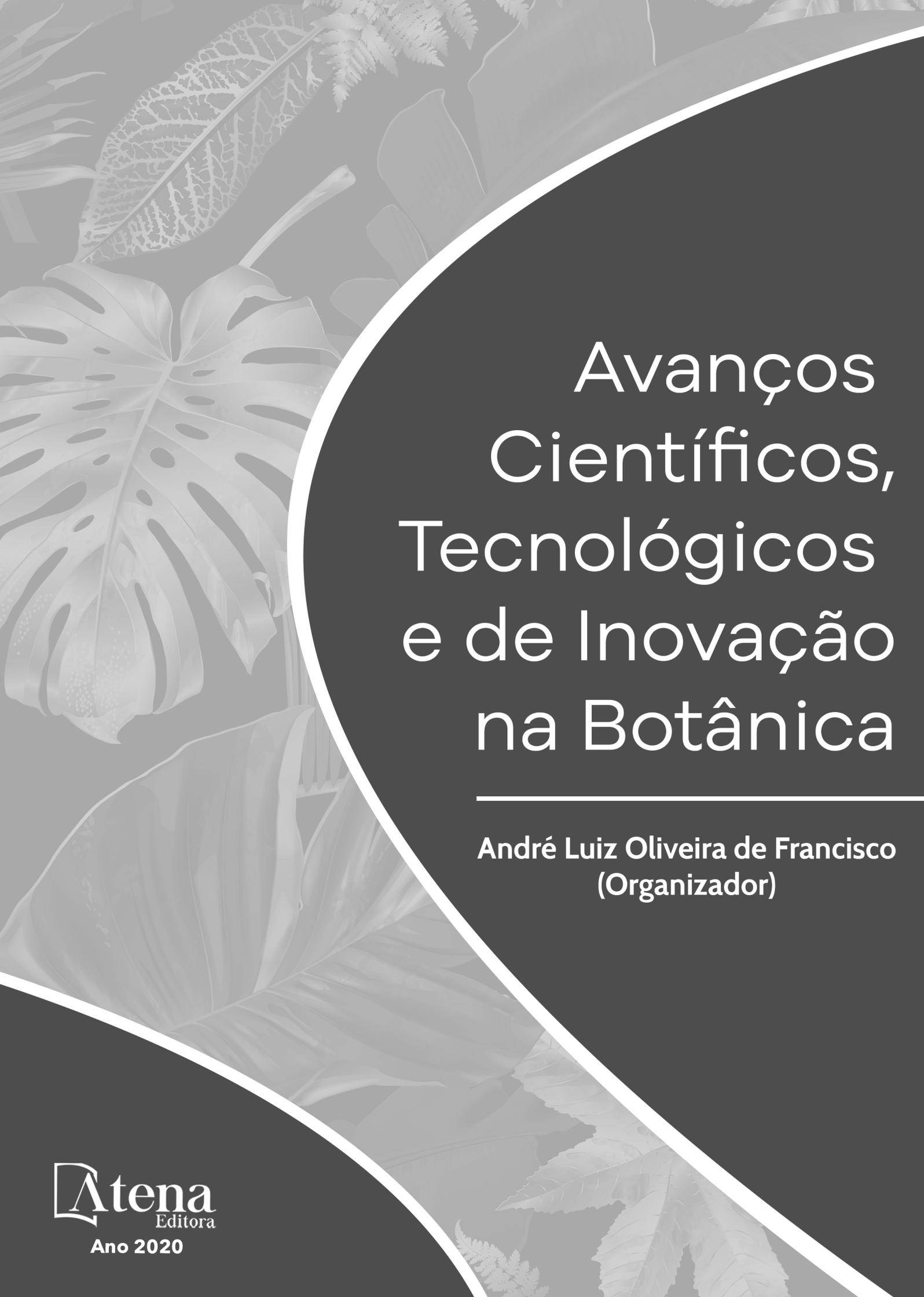




# Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica

---

André Luiz Oliveira de Francisco  
(Organizador)



# Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica

---

André Luiz Oliveira de Francisco  
(Organizador)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª 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  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. 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. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A946	<p>Avanços científicos, tecnológicos e de inovação na botânica [recurso eletrônico] / Organizador André Luiz Oliveira de Francisco. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-85-7247-985-1            DOI 10.22533/at.ed.851201402</p> <p>1. Biologia vegetal. 2. Botânica – Tecnologia. 3. Meio ambiente – Conservação. I. Francisco, André Luiz Oliveira de.</p> <p style="text-align: right;">CDD 582.1</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica traz ao leitor temas originais e abordagens diferenciadas, sendo 7 capítulos, nos quais o leitor poderá desfrutar de pontos da biologia vegetal aplicada relacionado a temáticas anatômicas, histológicas, bioquímicas, fisiológicas todas com aplicações em diversos setores da ciência.

A obra tem como objetivo apresentar estudos científicos recentes e inovadores que buscam colocar enfoque em temáticas pouco abordadas (raras), mas com grande aplicabilidade e informações ainda pouco dominadas da biologia vegetal nos ambientes acadêmicos, promovendo atualização do conhecimento e abrindo caminho para novos enfoques e ideias de pesquisa.

A abrangência dos temas promove uma teia de informações que levam a diferentes áreas do conhecimento científico se encontrando em torno do amplo mundo a botânica. Temas como tecnologia de sementes, anatomia e morfologia vegetal, fisiologia vegetal, bioquímica se inter-relacionando num mesmo capítulo a fim de demonstrar dados ainda pouco conhecidos e utilizando-se de técnicas diversas, desde simples como avaliações histológicas a complexas como a cromatografia, levando ao leitor experiências de conhecimento diferenciadas.

A aplicação dos temas estudados é constante nos capítulos presentes na bibliografia, sempre com alcance a diferentes áreas do conhecimento inclusive em um mesmo capítulo. Esta abrangência de áreas na obra amplia a utilidade desta em diferentes ambientes acadêmicos, além de promover a apresentação e integração de temáticas pouco conhecidas entre as áreas do conhecimento.

Neste sentido ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento da aplicabilidade da botânica e sua inter-relação com áreas do conhecimento correlatas, somando-se a estes, artigos com temas pouco retratadas. Assim tornando sua leitura uma abertura de fronteiras para sua mente com qualidade e didática promovida pela estrutura da Atena Editora. Boa leitura!

André Luiz Oliveira de Francisco

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E HISTOQUÍMICA DA LÂMINA FOLIAR DE <i>SIDA rhombifolia</i> L.	
Rafaela Damasceno Sá Cledson dos Santos Magalhães Karina Perrelli Randau	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> E PROPAGAÇÃO DE <i>CYRTOPODIUM FLAVUM</i> (ORCHIDACEAE) UTILIZANDO O SECCIONAMENTO DE PROTOCORMOS	
Suzana Stefanello Fabielle Garcia Zandonadi da Cruz Carina Kozera Samara Zanella	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
IDENTIFICAÇÃO DE ISOPRENOIDES NA FRAÇÃO HEXÂNICA DAS FOLHAS DE <i>MACHAERIUM ACUTIFOLIUM</i> POR CG-EM	
Adonias Almeida Carvalho Jurema Santana de Freitas Lucivania Rodrigues dos Santos Bruno Quirino Araújo Mariana Helena Chaves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
MUDANÇAS NA MORFOLOGIA DOS SILICOFITÓLITOS DE ACORDO COM A SENESCÊNCIA DAS FOLHAS DA ESPÉCIE <i>Brachiaria decumbens</i> WILD	
Heloisa Helena Gomes Coe Raphaella Rodrigues Dias Giliane Gessica Rasbold Sarah Domingues Fricks Ricardo Igo Fernando Lepsch	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
ÓLEOS ESSENCIAIS DE CITRONELA ( <i>CYMBOPOGON NARDUS</i> L.) RENDLE - (POACEAE): COMPOSIÇÃO, ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E ANTIBACTERIANA	
Stelina Timani Pinheiro Pedro Henrique Ferreira Tomé Mônica Hitomi Okura Nilvanira Donizete Tebaldi Nágilla Daliane Feliciano Edson José Fragiorge	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014025</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>64</b>
POLÍMEROS DE PAREDE CELULAR E CARBOIDRATOS NÃO ESTRUTURAIIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS DA FLORESTA ATLÂNTICA DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL	
Bernardo Pretti Becacici Macieira	
DOI 10.22533/at.ed.8512014026	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>78</b>
PRODUÇÃO E VARIAÇÕES QUÍMICAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA BREVE REVISÃO SOBRE OS FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE E A QUANTIDADE	
Ygor Jessé Ramos	
Jéssica Regina Sales Felisberto	
Claudete da Costa - Oliveira	
Elisama Duarte de Pontes	
Daniel de Brito Machado	
Irene Candido Fonseca	
Davyson de Lima Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.8512014027	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>105</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>106</b>

## MUDANÇAS NA MORFOLOGIA DOS SILICOFITÓLITOS DE ACORDO COM A SENESCÊNCIA DAS FOLHAS DA ESPÉCIE *Brachiaria decumbens* WILD

Data de aceite: 06/02/2020

Data de submissão: 17/11/2019

### **Heloisa Helena Gomes Coe**

Faculdade de Formação de Professores da UERJ,  
Departamento de Geografia  
São Gonçalo - RJ

### **Raphaella Rodrigues Dias**

Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos  
Oceanos e da Terra, Departamento de Geologia,  
Universidade Federal Fluminense  
Niterói – RJ

### **Giliane Gessica Rasbold**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia de  
Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade  
Estadual de Maringá  
Maringá – PR

### **Sarah Domingues Fricks Ricardo**

Programa de Pós-graduação em Botânica, Museu  
Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ

### **Igo Fernando Lepsch**

Departamento de Solos da ESALQ, Universidade  
de São Paulo  
Piracicaba - SP

**RESUMO:** Fitólitos são biomineralizações da sílica amorfa, formadas pela absorção

radicular do ácido silícico da solução do solo. Essas partículas aumentam a proteção das plantas contra estresses bióticos e abióticos. A morfologia dos fitólitos e sua posição em *Brachiaria decumbens* foi caracterizada e descrita. Amostras de raiz, caule, folhas de várias idades e sementes foram coletadas em Montes Claros, Minas Gerais, e técnicas específicas foram aplicadas para extração de fitólitos e observação microscópica. Feixes vasculares de diferentes tamanhos dispostos ao longo do mesófilo da planta foram verificados. Apêndices como tricomas, que são possivelmente estruturas de proteção, e sinuosidade das células epidérmicas foram identificados como fornecendo adaptação mecânica adicional à entrada e saída de água. A planta apresentou fitólitos típicos de gramíneas, tanto de células curtas (*bilobate*, *polylobate* e *rondele*) quanto de células longas (*elongate echinate*), bem como estômatos silicificados. Não foram observadas células bulliformes e tricomas silicificados. Cada parte da planta possui o mesmo padrão de produção de fitólitos, sem variação significativa nos morfotipos e em suas proporções, diferindo apenas na quantidade, que é maior nas folhas mais velhas. As formas dos fitólitos apresentaram diferenças sutis, provavelmente devido ao tempo de deposição de sílica nas células.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Brachiaria decumbens*;

Panicoideae; morfologia da planta; fitólitos; folhas senescentes.

## CHANGES IN MORPHOLOGY OF PHYTOLITHS ACCORDING TO LEAF SENESCENCE IN THE LEAVES OF BRACHIARIA DECUMBENS WILD

**ABSTRACT:** Phytoliths are biomineralizations of amorphous silica, formed through root absorption of silicic acid from the soil solution. These particles increase plant protection against biotic and abiotic stresses. The morphology of the phytoliths and their position in *Brachiaria decumbens* was characterized and described. Samples of root, stem, leaves of various ages and seeds were collected in Montes Claros, Minas Gerais and specific techniques were applied for phytolith extraction and microscope observation. Vascular bundles of different sizes arranged throughout the mesophyll of the plant were verified. Appendices such as trichomes, which are possibly protective structures, and sinuosity of the epidermal cells were identified as providing additional mechanical adaptation to water input and output. The plant presented typical grass phytoliths, both short-cell (bilobate, polylobate and rondel) and long-cell elongate echinate morphotypes, as well as silicified stomatal complex cells. Silicified bulliform cells and silicified trichomes were not observed. Each part of the plant has the same pattern of phytolith production, without significant variation in morphotypes and their proportions, differing only in quantity, which is higher in older leaves. Phytolith shapes presented subtle differences, probably due to silica deposition time in the cells.

**KEYWORDS:** *Brachiaria decumbens*; Panicoideae; plant morphology; phytoliths; senescent leaves.

## 1 | INTRODUÇÃO

Fitólitos são partículas microscópicas (<60-100 µm), de opala biogênica (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O) formadas através da polimerização do ácido silícico e subsequente precipitação da sílica amorfa dentro ou entre as células das plantas vivas (Piperno, 1988). Essas partículas são resultado de um processo de biomineralização, pelo qual as células dos tecidos vegetais servem como uma estrutura ou molde, no qual se precipitam íons e moléculas (Coe et al., 2014). Os fitólitos são bons *proxies* para a análise de ambientes passados, pois são bem preservados em condições oxidantes e permitem inferir condições ambientais como densidade arbórea, estresse hídrico e aridez (Coe et al., 2014).

As plantas absorvem ácido monossilícico [Si(OH)<sub>4</sub>] pelas raízes, passando pelo xilema, preferencialmente em ambientes onde o pH do solo está entre 2 e 9. De acordo com Coe et al. (2014), à medida que a planta realiza evapotranspiração, sua pressão interna se torna cada vez mais negativa em relação ao meio ambiente, aumentando a absorção de água do solo (ativa ou passiva) pelas raízes.

A produção de fitólitos é influenciada por características genéticas e fenológicas,

estando o grau de produção e desenvolvimento de fitólitos relacionado às condições climáticas, natureza e teor de água do solo, idade e parte da planta e, mais significativamente, disponibilidade de sílica para a planta. (Coe et al., 2014); membros da família Poaceae, por exemplo, têm uma produção muito alta de fitólitos.

A senescência também desempenha um papel importante na deposição de sílica, especialmente nas folhas, pois as partes mais antigas da planta têm um teor significativamente maior do que as mais jovens (Blackman, 1968, 1969; Lanning e Eleuterius, 1985; Wyttenbach et al., 1991; Hodson et al., 1996; Hodson e Sangster, 1998). Por exemplo, o teor de sílica nas folhas de Bambusoideae (Poaceae) senescente pode atingir cinco vezes o das folhas jovens (Motomura et al., 2004). Quanto mais velha a folha, mais água é consumida, mais  $\text{Si(OH)}_4$  é absorvido e mais fitólitos são formados. Essas células silicificadas aumentam a proteção da folha contra herbívoros, tornando as folhas mais velhas menos palatáveis do que as mais jovens, como é comumente observado em pastagens.

O gênero *Brachiaria*, cujo nome faz uma alusão aos seus racemos armados, é uma gramínea perene ou anual; ereta ou decumbente; entouceirada, rizomatosa, com enraizamento nos nós inferiores em contato com o solo, denso pubescente, de coloração geralmente verde-escura, de 30 a 90 centímetros de altura. Suas espiguetas são solitárias, raramente aos pares, subsésseis, organizadas em duas linhas; as lemas férteis possuem arestas reduzidas e tombadas (Hitchcock, 1935; Lorenzi, 2000).

*Brachiaria decumbens* Stapf. é uma gramínea forrageira utilizada na alimentação de animais em várias regiões brasileiras, possuindo adaptação em solos ácidos com baixa fertilidade (Santos e Monteiro, 1999). A morfologia de *B. decumbens* é bem variável, mesmo entre as suas variedades cultivadas. Em geral, os colmos de *B. decumbens* são geniculados, ramificados, hirtusos ou glabros, sendo os nós sempre glabros e de coloração mais escura. Entrenós inferiores curtos e entrenós superiores mais longos. No sistema basal ocorrem dois tipos de rizomas (1) curtos, duros e nodosos e (2) alongados, também duros, de tipo estolonífero (Nicolau et al., 2010).

As folhas são em bainhas estriadas, mais compridas que os entrenós, envolvendo completamente o colmo. Possui lígulas em forma de densa cortina de cílios com cerca de 1 mm de altura. As lâminas são lanceoladas ou linear-lanceoladas, de base arredondada e ápice acuminado, com até 18 cm de comprimento por 1,5 cm de largura; hirtusas em ambas as faces; margens espessas, finamente crenuladas em certos trechos (Nicolau et al., 2010).

Este estudo tem como objetivo caracterizar e descrever os fitólitos presentes na *Brachiaria decumbens* Stapf (subfamília Panicoideae), sua morfologia e posição nas diferentes partes da planta, contribuindo para a compreensão do desenvolvimento morfológico dos fitólitos de acordo com a idade da planta. A espécie foi selecionada devido a sua importância econômica e ecológica, seu rápido crescimento e alta produção de fitólitos.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de folhas, sementes, raízes e caules de *Brachiaria decumbens* foram coletadas para análise na fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrícolas da Universidade Federal de Minas Gerais (Montes Claros, MG) no mês de setembro de 2014. As folhas foram classificadas de acordo com faixa etária relativa, desde a mais recente, recém-formada (F-0), até a mais adulta, já senescente (F-9), na base das hastes (Figura 1), a fim de observar variações no processo de silicificação foliar. Os demais órgãos coletados foram analisados para investigar se a produção de fitólitos difere da das folhas ou segue o mesmo padrão de silicificação.

Primeiramente, foram coletadas 20 folhas para cada idade, de acordo com a posição, para medição e cálculo do comprimento médio. Posteriormente, folhas, raízes, sementes e caules foram lavados com solução de hexametáfosfato de sódio e água destilada e seca em estufa a 65°C, para limpar as amostras, removendo vestígios de solo, poeira e outros contaminantes para impedir a proliferação de fungos e bactérias.

**Extração de fitólitos por via seca:** As amostras foram tratadas no laboratório do Instituto de Ciências Agrícolas da Universidade Federal de Minas Gerais (Montes Claros, MG). A extração dos fitólitos foi realizada por calcinação, conforme metodologia de Parr (2001). Três gramas de material vegetal seco foram pesados, lavados com água destilada, transferidos para cadinhos de porcelana e aquecidos em um forno a 550°C por 12 h. Após o resfriamento, o conteúdo foi transferido para os tubos Falcon, foram adicionados 10 mL de HCl a 10% e aquecidos em banho-maria a 70°C por 20 minutos, ou até a reação parar (após centrifugação, este passo foi repetido duas vezes). Posteriormente, 10 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 15% foram adicionados e aquecidos em banho-maria a 70°C por 20 minutos, ou até a reação parar (após centrifugação, este passo foi repetido duas vezes). Em seguida, 1 mL de álcool a 70% foi adicionado e as amostras secas em uma câmara de aquecimento a 65°C. O material seco foi pesado e transferido para microtubos rotulados.

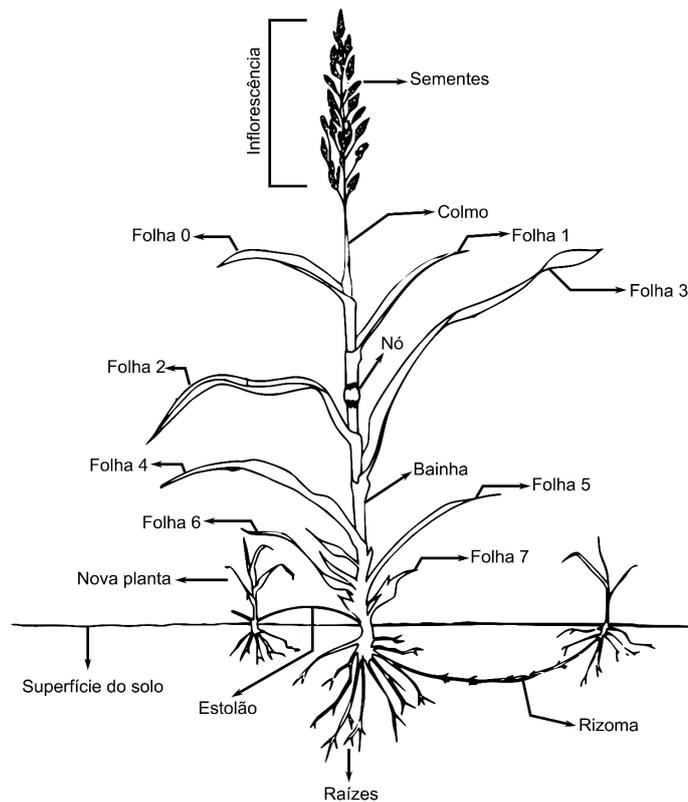


Figura 1: Esquema representado as principais partes da gramínea estudada (destaque para exemplo da posição das folhas de acordo com a idade). Fonte: adaptado de Dias et al., 2019.

**Extração de fitólitos por via úmida:** As amostras foram tratadas no laboratório de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (São Gonçalo, RJ). Porções do tecido vegetal foram separadas das amostras de folhas (F-0 a F-5), raízes, sementes e caules (3g de cada). O tratamento químico seguiu Medeanic et al. (2008), utilizando 20 mL de uma solução de ácido nítrico a 65% ( $\text{HNO}_3$ ) e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), na proporção de 1 parte de ácido nítrico para 4 partes de ácido sulfúrico. O material foi aquecido por três horas a 250 °C em frascos de Erlenmeyer e, após o resfriamento, foram adicionados 10 ml de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). As amostras foram transferidas para tubos Falcon e lavadas com água destilada até atingir o pH neutro.

**Clarificação do tecido vegetal:** As amostras de folhas (F-0 a F-9) foram clarificadas com hipoclorito de sódio. Uma ou duas folhas foram colocadas em uma placa de Petri e hipoclorito de sódio foi adicionado até cobrir as folhas. Após o clareamento, as folhas foram lavadas em água destilada e colocadas em lâmina com auxílio de pinça, mantendo a estrutura o mais intacta possível. As superfícies abaxial e adaxial de cada folha foram analisadas.

**Microscopia:** Todo o material obtido nas etapas descritas acima foi colocado em lâminas para microscópio óptico. Foi utilizado óleo de cravo para lâminas temporárias e Entellan® para as permanentes. As lâminas foram observadas, usando ampliação de 630x, sob um microscópio óptico de polarização Zeiss Axio Scope A1 do Laboratório de Microscopia Ótica e Morfoscopia UERJ/FFP (LAMOM). A quantificação e classificação

dos fitólitos foram realizadas registrando todos os morfotipos encontrados, até atingir pelo menos 200 fitólitos classificáveis. As fotografias foram tiradas usando o software Axiovision. Todas as lâminas estão depositadas no LAMOM. Os fitólitos foram classificados de acordo com Twiss (1969, 1992), Mulholland (1989), Fredlund e Tieszen (1994), Kondo et al. (1994), Alexandre et al. (1997); Strömberg (2004), Mercader et al. (2009) e nomeados de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura dos Fitólitos 1.0 (Madella et al., 2005).

**Análises estatísticas:** Foi realizada uma análise de regressão linear para a porcentagem de fitólitos em relação à idade das folhas da *Brachiaria decumbens*, a fim de verificar a presença de uma relação linear positiva entre as variáveis de acúmulo de fitólitos e a idade da folha. Para testar se existe uma relação entre as dimensões do fitólito e a idade das folhas, foi escolhida a morfologia predominante do fitólito (*bilobate*) para as folhas (ocorrência > 35%). A haste e o comprimento das morfologias foram medidos (n = 15). Essa medida resultou em um teste Anova One-Way calculado no software Bioestat® para determinar se a variabilidade desses fitólitos em relação à idade das folhas seria estatisticamente significativa. A hipótese nula foi de que não há diferença significativa na faixa de tamanho dos fitólitos *bilobate*, tanto na haste quanto no comprimento, para as idades das folhas.

### 3 | RESULTADOS

#### Quantificação dos fitólitos

As folhas mais velhas apresentam maior quantidade de fitólitos que as folhas mais jovens. As sementes têm menos conteúdo de fitólitos do que outros órgãos (Tabela 1). O acúmulo de Si (Tabela 1) começa quando a folha ainda está enrolada no estágio mais jovem (F0), com a massa de fitólitos aumentando rápida e progressivamente à medida que a folha se expande (até F6). O conteúdo de fitólitos continua a aumentar mesmo após o estágio de senescência (F7 a F9).

Parte da planta	Comprimento médio da folha (cm)	Desvio padrão	Fitólitos por via seca (%)
Raíz	-	-	3,3
Colmo	-	-	2,7
Semente	-	-	1,7
Folha 0	10,2	0,26	0,48
Folha 1	12,5	0,33	0,66
Folha 2	15,0	0,24	0,91
Folha 3	17,8	0,31	1,25
Folha 4	24,0	0,27	1,95
Folha 5	27,3	0,22	2,71
Folha 6	32,0	0,35	3,03
Folha 7	27,2	0,29	3,18
Folha 8	13,1	0,25	3,45
Folha 9	9,0	0,28	3,57

Tabela 1: Valores médios de comprimento das folhas e concentração de fitólitos em *Brachiaria decumbens*

A análise de regressão linear (Figura 2) mostra uma alta correlação ( $r^2 > 0,95$ ) entre a idade relativa das folhas e a quantidade de fitólitos.

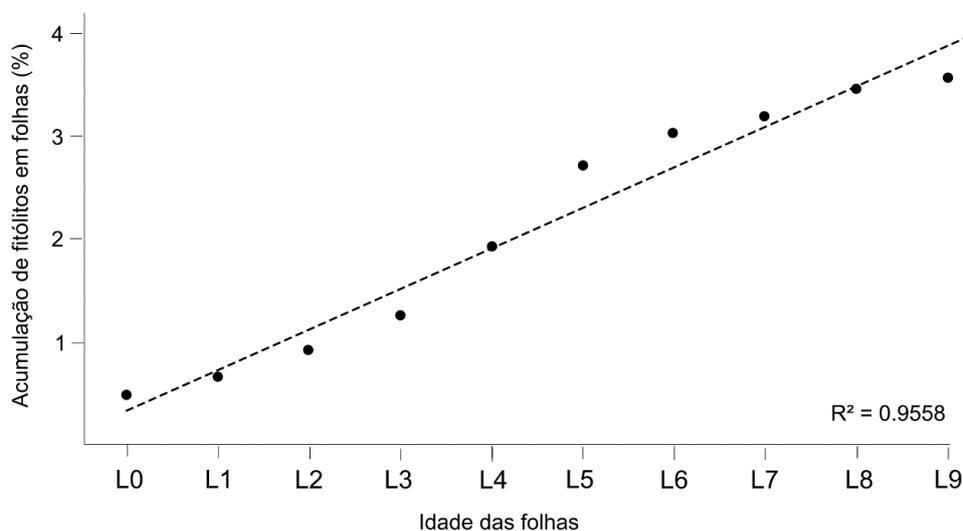


Fig. 2: Análise de regressão linear da porcentagem de fitólitos em relação à idade foliar em *Brachiaria decumbens*. Fonte: adaptado de Dias et al., 2019

## Tipos de fitólitos

### Folhas

Os seguintes tipos de silicificação foram encontrados em todas as folhas: *bilobate*, *polylobate*, *cross*, *elongate echinate both sides*, *elongate echinate one side*, *elongate psilate* e estômatos silicificados”. *Bilobate* foi o morfotipo de fitólito predominante nas folhas, com mais de 39% de ocorrência em todas as diferentes idades foliares, especialmente em F0, onde corresponde a mais de 63% entre todos os morfotipos. Os

fitólitos de células curtas (*bilobate* e *cross*) são os mais predominantes em todas as idades foliares, com mais de 55% de ocorrência. Entretanto, a assembleia fitolítica foi composta pelos mesmos morfotipos em todas as folhas e as proporções relativas de cada uma delas foram bastante semelhantes (Tabela 2, Figuras 3 e 4).

	<i>Bilobate</i>	<i>Cross</i>	<i>Polylobate</i>	<i>E. echinate</i>	<i>E. psilate</i>	Estômato
Folha 0	63,0	27,0	4,4	3,5	1,5	0,6
Folha 1	50,0	27,2	3,3	12,1	6,7	0,8
Folha 2	38,9	33,8	5,0	15,9	5,0	1,5
Folha 3	47,4	16,5	3,0	16,5	15,3	1,2
Folha 4	44,6	10,8	4,6	28,2	11,3	0,5
Folha 5	47,5	13,7	4,7	24,0	7,8	2,2
Folha 6	53,7	10,6	0,4	30,4	2,8	2,1
Folha 7	48,7	13,3	0,9	28,6	7,0	1,5
Folha 8	43,4	13,7	0,8	33,6	7,4	1,1
Folha 9	45,9	8,7	1,4	35,6	3,1	5,3
Raízes	28,3	2,4	0,0	30,1	39,2	0,0
Sementes	25,4	27,0	0,0	22,8	12,7	12,2
Colmo	28,3	2,4	0,0	30,1	39,2	0,0

Tabela 2: Porcentagem dos morfotipos de fitólitos encontrados em folhas, raízes, colmo e sementes de *Brachiaria decumbens*

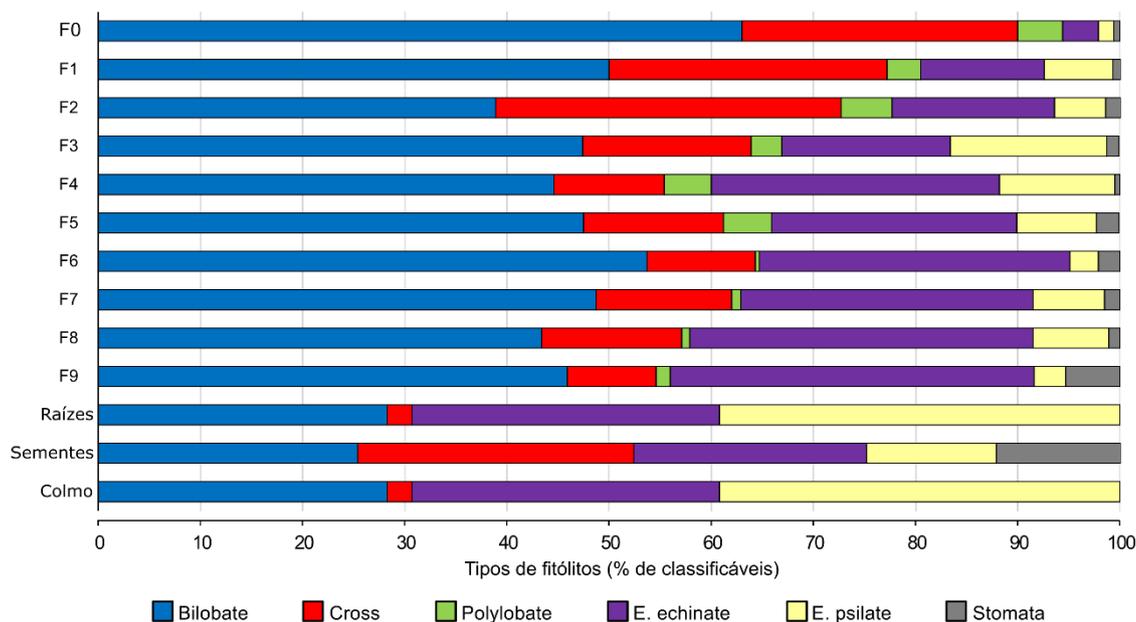


Fig. 3: Porcentagem de morfotipos de fitólitos encontrados nas folhas de diferentes idades, raízes, sementes e colmos de *Brachiaria decumbens*. Fonte: adaptado de Dias et al., 2019

Os complexos estomáticos são intercalados com os *bilobates*. O restante da epiderme foliar é preenchido por células longas silicificadas (Figura 4). Nas imagens de folhas clarificadas, foi possível observar as bordas, a organização dos fitólitos e os tricomas. Existem também numerosos tricomas na epiderme foliar e no colmo, embora

não sejam silicificados e estejam localizados nas aréolas entre as veias.



Fig. 4: Microfotografias dos morfotipos de fitólitos observados em *Brachiaria decumbens*: **A-J)** *bilobate short-cell*; **K-L)** *cross short-cell*; **M-N)** *polylobate*; **O-P)** *elongate long-cell*; **Q)** *elongate echinate*; **R)** estômato silicificado. Fonte: Dias et al., 2019

Os fitólitos *bilobate* estão localizados em toda a epiderme foliar, paralelos às veias. A idade das folhas parece afetar a morfologia dos fitólitos, com algumas silicificações incompletas e formas distorcidas nas folhas mais jovens, enquanto nas folhas senescentes os fitólitos já concluíram o processo de silicificação celular. No entanto, os resultados da análise de variância não foram significativos ( $F = 0,888834534$  para comprimento e  $F = 0,666279$  para haste), em um intervalo de confiança de  $p > 0,05$  ( $p = 0,536125$  ep =  $0,738217$  para comprimento e haste, respectivamente). Isso indica que a hipótese nula que não previu diferença estatística significativa entre o tamanho dos fitólitos *bilobate* e a idade das folhas pode ser aceita (Tabelas 3, 4 e Figura 5).

Idade das folhas	Comprimento do <i>bilobate</i> ( $\mu\text{m}$ )					Haste do <i>bilobate</i> ( $\mu\text{m}$ )				
	Média	Min	Max	Desvio padrão	Var	Média	Min	Max	Desvio padrão	Var
Folha 0	14,1	6,3	25,9	5,0	24,6	7,3	2,8	13,7	2,7	7,5
Folha 1	12,3	9,9	18,1	2,3	5,3	6,3	2,8	9,7	2,5	6,1
Folha 2	14,1	7,7	21,2	4,4	19,4	6,8	1,4	15,0	3,9	15,3
Folha 3	13,9	9,8	21,1	3,0	8,9	6,4	4,3	9,4	1,6	2,5
Folha 4	13,8	5,7	21,8	4,3	18,2	6,6	2,5	13,8	3,1	9,8
Folha 5	15,6	7,6	28,0	4,9	24,0	8,3	4,3	15,4	3,6	12,9
Folha 6	15,3	7,9	30,1	5,4	29,4	7,3	2,0	11,8	2,7	7,3
Folha 7	14,4	8,9	25,2	4,1	16,5	7,6	1,7	1,6	3,5	12,3
Folha 8	15,7	11,4	25,0	3,9	15,4	7,0	1,9	10,3	2,6	7,0
Folha 9	14,7	9,6	17,8	2,6	7,0	6,6	5,1	9,1	1,2	1,4

Tabela 3: Estatística descritiva das medidas de comprimento e haste dos fitólitos *bilobate* de acordo com a idade da folha em *Brachiaria decumbens*

Comprimento do <i>bilobate</i>						
Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	Valor p	F crítico
Entre grupos	135,010	6	15,0011	0,88983	0,53612	1,94734
Dentro dos grupos	2360,17	5	16,8583		5	8
Total	2495,18	6				

Haste do <i>bilobate</i>						
Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F	Valor p	F crítico
Entre grupos	49,2656	6	5,47396	0,66627	0,73821	1,94734
Dentro dos grupos	1150,20	1	8,21572		7	8
Total	1199,46	7				

Tabela 4: Resultados do One-Way ANOVA. SQ. Soma dos quadrados; GL. Graus de liberdade; MQ. Média quadrada (variância).

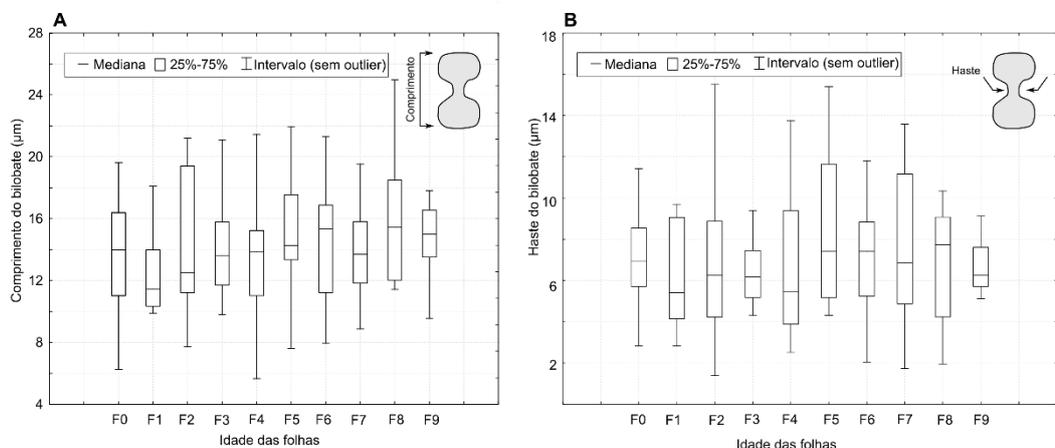


Fig. 5: Variações das dimensões dos *bilobate* encontradas nas folhas, separadas por idade em *Brachiaria decumbens*: A) Comprimento; B) Haste. Fonte: adaptado de Dias et al., 2019

## Raízes

Nas raízes (Tabela 2 e Figura 3), fitólitos de células longas, como o *elongate echinate* e *psilate*, predominaram (quase 70% do total), embora também tenham sido observados os tipos *cross* e *bilobate*.

## Sementes

Nas sementes (Tabela 2 e Figura 3), predominam os fitólitos de células curtas, como os tipos *cross* e *bilobate* (cerca de 52% do total), embora também tenham

sido observados tipos *elongate echinate* e *psilate*. Os fitólitos *elongate echinate* têm sinuosidade mais pronunciada e menor comprimento em comparação com os encontrados em outras partes da planta. Os fitólitos *bilobate* apresentaram formato arredondado e tamanho reduzido nas sementes. Muitos estômatos silicificados também foram encontrados, sendo estes também de tamanho reduzido.

## Colmo

O colmo de *Brachiaria decumbens* é um alto produtor de fitólitos, semelhantes aos encontrados nas folhas (Tabela 2 e Figura 3), com predominância de fitólitos de células longas (quase 70%) e *bilobate* de células curtas (cerca de 28 %) Não há tricomas no colmo, pois eles são restritos à bainha das folhas.

## 4 | DISCUSSÃO

O acúmulo de Si aumenta progressivamente à medida que a idade das folhas avança e tem sido destacado como uma possível causa de menor palatabilidade, indicando possivelmente que a silicificação é uma defesa induzível contra herbívoros (McNaughton e Tarrants, 1983). Nas folhas de bambu chinês, o acúmulo de sílica continua mesmo após a expansão total das células da lâmina foliar (Motomura et al., 2008), o que é corroborado pelos resultados do presente estudo.

Embora exista uma relação positiva entre o aumento da acumulação de sílica com a idade das folhas ( $r^2 > 0,95$ ) (Figura 2), não houve diferenças estatísticas significativas (análise de variância,  $p > 0,05$ ) (Tabela 4) em relação ao tamanho dos fitólitos *bilobate* entre diferentes idades foliares. Isso sugere que, embora a planta acumule mais sílica, as dimensões do fitólito são fixas. O peso total do fitólito aumenta progressivamente com a idade das folhas.

Nossos resultados indicam que não há variação na frequência de um morfotipo fitólito específico entre as folhas; independentemente da idade das folhas, *Brachiaria decumbens* produz os mesmos morfotipos em todas as folhas em proporção semelhante (Tabela 2 e Figura 3). Resultados similares foram encontrados por Ponzi e Pizzolongo (2003) em *Triticum aestivum* cv. Ofanto.

A silicificação em Poaceae ocorre principalmente na epiderme. Nas folhas das gramíneas, esse fenômeno varia de uma espécie para outra, bem como dentro do mesmo indivíduo, de acordo com a idade e posição na folha. Essa variação também foi observada fora de Poaceae. Por exemplo, Wyttenbach et al. (1991), investigando quatro classes sucessivas de idade de folhas do abeto da Noruega (*Picea abies*), encontraram um aumento linear das concentrações de Si de acordo com a idade das mesmas.

De acordo com Wilding et al. (1977) e Prychid et al. (2003), a composição da sílica amorfa muda para uma forma cristalina à medida que envelhece. Vários fatores ecológicos, incluindo clima, variabilidade do solo, condições de umidade e idade da

planta, afetam o desenvolvimento do corpo silicoso, regulando as concentrações de sílica dissolvida disponíveis para as plantas (Piperno, 1988). Em muitas espécies, as folhas de plantas mais antigas contêm maiores quantidades de sílica do que suas contrapartes mais jovens, possivelmente devido a alterações celulares necessárias para obter sílica e a uma maior disponibilidade dos locais de deposição (Bezeau et al., 1966; Blackman, 1968, 1969; Lanning e Eleuterius, 1985). O conteúdo de sílica das plantas aumenta com o envelhecimento dos tecidos, onde pode atingir concentrações cinco vezes maiores do que nos tecidos jovens (Wytttenbach et al., 1991; Hodson et al., 1996; Hodson e Sangster, 1998; Carnelli et al., 2001).

## 5 | CONCLUSÃO

A produção de fitólitos em *Brachiaria decumbens* é abundante e há alta deposição de sílica em toda a planta. O teor de fitólitos aumenta proporcionalmente à idade das folhas. Outros órgãos vegetais (raiz, colmo e sementes) também exibem produção de fitólitos, variando pouco os morfotipos encontrados. Apesar do aumento da massa total de fitólitos ao longo do tempo, nenhuma diferença substancial foi encontrada na proporção de morfotipos produzidos ou no tamanho dos fitólitos.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, A., MEUNIER J. D., LÉZINE, A. M., VINCENS, A., SCHWARTZ, D. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 136(1-4), p. 213-229, 1997.
- BALL, D. M., HOVELAND, C. S., LACEFIELD, G. D. **Southern forages**. Fourth ed. Lawrenceville, Georgia: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 322p., 2007.
- BEZEAU, L. M., JOHNSTON, A., SMOLIAK, S. Silica and protein content of mixed prairie and fescue grassland vegetation and its relationship to the incidence of silica urolithiasis. **Canad. J. Pl. Sci.**, 46, p. 625–631, 1966.
- BLACKMAN, E. The Pattern the Sequence of Opaline Silica Deposition in Rye (*Secale cereale* L.). **Annals of Botany**, 32, p. 207-218, 1968.
- BLACKMAN, E. Observations on the Development of the Silica Cells of the Leaf Sheath of Wheat (*Triticum aestivum*). **Canadian Journal of Botany**, 32, p. 827-838, 1969.
- CARNELLI, A. L., MADELLA, M., J. THEURILLAT, J. P. Biogenic Silica Production in Selected Alpine Plant Species and Plant Communities. **Annals of Botany**, 87, p. 425-434, 2001.
- COE, H. H. G., OSTERRIETH, M., HONAINÉ, M. F. Phytoliths and their Applications. In: Coe, H.H. G.; Osterrieth, M. (ed.). **Synthesis of Some Phytolith Studies in South America (Brazil and Argentina)**. New York: Nova Science, p. 1– 26, 2014.
- DIAS, R. R., COE, H. H. G., LEPSCH, I. F., RICARDO, S. D. F., SILVA, L. M. V., ALVARENGA, A. C., RASBOLD, G. G. Morphological Variation of Phytoliths According to Leaf

- Senescence and Position in the Organs of *Brachiaria decumbens*. **FLORA**, v.151478, p.1-6, 2019.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**, 50, p. 641–664, 1999.
- FREDLUND, G. G., TIESZEN, L. L. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. **J. Biogeogr.**, 21, p. 321 – 335, 1994.
- HENRIET, C., DRAYE, X., OPPITZ, I., SWENNEN, R., DELVAUX, B. Effects, distribution and uptake of silicon in banana (*Musa* spp.) under controlled conditions. **Plant and Soil**, 287(1-2), 359–374, 2006.
- HITCHCOCK, A. S. **Manual of the grasses of the United States**. United States Department of Agriculture. Washington, D. C., USA, 1052 p., 1935.
- HODSON, M. J.; WILLIAMS, S. E.; SANGSTER, A. G. Silica deposition in the needles of the Gymnosperms. I. Chemical analysis and light microscopy. In: PINILLA, A., JUAN-TRESSERRAS, J., MACHADA, M. J., eds. **First European Meeting on Phytolith Research**. Madrid: Consejo Superior de Investigacion Cientificas, p. 158-159, 1996.
- HODSON, M.J.; SANGSTER, A.G. Mineral deposition in the needles of white spruce [*Picea glauca* (Moench.)]. **Annals of Botany**, 82, p. 375–385, 1998.
- KONDO, R., CHILDS, C., ATKINSON, I. **Opal Phytoliths of New Zealand**. Manaaki Whenua Press, 85 p., 1994.
- LANNING, F. C., ELEUTERIUS, L. N. Silica and Ash in Tissues of Some Plants Growing in the Coastal Area of Mississippi, USA. **Annals of Botany**, 56 (2), 157–172, 1985.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Nova Odessa, Brasil, 2880 p., 2000.
- MADELLA, M., ALEXANDRE, A., BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. **Annals of Botany**, 96, p.253-260, 2005.
- McNAUGHTON, S. J., TARRANTS, J. L. Grass leaf silicification: natural selection for an inducible defense against herbivores. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 80, p. 790–791, 1983.
- MEDEANIC, S., CORDAZZO, C. V., CORRÊA, I. C. S., MIRLEAN, N. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. **Gravel** 6(2), p.1-14, 2008.
- MERCADER, J., BENNETT, T., ESSELMONT, C., SIMPSON, S., WALDE, D. Phytoliths in woody plants from the Miombo woodlands of Mozambique. **Annals of Botany**, 104, p.91–113, 2009.
- MOTOMURA, H., FUJII, T., SUSUKI, M. Silica deposition in relation to ageing of leaf tissues in *Sasa veichii* (Carriere) Rehder (Poaceae, Bambusoideae). **Annals of Botany**, 93, p.235–248, 2004.

- MOTOMURA, H., HIKOSAKA, K., SUZUKI, M. Relationships between Photosynthetic Activity and Silica Accumulation with Ages of Leaf in *Sasa veitchii* (Poaceae, Bambusoideae). **Annals of Botany**, 101, p.463–468, 2008.
- MULHOLLAND, S.C. Phytolith Shape Frequencies in North Dakota Grasses: a Comparison to General Patterns. **Journal of Archaeological Science**, 16, 489–511, 1989.
- NICOLAU, B. A. P., ALVARENGA, T. M., FONSECA e SILVA, F., SOARES JÚNIOR, F. J. Morfoanatomia foliar de *Brachiaria decumbens* Stapf, coletada na zona rural de Lavras, estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Científica UDO Agrícola**, 10(1), p.1-6, 2010.
- PARR, J. F., LENLFER, C. J., BOYD, W. E. A Comparative Analysis of Wet and Dry Ashing Techniques for the Extraction of Phytoliths from Plant Material. **Journal of Archaeological Science**, 28, p.875–886, 2001.
- PIPERNO, D. R. **Phytoliths Analysis: an archaeological and geological perspective**. San Diego: Academic Press, 1988.
- PONZI, R., PIZZOLONGO, P. Morphology and distribution of epidermal phytoliths in *Triticum aestivum* L. **Plant Biosystems**, 137 (1), p. 3-10., 2003.
- PRYCHID, C. J., RUDALL, P. J., GREGORY, M. Systematics and Biology of Silica Bodies in Monocotyledons. **The Botanical Review**, 69(4), p.377–440, 2003.
- SANTOS, A. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agricola**, 56(3), 1999.
- SILVA, L. M. V., LEPSCH, I. F., SAMPAIO, R. A., ALVARENGA, A. C., RODRIGUES, M. N., MORÃO, R. P., RUAS, A. C. P., KORNDORFER, G. H. Quantidades de silício e de sílico-fitólitos presentes em diversas faixas etárias de folhas de *Brachiaria decumbens* Wild da região norte de Minas Gerais. **XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia**. Vitória, ES, 2014.
- STROMBERG, C. A. E. Using phytolith assemblages to reconstruct the origin and spread of grass-dominated habitats in the great plains of North America during the late Eocene to early Miocene. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 207, p.239-275, 2004.
- TWISS, C. Dust deposition and opal phytoliths in the Great Plains. **Transactions of the Nebraska Academy of Sciences**, XI, p.73–82, 1969.
- TWISS, C. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: G. RAPP, J., MULHOLLAND, S. C. (Ed.). **Phytolith Systematics**. New York: Plenum Press, 1992.
- WILDING, L. P., SMECK, N. E., DREES, L. R. Silica in soils: Quartz, cristobalite, tridymite and opal. In Minerals in soil environments. **Soil Science Society of America**, Madison, p.471–552, 1977.
- WYTTENBACH, A., TOBLER, L., BAJO, S. Silicon concentration in spruce needles. **Angewandte**, 16, p.253- 258, 1991.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Ácido linoleico 50, 54, 58, 59, 61
- Açúcares solúveis 64, 66, 67, 69, 72, 73, 74
- Antidiabética 3
- Antioxidante 3, 25, 50, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 102
- Arbóreas não pioneiras 66
- Arbóreas pioneiras 64, 66, 70, 71, 74

### B

- Benzilaminopurina 11, 12, 14
- Brachiaria decumbens* 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

### C

- Caracterização Anatômica 1, 3
- Carboidratos não estruturais 64, 67, 68, 70
- Citronelal 51, 52, 56, 58, 59, 60, 61
- Colesterol 24, 25, 28, 33, 34
- Compostos bioativos 51
- Compostos secundários 51
- Concentração inibitória mínima 51, 55, 59
- Controle de qualidade 1, 7, 50, 57, 79
- Cromatografia 26, 27, 33, 67

### E

- Ecologia química 79
- Esteroides 1, 3, 5, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
- Estudo fitoquímico 24
- Explantes 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21
- Extração 26, 35, 38, 39, 57, 67, 68, 74, 96, 97, 99

### F

- Fabaceae 24, 25, 33
- Farmacobotânica 62
- Fatores Abióticos 79, 81, 83, 88, 89, 101
- Fatores Bióticos 79, 81, 82
- Fatores genéticos 81
- Fitólitos 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49
- Folhas senescentes 36, 43

### G

- Geraniol 51, 52, 56, 58, 59, 60, 61, 63, 90

## **L**

Lignina 1, 3, 6, 64, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 74

## **M**

Machaerium 24, 25, 26, 33, 34

Malvaceae 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10

Metabólitos 3, 7, 25, 78, 79, 81, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 99

Micropropagação 11, 13, 14, 21, 22

Microscopia 1, 5, 39

Morfotipos 35, 40, 41, 42, 43, 46, 47

## **P**

Panicoideae 36, 37, 52

Polímeros de parede celular 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74

## **R**

Regeneração in vitro 12

## **S**

Sucessão florestal 64

## **T**

Tecnologia farmacêutica 79

Triterpenoide 24, 27, 30, 32, 33

## **V**

Viabilidade de Sementes 15, 23

 **Atena**  
Editora  
**2 0 2 0**