



Universidade Federal Do Paraná
Programa De Pós - Graduação Em Botânica
LINTER- Laboratório de Interações & Biologia Reprodutiva



**ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA EM POPULAÇÕES DE
TILLANDSIA L. (BROMELIACEAE) NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO
PARANÁ**

CURITIBA-PR

2024

EQUIPE EXECUTORA

Doutoranda: Erika Cristina Cordeiro dos Santos

Orientadora: Dra. Isabela Galarda Varassin

Instituição: Universidade Federal do Paraná

Departamento: Botânica

Laboratório: Laboratório de Interações e Biologia Reprodutiva

RESUMO: O estudo da Biologia Reprodutiva pode revelar fatores-chaves que influenciam a constituição genética das espécies, a estrutura e distribuição das populações. Neste estudo busca-se compreender fatores ambientais, temporais e etiológicos que influenciam a reprodução de três espécies de *Tillandsia*, tal como a fenologia de floração, polinizadores e viabilidade reprodutiva. Para isso, será analisada a distribuição das espécies dentro das áreas de estudo, acompanhado mensalmente as populações com finalidade de identificar o período de floração de cada uma das espécies nas diferentes localidades, e possível sobreposição de floração entre as espécies coocorrentes. Os visitantes florais serão acompanhados por observação focal, com objetivo de identificar os polinizadores e possível compartilhamento destes entre as espécies de plantas. Além disso, pretende-se reconhecer o sistema de cruzamento atuando em cada espécie e possível variação na taxa de cruzamento entre as populações, para esta investigação serão feitos tratamentos de polinizações manuais. Por fim, o sucesso reprodutivo será avaliado por meio da viabilidade polínica, produção de flores, frutos e sementes, e taxa de germinação das sementes. Serão utilizadas análises estatísticas, como ANOVA, para investigar diferenças significativas nas taxas de cruzamento e fertilidade entre as populações estudadas dentro da região dos Campos Gerais. Espera-se que os dados obtidos neste trabalho revelem quais dos fatores investigados estão exercendo maior influência sobre a estrutura destas populações.

INTRODUÇÃO

O sistema de cruzamento é um dos fatores chave na modelagem da constituição genética das populações, uma vez que, especialmente por meio da reprodução cruzada, é possível ampliar a variabilidade genética dentro da população, prevenindo da depressão endogâmica (Barret *et al.*, 2008; Rieseberg & Willis, 2007). Em plantas, o sistema de cruzamento pode funcionar como uma barreira de isolamento reprodutivo, por exemplo, variações nas taxas de alogamia para autogamia, podem ser interpretadas como uma seleção evolutiva que minimiza as chances de cruzamento heteroespecífico (Wendt *et al.*, 2008; Matallana *et al.*, 2010; Palma-Silva *et al.*, 2011; Zanella *et al.*, 2016). Assim, em áreas onde espécies filogeneticamente próximas ocorrem em simpatria e as barreiras de isolamento pré-polinização são fracas, a autocompatibilidade pode ser crucial para prevenir a hibridação (Wendt *et al.*, 2008; Palma-Silva *et al.*, 2011).

Bromeliaceae tem sido destacada como um grupo modelo para estudos evolutivos e ecológicos que visam compreender tópicos importantes da biologia, como genética populacional, hibridização, especiação e biologia reprodutiva (Neri *et al.*, 2017; Palma-Silva & Fay, 2015). A família apresenta um notável potencial de radiação adaptativa, com 3740 espécies (Gouda *et al.*, 2023 (com. atualizado)), sendo estas, em sua maioria, morfologicamente diversas e adaptadas a diferentes nichos, incluindo ambientes insulares (Forzza *et al.*, 2020; Givinish *et al.*, 2011; Palma-Silva & Fay, 2015). Várias bromélias do gênero *Tillandsia* L. são xerofíticas de hábito rupícola, o que as possibilita ocupar rochas nuas e expostas a altas temperaturas (Tardivo *et al.*, 2020). Espécies de *Tillandsia* ocorrem frequentemente em populações agregadas, formando “tapetes” sobre encostas íngremes de afloramentos rochosos em várias regiões do Brasil (Tardivo *et al.*, 2020; Porembski *et al.*, 2007).

Com base em dados bibliográficos (Kremer, 2011; Tardivo & Cervi, 2003) e de herbário (Reflora, 2023), espécies do gênero *Tillandsia* são encontradas como rupícolas entre a vegetação característica dos afloramentos areníticos que ocorrem nos Campos Gerais do Paraná (CGP), no Sul do Brasil, o que tornam estas áreas oportunas para estudos biológicos com este gênero de bromélias. Afloramentos rochosos geralmente estão isolados espacialmente pela matriz circundante, a qual pode ser constituída de campos abertos ou capões de floresta (Porembski *et al.*, 2007). Condições edafoclimáticas de baixa disponibilidade hídrica, solo raso ou ausente, maior exposição à radiação solar e

ventos fortes são características de áreas rochosas, e apenas populações de plantas bem adaptadas e estruturadas se mantêm nesses ambientes (Barbará *et al.*, 2009; Porembski *et al.*, 2007). Tais peculiaridades tornam esses ambientes propícios para estudos ecológicos e evolutivos, visando compreender processos que impactam na estrutura e manutenção de populações, bem como fatores que podem ser relevantes para o entendimento da radiação adaptativa continental em plantas, como a evolução do isolamento reprodutivo entre espécies (Barbará *et al.*, 2009; Palma-Silva *et al.*, 2011; Widmer *et al.*, 2007).

Investigar aspectos relacionados a reprodução das plantas pode ser essencial para entender estratégias evolutivas importantes à manutenção de populações, especialmente em regiões altamente diversas, é crucial para estimar riqueza de espécies e suas interações com o ambiente (Pinheiro *et al.*, 2018). Considerando a notável radiação adaptativa da família Bromeliaceae, e sua abundância em espécies, das quais apenas uma pequena parcela foi explorada por estudos na área da biologia reprodutiva (Aoki-Gonçalves *et al.*, 2020; Bianchi & Vesprini, 2014; Cavalcante *et al.*, 2020; Freitas *et al.*, 2020; Goetze *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2020; Lenzi & Paggi, 2019; Matallana *et al.*, 2010, 2016; Neri *et al.*, 2017, 2018; Orozco-Ibarrola *et al.*, 2014; Paggi *et al.*, 2007, 2012; Ramírez-Morillo *et al.*, 2009; Schmid *et al.*, 2010; Wendt *et al.*, 2002, 2008; Zanela *et al.*, 2016), propomos neste projeto estudar a biologia reprodutiva em espécies de *Tillandsia* presentes em afloramentos areníticos na região dos CG, Sul do Brasil.

OBJETIVOS PRETENDIDOS

Este trabalho tem como objetivo principal investigar variações no sucesso reprodutivo de populações de *Tillandsia crocata*, *T. streptocarpa* e *T. lorentziana*, e quais fatores podem estar influenciando tal variação, dentro de uma escala regional, nos Campos Gerais do Paraná. Para isso será investigado aspectos da Biologia Reprodutiva das três espécies, tais como; polinização, sistema de cruzamento e fertilidade.

Para tal, pretende-se:

- Avaliar se há compartilhamento de visitantes florais e de polinizadores entre espécies de ocorrência simpátrica, que demonstrarem fenologia de floração sobrepostas, e identificar os polinizadores de cada uma das espécies em diferentes áreas.

- Investigar a variação morfológica em atributos reprodutivos (tamanho da inflorescência; número de flores; cor, comprimento e diâmetro da corola) entre populações das três em áreas distintas.

- Reconhecer os sistemas de cruzamento das espécies *T. crocata*; *T. streptocarpa* e *T. lorentziana* e avaliar se ocorre variação na taxa de cruzamento entre populações de uma mesma espécie.

- Avaliar o sucesso reprodutivo de diferentes populações das espécies três espécies por meio da análise de: viabilidade polínica, produção de flor, frutos e viabilidade das sementes.

METODOLOGIA

Área e espécies de estudo:

Neste estudo, será investigado populações de *Tillandsia crocata*, *T. streptocarpa* e *T. lorentziana*, espécies que ocorrem como rupícolas em afloramentos rochosos na região dos Campos Gerais do Paraná (Figura 1). Os CG combinam campos rupestres de vegetação herbácea-arbustiva, matas de galerias ou capões isolados de floresta Ombrófila Mista, em meio a formações geológicas, situados no Segundo Planalto Paranaense, sobre a APA da Escarpa Devoniana (Labiak, 2014; Maack, 2012; Melo *et al.*, 2007). Atualmente na APA da Escarpa Devoniana há cinco unidades de conservação implementadas (Quadro 1), pretendemos estudar as populações presentes nestas áreas.

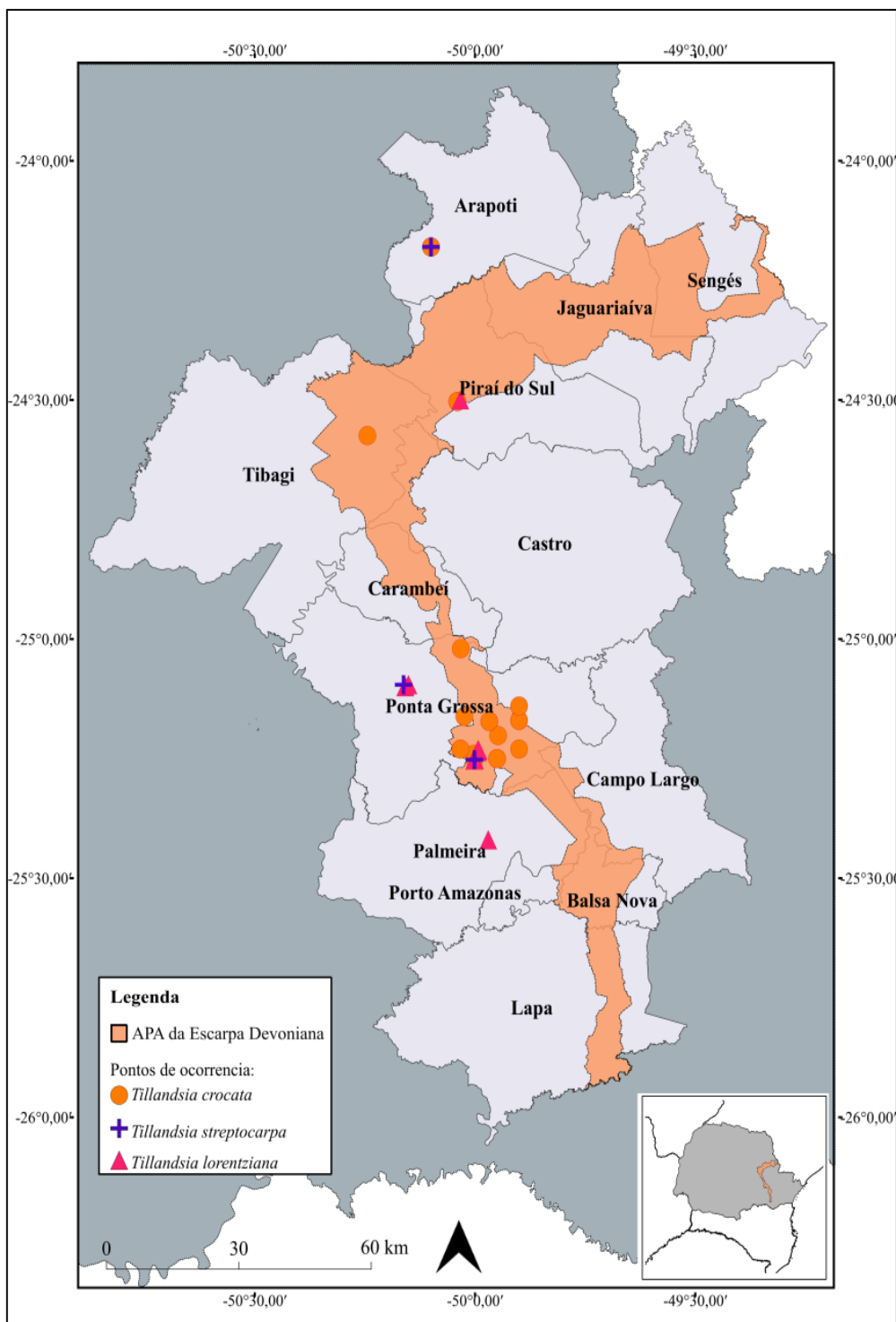


Figura 1- Mapa da Região dos Campos Gerais-PR. Em destaque APA da Escarpa Devoniana, e locais onde há registro da ocorrência das espécies de *Tillandsia* focos deste estudo.

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
Parque Estadual do Monge, Lapa-PR
Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa-PR
Parque Estadual Guartelá, Tibagi-PR
Parque Estadual Vale do Codó, Jaguariaíva-PR
Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva-PR

Quadro 1- Unidades de Conservação localizadas sobre a APA da Escarpa Devoniana.

Fenologia de floração:

Para identificar a sobreposição na fenologia de floração entre diferentes espécies, cada uma das populações será acompanhada mensalmente, contando o total de indivíduos de cada espécie floridas em um trecho de aproximadamente 1000 metros, em cada uma das áreas de estudo. Nas observações serão contados o total de indivíduos em fase de floração, considerando a inflorescência bem desenvolvida e flores em antese (Machado & Semir, 2006; Wendt *et al.*, 2008). O padrão da fenologia de floração será classificado de acordo com o padrão de duração (Newstrom *et al.*, 1994) e será considerado como pico de floração quando 50% dos indivíduos acompanhados, em cada espécie, estiverem floridos (Machado & Semir, 2006).

Características florais:

Para reconhecer possíveis variações morfológicas nas características florais de cada espécie em diferentes populações, serão avaliados um conjunto de atributos morfológicos da inflorescência em cada espécie entre diferentes populações (comp. da inflorescência; nº de botões; cor, comprimento e diâmetro da corola).

Visitantes florais:

Afim de identificar os grupos de visitantes florais das três espécies em diferentes populações nos CG, serão realizadas observações focais dos visitantes florais para as espécies. Será registrado as informações sobre o comportamento do visitante na inflorescência em uma mesma planta, e entre plantas diferentes, buscando identificar os polinizadores e o compartilhamento destes entre espécies de *Tillandsia*. Os insetos serão coletados com rede entomológica, armazenados em frascos de coleta com solução alcoólica (70%) e posteriormente enviadas à especialistas para identificação. Por fim,

depositaremos os exemplares como material testemunho na Coleção Entomológica da UFPR.

Sistemas de cruzamento:

Com intenção de compreender o sistema de cruzamento de cada espécie em diferentes populações serão realizados tratamentos de polinização manual. Em cada tratamento será utilizado um número mínimo de 10 indivíduos por espécie, repetido em cada uma das populações. Os indivíduos serão selecionados pela presença de flores saudáveis, apenas botões florais em pré-antese serão utilizados (Dafni, 2005; Paggi *et al.*, 2012). Para cada espécie, em cada uma das populações, serão realizados os seguintes tratamentos:

- Polinização natural (PN): As flores serão marcadas e não serão manipuladas, este tratamento será utilizado como controle.
- Apomixia (APX): As flores serão emasculadas e isoladas com sacos *voile*.
- Autopolinização espontânea (AE): As flores serão ensacadas.
- Autopolinização manual (AM): As flores serão emasculadas e receberão uma suplementação de pólen oriundo de outra flor do mesmo indivíduo.
- Polinização cruzada (PC): As flores serão emasculadas e receberão uma suplementação de pólen oriundo da flor de outro indivíduo da mesma espécie.

Viabilidade polínica:

A viabilidade polínica será avaliada por meio de teste histoquímico, seguindo o método de Alexander (1980). O método de Alexander já foi utilizado para análise da viabilidade polínica em espécies de Bromeliaceae em estudos anteriores (Palma-Silva *et al.*, 2008; Sousa *et al.*, 2021) pois oferece bons resultados, uma vez que ficam próximos aos resultados obtidos com a germinação *in vitro*, quando comparado ao corante carmim acético (Souza *et al.*, 2021).

Serão coletadas flores de 10 indivíduos por espécie em pré-antese, sendo duas por planta, para cada população. O material será fixado em FAA(70%). Com auxílio de uma pinça, serão esmagadas sobre a lâmina duas anteras por flor, em seguida adicionado

duas gotas da solução de Alexander (2%) e coberto com lamínula. As lâminas serão examinadas em microscópio de luz, e a contagem de grãos viáveis será feita pelo método de varredura da lâmina. Serão considerados inviáveis os grãos de pólen corados em verde, e viáveis os corados em roxo (Palma-Silva *et al.*, 2008; Sousa *et al.*, 2022).

Produção de flores, frutos e sementes

O sucesso reprodutivo no estágio de formação de frutos será avaliado a partir da análise da produção de botões florais na inflorescência; formação de frutos oriundos das flores produzidas (N. total de frutos/ N. de total de flores por planta). O conjunto de sementes formadas será estimado por massa de sementes, será usado como massa média, o peso de 20 sementes retiradas de um total de 10 frutos, coletados aleatoriamente de 10 plantas, de cada espécie (Burne *et al.*, 2003; Paggi *et al.*, 2007)

Taxa de germinação:

Para avaliar a viabilidade das sementes, serão amostrados aleatoriamente dois frutos de 10 plantas, e 30 sementes por fruto, totalizando (1200 sementes/espécie) em cada população. As sementes serão desinfetadas e colocadas em placas de Petri com meio de cultura, conforme protocolo descrito em Paggi *et al.* (2007). As placas serão incubadas em uma câmara de controle climático com umidade relativa próxima a 100% e fotoperíodo de 12 h de luz a 25°C e por 12 h no escuro a 22°C, a germinação será monitorada diariamente por 30 dias (Kowalski *et al.*, 2019; Paggi *et al.*, 2007).

Análises estatísticas:

A viabilidade dos frutos e sementes, oriundos de cada categoria de cruzamentos heteroespecíficos, será calculada a partir do índice de isolamento reprodutivo nos estágios de formação de fruto e sementes, conforme o método descrito em Gouveia e Pinheiro (2015). O índice de isolamento reprodutivo no estágio de formação de fruto (IRF) será calculado como (1) menos a viabilidade dos frutos ($IRF = 1 - [\text{número frutos viáveis} \div \text{número de flores polinizadas}]$). Do mesmo modo, o índice de isolamento reprodutivo no estágio de formação de sementes (IRS) será calculado como (1) menos a viabilidade das sementes ($IRS = 1 - [\text{número de sementes viáveis} \div \text{número total de sementes amostradas por frutos}]$). O índice com valor (0) indicará ausência de isolamento reprodutivo, já com valor de (1) indicará que o isolamento é total.

Para investigar diferenças significativas nos atributos morfológicos da inflorescência entre as populações, e avaliar a fertilidade (viabilidade polínica, produção de flores, frutificação, número de sementes e germinação de sementes), serão realizadas análises de variância (ANOVA), seguidas por testes de *Tukey*, utilizando o *software* R-Studio (Paggi *et al.*, 2007).

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

O quadro a baixo, apresenta o cronograma com a relação de atividades desenvolvidas em períodos semestrais, com estimativa de início do trabalho em campo a partir do segundo semestre de 2024, assim que as licenças de coleta expedidas pelos órgãos IAT e SISBIO forem liberadas.

	2024		2025		2026		2027		2028
	1 ^o	2 ^a	1 ^o	2 ^a	1 ^o	2 ^a	1 ^o	2 ^a	1 ^o
Solicitação de licença de pesquisa (IAT; SisBio)									
Reconhecimento das áreas de estudo e populações									
Acompanhamento da fenologia de floração									
Instalação e acompanhamento dos tratamentos de polinização									
Acompanhamento dos visitantes florais									
Análise da fertilidade a partir da produção de flores, frutos e sementes									
Análise das características florais									
Análise da viabilidade polínica									
Germinação de sementes para estimar a taxa de germinação									
Análises estatísticas									
Revisão bibliográfica									
Qualificação									
Escrita da tese									
Defesa									

REFERÊNCIAS

AOKI-GONÇALVES, F.; QUEIROZ, M.V.D.; BEAUCLAIR, G.T.; NEFFA, V.S.; PALMA-SILVA, C. (2020). High gene flow maintains wide-range species cohesion in a Neotropical epiphyte (*Tillandsia aeranthos*, Bromeliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 194: 239–252.

BARBARÁ, T., MARTINELLI, G., PALMA-SILVA, C., FAY, M. F., MAYO, S., & LEXER, C. (2009). Genetic relationships and variation in reproductive strategies in four closely related bromeliads adapted to neotropical ‘inselbergs’: *Alcantarea glaziouana*, *A. regina*, *A. geniculata* and *A. imperialis* (Bromeliaceae). *Annals of Botany*, 103(1), 65-77.

BARRETT, S. C., COLAUTTI, R. I., & ECKERT, C. G. (2008). Plant reproductive systems and evolution during biological invasion. *Molecular ecology*, 17(1), 373-383.

BENZING, D.H. (2000). *Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation*. Cambridge University Press Edt., Cambridge, UK, p. 655.

BIANCHI, M.B.; VESPRINI, J.L. (2014). Contrasting breeding systems in six species of *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) from woody areas of Santa Fe Province: Argentina. *Plant Biosystems*. 148: 956–964.

CAVALCANTE, B.P.; SOUZA, E.H.; WILLIAMS, J.H.; VERSIEUX, L.M. (2020). Reproductive systems and post-pollination barriers between two closely related bromelioids (Bromeliaceae) in the Atlantic Forest of Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 192: 828–839.

CERVI, A.C., VON LINSINGEN, L., HATSCHBACH, G.; RIBAS, O.S. (2007) A Vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, Município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Boletim do Museu Botânico Municipal*, 69:1-52.

DAFNI, A.; KEVAN, P. G. & HUSBAND B. C. (2005) *Practical pollination biology*. Cambridge: Enviroquest. 590p.

QUEIROZ, K. (2007). Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, v.56, n.6, p. 879-886.

FORZZA, et al. Bromeliaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB66>>. Acesso em: 25 fev. 2023

FREITAS, L.; RIBEIRO, P.C.; CANCIO, A.S.; MACHADO, M.A.; SAMPAIO, M.C.; FORZZA, R.C.; VICCINI, L.F. (2020). Population demography, genetic variation and reproductive biology of two rare and endangered *Neoregelia* species (Bromeliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.192, p.787–802.

GIVNISH, T. J.; BARFUSS, M. H. J.; RINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; GONSISKA, P. A.; JABAILY, R. S.; CRAYN, D. M.; SIMTH, 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*, New York, v. 98, n. 5, p. 872-895.

GOETZE, M.; ZANELLA, C.M.; PALMA-SILVA, C.; BUTTOW, 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, 1–15.

GOMES, A.C.; FERREIRA, B.H.S.; SOUZA, C.S.; ARAKAKI, L.M.M.; AOKI, C.; PAGGI, G.M.; SIGRIST, M.R. (2020). Adaptive response of extreme epiphyte *Tillandsia* species (Bromeliaceae) is demonstrated by different sexual reproduction strategies in the Brazilian Chaco. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.192, p. 840–854.

GOUDA, E.J., BUTCHER, D. & GOUDA, C.S. (cont.updated) *Encyclopaedia of Bromeliads*, Version 4. <http://bromeliad.nl/encyclopedia/> Utrecht University Botanic Gardens (accessed: [15-02-2023])

GOUVEIA, T.M.Z.M.; PINHEIRO, F. (2015) Reciprocal crosses as a tool to evaluate the reproductive isolation in a Orchidaceae hybrid zone. *Revista da Biologia*, v. 14, n. 1, p. 17-23.

HIRSCH, L.D.; ZANELLA, C.M.; AGUIAR-MELO, C.; COSTA, L.M.; BERED, F. (2020). Interspecific gene flow and an intermediate molecular profile of *Dyckia julianae*

(Bromeliaceae), an endemic species from southern Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.192, p. 675–690.

KOWALSKI, V. K., DE OLIVEIRA, F. M. C., VOLTOLINI, C. H., TARDIVO, R. C., & MOURÃO, K. S. M. (2019). Velamen or uniseriate epidermis? Root apices in Bromeliaceae Juss. *Flora*, 250, 9-17.

KREMER, D. (2011) O GÊNERO *TILLANDSIA* L. (BROMELIACEAE-TILLANDSIOIDEAE) NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa- PR, Brasil, 2011, 165 p.

LABIAK, P.H.E. (2014) Aspectos fitogeográficos do Paraná. In: Kaehler M (eds) *Plantas Vasculares do Paraná*, Curitiba: Departamento de Botânica/UFPR, Paraná, Brasil,

LENZI, M.; PAGGI, G.M. (2019). Reproductive biology of *Dyckia excelsa* Leme (Bromeliaceae): a xerophyte species from ironstone outcrops in Central-Western Brazil. *Plant Species Biology*. 35: 97–108.

MAACK, R. (2012). Geografia física do Estado do Paraná. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, BR, p.526.

MACHADO, C.G.; SEMIR, J. (2006). Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. *Brazilian Journal of Botany*. 29:163–174.

MARTIN, F.W. (1959). Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technology*. 34: 125–128.

MATALLANA, G.; GODINHO, M.A.S.; GUILHERME, F.A.G.; BELISARIO, M.; COSER, T.S.; WENDT, T. (2010). Breeding systems of Bromeliaceae species: evolution of selfing in the context of sympatric occurrence. *Plant systematics and evolution*, v. 289, n. 1, p. 57-65.

MATALLANA, G.; OLIVEIRA, P.E.; SILVA, P.R.; WENDT, T. (2016). Post-pollination barriers in an assemblage of Bromeliaceae in south-eastern Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181: 521–531.

MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (2007). Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. UEPG: Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

MOREIRA, J. C.; ROCHA, C.H. (2007). Unidades de conservação nos Campos Gerais. Editora UEPG. In: MELO, M. S., MORO, R. S., GUIMARÃES, G. B. (2008). Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná, Ponta Grossa: editora UEPG, 288 p.

MOTA, M.R.; PINHEIRO, F.; LEAL, B.S.S.; WENDT, T.; PALMA-SILVA, C. (2019) The role of hybridization and introgression in maintaining species integrity and cohesion in naturally isolated inselberg bromeliad populations. *Plant Biology*, v. 21, n. 1, p. 122-132.

NERI, J.; WENDT, T.; LELES, B.; DOS SANTOS, M.F.; PALMA-SILVA, C. (2017). Variation in reproductive systems facilitates species boundaries of sympatric *Vriesea* (Bromeliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 184: 272–279.

NERI, J.; WENDT, T.; PALMA-SILVA, C. (2018). Natural hybridization and genetic and morphological variation between two epiphytic bromeliads. *AoB Plants*, 10: plx061.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. (1994). A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 26:141–159.

OROZCO-IBARROLA, O.A.; FLORES-HERNANDEZ, P.S.; VICTORIANOROMERO, E.; CORONA-LÓPEZ, A.M.; FLORES-PALACIOS, A. (2014). Are breeding system and florivory associated with the abundance of *Tillandsia* species (Bromeliaceae)? *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.177, n.1, p. 50-65.

PAGGI, G.M.; DA SILVEIRA, L.C.T.; ZANELLA, C.M.; BRUXEL, M.; BERED, F.; KALTCHUK-SANTOS, E.; PALMA-SILVA, C. (2012). Reproductive system and fitness of *Vriesea friburgensis*, a self-sterile bromeliad species. *Plant Species Biology*, 28: 169–176.

PAGGI, G.M.; PALMA-SILVA, C.; SILVEIRA, L.C.T.; KALTCHUK-SANTOS, E.; ZANETTINI, M.H.B.; BERED, F. (2007) Fertility of *Vriesea gigantea*

Gaud.(Bromeliaceae) in southern Brazil. *American Journal of Botany*, v. 94, n. 4, p. 683-689.

PALMA-SILVA, C.; WENDT, T.; PINHEIRO, F.; BARBARÁ, T.; FAY, M.F.; COZZOLINO, S.; LEXER, C. (2011) Sympatric bromeliad species (*Pitcairnia* spp.) facilitate tests of mechanisms involved in species cohesion and reproductive isolation in Neotropical inselbergs. *Molecular Ecology*, v. 20, n. 15, p. 3185-3201.

PINHEIRO, F.; DANTAS-QUEIROZ, M.V.; PALMA-SILVA, C. (2018). Plant species complexes as models to understand speciation and evolution: a review of South American studies. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 37: 54-80.

POOL-CHALE, M.; RAMIREZ-MORILLO, I.; FERNANDEZ-CONCHA, G.C.; HORNUNG-LEONI, C.T. (2017). Reproductive biology of *Aechmea bracteata* (Sw.) Griseb. (Bromelioideae: Bromeliaceae). *Plant Biology*. 20: 113–120.

POREMBSKI, S. (2007). Tropical inselbergs: habitat types, adaptive strategies and diversity patterns. *Brazilian Journal of Botany*, 30, 579-586.

RAMÍREZ-MORILLO, I.M.; CHI MAY, F.; CARNEVALI, G.; MAY PAT, F. (2009). It takes two to tango: self incompatibility in the bromeliad *Tillandsia streptophylla* (Bromeliaceae) in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 761-770.

REFLORA - Herbário Virtual. Disponível em:
<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/> Acesso em 22/12/2023

RIESEBERG, L.H.; WILLIS, J.H. (2007). Plant Speciation. *Science*, v.317, n.5840, p.910-914.

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*. 13: 41–50.

SOUZA, S.O.; OLIVEIRA, R.S.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, F.V.D.; SOARES, T.L.; ROSSI, M.L.; SOUZA, E.H. (2020a). Pollen morphology and viability of *Tillandsia* (Bromeliaceae) species by light microscopy and scanning electron microscopy. *Microscopy Research and Technique*, 84: 441-459.

SOUZA, S.O.; OLIVEIRA, R.S.; SOUZA, F.V.D.; AONA, L.Y.S.; ROSSI, M.L.; SOUZA, E.H. (2020b). Morphoanatomy and stigma receptivity in *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) occurring in Bahia, Brazil. *Nordic Journal of Botany*. 38: 1-10.

TARDIVO, R.C. & CERVI, A. C. (2001) Bromeliads of the State Park of Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brazil, *Selbyana*, Sarasota, vol. 22, n. 1, p. 68-74.

WENDT, T.; CANELA, M.B.F.; KLEIN, D.E.; RIOS, R.I. (2002) Selfing facilitates reproductive isolation among three sympatric species of *Pitcairnia* (Bromeliaceae). *Plant Syst Evol*, n.232, p. 201–212

WENDT, T.; COSER, T.S.; MATAALLANA, G.; GUILHERME, F.A.G. (2008) An apparent lack of prezygotic reproductive isolation among 42 sympatric species of Bromeliaceae in southeastern Brazil. *Plant Syst Evol*, n. 275, p.31–41

WIDMER, A.; LEXER, C.; COZZOLINO, S. (2009). Evolution of reproductive isolation in plants. *Heredity*, v.102, n.1, p. 31-38.

ZANELLA, C.M.; PALMA-SILVA, C.; GOETZE, M.; BERED, F. (2016). Hybridization between two sister species of Bromeliaceae: *Vriesea carinata* and *V. incurvata*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.181, p. 491–504.