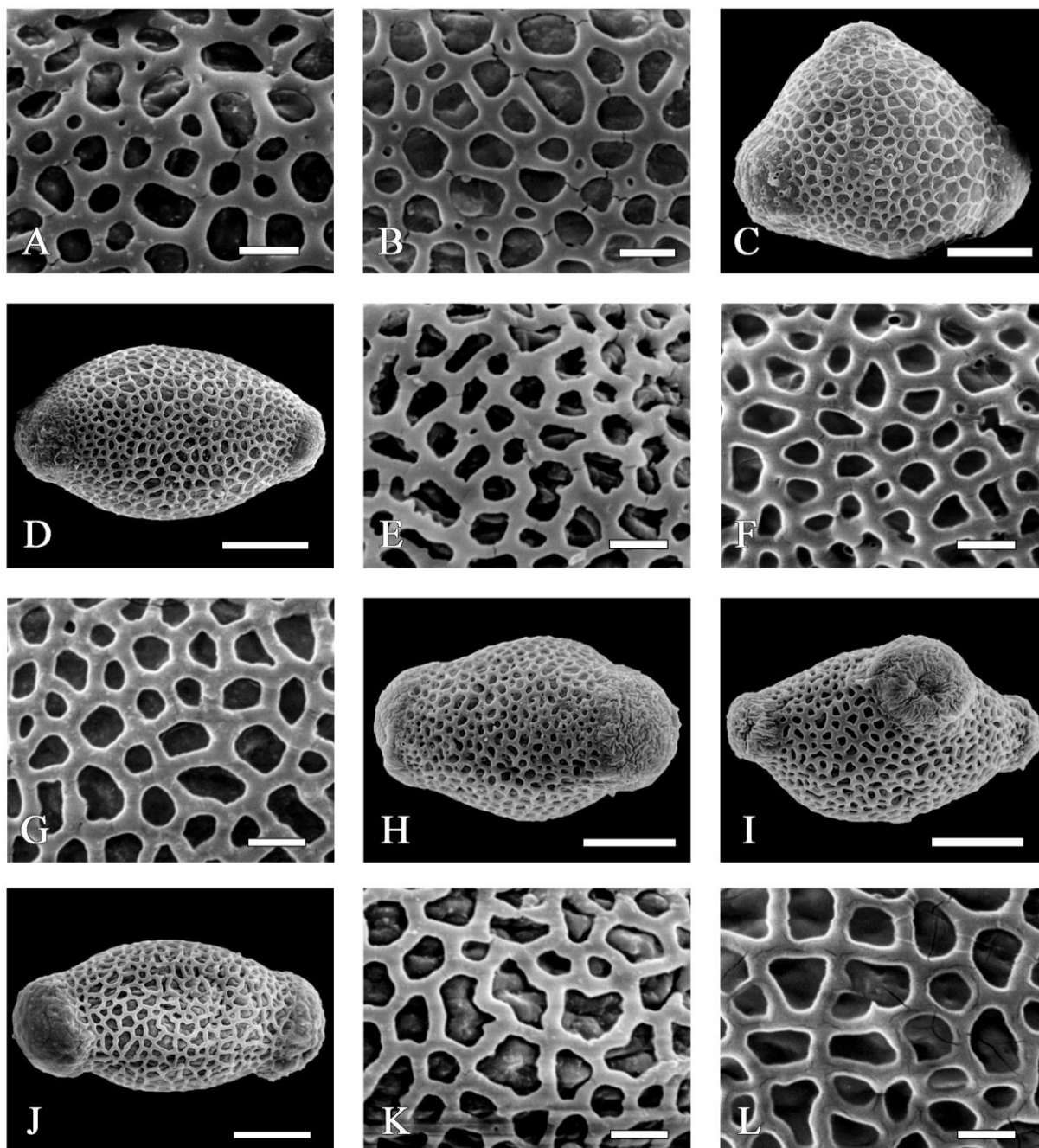


Figura 8. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de espécies de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*. **A.** *Aechmea* sp1. Detalhe da ornamentação, UEC198766. **B–D.** *Aechmea kertesziae* Reitz. **B.** Detalhe da ornamentação, UEC198748. **C.** Vista polar do grão de pólen 3-porado, UEC198755. **D.** Vista polar, do grão de pólen 2-porado, UEC198755. **E.** *Aechmea kleinii* Reitz, Detalhe da ornamentação, UEC198753. **F–G.** *Aechmea organensis* Wawra. **F.** Detalhe da ornamentação, UEC198748. **G.** Detalhe da ornamentação, SP374432. **H–I.** *Aechmea pimenti-velosoi* Reitz. **H.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC197873. **I.** Vista equatorial do grão de pólen 3-porado, UEC197873. **J–L.** *Aechmea recurvata* (Klotzsch) L.B. Sm. **J.** Vista polar do grão de pólen 2-porado, UEC198790. **K.** Detalhe da ornamentação, UEC198790. **L.** Detalhe da ornamentação, UEC198649. Escalas das barras – 2µm (A, B, E–G, J–L), 10 µm (C, D, H, I).

Tabela I. Medidas (μm) do eixo equatorial na vista equatorial dos grãos de pólen de *Aechmea* ($n = 25$).

Espécime/número de herbário	Código Espécime	Eixo equatorial maior em Vista Equatorial (VEEM)				Eixo equatorial menor em Vista Equatorial (VEEm)			
		FV	s	V(%)	IC(x \pm sx)	FV	s	V(%)	IC(x \pm sx)
<i>A. blumenavii</i> UEC197886	Ablu886	40,82-52,15	2,84	6,11	45,26 (46,42 \pm 0,57) 47,59	29,99-38,40	2,14	6,45	32,25 (33,13 \pm 0,43) 34,01
<i>A. blumenavii</i> FURB23477-19116	Ablu477	39,82-50,98	2,89	6,37	44,26 (45,45 \pm 0,58) 46,64	29,24-39,32	2,82	8,19	33,30 (34,46 \pm 0,56) 35,63
<i>A. blumenavii</i> FURB28097	Ablu097	36,74-49,31	2,97	6,78	42,60 (43,82 \pm 0,59) 45,05	19,99-39,32	3,80	10,97	33,06 (34,63 \pm 0,76) 36,19
<i>A. blumenavii</i> RB329.091	Ablu091	36,49-46,90	2,57	6,32	39,70 (40,76 \pm 0,51) 41,82	24,32-29,65	1,67	6,10	26,62 (27,31 \pm 0,33) 28,00
<i>A. calyculata</i> UEC197888	Acal888	34,40-45,82	3,33	8,01	40,22 (41,60 \pm 0,67) 42,97	23,57-35,90	2,74	9,09	29,01 (30,13 \pm 0,55) 31,26
<i>A. calyculata</i> UEC197887	Acal887	35,57-48,48	2,60	6,34	39,99 (41,06 \pm 0,52) 42,14	24,24-35,40	2,06	7,38	27,08 (27,93 \pm 0,41) 28,77
<i>A. calyculata</i> UEC197890	Acal890	33,57-40,07	1,86	5,10	35,74 (36,50 \pm 0,37) 37,27	21,16-32,74	2,76	10,50	25,13 (26,26 \pm 0,55) 27,40
<i>A. calyculata</i> UEC197870	Acal870	37,82-45,90	2,19	5,40	39,69 (40,59 \pm 0,44) 41,50	28,57-34,99	1,47	4,66	30,83 (31,44 \pm 0,29) 32,04
<i>A. calyculata</i> UEC198759	Acal759	29,24-37,57	2,32	6,89	32,75 (33,71 \pm 0,46) 34,67	20,08-32,90	2,73	10,66	24,48 (25,60 \pm 0,55) 26,72
<i>A. calyculata</i> FURB12661	Acal661	33,82-44,15	2,57	6,73	37,22 (38,28 \pm 0,51) 39,35	17,91-34,07	3,25	10,91	28,41 (29,75 \pm 0,65) 31,09
<i>A. caudata</i> UEC198785	Acau785	35,99-45,73	2,90	6,96	40,52 (41,72 \pm 0,58) 42,91	26,91-36,07	2,30	7,41	30,03 (30,98 \pm 0,46) 31,92
<i>A. caudata</i> SP385012	Acau012	29,49-36,49	2,44	7,38	32,08 (33,09 \pm 0,49) 34,10	21,41-28,49	1,61	6,59	23,79 (24,45 \pm 0,32) 25,12
<i>A. caudata</i> FURB28062	Acau062	34,40-53,90	4,26	9,37	43,68 (45,44 \pm 0,85) 47,19	25,16-38,82	3,61	11,23	30,62 (32,10 \pm 0,72) 33,59
<i>A. coelestis</i> ICN178781	Acoe781	33,99-46,15	2,91	7,10	39,78 (40,98 \pm 0,58) 42,18	28,07-43,15	2,95	9,24	30,66 (31,87 \pm 0,59) 33,08
<i>A. coelestis</i> UEC198675	Acoe675	39,48-50,40	2,75	6,05	44,38 (45,52 \pm 0,55) 46,65	26,24-41,23	2,87	9,09	30,41 (31,60 \pm 0,57) 32,78
<i>A. coelestis</i> BHCB380	Acoe380	36,07-56,89	4,01	8,59	44,99 (46,64 \pm 0,80) 48,29	30,74-39,73	2,32	6,55	34,43 (35,39 \pm 0,46) 36,34
<i>A. coelestis</i> MBML022310	Acoe310	38,90-48,81	2,77	6,32	42,72 (43,86 \pm 0,55) 45,00	33,74-41,48	1,92	5,16	36,43 (37,23 \pm 0,38) 38,02
<i>A. comata</i> UEC198740	Acom740	38,32-52,15	3,02	6,41	45,91 (47,16 \pm 0,60) 48,40	29,16-37,57	2,20	6,52	32,88 (33,78 \pm 0,44) 34,69
<i>A. comata</i> UEC197889	Acom889	35,24-45,23	2,69	6,81	38,40 (39,51 \pm 0,54) 40,62	26,91-33,24	1,87	6,31	28,82 (29,59 \pm 0,37) 30,36
<i>A. comata</i> UEC198769	Acom769	35,40-43,07	2,10	5,41	37,91 (38,77 \pm 0,42) 39,63	26,66-33,15	1,98	6,62	29,14 (29,96 \pm 0,40) 30,78
<i>A. cylindrata</i> UEC198663	Acyl663	28,57-36,74	2,40	7,35	31,62 (32,61 \pm 0,48) 33,60	23,41-31,65	1,51	5,75	25,70 (26,32 \pm 0,30) 26,95
<i>A. cylindrata</i> UEC198672	Acyl672	25,99-38,57	2,44	7,65	30,92 (31,93 \pm 0,49) 32,93	19,58-31,49	2,85	11,97	22,65 (23,82 \pm 0,57) 25,00
<i>A. cylindrata</i> UEC198774	Acyl774	28,24-37,65	2,47	7,65	31,28 (32,30 \pm 0,49) 33,32	20,58-30,07	2,32	9,85	22,58 (23,54 \pm 0,46) 24,49
<i>A. cylindrata</i> UEC198775	Acyl775	28,07-35,15	1,62	5,25	30,26 (30,93 \pm 0,32) 31,60	21,41-25,99	1,13	4,83	22,93 (23,39 \pm 0,23) 23,86
<i>A. cylindrata</i> UEC198756	Acyl756	28,99-34,40	1,50	4,76	30,89 (31,51 \pm 0,30) 32,12	19,83-25,99	1,37	5,92	22,58 (23,14 \pm 0,27) 23,71
<i>A. cylindrata</i> UEC198662	Acyl662	29,16-38,40	2,55	7,63	32,35 (33,40 \pm 0,51) 34,45	23,16-28,57	1,68	6,53	24,96 (25,65 \pm 0,34) 26,34
<i>A. cylindrata</i> UEC197892	Acyl892	36,99-43,07	1,59	3,96	39,55 (40,21 \pm 0,32) 40,87	26,41-33,82	1,73	5,77	29,31 (30,02 \pm 0,35) 30,74
<i>A. cylindrata</i> SPSF51483	Acyl483	30,07-44,07	3,22	9,23	33,62 (34,95 \pm 0,64) 36,27	24,57-38,32	2,62	9,48	26,56 (27,64 \pm 0,52) 28,72
<i>A. gamosepala</i> UEC198659	Agam659	25,41-34,32	2,74	9,41	27,94 (29,07 \pm 0,55) 30,20	18,74-24,66	1,61	7,41	21,10 (21,76 \pm 0,32) 22,43

Tabela I. Continuação.

<i>A. gamosepala</i> UEC198658	Agam658	30,40-44,23	3,23	9,04	34,36 (35,69 ± 0,65)	37,02	22,41-31,07	2,40	9,39	24,57 (25,56 ± 0,48)	26,55
<i>A. gamosepala</i> UEC198657	Agam657	36,90-43,82	1,87	4,61	39,91 (40,68 ± 0,37)	41,45	27,41-35,24	2,04	6,55	30,30 (31,14 ± 0,41)	31,98
<i>A. gamosepala</i> UEC198770	Agam770	33,15-40,90	2,02	5,38	36,79 (37,62 ± 0,40)	38,45	25,32-32,90	2,27	7,63	28,80 (29,73 ± 0,45)	30,67
<i>A. gamosepala</i> UEC198750	Agam750	37,57-45,98	2,13	5,05	41,39 (42,27 ± 0,43)	43,15	26,41-32,65	1,50	5,01	29,40 (30,01 ± 0,30)	30,63
<i>A. gamosepala</i> UEC198772	Agam772	29,57-37,65	2,32	6,85	32,87 (33,82 ± 0,46)	34,77	21,32-32,57	2,33	9,35	23,94 (24,90 ± 0,47)	25,86
<i>A. gracilis</i> UEC198673	Agra673	34,57-44,57	2,49	6,31	38,39 (39,41 ± 0,50)	40,44	24,57-33,49	2,30	8,19	27,18 (28,13 ± 0,46)	29,08
<i>A. gracilis</i> UEC198661	Agra661	33,74-42,90	2,25	5,82	37,80 (38,72 ± 0,45)	39,65	25,57-32,90	2,02	6,82	28,79 (29,62 ± 0,40)	30,45
<i>A. gracilis</i> UEC198664	Agra664	33,49-40,82	2,09	5,73	35,57 (36,43 ± 0,42)	37,29	22,32-31,32	2,50	8,93	26,99 (28,02 ± 0,50)	29,05
<i>A. gracilis</i> UEC198757	Agra757	27,82-39,65	2,87	8,09	34,23 (35,41 ± 0,57)	36,59	20,91-33,15	2,95	11,23	25,10 (26,32 ± 0,59)	27,53
<i>A. gracilis</i> UEC198758	Agra758	29,82-36,40	1,67	5,00	32,77 (33,46 ± 0,33)	34,15	16,83-29,24	2,43	9,40	24,85 (25,85 ± 0,49)	26,85
<i>A. kertesziae</i> UEC198748	Aker748	27,74-39,73	3,48	10,24	32,57 (34,01 ± 0,70)	35,44	21,41-30,15	2,05	8,22	24,15 (25,00 ± 0,41)	25,84
<i>A. kertesziae</i> UEC198755	Aker755	34,32-47,90	3,45	8,54	38,95 (40,37 ± 0,69)	41,79	27,74-35,24	1,92	6,02	31,05 (31,84 ± 0,38)	32,63
<i>A. kleinii</i> UEC198753	Akle753	33,15-42,57	2,38	6,29	36,77 (37,15 ± 0,48)	38,73	25,24-33,49	2,26	7,73	28,37 (29,30 ± 0,45)	30,23
<i>A. organensis</i> UEC198665	Aorg665	36,49-42,90	1,58	4,01	38,77 (39,42 ± 0,32)	40,07	26,49-31,65	1,40	4,79	28,62 (29,19 ± 0,28)	29,77
<i>A. organensis</i> UEC198748	Aor748	35,24-42,90	2,41	6,19	38,00 (39,00 ± 0,48)	39,99	25,57-31,32	1,46	5,05	28,24 (28,84 ± 0,29)	29,44
<i>A. organensis</i> SP374432	Aorg432	35,57-45,73	2,71	6,75	39,03 (40,15 ± 0,54)	41,26	24,66-34,74	2,13	7,59	27,22 (28,10 ± 0,43)	28,97
<i>A. organensis</i> UEC198782	Aorg872	32,15-42,57	2,71	7,01	37,54 (38,66 ± 0,54)	39,77	21,16-32,15	2,28	8,48	25,93 (26,87 ± 0,46)	27,80
<i>A. pimenti-velosoi</i> UEC198783	Apiv873	40,23-47,98	1,86	4,19	43,56 (44,32 ± 0,37)	45,09	24,07-34,99	2,59	8,57	29,18 (30,25 ± 0,52)	31,32
<i>A. recurvata</i> UEC198790	Arec790	29,57-47,56	3,20	7,83	39,56 (40,88 ± 0,64)	42,20	26,24-39,23	2,63	8,54	29,78 (30,86 ± 0,53)	31,95
<i>A. recurvata</i> UEC202388	Arec388	35,32-42,82	1,69	4,36	38,14 (38,84 ± 0,34)	39,54	24,99-33,57	1,92	6,77	27,55 (28,34 ± 0,38)	29,13
<i>A. recurvata</i> UEC198649	Arec649	35,07-43,65	2,31	5,97	37,74 (38,69 ± 0,46)	39,65	26,91-31,90	1,49	5,07	28,73 (29,34 ± 0,30)	29,95
<i>A. winkleri</i> UEC198795	Awin795	27,82-44,57	4,04	11,79	32,65 (34,31 ± 0,81)	35,98	21,66-32,24	2,76	10,55	24,98 (26,11 ± 0,55)	27,25
<i>A. winkleri</i> UEC202387	Awin387	34,90-46,98	2,79	6,67	40,73 (41,88 ± 0,56)	43,03	27,07-33,90	1,97	6,43	29,85 (30,66 ± 0,39)	31,47
<i>A. winkleri</i> UEC 198781	Awin871	30,65-37,98	2,18	6,37	33,40 (34,30 ± 0,44)	35,20	22,32-28,24	1,83	7,36	24,11 (24,87 ± 0,37)	25,62
<i>A. sp1</i> UEC198766	Asp1766	43,82-54,89	3,17	6,34	48,72 (50,03 ± 0,63)	51,34	30,24-37,32	2,01	5,99	32,68 (33,50 ± 0,40)	34,33
<i>A. sp1</i> UEC197884	Asp1884	34,57-45,57	2,90	6,97	40,39 (41,59 ± 0,58)	42,79	24,16-32,90	1,71	5,94	28,13 (28,83 ± 0,34)	29,54
<i>A. sp2</i> UEC198792	Asp2792	35,49-44,73	2,68	6,67	39,05 (40,15 ± 0,54)	41,26	26,74-37,73	2,52	8,03	30,34 (31,37 ± 0,50)	32,41
<i>A. sp2</i> UEC198780	Asp2780	36,90-43,98	1,88	4,63	39,92 (40,70 ± 0,38)	41,47	27,24-31,49	1,23	4,25	28,42 (28,93 ± 0,25)	29,43
<i>A. sp2</i> UEC198796	Asp2796	30,90-47,56	4,40	10,77	39,00 (40,81 ± 0,88)	42,62	25,82-41,07	3,92	12,38	30,04 (31,66 ± 0,78)	33,27
<i>A. sp2</i> UEC198784	Asp2784	35,82-45,57	2,70	6,75	38,85 (39,96 ± 0,54)	41,07	25,82-36,82	2,80	9,20	29,28 (30,43 ± 0,56)	31,59

Nota: Média aritmética (\bar{x}), desvio padrão da média (S_x), desvio padrão da amostra (s), coeficiente de variabilidade (V%), intervalo de confiança a 95% (IC) e faixa de variação (FV).

Tabela II. Medidas (μm) do eixo equatorial na vista polar dos grãos de pólen de *Aechmea* ($n = 25$).

Espécime/número de herbário	Eixo equatorial maior em Vista Polar (VPEM)				Eixo equatorial menor em Vista Polar (VPEm)			
	FV	s	V(%)	IC($x \pm s_x$)	FV	s	V(%)	IC($x \pm s_x$)
<i>A. blumenavii</i> UEC197886	38,82-48,31	2,27	5,04	44,08 (45,02 \pm 0,47) 45,95	30,90-39,98	1,79	5,04	34,74 (35,47 \pm 0,36) 36,21
<i>A. blumenavii</i> FURB23477-19116	39,23-50,06	2,99	6,54	44,50 (45,74 \pm 0,60) 46,97	28,99-42,07	2,98	8,26	34,90 (36,13 \pm 0,60) 37,36
<i>A. blumenavii</i> FURB28097	36,65-50,40	3,29	7,41	43,03 (44,39 \pm 0,66) 45,74	27,91-39,98	2,97	8,35	34,39 (35,61 \pm 0,59) 36,84
<i>A. blumenavii</i> RB329.091	35,32-44,40	2,36	5,96	38,62 (39,59 \pm 0,47) 40,56	23,74-35,82	2,40	8,26	28,06 (29,05 \pm 0,48) 30,04
<i>A. calyculata</i> UEC197888	31,49-45,73	2,84	7,00	39,37 (40,54 \pm 0,57) 41,71	27,49-38,40	2,99	9,07	31,67 (32,90 \pm 0,60) 34,13
<i>A. calyculata</i> UEC197887	25,82-44,82	3,75	9,89	36,37 (37,92 \pm 0,75) 39,46	22,32-38,15	3,13	10,25	29,20 (30,49 \pm 0,63) 31,78
<i>A. calyculata</i> UEC197890	31,82-38,57	1,82	5,20	34,22 (34,97 \pm 0,36) 35,71	24,91-32,90	2,31	8,08	27,63 (28,59 \pm 0,46) 29,54
<i>A. calyculata</i> UEC197870	36,65-44,82	2,03	5,13	38,84 (39,67 \pm 0,41) 40,51	28,57-37,07	2,33	7,22	31,36 (32,32 \pm 0,47) 33,28
<i>A. calyculata</i> UEC198759	26,91-36,65	2,37	7,40	30,97 (31,95 \pm 0,47) 36,65	20,58-30,90	2,78	10,64	24,93 (26,08 \pm 0,56) 27,22
<i>A. calyculata</i> FURB12661	34,24-40,48	1,87	5,00	36,54 (37,31 \pm 0,37) 38,08	25,99-35,24	2,42	7,82	29,99 (30,99 \pm 0,48) 31,99
<i>A. caudata</i> UEC198785	34,90-49,73	3,26	7,84	40,24 (41,59 \pm 0,65) 42,93	27,66-35,65	2,31	7,30	30,73 (31,69 \pm 0,46) 32,64
<i>A. caudata</i> SP385012	28,82-44,90	3,96	11,35	33,24 (34,87 \pm 0,79) 36,50	24,74-36,65	3,32	11,32	27,99 (29,35 \pm 0,66) 30,72
<i>A. caudata</i> FURB28062	33,49-57,89	4,94	11,02	42,84 (44,87 \pm 0,99) 46,91	25,49-46,65	5,16	14,55	33,33 (35,46 \pm 1,03) 37,58
<i>A. coelestis</i> ICN178781	39,32-46,23	2,26	5,40	40,96 (41,89 \pm 0,45) 42,83	27,99-35,07	1,93	5,95	31,66 (32,46 \pm 0,39) 33,26
<i>A. coelestis</i> UEC198675	35,82-47,40	2,86	6,71	41,49 (42,67 \pm 0,57) 43,85	28,82-39,90	1,94	6,00	31,57 (32,37 \pm 0,39) 33,17
<i>A. coelestis</i> BHCB380	41,23-51,48	2,51	5,67	43,22 (44,25 \pm 0,50) 45,29	33,82-40,90	2,24	6,04	36,24 (37,17 \pm 0,45) 38,09
<i>A. coelestis</i> MBML022310	39,57-48,15	2,08	4,74	43,04 (43,90 \pm 0,42) 44,76	33,65-42,32	2,54	6,69	36,89 (37,93 \pm 0,51) 38,98
<i>A. comata</i> UEC198740	40,40-52,31	2,94	6,33	45,27 (46,48 \pm 0,59) 47,69	33,90-40,48	1,92	5,20	36,06 (36,85 \pm 0,38) 37,64
<i>A. comata</i> UEC197889	33,57-46,06	2,70	6,90	38,09 (39,20 \pm 0,54) 40,32	27,24-32,99	1,64	5,33	30,15 (30,82 \pm 0,33) 31,50
<i>A. comata</i> UEC198769	34,74-40,98	1,83	4,85	36,93 (37,68 \pm 0,37) 38,43	26,07-34,24	1,88	6,12	29,98 (30,76 \pm 0,38) 31,53
<i>A. cylindrata</i> UEC198663	27,99-36,82	2,44	7,76	30,47 (31,48 \pm 0,49) 32,48	24,82-31,74	1,78	6,59	26,32 (27,06 \pm 0,36) 27,79
<i>A. cylindrata</i> UEC198672	25,49-36,74	2,70	8,71	29,93 (31,04 \pm 0,54) 32,16	19,66-25,49	1,58	6,83	22,50 (23,15 \pm 0,32) 23,80
<i>A. cylindrata</i> UEC198774	25,24-39,48	3,35	10,84	29,54 (30,92 \pm 0,67) 32,31	20,91-30,90	2,75	11,6	22,61 (23,74 \pm 0,55) 24,87
<i>A. cylindrata</i> UEC198775	26,91-34,40	1,93	6,32	29,76 (30,56 \pm 0,39) 31,35	22,24-26,07	1,03	4,19	24,26 (24,68 \pm 0,21) 25,11
<i>A. cylindrata</i> UEC198756	28,57-36,90	2,29	7,14	31,17 (32,11 \pm 0,46) 33,06	17,49-32,32	2,95	11,85	23,69 (24,91 \pm 0,59) 26,12
<i>A. cylindrata</i> UEC198662	24,49-34,32	2,15	6,92	30,24 (31,12 \pm 0,43) 32,01	17,74-28,99	2,06	8,12	24,47 (25,32 \pm 0,41) 26,17
<i>A. cylindrata</i> UEC197892	32,90-43,07	2,26	5,70	38,77 (39,70 \pm 0,45) 40,63	29,24-35,82	1,64	4,98	32,18 (32,85 \pm 0,33) 33,52
<i>A. cylindrata</i> SPSF51483	28,24-39,65	2,49	7,40	32,58 (33,61 \pm 0,50) 34,63	27,32-33,15	1,66	5,56	29,15 (29,83 \pm 0,33) 30,52
<i>A. gamosepala</i> UEC198659	25,74-34,74	1,86	6,33	28,64 (29,40 \pm 0,37) 30,17	19,49-27,74	1,72	7,17	23,30 (24,01 \pm 0,34) 24,72

Tabela II. Continuação.

<i>A. gamosepala</i> UEC198658	24,07-44,32	3,54	10,11	33,56 (35,02 ± 0,71)	36,48	23,91-31,82	2,03	7,27	27,09 (27,93 ± 0,41)	28,77
<i>A. gamosepala</i> UEC198657	36,74-45,98	2,47	6,05	39,83 (40,85 ± 0,49)	41,87	29,82-39,57	2,68	7,80	33,27 (34,38 ± 0,54)	35,48
<i>A. gamosepala</i> UEC198770	31,82-42,98	2,74	7,35	36,21 (37,35 ± 0,55)	38,48	27,99-34,24	1,70	5,55	29,93 (30,63 ± 0,34)	31,33
<i>A. gamosepala</i> UEC198750	39,65-47,06	2,35	5,41	42,57 (43,54 ± 0,47)	44,51	28,57-35,65	1,76	5,37	32,09 (32,82 ± 0,35)	33,54
<i>A. gamosepala</i> UEC198772	27,49-38,73	2,88	8,40	33,13 (34,32 ± 0,58)	35,50	24,16-35,82	2,85	9,90	27,64 (28,82 ± 0,57)	29,99
<i>A. gracilis</i> UEC198673	31,99-41,98	2,34	6,28	36,39 (37,36 ± 0,47)	38,32	24,99-38,73	3,24	10,66	29,10 (30,43 ± 0,65)	31,77
<i>A. gracilis</i> UEC198661	32,32-44,40	3,12	8,22	36,68 (37,96 ± 0,62)	39,25	28,16-39,48	2,32	7,09	31,77 (32,73 ± 0,46)	33,69
<i>A. gracilis</i> UEC198664	27,49-39,07	2,85	8,10	33,98 (35,15 ± 0,57)	36,33	24,49-32,74	1,74	6,07	27,88 (28,59 ± 0,35)	29,31
<i>A. gracilis</i> UEC198757	29,57-40,98	2,80	8,32	32,54 (33,70 ± 0,56)	34,85	22,49-33,90	2,62	9,94	25,31 (26,39 ± 0,52)	27,47
<i>A. gracilis</i> UEC198758	28,24-37,15	2,03	6,26	31,57 (32,40 ± 0,41)	33,24	23,49-29,99	1,50	5,56	26,36 (26,98 ± 0,30)	27,60
<i>A. kertesziae</i> UEC198748	31,74-37,40	1,67	4,92	33,29 (33,98 ± 0,33)	34,66	23,74-31,32	1,81	6,51	27,02 (27,77 ± 0,36)	28,51
<i>A. kertesziae</i> UEC198755	35,40-45,57	2,75	6,89	38,75 (39,88 ± 0,55)	41,02	27,57-37,82	2,30	7,01	31,91 (32,86 ± 0,46)	33,81
<i>A. kleinii</i> UEC198753	35,32-44,98	2,59	6,50	38,79 (39,86 ± 0,52)	40,93	27,16-38,73	2,79	8,53	31,61 (32,76 ± 0,56)	33,91
<i>A. organensis</i> UEC198665	35,24-42,90	2,25	5,71	38,57 (39,49 ± 0,45)	40,42	26,74-34,82	1,75	5,78	29,65 (30,38 ± 0,35)	31,10
<i>A. organensis</i> UEC198748	33,99-42,65	2,14	5,75	36,29 (37,17 ± 0,43)	38,05	26,66-33,99	1,85	6,08	29,64 (30,40 ± 0,37)	31,17
<i>A. organensis</i> SP374432	32,82-44,90	2,32	5,92	38,28 (39,24 ± 0,46)	40,20	27,32-35,49	1,87	6,26	29,06 (29,83 ± 0,37)	30,60
<i>A. organensis</i> UEC197872	33,90-43,15	2,80	7,22	37,61 (38,76 ± 0,56)	39,91	22,74-32,82	2,25	7,65	28,48 (29,41 ± 0,45)	30,34
<i>A. pimentii-velosoi</i> UEC197873	36,65-48,31	2,60	6,05	41,87 (42,94 ± 0,52)	44,01	29,32-36,90	1,94	5,78	32,79 (33,59 ± 0,69)	34,39
<i>A. recurvata</i> UEC198790	34,40-45,15	2,69	6,66	39,26 (40,36 ± 0,54)	41,47	28,16-38,07	2,39	7,42	31,24 (32,22 ± 0,48)	33,21
<i>A. recurvata</i> UEC202388	34,40-42,48	2,21	5,77	37,42 (38,33 ± 0,44)	39,24	26,82-35,65	2,17	7,21	29,21 (30,1 ± 0,43)	31,00
<i>A. recurvata</i> UEC198649	33,32-45,40	3,50	9,23	36,48 (37,92 ± 0,70)	39,36	27,74-34,82	1,81	5,94	29,70 (30,45 ± 0,36)	31,19
<i>A. winkleri</i> UEC198795	24,16-45,65	4,77	14,92	30,01 (31,97 ± 0,95)	33,94	20,24-33,15	3,68	13,06	26,65 (28,17 ± 0,74)	29,68
<i>A. winkleri</i> UEC202387	28,57-47,56	4,97	12,52	37,67 (39,71 ± 0,99)	41,76	22,66-37,07	3,51	11,15	30,03 (31,47 ± 0,70)	32,92
<i>A. winkleri</i> UEC 197871	26,66-39,73	2,49	7,32	32,97 (34,00 ± 0,50)	35,02	20,83-29,99	2,08	7,89	25,45 (26,30 ± 0,42)	27,16
<i>A. sp1</i> UEC198766	41,48-53,73	3,38	6,98	47,02 (48,41 ± 0,68)	49,81	25,32-42,32	3,37	9,89	32,72 (34,11 ± 0,67)	35,50
<i>A. sp1</i> UEC197884	36,40-44,65	2,43	5,92	40,10 (41,10 ± 0,49)	42,11	25,57-35,99	2,50	8,08	29,87 (30,89 ± 0,50)	31,92
<i>A. sp2</i> UEC198792	34,49-45,65	3,57	8,94	38,42 (39,89 ± 0,71)	41,36	28,74-38,65	2,33	7,20	31,35 (32,31 ± 0,47)	33,27
<i>A. sp2</i> UEC198780	36,99-44,15	1,92	4,70	39,94 (40,73 ± 0,38)	41,52	29,32-33,24	1,03	3,33	30,37 (30,79 ± 0,21)	31,22
<i>A. sp2</i> UEC198796	36,65-47,40	2,99	7,25	40,03 (41,26 ± 0,60)	42,49	27,57-38,98	3,24	9,80	31,74 (33,07 ± 0,65)	34,41
<i>A. sp2</i> UEC198784	29,74-45,73	3,18	8,14	37,76 (39,07 ± 0,64)	40,38	21,57-36,74	2,88	9,29	29,85 (31,04 ± 0,58)	32,23

Nota: Média aritmética (x), desvio padrão da média (S_x), desvio padrão da amostra (s), coeficiente de variabilidade (V%), intervalo de confiança a 95% (IC) e faixa de variação (FV).

Tabela III. Médias das medidas (μm) das camadas da exina e tamanho dos poros dos grãos de pólen de *Aechmea* ($n=10$).

Espécie/número de herbário	Espessura das camadas da exina			Retículo, fovéolo ou microrretículo		Poros		Forma do Poros
	TETO	SEXI	NEXI	LUMC	MURC	PORL	PORC	IFP
<i>A. blumenavii</i> UEC197886	0,33	0,50	0,32	2,72	0,60 (0,84) 1,10	15,20	20,05	0,76
<i>A. blumenavii</i> FURB23477-19116	0,23	0,54	0,25	2,06	0,55 (0,75) 1,00	18,99	21,32	0,95
<i>A. blumenavii</i> FURB28097	0,21	0,47	0,27	1,66	0,50 (0,70) 1,00	17,68	18,7	0,89
<i>A. blumenavii</i> RB329.091	0,26	0,52	0,26	1,62	0,45 (0,57) 0,75	13,71	15,9	0,86
<i>A. calyculata</i> UEC197888	0,27	0,39	0,25	2,14	0,55 (0,72) 0,95	14,22	17,66	0,81
<i>A. calyculata</i> UEC197887	0,27	0,43	0,29	1,52	0,50 (0,62) 0,75	12,67	16,73	0,76
<i>A. calyculata</i> UEC197890	0,25	0,57	0,24	1,23	0,45 (0,62) 0,85	12,32	14,76	0,83
<i>A. calyculata</i> UEC197870	0,29	0,64	0,29	2,42	0,65 (0,89) 1,45	12,08	16,93	0,71
<i>A. calyculata</i> UEC198759	0,23	0,48	0,24	0,88	0,25 (0,42) 0,50	13,49	17,41	0,77
<i>A. calyculata</i> FURB12661	0,23	0,52	0,27	1,46	0,45 (0,56) 0,70	15,94	17,77	0,90
<i>A. caudata</i> UEC198785	0,35	0,79	0,36	2,08	0,60 (0,73) 0,95	14,38	16,84	0,63
<i>A. caudata</i> SP385012	0,29	0,69	0,33	1,94	0,50 (0,69) 1,00	11,38	16,51	0,85
<i>A. caudata</i> FURB28062	0,27	0,61	0,28	2,58	0,50 (1,01) 1,25	11,75	18,7	0,69
<i>A. coelestis</i> ICN178781	0,31	0,59	0,40	2,20	0,70 (0,90) 1,15	15,63	19,02	0,82
<i>A. coelestis</i> UEC198675	0,22	0,43	0,30	2,58	0,60 (0,93) 1,05	15,99	17,78	0,90
<i>A. coelestis</i> BHCB380	0,20	0,50	0,28	1,47	0,45 (0,60) 0,90	17,74	20,66	0,86
<i>A. coelestis</i> MBML022310	0,21	0,49	0,31	2,38	0,55 (0,80) 1,00	14,83	18,74	0,79
<i>A. comata</i> UEC198740	0,25	0,58	0,26	1,44	0,50 (0,69) 0,95	15,60	16,83	0,73
<i>A. comata</i> UEC197889	0,26	0,55	0,23	1,38	0,50 (0,62) 0,85	14,01	16,94	0,93
<i>A. comata</i> UEC198769	0,32	0,77	0,28	1,10	0,50 (0,62) 0,80	13,36	18,41	0,83
<i>A. cylindrata</i> UEC198663	0,45	1,02	0,45	1,60	0,80 (0,93) 1,00	13,62	15,29	0,89
<i>A. cylindrata</i> UEC198672	0,42	0,73	0,38	1,37	0,50 (0,76) 0,90	10,27	13,38	0,77
<i>A. cylindrata</i> UEC198774	0,42	0,75	0,46	1,00	1,65 (2,02) 2,30	9,44	11,33	0,83
<i>A. cylindrata</i> UEC198775	0,42	0,73	0,32	2,00	0,55 (0,65) 0,85	9,08	9,33	0,97
<i>A. cylindrata</i> UEC198756	0,34	0,70	0,33	1,94	0,55 (0,81) 1,15	12,29	14,31	0,86
<i>A. cylindrata</i> UEC198662	0,35	0,60	0,39	1,56	0,55 (0,62) 0,85	12,58	15,83	0,79
<i>A. cylindrata</i> UEC197892	0,27	0,63	0,28	1,25	0,45 (0,61) 0,80	13,41	15,74	0,85
<i>A. cylindrata</i> SPSF51483	0,25	0,63	0,27	1,29	0,50 (0,65) 0,80	12,33	16,24	0,76
<i>A. gamosepala</i> UEC198659	0,19	0,39	0,21	0,89	0,35 (0,51) 0,75	11,80	12,87	0,92
<i>A. gamosepala</i> UEC198658	0,27	0,34	0,30	1,02	0,35 (0,59) 0,84	12,54	12,87	0,97

Tabela III. Continuação.

<i>A. gamosepala</i> UEC198657	0,26	0,57	0,24	1,31	0,50 (0,76)	0,84	15,12	17,86	0,85
<i>A. gamosepala</i> UEC198770	0,28	0,62	0,29	1,46	0,50 (0,73)	1,15	12,91	12,91	1,00
<i>A. gamosepala</i> UEC198750	0,22	0,49	0,23	1,37	0,40 (0,56)	0,75	14,16	17,97	0,79
<i>A. gamosepala</i> UEC198772	0,26	0,57	0,28	1,35	0,50 (0,93)	0,85	15,33	13,54	1,13
<i>A. gracilis</i> UEC198673	0,40	0,87	0,47	2,09	0,55 (0,86)	1,10	13,20	16,24	0,81
<i>A. gracilis</i> UEC198661	0,35	0,62	0,37	1,51	0,45 (0,64)	0,75	12,40	14,82	0,84
<i>A. gracilis</i> UEC198664	0,44	0,84	0,40	1,34	0,50 (0,63)	0,75	9,96	11,48	0,87
<i>A. gracilis</i> UEC198757	0,20	0,45	0,29	1,45	0,40 (0,63)	1,00	11,52	12,74	0,90
<i>A. gracilis</i> UEC198758	0,18	0,47	0,25	1,41	0,40 (0,64)	1,44	10,40	11,87	0,88
<i>A. kertesziae</i> UEC198748	0,20	0,49	0,29	1,97	0,40 (0,60)	0,85	12,76	15,96	0,80
<i>A. kertesziae</i> UEC198755	0,20	0,45	0,26	2,17	0,45 (0,69)	0,95	15,48	18,88	0,82
<i>A. kleinii</i> UEC198753	0,23	0,58	0,26	1,76	0,50 (0,63)	0,80	14,91	16,58	0,90
<i>A. organensis</i> UEC198665	0,26	0,65	0,38	1,72	0,50 (0,66)	0,85	13,12	15,48	0,85
<i>A. organensis</i> UEC198748	0,24	0,65	0,34	1,88	0,50 (0,68)	0,84	13,56	16,38	0,83
<i>A. organensis</i> SP374432	0,23	0,69	0,34	1,88	0,45 (0,67)	0,85	14,60	16,32	0,86
<i>A. organensis</i> UEC197872	0,24	0,63	0,31	2,14	0,45 (0,63)	0,75	12,98	15,08	0,89
<i>A. pimenti-velosoi</i> UEC197873	0,25	0,55	0,30	1,43	0,40 (0,68)	1,05	15,92	18,91	0,84
<i>A. recurvata</i> UEC198790	0,21	0,50	0,31	2,25	0,50 (0,69)	0,85	14,96	17,32	0,86
<i>A. recurvata</i> UEC202388	0,24	0,58	0,28	1,64	0,50 (0,62)	0,85	13,29	15,24	0,87
<i>A. recurvata</i> UEC198649	0,23	0,55	0,33	2,39	0,50 (0,72)	1,00	16,61	17,99	0,92
<i>A. winkleri</i> UEC198795	0,33	0,51	0,45	1,41	0,50 (0,68)	0,90	10,16	13,27	0,78
<i>A. winkleri</i> UEC202387	0,23	0,54	0,31	1,13	0,35 (0,51)	0,90	11,94	15,52	0,70
<i>A. winkleri</i> UEC 197871	0,19	0,52	0,26	0,96	0,30 (0,43)	0,60	12,33	13,29	0,91
<i>A. sp1</i> UEC198766	0,23	0,57	0,31	1,43	0,50 (0,58)	0,65	12,63	16,16	0,90
<i>A. sp1</i> UEC197884	0,24	0,68	0,32	1,40	0,40 (0,56)	0,65	11,79	16,78	0,90
<i>A. sp2</i> UEC198792	0,29	0,64	0,40	1,86	0,55 (0,76)	1,05	16,88	18,58	0,82
<i>A. sp2</i> UEC198780	0,23	0,58	0,37	2,98	0,50 (0,92)	1,15	15,77	17,55	0,77
<i>A. sp2</i> UEC198796	0,28	0,50	0,36	1,56	0,55 (0,70)	0,85	16,16	17,99	0,77
<i>A. sp2</i> UEC198784	0,22	0,54	0,34	2,29	0,70 (0,86)	1,05	13,20	16,04	0,93

Nota: Teto (TETO), Sexina = altura das columelas (SEXI), Nexina (NEXI), tamanho do lumen (LUMC), largura do muro (MURC), comprimento e largura do poro (PORC, PORL). Índice da forma do poro (IFP = PORL/PORC): ['poro elíptico' ($\leq 0,94$), 'poro circular' (0,95–1,00)].

Análise do intervalo de confiança da média (IC) a 95%

Com a análise do intervalo de confiança a 95% das medidas das vistas equatorial eixo maior (VEEM) e vista equatorial eixo menor (VEEm) dos grãos de pólen de *Aechmea* subg. *Ortgiesia* (Figura 9 A e B), constatou-se que:

- a. As medidas formam um contínuo nos dois gráficos (A e B), formado pelos valores das médias e dos intervalos das medidas dos grãos de pólen, com exceção de dois espécimes, conforme explicado a seguir.
- b. Em A, considera-se os valores para VEEM, com os espécimes *A. gamosepala* UEC198659 e *A. sp1* UEC198766 isolados das demais espécies apresentando a menor e a maior média, respectivamente.
- c. Quanto ao intervalo de confiança, o espécime *A. cylindrata* UEC198756 mostrou ter a menor variação nos limites do intervalo de confiança, enquanto que o espécime *A. sp2* UEC198796 mostrou a maior variação nos valores para VEEM.
- d. Em B, onde se considera os valores para VEEm, nota-se o espécime *A. gamosepala* UEC198659 novamente isolado dos demais espécimes com a menor média e, o espécime *A. coelestis* MBML022310, isolado com a maior média.
- e. Com relação ao intervalo de confiança para VEEm, o espécime *A. cylindrata* UEC198775 mostrou-se com as menores variações nos limites e o espécime *A. sp2* UEC198796 novamente com a maior variação nos limites.
- f. Em ambos os gráficos, notou-se que não houve o agrupamento dos espécimes de cada espécie, sendo que *A. cylindrata* foi a que mais agrupou seus espécimes considerando os valores para a VEEM e para VEEm. Os três espécimes de *A. coelestis* não se agruparam, porém permaneceram próximos em ambos os gráficos, apresentando as maiores medidas.

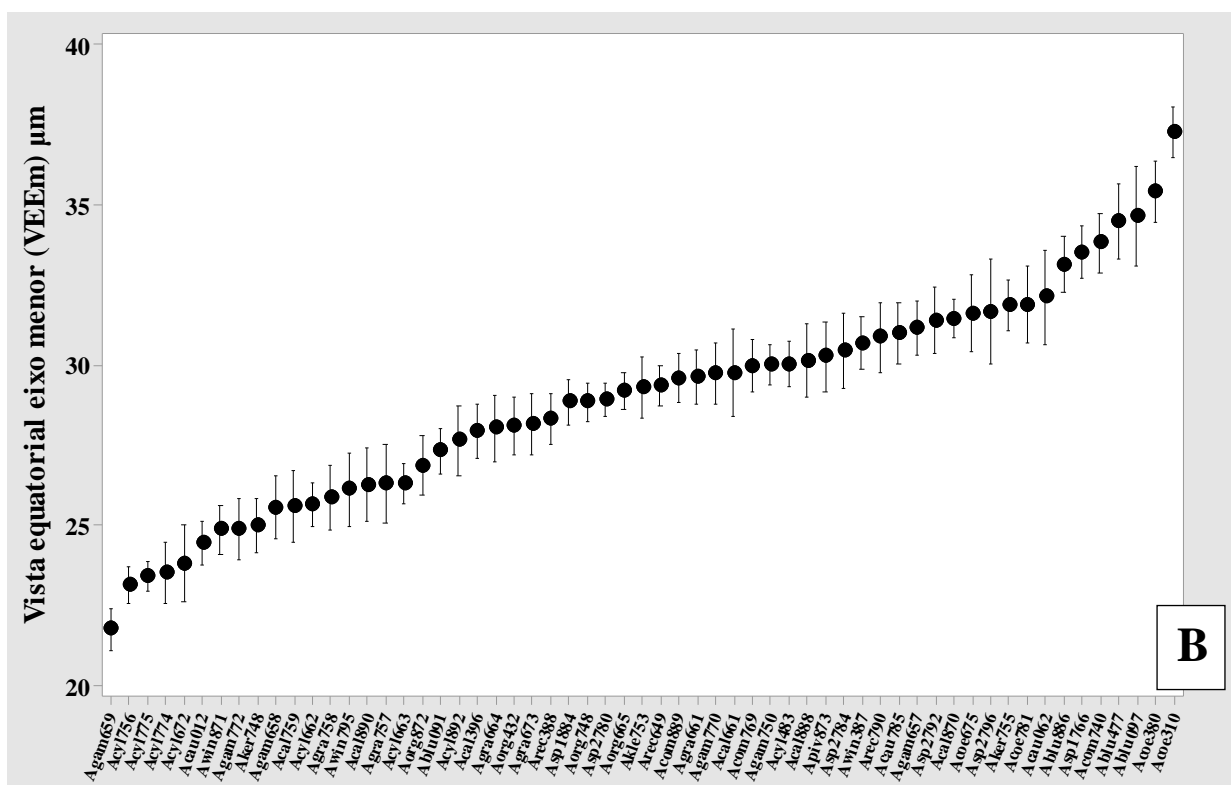
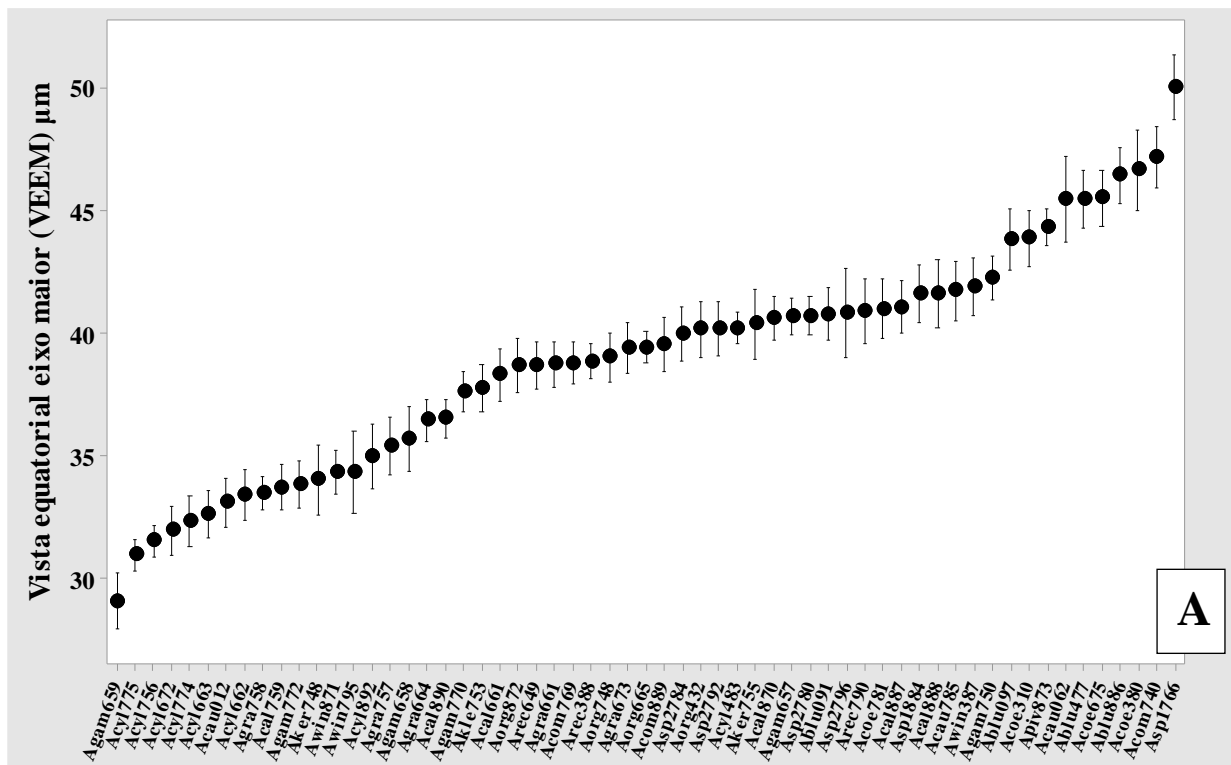


Figura 9. Representação gráfica do intervalo de confiança a 95% dos grãos de pólen das espécies de *Aechmea* subg. *Orgiesia*. A: vista equatorial eixo menor (VEEm), B: vista equatorial em eixo maior (VEEM). Os limites superiores e inferiores representam o intervalo de confiança a 95%; os círculos medianos representam a média aritmética. Os valores estão em μm . Códigos na tabela 1.

Análise dos componentes principais (principal component analyses – PCA)

A análise dos componentes principais (PCA) dos grãos de pólen das espécies estudadas de *Aechmea* subg. *Ortgiesia* utilizou de 11 variáveis métricas (Tabela IV). Não entraram nesta análise as variáveis qualitativas e as variáveis relacionadas aos grãos de pólen 3-porados. Os dois eixos do gráfico (Figura 10) representaram, juntos 76,61% da variabilidade total dos dados analisados.

O primeiro eixo resumiu sozinho 58,39% da variação total dos dados, tendo como variáveis mais correlacionadas (coeficiente de correlação $> 0,02$) eixo equatorial menor na vista equatorial (VEEm), eixo equatorial maior na vista equatorial (VEEM), eixo equatorial menor na vista polar (VPEm), eixo equatorial maior na vista polar (VPEM), largura do lumen (LUMC), largura do poro (PORL) e comprimento do poro (PORC).

O segundo eixo resumiu apenas 18,21% da variação total dos dados, tendo como variáveis mais correlacionadas (coeficiente de correlação $> 0,08$) a largura do muro (MURC), espessura da sexina (SEXI), espessura da nexina (NEXI) e espessura do teto (TETO).

Os espécimes *A. blumenavii* (FURB23477), *A. blumenavii* (FURB28097), *A. blumenavii* (RB329091), *A. calyculata* FURB12661, *A. coelestis* BHCB380, *A. comata* UEC198740, *A. comata* UEC197889, *A. cylindrata* SPSF51483, *A. gamosepala* UEC198657, *A. gamosepala* UEC198750, *A. kleinii* 403, *A. pimenti-velosoi* UEC197873, *A. sp1* UEC198766, *A. sp2* UEC198796 se posicionaram no lado inferior esquerdo do gráfico, com os maiores grãos de pólen. Em contrapartida, esses mesmos espécimes tiveram os menores valores para as variáveis espessura do teto, espessura da nexina e sexina e largura do muro.

Os espécimes com os maiores valores para a espessura do teto, espessura da nexina e sexina e tamanho do muro, se localizaram no lado superior direito do gráfico, sendo eles *A. caudata* SP385012, *A. cylindrata* (UEC198663, UEC198672, UEC198774, UEC198775, UEC198756, UEC198662), *A. gracilis* (UEC198673, UEC198664, UEC198758), *A. organensis* UEC197872, *A. kertesziae* UEC198748, *A. winkleri* UEC198795. Nesses mesmos espécimes notam-se os menores grãos de pólen.

A maior largura do lumen agrupou os espécimes *A. blumenavii* UEC197886, *A. calyculata* (UEC197888, UEC197870), *A. caudata* (UEC198785, FURB28062), *A. coelestis* (ICN178781, UEC198675, MBML022310), *A. kertesziae* UEC198755, *A. organensis* (UEC198665, UEC198748, SP374432), *A. recurvata* (UEC198790, UEC198649), *A. sp2* (UEC198792, 367, UEC198784), no lado superior esquerdo do gráfico, com os grãos de

pólen com os menores valores para essa variável estando no lado oposto, no lado inferior direito do gráfico, agrupando os espécimes *A. calyculata* UEC197887, *A. calyculata* UEC197890, *A. calyculata* UEC198759, *A. comata* UEC198769, *A. cylindrata* UEC197892, *A. gracilis* UEC198661, *A. gracilis* UEC198757, *A. gamosepala* UEC198659, *A. gamosepala* UEC198658, *A. gamosepala* UEC198770, *A. gamosepala* UEC198772, *A. recurvata* UEC202388, *A. winkleri* UEC202387, *A. winkleri* UEC197871, *A. sp1* UEC197884.

Tabela VI. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis métricas dos grãos de pólen de *Aechmea* e os dois primeiros eixos da ordenação pela ACP para as espécies estudadas.

Variáveis (siglas)	Significado das Variáveis	Componentes Principais	
		Eixo 1	Eixo 2
VPEM	Eixo Equatorial Maior na Vista Polar	-0.3662	-0.0463
VPEm	Eixo Equatorial Menor na Vista Polar	-0.3435	-0.1036
VEEM	Eixo Equatorial Maior na Vista Equatorial	-0.3508	-0.1389
VEEm	Eixo Equatorial Menor em Vista Equatorial	-0.3417	-0.0825
SEXI	Espessura da Sexina (altura das columelas)	0.0598	0.1867
TETO	Espessura do Teto	0.0658	0.1383
NEXI	Espessura da Nexina	0.0270	0.1557
LUMC	Largura do Lumen	-0.3577	0.8114
MURC	Largura do Muro	-0.0219	0.4049
PORL	Largura do Poro	-0.4106	-0.2057
PORC	Comprimento do Poro	-0.4499	-0.1349

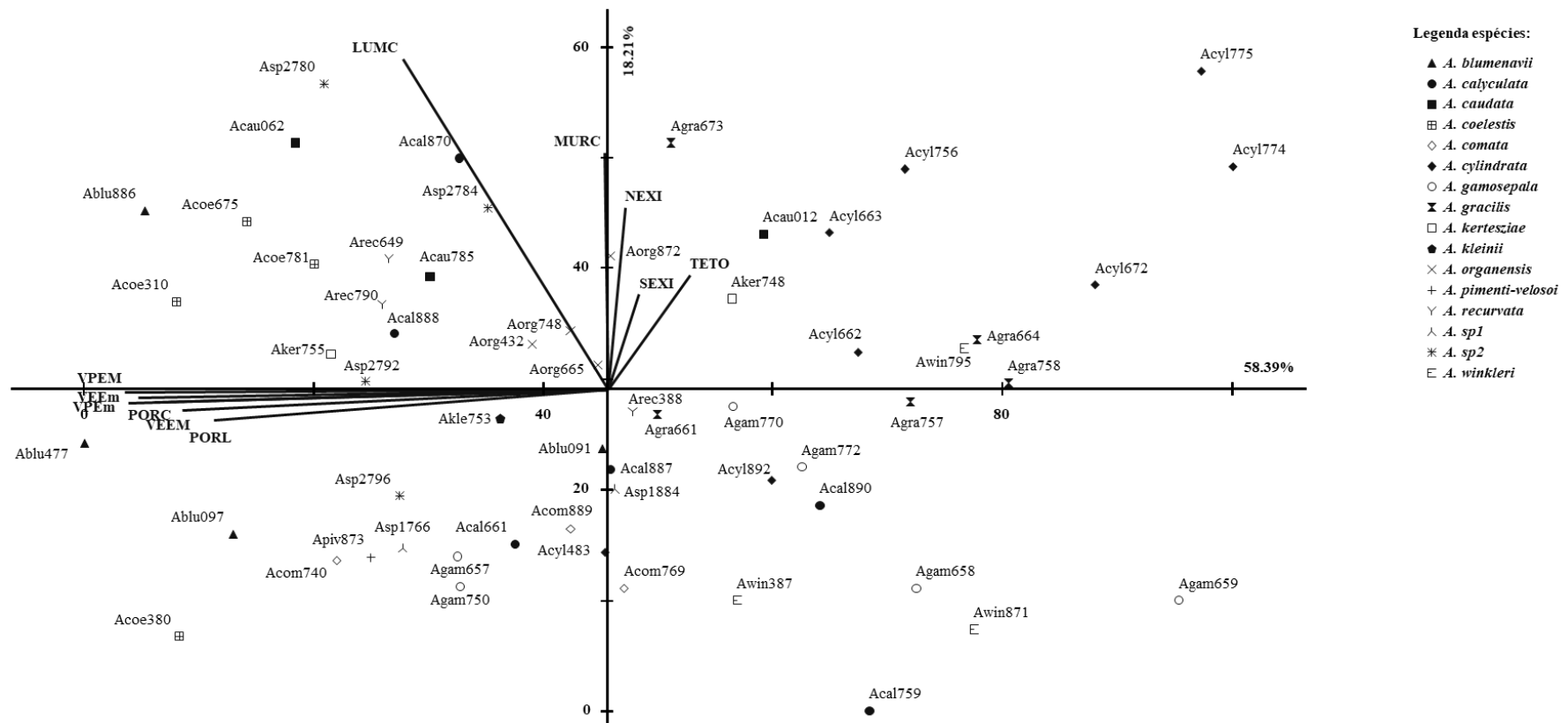


Figura 10. Ordenação pela PCA dos espécimes de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* em função das variáveis métricas dos grãos de pólen. Códigos na tabela 1.

Agregação média aritmética não ponderada (UPGMA)

A análise de UPGMA elaborou um dendograma de similaridade para os espécimes estudados pelo cálculo da distância euclidiana (Figura 11). Neste dendograma foi possível verificar a presença de dois conjuntos de espécimes com 0% de similaridade.

Os grupos A e B são parte do primeiro conjunto formado pela maior parte dos espécimes, e o outro grupo C formou-se com apenas dois espécimes [*A. cylindrata* UEC198774 (Acyl774) e *A. cylindrata* UEC198775 (Acyl775)]. Os espécimes do grupo C apresentaram similaridade entre 12,5 e 25% e distinguem-se dos outros espécimes pelas menores medidas do comprimento e largura dos poros (Acyl775) e maior medida de largura do muro (Acyl774), sendo esse último, o único com a ornamentação da exina foveolada. Esses espécimes se agruparam também por possuírem o mesmo valor de espessura do teto.

Os outros seis espécimes de *A. cylindrata* se destacaram por apresentarem-se num mesmo grande grupo (grupo B), porém com similaridade de apenas 25%. Dentre eles, os mais próximos são *A. cylindrata* UEC198756 (Acyl756) que se agrupou com *A. cylindrata* UEC198662 (Acyl662) por apresentarem os valores de espessura do teto e largura do poro muito próximos, atingindo uma similaridade maior que 75%. Com percentual de similaridade entre 50 e 62,5%, agruparam os outros espécimes de *A. cylindrata* (Acyl663 e Acyl672) juntamente a outros espécimes de outras espécies, com um percentual de similaridade menor que 37,5%.

Os quatro espécimes de *A. organensis* apresentaram similaridade entre 87,5 a 100%. Os espécimes *A. organensis* UEC198748 (Aorg748) e *A. organensis* SP374432 (Aorg432) obtiveram um percentual de similaridade de 100%, estando agrupados principalmente pela espessura da nexina e largura do lumen. Seguindo o agrupamento, entra o espécime *A. organensis* UEC198665 (Aorg665) com o mesmo valor de espessura de nexina de Aorg748 e por fim, o espécime *A. organensis* UEC197872 (Aorg872), com o mesmo valor para a espessura do teto de Aorg748. Os espécimes de *A. organensis* estão inseridos dentro do mesmo tipo polínico por apresentarem as malhas dos retículos ligeiramente menores junto às aberturas, porém possuindo algumas variações entre si na forma e tamanho dos lumens e muros.

Com similaridade também próxima a 100% estão os espécimes *A. blumenavii* RB329091 (Ablu091) e *A. recurvata* UEC202388 (Arec388), cujos valores de todas as

variáveis são muito próximos e *A. kertesziae* UEC198755 (Aker755) e *A. recurvata* UEC198790 (Arec790) que se agruparam pelo mesmo valor de largura do muro.

Dois grandes grupos podem ser destacados dentre o maior grupo de espécimes. O primeiro foi formado com os espécimes de *A. blumenavii* UEC197886 (Ablu886) a *A. sp1* UEC198766 (Asp1766) [grupo A] com percentual de similaridade entre 37,5 a 50% e o outro de *A. blumenavii* RB329091 (Ablu091) a *A. gamosepala* UEC198772 (Agam772) [grupo B] com percentual de similaridade entre 25 a 37,5%. Algumas espécies permaneceram dentro desses grupos, apesar de seus espécimes não terem ficado próximos, como *A. coelestis* e *A. sp2* no grupo A e *A. organensis*, *A. cylindrata*, *A. gracilis* e *A. winkleri* no grupo B.

Um grupo se destacou dentre as bifurcações do maior grupo do dendograma, formado pelas espécies com os maiores valores para a largura do lúmen, sendo elas de *A. blumenavii* UEC197886 (Ablu886) a *A. caudata* FURB28062 (Acau062), com similaridade entre 50 e 75%.

No geral, as espécies não foram homogêneas, com os espécimes de uma mesma espécie muito separados uns dos outros com percentual de similaridade abaixo de 50%, demonstrando a grande variabilidade dos caracteres polínicos entre as espécies e entre os espécimes analisados.

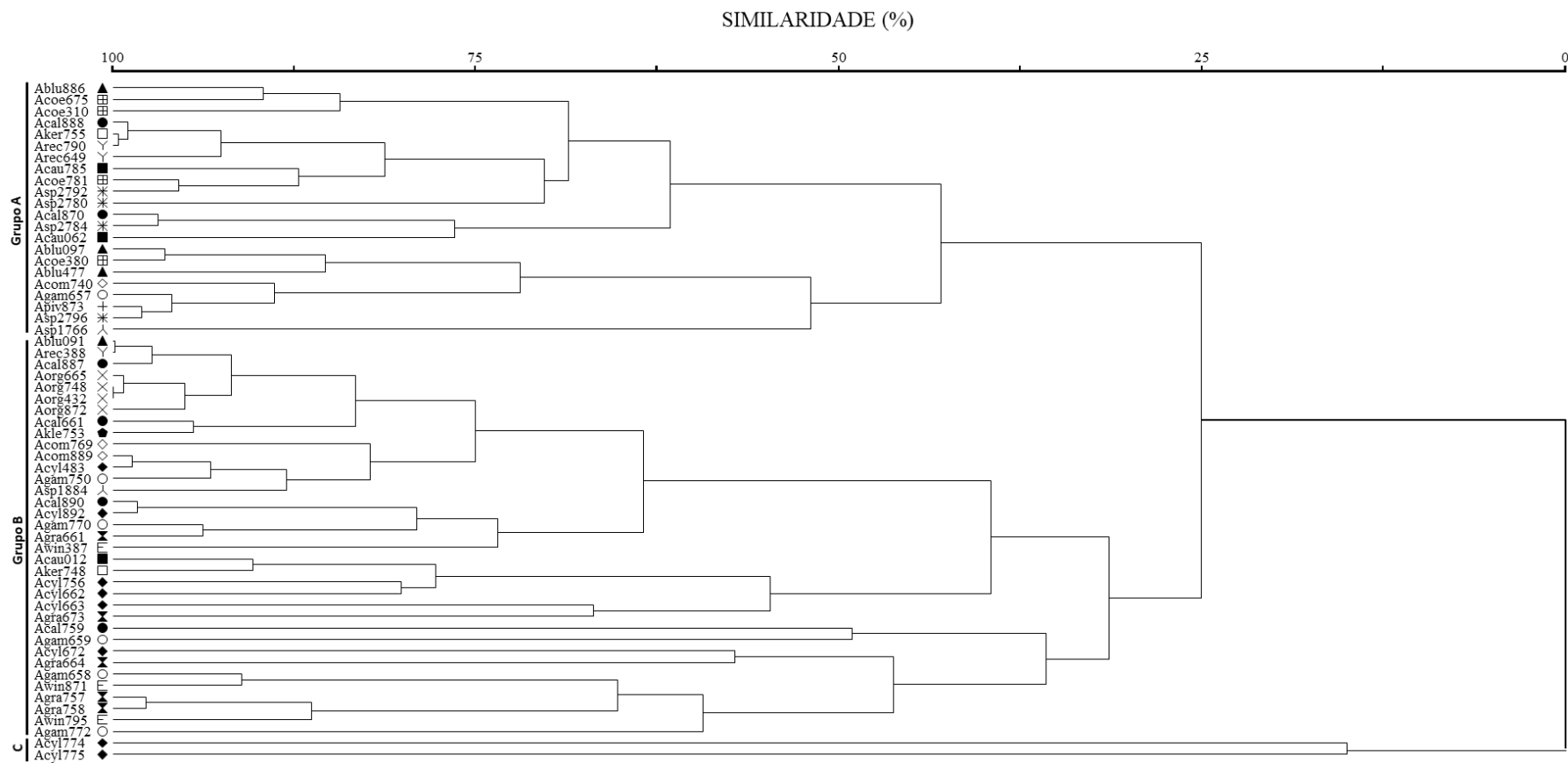


Figura 11. Dendrograma construído a partir da análise de cluster (Distância Euclidiana) para os espécimes de *Aechmea* subgênero *Orgiesia* em função das variáveis métricas dos grãos de pólen. Códigos na tabela 1.

Discussão

As espécies *A. blumenavii*, *A. calyculata*, *A. caudata*, *A. coelestis*, *A. comata*, *A. cylindrata*, *A. gamosepala*, *A. gracilis*, *A. kertesziae*, *A. organensis*, *A. recurvata* e *A. sp1* (também tratada por Moreira 2007 como *A. sp1*) possuem estudos anteriores, relacionados aos seus grãos de pólen, porém em poucos trabalhos apresentaram-se dados detalhados de morfologia polínica, já que na maioria apenas descrições sumárias foram realizadas sob microscopia eletrônica de varredura (Ehler Schill 1973, Wanderley & Melhem 1991, Halbritter 1992, Moreira 2007, Santa-Rosa 2015).

As análises palinológicas realizadas neste trabalho demonstraram que *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* é estenopolínico, com poucas diferenças morfológicas, prevalecendo grãos de pólen 2-porados como padrão de abertura, sendo que alguns espécimes apresentaram dimorfismo, com alguns grãos de pólen 3-porados (ocorrendo em 32,20% do total dos espécimes). A presença de raros grãos de pólen 3-porados em algumas espécies de seis gêneros de Bromeliaceae, incluindo *Aechmea*, já tinha sido ressaltada por alguns autores, dentre eles Harley (2004) que discutiu o desenvolvimento desse tipo de abertura nas monocotiledôneas. A autora afirmou que Bromeliaceae tem citocinese sucessiva com possibilidade de formação de alguns grãos de pólen anormais. Para a autora, a formação de 3-porados em *Aechmea* não é um estado de caráter estável ou previsível, conforme também visto aqui por sua presença em alguns espécimes e em outros não. Pozhidaev (2000a, b) e Banks *et al.* (2007) mencionam que os grãos de pólen anormais costumam ocorrer com frequência em pequenas porcentagens em todas as anteras e variando entre indivíduos da mesma espécie.

Os grãos de pólen das espécies estudadas variaram de pequenos a grandes, com a maioria de tamanho médio, sendo encontrados os menores em *Aechmea cylindrata* e em um espécime de *A. gamosepala*, e os maiores em *A. blumenavii* e *A. coelestis*. Na maioria das espécies, o coeficiente de variabilidade exibiu valores abaixo de 10%, porém não foi possível usar o tamanho do pólen como caráter diagnóstico devido às variações nas medidas polínicas obtidas nos diferentes espécimes. Diversas sobreposições dos valores dos eixos entre espécimes de diferentes espécies foram também observadas nas espécies de Bromeliaceae estudadas por Moreira (2007) e em *Alcantarea* por Santos *et al.* (2018) e *Vriesea* por Santos (2016).

Em alguns espécimes aqui estudados também foi notado o dimorfismo com relação ao âmbito, prevalecendo o padrão elíptico, com pólen esférico tendo ocorrido em baixa quantidade em 45,76% dos espécimes. Esse fato foi também observado em *Alcantarea* (Santos et al. 2018) e Moreira (2007) para algumas espécies de *Ortgiesia* (em *A. cylindrata*, *A. organensis* e *Aechmea* sp 1).

A ornamentação da exina que prevaleceu no grupo foi a reticulada, em 43 espécimes (72,88%). Grãos de pólen predominantemente microrreticulados foram encontrados em 14 espécimes (23,72%), e em apenas um espécime a exina se mostrou totalmente microrreticulada (*A. gamosepala* UEC198658) e em dois espécimes foi foveolada [*A. cylindrata* (UEC198774) e em alguns grãos esféricos de *A. gamosepala* (UEC198770)]. Houve também grande variação do tamanho dos lumens no mesmo espécime.

Variações intraespecíficas parecem ser comuns em grãos de pólen de Bromeliaceae, tanto entre indivíduos de mesma população quanto de populações diferentes (Santos et al. 2018). A considerável variabilidade dos grãos de pólen entre espécimes da mesma espécie do subgênero *Ortgiesia* parece confirmar a polimorfia já descrita para os caracteres vegetativos e reprodutivos em *Aechmea* (Smith & Downs 1979, Faria et al. 2004, Horres et al. 2007, Wanderley & Martins 2007, Sass & Specht 2010, Givnish et al. 2011, Sousa & Wendt 2011, Silvestro et al. 2014, Evans et al. 2015).

Uma das particularidades da ornamentação da exina observada neste trabalho foi a diferença das malhas dos retículos próximas às aberturas. Apenas 12 espécimes (20,33%) mostraram malhas dos retículos bem menores junto aos poros e 45 (76,27%) apresentaram malhas dos retículos ligeiramente menores junto aos poros, sendo que apenas dois espécimes não apresentaram essa variação de tamanho dos lumens. Quanto a esse padrão, pode-se notar que oito das 16 espécies tiveram como resultado a mesma característica observada em todos os espécimes, sendo elas *A. blumenavii*, *A. caudata*, *A. kertesziae*, *A. kleinii*, *A. organensis*, *A. pimenti-velosoi*, *A. recurvata* e *A. sp1* que possuem as malhas dos retículos ligeiramente menores junto às aberturas. Nas outras espécies esta característica foi variável dentre os espécimes.

Os resultados polínicos obtidos nas análises de MO e MEV corroboraram em parte com os estudos palinológicos anteriores de algumas das espécies do subgênero *Ortgiesia*, porém alguns dos autores da literatura não encontraram grãos de pólen 3-porados e não

discutiram diversas particularidades da ornamentação observadas neste trabalho, características que permitiram tipificar os grãos de pólen de *Ortgiesia*.

A. cylindrata foi a espécie que mais permaneceu com a maioria dos espécimes agrupados nas análises multivariadas, se mostrando estável com relação ao tamanho dos grãos de pólen. No total foram analisados oito espécimes de *A. cylindrata*, e estes não apresentaram variações na coloração das pétalas e sépalas. Os seis espécimes que mais se agruparam foram coletados na mesma região de Morretes, no Paraná, todos possuindo dimorfismo com presença de grãos de pólen esféricos e os outros dois foram coletados em diferentes localidades: Cunha e Embu-Guaçu, ambas no Estado de São Paulo, ambos com grãos 2(3)-porados e sem dimorfismo para grãos esféricos. Os espécimes de Morretes não demonstraram variações de tamanho da inflorescência e número de flores, porém o de Cunha apresentou inflorescências maiores e com menos flores e o de Embu-Guaçu com as maiores inflorescências dentre os demais espécimes, porém acompanhando o padrão de muitas flores. Portanto, demonstrou-se que será informativo em uma análise filogenética de populações utilizar as características polínicas de vários indivíduos ao lado da morfologia floral.

Com relação aos espécimes de *A. cylindrata*, Moreira (2007) encontrou grãos 2(3)-porados somente no material M.G.L. Wanderley 2453 dentre os cinco espécimes estudados por ela, com apenas 1% de 3-porados. No presente trabalho, com mesmo percentual de 1%, foram observados 3-porados em dois espécimes (SPSF51483 e UEC197892). Apenas um dos espécimes também apresentou muros simplescolumelados com regiões duplicolumeladas (UEC198756), como relatou a autora, porém o espécime UEC198672, apresentou muros duplicolumelados e o restante é simplescolumelado. A maioria dos espécimes corroborou com os dados de Moreira (2007) relacionados aos lumens serem lisos, no entanto, três analisados aqui apresentaram lumens com nexina ondulada (UEC198663, UEC198774, UEC198775). Nenhum dos espécimes apresentou muros totalmente retos, sendo aqui classificados como predominante curvos ou curvos (UEC198756, UEC198662). O tamanho dos lumens variou de estreitos a muito largos, sendo que um dos espécimes foi classificado como foveolado (UEC198774), padrão não observado para a espécie em Moreira (2007). O tamanho dos poros dos espécimes analisados aqui também variou muito, sendo pequenos ou grandes, não corroborando totalmente com o encontrado pela autora (19,19 X 12,91 μm), já que nossas maiores medidas foram de *A. cylindrata* SPSF51483 (12,33 X 16,24 μm). Nos espécimes de *A. cylindrata* também se observou a presença de grãos de pólen esféricos, com frequência

menor de 5%, ausentes apenas nos espécimes 2(3)-porados, enquanto que em Moreira (2007) não foram mencionados para a espécie. As variações observadas entre os vários espécimes dessa espécie servem como ressalva as análises do pólen de Bromeliaceae baseadas em apenas um ou pouco espécimes.

A espécie *A. organensis* apresentou a maior similaridade entre seus espécimes na análise de UPGMA, demonstrando homogeneidade polínica. Algumas características secundárias variaram dentre os espécimes, como a presença de grãos de pólen esféricos apenas no espécime SP374432, além disso, o espécime UEC198748 foi o único com exina predominantemente microrreticulada, sendo que o espécime UEC197872 foi o que apresentou mais variações, sendo o único com lumens grandes e que apresentaram nexina ondulada e muros simplescolumelados com regiões duplicolumeladas e o espécime UEC198665 foi o único dos quatro com lumens predominantemente arredondados e muros predominantemente curvos, mesmo assim, os quatro espécimes permaneceram no mesmo tipo polínico (Tipo D), tipificação feita primeiramente conforme o tamanho dos lumens em torno das aberturas. Os espécimes foram coletados em localidades diferentes entre Rio de Janeiro e Paraná, os hábitos variaram entre os espécimes, sendo coletados como epífitas ou rupícolas. Todos os espécimes apresentaram as mesmas características vegetativas, porém algumas ressalvas são feitas, como UEC197872 ter sido o espécime que apresentou as maiores inflorescências, e as sépalas das flores de UEC198748 mostraram uma pequena variação de cor com relação à dos outros espécimes, apresentando-se como vermelho-claro enquanto as outras são vermelho alaranjadas. As flores de todos possuem a mesma coloração azulada com base branca e uma faixa escura no meio das pétalas. Nas análises do presente trabalho, os espécimes de *A. organensis* não apresentaram grãos 2(3)-porados como observado por Moreira (2007). Porém, nossos resultados corroboraram com os poros elípticos, lumens lisos e muros simplescolumelados, com exceção do espécime UEC197872 que apresentou lumens com nexina ondulada e muros simplescolumelados com regiões duplicolumeladas.

Por outro lado, vê-se que a morfologia polínica foi muito semelhante entre algumas espécies, o que não ajudou na distinção taxonômica, reforçando ou não afinidades.

Com similaridade também próxima a 100% estão os espécimes *A. blumenavii* RB329091 e *A. recurvata* UEC202388, cujos valores de todas as variáveis são muito próximos, compartilhando características polínicas muito semelhantes sendo agrupadas no mesmo tipo e subtipo polínicos (Tipo I, subtipo Ia), separando-se dentro do subtipo devido às

diferenças na forma dos lumens e forma e espessura dos muros. Os dois espécimes pertencem a localidades distintas, porém próximas (distanto 35 km entre elas) e localizadas no Estado de Santa Catarina (Ilhota e Blumenau, respectivamente). Porém, estes espécimes possuem características vegetativas bem diferentes, como as cores das pétalas e sépalas, *A. blumenavii* possui pétalas amarelas com sépalas de cor vermelho-claras e ainda possui manchas roxas no ápice das folhas, enquanto que *A. recurvata* possui pétalas róseo-lilases e ovários branco com lobos de cor magenta. Os dois espécimes possuem inflorescências curtas e de poucas flores.

A. kertesziae UEC198755 e *A. recurvata* UEC198790 também demonstraram certa similaridade, já que se agruparam pelo mesmo valor de largura do muro possuindo valores muito próximos para o tamanho dos grãos de pólen. Partilham de muitas das características polínicas, como mesmo padrão para a ornamentação da exina, forma e tamanho dos grãos e poros, tamanho dos lumens e forma e espessura dos muros, porém *A. kertesziae* apresentou dimorfismo possuindo grãos esféricos e também 2(3)-porados, o que *A. recurvata* não apresentou. Os dois espécimes ficaram agrupados no mesmo tipo polínico (Tipo I). As localidades de onde os espécimes foram coletados, são distantes cerca de 59 km, no Estado de Santa Catarina onde *A. kertesziae* foi coletada em Penha como terrícola em pleno sol e *A. recurvata* foi coletada em Blumenau como rupícola em meia sombra. O espécime *A. kertesziae* UEC198755 possui inflorescência longa com muitas flores de pétalas amarelas e sépalas laranja-avermelhadas. O espécime *A. recurvata* UEC198790 tem inflorescência curta com poucas flores com pétalas de coloração róseo-lilás e ovários brancos e lobos cor magenta.

Ehler & Schill (1973) analisaram o pólen das espécies *A. calyculata*, *A. caudata*, *A. comata*, *A. gamosepala*, *A. gracilis*, *A. kertesziae* e *A. recurvata*, sob MEV apenas, mencionando a mesma variação encontrada para o número de aberturas, porém inseriram essas espécies no subtipo *calyculata* cuja característica em comum seria a presença de lumens pluricolumelados, o que não ocorreu em nenhuma das espécies analisadas neste trabalho que possuem lumens lisos ou apresentando nexina ondulada, com variação destas características dentre os espécimes. Moreira (2007) também questionou os mesmos resultados dos autores, não encontrando esse tipo de estrutura nos lumens dessas espécies.

As espécies *A. blumenavii*, *A. calyculata*, *A. caudata*, *A. coelestis*, *A. recurvata* var *benrathii* e *A. recurvata* var *recurvata* analisadas neste trabalho, também foram analisadas por Halbritter (1992), corroborando as análises da autora para as características 2-porado com

exina reticulada na maior parte das amostras. Porém, no presente trabalho foram descritas mais características relacionadas à ornamentação da exina.

Os espécimes de *A. blumenavii* se relacionaram na PCA pelos altos valores nas dimensões polínicas, e seus grãos de pólen apresentaram homogeneidade com relação ao padrão da ornamentação da exina (reticulada), tamanho dos poros e muros simplescolumelados, agrupando-se no mesmo tipo e subtipo polínico (Tipo I, subtipo Ia), porém não se agruparam na UPGMA, com apenas 25% de similaridade entre os espécimes. Todos os grãos apresentaram-se como 2(3)-porados. O espécime RB329091 demonstrou algumas variações na forma dos lumens e muros. Os espécimes foram coletados em localidades diferentes, porém no mesmo Estado (Santa Catarina) onde a espécie é endêmica, e apresentaram variações com relação às características vegetativas, sendo encontrados como epífitos e rupícolas, com inflorescências curtas a longas de poucas a muitas flores. Há homogeneidade na cor das pétalas, que são sempre amarelas, e das sépalas vermelho-claras. Os dados palinológicos corroboram com o encontrado por Halbritter (1992), que analisou os grãos de pólen desta espécie sob MEV, encontrando grãos 2-porados de exina reticulada na maior parte das amostras.

A. calyculata teve seus espécimes coletados em diferentes populações de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, sendo que os espécimes UEC197887, UEC197890 e UEC198759 foram coletados no mesmo município de Blumenau, em Santa Catarina. Todos os espécimes demonstraram ser bem variáveis quanto ao padrão da ornamentação, possuindo espécimes reticulados e predominantemente microrreticulados e variando com relação ao tamanho e forma dos lumens e muros. Mesmo sendo todos de tamanho médio, não houve agrupamento dos espécimes nas análises de intervalo de confiança a 95% e também não se mantiveram no mesmo tipo polínico, apresentando similaridade de 25% entre seus espécimes.

A espécie *A. caudata* também teve seus grãos de pólen analisados por Ehler & Schill (1973), Halbritter (1992) e Moreira (2007). As análises de *A. caudata* de Moreira (2007) confirmaram em parte com nossos resultados. Suas descrições para a espécie são de muros simplescolumelados, como os espécimes aqui estudados. No presente trabalho apenas um espécime (*A. caudata* FURB28062) apresentou lumens lisos como relata a autora para todos os espécimes analisados por ela, os outros espécimes apresentaram lumens com nexina ondulada (*A. caudata* UEC198785, SP385012). Aqui, foram observados grãos de pólen esféricos para o espécime SP385012, o que não foi observado pela autora. Notou-se que os

espécimes não possuem grandes variações morfológicas com relação as malhas dos retículos nas aberturas, e foram agrupados no mesmo tipo e subtipo polínico (Tipo I, subtipo Ia), variando apenas na forma arredondada ou poligonal dos lumens, porém não se agruparam nas análises multivariadas pelas diferenças no tamanho do pólen, espessura das camadas da exina e largura do muro e lumen, apresentando similaridade de apenas 25%, possivelmente devido às características mais homogêneas relacionadas ao tamanho dos poros. Essa espécie é facilmente reconhecível por suas inflorescências sempre longas e com muitas flores, de pétalas amarelas e com variação na coloração das sépalas: laranja-avermelhadas ou vermelho-amareladas. Os três espécimes foram coletados em Estados diferentes (São Paulo, Paraná e Santa Catarina).

Wanderley & Melhem (1991) e Moreira (2007) também analisaram a espécie *A. coelestis*. As primeiras autoras observaram grãos de pólen 2(3)-porados com poros grandes, exina reticulada heterobrocada, concordando com nossos resultados. Os espécimes de *A. coelestis* analisados no presente trabalho, não apresentaram muros pluricolumelados como para Moreira (2007). Os muros simplescolumelados de dois espécimes (BHCB380 e MBML022310) dos quatro analisados aqui, são semelhantes aos descritos por Wanderley & Melhem (1991). Há também o espécime ICN178781 com muros simplescolumelados com algumas regiões duplicolumeladas e o espécime UEC198675, com muros duplicolumelados com algumas regiões simplescolumeladas. Os espécimes ICN178781 e UEC198675 também não corroboraram com a descrição dos lumens lisos de Moreira (2007), apresentando lumens com nexina ondulada. Wanderley & Melhem (1991) encontraram muros estreitos e com perfurações esparsas. Os muros observados em todos os espécimes de *A. coelestis* neste trabalho são estreitos a largos, sendo que apenas o espécime ICN178781 apresentou muros com perfurações esparsas. Os muros apresentaram-se como predominantemente retos (ICN178781, BHCB380, MBML022310) ou curvos (UEC198675), sendo observados muros retos para Moreira (2007) e curvos para Wanderley & Melhem (1991). As características encontradas para a borda dos muros, espessura dos muros e muros lisos, corroborou com as encontradas por Moreira (2007). Apenas um dos espécimes (ICN178781) apresentou diferenças no número de aberturas, com 1% de grãos de pólen 3-porados, como também observado em Wanderley & Melhem (1991), mas que não foi confirmado em Moreira (2007) para a espécie.

Notou-se uma grande variação das características polínicas entre os quatro espécimes de *A. coelestis* analisados no presente estudo e que não houve agrupamento deles nas análises multivariadas e também na tipificação com base nos dados qualitativos, porém a similaridade entre eles foi entre 62,5 a 75%, correlacionados principalmente pelas semelhanças de tamanho dos poros e espessura dos muros. Os espécimes também apresentaram variações na morfologia das flores, observando-se pétalas azuis, azul-claras e branco-azuladas, e sépalas vermelhas, verdes e esverdeadas.

Os espécimes *A. comata*, *A. gracilis*, *A. kertesziae* e *A. recurvata*, também tiveram seus grãos de pólen analisados por Ehler & Schill (1973) e Halbritter (1992), cujas descrições gerais das aberturas poradas e ornamentação reticulada foram semelhantes as nossas, apesar de terem sido analisadas mais características polínicas aqui do que nos dos referidos autores.

Todos os espécimes de *A. comata* foram coletados no Estado de Santa Catarina e apresentaram resultados muito homogêneos com relação às características polínicas, sendo o espécime UEC198769 o que mais demonstrou variações com relação os outros dois espécimes analisados. Nas características vegetativas, os espécimes apresentaram diferenças nas inflorescências que variaram de congesta a laxa, curta ou longa, apresentando variações na coloração das sépalas, observando-se base amarela e ápice laranja, sépalas amarelo-alaranjadas ou sépalas laranjas.

Santa-Rosa analisou os grãos de pólen de apenas um espécime para a espécie *A. gamosepala*, descrevendo resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, com relação à forma e tamanho dos grãos e poros e também da ornamentação da exina. Os resultados aqui obtidos mostram uma variação muito grande entre os espécimes analisados. Com relação à nexina, *A. gamosepala* UEC198659 apresentou grãos 2-porados com lumens lisos e grãos 3-porados com lumens apresentando nexina ondulada, além disso, foram encontrados alguns grãos esféricos de *A. gamosepala* UEC198770 apresentando exina foveolada, mais uma vez, comprovando a grande variação dentre espécimes para essa espécie. As coletas destes espécimes foram realizadas em Joinville-SC (UEC198658, UEC198657 e UEC198659), Matinhos-SC (UEC198770), Guaratuba-PR (UEC198772) e Cambará do Sul-RS (UEC198750). Os espécimes de Joinville apresentaram inflorescências com mesmo padrão: curtas, laxas e de poucas flores azuladas e sépalas de cor rosa forte, sendo encontradas em locais de sombra. O espécime de Matinhos apresenta inflorescências longas de muitas flores com pétalas lilases e sépalas róseas. O espécime de Guaratuba assemelha-se ao de Matinhos,

com inflorescências longas de muitas flores, porém a coloração é diferente, sendo totalmente azul e de sépalas cor de rosa. O espécime de Cambará do Sul assemelha-se aos de Joinvile nas características da inflorescência, porém suas flores possuem pétalas azuis com a base violeta.

Três espécimes de *A. gracilis* pertencem à mesma população de Morretes (Paraná) e os outros dois a duas populações distintas do Estado de São Paulo, nas localidades de Ribeirão Grande e São Miguel Arcanjo. Não foram observadas variações com relação às inflorescências e cores das pétalas, variando apenas na intensidade da cor rosa das sépalas. Notou-se algumas variações entre os espécimes com relação à morfologia polínica, com um dos espécimes de Morretes (UEC198673) apresentando diferenças na forma dos lumens e muros e o único com poros grandes. Outro espécime de Morretes, o UEC198661, é o único que apresentou nexina predominantemente microrreticulada. O espécime de Ribeirão Grande, UEC198758, destacou-se por ser um dos únicos espécimes que não apresentou variação de tamanho nas malhas dos lumens próximas aos poros. Variações como as desses espécimes e de alguns outros espécimes analisados neste trabalho são explicadas por Halbritter (1992) quando mencionou sobre a heterogeneidade das espécies de *Aechmea* refletir na diversidade dos tipos polínicos para o grupo, mostrando que os dados da morfologia polínica que obteve não suportavam uma subdivisão de *Aechmea*. Furness & Rudall (2004) e Halbritter *et al.* (2018) mencionam que as pressões seletivas podem estar relacionadas à ornamentação dos grãos de pólen, do modo de polinização e principalmente ao número de aberturas dos grãos de pólen. Mesmo apresentando essa variabilidade, Halbritter (1992) não descartou a importância de alguns caracteres polínicos para uso na taxonomia e na filogenia de Bromeliaceae.

Em algumas espécies, como *A. winkleri* e *A. sp1*, os espécimes foram coletados em diferentes populações e/ou sob diferentes hábitos e demonstraram algumas variações morfológicas principalmente relacionadas ao padrão da exina, forma dos lumens e muros e cor das pétalas e sépalas. *A. winkleri* teve seus espécimes coletados em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e observou-se pequenas variações relacionadas à morfologia polínica, principalmente relacionadas aos lumens e muros e com relação à coloração das sépalas. O espécime UEC197871 apresentou inflorescência com muitas flores enquanto que os outros possuíam poucas flores, e o espécime UEC198795 apresentou mancha roxa no ápice das folhas e sépalas de ovário laranja-avermelhado e lobos amarelos, sendo que os outros espécimes possuíam ovários vermelhos e lobos amarelo-esverdeados.

As análises para os espécimes da espécie nova (*A. sp1* UEC198766 e UEC197884) corroboraram com as descrições de Moreira (2007), porém os lumens apresentaram nexina ondulada, o que não foi visto pela autora citada. Os dois espécimes diferenciaram-se apenas pela forma dos lumens e muros, com UEC197884 apresentando dimorfismo com alguns grãos esféricos e com diferença na cor das sépalas de cor laranja enquanto o outro espécime possui sépalas de cor vermelha.

A outra espécie nova, *A. sp2* parece ocorrer apenas no Estado de Santa Catarina, com uma população heterogênea, com relação à variação do tamanho e ramificação das características das inflorescências, apesar de todos os espécimes terem apresentado a mesma coloração para as flores (pétalas amarelas e ovário vermelho com lobos amarelo-esverdeados). Para as características polínicas, os espécimes se mostraram bem homogêneos, com o espécime UEC198784 diferenciando-se na forma dos lumens e muros. Os quatro espécimes se posicionaram próximos na PCA pelas dimensões semelhantes dos eixos, enquanto na UPGMA três espécimes foram mais similares entre si do que com o UEC198796, que apresentou similaridade abaixo de 50% com os outros três.

Os espécimes *A. kleinii* e *A. pimenti-velosoi* não puderam ser avaliados com relação a possíveis variabilidades morfopolínicas, devido às suas análises terem se resumido a apenas um espécime para cada espécie. Isso se deu pela dificuldade de obtenção de coletas frescas para essas espécies, poucas coleções de herbários e conseqüentemente pouco material polínico para análise.

Sass e Specht (2010) estimaram filogeneticamente as Bromeliáceas core com ênfase no gênero *Aechmea* e obtiveram um clado bem suportado para o subgênero *Ortgiesia*, porém o grupo permaneceu parafilético pela presença de *Billbergia zebrina* (Herb.) Lindl. em um longo ramo da árvore. Os grãos de pólen desta espécie foram analisados por Moreira (2007) e observou-se que possuem abertura monossulcada e exina psilado-perfurada, o que não condiz com o padrão encontrado para o subgênero. Esse resultado permite considerar a importância das análises filogenéticas serem feitas em conjunto com a variabilidade polínica, com a finalidade de elucidar os clados. Neste caso, somente os dados do padrão de abertura já seriam conclusivos para afastar *B. zebrina* do clado *Ortgiesia*. Dentre as espécies que os autores analisaram estão *A. coelestis*, *A. kertesziae*, *A. blumenavii*, *A. calyculata*, *A. gracilis*, *A. cylindrata*, *A. gamosepala* e *A. recurvata*. O relacionamento entre essas espécies na pesquisa dos autores não foi reconhecido claramente pela distinção palinotaxonômica encontrada neste

trabalho, porém notou-se que as relações filogenéticas apresentadas pelos autores ficaram muito próximas do que outros autores também obtiveram (Horres *et al.* 2007, Schulte & Zizka 2008, Silvestro *et al.* 2014, Evans *et al.* 2015). Presente na maioria das análises, *A. recurvata* mostrou-se mais basal. *A. kertesziae* e *A. blumenavii* estão sempre proximamente relacionadas de *A. gamosepala* e *A. calyculata*. Em nossos resultados, essas espécies não ficaram agrupadas pelos padrões polínicos quantitativos. Um dos espécimes de *A. gamosepala* agrupou-se com um dos espécimes de *A. calyculata* na UPGMA, assim como nos estudos de Faria *et al.* (2004), porém a similaridade das variáveis métricas aqui apresentada foi de 50%.

Zavada (1983) sugere que as pressões seletivas que afetam a parede do pólen e a evolução da abertura foram semelhantes nas eudicotiledôneas e nas monocotiledôneas, sendo consideradas para explicar a grande variedade morfológica dos grãos de pólen das monocotiledôneas, já que são paralelas àquelas propostas para as eudicotiledôneas.

Halbritter *et al.* (2018) menciona que a produção de formas de pólen divergentes pode estar relacionada não somente à poliploidia, mas também ser quimicamente ou ambientalmente induzida pelas pressões seletivas, cujas más formações são frequentemente encontradas em plantas cultivadas, ornamentais e nos híbridos. Thanikaimoni (1986), Harley (2004), Matamoro-Vidal *et al.* (2016) e Halbritter *et al.* (2018) parecem concordar quando se fala nas pressões seletivas agindo sobre o processo da morfogênese. Os autores mencionam que há certa estabilidade geneticamente determinada para o padrão das aberturas observado igualmente dentre as espécies, mas podem surgir variações e anormalidades. A ocorrência de variação da morfogênese pelas pressões seletivas pode afetar a deposição de calose na estrutura da exina e causar principalmente alterações no padrão de abertura. Os primeiros eventos deste processo são importantes para estabelecer a forma da tétrade, a polaridade dentro da tétrade e, conseqüentemente, determinar o padrão de abertura e tipo de ornamentação do grão de pólen, demonstrando uma importante relação de configuração. Sendo assim, o aumento do número e volume dos cromossomos leva, conseqüentemente a mudanças nas relações espaciais entre as células mãe dos grãos de pólen, podendo causar alterações no número e na configuração de suas aberturas.

O subgênero *Ortgiesia* é considerado de origem recente, tendo sua diversificação há 2,5 Ma., mais provavelmente devido às oscilações climáticas do Pleistoceno terem fragmentado a distribuição das espécies (Silvestro *et al.* 2014, Goetze *et al.* 2016). Para Goetze *et al.* (2017) há ocorrência de hibridização dentro do grupo *Ortgiesia*, observando que

esse processo pode ser uma das razões para a complexidade taxonômica das espécies. Em seu estudo com as espécies de *Ortgiesia* de pétalas amarelas, verificaram que alguns dos híbridos podem se assemelhar a uma das espécies parentais, dificultando a identificação em campo.

Nos estudos sobre hibridação, Costa (2017) ressalta a dificuldade de identificar os híbridos das espécies de *A. comata*, *A. caudata* e *A. kertesziae* apenas observando as possíveis diferenças morfológicas vegetativas e reprodutivas, inferindo a comprovação baseando-se em dados moleculares e de compatibilidade reprodutiva. As análises de Goetze *et al.* (2016) revelaram que *Ortgiesia* apresenta baixa divergência genética entre as espécies, mesmo observadas divergências morfológicas e ecológicas. A cor da pétala, o tipo de inflorescência e o formato da inflorescência mostraram possuir, nos estudos dos autores, diferentes níveis de homoplasia, implicando em um valor taxonômico limitado dentro de *Ortgiesia*.

A tipificação das espécies de *Ortgiesia* agrupou os espécimes de acordo com a variação de tamanho das malhas dos retículos junto às aberturas. Características como a forma e o tamanho dos lumens e muros foi o que mais correlacionou os espécimes, permitindo separar os mais diferentes, que foram o microrreticulado (*A. gamosepala* UEC198658) e o foveolado (*A. cylindrata* UEC198774), dos demais espécimes. Porém a tipificação não permitiu separar as espécies já que a variabilidade morfológica foi muito grande. Heterogeneidade do muro e do lúmen referentes à exina e das dimensões polínicas também foi notada por Souza *et al.* (2004) e por Santos *et al.* (2018) para espécies de Tillandsioideae e por Moreira (2007) para Bromelioideae, incluindo espécies de *Ortgiesia*. Apesar da grande variabilidade polínica, alguns espécimes de certas espécies tenderam a permanecer no mesmo tipo polínico, demonstrando valor para a palinotaxonomia infragenérica, como *A. blumenavii*, *A. caudata*, *A. kertesziae*, *A. kleinii*, *A. pimenti-velosoi*, *A. organensis*, *A. recurvata* e *A. sp1* (Tipo I), e outros se mostraram mais heterogêneos, dividindo-se entre os tipos, como *A. calyculata* (tipos I e III), *A. comata*, *A. cylindrata*, *A. gamosepala*, *A. winkleri* e *A. sp2* (Tipos I e II), *A. coelestis* e *A. gracilis* (Tipos I, II e III), portanto, de difícil delimitação específica.

Conclusão

Com base nas análises apresentadas neste trabalho, pode-se concluir que *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* é estenopolínico pelos seus representantes compartilharem do mesmo padrão porado de abertura, com grãos de pólen 2(3)-porados, e forma elipsoidal dos grãos de

pólen. No entanto, as características secundárias como malhas dos retículos e/ou fovéolos, variação de tamanho dos lumens junto às aberturas e a forma dos lumens e muros, somaram caracteres diagnósticos à taxonomia do grupo.

Em geral, diversos parâmetros morfológicos abordados na presente pesquisa mostraram-se informativos para reconhecimento de alguns táxons, apesar de ocorrerem muitas sobreposições pela morfologia muito próxima entre espécimes, com o padrão polínico não sustentando a distinção específica. Esse detalhamento morfológico tinha sido pouco utilizado em trabalhos anteriores com pólen de *Aechmea*.

Notou-se grande variação principalmente da ornamentação da exina, mesmo que tenha sido reforçado o padrão reticulado já mencionado na literatura. Os espécimes separaram-se em três tipos polínicos, considerando a variação de tamanho dos lúmens junto aos poros e características da ornamentação da exina no centro do pólen, como tamanho e forma dos lumens e muros.

Somado às variações da ornamentação da exina entre espécimes da mesma espécie, a presença de dimorfismo com grãos de pólen 3-porados triangulares juntos aos grãos de pólen 2-porados elípticos, fomentou incertezas sobre os processos que estão ocorrendo durante o desenvolvimento da microsporogênese, e que necessitam de estudos mais aprofundados para o reconhecimento de híbridos, poliploides ou se há algum tipo de pressão ambiental que esteja atuando nas espécies, ou ainda alguma nova especiação, baseando-se na recente radiação do grupo. Uma outra hipótese é que variações morfológicas sejam comuns nos grãos de pólen de determinadas espécies de Bromeliaceae, como visto em outros trabalhos que analisaram tanto variáveis métricas quanto qualitativas de vários espécimes de uma mesma espécie.

A espécie *A. organensis* foi a que apresentou maior homogeneidade polínica entre seus espécimes e a espécie *A. cylindrata* demonstrou dados importantes com relação aos espécimes de Morretes por serem muito similares entre si e por diferenciarem-se dos outros dois espécimes de diferentes locais de São Paulo. Esses dados podem ser indicadores da importância de se utilizar a morfologia polínica em estudos populacionais, que, somados a dados de diversidade genética, podem auxiliar no entendimento das variações morfológicas entre os espécimes de uma mesma espécie.

Os dados palinológicos obtidos neste trabalho poderão ser úteis nas análises filogenéticas auxiliando nas análises sistemáticas e taxonômicas para as bromeliáceas. Sugere-se que os resultados obtidos sejam usados em futuras análises combinadas de matrizes

de caracteres morfológicos com dados moleculares para melhor avaliação da filogenia do grupo.

Agradecimentos

As autoras agradecem aos curadores dos herbários por providenciar o material herborizado. À Luciana Benjamim Benatti técnica do Laboratório de Microscopia Eletrônica de varredura do Instituto de Botânica de São Paulo pelo auxílio durante a obtenção das eletromicrografias. Ao Prof. Dr. Eduardo Custódio Gaparino, Universidade Estadual Paulista campus Jaboticabal, e Dr. Eduardo Pereira Cabral Gomes do Instituto de Botânica, pelo auxílio com as análises estatísticas.

Financiamento

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) [bolsa de mestrado, 1720196/2017] concedida à primeira autora; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [bolsa de “Produtividade em Pesquisa”, 302766/2016-2] concedida à quarta autora; [bolsa de doutorado, 142323/2015-2] à segunda autora.

ORCID

Cynthia Fernandes Pinto da Luz <http://orcid.org/0000-0001-7908-155X>

Espécimes Investigados

Aechmea blumenavii Reitz. Brasil: Santa Catarina, Biguaçu. Cadornin 1758, 30 March 2010, (FURB23477-19116); Brasil: Santa Catarina, Canelinha. Romanini 405, 23 December 2016 (UEC197886); Brasil: Santa Catarina, Ilhota. Martinelli 14966, 17 May 1998 (RB329.091); Brasil: Santa Catarina, Itapema. Stival-Santos 2685, 3 May 2010 (FURB28097).

Aechmea calyculata (E. Morren) Baker. Brasil: Rio Grande do Sul, Três Coroas. Romanini 391, 5 May 2016 (UEC197888); Brasil: Rio Grande do Sul, Maquiné. Romanini 433, 18 January 2017 (UEC197870); Brasil: Santa Catarina, Anchieta. Stival-Santos 714, 27 May 2009 (FURB12661); Brasil: Santa Catarina, Blumenau. Romanini 396, 5 August 2016 (UEC197887); Brasil: Santa Catarina, Blumenau. Romanini 413, 18 January 2017 (UEC197890); Brasil: Santa Catarina, Blumenau. Romanini 434, 10 April 2018 (UEC 198759).

Aechmea caudata Lindm.: Brasil: Paraná, Curitiba. Romanini 426, 21 June 2015 (UEC198785); Brasil: Santa Catarina, Araquari. Dreveck 2066, 8 April 2010

(FURB28062-19203); Brasil: São Paulo, Praia Grande. Martins 921, 4 April 2006 (SP385012).

Aechmea coelestis (K. Koch) E. Morren: Brasil: Espírito Santo, Castelo. Kollmann 6635 9 April 2004 (MBML022310); Brasil: Minas Gerais, Parque Nacional Caparaó. Machado 380, 4 April 2011 (BHCB380); Brasil: São Paulo, Ubatuba. Romanini 333, 20 January 2015 (UEC198675); Brasil: Paraná, Guaratuba. Goetze s.n., 29 January 2009 (ICN178781).

Aechmea comata Baker: Brasil: Santa Catarina, Florianópolis. Castello 108, 8 November 2015 (UEC198769); Brasil: Santa Catarina, Florianópolis. Tavares s.n., 13 July 2016 (UEC197889); Brasil: Santa Catarina, Laguna. Romanini 407, 25 October 2016 (UEC198740).

Aechmea cylindrata Lindm. Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 337, 16 September 2015 (UEC198663); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 338, 16 September 2015 (UEC198672); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 339, 16 September 2015 (UEC198774); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 340, 16 September 2015 (UEC198775); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 341, 16 September 2015 (UEC198756); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 342, 16 September 2015 (UEC198662); Brasil: São Paulo, Embu-Guaçu. Leodegário s.n., 23 November 2016 (UEC197892); Brasil: São Paulo, Cunha. Maruyama 638, 14 November 2016 (SPSF51483).

Aechmea gamosepala Wittm.: Brasil: Paraná, Guaratuba. Bordon s.n., 5 November 2015 (UEC198772); Brasil: Rio Grande do Sul, Cambará do Sul. Romanini 414, 27 October 2016 (UEC198750); Brasil: Santa Catarina, Joinville. Romanini 374, 19 September 2015 (UEC198659); Brasil: Santa Catarina, Joinville. Romanini 375, 19 September 2015 (UEC198658); Brasil: Santa Catarina, Joinville. Romanini 376, 19 September 2015 (UEC198657); Brasil: Santa Catarina, Matinhos. Romanini 381, 3 November 2015 (UEC198770).

Aechmea gracilis Lindm.: Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 336, 15 September 2015 (UEC198673); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 343, 16 September 2015 (UEC198661); Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 345, 16 September 2015 (UEC198664); Brasil: São Paulo, Ribeirão Grande. Romanini 438, 19 October 2018 (UEC198756); Brasil: São Paulo, São Miguel Arcanjo. Romanini 437, 6 September 2018 (UEC198757).

Aechmea kertesziae Reitz: Brasil: Santa Catarina, Penha. Romanini 398, 24 October 2016 (UEC198748); Brasil: Santa Catarina, Penha. Romanini 400, 24 October 2016 (UEC198755).

Aechmea kleinii Reitz: Brasil: Santa Catarina, Rancho Queimado. Romanini 403, 24 October 2016 (UEC198753).

Aechmea organensis Wawra: Brasil: Paraná, Morretes. Romanini 347, 16 September 2015 (UEC198665); Brasil: São Paulo, Ribeirão Grande. Wanderley 2454, 4 August 2004 (SP374432); Brasil: Rio de Janeiro, Paraty. Romanini 392, 16 June 2016 (UEC198748).

Aechmea pimentii-velosoi Reitz: Brasil: Rio Grande do Sul, Três Coroas. Romanini s.n., 10 November 2018 (UEC197873).

Aechmea recurvata (Klotzsch) L.B. Sm.: Brasil: Santa Catarina, Blumenau. Romanini 394, 20 June 2016 (UEC198649); Brasil: Santa Catarina, Blumenau. Romanini 355, 18 September 2015 (UEC198790); Brasil: Santa Catarina, São Bento do Sul. Romanini 378, 19 September 2015 (UEC202388).

Aechmea winkleri Reitz: Brasil: Rio Grande do Sul, Venâncio Aires. Romanini 435, 27 April 2018 (UEC197871). Brasil: Santa Catarina, Apiúna. Romanini 361, 18 September 2015

(UEC198795); Brasil: Santa Catarina, Urubici. Romanini 432, 10 April 2018 (UEC202387).
Aechmea sp1: Brasil: São Paulo, São Miguel Arcanjo. Romanini 390, 28 April 2016 (UEC197884); Brasil: São Paulo, Tapiraí. Romanini 389, 27 April 2016 (UEC198766).
Aechmea sp2: Brasil: Santa Catarina, São Bento do Sul. Romanini 363, 19 September 2015 (UEC198792); Brasil: Santa Catarina, São Bento do Sul. Romanini 367, 19 September 2015 (UEC198780); Brasil: Santa Catarina, São Bento do Sul. Romanini 370, 19 September 2015 (UEC198796); Brasil: Santa Catarina, São Bento do Sul. Romanini 371, 19 September 2015 (UEC198784).

Referências

- Abondanza, B.F.** 2012. Estudos populacionais do complexo *Aechmea coelestis* (K. Koch) E. Morren (Bromeliaceae). Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.
- Aguirre-Santoro, J., Michelangeli, F.A. & Stevenson, D.W.** 2016. Molecular phylogenetics of the Ronnbergia Alliance (Bromeliaceae, Bromelioideae) and insights into their morphological evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 100: 1–20.
- Banks, H., Stafford, P. & Crane, P.R.** 2007. Aperture variation in the pollen of *Nelumbo* (Nelumbonaceae). *Grana* 46:157–163.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S.** 1988. Glossário ilustrado de palinologia. Editora da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Costa, L.M.S.** 2017. Hibridação de três espécies de pétalas amarelas de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia* (Bromeliaceae). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.
- Dajoz, I., Till-Bottraud, I. & Gouyon, P.H.** 1991. Evolution of Pollen Morphology. *Science* 253(5015): 66-68.
- Ehler, N. & Schill, R.** 1973. Die Pollenmorphologie der Bromeliaceae. *Pollen et Spores* 15: 13-45.
- Evans, T.M., Jabaily, R.S., Faria, A.P.G., Sousa, L.O.F., Wendt, T. & Brown, G.K.** 2015. Phylogenetic relationships in Bromeliaceae subfamily Bromelioideae based on Plastid DNA sequence data. *Systematic Botany* 40:116–128.

- Faria, A.P.G.** 2002. Reavaliação dos limites genéricos de *Aechmea* Ruiz & Pav. e gêneros relacionados (Bromelioideae-Bromeliaceae). Dissertação de Mestrado. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Faria, A.P.G., Wendt, T. & Brown, G.K.** 2004. Cladistic relationships of *Aechmea* (Bromeliaceae, Bromelioideae) and allied genera. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 91: 303-319.
- Flora do Brasil 2020 (cont. atual).** *Aechmea*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5753>. Acessado em: 15 fev. 2019.
- Fourny, A.C. da S., Carrijo, T.T., Mendonça, C.B.F. & Gonçalves-Esteves, V.** 2013. Palinologia de Espécies de Primulaceae Aplicada à Sistemática. 64º Congresso Nacional de Botânica, Belo Horizonte, 10-15.
- Furness, C.A. & Rudall, P.J.** 1999. Microsporogenesis in monocotyledons. *Annals of Botany* 84: 475-499.
- Furness, C.A. & Rudall, P.J.** 2001. Pollen and anther characters in monocot systematics *Grana* 40: 17-25.
- Furness, C.A. & Rudall, P. J.** 2004. Pollen aperture evolution – a crucial factor for eudicot success? *Trends in Plant Science* (9): 154-158.
- Furness, C.A. & Rudall, P.J.** 2010. Pollen and anther characters in monocot systematics. *Grana* 40:1-2, 17-25.
- Givnish, T.J., Barfuss, M.H.J., Van E.B., Riina, R., Schulte, K., Horres, R., Gonsiska, P. A., Jabaily, R.S., Crayn, D.M., Smith, J.A.C., Winter, K., Brown, G.K., Evans, T. M., Holst, B.K., Luther, H., Till, W., Zizka, G., Berry, P.E. & Sytsma, K.J.** 2011. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny. *American Journal of Botany* 98: 872-895.
- Goetze, M., Schulte, K., Palma-Silva, C., Zanella, C.M., Büttow, M.V., Capra, F. & Bered, F.** 2016. Diversification of Bromelioideae (Bromeliaceae) in the Brazilian Atlantic rainforest: a case study in *Aechmea* subgenus *Ortgiesia*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 98: 346–357.
- Goetze, M., Zanella, C.M., Palma-Silva, C., Büttow, M.V. & Bered, F.** 2017. Incomplete lineage sorting and hybridization in the evolutionary history of closely related, endemic yellow-flowered *Aechmea* species of subgenus *Ortgiesia* (Bromeliaceae). *American Journal of Botany* 104 (7): 1-15.

- Gouda, E.J., Butcher, D. & Gouda, C.S.** (cont.updated) Encyclopaedia of Bromeliads, Version 4 (2018). Disponível em: <http://bromeliad.nl/encyclopedia/>. University Botanic Gardens, Utrecht. Acessado em: jan. 2019.
- Halbritter, H.** 1992. Morphologie und Systematische Bedeutung des Pollens der Bromeliaceae. *Grana* 31:197-212.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M. & Frosch-Radivo, A.** 2018. Illustrated Pollen Terminology. 2ed. Springer. Vienna: Austria.
- Harley, M.M. & Zavada, M.S.** 2000. Pollen of the monocotyledons: selecting characters for cladistic analysis. *In*: K.L. Wilson & D.A. Morrison (eds.) Systematics and evolution of monocots. Proceedings of the 2nd International Monocot Symposium. CSIRO, Melbourne, pp. 194-213.
- Harley, M.M.** 2004. Triaperturate pollen in the monocotyledons: configurations and conjectures. *Plant Syst. Evol.* 247: 75-122.
- Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A. & Ulrich, S.** 2009. Pollen Terminology: an illustrated handbook. Springer Wien, New York.
- Horres, R., Schulte, K., Weising, K. & Zizka, G.** 2007. Systematics of Bromelioideae (Bromeliaceae) – evidence from molecular and anatomical studies. *Aliso* 23: 27-43.
- Johansen, D.A.** 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Kisser, J.** 1937. Bemerkungen zum Einschluss in Glycerin-Gelatine. *Z. wiss. Mikr.* Berlin: 1-51.
- Matamoro-Vidal, A., Prieu, C., Furness, C.A., Albert, B. & Gouyon, P.H.** 2016. Evolutionary stasis in pollen morphogenesis due to natural selection. *New Phytologist* 209: 376–394.
- Mccune, B. & Melfford, M.J.** 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. MjM Software Design, Oregon.
- Melhem, T.S. & Matos, M.E.R.** 1972. Variabilidade de forma nos grãos de pólen de *Eriope crassipes* Benth. *Labiatae. Hoehnea* 2: 1-10.
- Moreira, B.A.** 2007. Palinotaxomia da família Bromeliaceae do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Botânica, São Paulo.

- Pozhidaev, A.E.** 2000a. Pollen variety and aperture patterning. *In*: Harley MM, Morton CM, Blackmore S (eds.) *Pollen and Spores: Morphology and Biology*. Royal Botanic Gardens, Kew, p. 205–225.
- Pozhidaev, A.E.** 2000b. Hypothetical way of pollen aperture patterning. 2: Formation of polycolpate patterns and pseudoaperture geometry. *Rev Palaeobot Palynol* 109: 235–254.
- Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S. & Le Thomas, A.** 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Paleobotany and Palynology*. 81p.
- Raynal, A. & Raynal, J.** 1971. Une technique de preparation des grains de pollen fragilis. *Adansonia* 11: 77-79.
- Reistma, T.** 1969. Size modification of recent pollen grains under different treatments. *Review of Paleobotany and Palynology* 9: 175-202.
- Reitz, R.** 1983. Bromeliáceae e a malária - bromélia endêmica. *In*: R. Reitz (ed.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí, Fascículo Brom, pp. 1-518.
- Salgado-Labouriau, M.L.** 1973. Contribuição à Palinologia dos Cerrados. São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Salgado-Labouriau, M. L., Vanzolini, P.E. & Melhem, T.S.** 1965. Variation of polar axes and equatorial diameters in pollen grains of the two species of *Cassia*. *Grana Palynologica* 6: 98-105.
- Santa-Rosa, S.** 2015. Desenvolvimento floral e do óvulo e aspectos da reprodução em *Aechmea* sp. e *Vriesea* sp. (Bromeliaceae). Tese de Doutorado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Santos, V.L.** 2016. Palinotaxonomia de *Alcantarea* (E. Morren ex Mez) Harms, um gênero segregado de *Vriesea* Lindl. (Bromeliaceae Juss). Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.
- Santos, V.L., Versieux, L.M., Wanderley, M.G.L. & Luz, C.F.P.** 2018. Pollen morphology of *Alcantarea* giant bromeliads (Bromeliaceae, Tillandsioideae), *Grana* 57: 117-136.
- Sass, C. & Specht, C.D.** 2010. Phylogenetic estimation of the core bromelioids with an emphasis on the genus *Aechmea* (Bromeliaceae). *Mol Phylogenet Evol* 55: 559-571.
- Schulte, K. & Zizka, G.** 2008. Multi locus plastid phylogeny of Bromelioideae (Bromeliaceae) and the taxonomic utility of petal appendages and pollen characters. *Candollea* 63: 209-225.

- Shepherd, G.J.** 1996. Fitopac 1: manual do usuário. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Silvestro, D., Zizka, G. & Schulte, K.** 2014. Disentangling the effects of key innovations on the diversification of Bromelioideae (Bromeliaceae). *Evolution* 68: 163-175.
- Smith, L.B.** 1934. Geographical evidence on the lines of evolution in the Bromeliaceae. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 66: 446-468.
- Smith, L.B. & Downs, R.J.** 1979. Bromelioideae. (Bromeliaceae). *In: Flora Neotropica, Monograph* 14: 1493-2142.
- Sousa, L.O.F. & Wendt, T.** 2011. Revisão Taxônomica e Filogenia de *Aechmea* Ruiz & Pav. subgênero *Lamprococcus* (Beer) Baker, Bromelioideae. Bromeliaceae. Tese de Doutorado. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Souza, F.C., Mendonça, C.B.F. & Gonçalves-Mendonça, V.** 2004. Estudo polínico de espécies de Pitcairnioideae e Tillandsioideae (Bromeliaceae Juss.) ocorrentes na restinga de Carapebus, Estado do Rio de Janeiro. *Arquivos do Museu Nacional* 62: 15-23.
- Thanikaimoni, G.** 1986. Pollen apertures: form and function. *In: Blackmore S., Ferguson I.K., (Eds.). Pollen and Spores: form and function. Thanikaimoni, G., 1986: Pollen apertures: form and function. Linnean Society Symposium. London: Academic Press. 12: 119–136.*
- Thornhill, A.H.; Crisp, M.D.** 2012. Phylogenetic assessment of pollen characters in Myrtaceae. *Austral Journal of Botany* 25: 171–187.
- Tuler, A.C.; Silva, T.; Carrijo, T.T.; Garbin, M.L.; Mendonça, C.B.F.; Peixoto, A.L.; Gonçalvez-Esteves, V.** 2017. Taxonomic significance of pollen morphology for species delimitation in *Psidium* (Myrtaceae). *Plant Systematic Evolution* 303: 317–327.
- Vieira, S.** 1981. Introdução à Bioestatística. Campus, Rio de Janeiro.
- Wanderley, M.G.L. & Martins, S.E.** 2007. Bromeliaceae. *In: Wanderley, M.G.L., Shepherd, G.J., Melhem, T.S. & Giulietti, A.M. (coords). Flora fanerogâmica do estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, v.5, pp. 39-161.*
- Wanderley, M.G.L. & Melhem, T.S.** 1991. Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga - Família 178- Bromeliaceae. *Hoehnea* 18: 5-42.

- Wanderley, M.G.L. & Moreira, B.A.** 2000. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). 178 – Bromeliaceae. *Hoehnea* 27: 259-278.
- Zavada, M.** 1983. Comparative morphology of monocot pollen and evolutionary trends of apertures and wall structures. *The Botanical Review* 49: 331-379.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram-se importantes para a taxonomia do grupo que foi considerado, de modo mais geral, como estenopolínico devido ao padrão do número de aberturas e da ornamentação da exina. Os grãos de pólen de *Ortgiesia* mostraram-se 2(3)-porados com presença de grãos esféricos em alguns espécimes dimórficos. O padrão para a ornamentação da exina é o reticulado, também ocorrendo espécimes predominantemente microrreticulados no centro do pólen, um espécime todo microrreticulado e dois espécimes foveolados.

A variação do tamanho das malhas dos retículos e/ou fovéolos junto à abertura foi a característica que permitiu separar os grãos de pólen de *Ortgiesia* em três tipos e oito subtipos, considerando também as características da forma dos lumens e muros. As análises multivariadas permitiram avaliar os espécimes que mais se correlacionaram e as espécies com maior similaridade, demonstrando a grande variação das características polínicas entre eles.

Apesar da grande variabilidade polínica, alguns espécimes de cada espécie tenderam a permanecer no mesmo tipo polínico, como *A. blumenavii*, *A. caudata*, *A. kertesziae*, *A. kleinii*, *A. pimenti-velosoi*, *A. organensis*, *A. recurvata* e *A. sp1* (Tipo I), e outros se mostraram mais heterogêneos, dividindo-se entre os tipos, como os de *A. calyculata* (tipos I e III), *A. comata*, *A. cylindrata*, *A. gamosepala*, *A. winkleri* e *A. sp2* (Tipos I e II) *A. coelestis* e *A. gracilis* (Tipos I, II e III).

Devido à grande variação na morfologia vegetativa ou reprodutiva das plantas observadas e coletadas, pretendeu-se observar o pólen de mais espécimes com a finalidade de averiguar possíveis variações polínicas e se seguiam uma tendência com relação ao local da coleta e das condições ambientais que a planta se encontrava e de comparar com os materiais herborizados e dos tipos.

Futuras análises mais aprofundadas para relacionar a taxonomia à morfologia polínica serão de fato interessantes para traçar um paralelo com relação a variabilidade polínica e os táxons, analisando local de coleta e possíveis relações ambientais, como temperatura, ecologia da polinização e hibridização, além de inserir os dados polínicos em análises populacionais para o grupo.

Mesmo vários espécimes não se agrupando com relação às características morfológicas, os dados obtidos podem vir a auxiliar na delimitação das espécies se

incluídos em análises filogenéticas futuras, já que determinadas características se mostraram estáveis dentre os espécimes de algumas espécies.

Apesar dos avanços na compreensão da taxonomia e filogenia de *Aechmea* subgênero *Ortgiesia*, ainda são necessárias mais pesquisas, e sem dúvida o estudo palinológico realizado na presente dissertação representa uma importante contribuição para a família.