

# Ensino, Pesquisa e Inovação em Botânica

Jesus Rodrigues Lemos  
(Organizador)

Ensino,  
Pesquisa e  
Inovação em  
Botânica

Jesus Rodrigues Lemos  
(Organizador)

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Ensino, pesquisa e inovação em botânica

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Jesus Rodrigues Lemos

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino, pesquisa e inovação em botânica / Organizador  
Jesus Rodrigues Lemos. – Ponta Grossa - PR: Atena,  
2021.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
198 p., il.  
ISBN 978-65-5706-966-0  
DOI 10.22533/at.ed.660210904

1. Botânica. I. Lemos, Jesus Rodrigues (Organizador). II.  
Título.

CDD 580

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A obra “Ensino, Pesquisa e Inovação em Botânica” transita por esferas que proporciona a possibilidade de percepção de o quão ampla e abrangente é esta grande área das Ciências Biológicas, esta, por sua vez, um grande campo do saber.

Neste sentido, o leitor tem a oportunidade de enveredar por caminhos em que verificará uma amplitude de pensamento acerca do que pode ser explorado, e, ainda, provocando este leitor a alargar suas perspectivas de realização de investigações envolvendo estes organismos fundamentais e indispensáveis na manutenção da vida no planeta: as plantas!

Por questões de um raciocínio sequenciado deste título, os capítulos foram trazidos concebendo seus perfis principais dentro da proposta geral, assim, primeiramente são trazidos os estudos com enfoque direcionados especificamente ao ensino de Botânica, seguido de estudos com pesquisas básicas e aplicadas com subáreas mais tecnicistas, desembocando em vieses mais nitidamente inovadores, não havendo aqui a sugestão de que estes perfis sejam mutuamente exclusivos entre os capítulos, pelo contrário, há uma inter e transdisciplinaridade entre os mesmos.

Sem maiores delongas, portanto, desejo a todos que usufruam ao máximo das informações aqui contidas, reproduzindo-as, aplicando-as e sempre aprendendo mais...

Jesus Rodrigues Lemos

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **OFICINA DIDÁTICA DE PLANTAS MEDICINAIS: ESTRATÉGIA DE ENSINO NAS AULAS DE CIÊNCIAS**

Samara Fernanda de Oliveira

Jheniffer Batista dos Santos

Léia Mendes Guedes

Caroline Pereira Lopes

Valquiria do Nascimento Silva

Diego Cabral dos Santos

Edenice Matheus

Vanessa Daiana Pedrancini

Valéria Flávia Batista da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.6602109041**

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ECOPELAGOGIA NA RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA NA MARGEM ESQUERDA E NASCENTE DO RIO SUBAÚMA NO LITORAL NORTE DA BAHIA (BRASIL)**

José Antonio da Silva Dantas

Maria Dolores Ribeiro Orge

Cláudio Roberto Meira de Oliveira

Clemerson Alan Mota Costa Santos

Ludmilla de Santana Luz

Wilma Santos Silva

Rafaela Soares Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.6602109042**

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **ESTRUTURA E DIVERSIDADE ALFA DE UMA ÁREA DE CERRADO *SENSU STRICTO* NA RESERVA DA BIOSFERA DA SERRA DO ESPINHAÇO**

Tháís Ribeiro Costa

Leovandes Soares da Silva

Heitor Alves Bispo Júnior

Miriana Araújo de Souza Ribeiro

Anne Priscila Dias Gonzaga

**DOI 10.22533/at.ed.6602109043**

### **CAPÍTULO 4..... 37**

#### **IRIDACEAE IN HIGHLAND GRASSLAND VEGETATION AREAS OF PARANÁ SOUTHERN BRAZIL**

Larissa Dal Molin Krüger

André Luiz Gaglioti

Adriano Silvério

**DOI 10.22533/at.ed.6602109044**

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
<b>COMO OS ATRIBUTOS TÉRMICOS FOLIARES DE ÁRVORES NA TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO VARIAM ENTRE OS NÍVEIS ORGANIZACIONAIS?</b>	
Igor Araújo de Souza	
Bruno Araújo de Souza	
Josiene Naves Carrijo	
Tiffani Carla da Silva Vieira	
Carla Heloísa Luz de Oliveira	
Suyane Vitoria Marques dos Santos	
Nayara Cardoso Barros	
Daniella Aparecida Cipriano	
Ludimila Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6602109045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
<b>REGENERACIÓN NATURAL ARBOREA Y ARBUSTIVA EN ÁREAS DEGRADADAS POR MINERÍA AURÍFERA EN LA AMAZONIA PERUANA</b>	
Verónica Huamaní Briceño	
Gabriel Alarcón Aguirre	
Rembrandt Canahuire Robles	
Marx Herrera-Machaca	
Jorge Garate-Quispe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6602109046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>69</b>
<b>INSERÇÃO DE ÁRVORES FRUTÍFERAS NA ARBORIZAÇÃO DO PARQUE LINEAR DA GAMELINHA, ZONA LESTE DE SÃO PAULO</b>	
Alessandra Pereira dos Santos Marques	
Fabiana Aparecida Vilaça	
Ana Cláudia Siqueira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6602109047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>85</b>
<b>USUAL LABORATORIAL TECHNIQUES IN TROPICAL MELISSOPALYNOLOGY</b>	
Ortrud Monika Barth	
Alex da Silva de Freitas	
Cynthia Fernandes Pinto da Luz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6602109048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>99</b>
<b>IMPACTO DA TEMPERATURA ELEVADA E DA SECA NAS CARACTERÍSTICAS DO PÓLEN DE ESPÉCIES NATIVAS E CULTIVADAS</b>	
Cynthia Fernandes Pinto da Luz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6602109049</b>	

<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>123</b>
GEN <i>pelB</i> , COMO FACTOR DE VIRULENCIA EN AISLAMIENTOS DE <i>Colletotrichum SPP</i> En <i>Rubus glaucus</i> Benth	
Lina María Gómez López	
Marta Leonor Marulanda Ángel	
Liliana Isaza Valencia	
Ana María López Gutiérrez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.66021090410</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>139</b>
AÇÕES ANTIOXIDANTES DAS FOLHAS DE <i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) OKEN CONTRA RADICAIS LIVRES	
Lucas Apolinário Chibli	
Maria da Glória Ferreira Leite	
Orlando Vieira de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.66021090411</b>	
<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>156</b>
EXTRATO DE <i>Schinus terebinthifolius</i> RADDI COM POTENCIAL ANTICANCER: UM ESTUDO PROSPECTIVO	
Julia Samara Pereira de Souza	
Robson Edney Mariano Nascimento e Silva	
Heryka Myrna Maia Ramalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.66021090412</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>166</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>167</b>

## IMPACTO DA TEMPERATURA ELEVADA E DA SECA NAS CARACTERÍSTICAS DO PÓLEN DE ESPÉCIES NATIVAS E CULTIVADAS

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 24/01/2021

**Cynthia Fernandes Pinto da Luz**

Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em  
Palinologia  
São Paulo - SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9803806414020991>

ORCID <http://orcid.org/0000-0001-7908-155X>

**RESUMO:** Com a tendência das últimas décadas de elevação das temperaturas e maiores períodos de seca no Brasil, faz-se necessário um estudo sobre o impacto que esses agentes estressores vêm causando nas plantas nativas e naquelas mantidas *in situ* e *ex situ*. A polinização bem-sucedida, com grãos de pólen viáveis, é fator essencial para a manutenção da vegetação. Dentre os agentes estressores, a disponibilidade hídrica e o aumento de temperatura têm sido considerados como importantes fatores que afetam o período reprodutivo das plantas, especialmente na produtividade e viabilidade polínica. Os efeitos podem ser avaliados em experimentos controlados por meio de simulações da situação futura prevista devido às alterações climáticas. Os dados devem ser comparados aos obtidos em grãos de pólen de plantas mantidas em condições que representem a situação atual ou anterior às mudanças climáticas previstas para o final do século XXI. A avaliação palinológica sobre esses impactos abrange a morfologia polínica clássica utilizando

ferramentas tecnológicas, como a microscopia fotônica e eletrônica de varredura, para verificar possíveis anormalidades em grãos de pólen devido a exposição aos fatores associados às mudanças climáticas. Outros testes também são necessários. Os estudos com esse enfoque contribuem para o entendimento das possíveis consequências fisiológicas nas propriedades germinativas polínicas e conseqüentemente, na fertilização das plantas em ambientes naturais impactados pelas mudanças climáticas.

**PALAVRAS - CHAVE:** Grãos de pólen, Morfologia polínica, Mudanças climáticas, Testes histoquímicos, Testes de germinação polínica, Viabilidade polínica *in vitro*

### IMPACT OF ELEVATED TEMPERATURE AND DROUGHT ON POLLEN CHARACTERISTICS OF NATIVE AND CULTIVATED SPECIES

**ABSTRACT:** With the trend of recent decades of rising temperatures and longer periods of drought in Brazil, it is necessary to study the impact that these stressors have been causing on native plants and on those maintained *in situ* and *ex situ*. Successful pollination with viable pollen grains is an essential factor in maintaining vegetation. Among the stressors, water availability and temperature increase have been considered as important factors that affect the reproductive period of plants, especially in productivity and pollen viability. The effects can be evaluated in controlled experiments through simulations of the predicted future situation due to climate change. The data must be compared to those obtained

from pollen grains of plants maintained in conditions that represent the current situation or previous to the climate changes predicted for the end of the 21st century. The palynological assessment of these impacts covers classical pollen morphology using technological tools, such as photonic and scanning electron microscopy, to check for possible abnormalities in pollen grains due to exposure to factors associated with climate change. Further tests are also needed. Studies with this focus contribute to the understanding of the possible physiological consequences on pollen germinative properties and, consequently, on plant fertilization in natural environments impacted by climate change.

**KEYWORDS:** Climatic changes, Histochemistry tests, *In vitro* pollen germination, Pollen germination tests, Pollen grains, Pollen morphology

## 1 | INTRODUÇÃO

As simulações projetadas pelos modelos globais do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) para o século XX demonstraram que de 1960 a 2000 houve uma tendência positiva significativa na frequência de noites mais quentes em praticamente toda a América do Sul ao sul de 10° S. Tendências positivas em relação aos eventos de precipitação intensa distribuídos irregularmente ao longo dos anos e extensos períodos de seca também foram observadas na série histórica para o sudeste da América do Sul (Marengo et al. 2010). As projeções mais otimistas para o sudeste brasileiro até o final do século XXI indicam elevação da temperatura de 2 a 3° C, enquanto em um cenário mais pessimista a temperatura será ainda mais elevada, de 3 a 4° C, com eventos pluviométricos severos e irregulares em ambos os cenários, levando a episódios prolongados de seca (Marengo et al. 2007).

Como exemplo, estudos realizados por várias instituições de pesquisa de São Paulo indicaram que a biodiversidade dos ecossistemas terrestres e aquáticos abrangidos pela Reserva da Biosfera do Cinturão Verde (RBCV-SP) vem sendo impactada pelas mudanças climáticas. Como exemplo do que vem ocorrendo nos fragmentos florestais incluídos nesta área podemos apontar os registros do Instituto Astronômico e Geofísico realizados de 1933 até 2017 que demonstraram aumento de mais de 2° C na temperatura média anual e aumento médio de 6,0 mm na precipitação anual no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI, administrado pelo Instituto de Botânica). Este aumento de temperatura foi acompanhado por uma elevação de quase 50% dos totais anuais de precipitação pluviométrica, associada à diminuição dos dias de chuva e maior variabilidade climática (IAG/USP 2017). Nesse período, a taxa de variação da temperatura média anual no PEFI foi mais do que o triplo da observada para todo o globo terrestre, potencializando os riscos de perda de biodiversidade neste fragmento florestal urbano.

A reprodução das plantas é altamente vulnerável a fatores de estresse como alta concentração de CO<sub>2</sub>, altas temperaturas, componentes atmosféricos tóxicos e diferentes graus de dessecação, o que pode levar a mudanças nas comunidades vegetais com perda ou/e substituição de espécies, principalmente as endêmicas e em pequenas populações



(Koti *et al.* 2005). “Viabilidade” é definida como a capacidade de viver, desenvolver-se ou, no caso das plantas, germinar quando existem condições favoráveis (Dafni & Firmage 2000). Portanto, estudos de viabilidade contribuem para a análise de risco e são essenciais para a adoção de estratégias de manutenção da biodiversidade vegetal em planos de conservação (Zanella *et al.* 2012, Frankham 2010).

Para a conservação da biodiversidade vegetal nativa é importante entender as consequências da exposição dos grãos de pólen aos diversos tipos de agentes ambientais estressores advindos das mudanças climáticas. A disponibilidade de pólen é uma das principais limitações do sucesso reprodutivo das plantas, e, espera-se que seja mais eficaz quando vários grãos de pólen viáveis estejam atuando na polinização (Fernández *et al.* 2012). A polinização efetiva é um pré-requisito para a formação de frutas e sementes na maioria das plantas, e informações sobre a biologia do pólen são necessárias para qualquer abordagem que vise conservar e/ou aumentar a produtividade vegetal (Cruzan 1989, Bolat & Pirlak, 1999, Shivanna 2003).

### **1.1 Estudos morfológicos e de viabilidade polínica frente aos futuros cenários de extremos climáticos**

A antera, é formada por dois lóculos situados de um lado e de outro do conectivo. Cada lóculo da antera é constituído por dois sacos polínicos nos quais se formam os grãos de pólen. Cada saco polínico é constituído do exterior para o interior pelas seguintes camadas celulares: (a) epiderme, (b) a camada mecânica (ou endotécio) em que as paredes interna e radial se lenhificam posteriormente e cujo processo está associado à deiscência da antera; (c) a camada transitória (ou camada média) que pode estar presente ou não e que se degenera rapidamente; (d) o tapete que tem um papel fisiológico importante no desenvolvimento das células esporogênicas e, (e) o tecido esporogênico composto por células diplóides que se multiplicam ativamente por meiose (Figura 1). Durante o desenvolvimento inicial dos estames, as células esporogênicas tornam-se bastante distintas das circundantes. A camada mais interna que as envolve, o tapete, nutrirá essas células que já diferenciadas passam a se chamar “células mães dos grãos de pólen” (CMP). O tapete é uma camada de células metabolicamente ativas que fornece esporopolenina para a esporoderme, secreta  $\beta$ -1,3-glucanase para a quebra da calose, além de outros materiais essenciais ao pólen, como as moléculas lipídicas. O desenvolvimento normal do pólen depende dessa interação com o tapete e, na antese, o tapete já está degenerado em condições normais de desenvolvimento (Heslop-Harrison 1971, Dunbar 1973, Barth 1978, Pacini *et al.* 1985, Shivanna & Johri 1985, Dickinson 1992, Pacini 2000, Li & Zhang 2010).

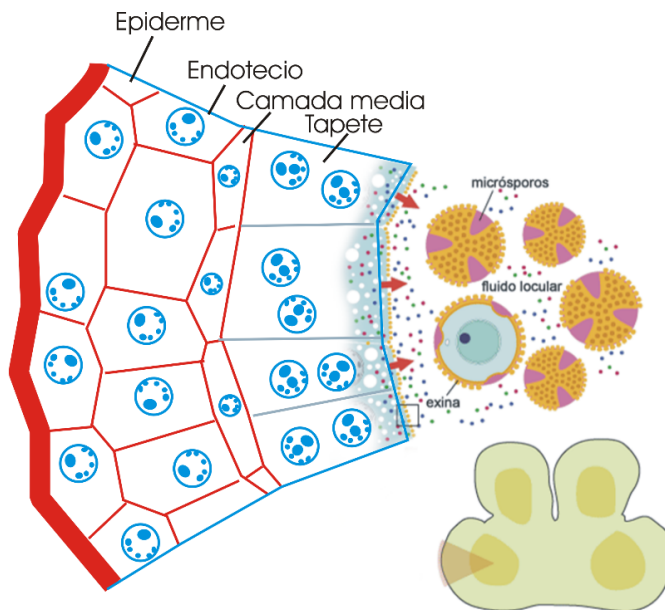


Figura 1. Caracterização dos estratos parietais da antera jovem (Fonte: Modificado de <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/embriologia-vegetal-esporogenese/micro2.php>).

O pólen é o microgametófito responsável pela transferência do material genético masculino e sua caracterização morfológica é tão importante na Taxonomia quanto na conservação da biodiversidade, já que anomalias polínicas podem impedir a fertilização vegetal. Os estudos da biologia polínica são importantes para subsidiar os programas de melhoramento de plantas, na avaliação das chances de germinação polínica após exposição a várias condições ambientais e no manejo de espécies nativas para reintrodução na natureza.

Embora o pólen apresente uma alta diversidade morfológica entre espécies, gêneros e famílias vegetais (Figura 2) é caracterizado por exibir três pontos em comum: (a) contém reservas de carboidratos para seu desenvolvimento e manutenção até a germinação do tubo polínico, (b) tem duas paredes celulares, a exina e a intina e, (c) contém os gametas ou seus precursores (Pacini 2000). Raras são as espécies cujo pólen não apresenta exina (parede exterior do pólen), geralmente as plantas marinhas e algumas poucas terrestres de ambientes tropicais muito úmidos, como as de Heliconiaceae, Lauraceae Musaceae e Zingiberaceae, que apresentam redução ou falta total de exina (Kress 1986).

Segundo Benzing (2000), para os estudos taxonômicos a utilização das características morfológicas dos grãos de pólen, principalmente o tipo de ornamentação da exina e número de aberturas polínicas (colpos, poros, sulcos etc.), é uma alternativa ao uso de características vegetativas, como a cor da folha e da flor e o tamanho dessas estruturas,

mais sujeitas a alterações morfológicas devido aos fatores ambientais. As características polínicas são consideradas conservativas do ponto de vista taxonômico e filogenético, pois apresentam baixa plasticidade fenotípica (Chanda *et al.* 1979). Sendo assim, o valor dos caracteres polínicos foi reconhecido na Taxonomia das Angiospermas nas propostas recentes de classificação do grupo (APG II 2003, APG III 2009, APG IV 2016), uma vez que podem indicar limites taxonômicos, afinidades e dar suporte à análise de esquemas de classificação.

Apesar dos grãos de pólen serem considerados morfológicamente estáveis (com exceção de algumas plantas ornamentais que podem apresentar pólen malformado em grande frequência, Figura 2) foi comprovado que altas temperaturas, suspensão hídrica, variações na quantidade de nitrogênio no solo, metais pesados, alta irradiação de UV-B e taxas elevadas de CO<sub>2</sub> podem alterá-lo durante seu desenvolvimento na antera. Foi observado em plantas submetidas aos estressores climáticos e poluentes atmosféricos menor produção de pólen, pólen com tamanhos discrepantes e com deformações morfológicas, baixo índice de germinação polínica, menores comprimentos dos tubos polínicos, maior acumulação de flavonoides, aumento de enzimas e metabólitos antioxidantes e indução de genes de metabólitos secundários relacionados à proteção (Nilsson & Berggren 1991, Koti *et al.* 2005, Wang *et al.* 2005, Rezanejad 2009).

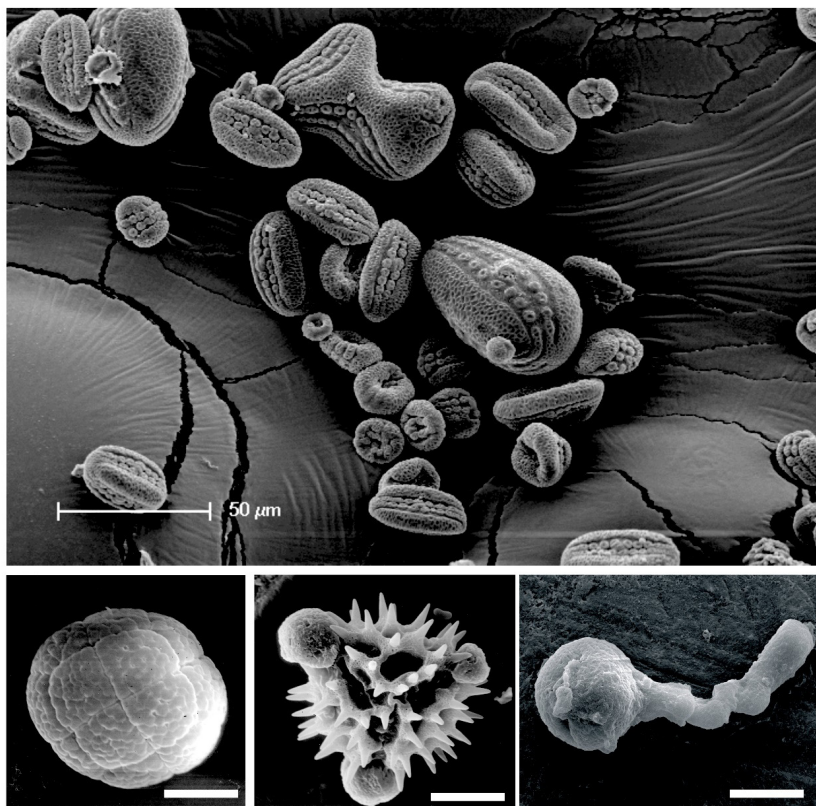


Figura 2. Imagens de grãos de pólen sob microscopia eletrônica de varredura. **Acima:** Grãos de pólen mal formados da planta ornamental *Justicia brandegeana* Wassh. & L.B.Sm. (“flor-camarão”, Acanthaceae). **Abaixo à esquerda:** Pólen de *Anadenanthera* sp. (Fabaceae). **Abaixo no centro:** Pólen de *Vernonia* sp. (Asteraceae). **Abaixo à direita:** Pólen e tubo polínico de *Senefeldera verticillata* (Vell.) Croizat (“maria-mole”, Euphorbiaceae). Barras das imagens de baixo = 10 µm (Fonte: Gabriela Cristina Sakugawa e Cynthia F. P. da Luz).

Estudos controlados com intensificação dos componentes abióticos em plantas economicamente importantes revelaram modificações no número de aberturas e na estrutura da exina do pólen (Shen & Webster 1986, Mercado *et al.* 1997, Porch & Jahn 2001, Cross *et al.* 2003), assim como resultaram em menores taxas de germinação e viabilidade polínica (Ahmed *et al.* 1992, Aronne 1999, Feng *et al.* 2000, Prasad *et al.* 2003, Wang *et al.* 2005, Das *et al.* 2014, Kaur *et al.* 2015).

Alta temperatura noturna ( $33 \pm 2^\circ\text{C}$  dia/ $30 \pm 2^\circ\text{C}$  noite) aplicada durante o desenvolvimento floral de *Vigna unguiculata* [L.] Walp. causou a indeiscência da antera pela não formação do endotécio e perda de viabilidade polínica devido a degeneração precoce do tapete. Foi demonstrado que o estágio floral mais sensível ao estresse ocorreu de 9 a 7 dias antes da antese (Ahmed *et al.* 1992). Em *Phaseolus vulgaris* com genótipo

sensível ao calor, o tratamento térmico (32°C dia /27°C noite) durante a microsporogênese, a partir de 9 dias anteriores a antese, também originou redução do espessamento da parede endotelial e degeneração incompleta dos septos interloculares, causando indeiscência das anteras, formação de pólen anormal e redução na viabilidade polínica (Porch & Jahn 2001). Resultado similar foi visto em *Sesamum indicum* (Kaul & Singh 1966) e no tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Rudich *et al.* 1977). Ao contrário, a aplicação de baixa temperatura noturna em *Capsicum annum* L. afetou as primeiras fases da meiose dos micrósporos, o que causou a diminuição na viabilidade polínica e desenvolvimento de grãos de pólen com menor tamanho e de exina menos espessa, o que acarretou uma menor quantidade de sementes por fruto. No entanto, plantas em fases posteriores de desenvolvimento dos micrósporos e na fase de maturação do pólen não foram afetadas pelos mesmos tratamentos térmicos (Mercado *et al.* 1997).

Em relação ao estresse hídrico, este foi prejudicial à produção de pólen no trigo (*Triticum* spp.), resultando em uma redução de 40% a 50% no rendimento (Dorion *et al.* 1996). A degeneração das células do tapete induzida pela seca prejudica a microsporogênese e o desenvolvimento do pólen. O momento de degeneração do tapete é crucial, pois uma degeneração precoce resulta em perda de orientação nas etapas do desenvolvimento polínico, e uma degeneração tardia leva a ausência no fornecimento de nutrientes essenciais aos micrósporos (Saini *et al.* 1984, Lalonde *et al.* 1997, Ji *et al.* 2010). Além disso, o pólen desenvolvido sob condições de seca é desprovido de amido, limitando a fertilização e o crescimento do tubo polínico (Ji *et al.* 2010). No trigo, o estresse hídrico diminuiu o nível de invertases no desenvolvimento do pólen (Dorion *et al.* 1996, Lalonde *et al.* 1997, McLaughlin & Boyer 2004, Koonjul *et al.* 2005), enquanto as plantas de linhagens tolerantes à seca apresentaram uma expressão normal de invertase (Ji *et al.* 2010). Nenhum efeito foi observado na fertilidade feminina do trigo sob estresse moderado de seca (Saini & Aspinall 1981, Ji *et al.* 2010).

O fornecimento insuficiente de grãos de pólen viáveis aos estigmas e a baixa qualidade genética do pólen foram apontados como os dois principais componentes na limitação polínica (Aizen & Harder 2007, Ashman *et al.* 2004, Hegland & Totland 2008, Knight *et al.* 2005, Larson & Barrett 2000). O sucesso da germinação do tubo polínico tem profundo efeito na fertilização das plantas e consequente produção de frutos e sementes. Estudos relacionaram a viabilidade polínica com características dos frutos e a quantidade de pólen com a produção e qualidade das sementes (Cardoso 2003, Latado *et al.* 2004). Vários estudos demonstraram que as técnicas de seleção polínico influenciaram benéficamente vários cultivos como o do girassol, cuja tolerância das plantas ao calor e maior resistência à seca se deveu a auto-polinização com grãos de pólen selecionados (Lyakh & Totsky 2014). A viabilidade polínica repercute também no potencial das espécies de realizar a fecundação cruzada entre populações distantes (Richards *et al.* 2005).

## 1.2 Mecanismos de estabilização hídrica do microgametófito em face ao seu desenvolvimento

O tempo de viabilidade polínica pode decorrer de poucos minutos até alguns meses, e parece estar relacionado às características fisiológicas do pólen com relação ao conteúdo de água antes e após sua dispersão e também a qual tipo de reservas de carboidratos possui (Hoekstra & van Roekel 1988, Dafni & Firmage 2000, Nepi *et al.* 2001).

O pólen apresenta variações em seu teor de água adequadas às fases de seu desenvolvimento. O desenvolvimento do pólen compreende três etapas principais: (i) microsporogênese (diferenciação das células esporogênicas e meiose); (ii) desenvolvimento pós-meiótico dos micrósporos; e (iii) mitose dos micrósporos (Chaudhury 1993). O desenvolvimento polínico pode ser dividido em cinco fases que diferem em relação ao estado de hidratação: (1) O pólen se desenvolve dentro da antera imerso no fluido locular, que transporta nutrientes do tapete, incluindo lipídeos – denominada como fase da microsporogênese; (2) O líquido locular desaparece por reabsorção e/ou evaporação antes da abertura da antera e os grãos de pólen em maturação sofrem desidratação, que pode se dar antes ou logo depois da deiscência da antera, dependendo da espécie - a fase de desidratação; (3) As anteras se abrem, o pólen pode ser dispersado imediatamente ou ser mantido ali para ser disperso posteriormente, como ocorre, por exemplo, nas plantas entomófilas que dependem dos insetos para sua polinização - a fase de apresentação; (4) O pólen é dispersado pelos vários agentes polinizadores, permanecendo exposto no ambiente por diferentes períodos - a fase de dispersão; (5) Após a dispersão, quando o pólen cai no estigma e, no caso de haver compatibilidade e condições adequadas, sofrerá reidratação e iniciará a germinação com emissão do tubo polínico - a fase de interação pólen-estigma (Pacini & Franchi 1992, Pacini *et al.* 2006, Firon *et al.* 2012). Dessa maneira, o volume dos grãos de pólen diminui ligeiramente após a clivagem meiótica e começa a aumentar durante a formação da exina e intina. Na fase de desidratação, o volume diminui novamente, só aumentando depois, quando o pólen cai no estigma (Firon *et al.* 2012).

Depois da degeneração do tapete, o fluido locular permanece por um curto período de tempo e depois desaparece, iniciando a fase da desidratação que faz com que a antera se deforme, abrindo-se. Normalmente, logo antes ou logo depois da deiscência da antera ocorre a desidratação parcial do grão de pólen, que entra em estado “dormente” (em analogia com sementes). No estado dormente seus processos bioquímicos funcionam com uma taxa de atividade baixa para resistir às tensões do ambiente externo (Pacini 1990, Pacini 1997, Franchi *et al.* 2011, Firon *et al.* 2012).

A formação da exina do pólen depende em grande parte do papel secretório do tapete (Pacini *et al.* 1985, Shivanna *et al.* 1997), que começa a depositar precursores lipídicos na superfície da primexina celulósica dos micrósporos, logo após a liberação da tétrade, levando à formação da exina esculpida (Piffanelli *et al.* 1997, Blackmore *et al.*

2007). Nos estágios posteriores de desenvolvimento do pólen, o tapete produz e segrega os componentes lipídicos do pólen (trifina) nas cavidades da exina (Piffanelli *et al.* 1997, Blackmore *et al.* 2007). Durante a fase de desidratação, os corpos lipídicos remanescentes do tapete ficam envolvidos pela rede de retículo endoplasmático rugoso e numerosas vesículas se acumulam ao redor da periferia do citoplasma do pólen. Lipídeos também se acumulam no lóculo da antera e posteriormente dentro das columelas da exina do pólen (Piffanelli *et al.* 1998). Portanto, os lipídios intracelulares estão presentes tanto no pólen maduro como reserva de energia para a germinação do tubo polínico, quanto no micrósporo em desenvolvimento. Tanto a membrana como os lipídios de armazenamento dos grãos de pólen fornecem os substratos para a rápida expansão do plasmalema que ocorre após a germinação do pólen e o subsequente alongamento do tubo polínico (Pacini 2000).

Eventualmente, a superfície do pólen pode ser recoberta por uma substância que consiste principalmente de ácidos graxos e derivados de ácidos graxos de cadeia longa, como ésteres e compostos voláteis lipídicos, e várias proteínas, além de pigmentos carotenóides e óleos como essências aromáticas, que atraem e facilitam a adesão do pólen aos insetos, ocorrendo em abundância no pólen de plantas entomófilas. Essa substância que se chama “cimento polínico”, “*pollenkitt*”, “trifina” ou “pollen coat” desempenha papel fundamental no contato inicial entre o pólen e a superfície estigmática, antes da emergência do tubo polínico. O “*pollenkitt*” pode representar até 15% da massa total do pólen ao preencher os espaços entre as columelas e a superfície da exina, fornecendo relativa impermeabilidade ao grão de pólen, estratégia para evitar a perda de água, mantendo-o em um estado semi-desidratado (Preuss *et al.* 1993, Piffanelli *et al.* 1998). Verificou-se que deficiências quantitativas ou qualitativas na trifina foi a causa da esterilidade masculina devido à falta de hidratação polínica (Preuss *et al.* 1993).

### 1.3 Manutenção da viabilidade polínica frente às variações ambientais

A cutícula das anteras, a esporoderme e os componentes lipídicos desempenham um papel protetor importante para o desenvolvimento do microgametófito masculino. A cutícula da antera e a esporoderme são as duas principais camadas de proteção dos micrósporos, e são pré-requisitos essenciais para o sucesso da dispersão polínica (Bolick 1981, Li & Zhang 2010). O pólen, em geral, enfrenta mais perigo de ressecamento no ambiente do que os esporos de briófitas, samambaias e licófitas, já que as vias de comunicação bioquímica do pólen devem permanecer acessíveis ao estigma. O ar seco é um ambiente hiperosmótico e, a interface pólen/ar é oposta a interface pólen/estigma para o citoesqueleto hidrostático do pólen. A atmosfera pode representar um ambiente muito hostil, como ocorre, por exemplo, em um local com 50% de umidade relativa e temperatura a 20° C, cuja diferença entre o potencial osmótico do ar e da célula vegetal pode ser superior a 900 bar. Uma célula vegetal sem uma camada especial de cutina, suberina ou esporopolenina plasmolisaria muito rapidamente. Embora a plasmólise seja uma maneira de “acomodar a mudança de

volume” não é uma opção na harmomegatia polínica. Para um grão de pólen sobreviver aos estressores ambientais deve ser capaz de resistir às forças incidentes e suas deflexões e nisso a exina tem papel fundamental. Portanto, a exina serve para a proteção do pólen no meio ambiente, para a harmomegatia e como um reservatório bioquímico (Bolick 1981). Como a exina do pólen consiste principalmente do biopolímero esporopolenina, formada por fenóis polimerizados e derivados de ácidos graxos, a polimerização dessas moléculas químicas oferece à exina alta resistência aos fatores físicos e ambientais (Osthoff & Wiermann, 1987, Ahlers *et al.* 1999, Li & Zhang 2010).

A relação superfície-volume do pólen é uma das principais características que determina a taxa de perda de água, o que por sua vez se traduz em viabilidade e chances de sucesso na polinização (Aylor 2003, Ejsmond *et al.* 2015). Hipóteses prévias sobre o efeito da dessecação no pólen apontavam que uma planta deveria produzir grãos maiores que apresentassem também uma relação superfície/volume menor para minimizar a taxa de perda de água. Ejsmond *et al.* (2015) ao estudarem o pólen de 232 espécies de 11 grupos taxonômicos corroboraram as evidências de que a variabilidade interespecífica no tamanho do pólen é afetada pelas condições ambientais durante o período de floração. Porém, esses autores verificaram maiores grãos de pólen com menor relação superfície/volume produzidos por plantas que cresceram em locais com alta temperatura, independente da intensidade do déficit hídrico.

A região das aberturas e toda a exina estão sujeitas aos esforços mecânicos na regulação do volume de água do pólen devido as mudanças que ocorrem durante sua hidratação, nas diversas fases ainda na antera, e depois, na polinização e ao cair nos estigmas. As alterações da pressão osmótica no citoplasma do pólen durante a hidratação ou desidratação são reguladas por diversos fenômenos harmomegáticos da exina, tanto mecânicos quanto fisiológicos. Com relação aos fatores mecânicos da exina, foi visto que: (a) a capacidade da exina de resistir à compressão diminui com o aumento do tamanho do pólen e depende de sua forma. Os elementos de compressão, as columelas, devem ser curtas e largas para resistirem a maiores compressões; (b) já a habilidade da exina de resistir a tensão interna é independente do comprimento ou forma do pólen. Columelas bem desenvolvidas resistem melhor à flexão e ao cisalhamento (deformação devido a um deslocamento em planos diferentes, com manutenção do volume) (Bolick 1981). Devido a densidade específica da esporopolenina, é preferível que o pólen apresente mais elementos de tensão do que de compressão, pois os elementos de compressão têm seção transversal maior e, portanto, são mais pesados do que os elementos de tensão. Isso porque o pólen é dispersado por longas distâncias pelo ar ou pelos insetos, e por isso, é preferível que seja mais leve. Para reduzir as demandas no uso dos elementos de compressão, estes devem ser: (a) usados com moderação (menos columelas), (b) prontamente sintetizados e, (c) com baixa densidade (Bolick 1981).

Diferentes estruturas e espessuras indo do equador para os pólos de um



determinado grão de pólen servem para dar ao grão um eixo preferencial de contração no caso de dessecação. Quando ocorre desidratação, para evitar a dessecação ocorre o dobramento da exina sobre si mesma, invaginando-se em áreas menos espessas e na região das aberturas. Muitas vezes a região das aberturas apresenta uma margem com estrutura mais fina e mais sólida do que o resto da estrutura columelar da exina, o que permite maior controle da flexibilidade no fechamento das aberturas. Isso enfatiza a importância da exina em acomodar mudanças no volume do pólen devido à absorção ou perda de água (Bolick 1981). Por outro lado, nas plantas marinhas e em algumas plantas terrestres de ambientes úmidos, a exina é reduzida ou ausente, pois a desidratação é mínima ou nenhuma devido as condições do próprio ambiente (Pacini 1990, Franchi *et al.* 2011, Firon *et al.* 2012).

O pólen e o estigma estão bem adaptados para gerar microambientes favoráveis à germinação, crescimento dos tubos polínicos e fertilização do óvulo. A secreção do estigma é a principal condição para a germinação polínica, que ocorre de maneira autotrófica a partir das reservas do grão de pólen, enquanto o crescimento dos tubos polínicos é heterotrófico, às expensas das reservas estilares (Heslop-Harrison 2000). A germinação *in vitro* não reproduz completamente o crescimento do tubo polínico *in vivo*, uma vez que podem ocorrer interações entre a composição do meio de germinação e as diversas condições ambientais e do material vegetal. No entanto, apesar dessas desvantagens, a germinação *in vitro* oferece a possibilidade do controle das condições experimentais simulando uma condição mais próxima da germinação do pólen e tem sido considerada uma metodologia muito útil para essa finalidade (Soares *et al.* 2013, Souza *et al.* 2017). Os estudos de germinação do tubo polínico *in vitro* se mostraram eficientes como estimativa da viabilidade polínica em várias espécies de plantas, incluindo bromélias (Parton *et al.* 2002, Munhoz *et al.* 2008, Kumari *et al.* 2015, Souza *et al.* 2015, Souza *et al.* 2017).

Os carboidratos no pólen não funcionam apenas como reservas metabólicas ou carboidratos estruturais, são também importantes na determinação da longevidade polínica. O pólen com baixa longevidade apresenta pouca quantidade de carboidratos solúveis, enquanto o pólen longo tem mais carboidratos solúveis, assim como polissacarídeos citoplasmáticos. Estudos demonstraram uma correlação negativa entre o conteúdo em amido e sacarose no pólen de várias espécies. A sacarose protege as membranas no pólen desidratado (Hoekstra *et al.* 1992, Speranza *et al.* 1997).

Os grãos de pólen toleram dessecação ambiental até determinado ponto, sendo que a perda da viabilidade em diferentes espécies tem sido correlacionada com a perda de água e manutenção do estado de desidratação em condições naturais e de laboratório (Linskens & Cresti 1988, Nepi & Pacini 1993, Lisci *et al.* 1994). Os grãos de pólen foram classificados em dois tipos conforme o teor relativo de água (Firon *et al.* 2012). Na abertura da antera o pólen maduro do “tipo recalcitrante” contém mais de 30% de água, entretanto, geralmente desseca rapidamente durante sua dispersão, diminuindo drasticamente sua

viabilidade conforme a redução do teor relativo de água (Aylor 2003, Franchi *et al.* 2002, Nepi *et al.* 2001). Já o pólen maduro com teor relativo de água inferior a 30% é denominado de “tipo ortodoxo” e, acredita-se que seja capaz de manter a hidratação em níveis relativamente baixos e constantes durante sua fase de dispersão, antes de interagir com o estigma. Esse controle nas flutuações do conteúdo relativo de água, que é uma característica do pólen ortodoxo, favorece a viabilidade polínica, pois diminui sua vulnerabilidade aos ciclos de hidratação e desidratação causados pelas variações de umidade do ar, as quais poderiam causar danos irreversíveis em seu citoesqueleto (Heslop-Harrison & Heslop-Harrison 1992, Firon *et al.* 2012).

Dependendo da espécie, o pólen maduro tem um teor de água entre 5 a 50%. O pólen com alto teor de água pode ou não ser capaz de controlar a retenção hídrica durante a deiscência da antera (Pacini 2000, Nepi *et al.* 2001). Estratégias citofisiológicas do pólen são usadas para reter a água durante sua dispersão, como a presença dos carboidratos citoplasmáticos. Na ausência de tais estratégias, uma polinização rápida deve ser assegurada, porque a perda descontrolada de água leva ao perecimento da viabilidade polínica (Nepi *et al.* 2001).

É provável que todo o pólen contenha pelo menos alguns lipídios, mas alguns parecem usar somente lipídios como fonte primária de energia. Ao contrário, outros dependem principalmente de carboidratos, embora os lipídios não estejam completamente ausentes. Entre as reservas de carboidratos de pólen, o amido é o mais comum e, na prática, o pólen pode ser classificado como «amiláceo» (contendo amido) ou «não-amiláceo» (rico em lipídios ou sem amido). A regulação hídrica do pólen maduro foi estudada por Pacini (2000) que relatou a importância do amido nesse processo. O amido é a reserva de polissacarídeo mais comum e todos os grãos de pólen imaturos têm amido. A acumulação de amido se dá imediatamente após a fase de tétrade, na separação dos micrósporos, quando se formam pequenos vacúolos para armazenamento de amido. Posteriormente, os vacúolos aumentam em quantidade durante o desenvolvimento polínico em uma ou duas ocasiões, dependendo da espécie. À medida que os vacúolos se formam, os grãos de pólen aumentam em volume. Antes da deiscência da antera o amido pode ser completamente ou parcialmente hidrolisado, ou ainda, raramente hidrolisado. Dependendo da espécie, o amido pode ser total ou parcialmente transformado em: (a) outros tipos de polissacarídeos (frutanos e raramente calose), (b) dissacarídeos (sacarose) ou, c) monossacarídeos (glicose e frutose). Dessa forma, Pacini (2000) reconheceu duas categorias de grãos de pólen maduros: a) com frutanos e sacarose ou, b) frutanos e sacarose ausentes ou escassos.

Os frutanos são compostos derivados da polimerização da frutose num primer de sacarose. Seu comprimento varia de três a centenas de unidades monossacarídicas (Kandler & Hopf 1980). Os frutanos são conhecidos como substâncias de reserva de tubérculos e rizomas e de sementes em menor quantidade (Kandler & Hopf 1980). Além

de atuar como reserva, os frutanos atuam como osmorreguladores por meio de sua polimerização e despolimerização (Edelman & Jefford 1968). Eles desempenham um papel importante na tolerância a baixas temperaturas, estresse hídrico e regulação da absorção de água (Kandler & Hopf 1980, Hendry 1993, Spollen & Nelson 1994).

Os grãos de pólen maduros que apresentam sacarose e frutanos possuem mecanismos capazes de regular o teor de água pelo controle da pressão osmótica, prevenindo sua perda ou absorção excessiva, sendo mais resistentes aos choques térmicos enquanto aguardam a atuação dos agentes polinizadores. Além disso, geralmente, esses grãos de pólen têm aberturas na exina que regulam ainda mais as trocas hídricas, permitindo sua sobrevivência às flutuações de temperatura e umidade. Ao contrário, os grãos de pólen com falta ou escassez de frutanos e sacarose não possuem mecanismos eficazes capazes de regular a troca de água, nem de suportar o choque térmico, muitas vezes carecendo de aberturas, sobrevivendo melhor em lugares onde a umidade é alta e a temperatura é baixa (Milocani *et al.* 2006).

Para Baker & Baker (1979, 1983) a quantidade de amido dos grãos de pólen maduros vai depender do tipo de polinização da planta, do comprimento que os tubos polínicos terão que percorrer no gineceu até atingir o óvulo e da posição evolutiva da família. Grãos de pólen que apresentam apenas amido sofrem desidratação mais rapidamente e, conseqüentemente, não conseguirão ser transportados a longa distância na polinização. O tipo de substância de reserva está também relacionado ao tamanho do pólen e ao tipo de inseto polinizador (Baker & Baker 1979). De acordo com Endress (1994), os lipídios são mais comuns em grãos de pólen de tamanho grande a gigante (80-200  $\mu\text{m}$ ) do que em menores (15-80  $\mu\text{m}$ ). Pólen coletado por dípteros e himenópteros, incluindo abelhas, geralmente carece de amido (Endress 1994, Franchi *et al.* 1996).

Franchi *et al.* (1996) estudaram os grãos de pólen maduros de 901 espécies pertencentes a 104 famílias de eudicotiledôneas e 15 famílias de monocotiledôneas, ranqueando-os de acordo com suas reservas de amido para avaliar sua aplicação na Sistemática. Os grãos de amido apresentaram diferentes propriedades físico-químicas, ou seja, diferentes cores após aplicação de iodo (coloração com iodeto de potássio sob birrefringência em luz polarizada). Esses autores ressaltaram também os resultados de outros testes realizados em um número limitado de espécies que revelaram outros tipos de reservas de carboidratos no citoplasma, localizados fora dos plastídios. A partir dessas observações, os autores relataram que as reservas de carboidratos podem ser armazenadas apenas nos plastídios, no citoplasma fora dos plastídios, ou em ambos. O ranque obtido pelos autores conforme os tipos de reservas do pólen foram parcialmente compatíveis com a Sistemática, já que apenas algumas famílias mostraram consistentemente o mesmo tipo de reserva. Os autores também sugeriram que a presença de polissacarídeos no citoplasma previne a rápida diminuição da viabilidade polínica devido à dessecação, corroborando a hipótese de que as adaptações ecofisiológicas do pólen estão de acordo com a respectiva

síndrome de polinização das plantas-fonte.

Milocani *et al.* (2006) ao estudar o pólen de *Tillandsia* (Bromeliaceae) relataram que a plasticidade ecológica adaptativa do gênero é confirmada também pelos caracteres polínicos morfológicos que parecem ser típicos tanto do pólen do tipo parcialmente desidratado (PD) quanto do tipo parcialmente hidratado (PH). Esta situação tem um significado ecológico, indicando que a alta plasticidade adaptativa pode ser uma das razões dos muitos habitats diferentes onde vivem as *Tillandsia*. Este caráter polínico é, provavelmente, um caráter plesiomórfico que permitiu ao gênero *Tillandsia* diferenciar espécies bem adaptadas a ambientes áridos e outras que vivem em florestas mésicas. Os autores também verificaram que, ao contrário de outros grãos de pólen, os de *Tillandsia seleriana* mantêm uma considerável quantidade de amido na célula vegetativa até a deiscência da antera, porém estes não apresentaram frutanos, fato esse revelado no resultado negativo obtido no teste da inulina. De acordo com a classificação do pólen, que considera como caráter principal o conteúdo de água (Nepi *et al.* 2001), o pólen de *T. seleriana* mostrou caracteres de ambas as categorias (pólen parcialmente desidratado e pólen parcialmente hidratado).

## **2 | EXEMPLO DE EXPERIMENTO CONTROLADO EM UM CONTEXTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO AUMENTO DA TEMPERATURA NA PRODUTIVIDADE E VIABILIDADE DOS GRÃOS DE PÓLEN DE UMA ESPÉCIE DE BROMÉLIA ENDÊMICA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Foram desenvolvidos experimentos para avaliar o impacto da temperatura alta sobre a produção de grãos de pólen viáveis e capacidade de germinação polínica em plantas de *Nidularium minutum* Mez (subfamília Bromelioideae), bromélia terrícola rizomatosa com cerca de 30 a 40 cm de altura, endêmica da Mata Atlântica da Estação Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, município de Santo André, Estado de São Paulo. A REBIO Alto da Serra de Paranapiacaba (23° 46'35,9" S e 46° 18'42,9" O), tem altitude em relação ao nível do mar de 750 a 900 metros. O clima é tropical de altitude, mesotérmico super-úmido, com temperatura variando, em média, de 14 a 15° C no inverno a 21 a 22° C no verão, cujas temperaturas anuais põem variar de 2° a 30° C. O Bioma é da Mata Atlântica, mais especificamente a Floresta Ombrófila Densa (Leme 2000, Lopes *et al.* 2009, Kurita *et al.* 2014).

*Nidularium minutum* é considerada vulnerável conforme publicado no Livro Vermelho das Espécies Vegetais Ameaçadas de Extinção, pois apresenta um expressivo valor como planta ornamental, podendo torná-la alvo do extrativismo (Mamede *et al.* 2007, Kurita *et al.* 2014, Flora do Brasil 2020).

As plantas foram cultivadas a partir de sementes coletadas na REBIO e mantidas em casa de vegetação do Campo Experimental do Núcleo de Pesquisa em Plantas

Ornamentais (NPPO) do Instituto de Botânica (23°38'08"-23°40'18" S e 46°36'48"-46°38'00" O), localizado a 770–825 m de altitude. Após indução da floração com uso de 700 ppm de Ethephon, foram mantidas sob condições controladas em câmaras de crescimento por 10 dias antes da antese, estágio floral mais sensível ao estresse (Ahmed *et al.* 1992), cujos botões florais apresentavam cerca de 3 cm de comprimento (Figura 3). As condições foram ajustadas para simular o cenário atual da região de Paranapiacada, de onde é endêmica, com termoperíodo de 25° C dia/16° C noite, e da projeção do aumento de temperatura de acordo com o IPCC para o final do século, com termoperíodo de 30° C dia/20° C noite (4 graus acima da situação atual relatada para as médias de temperatura de Paranapiacaba). As flores em pré-antese e na antese foram coletadas das inflorescências inferiores e as anteras avaliadas foram retiradas do ciclo externo dos estames. Os testes utilizados seguiram os apresentados em Santos *et al.* (2021), com aplicação de testes histoquímicos (Carmin acético, Lugol, Alexander, Sudan IV), estimativa da viabilidade polínica e germinação polínica *in vitro* em meio de cultura BKM (Brewbaker & Kwack 1963), avaliação da morfologia polínica utilizando acetólise ACLAC (Raynal & Raynal 1971), mensuração do volume polínico em pré-antese e na antese e quantificação polínica e dos óvulos. Os resultados estão sendo avaliados e serão futuramente publicados, mas de antemão, viu-se que a alta temperatura afetou grandemente a viabilidade polínica de *Nidularium minutum*.



**Figura 3.** Plantas de *Nidularium minutum* Mez e seus grãos de pólen. **Acima:** Plantas na câmara de crescimento. **Abaixo à esquerda:** Aspecto da planta, com a inflorescência em destaque. **Abaixo à direita, superior:** Grão de pólen sob microscopia eletrônica de varredura. **Abaixo à direita, inferior:** Grãos de pólen e tubos polínicos germinados sob microscopia óptica. Barra da imagem de baixo à direita, superior = 10 µm; barra da imagem de baixo à direita, inferior = 20 µm (Fonte: Valéria Leobina dos Santos e Cynthia F. P. da Luz).

### 3 | CONCLUSÕES

A indústria e a vida moderna nas grandes cidades têm fornecido um número quase indefinido de agentes ambientais estressores e poluentes atmosféricos. O impacto nos grãos de pólen pelos vários fatores abióticos provenientes das mudanças climáticas continua sendo um fenômeno pouco conhecido. Frente aos cenários de extremos climáticos apontados nas simulações para o sudeste brasileiro onde as noites serão mais quentes,

as chuvas mais fortes e os períodos de seca mais extensos, são necessários estudos que ofereçam insights sobre o desempenho reprodutivo das plantas. É importante compreender se os parâmetros abióticos afetarão a preservação das características morfológicas do pólen ou sua taxa de viabilidade, pois anormalidades podem levar a graves consequências ecológicas para a conservação das espécies sob condições naturais.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [processos 2015/15359-0, 2016/24015-5, 2018/13992-5, 2017/50341-0] e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [processos 302766/2016-2, 304271/2019-5]. Este capítulo é dedicado à memória de Valéria Leobina dos Santos, cuja dedicação ao estudo das Bromeliaceae trouxe importantes avanços científicos.

## REFERÊNCIAS

Ahlers, H., Thom, I., Lambert, J., Kuckuk, R. & Wiermann, R. 1999. <sup>1</sup>H NMR analysis of sporopollenin from *Typha angustifolia*. *Phytochemistry* 50: 1095–1098.

Ahmed, F.E., Hall, A.E. & Demason, D.A. 1992. Heat injury during floral development in cowpea (*Vigna unguiculata*, Fabaceae). *American Journal of Botany* 79: 784-791.

Aizen, M.A. & Harder. L.D. 2007. Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology* 88:271–281.

Angiosperm Phylogeny Group II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436

Angiosperm Phylogeny Group III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification of the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121

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

Ashman TL, Knight TM, Steets JA, Amarasekare P, Burd M, Campbell DR, Dudash MR, Johnston MO, Mazer SJ, Mitchell RJ, Morgan MT, Wilson WG. 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology* 85:2408–2421.

Aronne, G. 1999. Effects of relative humidity and temperature stress on pollen viability of *Cistus incanus* and *Myrtus communis*. *Grana* 38: 364–367.

Aylor, D.E. 2003. Rate of dehydration of corn (*Zea mays* L.) pollen in the air. *J Exp Bot* 54:2307–2312.

- Baker, H.G. & Baker, I. 1979. Starch in angiosperm pollen and its evolutionary significance. *Am. J. Bot.* 66:591–600.
- Baker, H.G. & Baker, I. 1983. Some evolutionary and taxonomic implications of variation in the chemical reserves of pollen. In: Mulcahy DL, Ottaviano E (eds) *Pollen: biology and implications for plant breeding*. Elsevier Biomedical, New York, pp 42–51.
- Barth, O.M. 1978. *Apostila do curso de Palinologia*. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Benzing, D.H. 2000. *Bromeliaceae: Profile and Adaptive Radiation*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Blackmore, S., Wortley, A.H., Skvarla, J.J. & Rowley, J.R. 2007. Pollen wall development in flowering plants. *New Phytol.* 174: 483–498.
- Bolat, I. & Pirlak, L. 1999. An investigation on pollen viability, germination and tube growth in some stone fruits. *Journal of Agriculture and Forestry* 23:383-388.
- Bolick, M.R. 1981. Mechanics as an aid to interpreting pollen structure and function. *Review of Palaeobotany and Palynology* 35: 61-79.
- Brewbaker JL & Kwack BH. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *Am J Bot* 50: 859-865.
- Cardoso, A.I.I. 2003. Produção e qualidade de sementes de abobrinha “piramoita” em resposta a quantidade de pólen. *Bragantia*. Campinas, v. 62, n. 1, p. 47-52.
- Chanda, S., Ghosh, K. & Nilsson, S. 1979. On the polarity and tetrad arrangements in some mono- and diaperturate angiosperm pollen grains. *Grana* 18: 21-31.
- Chaudhury, A.M. 1993. Nuclear genes controlling male fertility. *Plant Cell* 5: 1277–1283.
- Cross RH, McKay SA, McHughen AG, Bonham-Smith PC. 2003. Heat-stress effects on reproduction and seed set in *Linum usitatissimum* L. (flax). *Plant, Cell and Environment* 26, 1013–1020.
- Cruzan, M.B. 1989. Pollen tube attrition in *Erythronium grandiflorum*. *American Journal of Botany* 76:562-570.
- Dafni, A. & Firmage, D. 2000. Pollen viability and longevity: Practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution* 222: 113–132.
- Das, S., Krishnan, P. Nayak M. & Ramakrishnan, B. 2014. High temperature stress effects on pollens of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Environmental and Experimental Botany* 101:36-46.
- Dickinson, H.G. 1992. Microspore-derived embryogenesis. In *Sexual Plant Reproduction* (eds M. Cresti & A. Tiezzi), pp. 1–5. Springer Verlag, Berlin.



- Dorion, S., Lalonde, S. & Saini, H. S. 1996. Induction of male sterility in wheat by meiotic-stage water deficit is preceded by a decline in invertase activity and changes in carbohydrate metabolism in anthers. *Plant Physiol.* 111: 137–145.
- Dunbar, A. 1973. A Review of the ultrastructure and ontogeny of some Angiosperm pollen. *Grana* 13: 85-92.
- Edelman, J. & Jefford, T.G. 1968. The mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus*. *New Phytol.* 67: 517-531.
- Ejsmond, M.J., Ejsmond, A., Banasiak, L., Karpin´ska-Kołodziej, M., Kozłowski, J. & Kołodziej, P. 2015. Large pollen at high temperature: an adaptation to increased competition on the stigma? *Plant Ecol* 216:1407–1417.
- Endress, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Feng, H., An, L., Tan, L., Hou, Z. & Wang X. 2000. Effect of enhanced ultraviolet-B radiation on pollen germination and tube growth of 19 taxa in vitro. *Environmental and Experimental Botany* 43: 45–53.
- Fernández, J. D., Bosch J., Nieto-Ariza B. & Gómez J. M. 2012. Pollen limitation in a narrow endemic plant: geographical variation and driving factors. *Oecologia* 170, 421–431.
- Firon, N, Nepi, M & Pacini, E. 2012. Water status and associated processes mark critical stages in pollen development and functioning. *Ann Bot* 109:1201–1213.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>> (acesso em 06-I-2021).
- Franchi, G.G., Bellani, L., Nepi, M. & Pacini, E. 1996. Types of carbohydrate reserves in pollen: localization, systematic distribution and ecophysiological significance. *Flora* 191: 1-17.
- Franchi, G.G., Nepi, M., Dafni, A. & Pacini, E. 2002. Partially hydrated pollen: taxonomic distribution, ecological and evolutionary significance. *Plant Syst Evol* 234:211–227.
- Franchi, G.G., Piotto, B.N., Nepi, M., Baskin, C.C., Baskin, J.M. & Pacini, E. 2011. Pollen and seed desiccation tolerance in relation to degree of developmental arrest, dispersal and survival. *Journal of Experimental Botany* 62: 5267– 5281.
- Frankham, R. 2010. Challenges and opportunities of genetic approaches to biological conservation. *Biological Conservation* 143: 1919-1927.
- Hegland SJ, Totland Ø. 2008. Is the magnitude of pollen limitation in a plant community affected by pollinator visitation and plant species specialisation levels? *Oikos* 117:883–891.
- Hendry, G.A.F. 1993. Evolutionary origins and natural functions of fructanes - a climatological, biogeographic and mechanistic appraisal. *New Phytol.* 123: 3-14.

Heslop-Harrison, J. 1971. The pollen wall: structure and development. In: Pollen development and physiology. Ed: J. Heslop - Harrison. Butterworks, London, pp: 75-98.

Heslop-Harrison, J. & Heslop-Harrison, Y. 1992. Cyclical transformations of the actin cytoskeleton of hyacinth pollen subjected to recurrent vapour-phase hydration and dehydration. *Biol Cell* 75: 245–252.

Heslop-Harrison, Y. 2000. Control Gates and Micro-ecology: The Pollen±Stigma Interaction in Perspective. *Annals of Botany* 85 (Supplement A): 5-13.

Hoekstra, F.A. & Roekel, van T. 1988. Desiccation tolerance of *Papaver dubium* L. pollen during its development in the anther. *Pl. Physiol.* 88: 626-632.

Hoekstra, F.A., Crowe, J.H., Crowe, L.M., Roekel, van T. & Vermeer, E. 1992. Do phospholipids and sucrose determine membrane phase transitions in dehydrating species? *Plant Cell and Environment* 15: 601-606.

IAG/USP. 2017. Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP. Seção Técnica de Serviços Meteorológicos - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – v 20, 2017 – São Paulo: IAG/USP.77p.

Ji, X., Shiran, B., Wan, J., Lewis, D. C., Jenkins, C. L. D. & Condon, A. G. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant Cell Environ.* 33: 926–942.

Kandler, O & Hopf, H. 1980. Occurrence, metabolism, and function of oligosaccharides. In: Preiss J. (ed.) *The biochemistry of plants: a comprehensive treatise*. Vol. 3. Carbohydrates: structure and function. Academic Press, New York, pp. 221-270.

Kaul, C.L. & Singh, S.P. 1966. Studies in male-sterile barley. II. Pollen abortion. *Crop Science* 6: 539–541.

Kaur, R., Bains, T.S., Bindumadhava, H. & Nayyar, H. 2015. Responses of mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes to heat stress: Effects on reproductive biology, leaf function and yield traits. *Scientia Horticulturae* 197: 527-541.

Knight TM, Steets JA, Vamasi JC, Mazer SJ, Burd M, Campbell DR, Dudash MR, Johnston MO, Mitchell RJ, Ashman TL. 2005. Pollen limitation of plant reproduction: pattern and process. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 36:467–497.

Koonjul, P. K., Minhas, J. S., Nunes, C., Sheoran, I. S., & Saini, H. S. 2005. Selective transcriptional down-regulation of anther invertases precedes the failure of pollen development in water-stressed wheat. *J. Exp. Bot.* 56: 179–190.

Koti, S., Reddy, K.R., Reddy, V.R., Kakani, V.G. & Zhao, D. 2005. Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet-B radiation on soybean (*Glycine max* L.) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths. *Journal of Experimental Botany* 56 (412): 725-736.

Kress, W.J. 1986. Exineless pollen: structure and pollination systems of Tropical *Heliconia* (Heliconiaceae). In: Blackmore S., Ferguson I. K. (eds.) *Pollen and spores: form and function*. Academic Press for the Linnean Society, London, pp. 329-345.

- Kumari A, Papenfus HB, Kulkarni MG, Pošta M & Van Staden J. 2015. Effect of smoke derivatives on in vitro pollen germination and pollen tube elongation of species from different plant families. *Plant Biol* 17: 825-830.
- Kurita, F.M.K., Machado, B.M., Teixeira, N.B., César, C.G.A., Nievola, C.C. & Tamaki, V. 2014. Fenologia, cultivo in vitro e aclimatização da bromélia ameaçada de extinção *Nidularium minutum* Mez. *Biotemas* 27: 59-69.
- Lalonde, S., Beebe, D.U. & Saini, H.S. 1997. Early signs of disruption of wheat anther development associated with the induction of male sterility by meiotic-stage water deficit. *Sex. Plant Reprod.* 10: 40–48.
- Larson BMH, Barrett SCH. 2000. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. *Biol J Linn Soc* 69:503–520.
- Latado, R.R., Filho, J.S.S.B., Junior, J.P. & Neto, A.T. 2004. Correlação entre viabilidade de pólen e características de frutos em mutantes de laranja “pêra”. *Pesq. Agropec. Bras.* 39: 961-965.
- Leme, E.M.C. 2000. *Nidularium Bromélias da Mata Atlântica* – Ed. Sextante Artes, Rio de Janeiro.
- Li, H. & Zhang, D. 2010. Biosynthesis of anther cuticle and pollen exine in rice. *Plant Signal Behav.* 5: 1121–1123.
- Linskens, H.F. & Cresti, M. 1988. The effect of temperature, humidity and light on the dehiscence of tobacco anthers. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie an Wet* 91: 369-375.
- Lisci, M., Tanda, C. & Pacini, E. 1994. Pollination ecophysiology of *Mercurialis annua* L. (Euphorbiaceae) na anemophilous species flowering all year round. *Annals of Botany* 74: 125- 135.
- Lopes, M.I.M.S., Kirizawa, M., Melo, M.M.R.F. (orgs.) 2009. *Patrimônio da Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba: a antiga Estação Biológica do Alto da Serra / Márcia Inês Martin Silveira Lopes, Mizué Kirizawa, Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo* — São Paulo: Instituto de Botânica. 720 p.
- Lyakh, V.A. & Totsky, I.V. 2014 Heat tolerance and adaptability to drought in sunflower can be influenced by pollen selection. *Helia* 37: 77–86.
- Mamede, M.C.H.; Souza, V.C.; Prado, J.; Barros, F.; Wanderley, M.G.L.; Rando, J.G. 2007. *Livro vermelho das espécies vegetais ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica. 165 p.
- Marengo, J., Ambrizzi, T., Alves, L., Nobre, C. & Pisnitchenko, I. 2007. Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil (Versão 1.0). Projeções climáticas (precipitação e temperatura) para o Brasil durante a segunda metade do Século XXI usando modelos regionais, nos cenários de baixas emissões (otimista IPCC-B2) e de altas emissões (pessimista IPCC-A2). Disponível em: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmlima/pdfs/prod\\_probio/Atlas.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmlima/pdfs/prod_probio/Atlas.pdf). (acesso em 08-I-2021).
- Marengo, J. A., Rusticucci, M., Penalba, O. & Renom, M. 2010. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. *Climatic Change* (2010) 98:509–529.

- McLaughlin, J.E. & Boyer, J.S. 2004. Sugar-responsive gene expression, invertase activity, and senescence in aborting maize ovaries at low water potentials. *Ann. Bot.* 94, 675–689.
- Mercado, J.A., Trigo, M.M., Reid, M.S., Valpuesta, V. & Quesada, M.A. 1997. Effects of low temperature on pepper pollen morphology and fertility: Evidence of cold induced exine alterations. *Journal of Horticultural Science* 72: 317-326.
- Milocani, E., Papini, A. & Brighigna, L. 2006. Ultrastructural studies on bicellular pollen grains of *Tillandsia seleriana* Mez (Bromeliaceae), a neotropical epiphyte. *Caryologia* 59: 88-97.
- Munhoz M, Luz CFP, Meissner Filho PE, Barth OM, Reinert F. 2008. Viabilidade polínica de *Carica papaya* L.: uma comparação metodológica. *Rev Bras Bot* 31: 209-214.
- Nepi, M. & Pacini, E. 1993. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany* 72: 527-536.
- Nepi, M., Franchi, G.G. & Pacini, E. 2001. Pollen hydration status at dispersal: cytophysiological features and strategies. *Protoplasma* 216: 171- 180.
- Nilsson, S. & Berggren, B. 1991. Various methods to determine air pollutants on pollen grains. *Grana* 30: 553-556.
- Osthoﬀ, K.S. & Wiermann, R. 1987. Phenols as integrated compounds of sporopollenin from *Pinus* pollen. *J. Plant Physiol.* 131: 5–15.
- Pacini, E., Franchi, G.G. & Hesse M. 1985. The tapetum: Its form, function, and possible phylogeny in Embryophyta. *Plant Syst. Evol.* 149: 155–185.
- Pacini, E. 1990. Harmomegathic characters of pteridophyta spores and spermatophyta pollen. *Plant Syst Evol Suppl* 5:53-59.
- Pacini, E. & Franchi, G.G. 1992. Diversification and evolution of the tapetum. In: Blackmore S., Barnes S. H. (eds.) *Pollen and spores: patterns of diversification*. Syst. Assoc. Clarendon Press, Oxford, pp. 301-316.
- Pacini, E. 1997. Tapetum character states: analytical keys for tapetum types and activities. *Can. J. Bot.* 75: 1448-1459.
- Pacini, E. 2000. From anthers and pollen ripening to pollen presentation. *Plant. Syst. Evol.*, 222: 19-43.
- Pacini, E., Guarnieri, M. & Nepi, M. 2006. Pollen carbohydrates and water content during development, presentation, and dispersal: a short review. *Protoplasma* 228: 73– 77.
- Parton, E., Vervaeke, R., Delen, B.R., Vandenbusscher, R. & De Proft, M. 2002. Viability and storage of bromeliad pollen. *Euphytica* 125: 155-161.
- Piffanelli, P., Ross, J.H. & Murphy, D.J. 1997. Intra- and extracellular lipid composition and associated gene expression patterns during pollen development in *Brassica napus*. *Plant J.* 11: 549–562.

- Piffanelli, P., Ross, J.H.E. & Murphy, D.J. 1998. Biogenesis and function of the lipidic structures of pollen grains. *Sex Plant Reprod* 11: 65–80.
- Porch, T.G. & Jahn, M. 2001. Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heat-tolerant genotypes of *Phaseolus vulgaris*. *Plant, Cell and Environment* 24: 723–731.
- Prasad PVV, Boote KJ, Allen H, Thomas JMG. 2003. Suboptimal temperatures are detrimental to peanut (*Arachis hypogaea* L.) reproductive processes and yield at both ambient and elevated carbon dioxide. *Global Change Biology* 9: 1775–1787.
- Preuss, D., Lemieux, B., Yen, G. & Davis, R.W. 1993. A conditional sterile mutation eliminates surface components from *Arabidopsis* pollen and disrupts cell signaling during fertilization. *Genes Dev.* 7: 974–985.
- Raynal A, Raynal J. 1971. Une technique de préparation des grains de pollen fragiles. *Adansonia* 2: 77-79.
- Rezanejad, F. 2009. Air pollution effects on structure, proteins and flavonoids in pollen grains of *Thuja orientalis* L. (Cupressaceae). *Grana* 48: 205–213.
- Richards, J.S., Stanley, J.N. & Gregg, P.C. 2005. Viability of cotton and canola pollen on the proboscis of *Helicoverpa armigera*: implications for spread of transgenes and pollination ecology. *Ecological Entomology* 30: 327-333.
- Rudich J., Zamski E. & Regev Y. 1977. Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato: pollination and fruit set. *Botanical Gazette* 138: 448–452.
- Saini, H. S. & Aspinall, D. 1981. Effect of water deficit on sporogenesis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.* 48: 623–633.
- Saini, H.S., Sedgley, M. & Aspinall, D. 1984. Development anatomy in wheat of male sterility induced by heat stress, water deficit or abscisic acid. *J. Plant Physiol.* 11: 243–253.
- Santos V.L., Nievola C.C., Fidalgo A.O., Kanashiro S., Wanderley M.G.L., Gomes E.P.C. & Luz C.F.P. 2021. Floral morphology and pollen viability of an endangered and endemic Bromeliaceae species from the Atlantic Forest. *Grana* 60 (*no prelo*).
- Shen, Y. & Webster, D. 1986. Effects of water stress on pollen of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 111: 807810.
- Shivanna, K.R. & Johri, B.M. 1985. *The Angiosperm Pollen: Structure and Function*, pp. 5–83. Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Shivanna, K.R., Cresti, M. & Ciampolini F. 1997. Pollen development and pollen-pistil interaction. In *Pollen Biotechnology for Crop Production and Improvement*, In: Shivanna K.R., Sawhney V.K., (eds.), Cambridge, UK: Cambridge University Press: 15–39.
- Shivanna, K.R. 2003. *Pollen biology and biotechnology*. Enfield: Science Publishers.

Soares, T.L., Jesus, O.N., Santos-Serejo, J.A. & Oliveira, E.J. 2013. In vitro pollen germination and pollen viability in passion fruit (*Passiflora* spp.). *Rev Bras Fitic* 35: 1116-1126.

Souza, E.H., Souza, F.V.D., Rossi, M.L., Brancalleão, N., Ledo, C.A.S & Martinelli, A.P. 2015. Viability, storage and ultrastructure analysis of *Aechmea bicolor* (Bromeliaceae) pollen grains, an endemic species to the Atlantic forest. *Euphytica* 204: 13-28.

Souza EH, Souza FVD, Rossi ML, Rossi, Packer RM, Cruz-Barros, MAV & Martinelli AP. 2017. Pollen morphology and viability in Bromeliaceae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89: 3067-3082.

Speranza A., Calzoni, G.L. & Pacini, E. 1997. Occurrence of mono or disaccharides and polysaccharides reserves in mature pollen grain. *Sex. Plant Reprod.* 10: 110-115.

Spollen, W.G. & Nelson, C.J. 1994. Response of fructan to water deficit in growing leaves of tall fescue. *Plant Physiol.* 106: 329-336. Stanley, R.G. & Linskens, H.F. 1974. *Pollen: biology, biochemistry and management*. Springer-Verlag, Berlin.

Wang, Q.Y., Aoki, D. & Sakamoto, K. 2005. Chemical and physical effects of air pollutants on Airborne Pollen in urban areas of Japan. *Proceedings: Indoor Air 2005*: 1510-1514.

Zanella, C.M., Janke, A., Palma-Silva, C., Kaltchuk-Santos, E., Pinheiro, F.G. & Paggi, G.M. 2012. Genetics, evolution and conservation of Bromeliaceae. *Genetics and Molecular Biology* 35: 1020-1026.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Amazônia 7, 52, 54, 55, 68

Anticâncer 157, 161, 162, 164, 165

Antracnose 124, 125, 126, 127, 128, 131, 133, 136, 137, 138

*Apis* 86, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Arborização 7, 70, 71, 72, 81, 82, 83, 84, 85

Aroeira 11, 12, 16, 18, 21, 34, 157, 160, 161, 165, 166

Árvores 7, 24, 32, 52, 53, 54, 55, 56, 68, 70, 71, 72, 74, 80, 81, 82, 83

Atividade antioxidante 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155

### B

Bee Products 86, 87, 97

Bioprospecção 160

Bosque 66, 67, 68, 78

*Bryophyllum pinnatum* 8, 140, 141, 142, 143, 152, 153, 154, 155, 156

### C

Campos de altitude 37

Cerrado 6, 7, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 41, 43, 45, 52, 53, 54, 55, 56, 82

Composición florística 58, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68

### D

Diversidade 6, 1, 8, 10, 24, 25, 26, 28, 31, 33, 35, 71, 80, 103

### E

Ecopedagogia 6, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21

Educação Ambiental 6, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 70, 72

Ensino de ciências 2, 3

Especies 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 125, 126, 127, 131, 134, 135, 136

Estadio Sucesional 58

### F

Fabaceae 24, 25, 28, 29, 30, 54, 58, 59, 63, 64, 65, 67, 84, 105, 116

fatores abióticos 115

Fenois 140, 143, 144, 146, 147, 150, 151, 152

Fitossociologia 25, 34, 167

Flavonoides 104, 140, 141, 143, 144, 146, 147, 150, 151, 152, 155  
Flora 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 63  
Folha 8, 53, 54, 55, 85, 103, 140, 141  
Frutíferas 7, 11, 14, 16, 70, 71, 72, 73, 74, 79, 80, 81, 82

## **G**

Germinação 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 113, 114

## **H**

*Herbertia* 37, 38, 40, 41, 42, 50, 51

## **I**

Iridaceae 6, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51

## **M**

Mata Atlântica 6, 11, 12, 14, 16, 19, 22, 80, 113, 120

Melissopalínologia 86

Minería 7, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Monocots 38

Mora 124, 125, 126, 127, 128, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138

Mudanças climáticas 26, 32, 54, 56, 100, 101, 102, 113, 115

## **O**

Oficinas Didáticas 2, 3

## **P**

Paisagismo 71, 72, 82, 83

Patente 14, 157, 163

Patogenicidad 124, 125, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136

Plantas Medicinais 6, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 141, 152, 155, 160, 164

Pólen 7, 86, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 120

Práticas Pedagógicas 2, 14

Propolis 86, 87, 88, 94, 95, 97

## **Q**

*Qualea* 24, 25, 29, 31, 54

## **R**

Radicais livres 8, 140, 141, 151, 152

Reflorestamento 12, 16, 18, 21



Regeneración 7, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69

Reserva da Biosfera 6, 24, 26, 28, 32, 35, 101

*Rubus Glaucus* 8, 124, 125, 128, 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138

## **S**

*Schinus terebinthifolius* 16, 157, 158, 160, 161, 163, 164, 165, 166

Sustentabilidade 12, 13, 14, 23, 98

## **T**

Temperatura 7, 27, 31, 52, 53, 54, 55, 81, 82, 83, 100, 101, 105, 106, 108, 109, 112, 113, 114, 120, 129, 130, 143, 144

Tolerância Fotossintética 52, 53, 54, 55

## **V**

Virulencia 8, 124, 127, 128, 134

# Ensino, Pesquisa e Inovação em Botânica

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Ensino, Pesquisa e Inovação em Botânica

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 