



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

RAILSON ALVES CORREIA DE ALMEIDA JUNIOR

ASPECTOS REPRODUTIVOS E CONSERVACIONISTAS DE
***Quesnelia* Gaudich (BROMELIOIDEAE: BROMELIACEAE)**

Feira de Santana - BA

2026

RAILSON ALVES CORREIA DE ALMEIDA JUNIOR

ASPECTOS REPRODUTIVOS E CONSERVACIONISTAS DE
***Quesnelia* Gaudich (BROMELIOIDEAE: BROMELIACEAE)**

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Profa. Dra. Claudinéia Regina Pelacani Cruz
Coorientador: Prof. Dr. Everton Hilo de Souza
Coorientadora: Profa. Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona
Coorientadora: Dra. Fernanda Vidigal Duarte Souza

Feira de Santana

2026

Almeida Junior, Railson Alves Correia de
A45 Aspectos reprodutivos e conservacionistas de *Quesnelia Gaudich*
(Bromelioideae: Bromeliaceae) / Railson Alves Correia de Almeida Junior. –
2026.

121 f.: il.

Orientadora: Claudinéia Regina Pelacani Cruz

Coorientador(a): Everton Hilo de Souza, Lidyanne Yuriko Saleme
Aona, Fernanda Vidigal Duarte Souza

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa
de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Feira de Santana, 2026.

1.Botânica. 2.Biologia reprodutiva. 3.Biodiversidade - Mata Atlântica.
4.Viabilidade polínica. 5.Endemismo. 6.Receptividade estigmática. I. Cruz,
Claudinéia Regina Pelacani, orient. II. Souza, Everton Hilo de, coorient.
III. Aona, Lidyanne Yuriko Saleme, coorient. IV. Souza, Fernanda Vidigal
Duarte, coorient. V. Universidade Estadual de Feira de Santana. VI. Título.

CDU 582.564

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

YSLAI SILVA PEIXOUTO
Data: 16/03/2026 09:37:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Yslai Silva Peixouto (Instituto
Federal Baiano - IF Baiano)



Documento assinado digitalmente

LUCAS KENNEDY SILVA LIMA
Data: 16/03/2026 18:18:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Lucas Kennedy Silva Lima (Universidade
Estadual de Feira de Santana - UEFS)



Documento assinado digitalmente

MARIA ANGELICA PEREIRA DE CARVALHO COSTA
Data: 12/03/2026 08:30:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa
(Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB)



Documento assinado digitalmente

ALINE CRISTINA DA SILVA MORAES
Data: 13/03/2026 13:30:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Aline Cristina da Silva Moraes
(Instituto Federal Baiano - IF Baiano)



Documento assinado digitalmente

CLAUDINEIA REGINA PELACANI CRUZ
Data: 11/03/2026 16:32:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Claudinéia Regina Pelacani Cruz (Universidade
Estadual de Feira de Santana - UEFS) Orientadora e
Presidente da banca

Feira de Santana – BA
2026

Dedicatória

À minha família, aos meus pais e meu irmão pelo eterno apoio, às minhas avós que já se foram, mas sempre me acompanharão pela jornada linda que é a vida

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Senhor e bom pastor, por ser meu sustentador na fé, trazendo serenidade e tranquilidade nos desafios mais intensos e diários. À minha família, meu sangue e alicerce, em especial a minha mãe Marly, meu irmão Ronney e minha noiva Luana, que sempre estiveram do meu lado trazendo apoio e força, e às minhas avós que sei que estão me observando lá de cima e a quem sempre buscarei orgulhar;

À minha orientadora Prof. Dr^a Claudineia Pelacani pela oportunidade, confiança em todos os momentos e ter segurado na minha mão, em cada ponto da pesquisa. Aos meus coorientadores Prof. Dr. Everton Hilo de Souza, Prof^a Dr^a Lidyane Yuriko Saleme Aona e Dr^a Fernanda Vidigal Duarte Souza, pela amizade, oportunidade e o caminhar juntos durante toda a trajetória, são meus pais acadêmicos. A todos os meus colegas e amigos do grupo de Bromélias e Herbário HURB que contribuíram em minha pesquisa, Grênivel Mota, Sandra Souza, Tiago Abreu da Silva, Gleice Quelle, Mirelli Souza, Wanderley Diaciso, Simplício Mota, Ila Adriane Faro, Sara Cristina Oliveira, Rivã França, Pedro Deivid Dias, Abinailda Lima, Isnaldo Santos, obrigado pela parceria e amizade;

À Embrapa Mandioca e Fruticultura por todo o suporte e acesso à estrutura da mesma para a realização da pesquisa, em especial à Dr^a Fernanda Vidigal, sem a qual não teria acesso a tudo que consegui com a empresa. Aos técnicos da Embrapa, em especial Helder Lima Carvalho, Fabiana Ferraz Aud, e demais parceiros do laboratório de cultura de tecidos, sempre solícitos em qualquer demanda. A Cata (Benedito Conceição), por ser o nosso braço forte na manutenção, orientação e auxílio diário com o material de estudo no Banco de germoplasma de Bromélia da Embrapa Mandioca e Fruticultura. À Mônica Lanzoni Rossi, sem a qual não haveria os resultados de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) um dos corações do meu trabalho; Ao NAP/MEPA-ESALQ, onde foram realizadas as observações e registros que originaram meus resultados.

À Universidade Estadual de Feira de Santana e ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, a seus docentes e funcionários, em especial a Creiciane, professora Marilza e tantos outros que foram e são essenciais na minha formação acadêmica. À CAPES, pela bolsa de pós-graduação, por disponibilizar condições financeiras para concluir meu trabalho e fomentar a pesquisa no Brasil; O presente trabalho foi realizado com apoio

da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) -
Código de Financiamento 001

Agradeço também ao Elton Martinez Carvalho Leme pelas imagens e grandes colaborações no texto. A Heidemarie Halbritter pelas imagens disponibilizadas no PalDat e ao Pedro Schawmbach de Almeida pelas imagens e discussão morfológica dos grãos de pólen;

A todos os curadores dos herbários consultados, e em especial ao Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB), na pessoa de Clarice Martins Ribeiro, Herbarium Bradeanum (HB) na pessoa de Sebastião José da Silva Neto e Patrícia da Rosa e Jomar Gomes Jardim do Herbário do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), meus agradecimentos;

Aos meus grandes amigos e irmãos de vida, Fredi Silva, Paulo Galvão, Bruno Silveira, Murilo Pereira, Iran Lordelo, Lucas Bastos, Geraldo Couto, Náina Fiuza, Enzo Nascimento, Dênis Oliveira, Raylana Oliveira, Joanne Melo, Ana Clara Benevides, Jéssica Pascoal, Heyde Nascimento, Adelson Crisostomo, Kayck Barreto, Isaque Marins, Beatriz Albernaz, Enrique Façanario, Antônio Caislan, Paulinho Gomes, Mateus Brito (Zema), Joel e Fernando Xavier e repito o meu amigo Hilo, minha amiga Lidy e meu amigo Gren por trazer momentos únicos em meio a tantos desafios e saber que nunca estive sozinho. À Reserva Biológica da Serra Bonita, por toda abertura e diálogo.

Aspectos reprodutivos e conservacionistas de *Quesnelia* Gaudich

(Bromelioideae: Bromeliaceae)

RESUMO: O gênero *Quesnelia* Gaudich. (Bromeliaceae), endêmico da Mata Atlântica, é representado por espécies de elevada diversidade morfológica e ecológica, muitas vezes microendêmicas, e que estão sob forte pressão antrópica, além do extrativismo exacerbado. Diante disso, compreender sua distribuição, status de conservação e biologia reprodutiva é fundamental para subsidiar estratégias de manejo e conservação. Este estudo buscou integrar diferentes abordagens para ampliar o conhecimento sobre as espécies de *Quesnelia*, estando estruturada em dois capítulos. O capítulo 1 teve como objetivo mapear a distribuição geográfica e avaliar o status de conservação das 24 espécies reconhecidas. Foram analisados registros de herbários, bases de dados e realizadas expedições de campo, totalizando mais de mil registros validados. Os resultados mostraram que 46% das espécies apresentam algum grau de ameaça, incluindo categorias de “Criticamente em Perigo” e “Em Perigo”, com maior concentração de ocorrências no Sudeste. As principais pressões identificadas foram o desmatamento, a urbanização, a silvicultura e a coleta ilegal de plantas ornamentais. O capítulo 2 teve como objetivo caracterizar aspectos da biologia floral de 22 espécies, incluindo morfologia polínica e estigmática, viabilidade polínica e receptividade estigmática. As análises revelaram predominância de grãos biporados, mas também ocorrência rara de triporados e pantoporados, refletindo trajetórias adaptativas distintas. A viabilidade foi mais elevada na antese, superando 99% em espécies como *Q. quesneliana* e *Q. humilis*, ao passo que *Q. violacea* apresentou valores reduzidos de viabilidade. Todos os estigmas foram do tipo conduplicado-espiral, com variações no tamanho das papilas, sugerindo estratégias diferenciadas de captura polínica. De forma integrada, os resultados desta tese oferecem contribuições inéditas para a sistemática do gênero, ao evidenciar padrões de variação morfológica e reprodutiva, e para a conservação da biodiversidade, ao indicar áreas prioritárias, espécies críticas e estratégias complementares de conservação *in situ* e *ex situ*. Assim, este trabalho fortalece o conhecimento sobre a morfologia floral e alguns aspectos reprodutivos, além de fornecer bases aplicáveis à proteção de espécies ameaçadas da Mata Atlântica.

PALAVRAS-CHAVE: Biologia reprodutiva, viabilidade polínica, veceptividade estigmática, endemismo, biodiversidade da Mata Atlântica.

Reproductive and conservation aspects of *Quesnelia* Gaudich. (Bromelioideae: Bromeliaceae)

ABSTRACT: The genus *Quesnelia* Gaudich. (Bromeliaceae), endemic to the Atlantic Forest, comprises species with remarkable morphological and ecological diversity, many of them microendemic. In this context, understanding species distribution, conservation status, and reproductive biology is essential to support management and conservation strategies within the genus. The present work integrates different approaches to increase the knowledge regarding *Quesnelia*, and is structured in two chapters. Chapter 1 “From field data to political actions: accessing the distribution and conservation of *Quesnelia* (Bromelioideae: Bromeliaceae), an endemic genus of the Atlantic Forest” aimed to map the geographic distribution and assess the conservation status of the 24 recognized species. Herbarium records, databases, and results from field expeditions were analyzed, totaling over one thousand validated records. Results indicated that 46% of the species are under some level of threat, including “Critically Endangered” and “Endangered” categories, with the highest concentration of occurrences in Southeastern Brazil. The main threats identified were deforestation, urbanization, silviculture, and illegal collection for the ornamental plant trade. Chapter 2 “Morphology, pollen viability, and stigma receptivity of different species of *Quesnelia* Gaudich. (Bromelioideae: Bromeliaceae)” focused on the reproductive biology of 22 species, includes pollen and stigma morphology, pollen viability, and stigma receptivity. Analyses revealed a predominance of biporate pollen grains, but also rare occurrences of triporate and pantoporate types, reflecting distinct adaptive trajectories among species. Pollen viability was generally highest at anthesis, exceeding 99% in species such as *Q. quesneliana* and *Q. humilis*, whereas *Q. violacea* showed markedly reduced viability values. All stigmas were of the conduplicate-spiral type, with variations in papilla size suggesting different strategies for pollen capture. Taken together, the results of this thesis provide unprecedented contributions to the systematics of the genus, by clarifying morphological and reproductive variation patterns, and to biodiversity conservation, by identifying priority areas, critical species, and complementary strategies for *in situ* and *ex situ* conservation. Therefore, this work strengthens knowledge of some reproductive biology aspects and offers applicable bases for the protection of threatened species of the Atlantic Forest.

KEYWORDS: Reproductive biology, pollen viability, stigma receptivity, endemism, Atlantic Forest biodiversity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
REVISÃO DE LITERATURA	9
REFERÊNCIAS	19
Capítulo 1	29
Dos dados de campo para ações políticas: acessando a distribuição e conservação de <i>Quesnelia</i> (Bromelioideae: Bromeliaceae), um gênero endêmico da Mata Atlântica	29
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	58
Capítulo 2	66
Morfologia, viabilidade polínica e receptividade do estigma de diferentes espécies de <i>Quesnelia</i> Gaudich. (Bromelioideae: Bromeliaceae)	66
INTRODUÇÃO	68
MATERIAL E MÉTODOS	70
RESULTADOS	74
DISCUSSÃO	96
CONCLUSÕES	105
REFERÊNCIAS	105
CONSIDERAÇÕES FINAIS	116

INTRODUÇÃO

A família Bromeliaceae Juss. pertence à ordem Poales (APG IV, 2016), com cerca de 84 gêneros e 3.828 espécies (Gouda et al., 2025, atualização contínua) e é encontrada em todo o território nacional, sendo o país com maior quantidade de espécies do mundo. A região Sudeste apresenta uma maior diversidade de espécies, principalmente no domínio da Mata Atlântica, onde as Bromeliaceae são a quarta família em termos de riqueza (Leme; Siqueira Filho, 2006; Silva; Faria, 2019). Estudos relacionados à distribuição dos gêneros pertencentes à essa família botânica têm contribuído com respostas importantes sobre os diferentes níveis de ameaça a que àquelas espécies estão inseridas, bem como a caracterização de espécies de caráter endêmico e até mesmo microendêmico, trazendo subsídios para proteção de áreas onde essas espécies ocorrem (Zizka et al., 2019).

O papel ecológico das bromélias é diverso, participando ativamente da ciclagem de nutrientes e ação direta com polinizadores. Além disso, o seu uso pelo homem não se limita à alimentação, sendo que a utilização das bromélias como plantas ornamentais, para produção de papel, fibras, cordas e tecidos e sua importância também na indústria farmacêutica e cosmética, reflete uma amplitude de utilização pelo homem em várias áreas além do seu intenso papel ecológico nos ecossistemas (Anacleto; Negrelle, 2013).

Dentro desse contexto, o conhecimento da biologia floral de espécies de Bromeliaceae assumem um papel central, sendo uma importante ferramenta em estudos tanto taxonômicos como para sua conservação, levando-se em consideração o seu uso amplo nas mais diversas aplicações e valor ecológico. O gênero *Quesnelia* Gaudich. compreende 24 espécies e pertence à subfamília Bromelioidae, sendo um dos exemplos do forte endemismo de espécies de Bromeliaceae no Brasil, e estudos mostram uma proximidade com o gênero *Aechmea* Ruiz e Pav e *Bilbergia* Thunberg, exclusivamente brasileiro e da Mata Atlântica (Amorim; Leme, 2009; Souza et al., 2016).

O endemismo de *Quesnelia* na Mata Atlântica é uma característica notável, e obter informações sobre a morfologia de seus componentes florais e seu status de conservação, que ainda são incipientes (Almeida et al., 2009), se torna uma demanda importante, levando em consideração toda a diversidade da família Bromeliaceae e se tratando de um gênero exclusivo em um ambiente megadiverso e que sofre intensa degradação, o que o torna especialmente vulnerável e ameaçado. Estudos relacionados a esse gênero se tornam então, ferramentas interessantes para o conhecimento dessa ampla diversidade presente nesse domínio e fomentar a sua conservação.

Considerando a importância da família Bromeliaceae e os poucos estudos realizados com relação à biologia reprodutiva das suas espécies (Souza et al., 2016), em especial para o gênero *Quesnelia*, que se encontra em um *hotspot* e se caracteriza como predominantemente brasileiro, o objetivo do presente trabalho foi estudar a sua distribuição e atual status de conservação do gênero, que se encontra em um domínio ameaçado, bem como a biologia floral e aspectos reprodutivos de espécies de *Quesnelia*.

Para atender os objetivos, a tese foi apresentada em dois capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado “Dos dados de campo para ações políticas: acessando a distribuição e conservação de *Quesnelia* (Bromelioideae: Bromeliaceae), um gênero endêmico da Mata Atlântica” onde o objetivo principal foi investigar onde as espécies de *Quesnelia* estão fortemente inseridas, graus de endemismo, descrição das espécies em parceria com o Jardim Botânico do Rio de Janeiro e mapeamento e detalhamento do status de conservação, a fim de compreender onde as espécies estão estabelecidas e as ameaças inerentes a elas. Já o segundo capítulo intitulado “Morfologia, viabilidade polínica e receptividade do estigma de diferentes espécies de *Quesnelia* Gaudich. (Bromelioideae: Bromeliaceae)” concentrou-se em descrever a morfologia polínica das espécies do gênero, buscando elucidar aspectos da palinologia do grupo e fornecer informações relevantes sobre a ornamentação, estrutura e métodos viáveis de se trabalhar com os grãos de pólen, tanto *in vitro* como com teste histoquímico. A receptividade do estigma de diferentes espécies de *Quesnelia*, bem como a morfologia do mesmo, trazendo contribuições acerca das estratégias reprodutivas presentes no grupo e contribuindo também para o entendimento de quais métodos são mais viáveis para o manejo e conservação do gênero, no que diz respeito a sua biologia reprodutiva.

REVISÃO DE LITERATURA

Mata Atlântica

A Mata Atlântica é um domínio neotropical que se estende ao longo de grande parte da faixa litorânea brasileira, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, passando por áreas interiores do território nacional, vales e também serras, abrigando uma grande diversidade de climas (Ledru, 2016; MMA, 2022; França et al., 2023). A distribuição desse domínio é fortemente condicionada pela proximidade ao oceano, pelos relevos íngremes (como a Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e a cadeia de serras presentes no sul do Brasil) e por diferentes altitudes que vão do nível do mar a níveis superiores a 1.500 metros, resultando em regimes variados de precipitação e temperatura. (IBGE, 2019).

Quanto à topografia, o domínio apresenta planícies costeiras, paredões rochosos e cadeias montanhosas, configurando diferentes zonas altitudinais: terras baixas (0–50 m), submontana (50–500 m), montana (500–1.000 m) e alto-montana (>1.000 m). Cada faixa altitudinal está associada a variações na composição florística, na estrutura do dossel e nos processos ecológicos, compondo um mosaico ambiental complexo e multiestratificado (Velooso et al., 1991; Vieira et al., 2021).

Além disso, o domínio apresenta uma série de diferentes fitofisionomias, como a Floresta Ombrófila Densa (pluvial, úmida), Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucárias), Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecídua e Floresta Estacional Decídua; a esses tipos somam-se regiões associadas como restingas, manguezais, brejos de altitude (os brejos nordestinos), campos de altitude e campos rupestres em áreas elevadas e rochosas (MMA, 2022).

A Floresta Ombrófila Densa ocorre predominantemente nas faixas litorâneas e íngremes, onde a influência marítima fornece umidade durante o ano. É a fitofisionomia mais associada a endemismo e riqueza de espécies. A Floresta Ombrófila Mista, também chamada de Floresta de Araucárias, é característica do planalto meridional (compreendendo os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), onde coníferas como *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze co-ocorrem com táxons típicos de clima temperado, formando um dossel muitas vezes com uma estrutura particular (MMA, 2022). As restingas ocupam faixas

arenosas costeiras, com espécies adaptadas a solos de grande salinidade, já os manguezais ocorrem nas zonas de estuário e apresentam composição florística e funções ecossistêmicas como proteção costeira e berçário de peixes (MMA, 2022).

No Nordeste, as formações conhecidas como “brejos nordestinos” correspondem a manchas de floresta ombrófila que persistem em altitudes onde a pluviosidade é maior. Esses brejos funcionam como pequenas regiões úmidas e apresentam espécies com afinidades tanto para a Floresta Amazônica quanto atlânticas, sendo ecologicamente fundamentais para a conservação de alguns endemismos (IBGE, 2019). Já os enclaves florestais correspondem a manchas isoladas de Mata Atlântica em ecótonos com outros domínios (Cerrado, Caatinga, Pantanal), configurando áreas com composição singular e elevadas contribuições para a diversidade.

A diversidade desse domínio também se expressa em microclimas. Os ambientes próximos às regiões litorâneas costumam ser mais úmidos, enquanto as regiões serranas abrigam formações mais sazonais. Essas diferenças regulam processos como ciclagem de nutrientes, diversidade de epífitas como algumas espécies de Bromeliaceae e sua disponibilidade de recursos para fauna (IBGE, 2019; SOS Mata Atlântica, 2023). A Mata Atlântica é um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, com alta riqueza e endemismo vegetal e animal, o que torna sua conservação uma prioridade em termos de conservação da biodiversidade (SOS Mata Atlântica, 2023).

Historicamente, a Mata Atlântica é o domínio brasileiro mais transformado, resultado de um processo contínuo de ocupação humana desde o século XVI. A exploração inicial do pau-brasil, seguida pela expansão da canavieira, ciclo do café, industrialização e urbanização intensa, desencadeou uma cronologia de redução de sua vegetação nativa. Nas últimas décadas, diferentes instituições e pesquisadores mensuram esse processo, permitindo a construção de séries temporais robustas sobre uso e cobertura da terra (Joly et al., 2014; Amaral et al., 2025).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre 2000 e 2018 o Brasil perdeu aproximadamente 500 mil km² de cobertura natural considerando todos os domínios terrestres, sendo a Mata Atlântica o que apresenta a menor proporção de vegetação natural remanescente. Em 2018, apenas 12,6% de sua área estava coberta por formações florestais, refletindo o grau de modificação acumulado ao longo de séculos (IBGE, 2019). Existem registros de uma desaceleração gradual no ritmo dessa perda, entre 2000 e

2010 foram desmatados cerca de 8.793 km², enquanto entre 2016 e 2018 a perda diminuiu para 577 km². Ainda assim, esses valores se somam a um registro histórico que deixou o domínio altamente fragmentado e vulnerável. Segundo Vancine et al. (2024) a intensa intervenção humana, impulsionada por atividades agrícolas, expansão urbana e incêndios, reduziu a cobertura original desse bioma para menos de 10% entre 1986 e 2020, a cobertura de florestas nativas diminuiu em 2,4% e a vegetação natural em 3,6%.

O monitoramento conduzido por órgãos governamentais como o SOS Mata Atlântica, em parceria com o INPE oferecem informações específicas sobre essas questões. O Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica registrou a perda de 20.075 hectares entre 2021 e 2022 (SOS Mata Atlântica, 2023) e, embora o relatório mais recente indique uma redução de aproximadamente 14% no desmatamento em 2024, contabilizando 71.109 hectares desmatados no ano, os valores continuam elevados para um domínio já tão reduzido em sua história.

Estudos recentes relacionados à Mata Atlântica reforçam esse cenário. Um levantamento conduzido por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), SOS Mata Atlântica e outras instituições federais apontam que, entre 2010 e 2020, foram perdidos cerca de 1,9 mil km² de áreas bem desenvolvidas na Mata Atlântica, com destaque para os estados da Bahia (26 %) e Minas Gerais (34 %), responsáveis por mais da metade da área desmatada no período analisado (SOS Mata Atlântica, 2025). Os autores ressaltam que a dinâmica atual de desmatamento apresenta padrões distintos das grandes frentes históricas: abrange áreas de transição, encaves com outros biomas e zonas rurais submetidas à ocupação recente, demonstrando que a degradação da floresta antiga continua ativa e urgente (SOS Mata Atlântica, 2025).

Além disso, no primeiro trimestre de 2025, os boletins do Sistema de Alertas de Desmatamento da Mata Atlântica registraram uma queda de 42% na derrubada de vegetação nativa, sendo 8.109 hectares contra 14.068 hectares no mesmo período de 2024 (Mapbiomas; SOS Mata Atlântica, 2025). No entanto, o relatório consolidado de 2024 indica a supressão de aproximadamente 71.109 hectares no domínio, mesmo com redução de 14% em relação a 2023 (Mapbiomas; SOS Mata Atlântica, 2025). Esses dados reforçam o estado crítico do domínio atualmente e a necessidade de ações de conservação continuadas.

O desmatamento da Mata Atlântica trata-se de um evento herdado do passado, ativo e persistente. A combinação entre pressão antrópica histórica, fragmentação extrema, perda de

habitat e expansão recente de atividades agropecuárias continua moldando a paisagem atual e impacta diretamente a biodiversidade, especialmente grupos dependentes de micro-habitats específicos. Considerada um dos 36 *hotspots* globais de biodiversidade (Ferreira et al., 2024), a Mata Atlântica abriga mais de 20 mil espécies de plantas (Flora e Funga do Brasil, 2021), metade das quais são endêmicas (Flora e Funga do Brasil, 2021).

Bromeliaceae

A teoria mais aceita atualmente para o surgimento da família Bromeliaceae é a que teria surgido há cerca de 70 milhões de anos, no Escudo das Guianas, espalhando-se posteriormente pela América Central, América do Sul e por fim, a África Ocidental tropical através de dispersão das suas sementes por longas distâncias. Atualmente, são reconhecidos quatro grandes centros de diversidade, o Escudo das Guianas, América Central, Andes e costa leste do Brasil (Givnish et al., 2011).

As bromélias são plantas herbáceas e podem ser epífitas, rupícolas ou terrícolas. As folhas são dísticas ou polísticas, distribuídas ao longo do caule ou formam rosetas muitas vezes associadas ao armazenamento de água (fitotelma) e suas raízes são adventícias e tendem a uma função grampiforme na maioria das espécies. Sua superfície foliar apresenta tricomas especializados que são responsáveis pela adaptação das espécies nos mais variados habitats (Benzing, 2000; Vasconcellos; Oliveira, 2019).

Esses tricomas são geralmente discoides e peltados e sua função principal está relacionada com a absorção de água e nutrientes, possibilitando a captação de água, muitas vezes substituindo as raízes, que em Bromeliaceae possui uma função muito mais associada apenas com a fixação em árvores/rochas (Benzing, 2000). Além da função de absorção desses nutrientes, os tricomas peltados também atuam como regulador térmico, controlando a perda de água e atuante na reflexão da luz solar, sendo assim importante na proteção contra estresses ambientais (Givnish et al., 2014). Do ponto de vista sistemático, a presença desses tricomas altamente especializados distingue Bromeliaceae das demais famílias de angiospermas, sendo um caráter distintivo amplamente utilizado em estudos sistemáticos e ecológicos. (Jabaily; Sytsma, 2013).

A inflorescência em Bromeliaceae varia desde racemosa, simples ou composta, com posição terminal, raramente axilar, geralmente, o escapo floral em algumas espécies se apresenta como lanuginoso e as brácteas são coloridas, muitas vezes relacionadas a atração das suas redes de polinizadores. As flores podem ser poucas ou numerosas, bissexuadas ou funcionalmente unissexuadas, trímeras, normalmente com brácteas bem coloridas e vistosas

(Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Wanderley; Martins, 2007). As sépalas apresentam diferentes cores, variando de verdes, amarelas, vermelhas ou brancas. De modo semelhante, as pétalas são coloridas, podendo apresentar apêndices na face interna (geralmente na porção mais próxima ao ovário), responsável principalmente por proteger o néctar (Siqueira-Filho; Machado, 2001).

Em relação ao androceu, os estames diplostêmone (3+3) podem formar um tubo pelo crescimento dos filetes (andróforos), estarem livres (dialistêmone) ou adnatos às pétalas (epipétalas), em certos casos acontecendo das duas formas na mesma flor. As anteras são bitecas com deiscência rimosa (Wanderley; Martins, 2007). Os grãos de pólen possuem diferentes padrões de abertura, sendo classificados em porado, monocolpado ou inaperturado (Smith; Downs, 1974; Moreira, 2007). O ovário pode ser súpero a ínfero, tricarpelar, trilocular com estilete terminal trífido. Os estigmas em Bromeliaceae podem ser classificados em 19 tipos, sendo eles conduplicado-espiral, conduplicado-ereto, conduplicado-patente, conduplicado-pinatisecto, simples-ereto, simples-truncado, simples-pinatisecto, simples-patente, simples-dilatado, simples-imbricado, cilíndricodistante, convoluto-lâmina I, convoluto-lâmina II, coraliforme, convoluto-obcônico, convoluto-guarda-chuva, cupulado, urceolado e tubo-laciniado (Brown; Gilmartin, 1984; Barfuss et al., 2016; Leme et al., 2022; Siqueira et al., 2023).

Os frutos em Bromeliaceae seguem dois tipos de padrões principais, sendo bagas carnosas e cápsulas secas.

Nas espécies da subfamília Bromelioideae, predominam as bagas, onde dentro delas, várias sementes ficam envolvidas por uma polpa nutritiva, um recurso que atraem principalmente aves, sendo peça chave na dieta de diversas espécies de Trochilidae. O exemplo mais conhecido desse grupo é o abacaxi (*Ananas comosus*) resulta da fusão de múltiplas bagas (Benzing, 2000).

Já entre as Tillandsioideae e parte das Pitcairnioideae, prevalecem as cápsulas, que se abrem em três valvas para liberar sementes pequenas, geralmente dotadas de grandes ou pequenas estruturas plumosas. Esse detalhe permite que as sementes sejam levadas pelo vento a longas distâncias. É graças a esse mecanismo que espécies do gênero *Tillandsia*, conseguem se dispersar até mesmo em fios elétricos de ambientes urbanos (Benzing, 2000; Cronquist, 1981; Dahlgren et al., 1985; Wanderley; Martins, 2007).

Bromeliaceae atualmente subdivide-se em oito subfamílias: Bromelioideae, Brocchinioideae, Hechtioideae, Lindmanioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Puyoideae (Pimentel; Maciel, 2018). O Brasil abriga mais de 48% das espécies (1.736 spp.) com grande

endemismo (1.177 spp.), principalmente na Mata Atlântica (Leme; Marigo, 1993; Givnish et al., 2011; Flora e Funga do Brasil, 2025, atualização contínua), domínio que é construído por um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados que o torna um *hotspot* de biodiversidade do mundo. A Caatinga apresenta-se também como um importante domínio onde são encontradas bromélias endêmicas que, com diferentes adaptações para o ambiente sem intensa disponibilidade de água, que se adaptaram com sucesso a este ecossistema (Islair et al., 2015).

Importância econômica e ecológica

A conservação da família Bromeliaceae é uma demanda considerável devido ao elevado número de espécies ameaçadas, à distribuição geográfica restrita de muitos táxons e à intensa pressão antrópica e redução de área sobre seus habitats, fatores que amplificam a vulnerabilidade do grupo à perda de diversidade dentro de um domínio já fragmentado (Martinelli et al., 2008; Machado et al., 2016; Flora e Funga do Brasil, 2025). As bromélias são componentes essenciais de domínios como a Mata Atlântica, o Cerrado e as florestas tropicais da América Central e do Sul e a destruição desses domínios, seja por desmatamento, expansão agrícola ou urbanização, coloca em risco não apenas as bromélias, mas também as espécies que dependem delas para sobreviver (Silva et al., 2016; Zizka et al., 2019). Além da manutenção da biodiversidade, o sustento de comunidades humanas também é uma característica inerente a espécies dessa família (Benzing, 2000).

As bromélias também desempenham papéis ecológicos fundamentais nos domínios onde ocorrem. Muitas espécies formam microhabitats que abrigam uma diversidade de organismos, como insetos, anfíbios, répteis e até pequenos mamíferos. Espécies dessa família botânica acumulam água em suas rosetas, formando o chamado fitotelma, criando pequenos ecossistemas aquáticos conhecidos como "tanques" que podem ser únicos ou diversos na mesma planta. Esses pequenos tanques servem como abrigo e local de reprodução para diversas espécies, criando comunidades ricas no interior desses reservatórios (Martinelli et al., 2008). Além disso, as bromélias contribuem para a ciclagem de nutrientes, pois suas folhas em decomposição liberam matéria orgânica no solo, enriquecendo-o e beneficiando outras plantas (Zotz; Trauspurger, 2018).

Do ponto de vista reprodutivo, as bromélias estabelecem complexas interações mutualísticas com redes polinizadoras diversificadas, que englobam invertebrados, como abelhas e vespas, e vertebrados, com destaque para Trochilidae (beija-flores) e quirópteros, estes últimos associados a espécies com síndromes de polinização adaptadas a morcegos

(Buzato et al., 2000; Zanella et al., 2012; Aguilar-Rodriguez et al., 2014). Essas relações interespecíficas são fundamentais para a manutenção da diversidade biológica, visto que as bromélias fornecem recursos alimentares, tais como néctar e pólen, essenciais para os polinizadores envolvidos (Islair et al., 2015; Versieux; Wanderley, 2015).

No aspecto econômico, a família Bromeliaceae destaca-se sobretudo na alimentação humana, tendo como principal representante o abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), que apresenta diversas aplicações, inclusive de cunho medicinal (Anacleto et al., 2008). Outras espécies, como o Caroá (*Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez) e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B.Sm.) Coppens; F. Leal, possuem relevância considerável nas indústrias têxtil e automobilística, sendo fontes importantes de fibra vegetal, além de uma série de usos etnobotânicos como medicamentos, bebidas, amido, papéis, entre outros listados para 60 espécies pertencentes à essa família (Rios; Khan, 1998; Paula; Silva, 2004; Sena Neto et al., 2015; 2017; Souza et al., 2018; Silva et al., 2019).

Nas últimas duas décadas, o potencial ornamental das bromélias tem ganhado destaque crescente, especialmente em jardins tropicais, devido à sua diversidade morfológica que inclui ampla variação cromática, formas e hábitos de crescimento (Souza et al., 2012; Dias et al., 2014; Souza et al., 2015; Anacleto; Negrelle, 2013a, 2013b). Desde a década de 1970, estas plantas têm despertado interesse comercial e curiosidade por parte dos consumidores, com dezenas de espécies introduzidas anualmente no mercado, destacando-se exemplares como *Aechmea fasciata* (Lindl.) Baker, *Guzmania lingulata* (L.) Mez, *Quesnelia testudo* Lindm. e diversos grupos do gênero *Tillandsia* L. (Pulido et al., 2018; Anacleto et al., 2008). Nos últimos anos, trabalhos envolvendo Bromeliaceae na Mata Atlântica também trouxeram resultados interessantes no que se diz respeito também à sua plasticidade genética, contribuindo para a elucidação da história evolutiva do grupo (Cavalcante et al., 2019; Leme et al., 2017).

Morfologia polínica e receptividade do estigma em Bromeliaceae

O conhecimento palinológico das espécies, bem como a avaliação da receptividade do estigma, sua morfologia, composição floral e germinação dos grãos de pólen, trazem importantes respostas sobre a biologia reprodutiva das espécies (Souza et al., 2021).

Neste sentido, os estudos relacionados ao perfil palinológico em Bromeliaceae trazem diferentes padrões de abertura da exina uma família euripolínica, apresentando quatro tipos, sendo porados, 1-sulcados, inaperturados e pantoporados, variando em quantidade de poros em algumas espécies (Erdtman, 1952; Erdtman; Praglowski, 1974).

Também no sentido palinológico, a compreensão da viabilidade dos grãos de pólen é de suma importância para a fecundação da planta, para essa avaliação podem ser feitos diferentes métodos de determinação, como a germinação *in vitro*, *in vivo* e também procedimentos histoquímicos que indicam substâncias e/ou atividades enzimáticas (Dutra et al., 2000; Parton et al., 2002; Souza et al., 2015; 2017; 2021). Dentre os métodos supracitados, o de maior uso para essa determinação é o da germinação *in vitro* já que o fato de permitir a visualização do tubo polínico traz maior confiabilidade na resposta viável do grão de pólen mesmo que não garanta em 100% a sua conclusão devido aos diversos fatores intrínsecos às espécies, além de horário de coleta e o fotoperíodo, o método utilizado para obtenção dos grãos de pólen e finalmente o meio de cultura utilizado (Souza et al., 2015; 2017).

No que diz respeito a receptividade do estigma, a presença de enzimas como esterases e peroxidases em sua superfície vem demonstrando um indicativo de receptividade, estudar seu período ótimo de ação dessas enzimas vem trazendo contribuições importantes para a compreensão da biologia reprodutiva uma vez que a fertilização está diretamente relacionada com a aderência dos grãos de pólen no estigma e posterior crescimento do tubo polínico (Souza et al., 2016). Também há forte associação desse conhecimento com os testes controlados de biologia reprodutiva, com métodos que surgiram para entender qual é o melhor momento para realização das polinizações (Almeida, 2007).

Dentre os métodos mais utilizados, o peróxido de hidrogênio traz respostas formando bolhas de ar na região do estigma quando o mesmo se encontra receptivo, também é utilizado com bastante destaque o método utilizando a solução *α -naftil-acetato* com o corante *fast blue B salt*, que reage com o estigma receptivo indicando o grau de receptividade presente naquela região da seguinte forma: quanto mais escura a região, mais receptivo se encontra o estigma (Kearns; Inouye, 1993).

O conjunto desses estudos além de auxiliar na taxonomia, subsidia estudos de melhoramento, não obstante, a compreensão desses fatores traz o máximo de colaborações para o sucesso de cruzamentos controlados, métodos de conservação da espécie, o que contribui para a manutenção da biodiversidade, e posteriormente, determinar inclusive a formação de híbridos de interesse comercial. (Nacata, 2019).

***Quesnelia* Gaudich.**

O gênero *Quesnelia* Gaudich. apresenta, atualmente, 24 espécies pertencentes à subfamília Bromelioideae, essa considerada a maior subfamília em Bromeliaceae em termos

de variedade morfológica e genética e como tal, também apresenta grande plasticidade em termos de variação em suas espécies (Gouda et al., 2025 atualização contínua). O gênero foi estabelecido por Gaudichaud-Beaupré em 1842 através da espécie tipo *Quesnelia rufa* Gaudich., representada por uma prancha elaborada pelo autor, porém ainda desprovida de identificação genérica e específica, posteriormente e tomando por base as características da inflorescência. Beer (1857) descreveu o gênero, até então monoespecífico pela espécie-tipo. As descrições taxonômicas do grupo atualmente subdividem *Quesnelia* em dois subgêneros (*Quesnelia* e *Bilbergiopsis*), levando em consideração características como o tipo da inflorescência, quantidade de folhas formando a roseta e quantidade de flores.

O histórico taxonômico de *Quesnelia* seguiu alguns problemas de delimitação muito presentes em Bromeliaceae, oriundo do agrupamento feito anteriormente de espécies de forma superficial devido à precariedade de representantes para essa divisão (Amorim; Leme, 2009). Nesse contexto, pôde-se observar diversas translocações de espécies entre gêneros como *Quesnelia*, *Aechmea* e *Billbergia* ao longo do tempo, o que demanda recorrentes estudos envolvendo esses gêneros para uma maior acurácia em determinar suas identificações e perfil genético.

A distribuição geográfica de *Quesnelia* apresenta-se, em sua grande maioria, na região Sudeste (Flora e Funga do Brasil, 2025, atualização contínua), contendo algumas espécies presentes na região Sul e Nordeste e predominantemente no domínio Mata Atlântica, apresentando diversos papéis ecológicos inerentes a Bromeliaceae, principalmente se tratando de um *hotspot* como a Mata Atlântica.

No que diz respeito aos seus aspectos reprodutivos, *Quesnelia* no gênero como um todo, carece de estudos com uma determinação precisa sobre as suas características. Essa lacuna no conhecimento traz uma demanda em torno dos aspectos reprodutivos do grupo, que contém espécies de grande potencial ornamental, como *Quesnelia marmorata* (Lem.) Read, *Quesnelia humilis* Mez., *Quesnelia testudo* Lindm. e outras com forte endemismo como *Quesnelia tubifolia* Leme e L.Kollmann e *Quesnelia koltesii* Amorim e Leme.

Alguns trabalhos trazem morfologia polínica de algumas espécies, como *Q. humilis*. Kessler et al. (2020) relataram os polinizadores de *Q. arvensis* (Vell.) Mez, *Q. humilis* e *Q. lateralis* Wawra e Silva et al (2022) para *Q. indecora* Mez., porém inseridos com outros grupos de bromélias e não focado diretamente no gênero. Mantovani et al. (2012) determinaram a anatomia foliar de 22 espécies de *Quesnelia*, sendo de grande valia para as espécies presentes no gênero e o estudo de Oliveira e Tardivo (2017) delineou a distribuição no grupo para o estado do Paraná. No entanto, a literatura ainda carece relevantemente de

informações integradas sobre seus caracteres reprodutivos, causando assim uma lacuna no conhecimento acerca das estratégias reprodutivas presentes em *Quesnelia*.

Conservação e Status de ameaça em *Quesnelia*

A conservação do gênero *Quesnelia* é um grande desafio, uma vez que a degradação desse domínio continua a avançar nos últimos anos (Fundação SOS Mata Atlântica, 2023). O desmatamento para a expansão agrícola e urbana é a principal ameaça atualmente, reduzindo drasticamente as áreas disponíveis para o crescimento e reprodução dessas plantas (Kusching et al., 2023). Além disso, a fragmentação do habitat dificulta a dispersão das espécies e reduz a conectividade entre populações, impactando sua diversidade genética e viabilidade a longo prazo. Outra ameaça relevante é a coleta ilegal de espécies para o comércio de plantas ornamentais, que pode levar ao declínio populacional de espécies já vulneráveis (Ferreira et al., 2024; Almeida Junior et al., 2025).

No Brasil, o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora, <https://cncflora.jbrj.gov.br/>) tem desempenhado um papel crucial na avaliação do status de conservação das espécies da flora, incluindo as bromélias. Embora nem todas as espécies de *Quesnelia* tenham sido avaliadas, algumas podem estar categorizadas como "Vulnerável" (VU) ou "Em perigo" (EN) devido à sua distribuição restrita e ao declínio de seus habitats. A Lista Vermelha da IUCN (IUCN, 2024), por sua vez, ainda não possui avaliações globais abrangentes para a maioria das espécies do gênero, o que ressalta a necessidade de mais estudos e esforços de conservação.

Nesse contexto, até o momento, não há informações específicas sobre o status de ameaça do gênero *Quesnelia* como um todo na Lista Vermelha da IUCN, o que demanda uma avaliação mais precisa e respostas concisas para o surgimento de estratégias de conservação dessas espécies (IUCN, 2024).

Uma das estratégias de conservação que futuramente poderá auxiliar na redução do status de ameaça de *Quesnelia* incluem expedições de coleta nos locais de origem das espécies, o cultivo de espécies em jardins botânicos e viveiros, onde podem ser mantidas em condições controladas e informações sobre os hábitos de crescimento das espécies estudadas, além do registro dessas coletas em coleções botânicas como herbários, para avaliações continuadas sobre as distribuições dessas espécies. A propagação dessas plantas, seja por sementes viáveis ou por métodos vegetativos, também é fundamental para garantir a diversidade genética e a sobrevivência das espécies ameaçadas.

A criação de bancos de germoplasma e bancos de criopreservação também permitem a preservação de material genético, que pode ser utilizado em programas de reintrodução de plantas já adultas em áreas nativas, sendo esse processo controlado por fatores como resgate genético, reforço populacional ou reintrodução de espécies originalmente extintas localmente, ou pesquisas (Andrade et al., 2025), sendo então outra estratégia futura para a conservação. A educação e a conscientização do público sobre a importância de *Quesnelia* e suas ameaças também são essenciais para acentuar a preservação das suas áreas afetadas por fragmentação/redução. Por fim, parcerias com instituições de pesquisa e organizações de conservação podem fortalecer os esforços para proteger essas plantas únicas e seus habitats (Almeida et al., 2024).

REFERÊNCIAS

AGUILAR-RODRÍGUEZ, P.A.; MACSWINEY G., M.C.; KRÖMER, T.; GARCÍA-FRANCO, J.G.; KNAUER, A.; KESSLER, M. First record of bat-pollination in the species-rich genus *Tillandsia* (Bromeliaceae). **Annals of botany**, v. 113, n. 6, p. 1047-1055, 2014.

ALMEIDA, C.; REID, J.L.; LIMA, R.A.F.; PINTO, L.F.G.; VIANI, R.A.G. High-diversity Atlantic Forest restoration plantings fail to represent local floras. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 23, n. 1, p. 6-11, 2024.

ALMEIDA, O.S. **Biologia floral:** Tendências reprodutivas e efeito alelopático da tulase (*Ocimum sanctum* L.). 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2007.

AMARAL, S.; METZGER, J.; ROSA, M.; ADORNO, B.V.; GONÇALVES, G.C.; PINTO, L.F.G. Alarming patterns of mature forest loss in the Brazilian Atlantic Forest. **Nature Sustainability**, v. 8, p. 256–264, 2025.

AMORIM, A.M.; LEME, E.M.C. Two new species of *Quesnelia* (Bromeliaceae: Bromeliaceae) from the Atlantic Rainforest of Bahia, Brazil. **Brittonia**, n. 61 v.1 p. 14-21, 2009.

AMORIM, A.M.; LEME, E. Two new species of *Quesnelia* (Bromeliaceae: Bromelioideae) from the Atlantic Rainforest of Bahia, Brazil. **Brittonia**, v. 61, n. 1, p. 1421, 2009.

ANACLETO, A.; NEGRELLE, R.R.B. Comércio de bromélias no Paraná. **Ceres**, v. 60, n. 2, p. 43-52, 2013a.

ANACLETO, A.; NEGRELLE, R.R.B. Produção de bromélias no Paraná. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 19, n. 1, p. 121-136, 2013b.

ANACLETO, A.; NEGRELLE, R.R.B.; KOEHLER, H.S. Germinação de *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb. (Bromeliaceae) em diferentes substratos alternativos ao pó de xaxim. **Acta Scientiarum Agronômica**, v. 30, n. 1, p. 73-79, 2008.

ANDRADE, D.S.S.; SOUZA, E.H.; COSTA, E.M.R.; SOUZA, F.V.D. *In vitro* conservation of three endemic Bromeliaceae species and reintroduction into their natural habitat. **Journal for Nature Conservation**, v. 84, p. 126839, 2025.

APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016.

BARFUSS, M.H.J.; TILL, W.; LEME, E.M.C.; PINZÓN, J.P.; MANZANARES, J.M.; HALBRITTER, H.; SAMUEL, R.; BROWN, J.K. Taxonomic revision of Bromeliaceae subfam. Tillandsioideae based on a multi-locus DNA sequence phylogeny and morphology. **Phytotaxa**, v. 279, n. 1, p. 1-97, 2016.

BEER, J.G. **Die Familie der Bromeliaceen**. Tendler & Co., Vienna. 1857. 271 p.

BENZING, D.H. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

BROWN, G.K.; GILMARTIN, A.J. Stigma structure and variation in Bromeliaceae- Neglected taxonomic caracteres. **Brittonia**, v. 36, p. 364-374, 1984.

BUZATO, S.; SAZIMA, M.; SAZIMA, I. Hummingbird-pollinated floras at three Atlantic forest sites. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 824-841, 2000.

CAVALCANTE, B.P.; SOUZA, E.H.; WILLIAMS, J.H.; VERSIEUX, L.M. Reproductive systems and post-pollination barriers between two closely related eu- bromelioids (Bromeliaceae) in the Atlantic Forest of Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 192, n. 4, p. 828-839, 2019.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. 2. ed. New York Botanical Gardens, New York, p. 1262, 1981.

DAHLGREN, R.; CLIFFORD, T.H.; YEO, P.E. **The families of the monocotyledons: Structure, evolution and taxonomy**. Springer-Verlag. Berlin, 1985. 100 p.

DIAS, M.L.; PREZOTO, F.; ABREU, P.F.; NETO, L.M. Bromélias e suas principais interações com a fauna. **CES Revista**, v. 28, n. 1, p. 3-16, 2014.

DUTRA, G.A.P.; SOUSA, M.M.; RODRIGUES, R.; SUDE, C.P.; PEREIRA, T.N.S. Viabilidade em grãos de pólen fresco e armazenado em acessos de pimenta. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 729-730, 2000.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy**. Angiosperms. Stockolm: Almqvist & Mikself, 1952. 539 p.

ERDTMAN, G.; PRAGLOWSKI, K. A note on pollen morphology. **Flora Neotropica**, v. 14, p. 1, p. 28-33, 1974.

FERREIRA, G.M.D.; LEME, E.M.C.; AONA, L.Y.; SOUZA, F.V.; MOURA, H.C.; SOUZA, E.H. Microendemism, high diversity and taxonomic novelties in Bromeliaceae: Studies from an Atlantic Forest hotspot in Bahia, Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 79, e. 126599, 2024.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

FRANÇA, P.F.; ALMEIDA, G.S.; BRITO, G. Modeling the geographic distribution of *Mikania micrantha* Kunth. to the Atlantic Forest of Bahia. **Concilium**, v. 23, n. 22, p. 284-293, 2023.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: Relatório técnico 2021/2022**. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2023.

GIVNISH, T.J.; BARFUSS, M.H.J.; RINA, 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. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 98, n. 5, p. 872-895, 2011.

GOUDA, E.J.; BUTCHER, D.; DIJKGRAAF, L. **Encyclopaedia of Bromeliads**, Version 5. Utrecht: Utrecht University Botanic Gardens, 2025. Disponível em: <http://bromeliad.nl/encyclopedia/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

IBGE — INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass: Mata Atlântica — dados e descrições**. 2019–2020. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomass-brasileiros.html>. Acesso em: 04 nov. 2025

ISLAIR, P.; CARVALHO, K.S.; FERREIRA, F.C.; ZINA, J. Bromeliads in caatinga: an oasis for invertebrates. **Biotemas**, Florianópolis, v. 28, p. 67-77, 2015.

IUCN. 2024. **Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN**. Versão 2024-2. <https://www.iucnredlist.org>. Acesso: 15 abr. 2024.

JABAILY, Rachel S.; SYTSMA, Kenneth J. Historical biogeography and character evolution of Bromeliaceae. **The Botanical Review**, v. 79, n. 2, p. 141–175, 2013.

JOLY, C.A.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473. 2014.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. **Techniques for pollination biologist**. Niwot: University of Colorado, p. 583, 1993.

KESSLER, M.; ABRAHAMCZYK, S.; KRÖMER, T. The role of hummingbirds in the evolution and diversification of Bromeliaceae: Unsupported claims and untested hypotheses. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 192, n. 4, p. 592-608, 2020.

KUSCHING, N.; VASHOLD, L.; SOTERRONI, A.C.; OBERSTEINER, M. Eroding resilience of deforestation interventions evidence from Brazil's lost decade, **Environmental Research. Letter**, 18: 074039, 2023.

LEDRU, M.P.; MONTADE, V.; BLANCHARD, G.; HÉLY, C. Long-term spatial changes in the distribution of the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 48, n. 2, p. 159-169, 2016.

LEME, E.M.C.; COUTO, D.R.; KOLLMANN, L.J.C.; FRAGA, C.N. Novelty in *Stigmatodon* (Bromeliaceae, Tillandsioideae), a genus endemic to Brazil: three new species, one new combination, and two new stigma types. **Phytotaxa**, v. 576, n. 3, p. 233-249, 2022.

LEME, E.M.C.; HELLER, S.; ZIZKA, G.; HALBRITTER, H. Nova circunscrição de *Cryptanthus* e novos gêneros e subgêneros *Cryptanthoid* (Bromeliaceae: Bromelioideae) com base em características morfológicas negligenciadas e filogenia molecular. **Phytotaxa**, Auckland, v. 318, p. 1-88, 2017.

LEME, E.M.C.; MARIGO, L.C. **Bromeliads in the Brazilian wilderness**. Rio de Janeiro: Marigo Comunicação Visual/Banco de Bahia, 1993. 184 p.

LEME, E.M.C.; SIQUEIRA FILHO, J.A. Taxonomia das bromélias dos fragmentos de Mata Atlântica de Pernambuco e Alagoas. In: SIQUEIRA FILHO, J.A.; LEME, E.M.C. (Org.). **Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste: biodiversidade, conservação e suas bromélias**. Rio de Janeiro: Andréa Jakobsson Estúdio, 2006. pp. 191-381.

MACHADO, T.M.; FORZZA, R.C.; STEHMANN, J.R. Bromeliaceae from Caparaó National Park, Minas Gerais/Espírito Santo States, Brazil, with notes on distribution and conservation. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 2, p. 271-284, 2016.

MANTOVANI, A.; VENDA A.K.L.; ALMEIDA, V.R.; COSTA, A.F.; FORZZA, R.C. Leaf anatomy of *Quesnelia* (Bromeliaceae): implications for the systematics of core bromelioids. **Plant Systematics and Evolution**, v. 298, p. 787-800, 2012.

MARTINELLI, G.; VIEIRA, C.M.; GONZALEZ, M.; LEITMAN, P.; PIRATININGA, A.; COSTA, A.F.; FORZZA, R.C. Bromeliaceae da Mata Atlântica Brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, v. 59, n. 1, p. 209-258, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mapa de Vegetação Nativa na Área de Aplicação da **Lei no. 11.428/2006 - Lei da Mata Atlântica (ano base 2009)**. Brasília, 2015.

MOREIRA, B.A. **Palinotaxonomia da família Bromeliaceae do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado, Instituto de Botânica, São Paulo, 2007.

NACATA, G.; BELONSI, T.K.; GASPARINO, E.C.G.; ANDRADE, R.A.A. Pollen morphology and availability of pollen and stigma in *Syzygium* (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 6, e 485, 2019.

OLIVEIRA, F.M.C.; TARDIVO, R.C. Genus *Quesnelia* (Bromeliaceae, Bromelioideae) of Paraná State, Brazil. **Rodriguesia**, v. 68, n. 1, p. 195-207, 2017.

PARTON, E.; VERVAEKE, R.; DELEN, B.R.; VANDENBUSSCHE, R.; DE FROFT, M. Viability and storage of bromeliad pollen. **Euphytica**, v. 125, p. 155- 161, 2002.

PAULA, C.C.; SILVA, H.M.P. **Cultivo prático de bromélias**. Viçosa: UFV, 2004. 106 p.

PIENKOWSKI, T.; FRENI STERRANTINO, A.; TEDESCO, A.M.; CLARK, M.; BRANCALION, P.H.; JAGADISH, A.; MENDE, A.; SIQUEIRA, L.P.; MILLS, M. Spatial predictors of landowners' engagement in the restoration of the Brazilian Atlantic Forest. **People and Nature**, v. 7, n. 1, p.247-264, 2025.

PIMENTEL, M.C.C; MACIEL, J.R. Propagação vegetativa e crescimento de Bromélias raras e ameaçadas de extinção do Centro de Endemismo Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 41-44, 2018.

PULIDO, R.E.E.; MILANEZE-GUTIERRE, M.A.; NEGRELLE, R.R.B. Germinação e crescimento *in vitro* de *Vriesea incurvata* Gaudich. (Bromeliaceae). **Acta Agronomica**, v. 67, p. 142-147, 2018.

REZENDE, C.L.; SCARANO, F.R.; ASSAD, E.D.; JOLY, C.A.; METZGER, J.P.; STRASSBURG M.; TABARELLI, M.; FONSECA, G.A.; MITTERMEIR, R.A. From *hotspot* to *hopespot*: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

RIOS. R.; KHAN, B. List of etnobotanical uses of Bromeliaceae. **Journal of the Bromeliad Society**, v. 48, p. 75-87, 1998.

SCARANO, F.R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 1, p. 2319-2331, 2015.

SENA NETO, A.R.; ARAUJO, M.A.M.; BARBOZA, R.M.P.; FONSECA, A.S.; TONOLI, G.H.; SOUZA, F.V.D.; MATTOSO, L.H.C.; MARCONCINI, J.M. Comparative study of 12 pineapple leaf fiber varieties for use as mechanical reinforcement in polymer composites. **Industrial Crops and Products**, v. 64, p. 68-78, 2015.

SENA NETO, A.R.; CLARO, P.I.C.; SOUZA, F.V.D.; MATTOSO, L.H.C.; MARCONCINI, J.M. Poly(lactic acid) composites reinforced with leaf fibers from ornamental variety of hybrid pineapple (*Potyra*). **Polymer Composites**, New York, v. 38, p. 1228-1235, 2017.

SILVA, J. M.; LIMA, P. R. L.; SOUZA, F. V. D.; LEDO, C. A. S.; SOUZA, E. H.; PESTANA, K. N.; FERREIRA, C. F. Genetic diversity and nonparametric statistics to identify possible ISSR marker association with fiber quality of pineapple. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 91, p. e20180749, 2019.

SILVA, M.R.; BARBOSA, B.C.; FARIA, A.P.G. Reproductive biology and flower-visitor interactions of two bromeliad species from the Brazilian Atlantic Forest. **Plant Ecology and Evolution**, v. 155, n, 1, p. 16-28, 2022.

SILVA, P.T.P.; FARIA, A.P.G. Biologia reprodutiva de *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm. (Bromeliaceae) em um fragmento urbano de Floresta Atlântica do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Diversidade e Gestão**, v. 3, n. 1, p. 63-70, 2019.

SILVA, V.J.D.; RIBEIRO, E.M.; LUIZI-PONZO, A.P.; FARIA, A.P.G. Ultrastructure and pollen morphology of Bromeliaceae species from the Atlantic Rainforest in Southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, p. 439-449, 2016.

SIQUEIRA, S.F.H.; COSTA, A.F.; KAREN L.G.; DE TONI, K.L.G. Beyond SEM: Stigmatic margins in Bromeliaceae, **Flora**, v. 298, e. 152195, 2023.

SIQUEIRA-FILHO, J.A.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva de *Canistrum aurantiacum* E. Morren (Bromeliaceae) em remanescente da Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Alta Floresta, v. 15, n. 3, p. 497-443, 2001.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Bromelioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica, Monograph**, v.4, n. 3, p. 1493-2142, 1979.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica Monograph**, New York, v. 14, n.1, p.1-658, 1974.

SOUZA, E.H.; SOUZA, F.V.D.; ROSSI, M.L.; LEDO, C.A.S.; MARTINELLI, A.P. Viability, storage and ultrastructure analysis of *Aechmea bicolor* (Bromeliaceae) pollen grains, an endemic species to the Atlantic Forest. **Euphytica**, Wageningen, v. 204, p. 13-28, 2015.

SOUZA, C.P.F.; SOUZA, E.H.; LÊDO, C.A.S.; Souza, F.V.D. Evaluation of the micropropagation potential of curauá pineapple hybrids for fiber production. **Acta Amazonica**, v. 48, p. 290-297, 2018.

SOUZA, E.H.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, F.V.D.; LEME, E.M.C. *Lymania involucrata* (Bromeliaceae: Bromelioideae), a new ornamental species from Bahia, Brazil. **Phytotaxa**, Auckland, v. 489, n. 2, p. 209-215, 2021.

SOUZA, E.H.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; SOUZA, F.V.D.; ROSSI, M.L.; MARTINELLI, A.P. Stigma structure and receptivity in Bromeliaceae. **Scientia Horticulturae**, v. 203, n. 1, p. 118-125, 2016.

SOUZA, E.H.; SOUZA, F.V.D.; CARVALHO, C. M.A.P.; COSTA, D.S.; DOS SANTOS-SEREJO, J.A.; AMORIM, E. P.; LEDO, C.A.S. Genetic variation of the *Ananas* genus with ornamental potential. **Genetic Resources and Crop Evolution**, London, v. 59, p. 1357-1376, 2012.

SOUZA, E.H.; VERSIEUX, L.M.; SOUZA, F.V.D.; ROSSI, M.L.; COSTA, M.A.P.D.C.; MARTINELLI, A. P. Interspecific and intergeneric hybridization in Bromeliaceae and their relationships to breeding systems. **Scientia Horticulturae**, v. 223, p. 53-61, 2017.

VANCINE, M.H.; MUYLAERT, R.L., NIEBUHR, B.B.; FARIA OSHIMA, J.E.; TONETTI, V.; BERNARDO, R.; ANGELO, C.; ROSA, M.R.; GROHMAN, CH.; RIBEIRO, M.C. The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 291, e. 110499, 2024.

VASCONCELLOS, V.C.; OLIVEIRA, J.M.S. Descrição morfológica e anatômica da estrutura floral em *Dyckia ibicuiensis* Strehl (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 6, n. 6, p. 58-69, 2019.

VERSIEUX, L.M.; WANDERLEY, M.G.L. **Bromélias Gigantes do Brasil**. Rio Grande do Norte: Capim Macio & Offset, 2015. 200 p.

WANDERLEY, M.G.L.; MARTINS, S.E.; Bromeliaceae. In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G.J.; MELHEM, T.S.; GIULIETTI, A.M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**, v. 5, p. 39-161, 2007.

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. Genetics, evolution and conservation of Bromeliaceae. **Genetics and molecular Biology**, v. 35, p. 1020-1026, 2012.

ZIZKA, A.; AZEVEDO, J.A.; LEME, E.M.C.; NEVES, B.; COSTA, A.; CACERES, D.; ZIZKA, G. Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 6, p. 183-195, 2019.

ZOTZ, G.; TRAUNSPURGER, W. What's in the tank? Nematodes and other major components of the meiofauna of bromeliad phytotelmata in Lowland Panama. **BMC Ecology**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2016.

CAPÍTULO 1

**DOS DADOS DE CAMPO PARA AÇÕES POLÍTICAS: ACESSANDO A
DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO DE *QUESNELIA* (BROMELIOIDEAE:
BROMELIACEAE), UM GÊNERO ENDÊMICO DA MATA ATLÂNTICA**

Capítulo 1

Dos dados de campo para ações políticas: acessando a distribuição e conservação de *Quesnelia* (Bromelioideae: Bromeliaceae), um gênero endêmico da Mata Atlântica

RESUMO: Bromeliaceae é uma importante família em termos de diversidade, ecologia e recursos genéticos. O gênero *Quesnelia* compreende 24 espécies predominantemente na Mata Atlântica, *hotspot* em biodiversidade e que sofre alta pressão antrópica. Considerando a importância do gênero dentro da família, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre a distribuição, a partir de dados de coletas, e avaliar o status de conservação das 24 espécies do gênero *Quesnelia*. Para avaliação foram realizadas coletas de campo, além de dados de plataformas virtuais, como Jabot, CRIA Species Link, HV-Reflora e GBIF. As espécies estão amplamente concentradas na região Sudeste do Brasil, com 19 espécies, enquanto a região Sul apresenta ocorrência apenas de *Quesnelia humilis*, *Q. imbricata* e *Q. testudo*. A Bahia é o único estado do Nordeste que possui registro de *Quesnelia*, com cinco espécies endêmicas. Em relação ao status de conservação, 46% das espécies encontram-se sobre algum nível de ameaça, sendo quatro espécies avaliadas como “ criticamente em perigo ” (CR), duas em “ Em perigo ” (EN) e cinco como “ Vulnerável ” (VU). As demais espécies foram categorizadas como “ Quase ameaçada ” (NT) com seis espécies, “ Menos preocupante ” com cinco espécies e duas com “ Dados insuficientes ”. Os principais fatores de ameaça estão relacionados à antropização presentes ou próximas dessas áreas, com a redução da cobertura vegetal para cultivos monotípicos, silvicultura, pastagens e expansão urbana. Este é o primeiro estudo avaliando a distribuição e o status de conservação das espécies de *Quesnelia*, apresentando registros inéditos obtidos a partir de dados de coleta, e oferecendo interpretações condizentes às estratégias de conservação para as espécies. Nossos resultados fornecem informações de conservação *in situ* e permitem delinear estratégias para a conservação *ex situ*, como, por exemplo, o cultivo em bancos de germoplasma, jardins botânicos, propagação e reintrodução das espécies no local de origem, dentre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade, antropização, espécies ameaçadas, conservação.

ALMEIDA JUNIOR, R.A.C.; CRUZ, C.R.P.; FERNANDEZ, E.P.; BICALHO, M.B.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, F.V.D.; LEME, E.M.C.; SOUZA, E.H. From field data to policy action: assessing the distribution and conservation of *Quesnelia* (Bromelioideae: Bromeliaceae), an endemic genus of the Atlantic Forest hotspot. **Journal for Nature Conservation**, v. 86, e. 126940, 2025.

From field data to policy action: assessing the distribution and conservation of *Quesnelia* (Bromelioideae: Bromeliaceae), an endemic genus of the Atlantic Forest hotspot

ABSTRACT: Bromeliaceae is an important family in terms of diversity, ecology, and genetic resources. The genus *Quesnelia* comprises 24 species, predominantly occurring in the Atlantic Forest, a biodiversity hotspot under intense anthropogenic pressure. Considering the relevance of this genus within the family, the present study aims to investigate the distribution, based on collection records, and assess the conservation status of the 24 *Quesnelia* species. For this assessment, field collections were conducted, in addition to data obtained from virtual platforms such as Jabot, CRIA SpeciesLink, HV-Reflora, and GBIF. The species are largely concentrated in southeastern Brazil, with 19 species, while the southern region records the occurrence of only *Quesnelia humilis*, *Q. imbricata*, and *Q. testudo*. Bahia is the only state in the Northeast where *Quesnelia* is recorded, with five endemic species. Regarding conservation status, 46% of the species are under some level of threat, with four species classified as “Critically Endangered” (CR), two as “Endangered” (EN), and five as “Vulnerable” (VU). The remaining species were categorized as “Near Threatened” (NT) with six species, “Least Concern” (LC) with five species, and two as “Data Deficient” (DD). The main threats are associated with anthropogenic pressures in or near these areas, such as vegetation loss due to monoculture, forestry, pastures, and urban expansion. This is the first study evaluating the distribution and conservation status of *Quesnelia* species, reporting novel records obtained from collection data and providing interpretations aligned with conservation strategies for the genus. Our results provide in situ conservation insights and allow the development of ex situ strategies, such as cultivation in germplasm banks, botanical gardens, propagation, and species reintroduction into their natural habitats, among others.

KEYWORDS: Biodiversity; Anthropization; Endangered species; Conservation

INTRODUÇÃO

Bromeliaceae possui 84 gêneros e 3.828 espécies (Gouda et al., 2025, atualização contínua) nativas da região tropical e subtropical das Américas, com exceção de *Pitcairnia feliciana* (A.Chev.) Harms e Mildbr., que é nativa do oeste da África (Smith; Downs 1974). O Brasil é o país com maior diversidade com aproximadamente 1.708 espécies (Gouda et al., 2025, atualização contínua) sendo 1.208 endêmicas (Flora e Funga do Brasil, 2025, atualização contínua). A região Sudeste apresenta a maior diversidade com 784 espécies, seguida do Nordeste com 441 espécies (Flora e Funga do Brasil, 2025, atualização contínua). Essa grande diversidade é atribuída, principalmente, à presença na Mata Atlântica, a qual se apresenta como a quarta família em termos de riqueza nesse domínio fitogeográfico (Leme; Siqueira-Filho, 2006; Santos et al., 2022; Ferreira et al., 2024). Acredita-se que os corredores de dispersão de Bromeliaceae tenham acontecido a partir do seu centro de origem, no escudo das Guianas, e desde então se estendido por grande parte da América Central, Andes e Mata Atlântica brasileira (Zizka et al., 2019).

O gênero *Quesnelia* Gaudich. pertence à subfamília Bromelioideae e compreende 24 espécies, com forte endemismo e ocorrência na Mata Atlântica (Amorim; Leme, 2009; Souza et al., 2017). Atualmente, o gênero se subdivide em dois subgêneros (*Quesnelia* e *Bilbergiopsis*) levando-se em consideração caracteres morfológicos como a quantidade de folhas na roseta e o tipo de inflorescência. A morfologia do gênero se caracteriza por inflorescências que podem variar de simples, do tipo espiga (subg. *Bilbergiopsis*) a estrobiladas (subg. *Quesnelia*), com sépalas não conadas à levemente conadas na porção basal, pétalas variando de coloração alva, rósea, azul e violeta e grãos de pólen biporados. As espécies se concentram em sua grande maioria nas regiões Sudeste e Sul, mas se irradiam também na região Nordeste, no estado da Bahia.

Segundo a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (MMA, 2022), Bromeliaceae apresenta-se como a segunda família com maior número de espécies ameaçadas de extinção no Brasil, com 247 espécies, sendo a primeira em número de espécies na categoria “ criticamente em perigo ” (66), seguida de 142 espécies “ Em perigo ” e 39 “ Vulnerável ”.

Estudos relacionados à distribuição dos gêneros vêm trazendo informações importantes sobre os diferentes níveis de ameaça, bem como o endemismo, trazendo subsídios para preservação de áreas onde essas espécies se encontram (Gerakis et al., 2023; Fois et al., 2024). Poucos trabalhos foram realizados sobre a distribuição da família (Canela et al., 2003;

Leme et al., 2017; Zizka et al., 2019; Flores-Argüelles et al., 2023) e avaliação do status de conservação são encontrados (Forzza et al., 2013) quando se compara ao número total de espécies. Forzza et al. (2013) e CNCFlora (2024) avaliaram cinco espécies de *Quesnelia*, estabelecendo o status de conservação de ‘Vulnerável’ para *Q. kautskyi* C.M.Vieira, ‘Em Perigo’ para *Q. seideliana* L.B.Sm., “Quase ameaçada” para *Q. augustocoburgi* Wawra, “Deficiente de dados” para *Q. imbricata* L.B.Sm. e “Menos preocupante” para *Q. humilis* Mez, restando 80% das espécies sem avaliação.

A Mata Atlântica brasileira compreende uma vegetação heterogênea, com diversos sistemas relacionados, o que amplia a diversidade de bromélias presentes nesse domínio fitogeográfico devido à capacidade de encontrar espécies de diferentes hábitos de crescimento (Siqueira-Filho et al., 2006; Santos et al., 2022). Esse domínio fitogeográfico possui grande importância econômica e ecológica, e é o mais degradado do Brasil, restando apenas 12,4% da sua cobertura nativa (Fundação SOS Mata Atlântica, 2022). Atualmente, a Mata Atlântica dispõe de uma legislação mais restritiva para a proteção da sua área, mas ainda assim, o cenário atual registra perda de área florestal no decorrer dos anos, reduzindo ainda mais sua cobertura (Soterroni, 2018). Segundo dados do IBGE (2022), o percentual de espécies ameaçadas continua aumentando e de 2014 a 2022, houve um aumento de 9% para 15% de espécies vegetais ameaçadas. Além disso, no último relatório do SOS Mata Atlântica (2023), com dados de 2021 e 2022, houve uma redução de área de 20.075 hectares, o segundo maior dos últimos seis anos, sendo 73% em áreas privadas com o objetivo, sobretudo, de converter áreas florestais em pastagens e ambientes agrícolas. Diante desse cenário, a subfamília Bromelioideae vem se estabelecendo como principal representante de Bromeliaceae presente nesse domínio, com ampla dispersão e endemismo no decorrer da Mata Atlântica, com suas espécies sendo continuamente ameaçadas (Santos et al., 2022; Zizka et al., 2019; Ferreira et al., 2024).

Estudos de distribuição geográfica relacionados à *Quesnelia* até o presente momento, são inéditos, constituindo uma lacuna que carece de conhecimento, como estudos sobre o estado de conservação das espécies pertencentes a esse gênero. Nos últimos quatro anos, novas espécies para o gênero foram descritas, o que vêm trazendo sinais de forte endemismo em áreas de intensa redução de florestas nativas, e conseqüentemente uma vulnerabilidade dessas espécies (Leme; Kollmann, 2020; Leme, 2023).

Considerando a importância do gênero dentro da família Bromeliaceae e à necessidade de estudos sobre a distribuição e o estado de conservação dessas espécies, este trabalho

objetivou realizar um estudo sobre a distribuição a partir de dados de coletas, além de avaliar o status de conservação das 24 espécies do gênero *Quesnelia*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas 24 espécies de *Quesnelia* a partir de dados de coletas de campo, banco de dados de plataformas online, como o Jabot (2024) Species Link (2024) H-V-Reflora (2024 e GBIF (2024) Foram também avaliados todos os sinônimos válidos das espécies.

Foram realizadas dez expedições de coleta em busca das espécies, principalmente as microendêmicas, que são aquelas restritas a áreas geográficas muito limitadas e com condições ecológicas muito específicas (Ferreira et al., 2024). Com número reduzido de coletas no estado da Bahia, foram percorridas as regiões Sul e Centro Sul Baiano, principalmente nos municípios de Arataca, Barra do Choça, Boa Nova, Camacã, Itapetinga, Jussari, Poções e Vitória da Conquista. No estado de Minas Gerais, as coletas se concentraram na região do Jequitinhonha, principalmente, em Santa Maria do Salto, Jacinto, Salto da Divisa, Almenara e Pedra Azul, além de coletas nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo.

Os vouchers dos espécimes coletados foram depositados no Herbário do Recôncavo da Bahia (HURB), e as amostras foram cultivadas no Banco de Germoplasma de Bromélias (BGB Bromeliads) do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Embrapa Mandioca e Frutas e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizada em Cruz das Almas, Bahia. As coleções ALCB, B, BHCB, BHZB, BMA, CAP, CEPEC, CESJ, CGMS, CRI, CVJBFZB, CVRD, E, EFC, ESA, F, FCAB, FLOR, FUEL, FURB, G, HB, HBR, HCF, HPUCMG, HRCB, HU, HUCP, HUCS, HUEFS, HUEM, HUENF, HUFU, HUPG, HURB, HUSC, HVASF, IAC, IAN, ICN, IPA, JOI, K, MBM, MBML, MICH, MO, NL, NY, OUPR, PACA, PEL, R, RB, RBR, RFA, RFFP, SAMES, SHPR, SJRP, SP, SPSF, TEPB, UB, UEC, UESC, UFACPZ, UFP, UPCB, US, VIC e VIES foram avaliadas, e todos os espécimes foram revisados.

Os dados primários das plataformas de coleções biológicas foram migrados para o sistema do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora, 2024) do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Todos os registros foram validados quanto à identificação taxonômica da espécie, localização de registro da coleta, possível ocorrência atual da espécie, hábito de crescimento, duplicatas existentes e ano da coleta, possibilitando assim, a distribuição e delimitando de cada táxon estudado. O registro de ocorrência disponível foi exibido e conferido em um servidor de mapas permitindo a visualização detalhada das informações. Os

registros invalidados das exsicatas (gêneros errados, plantas cultivadas, coordenadas imprecisas, duplicatas) foram devidamente justificados e inseridos no sistema. A partir desses dados, foram categorizadas as áreas e grupos considerados em risco de extinção e o nível associado a esse risco usando a categorização da IUCN, versão 15.1 (IUCN, 2024).

Avaliamos o estado de conservação das espécies de *Quesnelia* de acordo com a versão 3.1 das Categorias e Critérios da Lista Vermelha da IUCN para Espécies Ameaçadas (IUCN, 2001; 2024). Os dados e informações disponíveis sobre distribuição, ocorrência, população, habitat e ecologia, usos e comércio, e ameaças foram incluídos no Sistema Nacional para a Conservação da Flora (ProFlora) do CNCFlora do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Calfo et al., 2021), que serve como Autoridade da Lista Vermelha de Plantas do Brasil da IUCN SSC (IUCN SSC BP-RLA), para documentar as avaliações. A avaliação foi submetida a revisão técnica pela Unidade da Lista Vermelha da IUCN e posteriormente adicionada ao Sistema de Informação de Espécies (SIS) da IUCN para publicação em seu portal. Conseqüentemente, a avaliação completa do estado de conservação das espécies de *Quesnelia* aqui descritas estará acessível através das Listas Vermelhas oficiais globais e nacionais.

A Área de Ocupação (AOO) e a Extensão de Ocorrência (EOO) foram estimadas seguindo as definições padrão (Bachman et al., 2011). Automatizaram-se procedimentos e cálculos espaciais por meio de scripts PHP. A EOO foi estimada pela área do mínimo polígono convexo (MPC), encontrada a partir da união de todos os pontos de dados por meio da interligação das posições mais externas, de tal forma a criar um polígono convexo. Calculou-se a AOO por quadrículas compostas de células compostas de 4 km², e o número de células com registros de ocorrência foram contabilizados e multiplicados pela área de cada célula. As camadas de ocorrência foram plotadas sobre outras camadas com dados espaciais, tais como fronteiras políticas, amplitude altimétrica e remanescentes de vegetação. Os registros foram convertidos em polígonos, considerando toda interseção entre os pontos e os remanescentes de vegetação locais de potenciais ocorrências.

As estimativas foram fornecidas pelo sistema ProFlora, com base na inclusão de registros de ocorrência validados. Para registros históricos que faltavam coordenadas geográficas ou aqueles georreferenciados ao centróide de uma unidade territorial (por exemplo, estado, município ou área protegida), suas informações de localização específica foram inferidas pela equipe do CNCFlora com base em dados disponíveis do rótulo do espécime. Utilizamos uma análise de sobreposição, conforme proposto por Jordão et al. (2022), para calcular a área ocupada por cada tipo de uso/ cobertura da terra (um proxy para declínio de habitat, subpopulações e delimitação de locais - subcritérios cruciais para avaliar a

espécie sob o Critério B) e afetadas por incêndios dentro da faixa de distribuição da espécie (AOO e EOO) ao longo do período de 1985-2020, respectivamente.

Os shapefiles de AOO e EOO foram combinados com dados históricos sobre uso da terra e área afetada por incêndios (em uma resolução de 30 m) fornecidos pelo MapBiomas (MapBiomas 2021, 2022). Para calcular a taxa de mudança em cada tipo de uso da terra ao longo do tempo por meio de análise de tendência, utilizamos o pacote "basicTrendline" proposto por Mei et al. (2018). Obtemos a linha de regressão, intervalo de confiança, equação de regressão, R-quadrado e valor p. A partir do ângulo do coeficiente da linha dividido pelos 36 anos analisados (1985-2020), estimamos a taxa anual de aumento ou diminuição na mudança de uso/cobertura da terra usando um modelo de regressão linear.

Durante as análises de distribuição, levaram-se em conta outros dados espaciais, tais como áreas de proteção em nível nacional, terras produtivas e áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. Nas avaliações, os campos relacionados à distribuição e ao domínio fitogeográfico foram preenchidos automaticamente pelo sistema de informações com base nos registros de ocorrência validados e incluídos no banco de dados do CNCFlora.

Para as espécies consideradas de interesse para conservação ou pesquisa entre as espécies não ameaçadas, dois critérios foram utilizados. Primeiro, a espécie tinha que apresentar uma dentre três características possíveis: 1) espécie com dados insuficientes incluída anteriormente nas listas vermelhas oficiais; 2) espécie de distribuição restrita ($EOO < 20,000 \text{ km}^2$); e 3) espécie de potencial valor econômico, submetida a uso intensivo. Segundo critério, as espécies precisavam estar em declínio, pela redução de sua população ou de seu hábitat.

O processamento e análise de dados foram realizados no ambiente R (R Development Core Team 2022) usando os pacotes "raster" v. 3.6-20 (Hijmans et al., 2023) e "sf" v. 0.6-1 (Pebesma 2018). Os mapas foram gerados usando o software ArcGIS Pro 3.0.3 (ESRI 2023), utilizando os biomas e fronteiras políticas disponíveis no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS, 2000).

Para cada espécie, compilamos dados sobre taxonomia, autoecologia, pressão decorrente de ameaças humanas, ações de conservação atualmente direcionadas à espécie e outros dados relevantes para a avaliação do risco de extinção das espécies (Martins et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 1.061 registros nas diferentes bases de dados citados acima, sendo validados 78,6% (834 registros) e invalidados 21,4 % (227 registros) com dados das 24 espécies de *Quesnelia* (Tabela 1), sendo 65 dos registros invalidados serem duplicatas, 25 espécies cultivadas, 6 identificações taxonômicas incorretas e 131 com localizações imprecisas ou erradas. As espécies do gênero estão amplamente concentradas na região Sudeste, com 19 espécies distribuídas, principalmente, no Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, apresentando um total de 776 registros. A região Sul apresentou apenas registro de *Q. imbricata*, *Q. humilis* e *Q. testudo* Lindm., com 39 registros avaliados nos estados de Santa Catarina e Paraná. A Bahia é o único estado do Nordeste que possui ocorrência de *Quesnelia* com cinco espécies microendêmicas de um total de 17 registros. Em relação aos domínios fitogeográficos, todas as espécies, com exceção de *Q. conquistensis* Leme, ocorrem na Mata Atlântica, principalmente na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Submontana e Mata de Restinga. *Quesnelia conquistensis* ocorre em ecótono de Mata Atlântica com Caatinga em Floresta Estacional Semidecidual.

Dentre as espécies mais coletadas estão *Quesnelia quesneliana* (Brongn.) L.B.Sm. (159 registros), *Q. liboniana* (De Jonghe) Mez (134 registros), *Q. lateralis* Wawra (90 registros) e *Q. strobilispica* Wawra (73 registros). Em contrapartida, as menos coletadas são *Q. alborosea* A.F.Costa e T.Fontoura, *Q. dubia* Leme, *Q. georgiizizkae* Leme, *Q. tubifolia* Leme e L.Kollmann e *Q. vasconcelosiana* Leme com apenas 1 registro cada (Tabela 1). Vale destacar que *Q. georgiizizkae* e *Q. vasconcelosiana* foram descritas recentemente, nos últimos quatro anos (Leme; Kollmann 2020; Leme 2023).

Em relação ao status de conservação, 46% das espécies possuem algum nível de ameaça, sendo quatro espécies avaliadas como “ criticamente em perigo ” (CR), duas em “ Em perigo ” (EN) e cinco “ Vulnerável ” (VU) (Tabela 1). Seis espécies estão nas categorias de “ Quase ameaçada ” (NT), cinco como “ Menos preocupante ” e duas com “ Dados insuficientes ” (Tabela 1). De forma geral, os principais fatores de ameaça são a antropização, presente ou próxima dessas áreas, com a redução da cobertura vegetal para cultivos monotípicos, silvicultura, pastagens e expansão urbana. Vale destacar que apenas 392 espécies de Bromeliaceae foram avaliadas quanto ao risco de extinção pelo CNCFlora (2024), apenas 23% das espécies ocorrentes no Brasil. Das espécies avaliadas anteriormente, cinco espécies pertenciam ao gênero *Quesnelia*, a saber: *Q. seideliana* (EN), *Q. kautskyi* (VU), *Q. imbricata* (DD), *Q. augustocoburgi* (NT) e *Q. humilis* (LC).

Tabela 1. Espécies, ocorrência, hábito de crescimento, status de conservação, critério de ameaça, extensão de ocorrência, área de ocupação e número de registros válidos de *Quesnelia* (Bromeliaceae).

Espécie	Ocorrência	Hábito	Status	Critério de Ameaça (IUCN)	AOO	EOO	N. Reg. Válidos
					km ²		
<i>Q. alborosea</i> A.F.Costa e T.Fontoura	BA	TER, RUP	DD	-	4	-	1
<i>Q. alvimii</i> Leme	BA	TER, EPI	CR	B1ab(i, ii)	8	8	2
<i>Q. arvensis</i> (Vell.) Mez	ES; RJ; MG; SP	TER, EPI	LC	-	228	67.885	72
<i>Q. augustocoburgi</i> Wawra	RJ; MG	EPI, RUP	VU	B1ab(i,ii,iii)+2ab(i,ii,iii)	72	14.893	31
<i>Q. clavata</i> Amorim e Leme	BA	TER	LC	-	8	0,7	3
<i>Q. conquistensis</i> Leme	BA	TER, EPI	EN	B1ab(i,ii,iii)+2ab(i,ii,iii)	12	481	4
<i>Q. dubia</i> Leme	BA	TER	DD	-	4	-	1
<i>Q. edmundoi</i> L.B.Sm.	RJ; ES	TER	NT	B1b(i,ii,iii)+2b(i,ii,iii)	76	15.994	25
<i>Q. georgiizizkae</i> Leme	MG	EPI	CR	B1ab(ii,iii)+2ab(ii,iii)	4	4	1
<i>Q. humilis</i> Mez	SP; PR	TER	NT	B1b(ii,iii)+2b(ii,iii)	92	14.276	46
<i>Q. imbricata</i> L.B.Sm.	PR; SC	TER, EPI, RUP	VU	B1ab(ii,iii)+2ab(ii,iii)	80	6.444	35
<i>Q. indecora</i> Mez	MG; ES	EPI, RUP	NT	B2b(i,ii,iii)	92	21.292	32
<i>Q. kautskyi</i> C.M.Vieira	MG; ES	TER	VU	B1ab(i,ii,iii)+2ab(i,ii,iii)	96	7.303	39
<i>Q. koltesii</i> Amorim e Leme	BA	TER, EPI	LC	-	8	8	7
<i>Q. lateralis</i> Wawra	RJ	TER, RUP	VU	B1ab(i,ii,iii)+2ab(i,ii,iii)	148	2.990	90
<i>Q. liboniana</i> (De Jongle) Mez	RJ	EPI, RUP	NT	B1b(i,ii,iii)+2b(i,ii,iii)	264	5.456	134
<i>Q. marmorata</i> (Lem.) R.W.Read	ES; RJ; SP	EPI, RUP	NT	B2b(ii,iii)	92	41.793	28
<i>Q. quesneliana</i> (Brongn.) L.B.Sm.	ES; RJ; MG; SP	TER, EPI, RUP	LC	-	452	127.837	159
<i>Q. seideliana</i> L.B.Sm. e R. Reitz	RJ; MG	EPI, RUP	VU	B1ab(ii,iii)+2ab(ii,iii)	36	9.845	13
<i>Q. strobilispica</i> Wawra	ES; RJ; MG	EPI, RUP	NT	B2b(ii,iii)	164	37.270	73
<i>Q. testudo</i> Lindm.	RJ; SP; PR	TER	LC	-	64	44.820	22
<i>Q. tubifolia</i> Leme e L.Kollmann	MG	EPI	CR	B1ab(ii,iii)+2ab(ii,iii)	4	-	1
<i>Q. vasconcelosiana</i> Leme	MG	EPI	CR	B1ab(ii,iii)+2ab(ii,iii)	4	4	1
<i>Q. violacea</i> Wand. e S.L.Proença	SP	TER, EPI	EN	B1ab(i,ii,iii)+2ab(i,ii,iii)	28	2.790	14

BA: Bahia, ES: Espírito Santo, MG: Minas Gerais, SP: São Paulo, RJ: Rio de Janeiro, EPI: Epífita, RUP: Rupícola, TER: Terrícola, DD: “Dados deficientes”, LC: “Menos preocupante”, NT: “Quase ameaçada”, VU: “Vulnerável”, EN: “Em perigo”, CR: “Criticamente em perigo”, EOO: Extensão de Ocorrência, AOO: Área de Ocupação.

Zizka et al. (2019) realizaram uma avaliação automatizada de 3.032 espécies para avaliar o status de conservação de Bromeliaceae e identificaram 81 % (2.638) das espécies possivelmente ameaçadas de extinção com variações entre as subfamílias e formas de vida, sendo Bromelioideae com 82% (732 espécies ameaçadas/ 896 avaliadas). Esses autores relatam que a maioria das espécies, possivelmente ameaçadas, ocorrem em florestas tropicais e subtropicais úmidas com 77% (1.928) espécies, seguidas por áreas de gramíneas tropicais e subtropicais, Savanas e Áreas de arbustos (315 espécies). Quanto à forma de vida 94% das espécies ameaçadas são litofíticas, 89% terrestres e 74% epífitas. Esses. Vale destacar que Zizka et al. (2019) relatam que a avaliação automatizada é apenas uma linha de base para direcionar uma avaliação de conservação mais detalhada das espécies, que pode incluir dados sobre a dinâmica populacional e ameaças específicas.

Quanto ao hábito de crescimento, seis espécies são estritamente terrestres (25%), três estritamente epífitas (12,5%), cinco terrestres e epífitas (20,8%), duas terrestres e rupícolas (8,33%), seis rupícolas e epífitas (25%) e duas utilizando os três substratos para crescimento (8,33%) (Tabela 1). Espécies exclusivamente epífitas tendem a uma maior vulnerabilidade que espécies com hábitos mais amplos, uma vez que precisa de um nível de sucessão ecológica com estrato arbóreo bem estabelecido para se manter presente. A redução de área florestal e conseqüentemente do seu estrato arbóreo afeta diretamente essas espécies, e o período de restabelecimento é consideravelmente maior que espécies que conseguem se manter de outras formas no ecossistema (Melo; Waechter, 2020; Kusching et al., 2023).

Os estudos realizados por Oliveira e Tardivo (2017) para o estado do Paraná e Ferreira et al. (2024) também registraram uma variedade nas formas de vida entre as espécies relatadas. Em Bromeliaceae, essa plasticidade é encontrada em diversos estudos envolvendo taxonomia e distribuição geográfica, podendo citar a grande variação morfológica dentro de grupos próximos à *Quesnelia*, como *Aechmea* Ruiz e Pav., *Bilbergia* Thunberg e *Portea* Brongniart ex C.Koch (Leme et al., 2010). O grande sucesso evolutivo da subfamília Bromelioideae na Mata Atlântica foi evidenciado neste trabalho com a ampla distribuição do gênero *Quesnelia*, registrada, da Bahia ao Sul do país.

Das quatro espécies avaliadas como “ criticamente em perigo”, duas (*Quesnelia georgizizkae* e *Q. vasconcelosiana*) (Figura 1c, 1e) ocorrem predominantemente no interior de Floresta Ombrófila Densa Submontana em áreas de altitude acima de 1.000 m (Figura 1). *Quesnelia georgizizkae* possui uma única ocorrência no município de Fervedouro (Minas Gerais) nos limites do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Foram calculadas AOO e EOO de 4 km². Atividades de conversão do habitat em áreas de mosaicos de uso da terra são

responsáveis pela redução de 13,97% da AOO, apresentando uma tendência crescente de perda de 0,14% ao ano. *Quesnelia vasconcelosiana* possui uma única ocorrência no município de Itaipé (Minas Gerais), nos limites da Área de Proteção Ambiental do Alto do Mucuri. Foram calculados também uma AOO e EOO de 4 km². Atividades de conversão do habitat em áreas de mosaicos de uso da terra são responsáveis pela redução de 37,76% (1,51 km²) da AOO, e apresentam tendência crescente de 0,03% ao ano. Além disso, a conversão de habitat em áreas de pastagem é responsável pela redução de 9,64% (0,39 km²) da sua AOO, apresentando também uma tendência de crescimento de 0,57% ao ano. Estas duas espécies são considerados os limites reduzidos de EOO e AOO, compatíveis com os Critérios B1 e B2. Essas espécies ocorrem nos limites de uma UC de proteção parcial com apenas uma única localização condicionada à ameaça, desta forma, verificou-se um declínio contínuo de área de ocupação e qualidade de habitat, preenchendo os subcritérios a e b (ii,iii).

Quesnelia tubifolia (Figura 1c) ocorre em bordas de Floresta Ombrófila Densa acima de 800 m de altitude no município de Santa Maria do Salto (Minas Gerais). Essa espécie foi descrita em 2011 e, desde então, foi registrada apenas uma única vez. Foi realizada uma expedição de coleta na localidade, mas não foi encontrada a espécie no ambiente. O fragmento florestal na qual a espécie foi coletada já se tornou pastagem. A conversão de habitat em pastagem vem incidindo severamente sobre o único município em que a espécie ocorre, tendo atingido 64,27% da área de Santa Maria do Salto, correspondente a 9,39% da AOO da espécie. Logo, registra-se declínio contínuo de qualidade de habitat e área de ocupação. Ainda assim, a única ocorrência conhecida está inserida em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Mesmo sendo uma UC, há a fragilidade de se tratar de uma área privada. Dessa forma, a espécie enquadra-se nos critérios B1 e B2 e os subcritérios a e bii e biii.

Quesnelia alvimii (Figura 1b) foi descrita em 1991 com base em indivíduo cultivado de localidade incerta (Leme, 1991). Em 2019, foi realizada uma coleta e foi reencontrada em fragmentos florestais próximos à áreas de pastagem ou monoculturas, com altitude de 300 m em Vitória da Conquista, Bahia. Calcula-se uma EOO e AOO de 8 km² cada, com conversão de 96,55 % (7,72 km²) da AOO em áreas de pastagem, principal ameaça que atesta contra a perpetuação da espécie no local de ocorrência. Tal vetor incide em duas localidades que estão a menos de 40 km de distância entre si, e apresentam grande uniformidade, pois são locais próximos às rodovias e em que a conversão de habitat em pastagem pode ser movida pela mesma motivação (preenchendo o subcritério a). Dessa forma, calcula-se uma única localização condicionada à ameaça. Considera-se ainda nessa avaliação, o valor reduzido de

área de ocupação e extensão de ocorrência da espécie (critérios B1 e B2); o declínio contínuo inferido de área de ocupação e qualidade de habitat, causados por atividades que ainda persistem (subcritérios bii e biii); e a inexistência da espécie em áreas protegidas ou outra ação de conservação em andamento.

Segundo o relatório do SOS Mata Atlântica (2023), 90% do avanço da redução das áreas remanescentes de Mata Atlântica no Brasil foi em cinco estados brasileiros, com destaque para Minas Gerais e Bahia, com 7.456 e 5.719 hectares de área desmatada, respectivamente. As espécies aqui descritas como CR não estão distribuídas nesses dois estados, e não têm registro de ocorrência nas UCs de proteção integral. Ações urgentes de proteção dessas espécies, e até mesmo a criação de áreas protegidas, são necessárias para resguardar essas populações existentes.

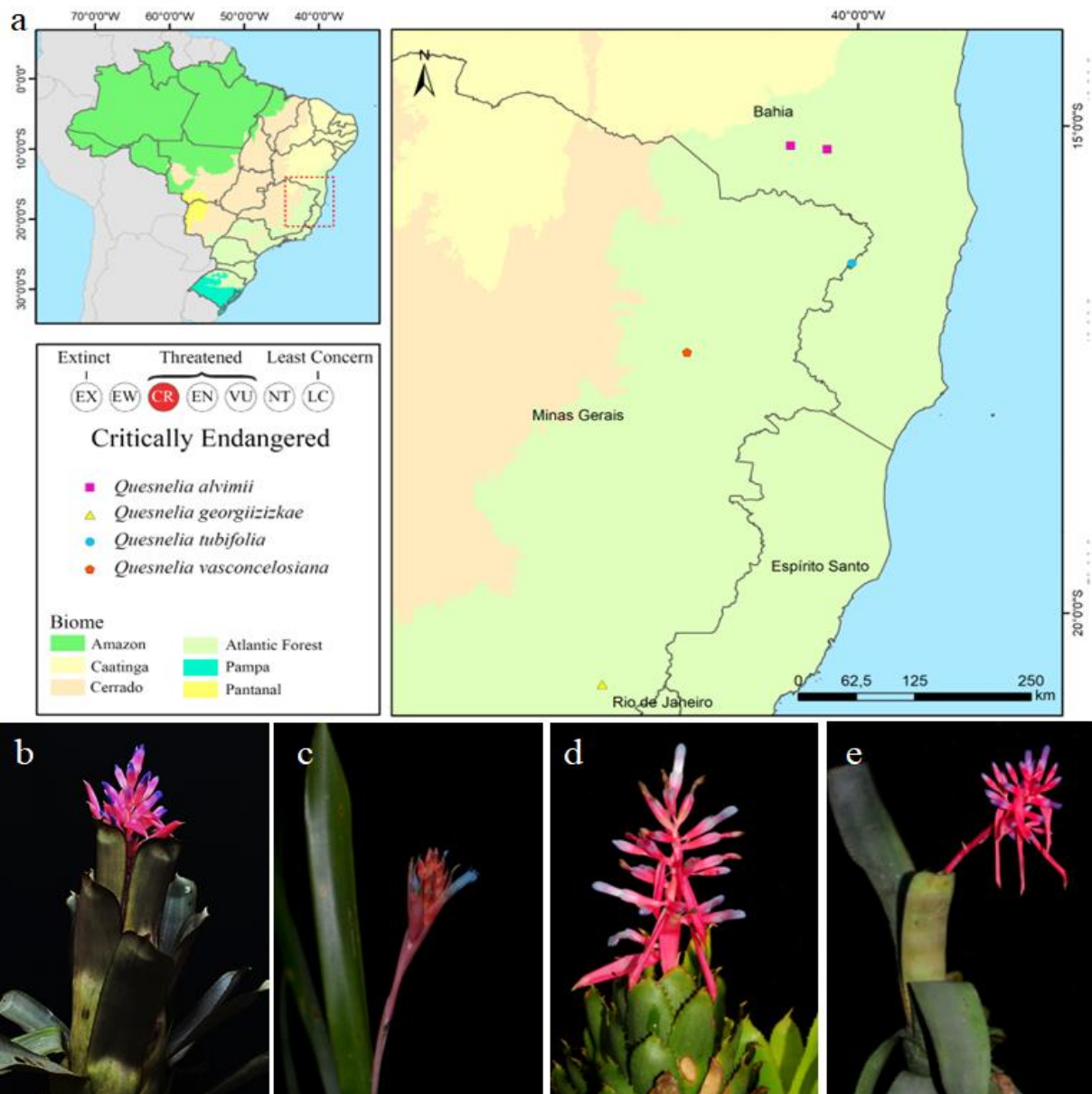


Figura 1. a) Mapa de distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) avaliadas como “Críticamente em perigo” conforme IUCN. b) *Q. alvimii*. c) *Q. georgizizkae*. d) *Q. tubifolia*. e) *Q. vasconcelosiana*. b) L.Y.S.Aona, c) E.H.Souza, d-e) E.M.C.Leme.

Das duas espécies foram avaliadas como “Em perigo” (Figura 2), *Quesnelia conquistensis* (Figura 2b) e *Q. violacea* (Figura 2c). *Quesnelia conquistensis* é microendêmica da Bahia e possui quatro registros de ocorrência, sendo três obtidos neste estudo. A espécie possui uma EOO igual a 481 km², ocupando uma área AOO de 12 km². Calculam-se três localizações condicionadas à ameaças e inseridas fora dos limites de Unidades de Conservação, o que satisfaz o subcritério a. A conversão de habitat em pastagem, visto *in loco*, é o principal vetor de ameaça, tendo atingido 39,24% da AOO e 40,04% da EOO da

espécie. Pode-se inferir, desta forma, que há um declínio contínuo de qualidade de habitat, área de ocupação e extensão de ocorrência, o que satisfaz o subcritério b.

Quesnelia violacea ocorre apenas na região sul do estado de São Paulo com 14 registros de ocorrência em Floresta Ombrófila, distribuídos em cinco municípios. A espécie possui uma EOO de 2.790 km² e AOO de 28 km². A conversão de habitat em pastagem é o principal vetor de ameaça, tendo atingido 12,53% da AOO e 25,49% da EOO da espécie. Pode-se inferir, desta forma, que há um declínio contínuo de qualidade de habitat, área de ocupação e extensão de ocorrência, o que satisfaz condições do subcritério b. Calculam-se quatro localizações condicionadas à ameaça, sendo uma subpopulação inserida no Parque Estadual Carlos Botelho de proteção integral, três subpopulações inseridas numa mesma propriedade (Fazenda Intervalles) e outras duas localizações em áreas sujeitas à conversão de habitat. A espécie satisfaz dois critérios B1 e B2 e dois subcritérios, a e bi, ii, iii.

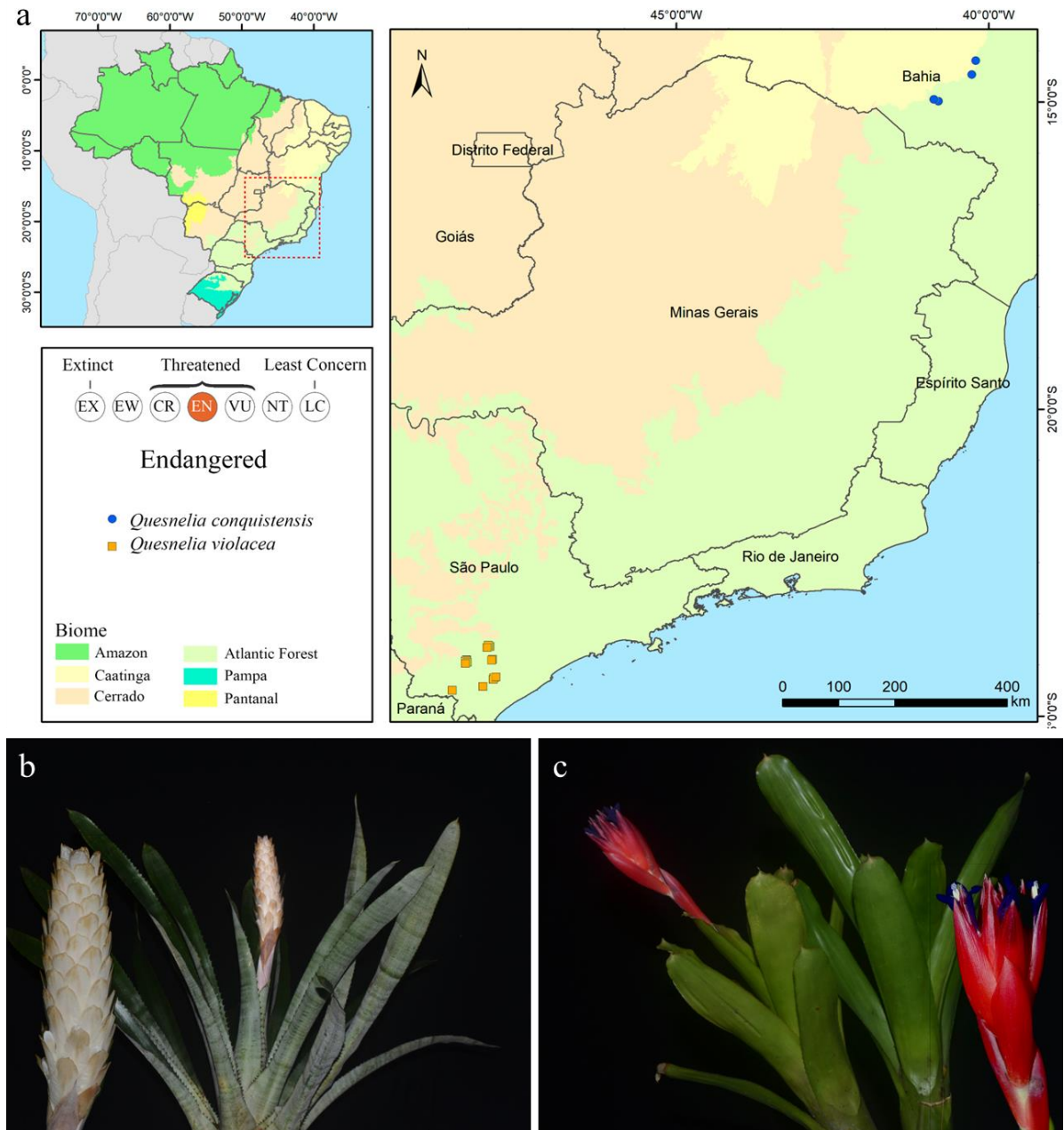


Figura 2. a) Mapa de distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) avaliadas como “Em perigo” conforme IUCN. b) *Q. conquistensis*. c) *Q. violacea*. b-c) E.H.Souza.

Das cinco espécies avaliadas como “Vulnerável” (*Quesnelia augustocoburgi*, *Q. imbricata*, *Q. kautskyi*, *Q. lateralis* e *Q. seideliana*) (Figura 3), todas foram avaliadas apenas pelo critério B (distribuição geográfica), devido a ausência de estudos sobre tendências populacionais e análises quantitativas.

Quesnelia augustocoburgi (Figura 3b) ocorre nos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, num total de nove municípios. Ocorre na Mata Atlântica, em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila. Possui 31 registros de ocorrência, que ocupam uma área de 72 km² (AOO) e se distribuem numa extensão de 14,893 km² (EOO). A

conversão de habitat em áreas de pastagem é o principal vetor de ameaça sobre a espécie, tendo convertido um total de 23,30% da AOO e 54,36% da EOO da espécie. Adicionalmente, a conversão de habitat em áreas de mosaicos de uso é responsável pela redução de 15,49% da AOO. Tais atividades persistem, sendo possível inferir que há um declínio contínuo de extensão de ocorrência, qualidade de habitat e de área de ocupação. Calculam-se sete a oito localidades condicionadas à ameaça. Ainda que a espécie ocorra em duas UCs de proteção integral (Parque Nacional do Itatiaia e Reserva Biológica de Araras) e em Área de Proteção Ambiental de Petrópolis, a mesma possui AOO e EOO em limiares compatíveis com categoria de ameaça e se enquadra em dois subcritérios do critério B. Vale destacar, que essa espécie subiu um nível de ameaça em comparação com a última avaliação, passando de “Quase ameaçada” para “Vulnerável”.

Quesnelia imbricata (Figura 3c) ocorre em 11 municípios dos estados do Paraná e Santa Catarina, com ocorrência em Mata Atlântica, com vegetação sobre afloramentos rochosos. Apresenta 35 registros de ocorrência, distribuídos em uma EOO de 6.444 km² e AOO de 80 km². A conversão de habitat em áreas de silvicultura é a principal ameaça para a espécie, seguida da conversão de habitat em áreas de pastagem, responsável pela redução de 20,14% da AOO. Contabilizadas dez localizações condicionadas à ameaça, que acarreta num declínio contínuo de qualidade de habitat e área de ocupação. A espécie ocorre no Parque Nacional dos Campos Gerais, de proteção integral. Porém, apresenta apenas 29 ocorrências mesmo após estudos revisionais, e possui especificidade de nicho, pois habita vegetação sobre afloramentos rochosos. Dessa forma, a espécie se enquadra no critério B1 e B2 e satisfaz os subcritérios a e b (ii, iii). Essa espécie inicialmente estava classificada em “Deficiente de dados” e com a avaliação de mais registros, seu status foi modificado para “Vulnerável”.

Quesnelia kautskyi (Figura 3d) ocorre em Floresta Ombrófila nos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, num total de 12 municípios. A espécie apresenta 39 registros de ocorrência, distribuídos em uma EOO de 7.303 km² e AOO de 96 km². A conversão de habitat em áreas de pastagem, principal ameaça para a espécie, é responsável pela redução de áreas naturais em torno de 5,23% da AOO e 28,69% da EOO. Calcula-se dez localizações condicionadas à ameaça. Assim, é possível inferir que há declínio contínuo de extensão de ocorrência, área de ocupação e qualidade de habitat. Dessa forma, a espécie se enquadra nos limiares de AOO, EOO e satisfaz os subcritérios a (<10) e b (declínio contínuo de EOO, AOO e qualidade de habitat). Essa espécie permaneceu na mesma categoria de ameaça quando avaliada anteriormente pelo CNCFlora (2024).

Quesnelia lateralis (Figura 3e) é endêmica do estado do Rio de Janeiro e ocorre em Floresta Ombrófila, ocorrendo em oito municípios. Atualmente, apresenta 90 registros de ocorrência, distribuídos em uma EOO de 2.990 km² e AOO. de 148 km². A conversão de habitat em áreas de pastagem é a principal ameaça para a espécie e foi registrada nos oito municípios de ocorrência. Assim, infere-se o declínio contínuo de qualidade de habitat, da área de ocupação e da extensão de ocorrência, visto que se observou uma conversão de 11,81% da AOO e 13,38% da EOO em áreas de mosaicos de agricultura e pastagem. De acordo com as ocorrências atualmente registradas, a espécie ocorre em oito localizações condicionadas à ameaça, sejam elas áreas não protegidas, sejam áreas de proteção parcial. Em contrapartida, há populações inseridas em duas reservas biológicas (REBIO Tinguá e REBIO Araras). Calcula-se um total de 8 a 10 localizações condicionadas à ameaças. Considerando os limites de EOO e AOO, o número de localizações e o declínio contínuo inferidos a espécie enquadra-se nos critérios B1 e B2, preenchendo os subcritérios a e b (i, ii, e iii).

Quesnelia seideliana (Figura 3f) ocorre em Floresta Ombrófila de quatro municípios nos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais e possui 13 registros de ocorrência ocupando uma área de 36 km² (AOO), com distribuição numa extensão de 9.845 km² (EOO). A conversão de habitat em áreas de mosaicos de agricultura e pastagem é o principal vetor de ameaça sobre a espécie, tendo convertido um total de 16,09% da AOO da espécie. Tal atividade persiste, sendo possível inferir o declínio contínuo de qualidade de habitat e de área de ocupação, incidindo sobre um total de seis localidades. Ainda que a espécie ocorra em Área de Proteção Ambiental da Pedra Branca, Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima, Parque Estadual Serra do Brigadeiro e no Parque Estadual das Furnas do Catete, possui AOO e EOO com limiares compatíveis com categoria de ameaça, além de enquadrar-se em dois subcritérios do critério B. A partir da ampliação de coletas realizadas para esta espécie, foi possível descer um nível de ameaça, passando de “Em perigo” para “Vulnerável”.

Todas as espécies ameaçadas aqui listadas, estão em localidades com forte pressão nos ecossistemas. A redução de área florestal é usualmente considerada a principal causa de perda de biodiversidade, principalmente para práticas como a substituição de áreas silvestres por pastagens, cultivos monotípicos e expansão urbana. Entretanto, quanto menor a área de distribuição das espécies, ou seja, quanto maior o seu endemismo, maior é a susceptibilidade dessas espécies à perturbações humanas, o que acontece muito em florestas tropicais como a Mata Atlântica (Flores-Argüelles et al., 2023; Wilson et al., 2016; Zizka et al., 2019). Essa forte conversão de habitat em todo o território brasileiro deixa todo o entorno das localidades

onde essas espécies ocorrem com necessidade de proteção das áreas florestais e garantia da ocorrência dessas espécies futuramente.

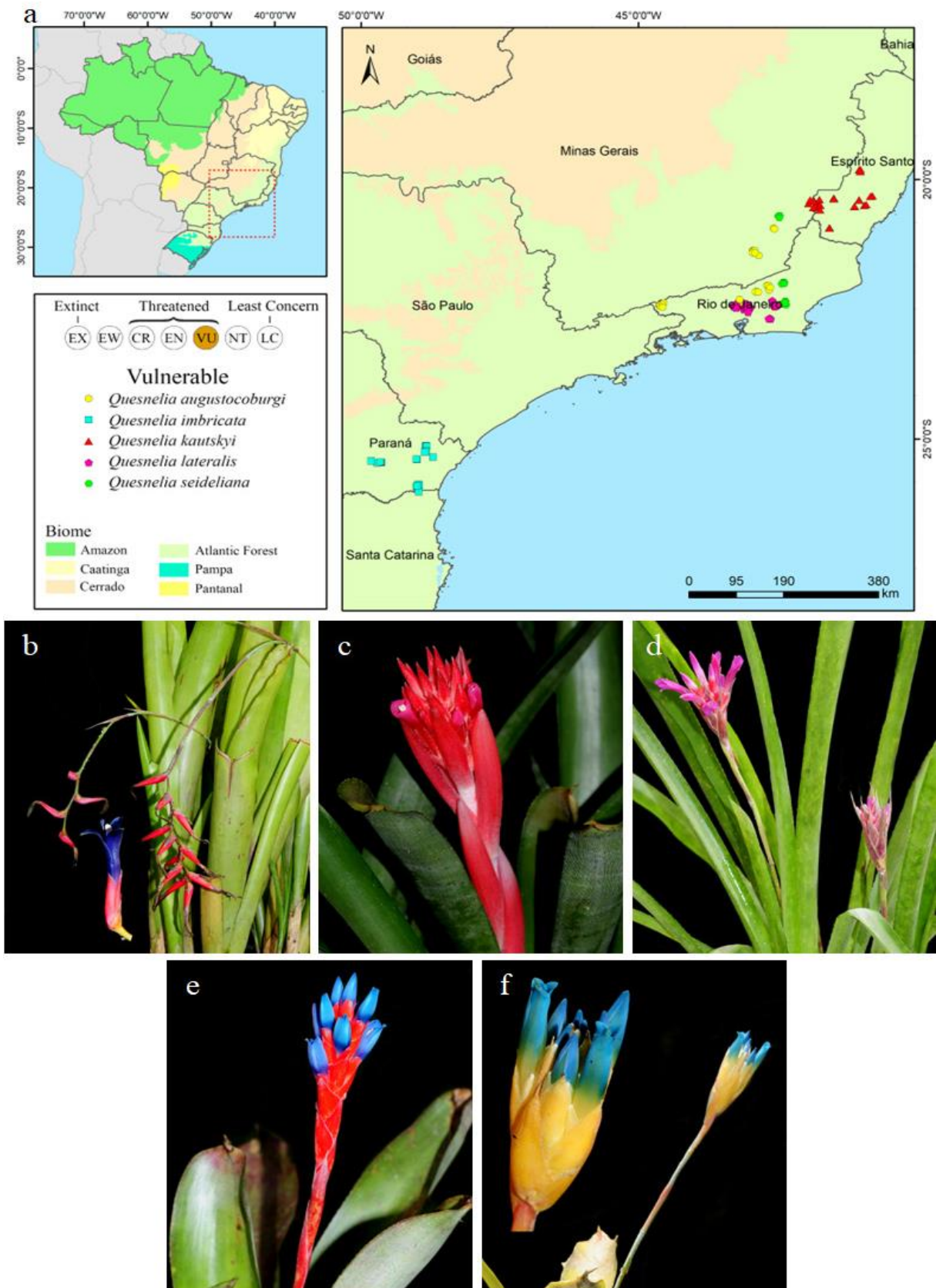


Figura 3. a) Mapa de distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) avaliadas como

“Vulnerável” conforme IUCN. b) *Q. augustocoburgi*. c) *Q. imbricata*. d) *Q. kautskyi*. e) *Q. lateralis*. f) *Q. seideliana*. Fotos: E.M.C. Leme.

As espécies avaliadas como “Quase ameaçada” (NT) (*Quesnelia edmundoi*, *Q. humilis*, *Q. indecora*, *Q. liboniana*, *Q. marmorata* e *Q. strobilispica*) foram avaliadas no critério B (Figura 4). *Quesnelia edmundoi* (Figura 4b) ocorre em Floresta Ombrófila de 12 municípios nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, com 25 registros de ocorrência distribuídos numa EOO de 15.994 km², ocupando uma área (AOO) de 76 km². A conversão de habitat em áreas de pastagem é o principal vetor de pressão, que incide severamente sobre a espécie e é responsável pela redução de 11,84 % da AOO e 41,88 % da EOO. A atividade é seguida pela conversão de habitats em áreas de mosaico de agricultura e pastagem, também responsável pela redução de 11,21 % da AOO e 15,37 % da EOO. Foram realizados registros de 15 localidades sujeitas à ameaças, sendo sete inseridas em Unidades de Conservação de proteção integral, dentre elas: Parque Estadual do Desengano, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Reserva Biológica de Poço das Antas e Reserva Biológica do Tinguá. Como mais da metade da extensão de ocorrência constitui-se de áreas protegidas, o subcritério “a” não se aplica, o que impede de enquadrar a espécie em categoria de ameaça.

A conversão de habitat em pastagens é a principal ameaça, afetando severamente a espécie e causando uma redução de 11,84% na AOO e 41,88% na EOO. Em seguida, a conversão de habitat em mosaicos agrícolas e áreas de pastagem reduz a AOO em 11,21% e a EOO em 15,37%. Foram registrados 15 locais considerados ameaçados, sete dos quais estão dentro de unidades de conservação totalmente protegidas, incluindo o Parque Estadual do Desengano, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, a Reserva Biológica do Poço das Antas e a Reserva Biológica do Tinguá. Como mais da metade do seu extent of occurrence (área de ocorrência) está em áreas protegidas, o subcritério “a” não se aplica, impedindo que a espécie seja classificada como ameaçada.

Quesnelia edmundoi (Fig. 4b) ocorre em florestas ombrofilas em 12 municípios do Rio de Janeiro e Espírito Santo, com 25 registros de ocorrência distribuídos em uma Área de Ocorrência (EOO) de 15.994 km², ocupando uma Área de Ocorrência Aumentada (AOO) de 76 km². A espécie possui duas variedades botânicas, *Q. edmundoi* var. *intermedia* Pereira e Leme e *Q. edmundoi* var. *rubrobracteata* Pereira. No entanto, não as consideramos como táxons distintos, pois as exsicatas não permitem diferenciá-las, sendo a principal diferença a cor das brácteas florais. Portanto, é importante ter cautela ao avaliar o status de ameaça dessa espécie.

Quesnelia humilis (Figura 4c) ocorre em Floresta Ombrófila, nos estados do Paraná e São Paulo, totalizando 13 municípios. Apresenta 46 registros de ocorrência distribuídos numa EOO de 14.276 km² e AOO de 92 km². A conversão de habitat em áreas de infraestrutura urbana, principal ameaça para a espécie, é responsável pela redução de 20,36 % da AOO. Assim, infere-se o declínio contínuo de qualidade de habitat e área de ocupação. Estima-se um total de 11 populações, onde quatro ocorrem em áreas sujeitas à conversão de habitat em infraestrutura urbana. A espécie também se encontra em oito Unidades de Conservação. Como o principal vetor de ameaça para a espécie incide em menos da metade de sua distribuição, não se recomenda o uso do subcritério “a” , portanto, não condicionando a espécie à um grau de ameaça. *Quesnelia humilis* foi classificada como “Menos preocupante” e na atual avaliação foi avaliada como “Quase ameaçada”.

Quesnelia indecora (Figura 4d) ocorre em 11 municípios nos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, ocorrendo em afloramentos rochosos. Foram quantificados 32 registros de ocorrência, distribuídos numa EOO igual a 21.292 km² e AOO de 92 km². A conversão de habitat em áreas de pastagem, principal ameaça para a espécie, é responsável pela redução de 10,41 % da AOO e 46,16 % da EOO. Calcula-se 11 a 12 localizações condicionadas à ameaça. Apesar de ocupar uma área restrita, e ser possível inferir que há um declínio contínuo de sua extensão de ocorrência, área de ocupação e qualidade de habitat, os vetores de ameaça extrapolam-se em mais de 10 localidades. Dessa forma, a espécie não preenche, pelo menos, dois subcritérios do critério B para ser enquadrada em alguma categoria de ameaça. Vale destacar que o número de localizações é relativamente próximo ao limiar da categoria “Vulnerável” (VU).

Quesnelia liboniana (Figura 4e) ocorre em Floresta Estacional Perenifólia, em 12 municípios no estado do Rio de Janeiro. Atualmente, a espécie apresenta 134 registros de ocorrência, distribuídos numa EOO igual a 5.456 km² e AOO de 264 km². A conversão de habitat em áreas de pastagem, principal ameaça para a espécie, foi registrada principalmente nos municípios de Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Macaé, Magé, Nova Friburgo, Petrópolis, Silva Jardim e Teresópolis, onde se observa o declínio contínuo de qualidade de habitat, além de uma conversão de 5,30 % da AOO e 11,53 % da EOO em áreas de mosaicos de agricultura e pastagem. De acordo com as ocorrências atualmente registradas, a espécie ocorre em três localizações sujeitas à situações de ameaça como a conversão de área em pastagem, além de ocorrer em oito localidades inseridas em Unidades de Conservação em que a visitação é permitida e intensa, e em outras duas localidades inseridas em unidades de proteção integral (Parque Nacional da Serra dos Orgãos e Parque Nacional da Tijuca), sem

acesso permitido. Calcula-se, então, um total de aproximadamente 13 localizações condicionadas à ameaças. Embora a espécie se enquadre nos limiares de AOO e EOO na categoria VU e satisfaça o subcritério de declínio contínuo de qualidade de habitat, a extensão de ocorrência e a área de ocupação, *Q. liboniana* não preenche o subcritério “a”.

Quesnelia marmorata (Figura 4f) ocorre em 11 municípios nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, ocorrendo em Floresta Estacional Perenifólia e Floresta Ombrófila. A espécie apresenta 28 registros de ocorrência, distribuídos numa EOO de 41.793 km² e AOO de 92 km². A conversão de habitat em áreas de pastagem, principal ameaça para a espécie, é responsável pela redução de 5,87 % da AOO. Calcula-se aproximadamente 11 localizações condicionadas à ameaça, embora a espécie ocorra em seis UCs de proteção integral (Parque Estadual Cunhambebe, Parque Estadual da Serra do Mar, Parque Estadual do Mendanha, Parque Nacional da Tijuca, Parque Natural Municipal da Serra do Mendanha e Parque Natural Municipal de Domingos Martins). Embora preencha os limiares do critério B2 (AOO) e os subcritérios bii e biii, a incerteza sobre o número de localidades faz com que a espécie seja enquadrada na categoria “Quase Ameaçada”.

Quesnelia strobilispica (Figura 4g) ocorre na Mata Atlântica, em Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Floresta Pluvial em 21 municípios do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. A espécie possui 73 registros de ocorrência distribuídos numa EOO de 37.270 km² e AOO de 164 km². A conversão de habitat em áreas de culturas agrícolas e em áreas de pastagem são as principais ameaças para a espécie, responsáveis pela redução de 10,93 % da AOO e 46,08 % da EOO. As ameaças diluem-se em mais de dez localidades, porém mais da metade da EOO encontra-se em áreas protegidas, por isso não se aplica o subcritério “a”.

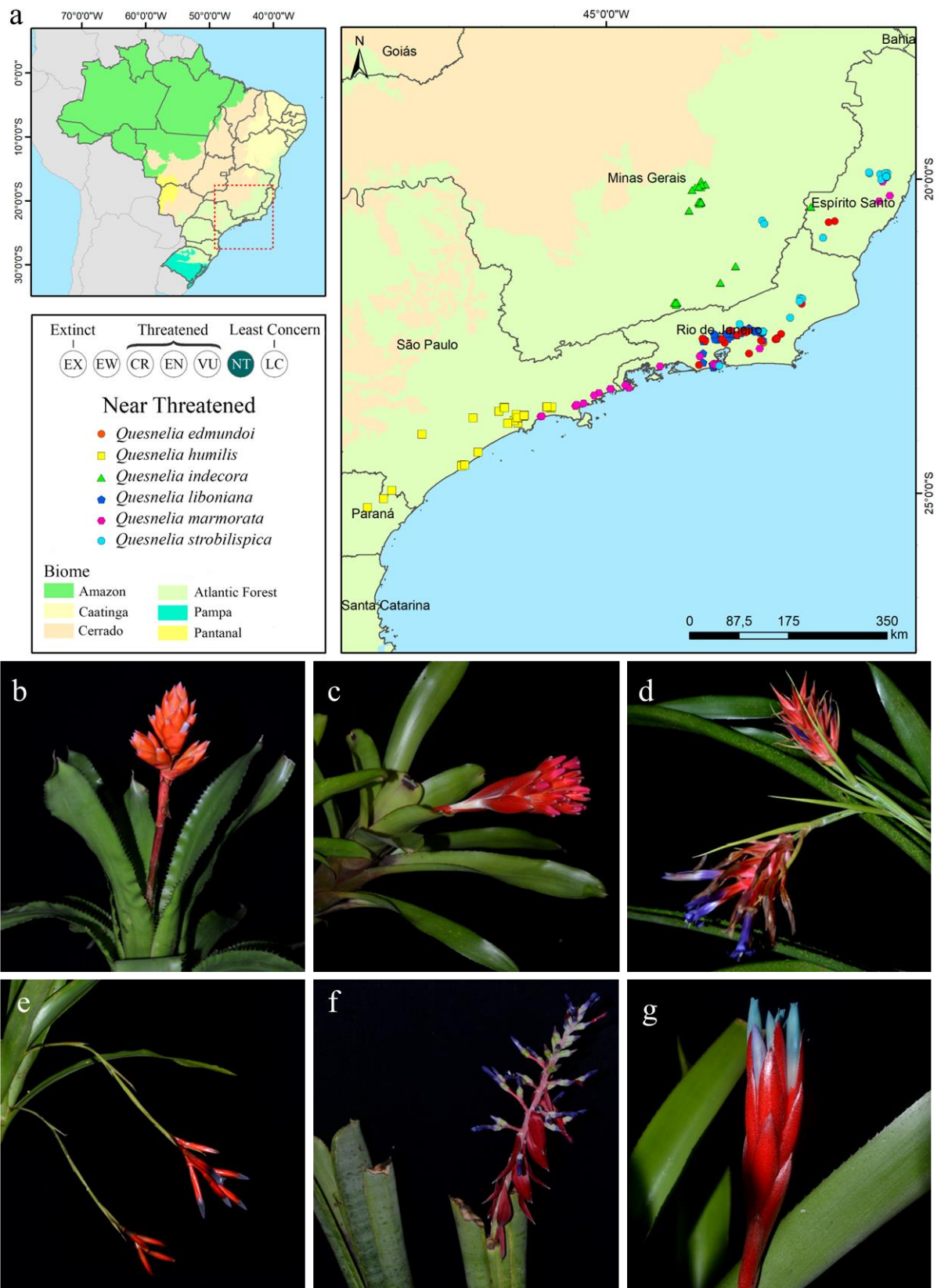


Figura 4. a) Mapa de distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) avaliadas como “Quase ameaçada” conforme IUCN. b) *Q. edmundoi*. c) *Q. humilis*. d) *Q. indecora*. e) *Q. liboniana*. f) *Q. marmorata*. g) *Q. strobilispica*. Fotos: E.H.Souza.

Das espécies “Menos preocupante” estão, *Quesnelia arvensis*, *Q. quesneliana*, *Q. testudo* com distribuição nos estados do Sudeste do Brasil e duas microendêmicas da Bahia, *Q. clavata* e *Q. koltesii* (Figura 5).

Quesnelia arvensis (Figura 5b) e *Q. quesneliana* (Figura 5e) estão distribuídas no Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, totalizando 23 e 44 municípios, respectivamente. Ambas as espécies ocorrem na Mata Atlântica, em Floresta Ombrófila, sendo que *Q. arvensis* é encontrada também em grandes populações na Restinga e como epífita em áreas de Manguezal. *Quesnelia arvensis* possui 72 registros de ocorrência, distribuídos numa EOO de 67.885 km² e AOO de 228 km² e *Q. quesneliana* com 159 registros de ocorrência, distribuídos numa EOO de 127.837 km² e AOO de 452 km². *Quesnelia arvensis* possui uma conversão de habitat em áreas de pastagem, sendo responsável pela redução de 5,81% da AOO. Assim, infere-se o declínio contínuo de qualidade de habitat e área de ocupação. Porém, foram contabilizadas a existência de mais de dez localizações condicionadas às situações de ameaça. A espécie também foi encontrada em 20 unidades de conservação, sendo seis de proteção integral (Parque Estadual Cunhambebe, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Parque Estadual da Serra do Mar, Parque Estadual Restinga de Bertiooga, Parque Nacional da Serra da Bocaina e Parque Natural Municipal de Grumari). Visto que a espécie se enquadra nos limiares de AOO e no subcritério “b”, mas não nos subcritérios “a” e “c”, a mesma foi avaliada como “Menos Preocupante” (LC). *Quesnelia quesneliana* é bastante amostrada em 46 áreas de proteção parcial e integral e não foram detectadas ameaças para a espécie, visto que a espécie preenche o critério B2, mas não preenche nenhum subcritério.

Quesnelia testudo (Figura 5f) está distribuída em 13 municípios nos estados do Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo, ocorrendo em Floresta Ombrófila formando grandes populações. A espécie apresenta 22 registros de ocorrência, distribuídos numa EOO de 44.820 km² e AOO de 64 km². A conversão de habitat em áreas de infraestrutura urbana é a principal ameaça para a espécie, seguido pela conversão de habitats em áreas de pastagem. Registra-se a existência de mais de 10 localidades sujeitas a situações de ameaça. Ainda que possua área de ocupação restrita, a espécie está inserida em dez unidades de conservação, sendo sete de proteção integral.

Quesnelia clavata (Figura 5c) e *Q. koltesii* (Figura 5b) são microendêmicas da Bahia, nos municípios de Arataca e Camacan, respectivamente. Ambas ocorrem na Floresta Ombrófila Densa Submontana. *Quesnelia clavata* foi descrita em 2009 (Amorim; Leme, 2009) e, atualmente, apresenta três registros de ocorrência e coletada neste trabalho, ocupando

uma área de 8 km² (AOO). A conversão de habitat em pastagem incide sobre o município de Una, mas as ocorrências insiram-se em uma única localidade sujeita à ameaça, no Parque Nacional da Serra das Lontras, UC de proteção integral. Foi observado que as populações são bem reduzidas nas áreas de maior altitude e de difícil acesso de coleta. Como a espécie ocorre apenas em área protegida e foi reencontrada na mesma localidade 16 anos depois da sua descrição, é categorizada como “Menos preocupante”. *Quesnelia koltesii* está presente na RPPN Serra Bonita, UC privada e possui apenas quatro registros de ocorrência, que somam 8 km² de AOO e EOO. Não foi possível detectar vetores de pressão sobre a espécie, não demonstrando, portanto, declínio contínuo de nenhum atributo. Conforme o SOS Mata Atlântica (2023), as UCs do Brasil resguardam e protegem grande número de espécies ameaçadas. Nos anos de 2021 e 2022, houve um aumento de 0,9% das perdas dessas áreas em comparação a 73% de áreas privadas. Pela importância dessas UCs na conservação das espécies, evidenciada pelos dados, uma solução seria sua ampliação. Todas as espécies avaliadas como LC apresentaram apenas o critério “B” de ameaça (distribuição geográfica), devido a ausência de estudos sobre tendências populacionais e análises quantitativas.

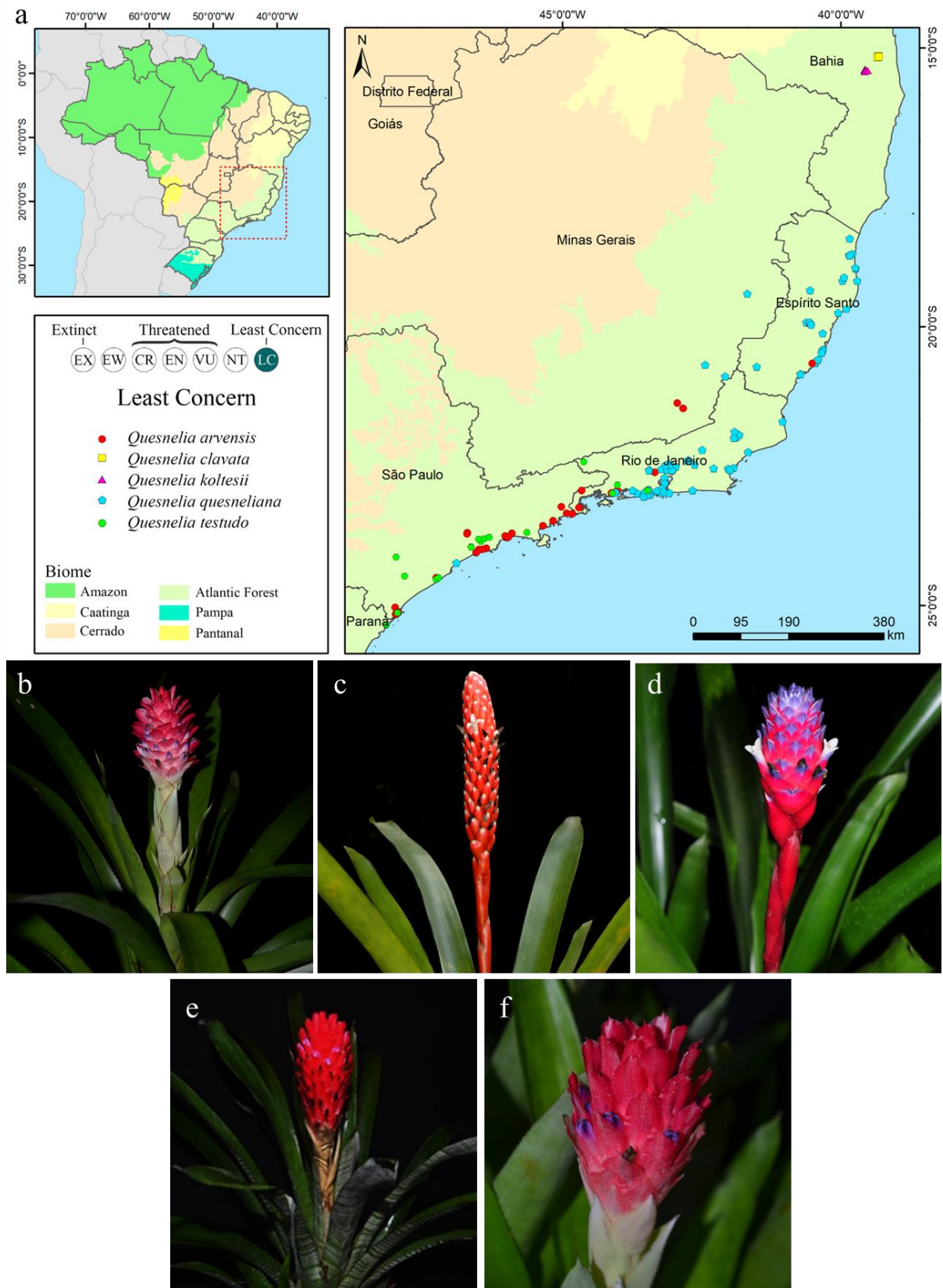


Figura 5. a) Mapa de distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) avaliadas como “Menos preocupante” conforme IUCN. b) *Q. arvensis*. c) *Q. clavata*. d) *Q. koltesii*. e) *Q. quesneliana*. f) *Q. testudo*. Fotos: b, f) E.H.Souza; e) R.A.C.Almeida Jr. c-d) E.M.C.Leme.

As últimas duas espécies do gênero foram avaliadas como “Dados deficientes”, sendo *Quesnelia alborosea* (Figura 6b) ocorrente na Floresta Ombrófila no município de Jussari (Bahia). A espécie foi descrita em 2012 (Costa et al., 2012) com base em uma coleta realizada em 2006 na RPPN Serra do Teimoso e permanece sem registros adicionais até o presente momento. A conversão de habitat em pastagem incide sobre o município em que a espécie ocorre, tendo atingido 38,8 % da área de Jussari. *Quesnelia dubia* (Figura 6c) ocorre no município de Camacan, Bahia, porém, sem local exato de coleta. O município possui grandes áreas de Mata Atlântica. A espécie foi descrita em 2005 e até o presente momento nenhuma coleta da espécie foi realizada, sendo conhecida apenas pela localidade tipo. Pelo menos quatro expedições de coleta nesses dois municípios foram realizadas, sem êxito de coleta das espécies citadas. Tendo em vista a escassez de dados, atualmente, as duas espécies foram aqui avaliadas como “Dados insuficientes”.

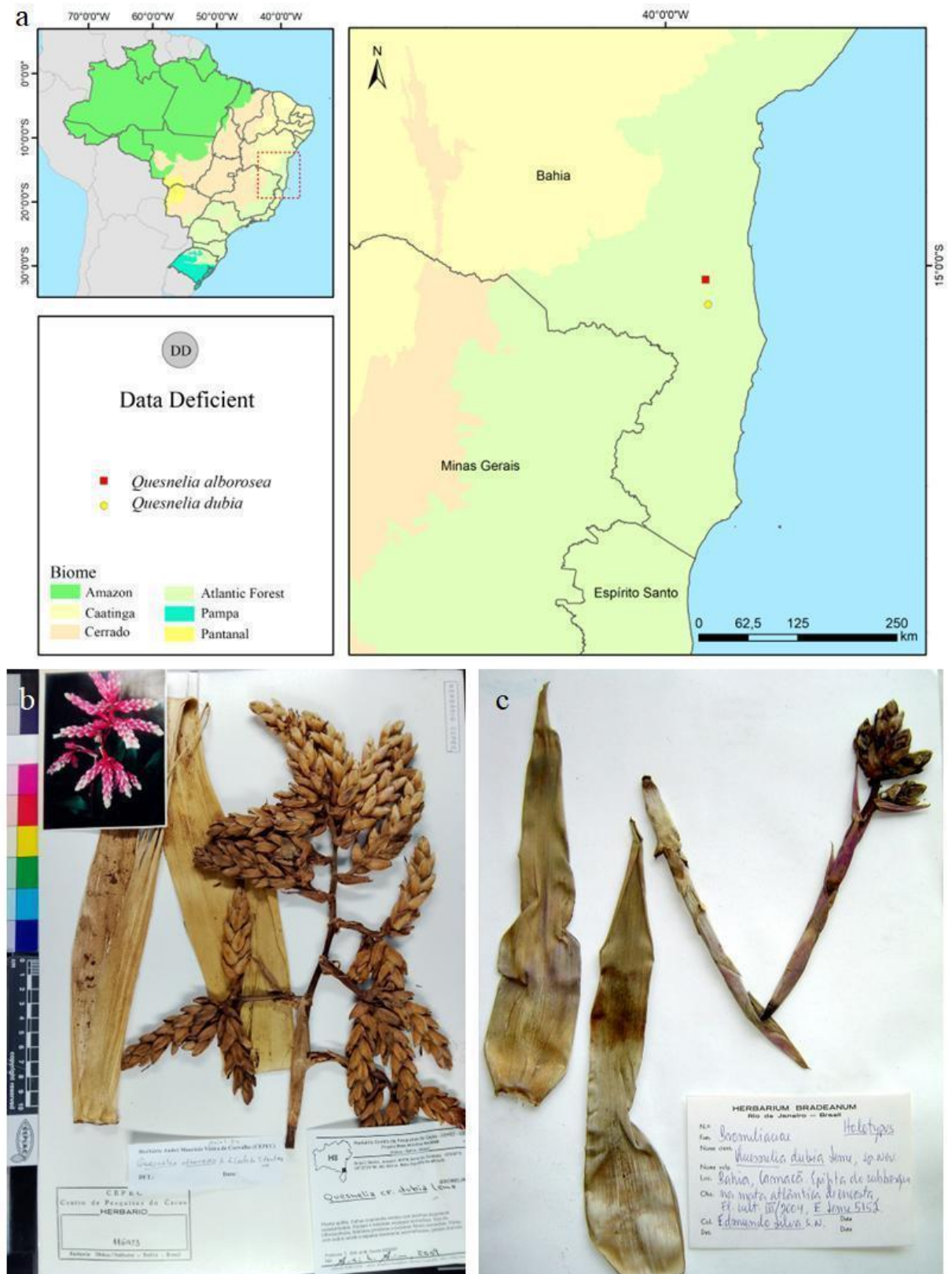


Figura 6. a) Mapa de distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) avaliadas como “Dados deficientes” conforme IUCN. b) *Q. alborosea*. c) *Q. dubia*.

As espécies deficientes de dados são aquelas que não fornecem um grau de ameaça com as informações inerentes às coletas/ registros (IUCN, 2023). Nesse contexto, o fato do gênero apresentar espécies com esses parâmetros formula uma demanda de esforço de coleta para futuras avaliações, sendo eles importantes para delimitar os próximos passos referentes à sua conservação. Pelo menos quatro expedições de coletas foram realizadas em busca dessas duas espécies, inclusive nas localidades tipo, em épocas de florescimento fornecidas pelos protótipos, mas não foram avistadas populações.

Quesnelia possui um potencial relevante do ponto de vista ecológico, ao avaliarmos suas características morfológicas, e até mesmo as variações no seu habitat de crescimento, que destaca diversas possibilidades de funções nos ecossistemas (Flores-Argüelles et al., 2023). Em Bromeliaceae o fitotelma formado em seu tanque e as relações com a fauna florestal, bem como toda a sua rede de polinizadores, permitiram relações harmoniosas e sucesso evolutivo, mantendo as populações bem estabelecidas e adaptadas nos domínios onde se encontram (Flores-Argüelles et al., 2023). Outra característica notável em *Quesnelia* é a plasticidade adaptativa das espécies, com grupos populacionais encontrados na restinga e em floresta de altitude, fator já esperado para Bromeliaceae se considerarmos seus corredores de dispersão durante sua história evolutiva da família (Zizka et al., 2019; Melo; Waechter, 2020; Flores-Argüelles et al., 2023).

A ocorrência de espécies diferentes em simpatria apresentada nesse estudo sugere alguma barreira reprodutiva que tenha ocorrido durante o processo evolutivo das espécies que se estabeleceram na mesma região (Tavares et al., 2022). Estudos referentes à avaliação desse aspecto em Bromelioideae e a sua grande riqueza em ambientes neotropicais descarta eventos recorrentes de poliploidia e diploidia nas espécies desde o Pleistoceno, associando os eventos de especiação a algum outro fator, como isolamento geográfico anterior e flutuações climáticas (Paule et al., 2020). A AOO e EOO das espécies aqui avaliadas reforçam a grande irradiação adaptativa presente em Bromeliaceae anteriormente relatada por Givnish et al. (2014) utilizando análises filogeneticamente estruturadas, e considerando também ambientes férteis, úmidos e de considerável altitude propícios para eventos de especiação e a taxa aparente de extinção.

A perda de biodiversidade é sempre catastrófica em espécies consideradas “guarda-chuvas”, sendo Bromeliaceae protagonista em uma série de relações ecológicas, desde retenção de água da chuva e matéria orgânica, bem como abrigo para grupos animais e até mesmo locais de reprodução dos mesmos (Sabagh; Rocha, 2014; Zotz; Traunspurger, 2016; Flores-Argüelles et al., 2023; Ferreira et al., 2024). Dessa forma, esse gênero possui um papel

de destaque no conhecimento científico, trazendo informações inéditas sobre um gênero bem estabelecido no domínio da Mata Atlântica e com uma relação de forte endemismo inerente às espécies ali presentes.

CONCLUSÕES

As informações acerca da distribuição de *Quesnelia* confirmam o centro de endemismo e diversidade na Mata Atlântica brasileira, nas regiões Sudeste, Nordeste (Bahia) e Sul (Paraná e Santa Catarina) do país. Fornecemos mapas de distribuição com o status de conservação de cada espécie, subdividindo-os por categoria, seguindo a avaliação da IUCN. Foram avaliadas 24 espécies, das quais 46% apresentam algum grau de ameaça (4 spp. CR, 2 spp. EN e 5 spp. VU). A conversão de área florestal em pastagens, monocultura, silvicultura e avanço da infraestrutura urbana são as principais causas da redução do habitat dessas populações. Em *Quesnelia*, a avaliação do seu status de conservação trata-se de um registro inédito junto a sua distribuição e a partir desses dados pode-se inferir interpretações condizentes a estratégias de conservação. Resultados como esse, fornecem informações de conservação *in situ* e possibilitam traçar possíveis estratégias para conservação *ex situ*, como, por exemplo, o cultivo em bancos de germoplasma, jardins botânicos, propagação e restabelecimento das espécies no local de origem, dentre outros.

AGRADECIMENTOS

Este artigo faz parte da Tese de Doutorado do RACA Jr, e o estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), com o Código de Financiamento 001. Os autores gostariam de agradecer o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FIOL - Projeto FAPESB PPF 0014/2021). Também agradecemos ao CNCFlora do Jardim Botânico do Rio de Janeiro por facilitar as análises do status de conservação das espécies. FVDS e LYSA agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade (307128/2021-0 e 314502/2023-8, respectivamente).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JUNIOR, R.A.C.; PELACANI, C.R.; FERNANDEZ, E.P.; BICALHO, M.B.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, F.V.D.; SOUZA, E.H. From field data to policy action: Assessing the distribution and conservation of *Quesnelia* (Bromelioideae: Bromeliaceae), an endemic genus of the Atlantic Forest hotspot. **Journal for Nature Conservation**, v. 86, p. 126940, 2025.
- ALMEIDA, V.R.; COSTA, F.A.; MANTOVANI, A.G.E.; OLIVEIRA, R.D.C.; FORZZA, R.C. Morphological phylogenetics of *Quesnelia* (Bromeliaceae, Bromelioideae). **Systematic Botany**, v. 34, n. 4, p. 660-672, 2009.
- AMORIM, A.M.; LEME, E. M. C. Two new species of *Quesnelia* (Bromeliaceae) from the Atlantic Rainforest of Bahia, Brazil. **Brittonia**, v. 61, n. 1. p. 14-21, 2009.
- BACHMAN, S.; MOAT, J.; HILL, A.W.; TORRE, J.; SCOTT, B. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: Geospatial conservation assessment tool. **ZooKeys**, v. 150, n. 150, p. 117-126, 2011.
- CALFO, V.; EPPINHAUS, A.; FERNANDEZ, E.; SILVA, L. A. E. **ProFlora** - Sistema Nacional para Conservação da Flora. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Conservação da Flora, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2021.
- CANELA, M.B.; PAZ, N.P.L.; WENDT, T. Revision of the *Aechmea multiflora* complex (Bromeliaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 143, p. 189-196, 2003.
- CNCFLORA. Centro Nacional de Conservação da Flora. 2024. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- COSTA, A.F.; FONTOURA, T.; AMORIM, A.M. Novelties in Bromeliaceae from the northeastern Brazilian Atlantic Rainforest. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 139, p. 34-45, 2012.
- ESRI. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2023. Disponível em: <https://qgis.org/en/site/>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- FERREIRA, G.M.D.; LEME, E.M.C.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, F.V.D.; MOURA, H.C.P.; SOUZA, E.H. Microendemism, high diversity and taxonomic novelties in Bromeliaceae:

Studies from an Atlantic Forest *hotspot* in Bahia. **Journal for Nature Conservation**, v. 79, n. 126599, 2024.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

FLORES-ARGÜELLES, A.; LÓPEZ-FERRARI, A.; ESPEJO-SERNA, A. Geographic distribution and endemism of Bromeliaceae from the Western Sierra-Coast region of Jalisco, Mexico. **Botanical Sciences**, v. 101, p. 527-543, 2023.

FOIS, M.; LOMBRANA, A.C.; ARTUFEL, M.; ATTARD, V.. Plant distribution and conservation in Mediterranean islands' lentic wetlands: There is more than aquatic species. **Biological Conservation**, v. 33, n. 4, p. 1-20, 2024.

FORZZA, R.C.; COSTA, A.F.; LEME, E.M.C.; VERSIEUX, L.M.; WANDERLEY, M.G.L.; LOUZADA, R.B.; MONTEIRO, R.F.; JUDICE, D.M.; FERNANDEZ, E.P.; BORGES, R.A.X.; PENEDO, T.S.A.; MONTEIRO, N.P.; MORAES, M.A. Bromeliaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, p. 315-397, 2013.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2021/2022, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2022. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/>. Acesso em: 22 abr. 2024.

GBIF - GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. 2024. Disponível em: <https://www.gbif.org/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

GERAKIS, A.; FRANGOS, A.; HALDAS, X.; KATSALIROU, E.; SAMARAS, Y. Distribution and conservation status of *Scutellaria rupestris* subsp. *cephalonica* (Rech.f.) Greuter & Burdet. **Hacquetia**, v. 23, n. 1, p. 1-8, 2023.

GIVNISH, J.T.; BARFUSS, H.J.M.; VAN EE, B.; RIINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; GONSISKA, A.P.; GONSISKA, S.R.; CRAYN, J.D.M.; CRAYN, J.A.C.; SMITH, W. K.; BROWN, G.K.; EVANS, T.M.; HOLST, E.B.K.; LUTRER, H.; TILL, W.; ZIZKA, G.; BERRY, P.E.; SYSTMA, K.J. Adaptive radiation, correlated and contingent evolution, and

net species diversification in Bromeliaceae. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 71, p. 55-78, 2014.

GOUDA, E.J.; BUTCHER, D.; DIJKGRAAF, L. **Encyclopaedia of Bromeliads**, Version 5. Utrecht: Utrecht University Botanic Gardens, 2025. Disponível em: <http://bromeliad.nl/encyclopedia/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

HIJMANS, R.J.; ETEN, J.; SUMNER, M. “**raster**”: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.6-20, 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=raster>. Acesso em: 20 abr. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE atualiza estatísticas das espécies ameaçadas de extinção nos biomas brasileiros**. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/36972-ibge-atualiza-estatisticas-das-especies-ameacadas-de-extincao-nos-biomas-brasileiros>. Acesso em: 30 abr. 2024.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The IUCN red list of threatened species**. 2024. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

JABOT. 2024. Disponível em: <http://jabot.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

JORDÃO, L.S.B.; FERREIRA, G.C.; BICALHO, M.; WIMMER, F.; GOMES, M.; ARAGÃO, L. A.; MELLO, P.H.A.; AMORIM, E.; FERNANDEZ, E.P.; LAQUE, T. **O MapBiomas e a avaliação do risco de extinção da flora brasileira**. Rio de Janeiro: CNCFlora, 2022.

KUSCHING, N.; VASHOLD, L.; SOTERRONI, A.C.; OBERSTEINER, M. Eroding resilience of deforestation interventions evidence from Brazil’s lost decade. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 7, p. 1-17, 2023.

LEME, E.M.C. Novas Bromeliáceas nativas do Brasil VIII. **Bradea**, v. 5, n. 42, p. 391-396, 1991.

LEME, E.M.C. *Quesnelia georgiizizkae* - A new endemic species from Minas Gerais, Brazil. **Die Bromelie**, v. 2/3, p. 102-111, 2023.

LEME, E.M.C.; FRAGA, C.N.; KOLLMANN, L.J.C.; BROWN, G.K.; TILL, W.; RIBEIRO, O.B. C.; MACHADO, M.C.; MONTEIRO, F.J.S.; FONTANA, A. P. Miscellaneous new species in the Brazilian Bromeliaceae. **Rodriguésia**, v. 61, p. 21-67, 2010

LEME, E.M.C.; HELLER, S.; ZIZKA, G.; HALBRITTER, H. New circumscription of *Cryptanthus* and new cryptanthoid genera and subgenera (Bromeliaceae: Bromelioideae) based on neglected morphological traits and molecular phylogeny. **Phytotaxa**, v. 318, n. 1, p. 1-88, 2017.

LEME, E.M.C.; KOLLMANN, L.J.C. Two Subtle New Bromelioides from the Brazilian Atlantic Forest Domain. **Journal of the Bromeliad Society**, v. 70, n. 3, p. 128-134, 2020.

LEME, E.M.C.; SIQUEIRA-FILHO, J.A. Taxonomia das bromélias dos fragmentos de Mata Atlântica de Pernambuco e Alagoas. In: SIQUEIRA FILHO, J.A.; LEME, E.M.C. (Eds.), **Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste: Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias**. Rio de Janeiro: Andrèa Jakobsson Estúdio, 2006. pp. 191-381.

MAPBIOMAS PROJECT. (2021). **Collection 1 of the Mapping of burned areas in Brazil**. Disponível em <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 30 mar. 2024.

MAPBIOMAS PROJECT. (2022). **Collection 6 of the Annual coverage and land use maps series of the Brazil**. Disponível em <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

MARTINS, E.; MARTINELLI, G.; LOYOLA, R. Brazilian efforts towards achieving a comprehensive extinction risk assessment for its known flora. **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, p. 1529-1537, 2018.

MEI, W.; YU, G.; LAI, J. **'basicTrendline'**: Add Trendline and Confidence Interval of Basic Regression Models to Plot. R package version 2.0.3. 2018.

MELO, E.A.; WAECHTER, J.L. Beta diversity patterns of Bromeliaceae growing on rocky cliffs within the Atlantic Forest in southern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 1, e. 20190846, 2020.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria MMA no 148, de 07 de junho de 2022. Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção**. Disponível em

<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/destaques-e-eventos/704-atualizacao-da-lista-oficial-das-especies-ameacadas-de-extincao.html>. Acesso em: 20 abr, 2024.

MOTA, S.S.; FARO, I.A.M.; SOARES, T.L.; ALMEIDA, P.S.; SOUZA, F.V.D.; AONA, L.Y.S.; COSTA, M.A.P.C.; ROSSI, M.L.; SOUZA, E.H. Pollen morphology and viability of *Lymania* (Bromeliaceae) species with ornamental potential. **Scientia Horticulturae**, v. 328, n. 112890, p. 1-10, 2024.

NEGRELLE, R.R.B.; MITCHELL, D.; ANACLETO, A.; MORAES, M.A.L.; SILVA, M.T.L.; LEME, E.M.C. Bromeliad ornamental species: Conservation issues and challenges related to commercialization. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 34, n. 1, p. 91-100, 2012.

OLIVEIRA, F.M.C.; TARDIVO, R.C. Genus *Quesnelia* (Bromeliaceae, Bromelioideae) of Paraná State, Brazil. **Rodriguesia**, v. 68, n. 1, p. 195-207, 2017.

PAULE, J.; HELLER, S.; MACIEL, J.R.; MONTEIRO, R.F.; LEME, E.M.C.; ZIZKA, G. Early diverging and core Bromelioideae (Bromeliaceae) reveal contrasting patterns of genome size evolution and polyploidy. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, n. 1295, p. 1-13. 2020.

PEBESMA, E. 'sf' Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. **The R Journal**, v. 10, n. 1, p. 439-446, 2018.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2022). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL (2024). Disponível em <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SABAGH, L.T.; ROCHA, C.F.D. Bromeliad tree frogs as phoretic hosts of ostracods. **Naturwissenschaften**, v. 101, n. 6, p. 493-497, 2014.

SANTOS, V.C.; COSTA, C.B.N.; COSTA, J.A.S. Bromeliaceae from a forest fragment in the Atlantic Forest Central Corridor, southern Bahia state, Northeastern Brazil. **Rodriguesia**, v. 73, p. e. 02022020, 2022.

SDGs - SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (2025) Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>/>. Acesso em: 5 fev. 2025.

SIQUEIRA-FILHO, J.; SANTOS, A.M.M.; LEME, E.M.C.; SARMENTO, C.J. Atlantic Forest fragments and bromeliads in Pernambuco and Alagoas: distribution, composition, richness and conservation. In: SIQUEIRA-FILHO, J.A.; LEME, E.M.C. (Eds.). **Fragments of the Atlantic Forest of Northeast Brazil: Biodiversity, Conservation and the Bromeliads**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2006. pp. 101-131.

SIRGAS (2000). **Sistema de Referência Geocêntrico para América do Sul**. Disponível em <https://www.sirgas.org/pt/sirgas-realizations/sirgas2000/>. Acesso em: 30 abr, 2024.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica Monograph**, v. 14, n. 1, p. 1-658, 1974.

SOTERRONI, A.C.; MOSNIER, A.; CARVALHO, A.X.Y.; CÂMARA, G.; OBERSTEINER, M.; ANDRADE, P.R.; SOUZA, R.C.; BLOCK, R.; PIRKER, J.; KRAXNER, F. Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 7, e. 074021. 2018.

SOUZA, E.H.; VERSIEUX, L.M.; SOUZA, F.V.D.; ROSSI, M.L.; COSTA, M.A.P.C.; MARTINELLI, A.P. Interspecific and intergeneric hybridization in Bromeliaceae and their relationships to breeding systems. **Science Horticulture**, v. 223, p. 53-61, 2017.

SPECIES LINK (2024). Disponível em <https://specieslink.net/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

TAVARES, M.M.; FERRO, M.; LEAL, B.S.S.; PALMA-SILVA, C. Speciation with gene flow between two Neotropical sympatric species (*Pitcairnia* spp.: Bromeliaceae). **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 4, e8834, 2022.

WILSON, M.C.; CHEN, X.Y.; CORLETTE, R.T.; DIDHAM, R.K.; DING, P.; HOLT, R.D.; HOLYOAK, M.; HU, G.; HUGHES, A.C.; JIANG, L.; LAURANCE, W.F.; LIU, J.; PIMM, S.L.; ROBINSON, S.K.; RUSSO, S.E.; SI, X.; WILCOVE, D.S.; WU, J.; YU, M. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: Key findings and future challenges. **Landscape Ecology**, v. 31, n. 2, p. 219-227, 2016.

ZIZKA, A.; AZEVEDO, J.A.; LEME, E.M.C.; NEVES, B.; COSTA, A.; CACERES, D.; ZIZKA, G. Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 6, p. 183-195, 2019.

ZOTZ, G.; TRAUNSPURGER, W. What's in the tank? Nematodes and other major components of the meiofauna of bromeliad phytotelms in Lowland Panama. **BMC Ecology**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2016.

CAPÍTULO 2

**MORFOLOGIA, VIABILIDADE POLÍNICA E RECEPTIVIDADE DO
ESTIGMA DE DIFERENTES ESPÉCIES DE *QUESNELIA* GAUDICH.
(BROMELIOIDEAE: BROMELIACEAE)**

Capítulo 2

Morfologia, viabilidade polínica e receptividade do estigma de diferentes espécies de *Quesnelia* Gaudich. (Bromelioideae: Bromeliaceae)

RESUMO: O gênero *Quesnelia* Gaudich. é endêmico da Mata Atlântica, um *hotspot* de biodiversidade severamente ameaçado, o que torna o estudo de sua biologia reprodutiva essencial para estratégias de conservação e para a taxonomia. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a morfologia polínica e estigmática, bem como avaliar a viabilidade do pólen e a receptividade estigmática em 22 espécies de *Quesnelia*. Foram realizadas coletas em áreas naturais da Mata Atlântica e as espécies foram cultivadas no Banco de Germoplasma de Bromélias, sendo analisadas quanto à morfometria dos grãos de pólen e do estigma por microscopia eletrônica de varredura e produção de grãos de pólen. A viabilidade dos grãos de pólen foi avaliada por germinação *in vitro* e teste histoquímico de Alexander em três estádios florais (pré-antese, antese e pós-antese), utilizando dois meios de cultura (BM e SM). A receptividade estigmática foi examinada por testes de peróxido de hidrogênio e α -naftil-acetato nos mesmos estádios de desenvolvimento floral. Dados quantitativos e qualitativos foram submetidos a análises multivariadas (Gower/UPGMA e PCA) com o objetivo de inferir padrões de variação e agrupamentos taxonômicos. Os resultados indicaram ampla diversidade polínica, com predominância de grãos de pólen médios a grandes, biporados, mas com ocorrência de triporados (*Q. violacea*) e pantoporados (*Q. clavata* e *Q. koltesii*), refletindo trajetórias adaptativas distintas. A ornamentação da exina variou entre reticulada e psilada, associando-se à adesão a polinizadores e também à resistência contra a desidratação, influenciando a viabilidade e a conservação. A germinação *in vitro* foi geralmente mais alta na antese, a exemplo de *Q. quesneliana* e *Q. humilis* apresentando porcentagens superiores a 99%, enquanto *Q. violacea* apresentou viabilidade bastante reduzida. Além disso, todos os estigmas foram do tipo conduplicado-espiral, com lobos crenulados, e as papilas variaram em tamanho. As análises multivariadas revelaram quatro agrupamentos, o subgênero *Quesnelia* mantém homogeneidade e monofilia, enquanto *Billbergiopsis* apresenta heterogeneidade e polifilia, sugerindo três grupos. Os achados demonstram que a combinação de caracteres polínicos e estigmáticos fornece informações para a delimitação taxonômica, compreensão da diversidade reprodutiva e orientação de programas de conservação de espécies ameaçadas da Mata Atlântica.

PALAVRAS-CHAVE: Bromélia, Bromelioideae, diversidade reprodutiva, micromorfologia floral, conservação de espécies.

Morphology, pollen viability, and stigma receptivity of different species of *Quesnelia* Gaudich. (Bromelioideae: Bromeliaceae)

ABSTRACT: The genus *Quesnelia* Gaudich. is endemic to the Atlantic Forest, a severely threatened biodiversity hotspot, making the study of its reproductive biology essential for both conservation strategies and taxonomy. This study aimed to characterize pollen and stigma morphology, as well as to assess pollen viability and stigma receptivity in 22 species of *Quesnelia*. Specimens were collected from natural areas of the Atlantic Forest and cultivated in the Bromeliad Germplasm Bank. Analyses included pollen and stigma morphometry through scanning electron microscopy and estimates of pollen production. Pollen viability was evaluated by *in vitro* germination and Alexander's histochemical test at three floral stages (pre-anthesis, anthesis, and post-anthesis), using two culture media (BM and SM). Stigma receptivity was examined with hydrogen peroxide and α -naphthyl acetate assays at the same floral stages. Quantitative and qualitative data were subjected to multivariate analyses (Gower/UPGMA and PCA) to infer patterns of variation and taxonomic groupings. The results indicated wide pollen diversity, with a predominance of medium- to large-sized, biporate grains, but with rare occurrences of triporate (*Q. violacea*) and pantoporate (*Q. clavata* and *Q. koltesii*) types, reflecting distinct adaptive trajectories. Exine ornamentation ranged from reticulate to psilate, being associated with pollinator adhesion and desiccation resistance, thus influencing viability and conservation. *In vitro* germination was generally higher at anthesis, with species such as *Q. quesneliana* and *Q. humilis* exceeding 99%, whereas *Q. violacea* showed markedly reduced viability. All stigmas were of the conduplicate-spiral type, with crenulate lobes, and papillae varied in size. Multivariate analyses revealed four main clusters: the subgenus *Quesnelia* maintained homogeneity and monophyly, whereas *Billbergiopsis* exhibited heterogeneity and polyphyly, suggesting three groups. These findings demonstrate that the combined analysis of pollen and stigma traits provides crucial insights for taxonomic delimitation, understanding reproductive diversity, and guiding conservation programs for threatened species of the Atlantic Forest.

KEYWORDS: Bromeliad, Bromelioideae, reproductive diversity, floral micromorphology, species conservation.

INTRODUÇÃO

O gênero *Quesnelia* Gaudich. pertencente à família Bromeliaceae, subfamília Bromelioideae, e compreende 24 espécies, todas endêmicas do Brasil (Gouda et al., 2025, atualização contínua) e restrita ao domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, um *hotspot* de biodiversidade severamente ameaçado pela redução de sua área desde o período colonial (Joly et al., 2014).

Atualmente, o gênero é subdividido em dois subgêneros: *Quesnelia* e *Bilbergiopsis* (Gouda et al., 2025, atualização contínua). As plantas possuem morfologia adaptada a ambientes úmidos e sombreados com rosetas de folhas coriáceas e rígidas, formando um tanque central capaz de acumular água. O hábito de crescimento é variado, abrangendo espécies terrestres, epífitas e rupícolas/saxícolas (Flora e Funga do Brasil, 2025, atualização contínua). As folhas possuem margens serrilhadas ou espinhosas e coloração verde intensa, podendo apresentar padrões variegados ou manchas, como observado em alguns clones de *Quesnelia marmorata* (Lem.) R.W.Read (Smiths; Downs, 1979). As inflorescências são terminais, emergindo do centro da roseta, geralmente vistosas e dotadas de brácteas coloridas, em tons de vermelho, rosa ou, mais raramente, laranja, que protegem as flores e auxiliam na atração de polinizadores, além de conferir valor ornamental à planta (Wanderley; Martins., 2007; Flora e Funga do Brasil, 2025, atualização contínua).

As flores apresentam coloração variada, incluindo azul, roxo e branco. Algumas espécies, como *Quesnelia liboniana* (De Jongle) Mez e *Quesnelia violacea* Wand. e S.L.Proença, destacam-se pelas pétalas de tonalidades arroxeadas ou violetas. Suas raízes, quando pouco desenvolvidas, refletem o hábito epífítico ou quando terrestres, são mais robustas (Wanderley; Martins, 2007).

Os estudos morfológicos e anatômicos, incluindo caracteres palinológicos como a espessura da exina, o tipo de abertura e a ornamentação, têm sido amplamente utilizados para reforçar informações taxonômicas em Bromeliaceae (Silva et al., 2016; Souza et al., 2021; Almeida et al., 2024). A análise micromorfológica dos grãos de pólen revela que as espécies apresentam variações quanto ao padrão de abertura, simetria e ornamentação (Schroeder et al., 2019; Souza et al., 2021). Esses resultados são fundamentais em estudos palinológicos que buscam elucidar relações filogenéticas e mecanismos adaptativos de gêneros como *Quesnelia*, para o que ainda não existem esclarecimentos sobre essas características. Os estudos de morfologia polínica também têm fornecido informações importantes sobre a biologia reprodutiva de espécies, além de subsidiar programas de melhoramento genético (Souza et al.,

2016; 2017; 2021; Mota et al., 2023; 2024). Esses conhecimentos ainda se alinham a estratégias de conservação, uma vez que permitem compreender os mecanismos reprodutivos e adaptativos das espécies. De fato, o conjunto de análises relacionadas à morfologia e à viabilidade polínica pode fornecer, com alto grau de confiabilidade, respostas sobre as adaptações ecológicas dessas plantas (Reis et al., 2023). A variação dos grãos de pólen em Bromeliaceae quanto ao tamanho, aos números e ao tipo de aberturas, bem como à ornamentação da exina, fornecem valiosas informações taxonômicas e sobre a história evolutiva das espécies (Soares et al., 2011).

Outro ponto relevante diz respeito à viabilidade dos grãos de pólen e sua importância para a conservação das espécies, possibilitando a realização de testes controlados de polinizações e conservação/criopreservação, por exemplo, bem como a obtenção de sementes com maior eficácia (Souza et al., 2016). Dentre os métodos utilizados, destacam-se a germinação *in vitro*, os testes *in vivo* e os testes histoquímicos, cada um com vantagens e limitações (Santos et al., 2021).

Além disso, estudos envolvendo a morfoanatomia estigmática e os períodos de receptividade do estigma têm se tornado ferramentas valiosas, uma vez que a formação de exsudatos e sua interação com os grãos de pólen estão diretamente relacionados à fertilização e à formação de sementes, assegurando a reprodução da espécie (Souza et al., 2017). As avaliações da receptividade estigmática e seus períodos ótimos de receptividade permitem aferir características associadas ao tipo de polinização que ocorre em diferentes espécies (Souza et al., 2016). A título de exemplo, pode-se citar a cleistogamia, em que o estigma já se encontra receptivo no período de pré-antese, favorecendo a autopolinização: ou espécies em que o estigma apresenta pouca ou sem nenhuma aderência nesse mesmo período, o que favorece a polinização cruzada (Sigrist; Sazima, 2015). Vale ressaltar ainda a importância taxonômica desses aspectos, pois a especialização do estigma e dos grãos de pólen pode subsidiar delimitações específicas, ou mesmo em diferentes gêneros (Brown; Gilmartin, 1989; Barfuss et al., 2016).

Com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a dinâmica ecológica e reprodutiva do gênero *Quesnelia*, além de fornecer subsídios para sua conservação e de descrição morfológica para taxonomia do grupo, este trabalho teve como objetivo estudar a morfologia polínica e estigmática, bem como realizar testes de viabilidade do pólen e de receptividade do estigma em 22 espécies do referido gênero e inferências sobre a sua classificação infragenérica.

MATERIAL E MÉTODOS

Material Vegetal

Um total de 22 espécies do gênero *Quesnelia*, todas endêmicas do território brasileiro, foram analisadas neste estudo (Tabela 1). Os espécimes foram coletados diretamente em áreas de vegetação nativa da Mata Atlântica e, posteriormente, depositados no Herbário do Recôncavo da Bahia (HURB). Amostras vivas das mesmas espécies foram estabelecidas em cultivo no Banco de Germoplasma de Bromélias (BGB Bromélia), uma iniciativa vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Embrapa Mandioca e Fruticultura e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), com sede em Cruz das Almas, Bahia (12° 40' 12" S; 39° 06' 07" W). Todas as etapas de coleta foram conduzidas de acordo com a autorização concedida pelo SISBIO (n° 69870-1) e encontram-se registradas no SISGEN sob o código A9E9F8D, em conformidade com as normas legais brasileiras para o acesso à biodiversidade.

Tabela 1. Espécies de *Quesnelia* (Bromelioideae, Bromeliaceae) endêmicas da Mata Atlântica do Brasil, incluindo município de coleta, ocorrência, voucher do Herbário depositado e status de conservação.

Espécie	Status de Ameaça ¹	Ocorrência	Município de Coleta	Voucher
<i>Q. alvimii</i> Leme	Criticamente em Perigo	BA	Vitória da Conquista	HB 76140
<i>Q. arvensis</i> (Vell.) Mez	Menos Preocupante	ES;RJ;MG;SP	Paraty (RJ) Itanhaém (SP)	RB 261590 RB 374182
<i>Q. augustocoburgii</i> Wawra	Vulnerável	RJ;MG	Petrópolis (RJ)	HURB 30541
<i>Q. clavata</i> Amorim e Leme	Menos Preocupante	BA	Arataca (BA)	HURB 26108 HURB 25980
<i>Q. conquistensis</i> Leme	Em Perigo	BA	Vitória da Conquista (BA)	HURB 26336
<i>Q. edmundoi</i> L.B.Sm	Quase ameaçada	RJ;ES	Silva Jardim (RJ)	HURB 25968
<i>Q. georgizizkae</i> Leme	Criticamente em Perigo	MG		
<i>Q. humilis</i> Mez	Quase ameaçada	SP;PR	São Paulo (SP)	RB 263070
<i>Q. imbricata</i> L.B.Sm	Vulnerável	PR;SC	Itajaí (SC)	RB 648796
<i>Q. indecora</i> Mez	Quase ameaçada	MG;ES	Santa Bárbara (MG)	HURB 30540
<i>Q. kautskyi</i> C.M.Vieira	Vulnerável	MG;ES		
<i>Q. koltesii</i> Amorim e Leme	Menos Preocupante	BA	Camacã (BA)	HURB 23981
<i>Q. lateralis</i> Wawra	Vulnerável	RJ	Petrópolis (RJ)	HURB 30948
<i>Q. liboniana</i> (De Jongle) Mez	Quase Ameaçada	RJ	Guapimirim (RJ)	RB 676797
<i>Q. marmorata</i> (Lem.) R.W.Read	Quase Ameaçada	ES;RJ;SP	Ubatuba (SP)	HURB 13569
<i>Q. quesneliana</i> (Brongn.) L.B.Sm.	Menos Preocupante	ES;RJ;MG;SP	Mangaratiba (RJ); Linhares (ES)	HURB 30958 HURB 35645
<i>Q. seideliana</i> L.B.Sm. e R.Reitz	Vulnerável	RJ;MG	Nova Friburgo (RJ)	HURB 30959
<i>Q. strobilispica</i> Wawra	Quase Ameaçada	ES;RJ;MG	Santa Maria Madalena	HURB 26120
<i>Q. testudo</i> Lindm.	Menos Preocupante	RJ;SP;PR	Caraguatatuba (SP)	RB 141205
<i>Q. tubifolia</i> Leme e Kollmann	Criticamente em Perigo	MG	Santa Maria do Salto (MG)	RB 850726 RB 1397248
<i>Q. vasconcelosiana</i> Leme	Criticamente em Perigo	MG	Itaipé (MG)	RB 1443703
<i>Q. violacea</i> Wand e S.L.Proença	Em Perigo	SP	São Miguel Arcanjo (SP)	RB 141118

1. Almeida Junior et al. (2025).

Morfologia, morfometria e quantificação dos grãos de pólen

Para a caracterização morfológica dos grãos de pólen, anteras em antese foram inicialmente fixadas em solução de Karnovsky por um período de 48 horas. Em seguida, os materiais foram desidratados por meio de série crescente de etanol (35% a 100%), com permanência de 20 minutos em cada concentração conforme metodologia descrita por Souza et al. (2016). Posteriormente, foram submetidos à secagem ao ponto crítico utilizando dióxido

de carbono líquido (equipamento Leica EM CPD 300 - Balzers, Alemanha). Os grãos foram então montados em suportes metálicos (stubs) e metalizados com uma fina camada de ouro durante 180 segundos (Leica EM ACE 600, Vienna, Áustria). As imagens foram obtidas com auxílio de um microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM IT3000 LV, Tokyo, Japão), operando a 20 kV.

A descrição da morfologia polínica seguiu a terminologia proposta por Punt et al. (2007) e Halbritter et al. (2018). Para a análise morfométrica, foi empregada a técnica de acetólise láctica fraca (ACLAC 40), segundo protocolo de Raynal; Raynal (1979), e as medidas dos diâmetros polar e equatorial foram realizadas em 25 grãos aleatórios por espécie, com o auxílio do programa ImageJ (versão 1.4.3.67). As médias e os respectivos desvios padrão foram calculados para todas as variáveis analisadas.

A estimativa da produção de grãos de pólen por flor foi conduzida com base na contagem direta dos grãos em câmara de Neubauer. Para isso, foram coletadas três flores na pré-antese, sendo cada conjunto de anteras acondicionado separadamente em tubos do tipo Eppendorf®. A suspensão polínica foi obtida por homogeneização do material em ácido láctico, conforme metodologia adaptada de Kearns e Inouye (1993), considerando a presença de seis anteras por flor. Os valores médios obtidos foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e, quando constatadas diferenças significativas, as médias foram agrupadas segundo o teste de Scott-Knott, adotando-se nível de significância de $p < 0,01$, por meio do software R Core Team (2024).

Para a análise conjunta dos dados morfológicos dos grãos de pólen e do estigma, foram considerados treze caracteres quantitativos e oito qualitativos. As distâncias de similaridade entre os indivíduos foram calculadas pelo coeficiente de Gower, adequado para variáveis mistas (quantitativas e qualitativas) (Gower, 1971). A partir dessa matriz, realizou-se a análise de agrupamento pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Sokal; Michener, 1958). A consistência dos agrupamentos foi avaliada por meio da correlação cofenética entre a matriz original de distâncias e a matriz cofenética resultante.

Complementarmente, efetuou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA; Pearson, 1901; Hotelling, 1933), representada em biplot (Gabriel, 1971), com o objetivo de identificar os caracteres de maior contribuição para a variabilidade observada e de facilitar a visualização da distribuição dos indivíduos no espaço multivariado. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa PAST, versão 5.2.1 (Hammer et al., 2001).

Morfologia e morfometria do estigma

Estigmas foram coletados na antese e preparados para análise morfológica em microscopia eletrônica de varredura (MEV), seguindo os mesmos procedimentos adotados para os grãos de pólen, incluindo fixação, desidratação, secagem ao ponto crítico, montagem e metalização. A descrição morfológica baseou-se em cinco estigmas provenientes de indivíduos distintos por espécie, utilizando-se a terminologia proposta por Brown; Gilmartin (1984; 1989), Barffus et al. (2016), Leme et al. (2022) e Siqueira et al. (2023).

As mesmas amostras foram utilizadas para as medições morfométricas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de agrupamento de Scott-Knott ($p < 0,01$), com o auxílio do programa R (R Core Team, 2024).

Viabilidade polínica

A fim de avaliar a viabilidade polínica, grãos de pólen foram obtidos em três diferentes estádios de desenvolvimento floral (pré-antese, antese e pós-antese) sendo que a abertura das flores (antese) foi observada por volta das 5h da manhã para todas as espécies. Utilizando um pincel, os grãos foram cuidadosamente distribuídos em placas de Petri contendo dois tipos distintos de meio de cultura: BM (Parton et al., 2002), composto por sacarose (20%), H_3BO_3 (0,01%), ágar (0,5%) e pH ajustado para 6,5; e SM (Soares et al., 2008), constituído por sacarose (15%), H_3BO_3 (0,01%), $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (0,03%), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,02%), KNO_3 (0,01%), ágar (0,8%) e pH 6,5.

Em seguida, as placas de Petri contendo os grãos de pólen foram mantidas em sala de crescimento sob temperatura controlada de 27 °C por um período de 24 horas. Após o período de exposição, foram avaliados tanto o percentual de grãos germinados quanto o desenvolvimento dos tubos polínicos. Para cada espécie e estádio floral, foram utilizadas três placas com subdivisão em quatro quadrantes, totalizando 12 repetições. O critério adotado para considerar a germinação foi a emissão de tubo polínico com comprimento superior ao diâmetro do grão (Soares et al., 2008). Os dados de germinação foram transformados pela função arco seno da raiz quadrada ($\sqrt{x}/100$) para homogeneização antes de serem submetidos à análise estatística. A comparação entre médias foi feita por análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste de agrupamento de Scott-Knott ($p < 0,01$) para as espécies e do teste de Tukey ($p < 0,01$) para os diferentes estádios florais, por meio do software R Core Team (2024).

Complementarmente, a viabilidade dos grãos de pólen foi também verificada por meio de coloração diferencial utilizando a solução de Alexander a 2% em ácido láctico (Alexander, 1980). Os grãos, coletados nos mesmos estádios florais utilizados no teste de germinação, foram distribuídos sobre lâminas de vidro contendo gotas do corante, cobertos com lamínulas e analisados em microscópio óptico Olympus BX51 com câmera digital acoplada (Olympus DP175, Tokyo, Japão).

A coloração magenta indicou viabilidade, enquanto grãos esverdeados ou incolores foram considerados inviáveis. Em cada tratamento, foram analisadas três lâminas, com contagem de 100 grãos por lâmina, totalizando 300 observações por estádio conforme Nascimento et al. (2025). Esse procedimento complementa os dados obtidos *in vitro*, permitindo uma análise mais robusta sobre a viabilidade reprodutiva dos grãos de pólen nas espécies estudadas.

Receptividade estigmática

A receptividade do estigma foi avaliada em flores nos estádios de pré-antese, antese e pós-antese, com cinco repetições por método. Para isso, foram empregados dois testes histoquímicos: peróxido de hidrogênio (3%) e α -naftil-acetato em tampão fosfato, com adição de acetona e fast blue B salt, conforme metodologias de Zeisler (1938) e Dafni (1992), respectivamente.

No primeiro teste, os pistilos foram imersos na solução de peróxido e, após dois minutos, observou-se a formação de bolhas na superfície estigmática, indicando a presença de peroxidase ativa (Zeisler, 1938; McInnis et al., 2006). No segundo, os estigmas foram mergulhados na solução enzimática, mantidos por cinco minutos e posteriormente lavados com água destilada (Dafni, 1992). A presença de atividade esterásica foi verificada por meio do escurecimento da região estigmática e de suas papilas. A intensidade da reação foi classificada segundo a escala adaptada de Dafni e Maués (1998) e Souza et al. (2016): (–) ausência de reação, (+) fraca, (++) forte e (+++) muito forte. Este conjunto de testes permitiu inferir a funcionalidade estigmática ao longo dos diferentes estádios florais e sua rapidez em responder as avaliações conferia uma vantagem para definir os parâmetros observados.

RESULTADOS

Morfologia, morfometria e quantificação dos grãos de pólen

A análise polínica das espécies de *Quesnelia* revelou ampla diversidade morfológica e morfométrica (Tabelas 2 e 3 e Figuras 1 a 3). Apesar da variação, algumas características mostraram-se conservadas no gênero, como o predomínio de grãos mônades, biporados, classificados como médios a grandes segundo os critérios de Erdtman (1952, 1969). As formas mais frequentes foram oblatas, suboblato, peroblato e oblato-esferoidais, evidenciando plasticidade morfológica que influencia o padrão de deposição e germinação dos grãos de pólen sobre o estigma. Estudos como os de Harder e Johnson (2008) demonstraram que a agregação e a disposição das unidades polínicas afetam a eficiência do transporte e a probabilidade de contato com o estigma floral e sua seletividade variável entre as espécies.

Tabela 2. Morfologia dos grãos de pólen de 22 espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil ocorrentes na Mata Atlântica.

Espécies	Forma ¹	Polaridade ¹	Simetria ¹	Abertura ¹
<i>Q. alvimii</i>	Suboblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. arvensis</i>	Oblato-esferoidal	Subisopolar	Subesferoidal	Biporado
<i>Q. augustocoburgii</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. clavata</i>	-	Apolar	Circular	Pantoporado
<i>Q. conquistensis</i>	Oblato	Subisopolar	Subesferoidal	Biporado
<i>Q. edmundoi</i>	Oblato-esferoidal	Subisopolar	Elíptico/Subesferoidal	Biporado
<i>Q. georgizizkae</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. humilis</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. imbricata</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico/Cilíndrico	Biporado
<i>Q. indecora</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. kautskyi</i>	Peroblato	Subisopolar	Elíptico/Cilíndrico	Biporado
<i>Q. koltesii</i>	-	Apolar	Circular	Pantoporado
<i>Q. lateralis</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. liboniana</i>	Peroblato	Subisopolar	Elíptico/Cilíndrico	Biporado
<i>Q. marmorata</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. quesneliana</i>	Suboblato	Subisopolar	Subesferoidal	Biporado
<i>Q. seideliana</i>	Suboblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. strobilispica</i>	Suboblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. testudo</i>	Suboblato	Subisopolar	Subesferoidal	Biporado
<i>Q. tubifolia</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. vasconcelosiana</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Biporado
<i>Q. violacea</i>	Oblato	Subisopolar	Elíptico	Triporado
Espécies	Exina	Ornamentação	Lumen	
<i>Q. alvimii</i>	Semitectada	Microrreticulada	Báculas ausentes	
<i>Q. arvensis</i>	Eutectada	Psilada	Ausente	
<i>Q. augustocoburgii</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	
<i>Q. clavata</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	
<i>Q. conquistensis</i>	Eutectada	Psilada	Ausente	
<i>Q. edmundoi</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. georgizizkae</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. humilis</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. imbricata</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	
<i>Q. indecora</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. kautskyi</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	
<i>Q. koltesii</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. lateralis</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. liboniana</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. marmorata</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. quesneliana</i>	Eutectada	Psilada	Ausente	
<i>Q. seideliana</i>	Eutectada	Psilada	Ausente	
<i>Q. strobilispica</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	
<i>Q. testudo</i>	Eutectada	Psilada	Ausente	
<i>Q. tubifolia</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	
<i>Q. vasconcelosiana</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Poucas báculas	
<i>Q. violacea</i>	Semitectada	Reticulado-heterobrocada	Muitas báculas	

De acordo com Punt et al. (2007) e Halbritter et al. (2018).

Tabela 3. Morfometria de grãos de pólen de 22 espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil e ocorrentes em fragmentos de Mata Atlântica.

Espécies	Vista Polar ¹		Vista Equatorial ¹	
	Equatorial menor (µm)	Equatorial maior (µm)	Eixo Equatorial (E)(µm)	Eixo Polar (P)(µm)
<i>Q. alvimii</i>	24,35 ± 2,29	37,52 ± 1,62	32,94 ± 1,25	25,45 ± 1,60
<i>Q. arvensis</i>	26,82 ± 4,63	27,77 ± 3,58	44,16 ± 4,23	43,11 ± 4,41
<i>Q. augustocoburgii</i>	16,48 ± 1,83	17,25 ± 1,86	56,09 ± 3,70	27,84 ± 2,80
<i>Q. conquistensis</i>	24,11 ± 1,49	26,94 ± 1,24	33,11 ± 1,53	23,93 ± 1,78
<i>Q. edmundoi</i>	20,90 ± 4,24	21,91 ± 5,23	48,03 ± 5,14	47,05 ± 3,28
<i>Q. georgizizkae</i>	19,52 ± 0,84	20,40 ± 2,61	33,94 ± 3,30	24,20 ± 1,98
<i>Q. humilis</i>	22,03 ± 2,04	23,36 ± 3,67	50,27 ± 4,39	31,73 ± 5,38
<i>Q. imbricata</i>	23,47 ± 1,36	23,52 ± 1,91	38,54 ± 2,67	28,88 ± 1,96
<i>Q. indecora</i>	21,19 ± 0,67	22,46 ± 1,72	47,66 ± 5,41	27,15 ± 1,57
<i>Q. kautskyi</i>	19,62 ± 0,61	21,91 ± 1,02	52,77 ± 3,79	22,61 ± 0,84
<i>Q. lateralis</i>	19,52 ± 0,84	20,40 ± 2,61	33,94 ± 3,30	24,20 ± 1,98
<i>Q. liboniana</i>	17,96 ± 1,31	18,19 ± 1,70	59,59 ± 4,21	27,84 ± 2,80
<i>Q. marmorata</i>	21,99 ± 2,38	26,68 ± 2,90	47,35 ± 2,62	31,51 ± 3,15
<i>Q. quesneliana</i>	25,07 ± 4,52	27,86 ± 2,55	54,51 ± 4,66	42,46 ± 4,23
<i>Q. seideliana</i>	19,74 ± 1,26	20,07 ± 2,69	26,28 ± 1,78	21,62 ± 1,92
<i>Q. strobilispica</i>	24,13 ± 3,22	24,27 ± 2,21	57,16 ± 2,46	43,81 ± 3,49
<i>Q. testudo</i>	28,28 ± 0,24	30,02 ± 0,30	35,11 ± 1,01	30,93 ± 0,46
<i>Q. tubifolia</i>	20,89 ± 2,38	21,29 ± 2,36	36,67 ± 1,55	27,72 ± 2,32
<i>Q. vasconcelosiana</i>	18,73 ± 1,36	18,48 ± 0,90	33,36 ± 0,08	20,02 ± 0,57
<i>Q. violacea</i>	20,03 ± 1,99	25,70 ± 2,91	45,62 ± 6,46	32,29 ± 4,25
	Diâmetro 1		Diâmetro 2	
<i>Q. clavata</i>	20,76 ± 1,81		21,02 ± 1,99	
<i>Q. koltesii</i>	24,55 ± 2,56		25,58 ± 1,53	
Espécies	Espessura ¹		Diâmetro ¹	Número de grãos de polén ³
	Exina (µm)	Teto (µm)	Lumen (µm)	
<i>Q. alvimii</i>	1,66 ± 0,12	0,38 ± 0,08	Ausente	41.571 ± 2.292 d
<i>Q. arvensis</i>	2,17 ± 0,31	0,46 ± 0,03	3,96 ± 0,24	71.667 ± 5.204 b
<i>Q. augustocoburgii</i>	1,61 ± 0,27	0,64 ± 0,28	Ausente	50.000 ± 11.456 c
<i>Q. clavata</i>	2,29 ± 0,16	0,42 ± 0,02	1,01 ± 0,27	93.333 ± 10.408 a
<i>Q. conquistensis</i>	1,17 ± 0,19	0,31 ± 0,09	Ausente	80.000 ± 10.000 a
<i>Q. edmundoi</i>	1,68 ± 0,13	0,59 ± 0,15	2,35 ± 0,30	54.167 ± 10.104 c
<i>Q. georgizizkae</i>	2,24 ± 0,22	0,84 ± 0,14	2,71 ± 0,51	47.238 ± 3.258 c
<i>Q. humilis</i>	1,68 ± 0,14	0,64 ± 0,13	1,68 ± 0,34	65.833 ± 7.638 b
<i>Q. imbricata</i>	1,10 ± 0,11	0,80 ± 0,05	4,39 ± 0,45	52.611 ± 5.111 b
<i>Q. indecora</i>	1,30 ± 0,19	0,42 ± 0,12	3,93 ± 0,40	52.611 ± 5.111 c
<i>Q. kautskyi</i>	1,86 ± 0,12	0,72 ± 0,08	2,08 ± 0,35	60.778 ± 1.443 b
<i>Q. koltesii</i>	1,63 ± 0,30	0,48 ± 0,12	1,02 ± 1,12	46.667 ± 1.443 c
<i>Q. lateralis</i>	1,37 ± 0,12	0,54 ± 0,07	2,35 ± 0,19	35.650 ± 2.654 d
<i>Q. liboniana</i>	1,78 ± 0,28	0,70 ± 0,17	3,39 ± 0,33	44.167 ± 6.292 d
<i>Q. marmorata</i>	1,50 ± 0,17	0,49 ± 0,10	2,35 ± 0,17	41.667 ± 3.819 d
<i>Q. quesneliana</i>	1,36 ± 0,22	0,46 ± 0,16	Ausente	57.500 ± 6.614 c
<i>Q. seideliana</i>	1,45 ± 0,17	0,43 ± 0,02	Ausente	86.667 ± 7.638 a
<i>Q. strobilispica</i>	1,78 ± 0,25	0,45 ± 0,03	1,97 ± 0,17	61.667 ± 7.638 b
<i>Q. testudo</i>	1,75 ± 0,13	0,47 ± 0,05	1,26 ± 0,21	63.333 ± 3.819 b
<i>Q. tubifolia</i>	1,72 ± 0,38	0,46 ± 0,05	1,89 ± 0,13	40.000 ± 1.803 d
<i>Q. vasconcelosiana</i>	1,52 ± 0,22	0,67 ± 0,06	1,28 ± 0,16	43.711 ± 4.119 d
<i>Q. violacea</i>	1,39 ± 0,28	0,51 ± 0,12	1,83 ± 0,33	31.667 ± 2.887 d

¹Grãos de pólen acetolisados com ACLAC 40 (Raynal; Raynal,1979). Os resultados correspondem a média de 25 repetições \pm desvio padrão; ² De acordo com o método descrito por Punt et al. (2007) e Halbritter et al. (2018). ³ Conforme o método de Kearns e Inouye (1993).

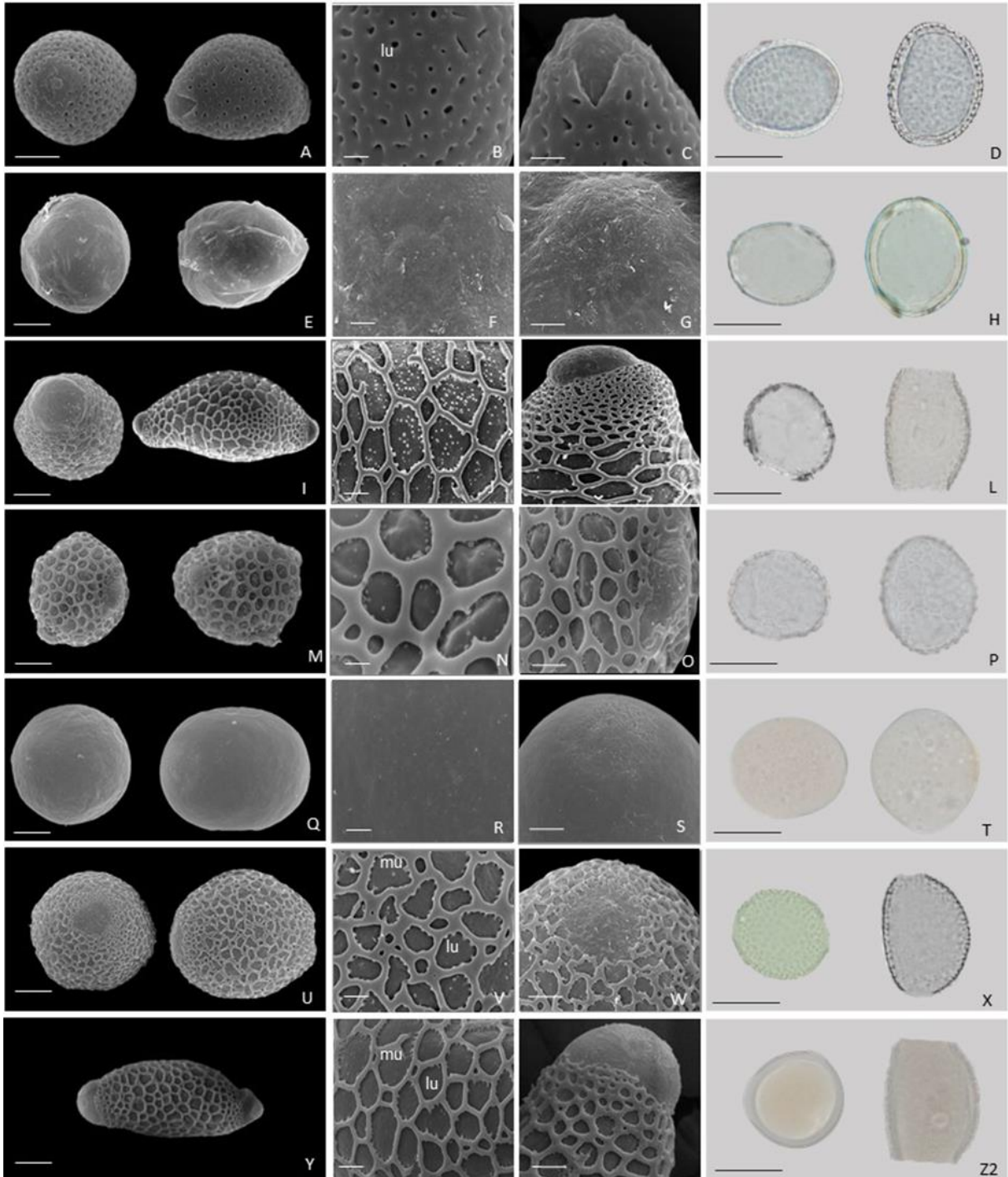


Figura 1. Morfologia dos grãos de pólen de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil e ocorrentes na Mata Atlântica. A-D) *Q. alvimii*. E-H) *Q. arvensis*. I-L) *Q. augustocoburgii*. M-P) *Q. clavata*. Q-T) *Q. conquistensis*. U-Y) *Q. edmundoi*. Z-Z3) *Q. georgizizkae*. lu = lúmen,

mu = muro. Detalhe da ornamentação da exina; D, H, L, P, T, Y, grãos de pólen após acetólise láctica. Barras: D, H, L, P, T, Y = 50 μ m; A = 10 μ m; E, I, M, Q, U = 5 μ m; B, C, F, G, J, K, N, O, R, S, W, X = 2 μ m.

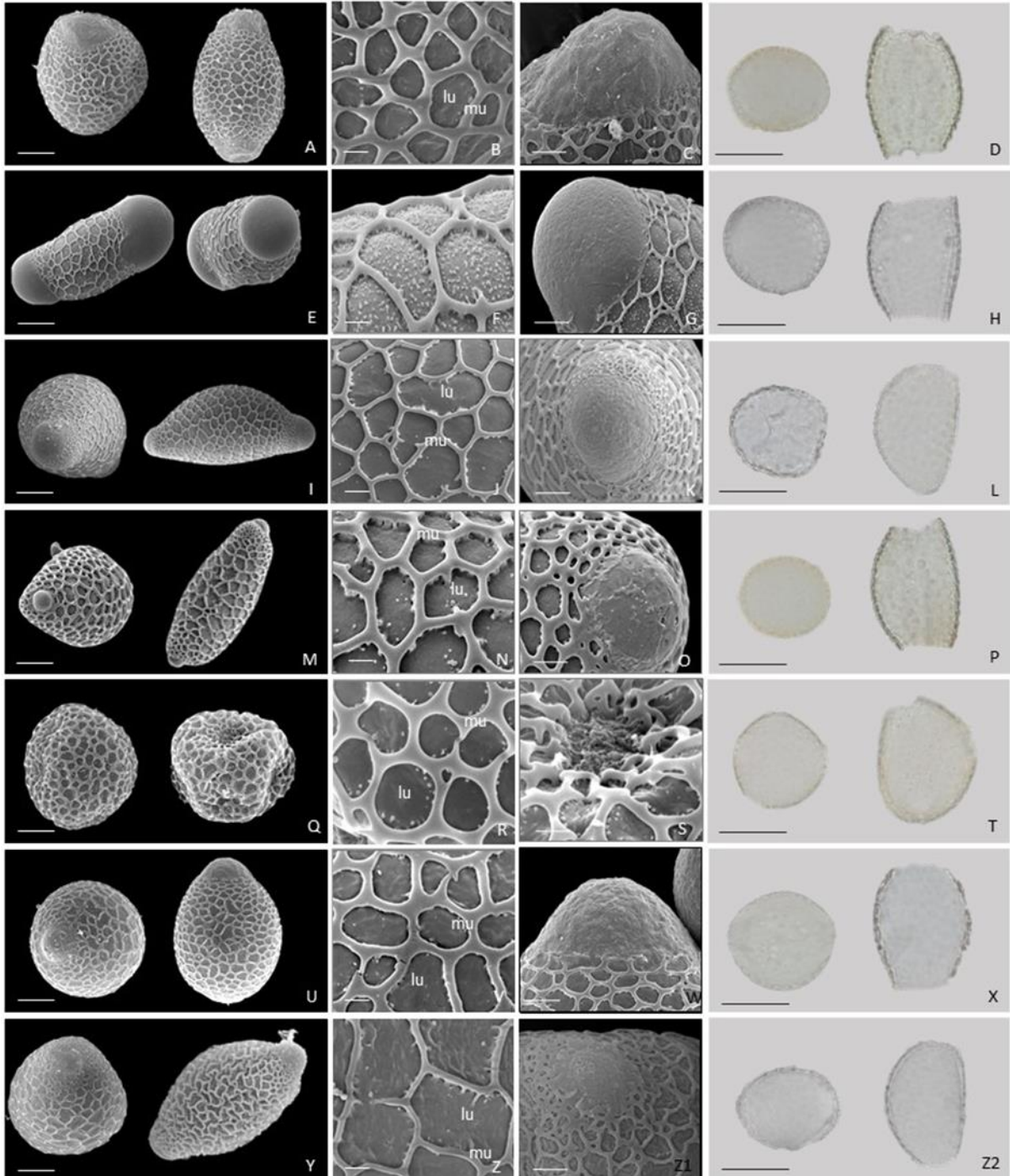


Figura 2. Morfologia dos grãos de pólen de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil e ocorrentes na Mata Atlântica. A-D) *Q. humilis*. E-H) *Q. imbricata*. I-L) *Q. indecora*. M-P) *Q. kautskyi*. Q-T) *Q. koltesii*. U-X) *Q. lateralis*. Y-Z2) *Q. liboniana*. lu = lúmen, mu = muro. Detalhe da ornamentação da exina; D, H, L, P, T, Y, grãos de pólen após acetólise láctica.

Barras: D, H, L, P, T, X, Z2 = 50 μm ; A, E, I, M, Q, U, Y = 5 μm ; B, C, F, G, J, K, N, O, R, S, W, Z, Z1 = 2 μm .

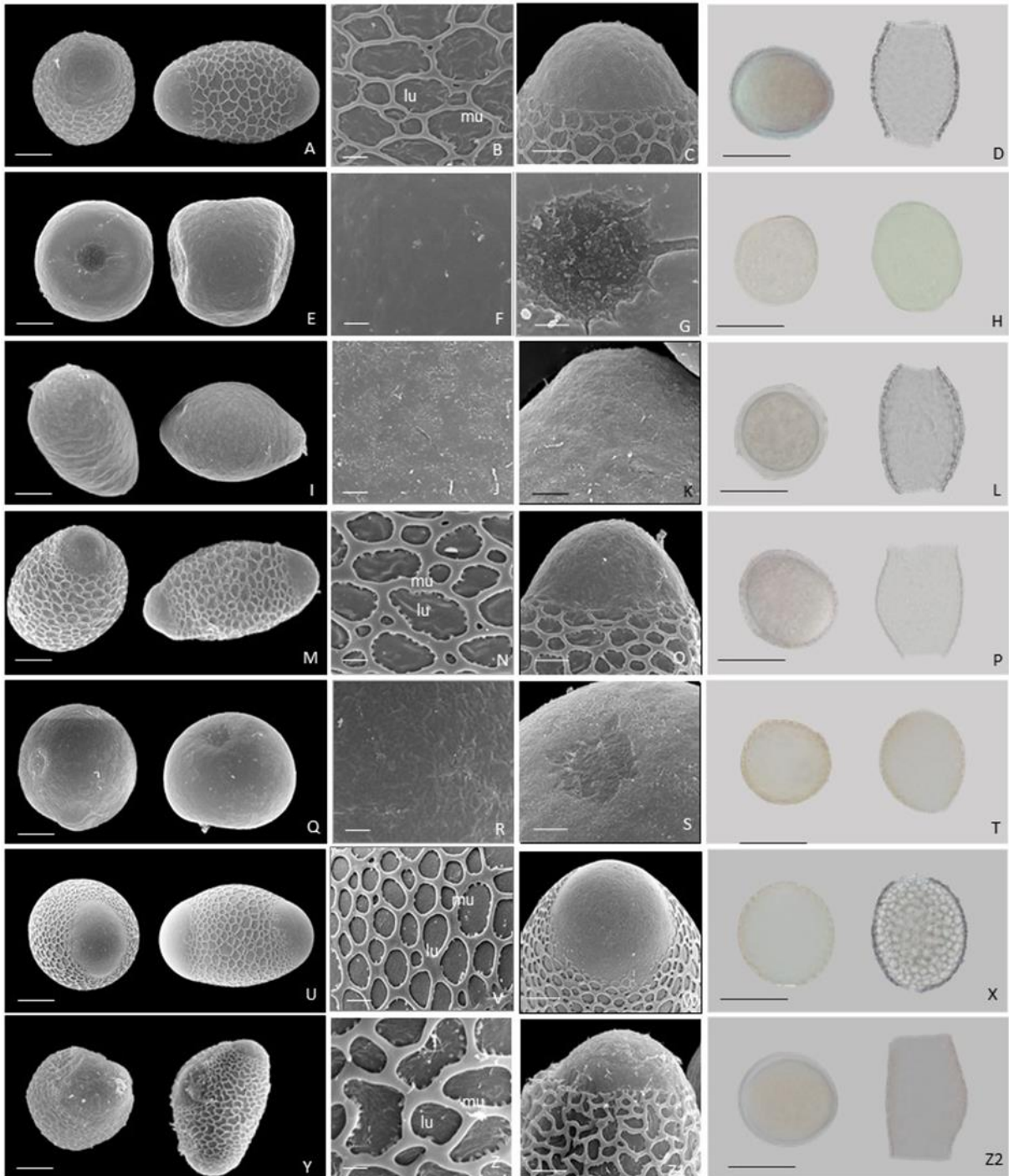


Figura 3. Morfologia dos grãos de pólen de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil e ocorrentes na Mata Atlântica. A-D) *Q. marmorata*. E-H) *Q. quesneliana*. I-L) *Q. seideliana*. M-P) *Q. strobilispica*. Q-T) *Q. testudo*. U-X) *Q. tubifolia*. Y-Z2) *Q. violacea*. lu = lúmen, mu = muro. Detalhe da ornamentação da exina; D, H, L, P, T, Y, grãos de pólen após acetólise láctica. Barras: D, H, L, P, T, X, Z2 = 50 μm ; A, E, I, M, Q, U, Y = 5 μm ; B, C, F, G, J, K, N, O, R, S, W, Z, Z1 = 2 μm .

Embora o padrão biporado seja predominante em *Quesnelia*, algumas espécies, como a *Q. clavata* e *Q. koltesii* apresentaram grãos de pólen pantoporados (Figuras 1M-P; 2Q-T), condição rara em Bromeliaceae. Essa configuração pode representar uma estratégia reprodutiva adaptativa, uma vez que múltiplos poros permitem, germinação em diferentes direções, aumentando a probabilidade de fecundação sob condições ambientais desfavoráveis ou em estigmas pouco receptivos. *Quesnelia violacea* apresentou grãos de pólen triporados, caráter singular no gênero que sugere especialização reprodutiva e provável divergência evolutiva recente (Figura 3Y-Z). A maioria das espécies de *Quesnelia* apresentou grãos de pólen com simetria elíptica ou subesferoidal e polaridade subisopolar. Entretanto, algumas espécies destoaram desse padrão, como *Q. clavata* e *Q. koltesii*, que exibiram grãos apolares (Figuras 1M-P; 2Q-T).

A exina apresentou padrões distintos entre os subgêneros (Figuras 1-3). Em espécies do subgênero *Billbergiopsis*, foram observadas ornamentações reticuladas heterobrocada (com malhas de tamanhos variados) (Figuras 1I-J), microrreticuladas (rede fina e delicada) (Figuras 1A-C) e psiladas (superfície lisa ou quase sem ornamentação perceptível) (Figuras 1Q-S), frequentemente associadas à presença de báculas. Essas estruturas aumentam a rugosidade superficial, favorecendo a aderência ao corpo de polinizadores menos especializados. Em contraste, todas as espécies do subgênero *Quesnelia* (Figuras 1F; 3R) apresentaram exina psilada uniforme. Essa simplicidade morfológica sugere conservação evolutiva e pode estar associada a sistemas de polinização mais especializados, nos quais a transferência eficiente independe de estruturas de adesão (Palma-Silva; Fay, 2020).

A razão entre os eixos polares e equatoriais (P/E) revelou predomínio de grãos de pólen oblato-esferoidais a suboblatos (Tabela 2). Entretanto, *Quesnelia kautskyi* apresentou grãos extremamente achatados, com eixo equatorial de 52,77 μm e eixo polar de 22,61 μm (P/E = 0,43), enquanto *Q. edmundoi* (48,03 \times 47,05 μm) e *Q. arvensis* (44,16 \times 43,11 μm) exibiram grãos quase esféricos (P/E = 0,98 e 0,97, respectivamente). Essa variação pode influenciar a organização polínica sobre o estigma: grãos esféricos favorecem deposição uniforme, enquanto grãos achatados permitem maior empacotamento e contato superficial (Ejmond et al., 2011).

O tamanho médio variou entre 27,8 μm em *Quesnelia liboniana* a 43,8 μm em *Q. strobilispica*, evidenciando uma amplitude morfométrica do gênero. Grãos maiores, além de armazenarem maior reserva de nutrientes, tendem a emitir tubos polínicos mais vigorosos, favorecendo a fecundação em estigmas espessos ou em ambientes com forte competição polínica (Ejmond et al., 2011; Costa-Pinheiro et al., 2018). Entretanto, esse maior

investimento energético implica na produção de um número reduzido de grãos por flor, caracterizando um *trade-off* reprodutivo entre quantidade e qualidade.

A espessura da exina variou entre 1,10 μm em *Quesnelia imbricata* a 2,29 μm em *Q. clavata* (Tabela 3; Figuras 1P; 2H). Espécies com exina mais espessa apresentam maior resistência à desidratação, possivelmente como adaptação a ambientes mais secos ou a polinizadores que promovem maior exposição dos grãos de pólen, como as aves. Por outro lado, exinas mais finas que permitem hidratação e germinação mais rápidas, favorecendo espécies que dependem de polinização altamente especializada. A espessura da exina também exerce papel determinante na conservação dos grãos, sobretudo em protocolos de criopreservação.

A produção de grãos de pólen variou expressivamente entre as espécies (Tabela 3). *Quesnelia clavata* apresentou a maior média, com 93.333 grãos por flor, seguida de *Q. seideliana* e *Q. conquistensis*, enquanto *Q. violacea* exibiu a menor produção (31.667 grãos por flor), próxima a *Q. lateralis*.

A análise multicategórica (dados quantitativos e qualitativos dos grãos de pólen) realizada com as 22 espécies de *Quesnelia* apresentou a formação de quatro grupos (Figura 4) pelo método de agrupamento UPGMA com base no algoritmo de Gower (1971), utilizando como ponto de corte a dissimilaridade genética média ($D_{dg} = 0,250$). O coeficiente de correlação cofenética do dendrograma (Sokal; Rohlf, 1962) ($r=0,87$, $P < 0,0001$, 10.000 permutações) revelou um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a sua matriz original, conforme preconizado por Rohlf e Fisher (1968).

Já a Análise de Componentes Principais (PCA) reforçou os mesmos agrupamentos observados no dendrograma gerado pelo índice de Gower (1971), confirmando a consistência dos padrões identificados entre as espécies de *Quesnelia* (Figura 5). O primeiro componente principal (CP1) explicou 66,97% da variância total enquanto o segundo componente (CP2) respondeu por 15,56%. Juntos, CP1 e CP2 representaram 82,53% da variação total. A projeção das espécies no espaço bidimensional do PCA evidenciou os mesmos quatro agrupamentos bem definidos.

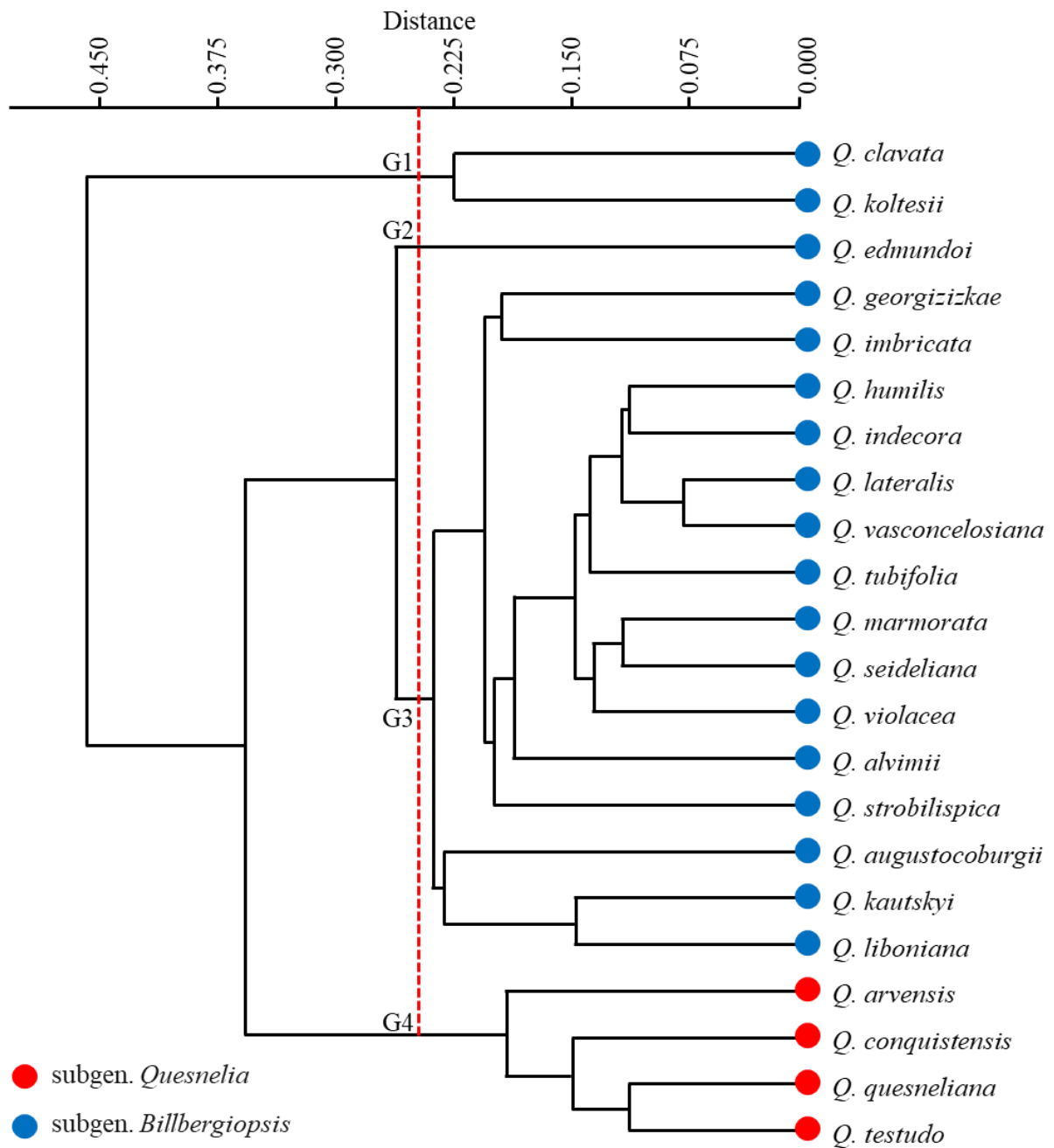


Figura 4. Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamento UPGMA com base no coeficiente de similaridade de Gower, utilizando treze caracteres quantitativos e oito qualitativos relacionados aos grãos de pólen e ao estigma de espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae). A correlação cofenética foi empregada para avaliar a consistência dos agrupamentos. Ponto de Corte: 0,250.

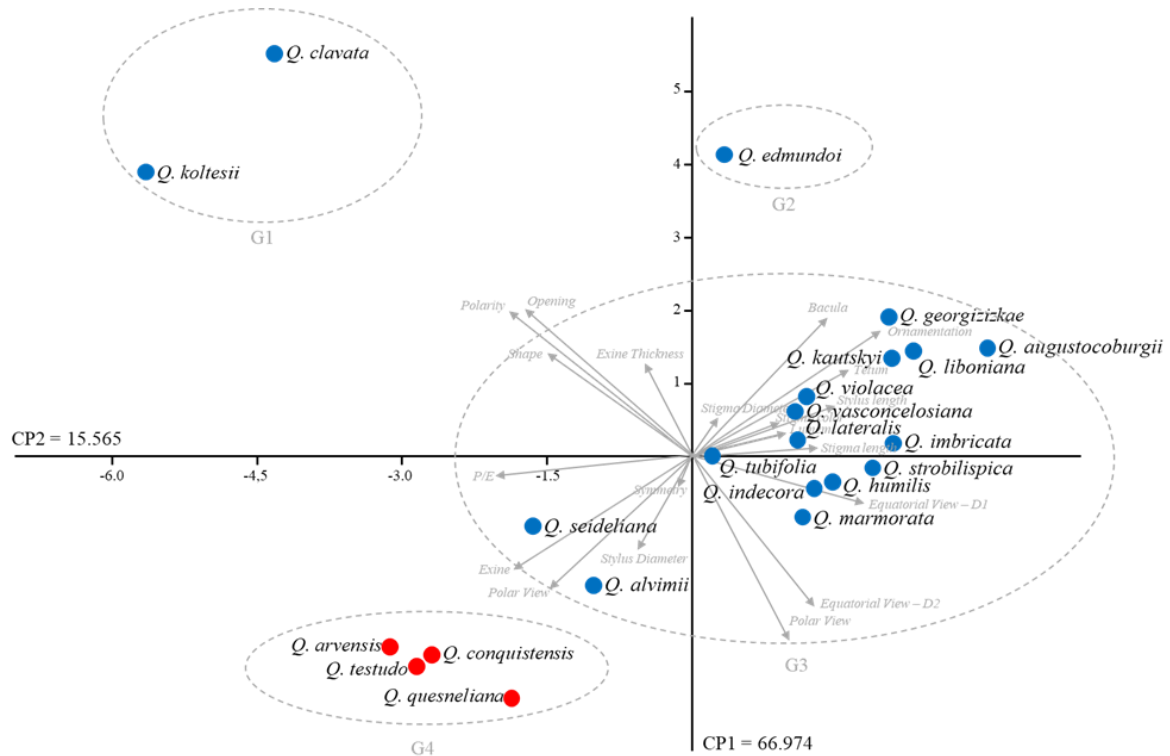


Figura 5. Análise de Componentes Principais (PCA) representada em biplot, mostrando a distribuição das espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) em função de treze caracteres quantitativos e oito qualitativos de grãos de pólen e estigma. As setas indicam as variáveis que mais contribuíram para a variabilidade total observada.

O primeiro agrupamento (G1), em ambas as análises multivariadas foi composto por *Quesnelia clavata* e *Q. koltesii*, apresentou reduzida divergência, indicando forte similaridade entre essas duas espécies (Figura 4). Essa proximidade pode refletir uma história evolutiva compartilhada, possivelmente relacionada à conservação de caracteres morfológicos ou à ocupação de nichos ecológicos semelhantes, pois ambas ocorrem no estado da Bahia e, praticamente na mesma altitude e apenas 50 km de distância entre as cidades. O isolamento desse grupo em relação aos demais representantes do subgênero *Billbergiopsis* foi sustentado por caracteres polínicos singulares, como grãos apolares, pantoporados, com ornamentação reticulado-heterobrocada e elevada espessura da exina (Tabelas 2-3). Esses atributos sugerem a presença de uma linhagem distinta, possivelmente resultante de um processo de diferenciação precoce na diversificação do gênero.

O agrupamento G2, por sua vez, foi composto exclusivamente por *Quesnelia edmundoi*, cujo isolamento foi determinado principalmente pela morfometria diferenciada de seus grãos de pólen, de grandes dimensões e formato quase esférico ($P/E = 0,98$), em contraste com o padrão oblato-esferoidal predominante nas demais espécies de *Billbergiopsis*.

O grupo G3 reuniu todas as demais espécies do subgênero *Billbergiopsis* nas duas análises realizadas (Figuras 4 e 5). A estrutura interna desse agrupamento evidenciou subgrupos estáveis, como a associação entre *Quesnelia lateralis* e *Q. vasconcelosiana* e a proximidade entre *Q. seideliana* e *Q. marmorata*. Esses padrões sugerem que, embora o grupo seja coeso em termos gerais, há divergências internas que podem estar relacionadas a processos de isolamento geográfico (microendemismo) em diferentes setores da Mata Atlântica ou a adaptações locais a gradientes ambientais, como variação em regime hídrico, altitude ou luminosidade. Nesse sentido, o G3 reflete a maior complexidade e heterogeneidade ecológica de *Billbergiopsis*, o que pode explicar a diversidade morfológica observada no subgênero. Além disso, as espécies reunidas nesse grupo compartilham o predomínio de grãos biporados, com simetria subisopolar e formato oblato-esferoidal a suboblato (Tabela 2; Figuras 1-3), caracterizando um padrão polínico conservado em *Billbergiopsis*.

O grupo G4, por sua vez, reuniu de forma coesa todas as espécies pertencentes ao subgênero *Quesnelia* tanto pelo índice de Gower (1971) quanto pelo PCA (Figuras 4 e 5). A distinção desse agrupamento em relação a G1, G2 e G3 é nítida e consistente ($D_{dg} = 0,250$), reforçando a validade da separação infragenérica reconhecida para o gênero. Essa coesão foi sustentada pela conservação de caracteres polínicos, como grãos biporados, de simetria subisopolar, formato oblato-esferoidal a suboblato e exina psilada uniforme, que conferem homogeneidade ao subgênero. Esse resultado está de acordo com análises filogenéticas morfológicas anteriores, que recuperaram o subgênero *Quesnelia* como monofilético, em contraste com o subgênero *Billbergiopsis*, considerado polifilético (Almeida et al., 2009). Assim, o G4 representa um agrupamento estável, cujo conjunto de caracteres conservados reforça a interpretação de uma linhagem natural dentro do gênero.

Assim, o dendrograma não apenas confirma a coerência da classificação taxonômica tradicional, como também aponta para possíveis revisões internas no subgênero *Billbergiopsis*, na medida em que os subgrupos (G1-G3) podem representar linhagens naturais com relevância sistemática e biogeográfica.

Morfologia e morfometria do estigma

Todas as espécies de *Quesnelia* avaliadas apresentaram estigmas do tipo conduplicado-espiral, com lobos estigmáticos crenulados e variações restritas à morfometria e ao tamanho das papilas ornamentadas (Tabela 6, Figuras 6 e 7). O comprimento do estigma variou de 1,11 mm (*Q. arvensis* e *Q. seideliana*) a 2,08 mm (*Q. augustocoburgii*), enquanto o

diâmetro oscilou entre 0,74 mm (*Q. edmundoi*) e 1,84 mm (*Q. humilis*), e o estilete apresentou maior diversidade, variando de 24,06 µm em *Q. edmundoi* a 48,04 µm em *Q. liboniana* (Tabela 6).

O comprimento das papilas estigmáticas destacou-se como uma das variáveis mais diferenciadoras: em *Quesnelia georgizizkae* atingiu apenas 22,15 µm, enquanto em *Q. augustocoburgii* alcançou 191,45 µm, sugerindo distintas estratégias de captura e retenção de grãos de pólen (Tabela 6; Figura 7E). A coloração dos estigmas também foi bastante variável (Tabela 6), abrangendo desde o branco (*Q. alvimii* e *Q. quesneliana*), passando por lilás (*Q. augustocoburgii* e *Q. marmorata*), rosa (*Q. kautskyi*), azul-claro (*Q. seideliana* e *Q. strobilispica*) até o azul-escuro (*Q. georgizizkae*).

Tabela 6. Características morfológicas do estilete e estigma em 22 espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil e ocorrente em fragmentos de Mata Atlântica.

Espécies	Cor do estigma	Estigma (mm)		Estilete (mm)		Comprimento das papilas (µm)
		Comprimento	Diâmetro	Comprimento	Diâmetro	
<i>Q. alvimii</i>	Branco	1,58 ± 0,15 e	1,28 ± 0,13 f	31,93 ± 0,48 d	0,52 ± 0,06 c	37,39 ± 3,73 g
<i>Q. arvensis</i>	Branco	1,11 ± 0,14 h	1,36 ± 0,16 e	31,01 ± 3,06 d	0,63 ± 0,08 b	67,87 ± 14,45 d
<i>Q. augustocoburgii</i>	Lilás	2,08 ± 0,10 a	0,95 ± 0,05 h	38,69 ± 3,74 c	0,45 ± 0,06 d	191,45 ± 24,51 a
<i>Q. clavata</i>	Branco	1,69 ± 0,12 d	1,31 ± 0,19 f	28,31 ± 1,63 e	0,55 ± 0,04 c	31,67 ± 2,69 g
<i>Q. conquistensis</i>	Branco	1,42 ± 0,06 g	1,22 ± 0,07 g	35,15 ± 2,53 c	0,61 ± 0,05 b	86,14 ± 13,34 b
<i>Q. edmundoi</i>	Branco	1,61 ± 0,09 e	0,74 ± 0,09 i	24,06 ± 1,73 e	0,46 ± 0,02 d	51,56 ± 4,75 e
<i>Q. georgizizkae</i>	Azul-escuro	2,00 ± 0,14 a	1,70 ± 0,12 b	42,00 ± 2,25 b	0,41 ± 0,11 d	22,15 ± 2,75 h
<i>Q. humilis</i>	Branco	1,44 ± 0,08 g	1,84 ± 0,07 a	42,10 ± 0,87 b	0,67 ± 0,06 a	68,84 ± 9,54 d
<i>Q. imbricata</i>	Branco	1,98 ± 0,13 a	1,72 ± 0,13 b	39,00 ± 3,18 d	0,58 ± 0,09 b	71,26 ± 8,75 c
<i>Q. indecora</i>	Branco	1,68 ± 0,15 d	1,51 ± 0,12 d	32,16 ± 5,13 c	0,62 ± 0,11 b	61,44 ± 6,25 d
<i>Q. kautskyi</i>	Rosa	1,78 ± 0,12 c	1,64 ± 0,10 b	37,21 ± 4,19 c	0,68 ± 0,13 a	58,38 ± 4,75 e
<i>Q. koltesii</i>	Branco	1,20 ± 0,10 h	1,42 ± 0,04 e	34,75 ± 3,04 b	0,58 ± 0,04 b	80,64 ± 6,23 b
<i>Q. lateralis</i>	Branco	1,96 ± 0,11 a	1,32 ± 0,12 f	39,22 ± 1,38 a	0,68 ± 0,04 a	31,41 ± 2,78 g
<i>Q. liboniana</i>	Lilás	1,47 ± 0,07 f	1,51 ± 0,04 d	48,04 ± 0,93 b	0,47 ± 0,04 d	33,58 ± 4,07 g
<i>Q. marmorata</i>	Lilás	1,62 ± 0,08 e	1,03 ± 0,12 h	39,78 ± 1,69 c	0,55 ± 0,05 c	43,03 ± 6,43 f
<i>Q. quesneliana</i>	Branco	1,67 ± 0,07 d	1,41 ± 0,06 e	36,54 ± 1,22 b	0,74 ± 0,02 a	37,96 ± 4,90 g
<i>Q. seideliana</i>	Azul-claro	1,11 ± 0,10 h	1,16 ± 0,07 g	43,48 ± 1,24 b	0,49 ± 0,06 c	32,91 ± 4,32 g
<i>Q. strobilispica</i>	Azul-claro	1,88 ± 0,10 b	1,01 ± 0,09 h	39,40 ± 0,86 b	0,55 ± 0,03 c	67,21 ± 8,78 d
<i>Q. testudo</i>	Branco	1,71 ± 0,06 c	1,58 ± 0,10 c	35,45 ± 1,76 c	0,72 ± 0,04 a	75,05 ± 9,29 c
<i>Q. tubifolia</i>	Lilás	1,22 ± 0,11 h	1,02 ± 0,07 h	31,15 ± 2,32 d	0,73 ± 0,11 a	62,23 ± 8,83 d
<i>Q. vasconcelosiana</i>	Lilás	1,50 ± 0,12 f	1,28 ± 0,11 f	38,12 ± 3,21 c	0,68 ± 0,13 a	42,25 ± 9,21 f
<i>Q. violácea</i>	Branco	1,47 ± 0,07 f	0,97 ± 0,04 h	40,12 ± 1,61 b	0,41 ± 0,05 d	40,27 ± 5,81 f
CV (%)		16,32	8,92	26,14	6,23	28,15

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,01$).

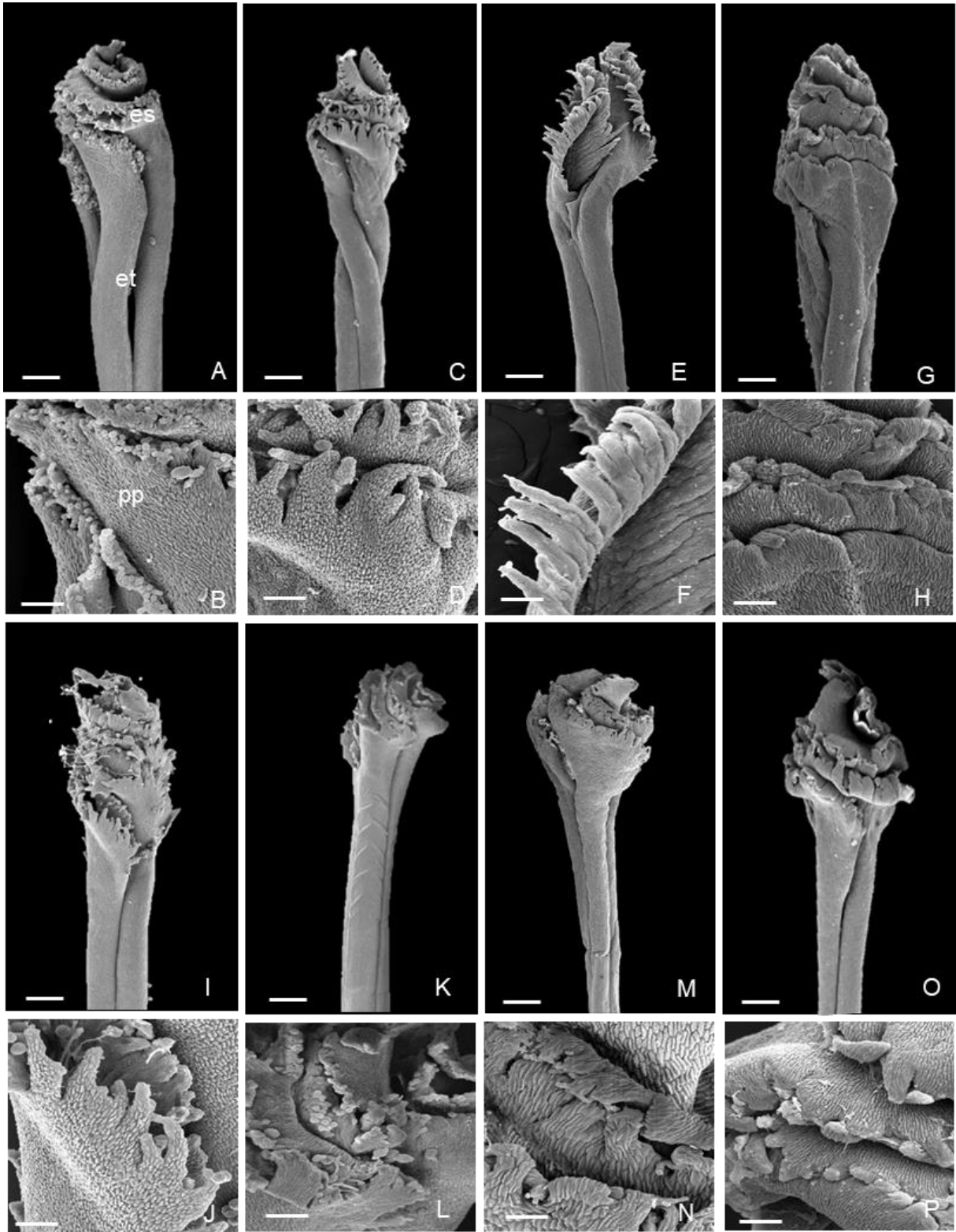


Figura 6. Morfologia do tipo conduplicado-espiral com lobos do tipo crenulado estigma em *Quesnelia* (Bromeliaceae) observados por microscopia eletrônica de varredura. A-B) *Q. alvimii*. C-D) *Q. arvensis*. E-F) *Q. augustocoburgii*. G-H) *Q. clavata*. I-J) *Q. conquistensis*. K-L) *Q. edundo*. M-N) *Q. humilis*. O-P) *Q. koltesii*. es=estigma, et=estilete, pp=papilas. Barras: A, C, E, G, I, K, M e O =500 μ m; B, D, F, H, J, L, N e P) 100 μ m.



Figura 7. Morfologia do tipo conduplicado-espiral com lobos do tipo crenulado em *Quesnelia* (Bromeliaceae) observados por microscopia eletrônica de varredura. A-B) *Q. lateralis*. C-D) *Q. liboniana*. E-F) *Q. marmorata*. G-H) *Q. quesneliana*. I-J) *Q. seideliana*. K-L) *Q. strobilispica*. M-N) *Q. testudo*. O-P) *Q. violacea*. es = estigma, et = estilete, pp = papilas. Barras: A, C, E, G, I, K, M e O = 500 μm ; B, D, F, H, J, L, N e P) 100 μm .

Germinação *in vitro* dos grãos de pólen

A análise da germinação *in vitro* demonstrou diferenças significativas associadas a três fatores: espécie, estágio de desenvolvimento floral e meio de cultura (Tabela 4 e Figura 8A-F). De forma geral, a antese foi o estágio mais favorável, no qual a maioria das espécies atingiu as maiores percentagens de germinação. Em *Q. alvimii* e *Q. arvensis*, a germinação ultrapassou 96% em meio de cultura SM durante a antese (Figura 8F), com valores semelhantes no meio BM (Figura 6). Esse padrão indica que essas espécies apresentam grãos de pólen fisiologicamente estável, independente do meio de cultura. Em *Quesnelia*, alguns padrões se assemelham aos observados em espécies de *Lymania* (Mota et al., 2024) e *Wittmackia* (Nascimento et al., 2025), nas quais os grãos de pólen mantiveram boa viabilidade mesmo após a antese.

Entre os extremos positivos, destacaram-se *Q. quesneliana* (99,22% em BM na antese) e *Q. humilis* (99,26% em SM na antese), ambas com desempenho uniforme nos três estádios e sem quedas expressivas no pós-antese (Figura 8H-L). Esses resultados apontam que essas espécies mantêm grãos de pólen altamente funcional, com germinação estável e pouco afetada pelo meio de cultura.

Por outro lado, *Q. edmundoi*, *Q. indecora* e *Q. testudo* (Figura 8B) apresentaram melhor desempenho no meio BM para a manutenção da viabilidade, resultado semelhante ao descrito para algumas espécies de *Tillandsia* (Souza et al., 2021). O melhor desempenho do BM em relação ao SM sugere que mesmo um meio mais simples, composto essencialmente por ácido bórico e sacarose, pode ser suficiente para a germinação. Essa resposta provavelmente está associada à capacidade do ácido bórico de favorecer o crescimento do tubo polínico e ao papel da sacarose como fonte energética e osmótica, ambos fundamentais para a manutenção da integridade celular (Garcia; Bolaños, 2017). Assim, a maior eficiência do BM em relação ao SM nessas espécies indica que, em determinados casos, uma composição nutricional menos complexa pode compensar limitações fisiológicas e ampliar o tempo de funcionalidade dos grãos de pólen. Tushabe; Rosback (2021) apresentaram um panorama de diferentes componentes de meio de cultura e seus potenciais aplicações, destacando que esses elementos podem responder de forma variável a diferentes espécies.

Quesnelia violacea apresentou os menores valores de germinação em todas as condições, variando entre 36,34% (pré-antese, BM) e 47,67% (antese, BM) (Figura 8A). A diferença para as demais espécies foi estatisticamente significativa, evidenciando uma limitação fisiológica intrínseca, independentemente do meio utilizado. Situação comparável foi relatada por Santos et al. (2021) para *Nidularium minutum* Mez, em que a germinação foi

significativamente maior em meio BKM (64,77%) do que em SM (38,51%), demonstrando que a escolha do meio pode ser determinante para o sucesso germinativo em espécies com restrições fisiológicas.

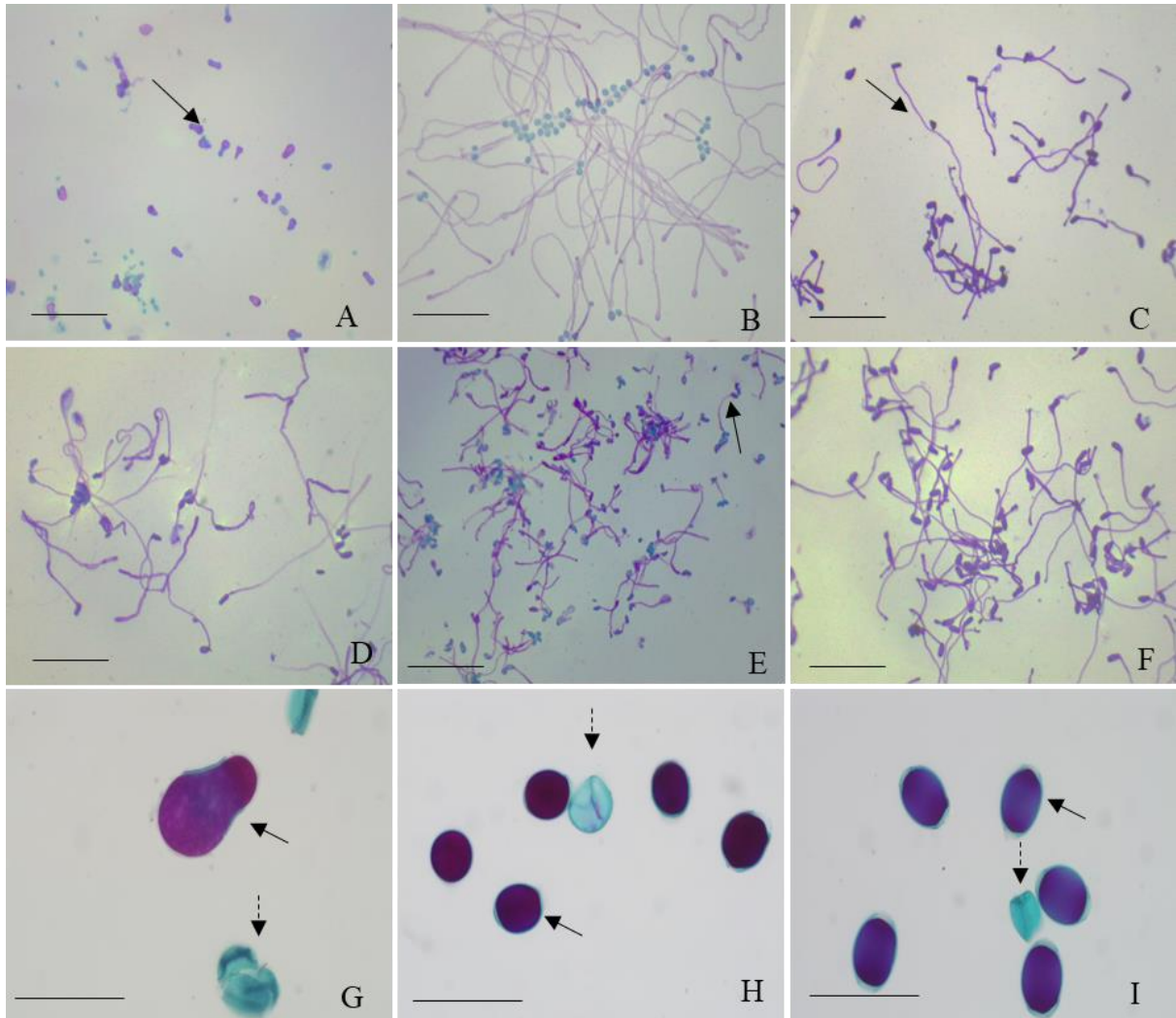


Figura 8. Histoquímica e viabilidade dos grãos de pólen em *Quesnelia*. A) Grãos de pólen de *Q. violacea* em pré-antese apresentando baixa viabilidade (seta contínua). B) Grãos de pólen de *Q. testudo* em antese. C) Grãos de pólen de *Q. humilis* em pós-antese evidenciando o tubo polínico (seta contínua). D) Grãos de pólen de *Q. humilis* em pré-antese. E) Grãos de pólen de *Q. seideliana* em antese evidenciando o tubo polínico (seta contínua). F) Grãos de pólen de *Q. alvimii* em pós-antese. A-C) Germinação *in vitro* dos grãos de pólen no meio de cultura BM (Parton et al., 2002). D-E) Germinação *in vitro* dos grãos de pólen no meio de cultura SM (Soares et al., 2008). G-I) Teste histoquímico com a solução de Alexander evidenciando grãos

de pólen viáveis (seta contínua) e inviáveis (seta tracejada). G) *Q. violacea* em pré-antese. H) *Q. quesneliana* em antese. I) *Q. testudo* em pós-antese. Barras: A-F = 0,5 mm; G-I) = 100 μ m.

Tabela 4. Germinação *in vitro* de grãos de pólen de 22 espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae) endêmicas do Brasil e ocorrentes na Mata Atlântica, avaliadas em dois meios de cultura e três estádios de desenvolvimento floral (pré-antese, antese, pós-antese).

Espécies	Meio de cultura	Pré-antese	Antese	Pós-antese
<i>Q. alvimii</i>	BM	91,41 aA	96,96 aA	91,63 aA
	SM	92,97 aA	98,66 aA	92,44 aA
<i>Q. arvensis</i>	BM	88,23 bB	98,44 aA	85,82 bB
	SM	92,05 aA	96,77 aA	92,01 aA
<i>Q. augustocoburgii</i>	BM	90,48 aA	92,89 aA	88,7 bB
	SM	97,00 aA	98,55 aA	86,94 bB
<i>Q. clavata</i>	BM	76,44 cB	90,32 aA	71,69 cB
	SM	82,31 bB	91,28 aA	72,67 cC
<i>Q. conquistensis</i>	BM	84,12 bB	97,78 aA	88,93 bB
	SM	83,67 bB	94,44 aA	84,61 bB
<i>Q. edmundoi</i>	BM	92,93 aA	96,64 aA	70,57 cB
	SM	81,46 bB	95,64 aA	62,09 dC
<i>Q. georgizizkae</i>	BM	82,15 bB	92,46 aA	68,22 dC
	SM	82,54 bB	92,42 aA	68,67 dC
<i>Q. humilis</i>	BM	94,13 aA	99,09 aA	91,73 aA
	SM	87,86 bB	99,26 aA	96,83 aA
<i>Q. imbricata</i>	BM	78,82 cB	90,67 aA	73,36 cB
	SM	79,11 cB	91,54 aA	72,95 cB
<i>Q. indecora</i>	BM	93,68 aA	94,82 aA	69,96 dB
	SM	94,24 aA	95,38 aA	72,20 cB
<i>Q. kautskyi</i>	BM	81,27 bB	95,92 aA	91,51 aA
	SM	79,08 cB	90,33 aA	80,10 bB
<i>Q. koltesii</i>	BM	96,77 aA	98,70 aA	91,51 aA
	SM	89,10 bA	84,92 bA	80,10 bB
<i>Q. lateralis</i>	BM	67,92 dB	87,67 bA	59,39 eC
	SM	71,46 cB	91,55 aA	70,67 cB
<i>Q. liboniana</i>	BM	91,42 aA	98,59 aA	91,60 aA
	SM	89,05 bB	94,08 aA	89,64 bB

<i>Q. marmorata</i>	BM	83,04	bA	86,10	bA	82,36	bA
	SM	87,23	bA	81,36	bA	69,96	dB
<i>Q. quesneliana</i>	BM	79,35	cB	99,22	aA	94,18	aA
	SM	91,26	aA	94,15	aA	89,50	bB
<i>Q. seideliana</i>	BM	84,04	bB	98,78	aA	77,77	cC
	SM	90,72	aB	98,02	aA	90,12	aB
<i>Q. strobilispica</i>	BM	88,04	bB	92,56	aA	88,10	bB
	SM	72,12	cC	92,26	aA	86,92	bB
<i>Q. testudo</i>	BM	90,74	aA	96,82	aA	93,71	aA
	SM	87,61	bB	95,90	aA	69,57	dC
<i>Q. tubifolia</i>	BM	80,85	bB	88,39	bA	69,25	dC
	SM	81,42	bB	91,29	aA	72,67	cC
<i>Q. vasconcelosiana</i>	BM	79,71	bA	83,46	bA	68,33	dB
	SM	80,63	bB	90,04	aA	77,87	cB
<i>Q. violacea</i>	BM	36,34	fB	47,67	dA	46,75	fA
	SM	42,54	eB	47,56	dA	44,20	fB
CV (%)				28,39			

Médias seguindo a mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente pelos testes de ScottKnott e Tukey ($p \leq 0,01$). Meios de cultura: BM (Parton et al., 2002); SM (Soares et al., 2008).

Teste Histoquímico

A viabilidade polínica, avaliada pelo teste de Alexander (Tabela 5, Figura 8G-I), apresentou diferenças significativas entre espécies e estádios florais. De maneira geral, a viabilidade foi elevada na antese, confirmando este como o período de maior potencial reprodutivo. Espécies como *Q. quesneliana*, *Q. humilis*, *Q. edmundoi* e *Q. strobilispica* apresentaram valores superiores a 95% em todos os estádios, com destaque para *Q. quesneliana* ($\geq 99\%$), que manteve os maiores índices do estudo (Figura 8H). Por outro lado, *Q. violacea* novamente se destacou negativamente (Figura 8G), com valores reduzidos em todos os estádios (42% na pré-antese e 50,33% na antese). Outras espécies, como *Q. marmorata* e *Q. testudo*, mostraram redução acentuada na pós-antese (69,83% e 72,17%, respectivamente) (Tabela 5; Figura 6I), sugerindo rápida queda da qualidade polínica após a antese.

Tabela 5. Histoquímica dos grãos de pólen de 22 espécies de *Quesnelia* endêmicas do Brasil e com ocorrência na Mata Atlântica utilizando a solução de Alexander e três estádios de desenvolvimento floral.

Espécies	Pré-antese	Antese	Pós-antese
<i>Q. alvimii</i>	95,61 aA	97,86 aA	98,33 aA
<i>Q. arvensis</i>	90,63 aA	91,50 aA	75,73 cB
<i>Q. augustocoburgii</i>	76,88 cC	93,92 aA	89,00 bB
<i>Q. clavata</i>	80,97 bB	90,00 aA	75,29 cC
<i>Q. conquistensis</i>	94,57 aA	96,63 aA	70,50 cB
<i>Q. edmundoi</i>	96,33 aA	97,31 aA	94,52 aA
<i>Q. georgigizkae</i>	86,00 bB	95,33 aA	86,67 bB
<i>Q. humilis</i>	97,33 aA	98,33 aA	95,77 aA
<i>Q. imbricata</i>	82,50 bB	95,50 aA	93,33 aA
<i>Q. indecora</i>	95,50 aA	94,17 aA	79,43 cB
<i>Q. kautskyi</i>	89,17 bB	92,50 aA	76,33 cC
<i>Q. koltesii</i>	97,12 aA	96,09 aA	89,90 bB
<i>Q. lateralis</i>	73,17 cC	93,83 aA	80,43 bB
<i>Q. liboniana</i>	91,70 aB	98,33 aA	89,33 bC
<i>Q. marmorata</i>	79,11 cB	84,49 bA	69,83 dC
<i>Q. quesneliana</i>	99,33 aA	99,33 aA	99,00 aA
<i>Q. seideliana</i>	77,31 cC	90,26 aA	86,24 bB
<i>Q. strobilispica</i>	96,33 aA	99,00 aA	92,76 aA
<i>Q. testudo</i>	88,33 bB	91,33 aA	72,17 cC
<i>Q. tubifolia</i>	89,93 bB	94,01 aA	71,33 cC
<i>Q. vasconcelosiana</i>	86,27 bB	91,07 aA	73,96 cC
<i>Q. violacea</i>	42,00 dB	50,33 cA	47,83 eA
CV (%)		22,12	

Médias seguindo a mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente pelos testes de ScottKnott e Tukey ($p \leq 0,01$).

Receptividade do estigma

A receptividade do estigma foi elevada na maioria das espécies (Tabela 7; Figura 9), com reações predominantemente fortes (++/+++) durante a antese, independentemente do método utilizado. Espécies como *Q. indecora* e *Q. imbricata* apresentaram receptividade muito forte (+++) em todos os estádios florais, indicando potencial reprodutivo elevado. Por outro lado, *Q. edmundoi* e *Q. liboniana* não apresentaram receptividade detectável (-) ou receptividade muito fraca (+) na pré-antese (Figura 9C), mas tornaram-se plenamente receptivas durante a antese, sugerindo ativação tardia. O caso de *Q. violacea* foi discrepante, com reações predominantemente negativas ou fracas, indicando potencial reprodutivo reduzido (Tabela 7). A concordância entre os dois métodos empregados, α -naftil-acetato + fast blue B e peróxido de hidrogênio a 3%, reforça a confiabilidade dos resultados.

O teste com peróxido de hidrogênio a 3% é simples, de fácil aplicação e utiliza reagentes amplamente disponíveis. Entretanto, conforme Dafni e Maués (1998) e Souza et al. (2016), é recomendável empregar mais de um indicador de receptividade, pois danos físicos ao estigma podem gerar bolhas de ar que simulam falsamente resultados positivos. Já o método α -naftil-acetato + fast blue B identifica rapidamente a atividade da enzima esterase, produzindo coloração marrom escura na região receptiva do estigma (Figura 9A e B) (Souza et al., 2016; Nascimento et al., 2025).

Tabela 7. Receptividade do estigma em 22 espécies de *Quesnelia* (Bromeliaceae), avaliada na pré-antese, antese e pós-antese em dois diferentes métodos (α -naftil-acetato + fast blue B salt e peróxido de hidrogênio 3%).

Espécie	α -naftil-acetato + fast blue B salt			Peróxido de oxigênio 3%		
	Pré-antese	Antese	Pós- antese	Pré-antese	Antese	Pós-antese
<i>Q. alvimii</i>	++	+++	++	++	+++	++
<i>Q. arvensis</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. augustocoburgii</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Q. clavata</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. conquistensis</i>	+	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Q. edmundoi</i>	-	+++	+	+	+++	+++
<i>Q. georgigizkae</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. humilis</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. imbricata</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Q. indecora</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Q. kautskyi</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. koltesii</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. lateralis</i>	+	+++	+++	+	+++	+++
<i>Q. liboniana</i>	-	+++	+++	-	+++	+++
<i>Q. marmorata</i>	+++	+++	+++	+	+++	+++
<i>Q. quesneliana</i>	+++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. seideliana</i>	+	+++	++	+	+++	++
<i>Q. strobilispica</i>	+++	+++	+++	+	+++	+
<i>Q. testudo</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. tubifolia</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. vasconcelosiana</i>	++	+++	+++	++	+++	+++
<i>Q. violacea</i>	-	+	-	-	+	-

Dafni e Maués (1998): (-) sem reação; (+) reação positiva fraca; (++) reação positiva forte; (+++) reação positiva muito forte.

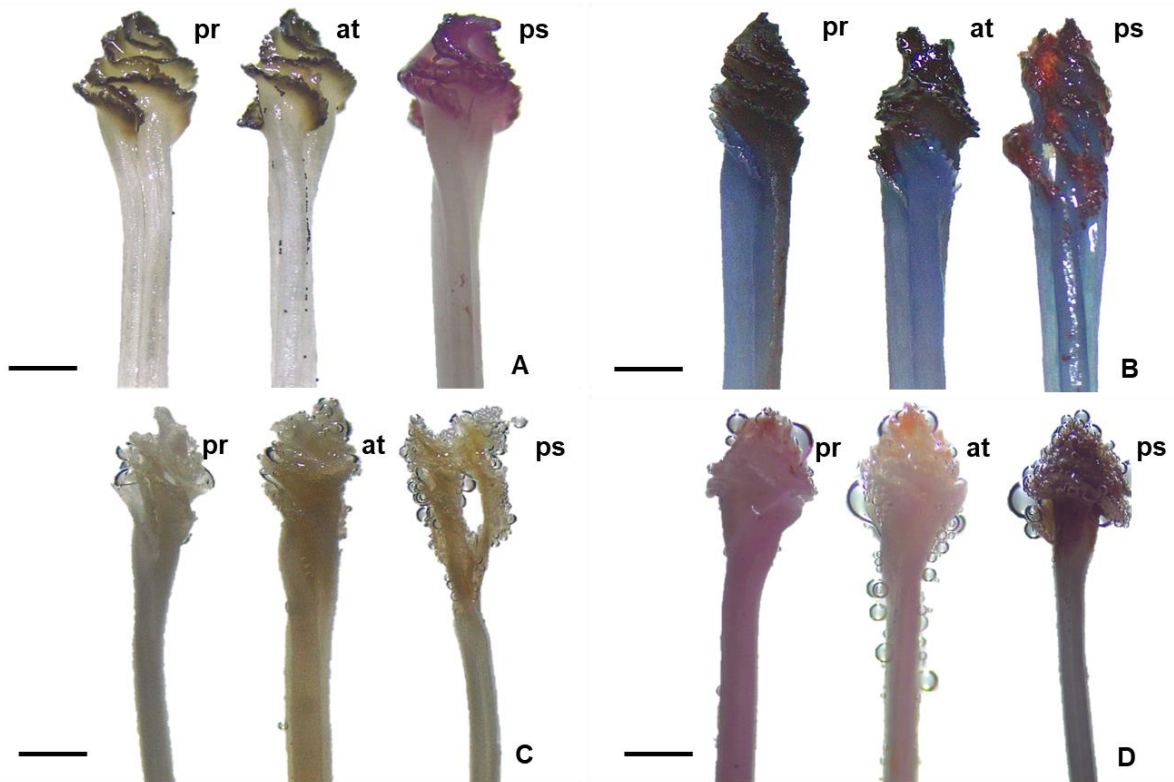


Figura 9. A) *Quesnelia quesneliana* evidenciando resposta positiva muito forte (+++) com α -naftil-acetate durante os três períodos de desenvolvimento floral. B) *Q. strobilispica* evidenciando resposta positiva muito forte (+++) com α -naftil-acetate durante os 3 estádios de desenvolvimento. C) *Q. edmundoi* evidenciando resposta positiva muito fraca na pré-antese (+) com peróxido de hidrogênio. D) *Q. clavata* evidenciando resposta positiva forte (++) durante a pré-antese e resposta positiva muito forte (+++) na antese e pós-antese com peróxido de hidrogênio. pr = pré-antese, an = antese, ps = pós-antese. Barras: A-D=1 mm.

DISCUSSÃO

Morfologia, morfometria e quantificação dos grãos de pólen

Das 22 espécies estudadas, *Quesnelia indecora* foi alvo do trabalho de Silva et al. (2016) que, estudando diferentes espécies de Bromeliaceae da Mata Atlântica, classificaram os grãos de pólen de *Q. indecora* como elípticos e sua ornamentação como reticulada-heterobrocada, com lumens lisos (aqui classificados com poucas básculas), mas sem implicações inter-específicas. Halbritter (2016a; b; c; d; e; f; g; h; i; 2017; 2018c; 2019a; b) caracterizou diversas espécies do gênero *Quesnelia* na PalDat - Palynological Database, mas sem uma descrição completa e correlacionada entre as espécies com finalidade ecológica,

conservacionista e taxonômica. Os padrões morfológicos encontrados neste trabalho estão de acordo com os encontrados nas espécies mencionadas na PalDat. Halbritter et al. (2018a, b) também caracterizaram *Q. augustocoburgii*, *Q. imbricata* e *Q. lateralis* quanto às formas e aberturas polínicas, resultados que estão em consonância com as informações morfológicas apresentadas neste estudo (Tabela 2.).

Segundo Obigba (2022), variações no número de aberturas representam respostas adaptativas a pressões seletivas, refletindo especialização floral e modificando a deposição e germinação no estigma. Nesse sentido, as condições pantoporada e triporada observadas em *Quesnelia* indicam trajetórias evolutivas distintas dentro do gênero, possivelmente associadas ao grau de dependência de polinizadores específicos (Sarwar; Takahashi, 2012; Zhang et al., 2017). Aspectos morfológicos em grãos de pólen como os elucidados por Rull et al. (2018) demonstraram que diferenças sutis na estrutura dos grãos de pólen podem estar associadas a processos de radiação recente, em que mudanças ambientais impulsionam a diversificação rápida da vegetação.

Nesse contexto, o caráter triporado em *Q. violacea* e pantoporado em *Quesnelia clavata* e *Q. koltesii* encontrados em nossos resultados devem ser interpretados como evidência de divergência evolutiva dentro do gênero, expressa na morfologia. Essas variações no número de aberturas refletem trajetórias distintas de adaptação e podem estar associadas ao grau de dependência de polinizadores específicos (Sarwar; Takahashi, 2012; Zhang et al., 2017). Com relação à quantificação polínica, espécies com alta produção de grãos de pólen tendem a adotar estratégias quantitativas, associadas a polinizadores generalistas ou menos eficientes, compensando perdas por dispersão ineficaz (Costa-Pinheiro et al., 2018; Hao et al., 2020). Por outro lado, espécies com baixa produção polínica tendem a investir em eficiência, dependendo de polinizadores especializados, o que as torna mais vulneráveis em ambientes degradados (Hao et al., 2020; Obigba, 2022).

Ornamentações na exina rugosas ou reticuladas tem maior capacidade de aderência ao corpo dos polinizadores (Sannier et al., 2009; Lynn et al., 2020). Li et al. (2023) comprovaram que a estrutura da exina e o grau de hidratação determinam tanto a deposição na superfície do estigma quanto a germinação *in vitro* em *Paeonia ostii* T. Hong e J.X. Zhang (Paeoniaceae), indicando que microvariações estruturais exercem papel central no sucesso reprodutivo. Da mesma forma, Mota et al. (2024) verificaram em *Lymania* Read (Bromeliaceae) que a ornamentação garante não apenas aderência, mas também a viabilidade polínica, confirmando seu valor adaptativo. Em *Quesnelia*, a diversidade ornamental da exina reforça que esses caracteres influenciam diretamente a deposição dos grãos de pólen no

estigma, sua dispersão e a fixação em diferentes grupos de polinizadores. Contudo não observamos relação dessa característica com a porcentagem de germinação *in vitro*.

Os padrões de tamanho encontrados nesse estudo já haviam sido relatados por Costa-Pinheiro et al. (2018) em *Senna pendula* (Humb.; Bonpl.ex Willd.) H.S. Irwin e Barneby (Fabaceae), onde se observou correlação negativa entre diâmetro dos grãos de pólen e número de grãos produzidos por flor. Além disso, Hao et al. (2020) identificaram que plantas cujos grãos de pólen são coletados ou consumidos por polinizadores produzem grãos menores, sugerindo que o comportamento de forrageamento dos polinizadores influencia a evolução do tamanho dos grãos de pólen.

Nas espécies de *Quesnelia* analisadas, aquelas que apresentaram grãos de pólen maiores (*Q. liboniana*, *Q. quesneliana*, *Q. kautskyi*, *Q. strobilispica* e *Q. humilis*) não mostraram uma relação clara entre o tamanho do pólen e a papilas estigmáticas ou a produção de pólen por flor, sendo as papilas bem pequenas em *Q. liboniana* e *Q. quesneliana* (Tab. 3; Tab. 6). Esse resultado contrasta com o padrão frequentemente descrito na literatura, onde qual grãos de pólen maiores tendem a estar associados a estigmas mais desenvolvidos ou a ajustes estruturais no pistilo (Cruden, 2009; Wang et al., 2016). No entanto, alguns estudos recentes trazem que essa relação pode variar de acordo com o tipo de estigma, aspectos reprodutivos e história ecológica do grupo, não sendo explicada apenas pelo tamanho do pólen, mas por uma correlação de características (Ren et al., 2024; Rosbakh et al., 2025).

Os resultados demonstram que em *Quesnelia*, grãos de pólen grandes podem ocorrer independentemente de estigmas maiores ou de maior investimento em produção de pólen. Outros resultados em diferentes gêneros de Bromeliaceae como *Wittmackia* Mez. também mostram que a morfologia do estigma e das papilas podem variar amplamente entre espécies, mesmo em grupos próximos, sem acompanhar diretamente o tamanho dos grãos de pólen (Nascimento et al., 2025).

Assim, os resultados obtidos sugerem que, nessas espécies de *Quesnelia*, a eficiência reprodutiva pode depender mais de aspectos como a forma de deposição dos grãos de pólen e a eficiência dessa deposição e características do estigma durante o melhor estágio de desenvolvimento floral do que um ajuste direto entre o tamanho do grão de pólen e a superfície estigmática.

Os protocolos de criopreservação de grãos de pólen de Bromeliaceae, descritos por Silva et al. (2017) e Silva et al. (2021), reforçam a importância da resistência física do grão de

pólen para a manutenção da viabilidade após o congelamento em nitrogênio líquido. Espécies com pólen desidratado e armazenado adequadamente nesse ambiente apresentaram alta sobrevivência e capacidade de germinação ou de promover polinização após o descongelamento. Essa evidência é consistente com a relação entre a espessura da exina e a resistência à desidratação: grãos de pólen com exina mais espessa, como observado em *Quesnelia clavata* (Tabela 3), provavelmente apresentam maior tolerância ao estresse mecânico e osmótico durante a criopreservação, em comparação às espécies com exina mais delgada, como *Q. imbricata* (Tabela 3), demandando estudos com métodos de criopreservação e ampliar o conhecimento dessa relação.

. Diversidades morfológicas refletem não apenas respostas ecológicas, mas também processos evolutivos associados à radiação adaptativa e à diversificação filogenética documentada em Bromeliaceae (Givnish et al., 2011; Zizka et al., 2019). Em conjunto, os resultados apresentados também confirmam que a palinologia e a morfologia do estigma, quando associada a métodos multivariados, constitui uma ferramenta poderosa para a delimitação taxonômica em *Quesnelia*. A convergência entre os agrupamentos obtidos pelo dendrograma e pelo PCA evidencia a robustez dos padrões detectados, ao mesmo tempo em que realça o papel de caracteres polínicos como a ornamentação da exina, o número de aberturas e a espessura da parede na diferenciação das espécies.

A consistência entre essas análises e estudos prévios, que utilizaram desde atributos anatômicos foliares (Mantovani et al., 2012) e palinológicos (Silva et al., 2016; Santos et al., 2017), reforça a ideia de que diferentes sistemas de caracteres, embora distintos, são complementares na elucidação de fronteiras taxonômicas e na interpretação das relações evolutivas. Assim, a uniformidade observada no subgênero *Quesnelia* (G4) e a maior diversidade interna de *Billbergiopsis* revelam não apenas a coerência da classificação infragenérica tradicional, mas também indicam potenciais linhagens internas que merecem investigação aprofundada. Tais evidências dialogam diretamente com as conclusões de Almeida et al. (2009), ao corroborar a monofilia de *Quesnelia* e a polifilia de *Billbergiopsis*, e ressaltam que pequenas diferenças estruturais dos grãos de pólen podem refletir trajetórias evolutivas distintas.

O isolamento encontrado em ambas as análises também encontra respaldo em estudos filogenéticos, com *Q. edmundoi* posicionada fora do núcleo dos dois subgêneros e próxima a *Aechmea vanhoutteana* (Van Houtte) Mez (Almeida et al., 2009). Resultados moleculares posteriores corroboraram a polifilia do gênero, indicando que diferentes linhagens de

Quesnelia se relacionam a espécies de *Aechmea* (Evans et al., 2015). Dessa forma, tanto os dados palinológicos quanto às evidências filogenéticas reforçam que *Q. edmundoi* representa uma linhagem distinta dentro do subgênero *Billbergiopsis* (Figuras 4 e 5).

É importante destacar que o gênero *Quesnelia* é considerado polifilético, conforme demonstrado em análises filogenéticas (Almeida et al., 2009). Estudos morfológicos indicam que o gênero, juntamente com *Aechmea*, emergiu como polifilético, enquanto o subgênero *Quesnelia* permanece monofilético, ao passo que *Billbergiopsis* se apresenta como polifilético. Dessa forma, o presente estudo amplia a compreensão da diversidade polínica no gênero e oferece subsídios sólidos para futuras revisões taxonômicas e filogenéticas em Bromeliaceae como outros trabalhos com perfis descritivos (Leme et al., 2022). Os padrões morfológicos observados sugerem a existência de agrupamentos estruturais consistentes dentro do gênero, os quais podem não refletir completamente a organização infragenérica atualmente adotada. Entretanto, análises filogenéticas moleculares serão necessárias para testar formalmente essas hipóteses.

Morfologia e morfometria do estigma

A análise morfológica dos estigmas em *Quesnelia* mostra um padrão geral semelhante ao descrito em outros gêneros de Bromeliaceae, como *Aechmea*, *Ananas* (Souza et al., 2016), *Hohenbergia* (Silva et al., 2024) e *Wittmackia* (Nascimento et al., 2025), reforçando a ideia de que a conformação conduplicado-espiral representa um caráter conservado na família. Contudo, a variação intra e interespecífica observada em *Quesnelia* sugere a existência de ajustes adaptativos associados a diferentes pressões seletivas. Diferenças morfométricas no comprimento e diâmetro dos estigmas e estiletos podem estar relacionadas a ajustes nos mecanismos de polinização, influenciando a deposição de pólen e a eficiência da fertilização, enquanto a ornamentação e o comprimento das papilas podem modular a adesão, retenção e orientação dos grãos de pólen, favorecendo a fertilização cruzada em ambientes com diversidade de polinizadores. (Siqueira et al., 2023; Zakharova et al., 2025).

As variações encontradas nas cores presentes nos estigmas representam um importante atrativo visual para polinizadores, além de refletir diferenças bioquímicas na secreção estigmática e na composição de metabólitos secundários, que podem influenciar a compatibilidade polínica e a resistência a patógenos florais (Yang et al., 2015).

Essas descrições morfológicas detalhadas, obtidas por microscopia eletrônica de varredura, apresentadas nas Figuras 6 e 7, permite uma análise precisa das estruturas, como a

ornamentação das papilas, sulcos e microvilosidades, que podem desempenhar papel essencial na adesão e germinação dos grãos de pólen (Souza et al., 2016).

Além de suas funções reprodutivas, a caracterização morfológica detalhada dos estigmas é de grande relevância para a taxonomia das espécies. Estudos morfológicos em Bromeliaceae, incluindo trabalhos de Leme (2022) e Souza et al. (2016), demonstram que características estigmáticas, como formato, coloração, ornamentação das papilas e proporções entre estilete e lóbulos, podem ser úteis na delimitação de espécies e na reconstrução de relações filogenéticas. No caso de *Quesnelia*, a diversidade observada nas estruturas estigmáticas pode fornecer informações adicionais para identificar espécies morfológicamente semelhantes, auxiliando na distinção de táxons e na compreensão da evolução da morfologia floral no gênero. Essa abordagem combina aspectos reprodutivos e taxonômicos, reforçando a importância da análise detalhada das flores para a sistemática da família.

Leme et al. (2022), ao descreverem novos tipos estigmáticos em *Stigmatodon* Leme, G.K.Br. e Barfuss, interpretaram essas variações como especializações reprodutivas ligadas a distintos vetores polinizadores, abrangendo desde interações com polinizadores generalistas até casos de maior especificidade. De modo análogo, em *Quesnelia*, a diversidade dimensional dos estigmas, a amplitude no comprimento das papilas e a variação cromática podem refletir estratégias complementares de interação com a fauna polinizadora da Mata Atlântica, originando sistemas de polinização, como a ornitofilia e a entomofilia. Estigmas mais robustos ou de cores contrastantes tendem a ampliar a atratividade para diferentes grupos de polinizadores, enquanto variações sutis em espécies de menor porte podem favorecer interações mais restritas e especializadas (Silvestro et al., 2014). Além disso, diferenças na densidade das papilas podem influenciar a deposição seletiva dos grãos de pólen, prevenindo autopolinizadores e promovendo polinização cruzada, o que sugere que a morfologia estigmática em *Quesnelia* não apenas facilita a captura dos grãos de pólen, mas também contribui para estratégias reprodutivas complexas que aumentam a variabilidade genética e a adaptação ecológica das espécies.

Germinação *in vitro* dos grãos de pólen

De acordo com Bajpai e Singh (2006), valores acima de 80% de germinação indicam alta viabilidade polínica, enquanto percentuais entre 50% a 79% correspondem a viabilidade média, e abaixo disso refletem baixa ou nenhuma viabilidade. Em Bromeliaceae, a viabilidade polínica apresenta ampla variação entre espécies e gêneros, associada tanto a adaptações reprodutivas quanto a limitações fisiológicas (Souza et al., 2017; Mota et al., 2024;

Nascimento et al., 2025). Estes estudos confirmam que a avaliação da viabilidade polínica não deve ser analisada de forma isolada, mas em conjunto com a quantidade de grãos de pólen produzidos por antera e por flor.

Parâmetros como germinação dos grãos de pólen vem apresentando variações significativas em função das espécies, como amplamente divulgado em diversos trabalhos na área (Parton et al. (2002); Souza et al., 2021; Ferreira et al., 2021; Rocha et al., 2022), refletindo diferentes estratégias fisiológicas para cada grupo.

Assim, mesmo percentuais considerados baixos em termos absolutos podem ser suficientes para assegurar a fecundação, uma vez que a elevada produção de grãos pelas plantas compensa a redução relativa de viabilidade (Costa-Pinheiro, 2018). Esses autores, relatam em mamoeiro, que porcentagens em torno de 30 a 40% ainda podem resultar em polinizações bem-sucedidas, formação de frutos e produção de sementes viáveis, reforçando que o número de grãos produzidos pela planta desempenha papel fundamental no êxito reprodutivo.

A rápida queda da viabilidade na pós-antese aqui apresentada evidencia variações intra e interespecíficas, algo também relatado por Souza et al. (2017) utilizando diferentes testes histoquímicos em espécies de Bromeliaceae. Esses resultados reforçam que, embora a viabilidade histoquímica seja elevada para a maioria das espécies durante a antese, algumas sofrem declínio expressivo em estádios subsequentes, indicando janela curta para fertilização efetiva.

Os resultados aqui apresentados trazem um padrão como já relatado por Mota et al. (2024) em *Lymania*, Silva et al. (2024) em *Hohenbergia* e Nascimento et al. (2025) em *Wittmackia*, sendo a antese o período de maior potencial reprodutivo. Esses trabalhos reforçam a importância de se considerar o estágio floral para avaliação da fertilidade polínica. Em contraste à maioria das espécies investigadas, *Q. violacea* apresentou baixa viabilidade polínica, o que sugere baixa reprodutividade como relatado para algumas espécies similar às observações de Souza et al. (2017), que apontam espécies com restrição de fertilidade como fatores críticos para a conservação e manejo de Bromeliaceae ornamentais.

Já em outras espécies, como *Q. arvensis*, *Q. indecora* e *Q. testudo*, a viabilidade histoquímica permaneceu alta, mas a germinação *in vitro* apresentou queda significativa no período pós-antese. Esses resultados sugerem que alguns testes histoquímicos, como o carmim acético, podem superestimar a viabilidade, uma vez que se baseiam apenas na integridade morfológica dos grãos de pólen e não refletem necessariamente sua capacidade fisiológica de germinar e formar o tubo polínico. Nesse contexto, dentre os testes

histoquímicos empregados para a avaliação da viabilidade, o método de Alexander (1969) é amplamente reconhecido como um dos mais confiáveis, apresentaram resultados similares aos encontrados nos testes com os meios de cultura. Seu meio contém fucsina ácida e laranja G, que evidenciam o conteúdo citoplasmático e nuclear, além do verde malaquita, que cora seletivamente a parede celular. Dessa forma, os grãos de pólen viáveis apresentam o citoplasma intensamente corado em vermelho ou róseo, indicando integridade do protoplasma, enquanto os inviáveis aparecem em tonalidades esverdeadas ou azuladas, resultado da ausência ou degradação do conteúdo celular interno. Essa coloração diferencial possibilita avaliar simultaneamente parede e citoplasma, oferecendo maior precisão e reduzindo a chance de superestimação da viabilidade em comparação a métodos que evidenciam apenas um compartimento celular.

Receptividade do estigma

A receptividade estigmática desempenha papel central em estudos de biologia floral e reprodutiva, permitindo compreender as estratégias de fecundação das espécies (Souza et al., 2022). Para que ocorra a fecundação, é necessário que os grãos de pólen estejam viáveis e que o estigma esteja em condição favorável à germinação do tubo polínico (Zulkarnain et al., 2019; Adhikari et al., 2020). Assim, informações sobre a variação na receptividade e sobre o período de receptividade do pistilo são fundamentais (Williams; Reese, 2019). Esses dados contribuem para entender a complexidade da relação estigma/ grãos de pólen e a formação dos tubos polínicos em angiospermas, com implicações para a biologia da polinização (Souza et al., 2017; Williams; Reese, 2019).

Nesse estudo, a maior atividade enzimática nos estádios de antese e pós-antese em *Quesnelia* corrobora os resultados de Souza et al. (2016), que mostraram que a maioria das espécies de Bromeliaceae apresenta máxima receptividade estigmática durante a antese, com algumas mantendo o estigma receptivo até dois dias após este estágio floral. Em *Quesnelia*, observou-se murcha e alteração de coloração do estigma a partir de dois dias após a antese, indicando que o primeiro dia pós-abertura floral é o mais adequado para ensaios experimentais.

Estudos em outros gêneros, como *Hohenbergia* Schult., *Lymania* Read e *Wittmackia* Mez, também apontam a antese como o período mais indicado para testes de polinizações controladas (Mota et al., 2024; Silva et al., 2024; Nascimento et al., 2025). A atividade enzimática estigmática está relacionada à produção de secreções e à ação de enzimas como esterase e peroxidase, bem como ao processo de abertura floral e à duração da flor aberta

(Herrero; Dickinson, 1981; Dafni e Maués, 1998; Souza et al., 2016). Estudos sobre a morfologia do estigma mostram variações na forma e nos tipos de secreção entre espécies, reforçando a necessidade de testes em grupos ainda não avaliados para elucidar os componentes químicos e morfológicos envolvidos na reprodução (Siqueira et al., 2023).

A sincronização entre receptividade estigmática e viabilidade polínica em todos os estádios florais é essencial para o sucesso reprodutivo, evitando barreiras temporais como a dicogamia, que se manifesta como protoginia ou protandria, quando verticilos amadurecem em tempos diferentes, impedindo a autopolinização (Souza et al., 2016).

Síntese reprodutiva do gênero *Quesnelia*

A integração dos dados palinológicos, morfométricos estigmáticos e de viabilidade polínica permite delinear um padrão reprodutivo relativamente coeso para o gênero *Quesnelia*. Do ponto de vista estrutural, observa-se predominância de grãos de pólen bipolarados, com variações pontuais quanto à ornamentação e espessura da exina, associadas a determinados agrupamentos. Em paralelo, todas as espécies apresentaram estigmas do tipo conduplicado-espiral, com variações principalmente no comprimento das papilas, indicando conservação estrutural acompanhada de ajustes morfofuncionais (Almeida et al., 2009)

Sob a perspectiva funcional, a elevada viabilidade polínica registrada na antese, frequentemente superior a 90%, aliada à receptividade estigmática coincidente com esse período, sugere sincronização eficiente entre produção e recepção de gametas masculinos. Esse padrão indica manutenção do potencial fisiológico reprodutivo nas espécies analisadas (Souza et al., 2016)

As variações observadas na ornamentação da exina e no comprimento das papilas estigmáticas podem refletir estratégias diferenciadas de interação com vetores polinizadores, sugerindo que, embora exista conservação estrutural no gênero, há plasticidade adaptativa em nível específico.

Do ponto de vista conservacionista, os resultados indicam que as limitações reprodutivas do gênero não parecem estar associadas a restrições fisiológicas intrínsecas, mas possivelmente a fatores ecológicos externos, como fragmentação de habitat e redução de conectividade entre populações. Assim, a biologia reprodutiva do gênero revela-se funcionalmente eficiente, embora potencialmente vulnerável a pressões ambientais (Scrok; Varassim, 2011; Silva et al., 2022)

Os padrões integrados aqui descritos reforçam a coesão estrutural do gênero, ao mesmo tempo em que revelam variações que podem refletir processos de diversificação adaptativa dentro da Mata Atlântica.”

CONCLUSÕES

As 22 espécies de *Quesnelia* aqui estudadas, apresentam ampla diversidade polínica. Os grãos de pólen são predominantemente biporados, mas algumas espécies apresentam triporados ou pantoporados, indicando trajetórias evolutivas distintas. A exina varia entre as espécies e influencia a aderência aos polinizadores e a viabilidade do pólen. O formato e a simetria dos grãos refletem uma variação morfométrica consistente no gênero.

A germinação *in vitro* foi alta na antese na maioria das espécies. *Quesnelia violacea* foi a única que apresentou germinação reduzida em todos os estádios florais

A viabilidade por histoquímica de todas as espécies foi elevada na antese e declinou no pós-antese em algumas espécies. O teste de Alexander foi efetivo para detectar a viabilidade e os resultados próximos aos da germinação *in vitro* dos grãos de pólen. Novamente com exceção em *Quesnelia violacea* que apresentou baixa viabilidade.

Todas as espécies apresentam estigmas do tipo conduplicado-espiral, com variação em comprimento, diâmetro, coloração e tamanho das papilas. Essas características influenciam a deposição e retenção do pólen e contribuem para estratégias reprodutivas diferenciadas.

A receptividade do estigma foi máxima na antese, com espécies apresentando ativação tardia ou receptividade limitada, como *Q. violacea*. A sincronização entre viabilidade polínica e receptividade estigmática determina a eficiência reprodutiva.

As análises multivariadas revelaram quatro grupos distintos entre as espécies. O subgênero *Quesnelia* mantém homogeneidade e monofilia, enquanto *Billbergiopsis* apresenta heterogeneidade e polifilia, sugerindo linhagens internas. A integração da palinologia, morfologia do estigma e análise multivariada reforça a sistemática e esclarece a evolução reprodutiva do gênero.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, P.B.; LIU, X.; KASAHARA, R.D. Mechanics of pollen tube elongation: a perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, e. 1612, 2020.

ALEXANDER, M.P.A versatile stain for pollen fungi, yeast and bacteria. **Stain Technology**, v. 55, n. 1, p. 13-18, 1969.

ALMEIDA, P.S.; SANTOS, R.P.; MARIATH, J.E.A. Pollen morphology in the genus *Dyckia* (Bromeliaceae): endemic species from southern Brazil comprising the proposed infrageneric grouping “*D. selloa* complex”. **Rodriguésia**, v. 75, p. e00922023, 2024.

ALMEIDA, V.R.; COSTA, F.A.; MANTOVANI, A.G.E.; OLIVEIRA, R.D.C.; FORZZA, R.C. Morphological phylogenetics of *Quesnelia* (Bromeliaceae, Bromelioideae). **Systematic Botany**, v. 34, n. 4, p. 660-672, 2009.

BAJPAI, A.; SINGH, A.K. Meiotic behavior of *Carica papaya* L.: spontaneous chromosome instability and elimination in important cvs. in north Indian conditions. **Cytologia**, v. 71, n. 2, p. 131-136, 2006.

BARFUSS, M.H.J.; TILL, W.; LEME, E.M.C.; PINZÓN, J.P.; MANZANARES, J.M.; HALBRITTER, H.; SAMUEL, R.; BROWN, J.K. Taxonomic revision of Bromeliaceae subfam. Tillandsioideae based on a multi-locus DNA sequence phylogeny and morphology. **Phytotaxa**, v. 279, n. 1, p. 1-97, 2016.

BROWN, G.K.; GILMARTIN, A.J. Stigma structure and variation in Bromeliaceae - Neglected taxonomic characters. **Brittonia**, v. 36, p. 364-374, 1984.

BROWN, G.K.; GILMARTIN, A.J. Stigma types in Bromeliaceae: a systematic survey. **Systematic Botany**, v. 14, p. 110-132, 1989.

COSTA-PINHEIRO, B.K.; MESQUITA-NETO, J.N.; REGO, J.O.; SCHILINDWEIN, C. Trade off between quantity and size of pollen grains in the heterandrous flowers of *Senna pendula* (Fabaceae). **Acta Botânica Brasilica**, v. 32, n.3, p. 446-453, 2018.

CRUDEN, R.W. Pollen grain size, stigma depth, and style length: the relationships revisited. **Plant Systematics and Evolution**, v. 278, n. 3, p. 223–238, 2009.

DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach** (the practical approach series). Oxford: Oxford University Press, 1992. 250 p.

DAFNI, A.; MAUÉS, M.M. A rapid and simple method to determine stigma receptivity. **Sexual Plant Reproduction**, v. 11, n. 3, p. 177-180, 1998.

EJSMOND, M.J.; WRONSKA-PILAREK, D.; EJSMOND, A.; DRAGOSZ-KLUSKA, D.M.; KARPINSKA-KOLACZEK, M.; KOLACZEK, P.; KOZLOWSKII, J. Does climate affect pollen morphology? Optimal size and shape of pollen grains under various desiccation intensity. **Ecosphere**, v. 2 n. 10, p. 1-15, 2011

ERDTMAN, G. **Handbook of Palynology**. New York, Hafner Publishing Company. 1969. 486 p.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy**. Angiosperms. Stockholm: Almquist & Wiksell; 553, p. 1952.

FERREIRA, M.S.; SOARES, T.L.; COSTA, E.M.R.; SILVA, R.L.; JESUS, O.N.; JUNGHANS, T.G.; SOUZA, F.V.D. Optimization of culture medium for the *in vitro* germination and histochemical analysis of *Passiflora* spp. pollen grains. **Scientia Horticulturae**, v. 15, e.110298, 2021.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GABRIEL, K.R. The Biplot Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 453-467, 1971.

GARCIA, J.A.D; BOLAÑOS, J.B.A. Response to boric acid and light in the number of biomass of potato microtubers cv. “Floresta”. **Uniciência**, v. 31, n. 2, p. 121-131, 2017.

GIVNISH, T.J.; BARFUSS, M.H.J.; RINA, 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. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 98, n. 5, p. 872-895, 2011.

GOUDA, E.J.; BUTCHER, D.; DIJKGRAAF, L. **Encyclopaedia of Bromeliads**, Version 5. Utrecht: Utrecht University Botanic Gardens, 2025. Disponível em: <http://bromeliad.nl/encyclopedia/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GOWER, J.C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v. 27, n. 4, p. 857-71, 1971.

HALBRITTER, H. *Quesnelia alvimii*. In: **PalDat** - a palynological database. 2018c. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_alvimii/303248. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia augustocoburgii*. In: **PalDat** a palynological database. 2016a. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_augusto-coburgii/301066. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia edmundoi*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016b. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_edmundoi/300594. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia humilis*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016c. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_humilis/300683. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia imbricata*. In: **PalDat** - a palynological database. 2017. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_imbricata/302919. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia indecora*. In: **PalDat** - a palynological database. 2019a. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_indecora/303452. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia kautskyi*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016d. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_kautskyi/300711. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia lateralis*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016e. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_lateralis/301067. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia liboniana*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016f. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_liboniana/300780. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia marmorata*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016g. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_marmorata/301185. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia quesneliana*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016h. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_quesneliana/301192. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia testudo*. In: **PalDat** - a palynological database. 2019b. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_testudo/303453. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H. *Quesnelia tubifolia*. In: **PalDat** - a palynological database. 2016i. Disponível em: https://www.palдат.org/pub/Quesnelia_tubifolia/301186. Acesso em: 23 ago. 2025.

HALBRITTER, H.; UHL, D.; BUCHNER, R.; GRÍMSSON, F.; SCHÜLER, T.; WEBER, M.; HEYNES, P.; ZETTEL, J.; HÖRMANN, G. **Illustrated Pollen Terminology**. Cham: Springer, 2018. 483 p.

HALBRITTER, H.; ULRICH, S.; GRIMSSON, F.; WEBER, M.; ZETTER, R.; HESSE, M.; FROSCH-RADIVO, A. Aperture. In: **Illustrated Pollen Terminology**. Cham: Springer International Publishing, 2018a. p. 207-294.

HALBRITTER, H.; ULRICH, S.; GRIMSSON, F.; WEBER, M.; ZETTER, R.; HESSE, M.; FROSCH-RADIVO, A. Shape and Polarity. In: **Illustrated Pollen Terminology**. Cham: Springer International Publishing, 2018b. p. 155-205.

HAMMER, O. **PAST**: Paleontological Statistics Software Package, version 5.2.1. 2001. Disponível em: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. Acesso em: 18 ago. 2025.

HAO, K.; TIAN, Z.X.; WANG, Z.C.; HUANG, S.Q. Pollen grain size associated with pollinator feeding strategy. **Proceedings of Royal Society**, v. 287, e. 20201191, 2020.

HARDER, L.D.; JOHNSON, S.D. Function and evolution of aggregated pollen in angiosperms. **International Journal of Plant Sciences**, v. 169, n. 1, p. 59-78, 2008.

HERRERO, M.; DICKINSON, H.G. Ultrastructural and physiological differences between buds and mature flowers of *Petunia* hybrid prior to and following pollination. **Planta**, v. 148, n. 2, p. 138-145, 1981.

HOTTELING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal of Educational Psychology**, v. 24, p. 417-441, 1933.

JOLY, C.A.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

KARNOVSKY, M.J.A formaldehyde-glutaraldehyde fixative in high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, n. 2, p. 137-138A, 1965.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. **Techniques for pollination biologists**. Niwot: University Press of Colorado, 1993, 583 p.

LEME, E.M.C.; COUTO, D.R.; KOLLMANN, L.J.C.; FRAGA, C.N. Novelties in *Stigmatodon* (Bromeliaceae, Tillandsioideae), a genus endemic to Brazil: three new species, one new combination, and two new stigma types. **Phytotaxa**, v. 576, n. 3, p. 233-249, 2022.

LI, M.; JIANG, F.; HUANG, L.; WANG, H.; SONG, W.; ZHANG, X.; ZHANG, Y.; NIU, L. Optimization of *in vitro* germination, viability tests and storage of *Paeonia ostii* pollen. **Plants**, Basel, v. 12, n. 13, p. 2460, 27 jun. 2023.

LYNN, A.; PIOTTER, E.; HARRISON, E.; GALEN, C. Sexual and natural selection on pollen morphology in *Taraxacum*. **American Journal of Botany**, v. 107, n. 2, p. 364-374, 2020.

MANTOVANI, A.; VENDA A.K.L.; ALMEIDA, V.R.; COSTA, A.F.; FORZZA, R.C. Leaf anatomy of *Quesnelia* (Bromeliaceae): implications for the systematics of core bromelioids. **Plant Systematics and Evolution**, v. 298, p. 787-800, 2012.

MCINNIS S.M.; EMERY, D.C.; PORTER, R.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J.T.; HISCOCK, S.J. The role of stigma peroxidases in flowering plants: insights from further characterization of a stigma-specific peroxidase (SSP) from *Senecio squalidus* (Asteraceae). **Journal of experimental botany**, v. 57, n. 8, p. 1835-1846, 2006.

MOTA, S.S.; FARO, I.A.M.; CAVALCANTE, B.P.; SOUZA, F.V.D.; AONA, L.Y.S.; COSTA, M.A.P.C.; SOUZA, E.H. Reproductive systems and hybridization of *Lymania species* (Bromeliaceae) endemic to Northeast Brazil threatened with extinction. **Scientia Horticulturae**, v. 322, e.112447, 2023.

MOTA, S.S.; FARO, I.A.M.; SOARES, T.L.; ALMEIDA, P.S.; SOUZA, F.V.D.; AONA, L.Y.S.; COSTA, M.A.P.C.; ROSSI, M.L.; SOUZA, E.H. Pollen morphology and viability of *Lymania* (Bromeliaceae) species with ornamental potential. **Scientia Horticulturae**, v. 338, e. 112890, 2024.

NASCIMENTO, G.Q.S.S.; SILVA, T.A.; ALMEIDA, P.S.; ROSSI, M.L.; SOUZA, F.V.D.; AONA, L.Y.S.; COSTA, M.A.P.C.; SOUZA, E.H. Pollen and Stigma Morphology, Pollen Viability and Stigma Receptivity of *Wittmackia* Species (Bromeliaceae) by Light, Fluorescence and Scanning Electron Microscopy. **Microscopy Research and Technique**, v. 88, p. 1451-1477, 2025.

OBIGBA, S.O. Palynological approach: an introductory discourse. In: CANO C.E.; CANO, O.A.; QUINTO, C.R. (eds.). **Vegetation index and dynamics**. London: IntechOpen, 2022. 221 p.

PALMA-SILVA, C.; FAY, M.F. Bromeliaceae as a model group in understanding the evolution of Neotropical biota. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 192, n. 4, p. 569-586, 2020.

PARTON, E.; VERVAEKE, R.; DELEN, B.R.; VANDENBUSSCHE, R.; DE PROFT, M. Viability and storage of bromeliad pollen. **Euphytica**, v. 125, p. 155-161, 2002.

PEARSON, K. On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. **Philosophical Magazine**, v. 2, n.11, p. 559-572, 1901.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 143, n. 1-2, p. 1-81, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

RASBAND, W.S. **ImageJ**. Bethesda: U. S. National Institutes of Health, 1997-2018. Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/>. Acesso em: 6 jun. 2023.

RAYNAL, A.; RAYNAL, J. Une technique de préparation des grains de pollen fragiles. **Adansonia**, v. 2, n. 11, p. 77-79, 1979.

REIS, H.S.; SANTOS, V.J.; SILVA, F.H.M.; SABA, M.D. Floristic characterization and pollen morphology of plants visited by *Apis mellifera* L. in caatinga areas in Bahia, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 37, e. 20220264. 2023.

REN, D.; JIAO, F.; ZHANG, A.; ZHAO, J.; ZHANG, J. Floral morph variation mediated by clonal growth and pollinator functional groups of *Limonium otolepis* in a heterostylous fragmented population. **AoB PLANTS**, v. 16, n. 2, 2024

ROCHA, M.A.C.; SOUZA, E.H.; SOARES, T.L.; SOUZA, F.V.D.; ALFAYA, M.C.F.; COSTA, M.A.P.C. Comparative seed germination, morphology and post-seminal development of two Bromeliaceae species with ornamental potential. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 44, n. 1, e. 58413, 2022.

ROHLF, F.J.; FISHER, D.L. Teste de estrutura hierárquica em conjuntos de dados aleatórios. **Zoologia sistemática**, v. 17, p. 407-412, 1968.

ROSBAKH, S.; NEPI, M.; PICHLER, M. Does pollen form follow function? Effects of stigma type, pollination type and habitat on pollen morphological traits. **Authorea, preprint** 2025.

RULL, V.; MONTENEGRO, F.; VAN DER HOUT, R.; MÜLLER, C. Palynology and vegetation history. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, p. 186, 2018.

SANNIER, J.; BAKER, W.J.; ANSTETT, M.C.; NADOTT, S. A comparative analysis of pollinator type and pollen ornamentation in the Araceae and the Arecaceae, two unrelated families of the monocots. **BMC Research Notes**, v.2, n.145, 2009.

SANTOS, V.L.; NIEVOLA, C.C.; FIDALGO, A.O.; KANASHIRO, S.; WANDERLEY, M.G.L.; GOMES, E.P.C.; LUZ, C.F.P. Floral morphology and pollen viability of an endangered and endemic Bromeliaceae species from the Atlantic Forest. **Grana**, v. 60, n. 5, p. 327-346, 2021.

SARWAR, A.K.M.G.; TAKAHASHI, H. Pollen morphology of *Kalmia* (Phyllodoceae, Ericaceae) and its taxonomic significance. **Bangladesh Journal of Plant Taxonomy**, v. 19, p. 123-133, 2012.

SCHROEDER, G.R.; VIEIRA JUNIOR, N.T.; DEC, E.; MOUGA, D.M.D.S. Caracterização palinológica de Bromeliaceae (A.Juss.) de São Francisco do Sul, Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 1, p. 46-57, 2019.

SCROK, G.J.; VARASSIN, I.G. Reproductive biology and pollination of *Aechmea distichantha* Lem. (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 571–576, 2011.

SIGRIST, M.R.; SAZIMA, M. Phenology, reproductive biology and diversity of buzzing bees of sympatric *Dichorisandra* species (Commelinaceae): breeding systems and performance of pollinators. **Plant Systematics and Evolution**, v. 301, n. 3, p. 1005-1015, 2015.

SILVA, M.R; BARBOSA, B.C.; FARIA, A.P.G. Reproductive biology and flower-visitor interactions of two bromeliad species from the Brazilian Atlantic Forest. **Plant Ecology and Evolution**, v. 155, n. 1, p. 16–28, 2022.

SILVA, R.L.; SOUZA, E.H.; VIEIRA, L.J.; PELACANI, C.R.; SOUZA, F.V.D.. Cryopreservation of pollen of wild pineapple accessions. **Scientia Horticulturae**, v. 219, p. 326-334, 2017.

SILVA, S.S.S.; SOUZA, E.H.; SOUZA, F.V.D.; MAX, D.A.S.; ROSSI, M.L.; COSTA, M.A.P.C. Post-seminal development and cryopreservation of bromeliads. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 1, e. 20191133, 2021.

SILVA, T.A.; NASCIMENTO, G.Q.S.S.; ALMEIDA, P.S.; CAVALCANTE, B.P.; SOUZA, F.V.D.; AONA, L.Y.S.; COSTA, M.A.P.C.; SOUZA, E.H. Pollen morphology, viability, and stigma receptivity of *Hohenbergia* (Bromeliaceae) species occurring in the Atlantic forest biome with potential for landscaping and cut flowers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 72, n. 2, p. 2007-2029, 2024.

SILVA, V.J.D.; RIBEIRO, E.M.; LUIZI-PONZO, A.P.; FARIA, A.P.G. Ultrastructure and pollen morphology of Bromeliaceae species from the Atlantic Rainforest in Southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, p. 439-449, 2016.

SILVESTRO, D.; ZIZKA, G.; SCHULTE, K. Disentangling the effects of key innovations on the diversification of Bromeliaceae. **Evolution**, v. 68, n. 1, p. 163-175, 2014.

SIQUEIRA, S.F.H.; COSTA, A.F.; KAREN L.G.; DE TONI, K.L.G. Beyond SEM: Stigmatic margins in Bromeliaceae, **Flora**, v. 298, e. 152195, 2023.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Bromelioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica Monograph**, v. 4, n. 3, p. 1493-2142, 1979.

SOARES, T.L.; SILVA, S.O.; COSTA, M.A.P.C.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SOUZA, A. S.; LINO, L.S.M.; SOUZA, E.H.; JESUS, O.N. *In vitro* germination and viability of pollen grains of banana diploids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 111-118, 2008.

SOARES, T.L.; SOUZA, E.H.; ROSSI, M.L.; SOUZA, F.V.D. Morfologia e viabilidade de grãos de pólen de acessos silvestres de abacaxi. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1744-1749, 2011.

SOKAL, R.R.; MICHENER, C.D. A statistical method for evaluating systematic relationships. **University of Kansas Scientific Bulletin**, v. 38, p. 1409-1438, 1958.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, p. 33-40, 1962.

SOUZA, C.G.F.; RAMOS, S.M.B.; NIETSCHKE, S.; POSSOBOM, C.C.; ALMEIDA, E. F.A.; PEREIRA, M.C.T. Viability of pollen grains and stigma receptivity in Desert Rose Received. **Scientific Article**, v. 28, n. 1, p. 92-98, 2022.

SOUZA, E.H.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M.; SOUZA, F.V.D.; ROSSI, M.L.; MARTINELLI, A.P. Stigma structure and receptivity in Bromeliaceae. **Scientia Horticulturae**, v. 203, n. 1, p. 118-125, 2016.

SOUZA, E.H.; SOUZA, F.V.D.; ROSSI, M.L.; PACKER, R.M.; CRUZ-BARROS, M. A.V.; MARTINELLI, A.P. Pollen morphology and viability in Bromeliaceae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3067-3082, 2017.

SOUZA, S.O.; OLIVEIRA, R.S.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, F.V.D.; SOARES, T.L.; ROSSI, M.L.; SOUZA, E.H. Pollen morphology and viability of Tillandsia (Bromeliaceae) species by light microscopy and scanning electron microscopy. **Microscopy Research and Technique**, v. 84, n. 3, p. 441-459, 2021.

TUSHABE, D.; ROSBAKH, S. A compendium of *in vitro* germination media for pollen research. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-14, 2021.

WANDERLEY, M.G.L.; MARTINS, S.E. Bromeliaceae. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; MELHEM, T.S.; GIULIETTI, A.M. (Eds.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2007. pp. 45-213.

WANG, X.P.; YU, W.B.; SUN, S.G.; HUANG, S.Q. Pollen size strongly correlates with stigma depth among Pedicularis species. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 58, n. 10, p. 818–821, 2016.

WILLIAMS, J.H.; REESE, J.B. Evolution of development of pollen performance. **New Phytologist**, v. 224, n. 3, p. 1073-1088, 2019.

YANG, Z.Q.; ZHANG, D.Y.; BAI, W.N. The functional significance of a stigma color polymorphism in *Acer pictum* subsp. mono (Aceraceae), **Journal of Plant Ecology**, v. 8, n. 2, p. 166-172, 2015.

ZAKHAROVA, E.V.; ULIANOV, A.I.; GOLIVANOV, Y.Y.; MOLCHANOVA, T.P.; ORLOVA, Y.V.; MURATOVA, O.A. Pollen-Pistil Interaction During Distant Hybridization in Plants. **Agronomy**, v. 15, n .7, e. 1732, 2025.

ZEISLER, M. Über die Abgrenzung des eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. Beihefte zum Botanischen Centralblatt, **Jena**, v. 58, p. 308-318, 1938.

ZHANG, W.; ZHAO, M.; FAN, J.; ZHOU, T.; CHEN, Y.; CAO, F. Study on relationship between pollen exine ornamentation pattern and germplasm evolution in flowering crabapple. **Scientific Reports**, London, v. 7, p. 39759, 2017.

ZIZKA, A.; AZEVEDO, J.; LEME, E.; NEVES, B.; COSTA, A.F.; CACERES, D.; ZIZKA, G. Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 2, p. 183-195, 2019.

ZULKARNAIN, Z.; ELIYANTI, E.; SWARI, E.I. Pollen viability and stigma receptivity in *Swainsona formosa* (G. Don) J. Thompson (Fabaceae), an ornamental legume native to Australia. **Ornamental Horticulture**, v. 25, p. 158-167, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribuiu de maneira significativa para o conhecimento reprodutivo, taxonômico e conservacionista do gênero *Quesnelia* (Bromeliaceae). Este gênero é endêmico da Mata Atlântica, um dos biomas mais ameaçados do mundo, reforçando estudos para conservação das suas espécies. Os resultados obtidos demonstraram que o gênero apresenta ampla diversidade morfológica e palinológica, ao mesmo tempo em que mantém padrões consistentes que permitem inferências taxonômicas robustas na sua classificação infragenérica. A análise morfológica de 22 espécies revelou variações relevantes na ornamentação da exina, no número de aberturas dos grãos de pólen e na estrutura estigmática, aspectos que refletem tanto estratégias adaptativas quanto potenciais isolamentos reprodutivos dentro do grupo. Essas informações fortalecem a compreensão da biologia floral de Bromeliaceae e oferecem subsídios para a delimitação sistemática de subgêneros e linhagens internas.

No campo da conservação, os dados evidenciam um cenário preocupante: cerca de metade das espécies de *Quesnelia* encontram-se sob algum grau de ameaça, com registros de espécies criticamente em perigo e microendêmicas extremamente restritas, como *Q. clavata* e *Q. koltessii*. A fragmentação da Mata Atlântica, associada à expansão agrícola e urbana e à coleta ilegal de plantas ornamentais, configura-se como principal vetor de pressão sobre as populações naturais de Bromeliaceae.

Do ponto de vista metodológico, a aplicação combinada de análises palinológicas, testes de viabilidade polínica e receptividade estigmática, juntamente com a avaliação do status de conservação, mostrou-se altamente eficaz. Essa abordagem integrada fortalece a importância de estudos interdisciplinares, que unem taxonomia e biologia reprodutiva, ampliando a compreensão da dinâmica evolutiva de grupos endêmicos. Além disso, a utilização de bancos de germoplasma e a manutenção de coleções vivas no âmbito da Embrapa e de coleções de herbários regionais confirmam-se como estratégias de apoio fundamentais para a conservação *ex situ*.

No que se refere às perspectivas futuras, três eixos se destacam. O primeiro é a continuidade de estudos taxonômicos e filogenômicos, com o uso de marcadores moleculares de alta resolução que permitam avaliar os limites específicos e compreender processos de especiação dentro do gênero. O segundo refere-se à conservação *in situ* e *ex situ*, envolvendo não apenas a criação e fortalecimento de unidades de conservação na Mata Atlântica, mas também a expansão de bancos de germoplasma e iniciativas de criopreservação, de modo a garantir a manutenção da variabilidade genética em longo prazo. O terceiro eixo é a integração entre ciência e políticas públicas, uma vez que os resultados aqui obtidos têm potencial de subsidiar programas de restauração florestal, planos de manejo de áreas prioritárias e a inclusão de *Quesnelia* em listas oficiais de espécies ameaçadas.

É importante ressaltar, ainda, o valor ornamental de várias espécies do gênero *Quesnelia*, o que abre caminho para programas de uso sustentável, desde que aliados a estratégias de cultivo controlado e regulamentado, evitando a pressão sobre populações naturais. Nesse sentido, iniciativas de conscientização ambiental e de educação voltadas às comunidades locais podem desempenhar papel crucial, tanto na proteção de habitats quanto na valorização da flora nativa como recurso econômico sustentável.

Por fim, esta tese reforça a necessidade urgente de ampliar os estudos com as espécies de *Quesnelia*, não apenas pela relevância científica e ecológica do grupo, mas também pelo seu papel na conservação da biodiversidade. A integração entre pesquisa básica, conservação e uso sustentável permitirá não só garantir a sobrevivência dessas espécies emblemáticas da

Mata Atlântica, mas também consolidar o gênero *Quesnelia* como referência no estudo da biologia reprodutiva e da conservação em Bromeliaceae.