

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

Ana Taliê Dutra Lauro

Estudos biogeográficos, taxonômicos e ecológicos na família Cyatheaceae em
Minas Gerais

Juiz de Fora - Minas Gerais

2025

Ana Taliê Dutra Lauro

**Estudos biogeográficos, taxonômicos e ecológicos na família Cyatheaceae em
Minas Gerais**

Dissertação apresentada ao **Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora**, como parte dos requisitos para obtenção ao Título de mestra em Biodiversidade e Conservação da Natureza

Orientador: Prof. Dr. Luiz Menini Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael de Paiva Farias

Juiz de Fora - Minas Gerais

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Talie Dutra Lauro, Ana.

Estudos biogeográficos, taxonômicos e ecológicos na família Cyatheaceae em Minas Gerais / Ana Talie Dutra Lauro. -- 2025. 81 p. : il.

Orientador: Luiz Menini Neto

Coorientador: Rafael de Paiva Farias

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2025.

1. Samambaias arborescentes. 2. Biogeografia. 3. Fenologia. 4. Taxonomia. 5. Conservação. I. Menini Neto, Luiz, orient. II. de Paiva Farias, Rafael, coorient. III. Título.

**Estudos biogeográficos, taxonômicos e ecológicos na família Cyatheaceae em
Minas Gerais**

Dissertação apresentada ao **Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora**, como parte dos requisitos para obtenção ao Título de mestra em Biodiversidade e Conservação da Natureza

Aprovada em 13 de março de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Menini Neto – Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Rafael de Paiva Farias – coorientador

Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Andrea Pereira Luiz Ponzo

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Samyra Gomes Furtado

Centro Universitário UniAcademia

Juiz de Fora, 29/01/2025.



Documento assinado eletronicamente por **SAMYRA GOMES FURTADO**,
Usuário Externo, em 14/03/2025, às 17:39, conforme horário oficial de

Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Menini Neto, Professor(a)**, em 14/03/2025, às 17:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andrea Pereira Luiz Ponzo, Professor(a)**, em 18/03/2025, às 09:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael de Paiva Farias, Usuário Externo**, em 18/03/2025, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2215844** e o código CRC **AA88A8C0**.

[https://sei.ufjf.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=2464103&infra_sistema=1... 2/2](https://sei.ufjf.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=2464103&infra_sistema=1...)

Juiz de Fora - Minas Gerais

2025

À minha amada madrinha Valéria Dutra (*in memoriam*), que com seu amor pelos estudos e pelo conhecimento, me ensinou a observar o mundo (principalmente as plantas) com curiosidade e respeito. Seu incentivo constante continua a me inspirar, guiando-me em cada passo desta jornada...
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao longo dessa caminhada, cheia de desafios, muitos foram os que contribuíram, de diferentes maneiras, para a realização deste trabalho. A todos aqui mencionados e ou não, sou profundamente grata.

Agradeço, primeiramente, à espiritualidade e aos meus guias que sempre cuidam de mim, me dão forças e me protegem durante essa jornada.

Às políticas públicas que me permitiram ter acesso à educação e me mantiveram para concluir a graduação e, por meio dela, pavimentaram o caminho que me fez chegar até aqui.

À minha família, minha mãe e meus irmãos, pelo apoio e por me auxiliarem durante os campos de monitoramento (mesmo sem entender muito bem o que eu estava fazendo). Aos meus amigos, em especial, Emaxsuel Marcelino, Igor Ferreira, Karine Dias, Brendha Nunes e Beatriz Gouvêa que sempre me acompanharam nos altos e baixos, sempre com palavras de incentivo e compreensão. Dedico este trabalho ao grande amigo Roberto Costa (*in memoriam*) com quem compartilhei a paixão pela educação e a botânica, cuja a partida durante o processo de mestrado deixou uma lacuna irreparável.

À minha esposa, Yasmin Dias, por ser a minha motivação e meu porto seguro. Sua paciência, carinho e incentivo foram fundamentais para que eu pudesse concluir esta etapa da minha vida. Ao Kael, que foi meu companheiro durante as escritas e leituras, e também garantia que eu fizesse pausas para brincadeiras lembrando que há vida além da tela do computador.

Aos meus orientadores, Dr. Luiz Menini e Dr. Rafael Farias, por toda orientação, paciência, acolhimento e ensinamentos. Sei que não foi uma tarefa fácil devido a tantos percalços que houveram nesse trajeto. Vocês foram fundamentais para que eu pudesse amadurecer como profissional e pessoa. Ao Dr. Lucas Lima, que me orientou na graduação e colaborou comigo nesse trabalho, minha gratidão. Agradeço também a toda equipe do CESJ - Herbário Leopoldo Krieger, em especial, o professor Dr. Vinícius Dittrich por ceder alguns momentos para conversas, explicações e ensinamentos sobre as samambaias.

Aos profissionais, professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, agradeço pelo acolhimento e cuidado, especialmente durante o período que enfrentei a minha lesão.

Por fim, agradeço a CAPES pela bolsa concedida tornando possível a realização deste trabalho.

A todos vocês, minha eterna gratidão. Este trabalho é fruto de um esforço coletivo e cada um de vocês tem um lugar especial nele.

*“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando,
refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar.”*

Paulo Freire

Resumo

A família Cyatheaceae Kaulf. desempenha papel ecológico relevante nos ecossistemas brasileiros. Este estudo aborda aspectos biogeográficos, taxonômicos, e fenológicos dessa família em Minas Gerais. O capítulo 1 analisa a distribuição geográfica e a riqueza de espécies de Cyatheaceae em Minas Gerais, com base nos dados obtidos no *speciesLink* e no GBIF. Foram registradas 24 espécies de Cyatheaceae no estado, com maior diversidade na Floresta Atlântica. Embora haja uma concentração de registros em áreas próximas a centros de pesquisa, muitas regiões ainda permanecem subamostradas, o que destaca a necessidade de intensificar os esforços de coleta e conservação. No capítulo 2, foi realizado um levantamento taxonômico da família no Parque Estadual do Ibitipoca, registrando sete espécies em três gêneros (*Alsophila*, *Cyathea* e *Sphaeropteris*), com descrições detalhadas, comentários, ilustrações, e chaves de identificação. E, no capítulo 3, foi analisado a fenologia de *Cyathea phalerata* Mart, em áreas de borda de floresta estacional semidecidual secundária, incluindo locais afetados por fogo acidental, em que se observou uma rápida recuperação no número de folhas após o fogo e padrões fenológicos irregulares, reforçando a resiliência da espécie. Com base nesses resultados, o trabalho visa contribuir para o conhecimento biogeográfico, taxonômico e fenológico da família Cyatheaceae fornecendo subsídios para estratégias de manejo e conservação frente a um contexto de pressões ambientais e antrópicas.

Palavras-chave: Biogeografia. Conservação. Fenologia. Samambaias arborescentes. Taxonomia

Abstract

The family Cyatheaceae Kaulf. plays a significant ecological role in Brazilian ecosystems. This study addresses biogeographical, taxonomic, and phenological aspects of this family in Minas Gerais. Chapter 1 analyzes the geographic distribution and species richness of Cyatheaceae in Minas Gerais, based on data obtained from *speciesLink* and GBIF. A total of 24 Cyatheaceae species were recorded in the state, with the highest diversity found in the Atlantic Forest. Although there is a concentration of records in areas near research centers, many regions remain under-sampled, highlighting the need to intensify collection and conservation efforts. In Chapter 2, a taxonomic survey of the family was conducted in the

Ibitipoca State Park, recording seven species across three genera (*Alsophila*, *Cyathea*, and *Sphaeropteris*), with detailed descriptions, comments, illustrations, and identification keys. Chapter 3 analyzes the phenology of *Cyathea phalerata* Mart in secondary seasonal semi-deciduous forest edge areas, including sites affected by accidental fire, where rapid recovery in leaf number after the fire and irregular phenological patterns were observed, reinforcing the species' resilience. Based on these results, the study aims to contribute to the biogeographical, taxonomic, and phenological knowledge of the Cyatheaceae family, providing support for management and conservation strategies in the face of environmental and anthropogenic pressures.

Keywords: Biogeography. Conservation. Phenology. Tree Ferns. Taxonomy.

Resumo para leigos e Divulgação científica

Este trabalho apresenta a riqueza e resiliência das samambaias arborescentes em Minas Gerais. Ele analisou a distribuição geográfica e a riqueza de espécies da família Cyatheaceae em Minas Gerais, destacando a importância biogeográfica e os desafios de conservação. Utilizando dados de plataformas como *speciesLink* e GBIF, foram identificadas 24 espécies, com maior diversidade na Floresta Atlântica (23 espécies), seguida pelo Cerrado (17 espécies) e Caatinga (2 espécies). As Serras do Espinhaço, Mantiqueira e Caparaó, com clima e altitude favoráveis, concentram a maioria dos registros. Contudo, grandes áreas do estado permanecem subamostradas, indicando a necessidade de ampliar esforços de coleta e monitoramento. O estudo também investigou o impacto de incêndios acidentais na fenologia de *Cyathea phalerata*, monitorando 24 plantas por 22 meses. Apesar do fogo, as samambaias exibiram rápida recuperação, produzindo novas folhas imediatamente após o evento. As plantas queimadas apresentaram padrões fenológicos distintos, com picos de produção de folhas mais intensos e tardios, sugerindo maior demanda energética para recuperação. Os resultados reforçam a relevância da Floresta Atlântica como um *hotspot* de biodiversidade e destacam o papel de áreas protegidas, como o Parque Estadual do Ibitipoca, na conservação de espécies únicas. Este trabalho contribui para o entendimento da biogeografia e ecologia de Cyatheaceae, alertando sobre os desafios impostos por mudanças climáticas e pressões antrópicas. Estratégias de conservação baseadas em estudos detalhados são essenciais para proteger essas espécies emblemáticas da flora brasileira.

Sumário

Introdução Geral.....	11
Objetivos.....	12
Referências.....	13
Capítulo 1. Distribuição e Diversidade de Cyatheaceae em Minas Gerais.....	15
Resumo.....	15
1.1 Introdução.....	17
1.2 Material e Métodos.....	18
1.3 Resultados.....	22
1.4 Discussão.....	27
Referências.....	30
Capítulo 2. Cyatheaceae (Polypodiopsida) do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil.....	33
Resumo.....	33
2.1 Introdução.....	35
2.2 Material e Métodos.....	36
2.3 Discussão.....	50
2.4 Conclusão.....	50
Referências.....	52
Capítulo 3. Características fenológicas das folhas da samambaia arborecente <i>Cyathea phalerata</i> Mart na borda da floresta, com observações de suas respostas ao fogo acidental por amostragem oportunística	56
Resumo.....	56
3.1 Introdução.....	58
3.2 Material e Métodos.....	59
3.3 Resultados.....	63
3.4 Discussão.....	69
Referências.....	73
Anexo.....	77
Considerações Finais	78

Introdução Geral

A família Cyatheaceae, integrante da ordem Cyatheaales, abrange cerca de 630 espécies distribuídas em quatro gêneros: *Alsophila* R.Br., *Cyathea* J.Sm., *Gymnosphaera* Blume e *Sphaeropteris* Bernh. (Dong & Zuo, 2018). Essas samambaias arborescentes são predominantes em regiões tropicais e subtropicais, especialmente em florestas densas e úmidas, margens de rios e áreas sombreadas (Fernandes, 2003). A maior concentração de diversidade da família está na região andina e, no Brasil, o número de espécies ainda é alvo de debate devido à presença de híbridos e complexos específicos (Weigand & Lehnert, 2016).

Ocorre em ambientes diversos, incluindo florestas primárias, secundárias e em regeneração, além de áreas abertas, como pastagens abandonadas (Tryon & Tryon 1982; Lehn & Resende 2007). A importância ecológica dos representantes dessa família está relacionada ao seu papel como componentes estruturais do sub-bosque, atuando como suporte para o estabelecimento de outras espécies vegetais (Mehltreter et al., 2005). Em algumas espécies, por ter um estipe característico, circundado pelas bases dos pecíolos que permanecem retidas mesmo após a abscisão foliar a estrutura proporciona um micro-*habitat* favorável ao estabelecimento de epífitas de diferentes grupos e pode também servir como um local seguro para a germinação e o crescimento inicial de árvores, que, posteriormente, enraízam-se no solo (Roberts et al., 2005; Gaxiola et al., 2008; Silva & Barros, 2016), além de servirem de *habitat* para fungos (Lara-Pérez et al., 2014) e diferentes grupos de animais, incluindo herbívoros especializados (Farias et al., 2018b).

Geralmente conhecidas como “xaxins” ou “samambaias”, as samambaias arborescentes são frequentemente alvo de exploração extrativista, especialmente nas regiões onde ocorrem em maior abundância, como no sul do Brasil. No estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, espécies como *Alsophila setosa* Kaulf. são extraídas de remanescentes florestais para uso ornamental (Windisch 2002; Schmitti & Windisch 2005). Além disso, nota-se o impacto de pressões antrópicas, como o desmatamento, queimadas e a fragmentação florestal.

No Brasil, a Floresta Atlântica é um dos principais domínios fitogeográficos onde as Cyatheaceae apresentam grande diversidade. Entretanto, essas plantas enfrentam ameaças significativas, como desmatamento, fragmentação de *habitats* e impactos de atividades humanas, incluindo incêndios florestais (Pivello et al., 2021). Além de sua importância ecológica, esse grupo de plantas apresenta grande potencial para estudos científicos, destacando-se pela relevância de ferramentas como biogeografia, taxonomia e fenologia na compreensão de sua ecologia e conservação.

A biogeografia permite investigar a distribuição espacial das espécies, identificando padrões de diversidade e áreas prioritárias para conservação. A distribuição das espécies de Cyatheaceae é influenciada por fatores históricos e ambientais, como mudanças climáticas e geológicas. No Brasil, análises biogeográficas, especialmente em Minas Gerais, ajudam a compreender como diferentes domínios fitogeográficos, como a Floresta Atlântica, o Cerrado e a Caatinga, moldam a distribuição e adaptação dessas plantas (Figueiredo et al., 2006; Myers et al., 2000).

A taxonomia, por sua vez, é indispensável para a identificação precisa das espécies, especialmente em um contexto onde híbridos e complexos taxonômicos dificultam a delimitação das mesmas. Estudos recentes indicam que o Brasil abriga 59 espécies reconhecidas, sendo 15 endêmicas (Dong & Zuo, 2018; Pietrobon et al., 2023). Essa identificação detalhada é essencial para determinar quais espécies estão ameaçadas e orientar políticas de conservação, além de contribuir para o entendimento da variabilidade genética, um aspecto crucial para a manutenção da diversidade funcional dos ecossistemas.

Já a fenologia foca nos ciclos de vida das plantas em resposta a fatores ambientais, como temperatura, umidade e luz (Mehltreter, 2008). Para as Cyatheaceae, entender os padrões fenológicos é fundamental, pois essas plantas em alguns estudos respondem rapidamente a mudanças abióticas e são altamente vulneráveis a distúrbios como incêndios e fragmentação de *habitat* (Müller et al., 2022). Esse conhecimento pode auxiliar na identificação de espécies mais sensíveis e na formulação de estratégias para mitigar os impactos de condições adversas.

A integração dessas abordagens — biogeografia, taxonomia e fenologia — fornece uma base sólida para o conhecimento e dados que podem ser aplicados na conservação da família Cyatheaceae. Enquanto a biogeografia identifica áreas prioritárias e padrões de distribuição, a taxonomia garante a precisão na identificação das espécies, e a fenologia revela como essas plantas reagem às mudanças ambientais. Juntas, essas ferramentas oferecem subsídios essenciais para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo e proteção, garantindo a sobrevivência desse grupo de plantas diante das crescentes ameaças ambientais.

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é fornecer uma compreensão abrangente sobre a família Cyatheaceae no estado de Minas Gerais, abordando diferentes escalas e de formas diversas, aspectos biogeográficos, taxonômicos e fenológicos.

O primeiro capítulo tem por objetivo contribuir para o entendimento dos aspectos biogeográficos da família Cyatheaceae, por meio de uma análise espacial abrangente da distribuição dessa família no estado de Minas Gerais buscando fornecer uma visão detalhada dos padrões geográficos e da diversidade dessa família em uma região de grande relevância para a flora brasileira.

No segundo capítulo, o objetivo é realizar o primeiro tratamento taxonômico da família Cyatheaceae no Parque Estadual do Ibitipoca com uma análise que inclui a identificação, descrição e distribuição das espécies presentes na área, com o intuito de preencher uma lacuna no conhecimento sobre as samambaias arborescentes do parque. Além disso, o estudo contribui para a continuidade do projeto de monografia das plantas vasculares da região, destacando a importância ecológica e científica das espécies de Cyatheaceae e oferecendo subsídios para estratégias de conservação e manejo da flora local.

E no terceiro capítulo, o objetivo é identificar padrões temporais e respostas da espécie *Cyathea phalerata* Mart a fatores ambientais e a eventos pós-incêndio acidental. A pesquisa foca na produção, mortalidade e número de folhas dessa espécie, investigando como ela se comporta na borda de um remanescente estacional semidecidual da Floresta Atlântica no sudeste do Brasil.

Referências

Dong SY & Zuo ZY (2018) On the recognition of *Gimnosperma* as a distinct genus in Cyatheaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 103(1): 1-23. DOI: <https://doi.org/10.34172017049>

Fernandes I (2003) Taxonomia dos representantes de Cyatheaceae do nordeste oriental do Brasil. *Pesquisa Botânica* 53(1): 7-53.

Figueiredo WM, Da Silva, JMC & Souza, MA (2006) Biogeografia e a Conservação da Biodiversidade. In book: *Biologia da Conservação: essências* (pp.135-156).

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB & Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853–858, 2000. DOI: 10.1038/35002501.

Mehlreter K (2008) Phenology and habitat specificity of tropical ferns. In: *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*, edited by T.A. Ranker and C.H. Haufler, Cambridge University Press: Cambridge, UK, 201–221.

Müller A, Correa MZ, Führ CS, Padoin TOH, Quevedo DM & Schmitt JL (2022) Phenology of Araucaria forest fern communities: comparison of the influence of natural edge, artificial edge, and forest interior. *International Journal of Biometeorology*, 66, 2259–2271. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02354-7>

Pietrobon MR, Schwartsburd PB, Santiago ACP & Maciel S (2023) Cyatheaceae in *Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Pivello VR, Vieira I, Christianini AV, Ribeiro DB, Menezes LS, Berlinck CN, Melo FPL, Marengo JA, Tornquist CG, Tomas WM & Overbeck GE (2021) Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19, 233–255. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>

Weigand A & Lehnert M (2016) The scaly tree ferns (Cyatheaceae-Polypodiopsida) of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 30. 336-350. <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0065>

Capítulo 1: Distribuição e Diversidade de Cyatheaceae em Minas Gerais

Resumo

Este estudo analisou a distribuição geográfica e a riqueza de espécies da família Cyatheaceae em Minas Gerais, enfatizando aspectos biogeográficos e esforços de coleta. A pesquisa utilizou dados de bases como *speciesLink* e GBIF, submetidos a processos de limpeza e padronização para análise. Foram registradas 24 espécies, distribuídas nos domínios do Cerrado, Floresta Atlântica e Caatinga, com maior riqueza na Floresta Atlântica, onde estão presentes 23 espécies. O Cerrado apresentou 17 espécies, enquanto a Caatinga registrou apenas 2 espécies. A distribuição dos registros revelou concentração em regiões próximas a centros de pesquisa, como as Serras do Espinhaço, Mantiqueira e Caparaó, onde o clima e a altitude favorecem o crescimento das samambaias arborescentes. Apesar disso, muitas áreas do estado permanecem subamostradas. Os resultados destacam a necessidade de ampliar os esforços de coleta e monitoramento para preencher lacunas de conhecimento e promover estratégias de conservação mais efetivas. Além disso, a pesquisa reforça a relevância da Floresta Atlântica como um *hotspot* de biodiversidade, abrigando a maior parte das espécies da família no estado. Este trabalho contribui para o entendimento da biogeografia de Cyatheaceae e alerta sobre desafios impostos pelas pressões ambientais e antrópicas. A conservação dessas espécies depende de estudos detalhados que subsidiem ações de manejo e proteção, especialmente em áreas de alta diversidade e ameaçadas por mudanças climáticas e desmatamento.

Palavras-chave: Biogeografia, Caatinga, Cerrado, Floresta Atlântica, Samambaias arborescentes.

Abstract

This study analyzed the geographic distribution and species richness of the Cyatheaceae family in Minas Gerais, emphasizing biogeographical aspects and collection efforts. The research used data from databases such as *speciesLink* and GBIF, which underwent cleaning and standardization processes for analysis. A total of 24 species were recorded, distributed across the domains of the *Cerrado*, Atlantic Forest, and *Caatinga*, with the highest richness in the Atlantic Forest, where 23 species are present. The *Cerrado* presented 17 species, while the *Caatinga* recorded only 2. The distribution of records revealed a concentration in regions near research centers, such as the Espinhaço, Mantiqueira, and Caparaó mountain ranges,

where the climate and altitude favor the growth of tree ferns. Despite this, many areas of the state remain under-sampled. The results highlight the need to expand collection and monitoring efforts to fill knowledge gaps and promote more effective conservation strategies. Additionally, the research reinforces the importance of the Atlantic Forest as a biodiversity hotspot, hosting the majority of the family's species in the state. This work contributes to the understanding of Cyatheaceae biogeography and raises awareness about challenges posed by environmental and anthropogenic pressures. The conservation of these species relies on detailed studies that support management and protection actions, especially in areas of high diversity and those threatened by climate change and deforestation.

Keywords: Biogeography, *Caatinga*, *Cerrado*, Atlantic Forest, Tree ferns.

1.1 Introdução

A Biogeografia é a ciência que investiga a distribuição geográfica dos seres vivos, buscando compreender os padrões de organização espacial e os processos que levaram à formação desses padrões, relacionando informações como geografia, climatologia, geologia, ecologia e evolução, sendo assim uma ciência multidisciplinar (Brown & Lomolino 2006; Figueiredo et al. 2006). Tem sido essencial para entender o avanço da teoria evolutiva e os processos de surgimento e extinção das espécies, além de ser crucial para subsidiar decisões que visam à mitigação dos atuais processos de extinção e auxiliar na conservação da biodiversidade em face das pressões ambientais e antrópicas. Entre seus objetivos, destacam-se o estudo das áreas de distribuição dos táxons e a modelagem dessas áreas com base na afinidade entre eles (Figueiredo et al., 2006).

Há vários métodos biogeográficos que podem ser utilizados para auxiliar o processo de planejamento de conservação. Dentre esses métodos destacam-se a estimativa da distribuição geográfica das espécies, que ajuda a identificar as áreas onde elas ocorrem ou têm potencial para ocorrer; análise de lacunas em sistemas de unidades de conservação, permitindo identificar regiões não protegidas que são cruciais para a conservação da biodiversidade; a identificação de áreas de endemismo que é essencial para proteger regiões com alta diversidade de espécies exclusivas de determinadas localidades e o estudo de padrões de diferenciação intraespecífica auxilia na compreensão das variações genéticas dentro de uma mesma espécie, o que pode ser determinante para estratégias de conservação genética (Myers et al. 2000; Figueiredo et al. 2006; Lima et al. 2011).

O estado de Minas Gerais é o quarto mais extenso do Brasil, possuindo uma área de aproximadamente 586.528 km², e abriga a flora mais rica do país, com mais cerca de 14000 espécies de plantas terrestres registradas (Flora e Funga do Brasil 2024). Tal riqueza se deve, além da extensão, à existência de grande diversidade de ambientes e paisagens uma vez que três domínios fitogeográficos ocorrem em seu território, a Caatinga, o Cerrado e a Floresta Atlântica (Drummond et al. 2009). No entanto, tal diversidade enfrenta alto nível de ameaça em virtude da ocupação e exploração territorial desordenada que vem ocorrendo ao longo de vários séculos de história (Drummond et al. 2005).

Em Minas Gerais as samambaias e licófitas estão representadas por cerca de 740 espécies, das quais 24 pertencem à família Cyatheaceae Kaulf., representando, respectivamente, 52% e 41% da riqueza total conhecida para ambos os grupos no Brasil (Flora e Funga Do Brasil 2024; Pietrobon et al. 2024). Cyatheaceae é uma das maiores famílias de samambaias arborescentes, e pertence à ordem Cyatheales. Ela é composta por

cerca de 13 gêneros e 600-700 espécies, com a maior diversidade concentrada em regiões tropicais e subtropicais, especialmente na América do Sul, Ásia e Oceania (Tryon & Tryon, 1982; Lehnert 2009).

O presente trabalho tem por objetivo contribuir para o entendimento dos aspectos biogeográficos de Cyatheaceae, por meio de uma análise espacial abrangente dessa família no estado de Minas Gerais investigando os padrões de distribuição geográfica, influência de variáveis ambientais na ocorrência das espécies e possíveis áreas de endemismo. Além disso, a pesquisa busca fornecer subsídios para a conservação e o manejo dessas samambaias arborescentes, considerando a importância ecológica e as ameaças que enfrentam, como a fragmentação do *habitat* e a exploração extrativista.

1.2 Material e Métodos

1.2.1 Área de estudo

Minas Gerais está localizado na Região Sudeste do Brasil e apresenta um conjunto variado de paisagens. Seu relevo é caracterizado por grande diversidade, com serras, planaltos, depressões e vales formados ao longo de milhões de anos. Localizado no Planalto Central Brasileiro, o estado possui altitudes que vão de 100 a mais de 2.800 metros, como o Pico da Bandeira, na Serra do Caparaó. A região é caracterizada principalmente por planaltos e serras do Atlântico Leste-Sudeste e do São Francisco, além de depressões intermontanas. Destacam-se as serras da Mantiqueira, do Espinhaço e do Caparaó, importantes para a hidrografia e biodiversidade. No noroeste, a Depressão do São Francisco possui relevo mais suave, favorecendo atividades agrícolas e pecuárias (IBGE, 2010; CPRM, 2014).

O clima é bastante diverso e isso se deve à sua grande extensão territorial e variação de relevo. No estado predomina o clima tropical, com duas estações bem definidas: uma mais seca no inverno e outra mais quente e chuvosa (Nimer 1989). Na Serra da Mantiqueira e no Espinhaço, regiões de maior altitude, o clima tende a ser tropical de altitude apresentando temperaturas mais amenas e maior ocorrência de nevoeiros e chuvas no verão (Silva *et al.* 2013). Já no norte do estado, próximo à Caatinga, é semiárido com temperaturas elevadas e chuvas escassas e mal distribuídas ao longo do ano, enquanto na parte sul, próxima à Floresta Atlântica, apresenta uma maior umidade e menor variação térmica anual (IBGE 2012). Essa diversidade climática é um fator importante que influencia diretamente a vegetação e a biodiversidade de Minas Gerais.

A ampla extensão territorial, juntamente com o clima, o relevo e os recursos hídricos do Estado favorecem o desenvolvimento de uma cobertura vegetal extremamente rica e diversificada, distribuída em três grandes domínios fitogeográficos: Cerrado, Caatinga e Floresta Atlântica, com suas diversas formações fitoecológicas que contribuem para a grande diversidade de paisagens. Historicamente, Minas Gerais sofreu intensa exploração de seus principais ecossistemas, a Floresta Atlântica e o Cerrado. O cultivo de café impactou inicialmente esses ambientes, seguido pelo avanço da indústria siderúrgica, impulsionada pela presença de minério de ferro e pelas florestas nativas como fonte energética (Fundação Biodiversitas 2004).

O Cerrado ocupa a porção central e norte do estado, sendo um dos domínios mais extensos e significativos do Brasil. Caracteriza-se por uma vegetação predominantemente herbácea e arbustiva, com árvores de pequeno porte, geralmente com troncos retorcidos e galhos tortuosos, adaptados ao clima tropical de savana, com estação seca bem definida no inverno e chuvas concentradas no verão (IBGE 2012). A vegetação do Cerrado mineiro varia conforme a topografia e a composição do solo, apresentando diferentes tipos, como o Cerrado *Sensu Stricto*, que conta com árvores esparsas e arbustos, e o Cerradão, com árvores de maior porte e mais densas, comuns em áreas com maior disponibilidade de água (Sano et al. 2010). O Cerrado de Minas Gerais é também um ecossistema de grande relevância para a biodiversidade, abrigando diversas espécies endêmicas e ameaçadas (Ribeiro & Walter 2008). Esse domínio fitogeográfico desempenha um papel crucial na manutenção do ciclo hidrológico da região, contribuindo para a formação de nascentes e a proteção das bacias hidrográficas (Silva & Ab'Saber 2005). Contudo, o Cerrado de Minas Gerais enfrenta grandes pressões devido à expansão da agricultura e da pecuária, resultando em desmatamento e degradação do solo, o que compromete a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos que esse domínio oferece (Sano et al. 2010).

A Floresta Atlântica de Minas Gerais é um dos domínios fitogeográficos mais ricos do estado, destacando-se por sua vegetação exuberante, com uma grande diversidade de espécies endêmicas e uma estrutura complexa. Ela ocorre principalmente nas regiões sul e leste, além de algumas áreas de médio e alto relevo, como nas serras da Mantiqueira, do Caparaó e do Espinhaço (IBGE 2012; Silva et al. 2013). A vegetação é composta predominantemente por fisionomias florestais (Ribeiro & Walter 2008), sendo de grande importância ecológica, abrigando uma fauna e flora diversificadas, incluindo espécies ameaçadas de extinção. As áreas de maior altitude, como o Parque Nacional do Caparaó, apresentam flora adaptada às condições elevadas, com campos de altitude e florestas

montanas (IBGE 2012). O clima da região é predominantemente tropical úmido, com elevada umidade e precipitação bem distribuída ao longo do ano, embora com uma estação seca no inverno, o que favorece o desenvolvimento de uma vegetação densa e a formação de ecossistemas distintos dentro da floresta (Nimer 1989). Além disso, a Floresta Atlântica mineira tem um papel crucial na manutenção do ciclo hidrológico, sendo responsável por uma parte significativa da produção de água na região, essencial para os rios que abastecem Minas Gerais e parte de São Paulo (Ribeiro & Walter 2008). Entretanto, esse domínio fitogeográfico tem sido gravemente impactado por ações antrópicas, especialmente o desmatamento causado pela expansão agrícola, pecuária e urbanização, resultando na fragmentação dos remanescentes florestais (IBGE 2012). No entanto, programas de preservação, como unidades de conservação e iniciativas de restauração ecológica, têm sido implementados para mitigar os danos e conservar a biodiversidade dessa importante formação.

A Caatinga ocupa a porção norte de Minas Gerais, especialmente em áreas com clima semiárido, onde as chuvas são irregulares e de baixa intensidade. A vegetação é composta por plantas adaptadas à seca prolongada, com grande predominância de espécies xerófitas, como cactos, arbustos espinhosos e árvores de pequeno porte, que desenvolvem mecanismos para reter água e resistir à escassez hídrica (IBGE 2012; Silva et al. 2013). Esse domínio fitogeográfico é caracterizado por uma grande diversidade de flora e fauna, com espécies adaptadas a altas temperaturas e baixa umidade. A vegetação da Caatinga mineira apresenta uma dinâmica sazonal bem definida, com a maioria das plantas entrando em dormência durante a seca e florescendo e frutificando na estação chuvosa (Silva et al. 2013). Além disso, a Caatinga desempenha um papel essencial no ciclo hidrológico e no fornecimento de recursos para as populações locais (IBGE 2012).

1.2.2 Material biológico

No Brasil, a família Cyatheaceae está representada por três gêneros *Alsophila* R.Br., *Cyathea* J.Sm. e *Sphaeropteris* Bernh. e 59 espécies (Weigand & Lehnert 2016; Flora e Funga do Brasil 2024), sendo um componente importante da flora das regiões tropicais e subtropicais, especialmente na Floresta Atlântica e na Floresta Amazônica (Silva & Ferreira 2010).

O gênero *Alsophila* possui 235 espécies, sendo mais típico do Velho Mundo, predominantemente no Sudeste Asiático e está representado no Brasil por cinco espécies, que podem ser encontradas em várias regiões do país, com cáudices que podem atingir até 15

metros. As folhas das espécies desse gênero são bipinadas e a base do cáudice é recoberta por escamas escuras e finas, marginadas com uma seta apical (Tryon & Tryon, 1982; Korall et al. 2007; Pietrobon et al. 2024).

O gênero *Cyathea* possui cerca de 115 espécies, predominantemente distribuídas no Novo Mundo, com algumas espécies em ilhas do Pacífico, sendo representado no Brasil por 35 espécies, das quais 20 são endêmicas e encontradas na Floresta Atlântica e/ou na Região Amazônica. São plantas que podem atingir até 20 metros de altura e possuem o cáudice recoberto por escamas marginadas, sem uma seta apical (Tryon & Tryon 1982; Korall et al. 2007; Windisch & Santiago 2013; Pietrobon et al. 2024).

O gênero *Sphaeropteris* tem cerca de 120 espécies com ocorrência predominante no Velho Mundo, mas ausente na África. É representado por apenas uma espécie no Brasil. Algumas espécies podem atingir até 20 metros de altura e podem ser caracterizadas pelos cáudices recobertos por escamas conformes por suas folhas grandes, compostas, e esporângios localizados na face inferior das folhas (Tryon & Tryon, 1982; Korall et al. 2007; Pietrobon et al. 2024).

1.2.3 Obtenção, organização e análise dos dados

Para analisar o padrão de distribuição, riqueza e esforço de coleta de Cyatheaceae no estado de Minas Gerais, foram consultadas as bases de dados *speciesLink* (Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA 2023), e GBIF.org (The Global Biodiversity Information Facility), no período de setembro/23 a dezembro/23.

Após a obtenção dos dados foram realizadas etapas de limpeza, que incluíram a remoção de duplicatas e de exemplares indeterminados, a correção de erros de digitação e a padronização de formatos de dados. Além disso, os valores ausentes foram tratados por meio da imputação de dados e exclusão de registros incompletos que não apresentavam o georreferenciamento, conforme apropriado. A filtragem e a categorização dos dados também foram efetuadas para garantir a consistência e a relevância das informações antes da análise final.

Os mapas foram elaborados utilizando o QGIS versão 3.34. O mapa base do território brasileiro, foi obtido na página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2023), garantindo a contextualização geográfica adequada. O processo de criação dos mapas envolveu a sobreposição dos dados de ocorrência da espécie com camadas geográficas e informações adicionais, como limites estaduais, para uma análise mais detalhada e informativa da distribuição da família. As análises de riqueza e esforço de coleta foram feitas

no mesmo programa através de uma ferramenta denominada ‘Biological Records Tool’ (<https://www.fscbiodiversity.uk/qgisplugin/biorecstool>). A análise de similaridade entre as quadrículas com ocorrência de registros de Cyatheaceae foi realizada através do programa Biodiverse 4.3 (Laffan et al. 2010), empregando-se UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) e o índice de similaridade de Jaccard. As quadrículas utilizadas nessas análises foram estabelecidas com 0,25° de lado, o que corresponde a aproximadamente 28Km.

1.3 Resultados

Inicialmente foi obtido nas bases de dados o total de 2717 registros de ocorrência de Cyatheaceae para o estado de Minas Gerais e, após a realização de limpeza, apenas 1245 registros puderam ser utilizados. A Figura 1 mostra a distribuição de Cyatheaceae, predominantemente relacionada à Floresta Atlântica, perfazendo 1028 registros (totalizando 23 espécies registradas). O Cerrado contou com um número de 215 registros (distribuídos em 17 espécies) e a Caatinga com apenas dois registros (representando duas espécies).

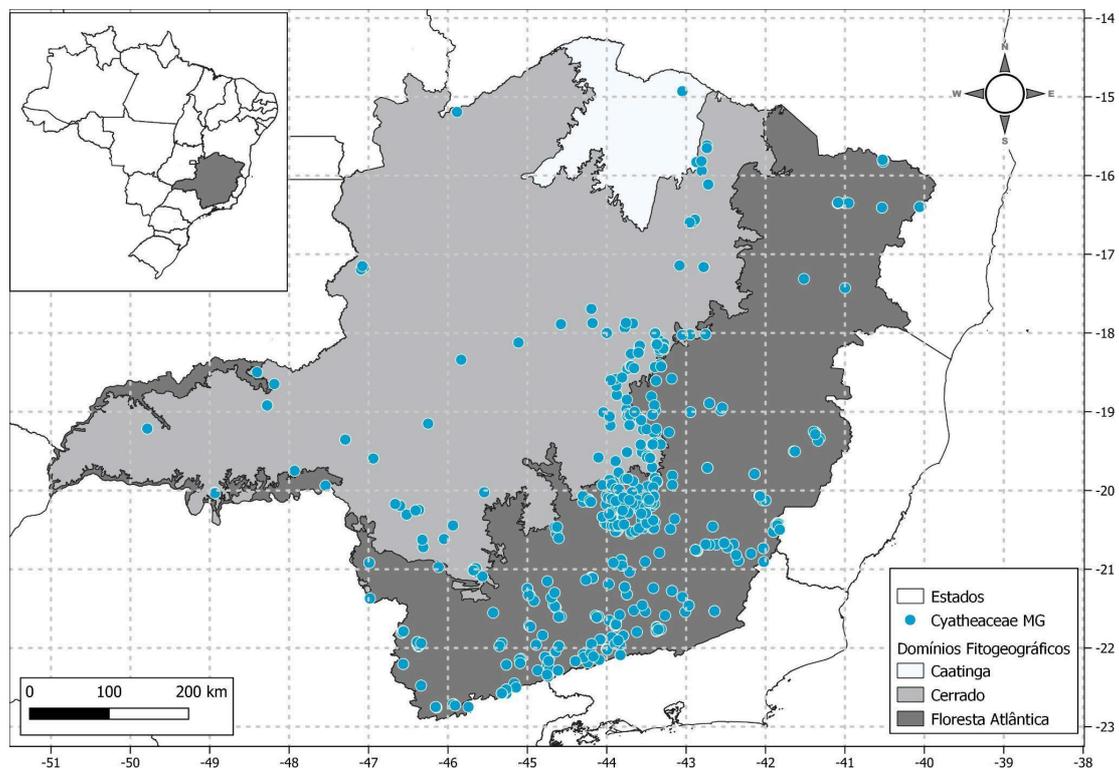


Figura 1. Distribuição das coletas de Cyatheaceae no Estado de Minas Gerais, Brasil.

A família Cyatheaceae está representada em Minas Gerais por três gêneros (Tabela 1, Figura 2). *Cyathea* com 996 registros e 18 espécies é o gênero mais rico e mais comumente coletado no estado. Na sequência vem o gênero *Alsophila* com 154 registros e quatro espécies e, por fim, *Sphaopteris* com 94 registros e apenas uma espécie registrada.

Tabela 1 - Espécies de Cyatheaceae ocorrentes no estado de Minas Gerais

Espécies	Registros	Domínio fitogeográfico
<i>Alsophila capensis</i> (L.f.) J.Sm.	28	Cer, FA
<i>Alsophila salvinii</i> Hook.	26	FA
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	36	Cer, FA
<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S.Conant	65	Cer, FA
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin	19	Cer, FA
<i>Cyathea bipinnatifida</i> (Baker) Domin	3	Cer, FA
<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	151	Cer, FA
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	260	Caa, Cer, FA
<i>Cyathea dichromatolepis</i> (Fée) Domin	49	Cer, FA
<i>Cyathea feeana</i> (C.Chr) Domin	6	Cer, FA
<i>Cyathea glaziovii</i> (Fée) Domin	5	FA
<i>Cyathea hirsuta</i> C. Presl	12	FA
<i>Cyathea leucofolis</i> Domin	36	Cer, FA
<i>Cyathea microdonta</i> (Desv.) Domin	12	FA
<i>Cyathea myriotricha</i> (Baker) R.C.Moran & J.Prado	29	Cer, FA
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	210	Cer, FA
<i>Cyathea poeppigii</i> (Hook.) Domin	6	Cer, FA
<i>Cyathea praecincta</i> (Kunze) Domin	1	FA
<i>Cyathea pungens</i> (Willd.) Domin	6	Cer, FA
<i>Cyathea rufa</i> (Fée) Lellinger	43	Cer, FA
<i>Cyathea uleana</i> (Samp.) Lehnert	32	Cer, FA
<i>Cyathea villosa</i> Willd.	116	Caa, Cer, FA
<i>Sphaopteris gardneri</i> (Hook) R.M.Tryon	94	Cer, FA

Domínios fitogeográficos: Caa - Caatinga, Cer - Cerrado, FA - Floresta Atlântica.

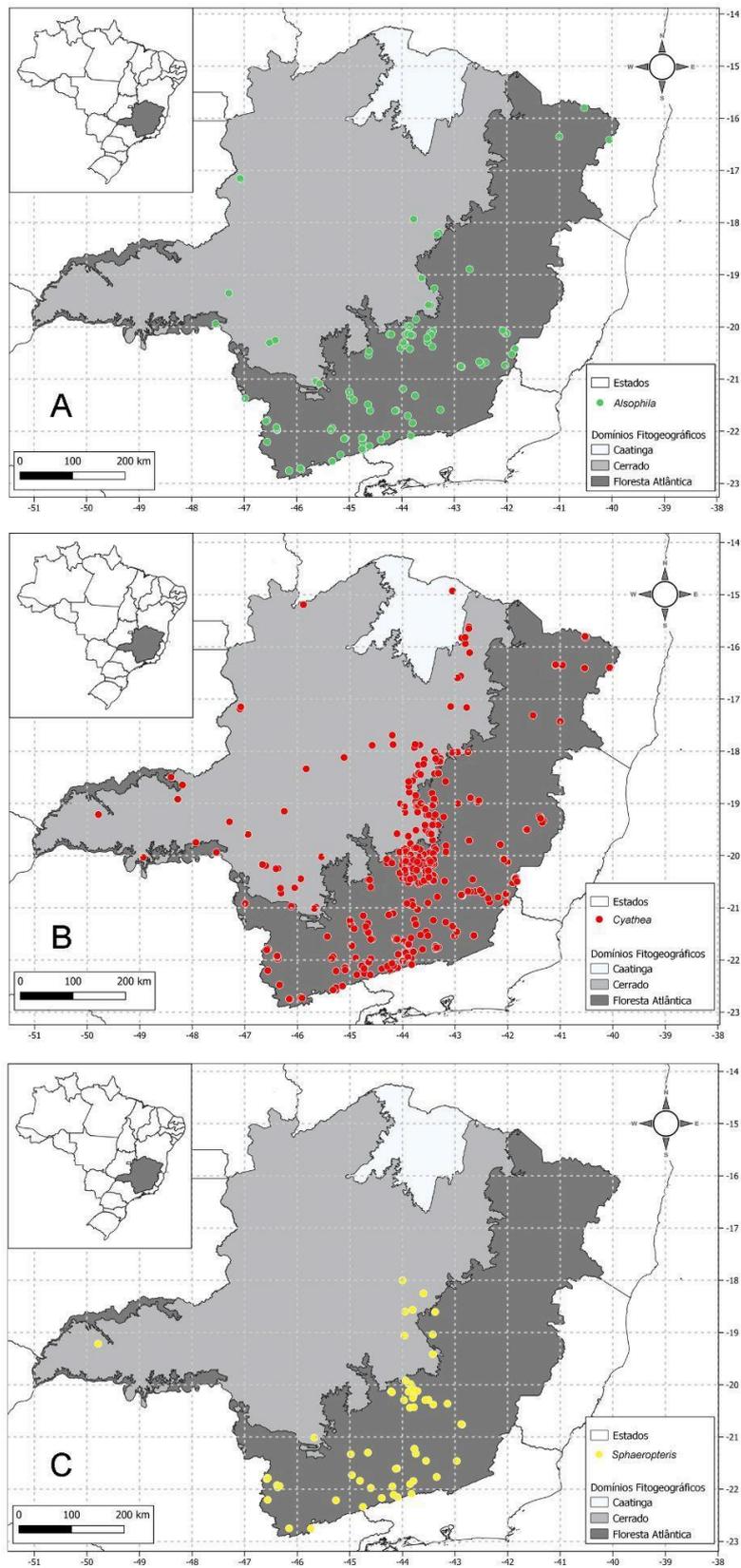


Figura 2. Distribuição dos gêneros de Cyatheaceae no estado de Minas Gerais: **A.** *Alsophila*, **B.** *Cyathea*, **C.** *Sphaeropteris*.

Assim como o número de registros por gênero é bastante discrepante, pode-se notar na Figura 3 que a amostragem ao longo do estado de Minas Gerais também é irregular e concentrada em determinadas áreas, com maior destaque para aquelas indicadas com as letras A e B, que se referem, respectivamente, às regiões de Belo Horizonte e Juiz de Fora. Chama a atenção que considerável extensão do estado não possui qualquer coleta e, mesmo em áreas onde elas foram realizadas, cerca de metade das quadrículas tem apenas um ou dois registros e apenas nove quadrículas têm mais de 25 registros de ocorrência.

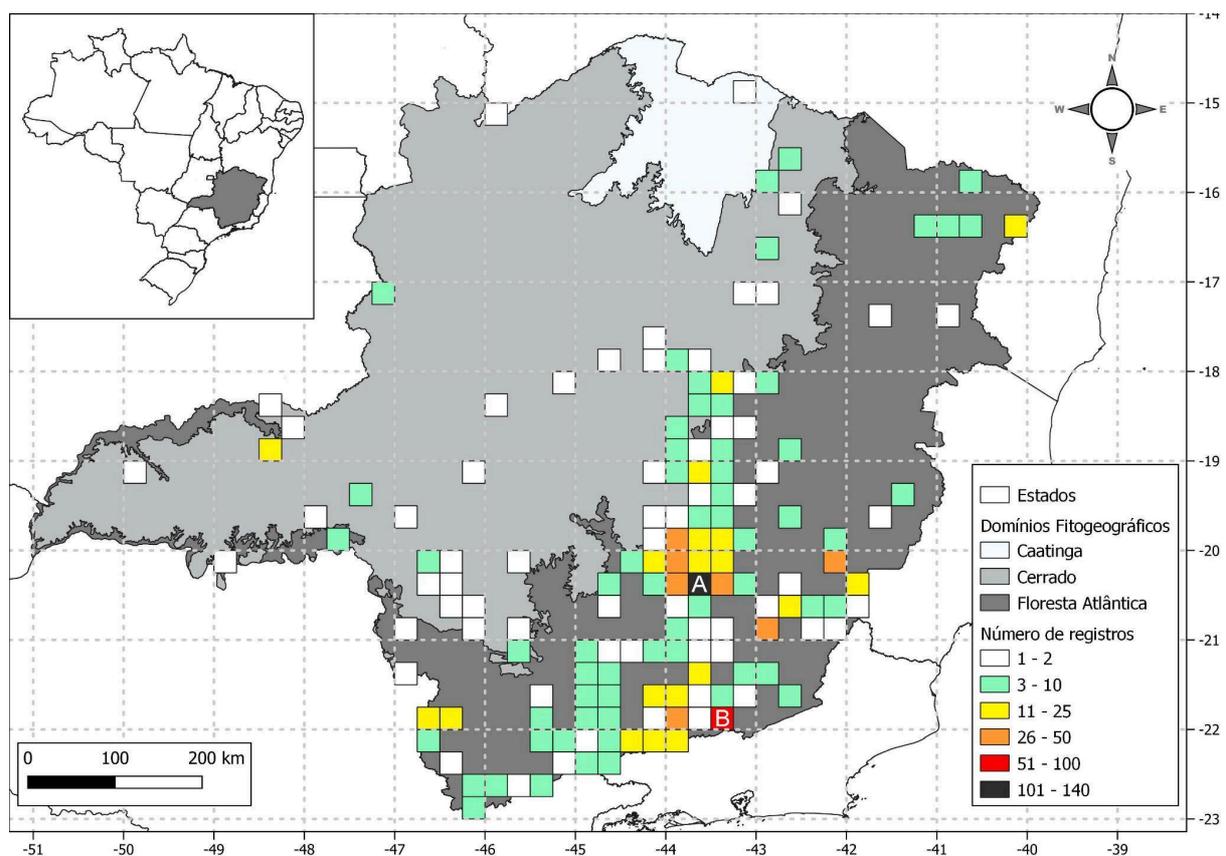


Figura 3. Número de registros de Cyatheaceae no estado de Minas Gerais

A riqueza se apresenta mais bem distribuída, embora seja possível notar que mais de um terço das quadrículas tenha apenas uma espécie registrada. Um dos conjuntos de quadrículas mais ricas também está localizado na região de Belo Horizonte e arredores (A), mas a outra quadrícula de riqueza elevada (B) fica na região da Serra do Ibitipoca e Serra Negra. Na sequência as quadrículas mais ricas (em vermelho) estão localizadas ao longo da Serra do Espinhaço, notadamente no Quadrilátero Ferrífero, Planalto Diamantina e Serra do Cipó, Juiz de Fora, Viçosa e Caldas (Figura 4).

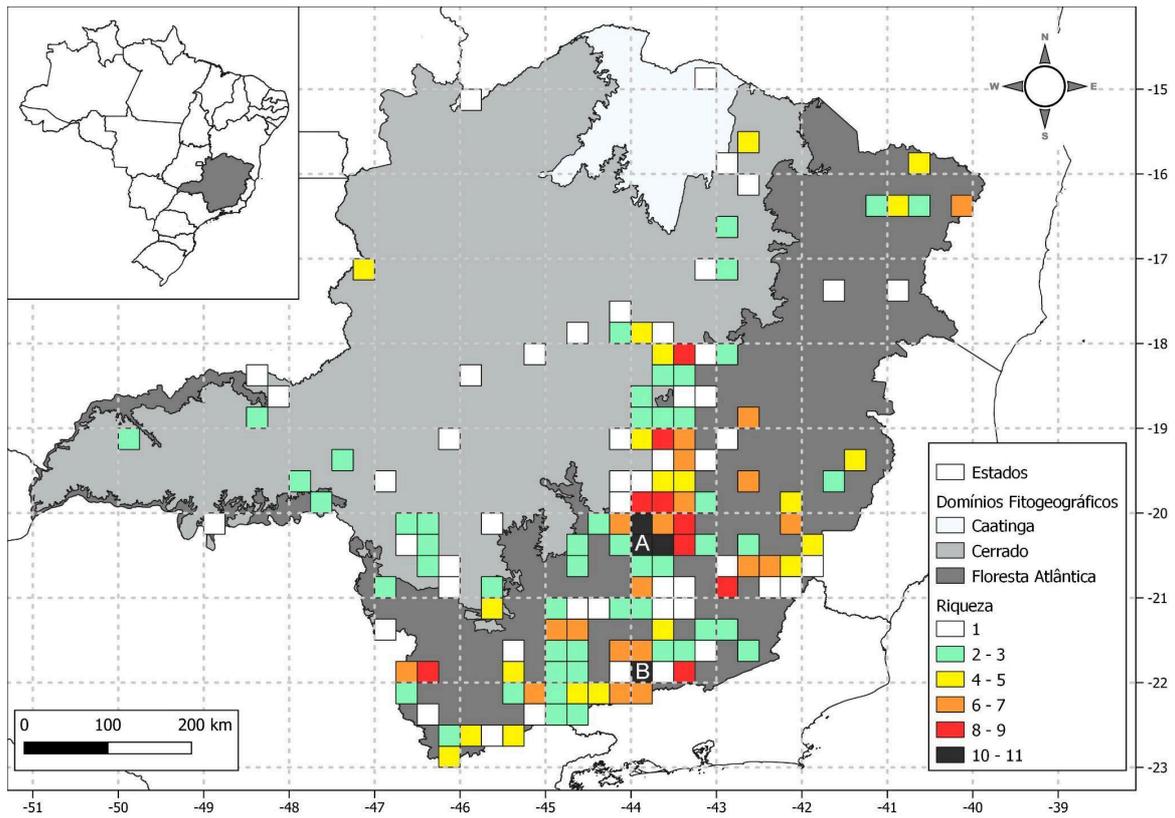


Figura 4. Riqueza de espécies de Cyatheaceae no estado de Minas Gerais

A análise empregando UPGMA e índice de similaridade de Jaccard entre as quadrículas com ocorrência de exemplares de Cyatheaceae não resultou em padrões reconhecíveis, com as áreas mais similares geograficamente distantes entre si (Figura 5).

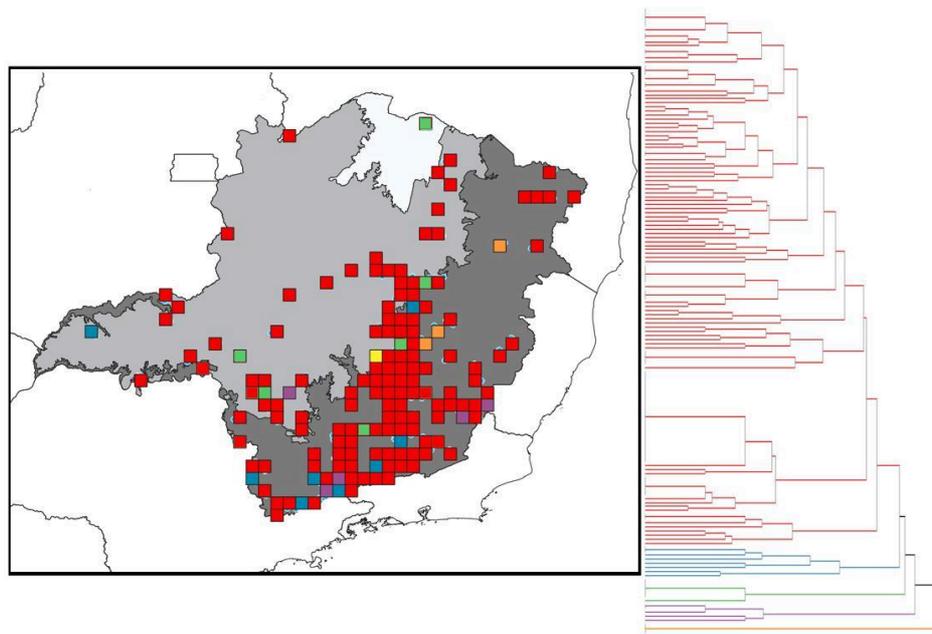


Figura 5. Similaridade entre as quadrículas baseada na composição de Cyatheaceae

1.4 Discussão

Os resultados deste estudo revelaram um panorama abrangente da distribuição da família Cyatheaceae no estado de Minas Gerais. O número de espécies tratadas no presente estudo para Minas Gerais (23) é diferente daquele indicado na Flora e Funga do Brasil (24), por Pietrobon et al. (2024), pois desconsideramos a ocorrência de *Cyathea arborea* (L.) Sm. Esse nome está atribuído nos metadados da base *speciesLink* a um exemplar depositado no herbário P, coletado por Ynés Mexia (4650) no município de Viçosa no ano de 1930, a despeito da imagem mostrar que a identificação na etiqueta da exsicata é *Cyathea sternbergii* Pohl. Uma duplicata dessa coleta, depositada no herbário F foi determinada à caneta na etiqueta original, possivelmente pela coletora, como *Cyathea sternbergii* Pohl e, posteriormente, por G.Gastony em 1970, como *Nephelea sternbergii* (Pohl) Tryon, ambos os nomes atualmente considerados sinônimos de *Alsophila sternbergii* (Pohl) D.S.Conant, o qual adotamos no estudo, uma vez que *Cyathea arborea* é considerada por Proctor (1989), como restrita às ilhas do Caribe e norte da Colômbia.

Os dados apontam para maior concentração de registros e maior riqueza de espécies na Floresta Atlântica, pois todas as 23 espécies registradas para o estado de Minas Gerais foram também registradas neste domínio, o que está em consonância com o papel deste domínio como um *hotspot* de biodiversidade (Myers et al., 2000). A FA tem a maior riqueza de samambaias arborescentes no Brasil, com 30 espécies e também abriga as 17 espécies que são endêmicas do Brasil (Weigand & Lehnert 2016; Pietrobon et al. 2024). O Cerrado também demonstrou considerável riqueza em Minas Gerais, com 17 espécies registradas, o que contrasta com os dados da Flora e Funga do Brasil que apontam a ocorrência de apenas 10 espécies para esse domínio fitogeográfico (Pietrobon et al. 2024). Tal discrepância pode estar relacionada à necessidade de revisão das informações apresentadas na Flora ou, mais provavelmente, ao fato de que muitas das espécies aqui consideradas como de ocorrência para o Cerrado estejam em regiões limítrofes entre este e a Floresta Atlântica, uma vez que ambos apresentam uma extensa faixa de ecótono no estado. Por fim, a Caatinga possui apenas duas espécies de Cyathaceae registradas, ambas também indicadas para tal domínio no estado de Minas Gerais, *Cyathea delgadii* e *Cyathea villosa* (Pietrobon et al. 2024), sendo duas das espécies mais coletadas, conforme apresentado na Tabela 1. A riqueza mais elevada em áreas de maior altitude, como as serras do Espinhaço e da Mantiqueira, pode ser explicada pela combinação de fatores climáticos, como maior umidade e temperaturas mais amenas, que favorecem o desenvolvimento de samambaias arborescentes (Silva et al., 2013, Weigand & Lehnert 2016).

Fica claro um viés de amostragem relacionado à atuação mais intensa de determinadas instituições e respectivos especialistas e samambaias nas áreas com maior número de registros e/ou riqueza elevada. É o caso da região do Quadrilátero Ferrífero (incluindo Belo Horizonte), com destacada atuação de pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (Herbário BHCB) e outras áreas da Serra do Espinhaço (como Planalto Diamantina e Serra do Cipó), em que se destacam instituições paulistas, como Universidade de São Paulo (Herbário SPF) e Universidade Federal de Campinas (Herbário UEC), além de Regiões da Serra da Mantiqueira, como Juiz de Fora, Serra Negra e Serra do Ibitipoca, em que se destaca a atuação da Universidade Federal de Juiz de Fora (Herbário CESJ). Concentração de esforço de amostragem similar é comumente indicada em estudos dessa natureza (Werneck et al. 2011; Menini Neto et al. 2016; Furtado & Menini Neto 2021), em que áreas próximas a instituições de pesquisa e ensino são mais visitadas por pesquisadores e comumente conhecida como ‘efeito museu’ (Ponder et al. 2001). Além disso, a amostragem é frequentemente mais concentrada também ao longo de estradas que facilitam o acesso às localidades (Sousa-Baena et al. 2014). Os mesmos autores demonstram que, pontualmente, algumas das áreas supracitadas apresentam nível satisfatório de esforço de coleta para angiospermas reforçando o viés de amostragem, embora, em uma visão global a qualidade dos dados disponíveis para plantas vasculares em parte da área estudada, predominantemente relacionada ao trecho da Floresta Atlântica, foi considerada baixa (Kier et al. 2005).

Não foi possível observar qualquer padrão reconhecível na análise de similaridade entre as quadrículas de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, provavelmente em virtude do viés de amostragem observado. Uma vez que cerca de metade das quadrículas tem menos de 10 registros e riqueza inferior a três espécies a comparação se torna enviesada em virtude da existência de possíveis “espécies raras” resultante de amostragem insuficiente (Chao et al. 2005)

As limitações deste estudo incluem a dependência de bases de dados secundárias, que podem apresentar lacunas e inconsistências em virtude do enviesamento comumente observado em avaliações dessa natureza. No entanto, o rigoroso refinamento dos dados garantiu a maior precisão possível dos dados disponíveis e das análises realizadas, permitindo uma visão detalhada da distribuição da família Cyatheaceae no estado. A integração de mais coletas de campo e o uso de ferramentas como modelagem preditiva poderiam aprimorar as conclusões e identificar áreas potenciais ainda não exploradas.

Ademais, as diferenças na distribuição entre os gêneros sugerem possíveis padrões históricos e evolutivos que podem ter influenciado a diversificação e ocupação desses táxons em Minas Gerais. Estudos futuros podem aprofundar essa análise, considerando fatores como

mudanças climáticas históricas e interações ecológicas entre os gêneros.

Do ponto de vista da conservação, o impacto de pressões antrópicas, como o desmatamento e a fragmentação florestal, também é um fator importante a ser considerado. As áreas de floresta remanescente, apesar de altamente fragmentadas, continuam a abrigar espécies significativas de Cyatheaceae. Isso destaca a necessidade de ações de amostragem e potencial conservação direcionadas para áreas ainda pouco conhecidas identificadas por este estudo. A importância de direcionamento de esforços para regiões pouco amostradas fica claro com o exemplo da região de Santa Maria do Salto, localizada no extremo nordeste do estado de Minas Gerais, próximo à divisa com o estado da Bahia. As coletas disponíveis em herbário para Cyatheaceae foram todas realizadas nos últimos 20 anos, representando menos de 25 exemplares, mas o registro de sete espécies, pontualmente representando uma das localidades de riqueza elevada para a família no estado. O reconhecimento dessa área como relevante para a conservação da Floresta Atlântica resultou na criação do Parque Estadual do Alto Cariri, pelo Decreto 44.726, de 18 de fevereiro de 2008, localizado nos municípios de Santa Maria do Salto e Salto da Divisa (Minas Gerais 2008).

Por fim, a análise aqui apresentada reforça a importância de Minas Gerais como um estado-chave para a conservação da biodiversidade da Floresta Atlântica e destaca a relevância de famílias como Cyatheaceae na manutenção da estrutura e funcionamento dos ecossistemas florestais. Os achados contribuem para a formulação de estratégias de conservação que integrem a diversidade biológica à gestão territorial e às políticas públicas.

Referências

Brown JH & Lomolino MV (2006) Biogeografia. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC.

Chao A, Chazdon RL, Colwell RK & Shen TJ (2000) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, v. 3, n. 4, p. 257–264. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00114.x>. Acesso em: 3 jan. 2025.

CRIA - Centro De Referência Em Informação Ambiental. SpeciesLink. (2023). Disponível em: <https://www.specieslink.org.br/>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Drummond GM, Martins CS, Machado ABM, Sebaio FA & Antonini Y (2005) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.

Drummond GM, Martins CS, Machado ABM, Sebaio FA & Antonini Y (2009) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.

Figueiredo WM, Da Silva JMC & Souza MA (2006) Biogeografia e a Conservação da Biodiversidade. In book: *Biologia da Conservação: essências* (pp.135-156)

Figueiredo FO (2006) Padrões de diversidade e endemismo na flora de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 29, n. 4, p. 639–648, 2006. DOI: 10.1590/S0100-84042006000400007.

Fundação Biodiversitas (2004) Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.

Furtado SG, Menini Neto L (2021) What is the role of topographic heterogeneity and climate on the distribution and conservation of vascular epiphytes in the Brazilian Atlantic Forest? *Biodiversity and Conservation*, v. 30, n. 5, p. 1415–1431, 2021. DOI: 10.1007/s10531-021-02150-6.

GBIF.ORG (The Global Biodiversity Information Facility). GBIF - Global Biodiversity Information Facility (2023). Disponível em: <https://www.gbif.org/>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2010) Relevo e vegetação de Minas Gerais. Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2012) Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2021) Áreas territoriais dos estados brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (2023) Mapa base do território brasileiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Kier G, Mutke J, Dinerstein E, Ricketts TH, Küper W, Kreft H & Barthlott W (2006) Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Ecology Letters*, v. 9, n. 3, p. 241–252. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00863.x>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Korall P, Conant E & Schneider H (2007) A molecular phylogeny of scaly tree ferns (Cyatheaceae). *American Journal of Botany*, v. 94, n. 5, p. 873–886. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/27733249.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Laffan SW, Lubarsky E & Rosauer DF (2010) Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography*, v. 33, p. 643–647, 2010.

Lehnert M (2009) Three new species of scaly tree ferns (Cyathea-Cyatheaaceae) from the northern Andes. *Phytotaxa*, v. 2, p. 43–56. Disponível em: <https://www.mapress.com/phytotaxa/content/2009/f/pt00001p056.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2024.

Menini Neto L, Furtado SG, Zappi DC, Oliveira Filho AT de & Forzza RC (2015) Biogeography of epiphytic Angiosperms in the Brazilian Atlantic forest, a world biodiversity hotspot. *Brazilian Journal of Botany*, v. 39, n. 1, p. 261–273. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40415-015-0238-7>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Minas Gerais. Decreto nº 44.726, de 18 de fevereiro de 2008. *Dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Unidades de Conservação de Minas Gerais (SEUC)*. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://www.legisminas.mg.gov.br/>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB & Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853–858, 2000. DOI: 10.1038/35002501.

Nimer E (1989) *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.

Ponder WF, Carter GA, Flemons P & Chapman RR (2001) Evaluation of Museum Collection Data for Use in Biodiversity Assessment. *Conservation Biology*, v. 15, n. 3, p. 648–657. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2001.015003648.x.

Proctor

Pietrobon MR, Schwartsburd PB, Santiago ACP & Maciel S (2024) Cyatheaceae in *Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB90850>. Acesso em: 05 dez. 2024.

Ribeiro MC & Walter BMT (2008) *Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.

Sano EE, Almeida SP & Ribeiro JF (2010) O Cerrado: Características e Conservação. In: Sano EE, Almeida SP & Ribeiro JF (Eds.), *Ecologia e conservação do Cerrado*. Brasília: Embrapa.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (2014) *Mapas de relevo e hidrografia*. Brasília: CPRM.

Silva JMC & Ab'saber AN (2005) *Ecologia dos biomas do Brasil*. São Paulo: Edusp.

Silva FAM, Assis RL & Santos LT (2003) Caracterização climática e impactos ambientais no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 13, p. 100–112.

Sousa-Baena MS, Garcia LC & Peterson AT (2014) Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory. *Diversity and Distributions*, v. 20, n. 3, p. 369–381. DOI: 10.1111/ddi.12136.

Weigand A & Lehnert M (2016) The scaly tree ferns (Cyatheaceae-Polypodiopsida) of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 30, n. 3, p. 1–10, jul.-set. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0065>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Windisch PG & Santiago ACP (2013) Cyatheaceae in *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB90850>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Werneck MS, Sobral MEG, Rocha CTV, Landau EC & Stehmann JR (2015) Distribution and Endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 178, n. 3, p. 1-12. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/boj.12272>. Acesso em: 3 jan. 2025.

Capítulo 2 ¹: Cyatheaceae (Polypodiopsida) do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil

Resumo

O Parque Estadual do Ibitipoca, localizado na região da Serra do Ibitipoca, faz parte da Serra da Mantiqueira e abriga uma flora diversificada e única. O parque está situado em área composta por um mosaico de fitofisionomias, caracterizada por sua alta biodiversidade e endemismo. Uma das características da flora do Parque Estadual do Ibitipoca é a presença de Cyatheaceae, também conhecidas como samambaias escamosas. Essas samambaias podem crescer bastante, com algumas espécies atingindo alturas de até 30 metros. São caracterizadas por grandes folhas e rizomas verticais espessos formando um cáudice. Desempenham um importante componente da flora brasileira, fornecendo habitat e alimento para uma grande variedade de animais. Têm também usos culturais e medicinais, sendo utilizados como ornamento e na medicina tradicional. A família está representada no parque por três gêneros (*Alsophila*, *Cyathea* e *Sphaeropteris*) e sete espécies. Aqui nós fornecemos um tratamento taxonômico para todos os gêneros e espécies, apresentando chaves de identificação, descrições, ilustrações, notas e comentários sobre a distribuição e hábitos das espécies.

Palavras-chave: Biogeografia, Caatinga, Cerrado, Floresta Atlântica, Samambaias arborescentes.

Abstract

The Ibitipoca State Park, located in the Serra do Ibitipoca region, is part of the Serra da Mantiqueira and harbors a diverse and unique flora. The park is situated in an area composed of a mosaic of phytophysiognomies, characterized by high biodiversity and endemism. One of the characteristics of the flora of Ibitipoca State Park is the presence of Cyatheaceae, also known as scaly tree ferns. These ferns can grow significantly, with some species reaching heights of up to 30 meters. They are characterized by large leaves and thick vertical rhizomes forming a caudex. They play a crucial role in the Brazilian flora, providing habitat and food for a wide variety of animals. In addition to their ecological importance, they also have cultural and medicinal uses, being utilized for ornamentation and in traditional medicine. The family is represented in the park by three genera (*Alsophila*, *Cyathea*, and *Sphaeropteris*) and

¹ Manuscrito submetido para a publicação na *Revista de Geografia (Recife)*, ISSN-L 2238-6211 e ISSN 0104-5490

seven species. Here, we provide a taxonomic treatment for all genera and species, including identification keys, descriptions, illustrations, notes, and comments on the distribution and habits of the species.

Keywords: Atlantic Forest, Cyatheales, Mountains, Taxonomy, Tree Ferns

2.1 Introdução

A família Cyatheaceae pertence à ordem Cyatheales e compreende um grupo de samambaias amplamente distribuídas em regiões pantropicais, com ocorrência também em áreas subtropicais do hemisfério sul (PPG I, 2016; Lehnert, 2009). Atualmente, a família é composta por aproximadamente 630 espécies, distribuídas em quatro gêneros: *Alsophila* R.Br., *Cyathea* J.Sm., *Gymnosphaera* Blume e *Sphaeropteris* Bernh. (Dong & Zuo, 2018; PPG I, 2016). As espécies de Cyatheaceae são caracterizadas pelo hábito arborescente, além da presença de tricomas e escamas no cáudice e nas frondes (Koral, 2007). São comumente encontradas em margens de rios em florestas sombreadas e em ambientes abertos com solos muito úmidos (Fernandes 2003; Weigand & Lehnert 2016).

Na América do Sul, a região andina, que se estende da Venezuela ao Peru, constitui o principal centro de diversidade da família Cyatheaceae (Tryon & Tryon, 1982; Smith et al., 2006). No Brasil, a delimitação do número de espécies permanece incerta devido à ocorrência de complexos de espécies e híbridos (Weigand & Lehnert, 2016). A revisão taxonômica mais recente para o país reconhece 59 espécies aceitas, das quais 15 são endêmicas, distribuídas em quatro gêneros (Dong & Zuo, 2018; Flora e Funga do Brasil, 2023; PPG I, 2016). A família ocorre em todos os domínios fitogeográficos brasileiros, incluindo Amazônia, Cerrado, Campos Sulinos e Floresta Atlântica, sendo este último o domínio com a maior riqueza de espécies (Fiaschi & Pirani, 2009; Windisch & Santiago, 2015; Weigand & Lehnert, 2016).

O Parque Estadual do Ibitipoca está situado na região da Serra do Ibitipoca, um local de interesse botânico estudado por naturalistas europeus desde o início do século XIX (Menini Neto & Salimena, 2013). Até o momento, a flora da região inclui 209 espécies de plantas não vasculares, 171 de plantas vasculares sem sementes e 1080 de plantas com sementes (Forzza et al., 2013; Luiz-Ponzo et al., 2013; Salino et al., 2013).

Na década de 1960, foi iniciado o projeto "Flora do Ibitipoca", sob a coordenação de Leopoldo Krieger (Menini Neto et al., 2007). Desde então, 26 monografias de angiospermas foram publicadas (Medeiros & Guimarães, 2007; Menini Neto et al., 2007a; Milward-de-Azevedo, 2007; Borges & Forzza, 2008; Monguilhott & Mello-Silva, 2008; Monteiro & Forzza, 2008; Dias-Melo et al., 2009; Ferreira et al., 2009a, 2009b; Silva et al., 2009; Barberena et al., 2010; Monteiro et al., 2010; Blaser et al., 2011; Ferreo & Mello-Silva, 2011; Ferreira et al., 2011; Lopes & Mello-Silva, 2012; Temponi et al., 2012; Montserrat & Mello-Silva, 2013; Gonzaga et al., 2014; Nardy et al., 2016; Cruz & Salimena, 2017;

Fernandes-Júnior & Konno, 2017; Santos-Silva et al., 2017; Cabral et al., 2019; Mota et al., 2020). No entanto, nenhuma família de samambaias e licófitas foi tratada até o momento.

O presente estudo tem como objetivo iniciar o processo de monografia das samambaias e licófitas do Parque Estadual do Ibitipoca. Neste trabalho, é apresentado o primeiro tratamento taxonômico de uma família de samambaias ocorrente na área.

2.2 Material e Métodos

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEI) é uma área de conservação localizada na Serra do Ibitipoca, no estado de Minas Gerais, Brasil. Estabelecido em 1973, o parque abrange uma área de 1.488 hectares e compreende uma diversidade de *habitats*, incluindo formações florestais, savânicas e campestres. De acordo com o sistema de classificação proposto por Oliveira-Filho (2009), são reconhecidas sete fitofisionomias na região: floresta tropical perenifólia supermontana de folhas largas; arbustal tropical perenifólio supermontano de folhas largas; savana arbustivo-arbórea nebulosa tropical semidecídua supermontana; savana arbustiva nebulosa tropical semidecídua supermontana; campo lenhoso alternado de folhas tropicais nebulosos supermontanos e campo nebuloso tropical supermontano (Oliveira-Filho et al., 2013) (Figura 1).

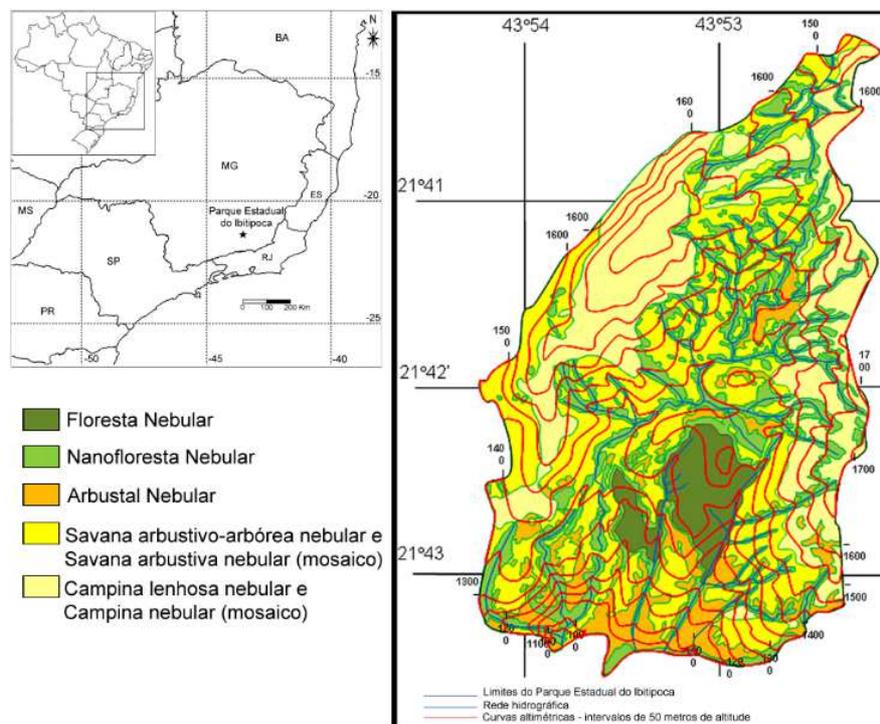


Figura 1. Mapa mostrando a localização e as fitofisionomias do Parque Estadual do Ibitipoca. Adaptado de Oliveira-Filho et al. (2013).

O PEI destaca-se como uma das áreas mais relevantes para a conservação da biodiversidade no estado, devido à sua elevada riqueza biológica, alto grau de endemismo e características geológicas notáveis (Menini Neto et al., 2007; Dias-Melo, 2009; Lopes & Mello-Silva, 2012). A geologia da região é dominada pelo Complexo Ibitipoca, composto por gnaisses, migmatitos, granitos e quartzitos, além de diversas formações geológicas, como afloramentos rochosos, cavernas e cachoeiras, conforme descrito por Luz (2007).

O clima da região é classificado como subtropical úmido, com temperaturas médias variando entre 18 e 20°C. A precipitação anual situa-se entre 1.400 e 1.800 mm, concentrando-se principalmente no período de outubro a março (Sampaio, 2003).

Para a identificação dos espécimes, foram consultados os herbários BHCB, CESJ, ESAL, R, RB e SPF, seguindo as siglas padronizadas de acordo com Thiers (2023). A determinação das espécies foi realizada com base na literatura especializada (e.g., Fernandes & Windisch, 1997; Fernandes, 2003; Pietrobon et al., 2020). O mapa utilizado neste estudo foi adaptado de Oliveira-Filho et al. (2013).

2.2.1 Taxonomia

Cyatheaceae Kaulf., Wesen Farrenkr. (1827: 119).

Plantas terrícolas, geralmente arborescentes. Rizomas eretos, formando um cáudice, cobertos por escamas, com frondes senescentes deixando cicatrizes no cáudice ou restos do pecíolo. Frondes 2-pinadas-pinatífidas, monomórficas ou subdimórficas, com presença de aflébias ou pinas aflebioides na base da fronde, com até 4 m de comprimento e 0,7-1,2 m de largura, pecíolos com escamas espinescentes. Pecíolos e frondes separados, superfícies abaxial e adaxial cobertas por escamas e tricomas. Venação simples ou bifurcada. Soros redondos, abaxiais ou submarginais, com ou sem paráfises; indúcio ausente ou presente, podendo ser hemiteloide, ciateoide, esferopteroide ou escamosa; esporângios de pedicelo curto, geralmente com 16 ou 64 esporos por esporângio; esporos triletes e aclorofilados.

A família está representada no PEI por sete espécies distribuídas em três gêneros (*Alsophila*, *Cyathea* e *Sphaeropteris*).

Chave para os gêneros de Cyatheaceae do Parque Estadual do Ibitipoca

1. Plantas com pinas aflebioides *Alsophila*
 - 1'. Plantas sem pinas aflebioides.
 2. Base do pecíolo com escamas conformes (com células de tamanho e orientação

iguais) *Sphaeropteris*
 2'. Base do pecíolo com escamas marginadas (com células nas margens menores e com orientação diferente) *Cyathea*

1. *Alsophila* R. Br., Prodr. 158. 1810.

O gênero *Alsophila* compreende aproximadamente 275 espécies com distribuição pantropical (PPG I, 2016). No Brasil, estão registradas três espécies: *Alsophila setosa* Kaulf., *Alsophila cuspidata* (Kunze) D.S. Conant e *Alsophila sternbergii* (Pohl) D.S. Conant (Weigand & Lehnert, 2016). A exclusão de *Alsophila salvinii* (\equiv *Gymnosphaera salvinii*) e *Alsophila capensis* (\equiv *Gymnosphaera capensis*) do gênero *Alsophila* é respaldada por análises moleculares e morfológicas (Dong & Zuo, 2018). No território brasileiro, *Alsophila* está distribuído nas regiões Norte (Acre, Amazonas, Pará e Rondônia), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará e Pernambuco), Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023). Especificamente no PEI, apenas uma espécie, *A. setosa*, está presente.

1.1. *Alsophila setosa* Kaulf., Enumeratio Filicum 249. 1824.

Tipo: BRASIL. Sem localidade, L.K.A. Chamisso s.n. (holótipo LZ, destruído, isótipos B, P).
 Figura 2. A-E.

Rizomas arborescentes, simples ou ramificados, geralmente com gemas laterais e estolões, atingindo até 4 m de altura, com restos de pecíolos aderidos por toda a extensão do rizoma. Frondes de 1-3,5 m de comprimento, 2-pinadas-pinatífidas a 3-pinadas; aflébias presentes. Pecíolo de 0,5-1 m de comprimento \times 2-3,5 cm de diâmetro, com escamas lineares marrons, com cerdas marginais e apicais; espinhos enegrecidos presentes, pelo menos na base do pecíolo. Lâminas de 1-2,8 \times 0,75-2,9 m, superfície abaxial com tricomas simples na ráquis, costas e cóstulas, geralmente com escamas triangulares marrons com cerdas nas margens. Segmentos de 0,8-1,5 \times 0,3-0,6 cm, triangulares, margens inteiras. Venação bifurcada. Soros redondos, geralmente restritos à base dos segmentos, com 5-8 esporângios por soro. Indúsio escamoso.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, Mata Grande, 21.703056S, 43.885W, 1400 m, 10.VIII.2005, C.M. Mynssen 838 (SPF, RB); sem data, M.A.L Fontes 83 (ESAL).

Material adicional examinado:

BRASIL, ESPÍRITO SANTO: Santa Maria, 23.V.1946, A.C.Brade 3326 (CESJ); Caparaó, Vale Verde, 30.IX.1977, L. Krieger s.n. (CESJ 15112); Paraná, Ponta Grossa, Sítio Malabar, na mata de galeria, junto ao córrego, local sombrio, 27.I.1985, L. Krieger s.n. (CESJ 21095); Paraná, Ponta Grossa, na mata, 26.XII.1985, L. Krieger s.n. (CESJ 21026).

Alsophila setosa distingue-se das demais espécies de Cyatheaceae ocorrentes no (PEI) pela presença de pinas aflebioides na base do pecíolo. Esta espécie está associada à floresta nebulosa conhecida como Mata Grande, o maior fragmento florestal do parque. Além disso, ocorre no sub-bosque da Floresta Atlântica, em florestas de Araucária e matas de galeria, abrangendo altitudes entre 20 e 1800 m (Fernandes, 2003; Weigand & Lehnert, 2016). Trata-se de uma espécie não endêmica do Brasil, distribuindo-se nas regiões Nordeste (Bahia e Pernambuco), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

2. *Cyathea* J.Sm. Mém. Acad. Roy. Sci. (Turin) 5: 416. 1793.

Rizomas eretos, formando um cáudice, ou decumbentes, com restos das bases dos pecíolos ou cicatrizes de abscisão das frondes. Frondes monomórficas, sem aflébias ou pinas aflebioides, pecíolos, pelo menos na base, com espinhos marrons, escamas marginadas, concolores ou bicolores, sem cerdas marginais ou apicais. Lâminas de 1-pinadas-pinatissectas a 3-pinadas-pinatissectas, com tricomas e escamas, raramente com espinhos. Ráquis raramente com espinhos, com tricomas e escamas. Venação simples ou bifurcada. Indúcio presente ou ausente.

O gênero *Cyathea* compreende aproximadamente 115 espécies com distribuição neotropical (Conant et al., 1995). No Brasil, estão registradas 49 espécies, das quais 15 são endêmicas, predominantemente encontradas na Floresta Atlântica e na Amazônia (Pietrobon et al., 2020; Windisch & Santiago, 2016). Essas samambaias geralmente ocorrem no sub-bosque, desempenhando um papel ecológico relevante como substrato para plantas epífitas, incluindo outras espécies de samambaias. No território brasileiro, o gênero apresenta uma ampla distribuição, abrangendo as regiões Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

Chave para espécies de *Cyathea* do Parque Estadual do Ibitipoca

1. Frondes pinadas a pinadas-pinatissectas; escamas da base dos pecíolos claramente bicolores *C. uleana*
 - 1.º Frondes 2 a 3-pinadas
 2. Pínulas pediceladas (>0,6 mm) pelo menos nas pinas proximais..... *C. corcovadensis*
 - 2.º Pínulas sésseis ou subsésseis
 3. Soros com indúcio globosa..... *C. delgadii*
 - 3.º Soros sem indúcio
 4. Rizoma arborescente; escamas da base dos pecíolos castanho-escuras; superfície abaxial das lâminas pubescente..... *C. phalerata*
 - 4.º Rizoma decumbente; escamas da base dos pecíolos esbranquiçadas; superfície abaxial das lâminas tomentosa..... *C. myriotricha*

2.1 *Cyathea corcovadensis* (Raddi), Domin Rozpr. Kral. Ceske Spolecn. Nauk, Tr. Mat.-Prir 262. 1929.

Tipo: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Sem localidade, sem data, Raddi s.n. (holótipo FI; isótipo P). Figura 2. F-I.

Rizoma arborescente, com até 5 m de altura, com restos de pecíolos ao longo de sua extensão. Frondes de 1,75-3 m de comprimento, 2-pinadas. Pecíolo de 0,6-1,2 m de comprimento × 2,8-3,7 cm de diâmetro, castanho-escuro, com escamas lanceoladas marrons, ápice acuminado ou fimbriado, ocasionalmente escurecendo no centro, espinhos reduzidos ou ausentes, frequentemente muricados ou tuberculados. Lâminas 2-pinadas, 0,8-2,2 × 0,6-1,75 m, superfície abaxial glabrescente com escamas lanceoladas esbranquiçadas ocasionais na ráquis, nas cóstulas e cóstulas secundárias. Segmentos de 9-18 × 1-2,4 cm, elípticos, oblongos ou lanceolados, margens inteiras ou lobadas. Venação 1-2-bifurcada. Soros redondos, medianos, com 4-6 esporângios por soro, com paráfises. Indúcio ausente.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, próximo ao Monjolinho, 21°42'24"S, 43°53'25"W, 9.VIII.2005, C.M. Mynssen et al. 781 (RB); trilha Monjolinho Lagoa Seca, 21°42'11"S, 43°53'03"W, 1377 m, 30.III.2004, F.M. Ferreira et al. 697 (RB).

Material adicional examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Resplendor, Parque Estadual de Sete Salões. Floresta Estacional Semidecidual com *Attalea*, na estrada perto da torre de rádio de Resplendor, 820 m de altitude, 19°20'05,4"S, 041°19'10,9"W, 08.V.2006, A. Salino 10944 et al. (CESJ); Juiz de Fora, Parque da Lajinha, parte de trás do parque, acesso pelo clube dos bancários, 12.IV.2014, L.V. Lima 53 (CESJ); Juiz de Fora, Reserva Biológica Municipal do Poço d'Anta, 29.VII.2017, R.C.J. Garcia 90 (CESJ).

Cyathea corcovadensis distingue-se das demais espécies do gênero na área de estudo, principalmente, pela superfície abaxial glabrescente, frondes bipinadas com ápice conforme ou subconforme e pínulas com pecíolos curtos. A espécie foi registrada na porção leste do parque, em florestas nebulares anãs próximas ao Monjolinho e na região entre essa área e a Lagoa Seca. Observa-se sua ocorrência frequente em ambientes relativamente mais secos e iluminados dentro de florestas higrófilas, florestas de galeria e áreas mais úmidas (Fernandes, 2003). *Cyathea corcovadensis* é endêmica do Brasil, com distribuição nas regiões Nordeste (Alagoas, Bahia e Pernambuco), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

2.2. *Cyathea delgadii* Sternb., Vers. Fl. Vorwelt 1: 47, t. B. 1820.

Tipo: BRASIL. GOIÁS: “Gancho do General Delgado em via ad Caldas Novas”, sem data, J.B.E. Pohl s.n. (holótipo PRC-fragmento GH). Figura 2. J-M.

Rizoma arborescente, com até 12 m de altura, com cicatrizes de pecíolos ao longo de sua extensão. Frondes de até 3 m de comprimento, 2-3-pinadas. Pecíolo de 46 cm de comprimento × 5 cm de diâmetro, com escamas lineares-lanceoladas de cor laranja-marrom a marrom, ápice acuminado, espinhos minúsculos ao longo de toda sua extensão, marrons, pungentes. Lâminas 1-2-pinadas-pinatissectas, 1,5-2,1 × 0,45-0,75 m, ápice gradualmente reduzido, ráquis inerme ou com espinhos, superfície abaxial das costas e cóstulas com escamas triangulares. Segmentos de 6-12 × 0,15-0,3 cm, oblongos, margens lobadas. Venação bifurcada com pelos. Soros redondos, medianos, com 4-8 esporângios por soro. Indúcio esfaeropteroide, globosa, paráfises menores que os esporângios.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, próximo à Cachoeira das Andorinhas, 05.VII.1993, R.C. Oliveira 213 (CESJ); na mata, a leste da Ponte de Pedra, 20.VIII.1992, R.F. Novelino et al. 854 (CESJ).

Material adicional examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Juiz de Fora, Pirapetinga, 15.VI.2006, T. Mota et al. 41 (CESJ); Nova Lima, Estação Ecológica de Fechos, 20°03'57,6"S, 43°57'32,7"W, área de Mata de Galeria, 11.VII.2001, A. Salino et al. 7163 (BHCB); Juiz de Fora, Universidade de Juiz de Fora, 23.II.2017, R.C.J Garcia 26 (CESJ).

A espécie *Cyathea delgadii* distingue-se das demais representantes do gênero no Inventário da Sociedade Pteridológica (ISP) pela presença de soros com indúcio globoso e rizoma marcado por cicatrizes de frondes. Essa espécie ocorre em florestas higrófilas e ambientes úmidos, incluindo vegetação ripária, locais sombreados ou expostos à plena luz do sol, sendo frequentemente encontrada em ravinas ao longo de estradas (Fernandes, 2003). Sua distribuição no Brasil abrange as regiões Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima), Nordeste (Bahia, Ceará, Pernambuco e Piauí), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

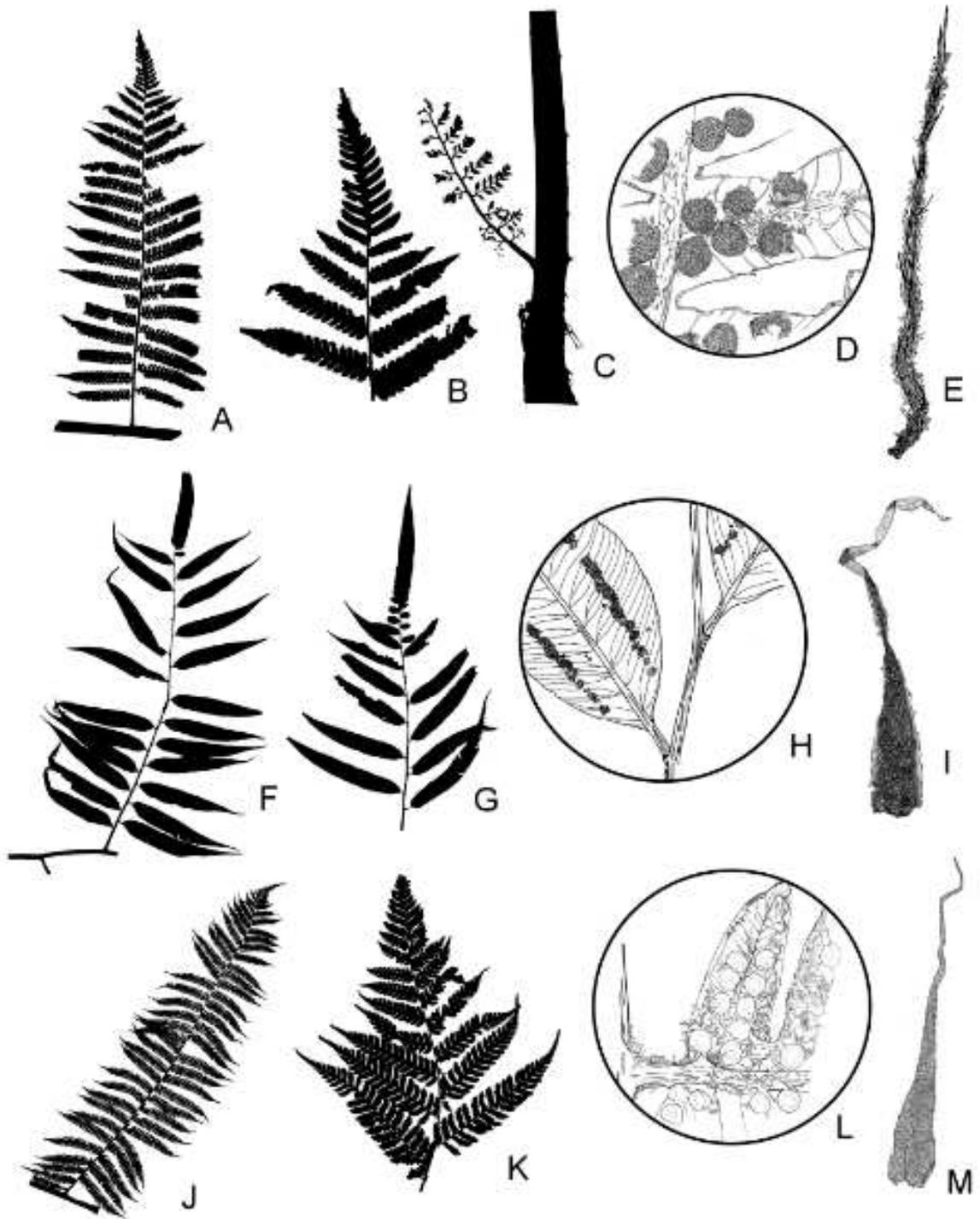


Figura 2. A-E. *Alsophila setosa*. A. Silhueta da pinna. B. Silhueta do ápice da fronde. C. Silhueta da aflébia. D. Detalhe da superfície abaxial. E. escama da base do pecíol.; F-I. *Cyathea corcovadensis*. F. Silhueta da pinna. G. Silhueta do ápice da fronde. H. Detalhe da superfície abaxial. I. Escama da base do pecíolo; J-M. *Cyathea delgadii*. J. Silhueta da pinna. K. Silhueta do ápice da fronde. L. Detalhe da superfície abaxial. M. Escama da base do pecíolo.

2.3. *Cyathea myriotricha* (Baker) R. C. Moran & J. Prado, *Brittonia* 60(4): 365. 2008.
Polypodium myriotrichum Baker, *J. Bot.* 23: 217. 1885.

Tipo: BRASIL. MINAS GERAIS: Serra do Caraça, sem data, A. Glaziou 15734 (lectótipo K, inadvertidamente designado por Moran et al. 2008: 363; isolectótipos B, GH, H, MICH, P).
Figura 3. A-C.

Rizoma horizontal, decumbente, com restos de pecíolos ao longo de sua extensão. Frondes de até 0,6 m de comprimento, 2-pinadas. Pecíolo de 0,08-0,1 m de comprimento × 0,28-0,4 cm de diâmetro, marrom-escuro, com escamas lanceoladas marrom, ápice acuminado ou fimbriado, com escurecimento ocasional no centro, espinhos reduzidos ou ausentes, frequentemente muricados ou tuberculosos. Lâminas de 0,3-0,45 m × 0,15-0,28 m, superfície abaxial tomentosa com escamas lanceoladas esbranquiçadas no ráquis, costelas e cóstulas. Segmentos de 2-3 cm × 1-1,8 cm, elípticos, oblongos ou lanceolados, margens inteiras ou lobadas, margens das escamas com cílios longos intercalados com pelos longos. Venação 1-2 bifurcada. Soros redondos, medianos, com 4-6 esporângios por soro, com paráfises. Indúcio ausente.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Parque Estadual do Ibitipoca, em localidade específica, 10.VII.1986, L. Krieger s.n. (CESJ 21255); no paredão da Ponte de Pedra, 05.XII.1992, R.C. Oliveira 133 (CESJ); na rocha, 29.VIII.1994, R.F. Novelino 1295 (CESJ); partindo da Ponte de Pedra, junto à mata, paredão de arenito, 28.VIII.1992, R.F. Novelino 879 (CESJ); debaixo da Ponte de Pedra, descendo a Cachoeira dos Macacos, à esquerda do Rio do Salto (1200 m), 15.V.1993, J.E.Z Oliveira et al. 254 (CESJ).

Cyathea myriotricha distingue-se das demais espécies do gênero no ISP principalmente pelo rizoma horizontal e decumbente, em contraste com as demais espécies de *Cyathea*, que apresentam rizomas arborescentes formando um cáudice. Trata-se de uma espécie rara, característica por seu crescimento em fendas e paredes rochosas, com registros nos estados de Minas Gerais e Paraná (Michelon & Labiak, 2013). Sua distribuição no Brasil abrange as regiões Norte (Tocantins), Centro-Oeste (Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais) e Sul (Paraná) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

2.4. *Cyathea phalerata* Mart., Denkschr. Bot Ges. Regensburg, 2:146,12,13, 1822.

Tipo: BRASIL. BAHIA: "Crescit in silvis montanis ad Almadam et alibi Provincia Bahiensi", C.F.P. Martius s.n. (lectótipo M, designado por Lehnert 2016: 43; isolectótipos B, BM, K, NY, US [fragmento de NY]). Figura 3. D-G.

Rizoma arborescente, ereto, de 1-4 m de altura, com restos de pecíolos ao longo de sua extensão. Frondes de até 3 m de comprimento. Pecíolo de 0,5-1,1 m de comprimento × 2,6-3,4 cm de diâmetro, com escamas persistentes, ovais-lanceoladas, concolores, brilhantes, marrom-escuro, margem inteira, peltada, base truncada, ápice longo acuminado. Lâminas de 1-2 m × 30-40 cm, 2-pinadas-pinatissectas, ápice gradualmente reduzido, sem pinna apical conformada, tecido laminar com poucos tricomas, superfície abaxial lanceolada, castanha, costelas e cóstulas com escamas, ráquis com espinhos menores do que os do pecíolo. Segmentos de 3,2 cm × 4 cm, oblongos, margens inteiras ou lobadas. Venação 1-2 bifurcada. Soros medianos, com 6 esporângios por soro. Indúcio ausente, paráfises mais longas do que os esporângios.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, debaixo da Ponte de Pedra, paredão rochoso à esquerda do Rio do Salto, descendo (1200 m), 15.V.1993, R.F. Novelino et al. 1033 (CESJ); próximo à Ponte de Pedra, 05.XII.1993, R.C. Oliveira 123 (CESJ); no interior da mata nebulosa, próximo ao curso d'água, 25.III.2001, R.M. Castro & M. A. Heluey 185 (CESJ).

Material adicional:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, Serra Negra, RPPN Serra Negra, 25.X.2008, F.S. Souza et al. 632 (CESJ); Juiz de Fora, Mata do Krambeck, Trilha principal, 21.VI.2008, F.S. Souza et al. 473 (CESJ).

Cyathea phalerata distingue-se das demais espécies de *Cyathea* no ISP por apresentar rizomas arborescentes com restos de pecíolos, ausência de indúcio, pínulas subsésseis e frondes 2-pinadas-pinatissectas. A espécie ocorre predominantemente em florestas higrofilicas ou em áreas próximas a rios em florestas mais secas, além de ser encontrada em florestas de galeria e ravinas nas bordas de formações florestais. Sua distribuição altitudinal varia do nível do mar até 1500 m (Fernandes, 2003). No Brasil, *C. phalerata* está presente nas regiões Norte (Acre), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito

Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

2.5 *Cyathea uleana* (Samp.) Lehnert, Brittonia 63: 43. 2011.

Tipo: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Porto de Nova Friburgo, Alto da Sierra, 1898, E.H.G. Ule s.n. (holótipo R). Figura 3. H-J.

Rizoma decumbente, com restos de pecíolos ao longo de sua extensão. Frondes de 1,75-3 m de comprimento, 1-pinadas-pinatífidas. Pecíolo de 0,6-1,2 m de comprimento × 2,8-3,7 cm de diâmetro, marrom-escuro, com escamas lanceoladas marrons, ápice acuminado ou fimbriado, com escurecimento ocasional no centro, espinhos reduzidos ou ausentes, frequentemente muricado ou tuberculado. Lâminas 2-pinadas, de 0,8-2,2 × 0,6-1,75 m, superfície abaxial glabrescente com escamas lanceoladas brancas ocasionais no ráquis, costelas e cóstulas. Segmentos de 0,9-2 cm de comprimento × 0,5-1 cm de largura, elípticos, oblongos ou lanceolados, margens inteiras ou lobadas. Venação 1-2 bifurcada. Soros redondos, medianos, com 4-6 esporângios por soro, com paráfises. Indúcio ausente.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Parque Estadual do Ibitipoca, na mata da cerca, descendo o rio à direita do trilho uns 100 m, nos bordos do rio à esquerda, 09.X.1993, J.E.Z Oliveira 382 & P.B. Pita 258 (CESJ).

Material adicional:

BRASIL. MINAS GERAIS: Município de Araponga, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Trilha para o Pico do Boné, 26.V.2000, A. Salino et al. 5499 (BHCB).

Cyathea uleana distingue-se das demais espécies do gênero no ISP pela presença de escamas bicolors na base do pecíolo. A espécie ocorre em paredes rochosas dentro da floresta ou em suas bordas, em florestas de galeria, bem como em áreas próximas a pântanos e cursos d'água. Sua distribuição no Brasil abrange as regiões Norte (Amazonas), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

3. *Sphaeropteris* Bernh. J. Bot. (Schrader) 1800(2): 122. 1801.

O gênero *Sphaeropteris* compreende aproximadamente 103 espécies com distribuição pantropical e em regiões temperadas do hemisfério sul, ocorrendo predominantemente em florestas tropicais e montanas tropicais. Essas espécies são encontradas em diversos

ambientes, como ravinas, margens de florestas, clareiras, áreas pantanosas e locais sujeitos a perturbações (Large & Braggins, 2004). No Brasil, o gênero está representado por uma única espécie, cuja distribuição abrange as regiões Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

3.1. *Sphaeropteris gardneri* (Hook.) R.M.Tryon, Contr. Gray Herb. 200: 20. 1970.

Tipo: BRASIL. MINAS GERAIS: Sem localidade, G. Gardner 5328 (lectótipo BM, designado por Tryon 1970:17; isolectótipos F, P, US). Figura 3. K-N.

Rizoma arborescente, simples, até 6 m de altura, pecíolo inermado ou tuberoso, com tricomas longos e estramináceos. Frondes de 1-2 m de comprimento, 2-pinadas-pinatífidas a 2-pinadas-pinatissectas. Pecíolo de 0,5-1 m de comprimento × 2-3,5 cm de diâmetro, escamas na base conformadas, lineares-lanceoladas, concolor, estramináceas ou dourado-rústicas, margem inteira com setas laterais escuras e setas apicais longas, base truncada. Lâminas de 1 m × 50 cm, superfície abaxial com tricomas simples ramificados. Segmentos de 4 cm × 0,3 cm, lanceolados, margens lobadas. Veias secundárias livres, bifurcadas ou simples. Soros medianos sobre as veias com paráfises menores ou iguais aos esporângios, 6-10 esporângios por soro. Indúcio globoso esfaeropteroide, paráfises menores ou iguais aos esporângios.

Material examinado:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, 27.VIII.2017, V.A.O Dittrich & B.P.S. Pereira 2190 (CESJ); Hotel Serra do Ibitipoca, na trilha do moinho, na mata ciliar, 19.V.2002, F.M. Ferreira et al. 132 (CESJ).

Material adicional:

BRASIL. MINAS GERAIS: Lima Duarte, Serra Negra, Fazenda Serra Negra, 31.V.2009, F.S. Souza & J.H.C. Ribeiro 709 (CESJ); Rio Preto, Serra Negra, Fazenda da Tiririca, 26.VI.2008, F.S Souza & O.J. Bastos Neto 502 (CESJ); Camanducaia, Mata do Trevo de acesso à Camanducaia, a 1180 m de altitude, 22°44'53,2''S, 46°09'16,9'' W, 01.VI.2001, A. Salino 6893 (BHCB); Barbacena, Sítio Rancho Novo, 5.IV.2014, L. Menini Neto et al. 1165 (CESJ).

Sphaeropteris gardneri distingue-se facilmente das demais espécies de Cyatheaceae presentes no Instituto de Pesquisas da Serra do Paranoá pela presença de escamas na base do pecíolo com margens conformadas. Em contraste, as espécies dos gêneros *Cyathea* e *Alsophila setosa* apresentam escamas na base do pecíolo com margens margiadas. A espécie

ocorre no interior e na borda de florestas, preferencialmente em ambientes altamente úmidos, como margens de rios e cursos d'água. Sua distribuição no Brasil abrange as regiões Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná e Santa Catarina) (Flora e Funga do Brasil, 2023).

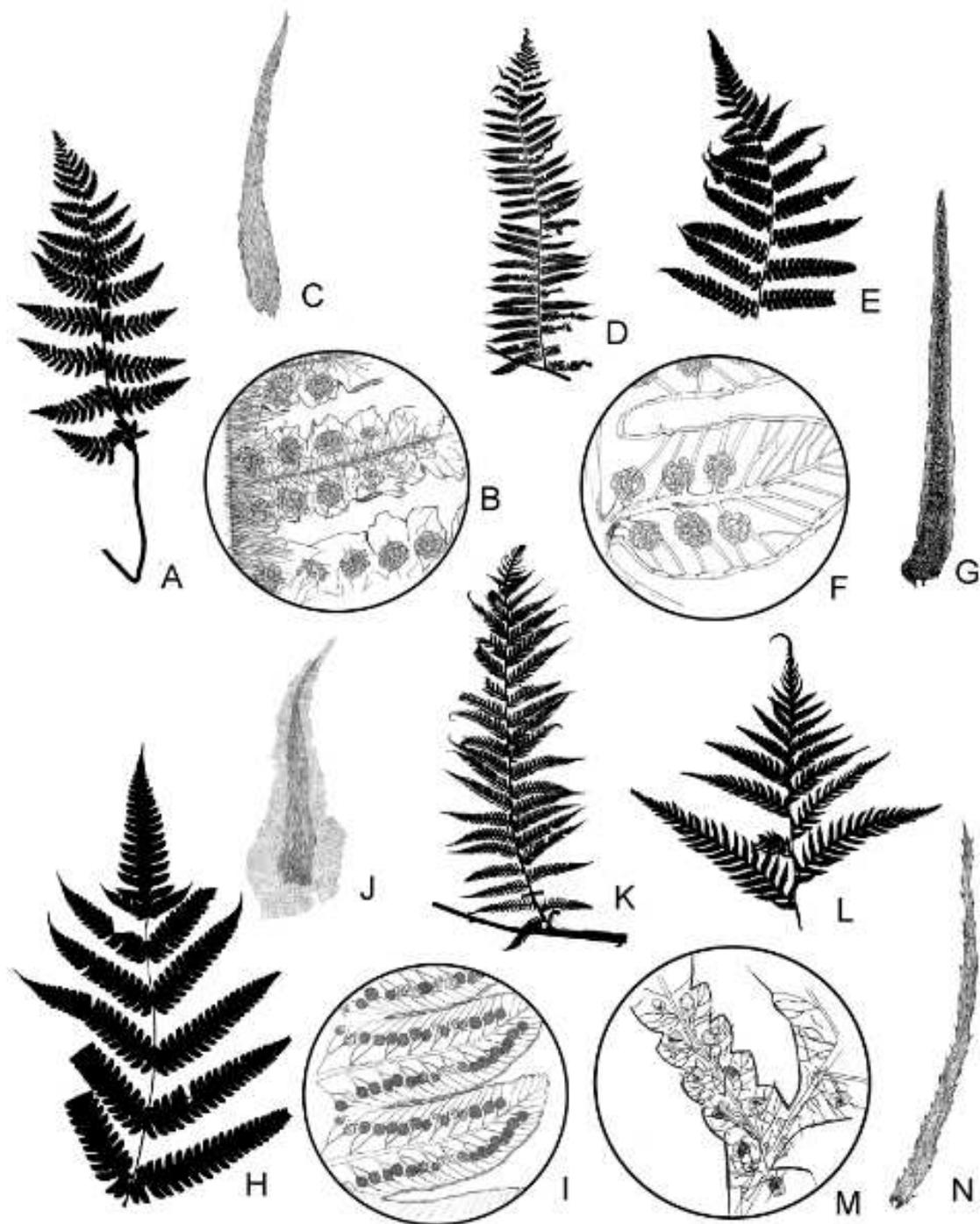


Figura 3. A-C. *Cyathea myriotricha*. A. Silhueta da pinna. B. Detalhe da superfície abaxial. C. Escama da base do pecíolo; D-G. *Cyathea phalerata*. D. Silhueta da pina. E. Silhueta do ápice da fronde. F. Detalhe da superfície abaxial. G. Escama da base do pecíolo, H-J. *Cyathea uleana*. H. Silhueta da pina. I. Detalhe da superfície abaxial. J. Escama da base do pecíolo, K-N. *Sphaeropteris gardneri*. K. Silhueta da pina. L. Silhueta do ápice da fronde. M. Detalhe da superfície abaxial. N. Escama da base do pecíolo.

2.3 Discussão

Os resultados deste estudo destacam a riqueza e a diversidade da família Cyatheaceae no Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), uma região de grande relevância para a conservação da biodiversidade. A ocorrência de sete espécies distribuídas em três gêneros (*Alsophila*, *Cyathea* e *Sphaeropteris*) reforça a importância do PEI como um refúgio para as samambaias, particularmente aquelas associadas a ambientes úmidos e sombreados. A predominância dessas espécies em fitofisionomias florestais corrobora a literatura, que destaca a forte associação das Cyatheaceae com formações vegetacionais densas e com alta umidade relativa (Weigand & Lehnert, 2016).

A distribuição das espécies no parque é influenciada por fatores ambientais, como umidade, altimetria e composição do solo. Espécies como *Alsophila setosa* foram registradas principalmente em áreas de florestas nebulares, enquanto *Cyathea corcovadensis* e *Cyathea delgadii* ocorrem em ambientes relativamente mais secos, como florestas higrófilas e matas de galeria. Esse padrão de distribuição sugere a existência de preferências ecológicas específicas dentro da família, o que pode refletir diferenças fisiológicas e adaptativas entre os gêneros.

A ocorrência de espécies endêmicas do Brasil, como *Cyathea corcovadensis* (Flora e Funga do Brasil, 2024) evidencia a relevância do PEI para a conservação de samambaias, especialmente considerando o crescente impacto antrópico sobre a vegetação da região de Minas Gerais (Williams et al., 2020). Além disso, a ausência de alguns táxons esperados na área pode estar relacionada a lacunas de amostragem ou a processos ecológicos e biogeográficos que limitam sua dispersão. Estudos adicionais, incluindo abordagens ecológicas, podem auxiliar na compreensão dos fatores determinantes da distribuição das Cyatheaceae no parque.

A importância taxonômica deste estudo reside no fato de ser o primeiro tratamento sistemático de uma família de samambaias no PEI, contribuindo para o preenchimento de uma lacuna no conhecimento da flora local. O estudo taxonômico realizado também reforça a necessidade de revisão contínua da classificação das Cyatheaceae no Brasil, considerando as recentes mudanças nomenclaturais e avanços na sistemática do grupo (Dong & Zuo, 2018).

2.4 Conclusão

O presente estudo fornece o primeiro tratamento taxonômico da família Cyatheaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, documentando a presença de sete espécies distribuídas em três gêneros. Os resultados evidenciam a relevância do PEI como área de conservação para

samambaias, incluindo espécies endêmicas e de ampla distribuição. A diversidade e a especificidade ecológica das Cyatheaceae no parque ressaltam a necessidade de futuras pesquisas que investiguem os padrões de distribuição, as relações filogenéticas e as ameaças às espécies registradas.

A ampliação do conhecimento sobre a flora do PEI é fundamental para subsidiar estratégias de conservação e manejo da biodiversidade local. Assim, espera-se que este estudo contribua para a valorização e a proteção das samambaias arborescentes no parque, reforçando a importância de pesquisas botânicas em áreas protegidas.

Referências

Barbarena FFVA, Chiavegatto B & Baumgratz JFA (2010) Melastomataceas remanescentes florestais do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 28(2): 141-156. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v28i2p141-157>

Barrington DS (1978) A revision of the genus *Trichipteris*. Contributions from the Gray Herbarium University 208: 3-93.

Blaser JG, Eiterer M, Salimena FRG & Chautems A (2011) Gesneriaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 29(1): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v29i1p1-12>

Borges RAX & Forzza RC (2008) A tribo Astereae (Asteraceae) no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 26(2): 131-154. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v26i2p131-154>

Cabral A, Groppo M, Cardoso PH, Menini Neto L & Santos-Silva F (2019) Flora do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil: Aquifoliaceae. Rodriguésia 70: e03782017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970053>

Cruz LVV & Salimena FRG (2017) Verbenaceae J.St.-Hil. do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 35: 65-74. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v35i0p65-74>

Dias-Melo R, Ferreira FM & Forzza RC (2009) Panicoideae (Poaceae) no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais – Brasil. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 27(2): 153-187. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v27i2p153-187>

Dong SY & Zuo ZY (2018) On the recognition of *Gymnosphaera* as a distinct genus in Cyatheaceae. Annals of the Missouri Botanical Garden 103(1): 1-23. DOI: <https://doi.org/10.3417/2017049>

Fernandes I & Windisch PG (1997) Taxonomia e fitogeografia de Cyatheaceae e Dicksoniaceae nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. TESE. Universidade de São Paulo.

Fernandes I (2003) Taxonomia dos representantes de Cyatheaceae do nordeste oriental do Brasil. Pesquisas Botânica 53(1): 7-53.

Fernandes-Júnior AJ & Konno TUP (2017) Malvaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Estado de Minas Gerais, Brasil. Hoehnea 44(4): 505-523. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-102/2016>

Ferns and Lycophytes in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB128483>. Access on 21 January 2023.

Ferreira CSAM, Trovó M & Forzza RC (2011) A família Eriocaulaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo 29(1): 19-36. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v29i1p19-36>

Ferreira FM, Da Costa AF & Forzza RC (2009a) Bambusoideae (Poaceae) no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 27(2): 203-218. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v27i2p203-218>

Ferreira FM, Da Costa AF & Forzza RC (2009b) Aristidoideae, Chloridoideae, Danthonioideae e Pooideae (Poaceae) no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 27(2): 189-202. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v27i2p189-202>

Ferrero R & De Mello-Silva R (2011) Droseraceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 29(1): 13-18. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v29i1p13-18>

Forzza RC, Manini Neto L, Salimena FRG & Zappi D (2013) Flora do Parque Estadual do Ibitipoca e seu entorno. Ed. UFJF, Juiz de Fora, 384p.

Gonzaga DR, Zappi DC, Furtado SG & Menini Neto L (2014) Cactaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 32(1): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v32i1p1-8>

Lopes JC & Mello-Silva R (2012) Annonaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 30(2): 157-164. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v30i2p157-164>

Luz JM (2007) Geology and geomorphology of Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 24(3): 311-321.

Medeiros EVS & Guimarães EF (2007) Piperaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 25(2): 257-252. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v25i2p227-252>

Menini Neto L, Alves RJV, Barros F & Forzza RC (2007) Orchidaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21(3): 687-696. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000300015>

Menini Neto L, Alves RJV & Forzza RC (2007) A subtribo Pleurothallidinae (Orchidaceae) no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 25(2): 253-278. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v25i2p253-278>

Menini Neto L & Salimena FRG (2013) História do Arraial de Conceição do Ibitipoca e a criação do Parque Estadual do Ibitipoca. In: Forzza RC, Menini L, Salimena FRG & Zappi D (orgs.) *Flora do Parque Estadual do Ibitipoca e seu entorno*. Ed. UFJF, Juiz de Fora. Pp. 15-26.

Michelon C & Labiak PH (2013) Samambaias e Licófitas do Parque Estadual do Guartelá, PR, Brasil. *Hoehnea* 40: 191-204. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062013000200001>

Milward-De-Azevedo MA (2007) Passifloraceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 25(1): 71-79. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v25i1p71-79>

Monguilhott L & De Mello-Silva R (2008) Apocynaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 26(2): 93-130. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v26i2p93-130>

Monteiro RF & Forzza RC (2008) A família Bromeliaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 26(1): 7-33. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v26i1p7-33>

Monteiro RF & De Olivera RS (2010) A família Amaryllidaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 28(1): 9-13. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v28i1p9-13>

Montserrat L & Mello-Silva R (2013) Velloziaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 31(2): 131-139. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v31i2p131-139>

Mota M, Pastore JFB, Marques Neto R & Salimena FR (2020) Lamiaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 71: e00192018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071005>

Nardy C, Furtado SG, Salimena FRG & Menini Neto L (2016) As subtribos Laeliinae e Ponerinae (Epidendroideae, Orchidaceae) No Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 34(1): 27-47. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v34i1p27-47>

Oliveira-Filho AT (2009) Classificação das fitofisionomias da América do Sul cisandina tropical e subtropical: proposta de um novo sistema - prático e flexível - ou uma injeção a mais de caos? *Rodriguésia* 60(2): 237-258. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860200960201>

Oliveira-Filho AT, Fontes MAL, Viana PL, Valente ASM, Salimena FRG & Ferreira FM (2013) O mosaico de fitofisionomias do Parque Estadual do Ibitipoca. In: Forzza RC, Menini Neto L, Salimena FRG & Zappi D (orgs.) *Flora do Parque Estadual do Ibitipoca e seu entorno*. Ed. UFJF, Juiz de Fora. Pp. 53-93.

Pietrobon MR, Schwartsburd PB, Santiago ACP, Maciel S. (2020) Cyatheaceae in Flora do Brasil 2020. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB90850>

Sampaio MA (2003) Aspectos climáticos da região do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Meteorologia* 18(1): 43-52.

Santos-Silva F, Cardoso PH & Cabral A (2017) Cunoniaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 35: 105-112. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v35i0p105-112>

Silva DB, Forzza RC & Alves M (2009) Cyperaceae e Juncaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 27(2): 219–234. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v27i2p219-234>

Temponi LG, Poli LP, Sakuragui CM & Coelho MAN (2012) Araceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 63(4): 957-969. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000400013>

Williams EA, Bovini MG & Mynssen CM (2020) Listagem, Banco de esporos e Guia Ilustrado de Samambaias e Licófitas Reserva Biológica da Serra da Pedra Branca, Caldas, Minas Gerais. *Biodiversidade Brasileira*, 10(2): 158-176, 2020.

Capítulo 3 ²: Características fenológicas das folhas da samambaia arborecente *Cyathea phalerata* Mart. na borda da floresta, com observações de suas respostas ao fogo accidental por amostragem oportunística

Resumo

A fenologia investiga a periodicidade de eventos biológicos relacionados ao crescimento das plantas. Há informações fenológicas limitadas sobre samambaias, particularmente sob condições de distúrbio, como bordas de florestas e incêndios. Este estudo teve como objetivo identificar padrões fenológicos e respostas a fatores ambientais e eventos pós-incêndio accidental, incluindo a produção e mortalidade de folhas, além do número de folhas de *Cyathea phalerata* Mart na borda de um remanescente estacional semidecidual da Floresta Atlântica no Brasil. Vinte e quatro plantas foram monitoradas por 22 meses, sendo 10 delas afetadas pelo fogo. Medimos e comparamos o número, a produção e a mortalidade de folhas, avaliando suas relações com fatores ambientais (chuvas, temperatura e umidade), considerando dois grupos: queimados e não queimados. A altura do tronco foi estimada e relacionada aos eventos fenológicos. Apenas uma planta morreu após o incêndio. Os grupos queimados e não queimados não apresentaram diferenças significativas na altura do tronco, no número de folhas, na produção ou na mortalidade. A altura do tronco foi positivamente correlacionada com o número de folhas em ambos os grupos e com a produção e mortalidade de folhas em plantas não queimadas. Ambos os grupos exibiram padrões descontínuos e irregulares de produção e mortalidade de folhas. Ambos produziram folhas imediatamente após o incêndio, embora com diferenças no momento e na intensidade dos picos. As plantas queimadas apresentaram um pico mais intenso (novembro) e mais tardio do que as não queimadas (setembro). Apenas a mortalidade de folhas em plantas não queimadas foi positivamente correlacionada com chuvas e umidade. Este estudo demonstrou uma rápida recuperação no número de folhas após o incêndio accidental para *C. mexiae*. No entanto, essa conclusão deve ser feita com cautela devido à severidade desconhecida do incêndio. O estudo revelou tendências não sazonais nos padrões de produção de folhas de *C. mexiae*, com o fogo potencialmente induzindo a mortalidade de folhas, reduzindo a sensibilidade dessa fenofase a fatores climáticos e alterando o pico de produção de folhas entre os grupos. Por fim, as plantas queimadas podem ter tido maior demanda energética devido à produção mais intensa de folhas pós-incêndio.

² Manuscrito submetido para o periódico *Science of Nature* <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/14429993>

Palavras-chave: borda de floresta, gatilhos ambientais, produção de folhas pós-incêndio, interações planta-clima, fenologia tropical.

Abstract

Phenology investigates the periodicity of biological events related to plant growth. There is limited phenological information on ferns, particularly under disturbance conditions such as forest edges and fire. This study aimed to identify temporal patterns and responses to environmental factors and post-accidental fire events, including leaf production and mortality, and the number of leaves of *Cyathea phalerata* Mart at the edge of a semi-deciduous seasonal remnant of the Atlantic Forest in southeastern Brazil. Twenty-five plants were monitored for 22 months, with 10 of them affected by fire. We measured and compared leaf number, production, and mortality, and evaluated their relationships with environmental factors (rainfall, temperature, and humidity), considering two groups: burned and unburned. Trunk height was estimated and related to phenological events across both groups. Only one plant died after the fire. Burned and unburned groups showed no significant differences in trunk height, leaf number, production, or mortality. Trunk height was positively correlated with leaf number in both groups and with leaf production and mortality in unburned plants. Both groups exhibited discontinuous and irregular leaf production and mortality patterns. Leaf production peaked shortly after the fire in both groups, while leaf mortality peaked immediately after the fire in burned plants and several months later in unburned plants. Only leaf mortality in unburned plants was positively correlated with rainfall and humidity. This study demonstrated a rapid recovery in leaf number following accidental fire for *C. mexiae*. However, this conclusion should be made cautiously due to the unknown severity of the fire. Finally, the study revealed non-seasonal trends in the leaf production patterns of *C. mexiae*, and the only possible effect of fire was in inducing leaf mortality, reducing the sensitivity of this phenophase to climatic factors.

Keywords: Tropical phenology, environmental triggers, plant-climate interactions, anthropogenic disturbances, leaf production.

3.1 Introdução

Florestas neotropicais, particularmente as do Brasil, têm sofrido um extenso desmatamento nas últimas décadas. Notavelmente, várias florestas brasileiras têm sido cada vez mais afetadas por distúrbios causados por incêndios, especialmente aqueles originados de atividades humanas (Pivello et al., 2021). Essa situação é agravada pela contínua redução dos remanescentes florestais, particularmente na Floresta Atlântica brasileira (uma floresta tropical que se estende pelas costas leste, nordeste, sudeste e sul, representando um importante centro de diversidade e endemismo), resultando em áreas cada vez menores e mais isoladas. Essa fragmentação aumenta a proporção de bordas florestais, que apresentam um microclima mais quente e seco, tornando-as altamente suscetíveis a incêndios. Além disso, as bordas florestais estão em proximidade direta com fontes de ignição, frequentemente cercadas por áreas agrícolas e de pecuária (Driscoll et al., 2021).

Nos últimos anos, um conjunto de conhecimentos foi desenvolvido sobre as respostas da flora e fauna às bordas florestais. Especificamente para a flora, embora alguns grupos sejam tolerantes às bordas, a maioria é sensível, sofrendo redução na diversidade taxonômica e funcional, como é o caso das samambaias (ver Silva et al., 2018; Farias et al., 2024), um grupo de plantas vasculares sem sementes. As respostas das plantas às bordas florestais também são reveladas pela fenologia (e.g., Pires et al., 2014), que envolve o estudo da periodicidade de eventos biológicos relacionados ao crescimento das plantas, impulsionados por fatores intrínsecos ou estimulados por fatores ambientais extrínsecos, como precipitação, temperatura do ar, umidade, fotoperíodo ou uma combinação desses (Mehltreter, 2008). Compreender como as plantas respondem às bordas florestais permite identificar características funcionais e estratégias fenológicas resilientes às condições desse habitat, prevendo efeitos na comunidade (Müller et al., 2022), o que, em última análise, pode auxiliar nos esforços de conservação.

As informações fenológicas sobre samambaias são escassas (ver Farias et al., 2015; Farias et al., 2018a; Lee et al., 2018), particularmente sob condições de distúrbio, como bordas florestais (e.g., Müller et al., 2022) ou incêndios (e.g., Lehn & Leuchtenberge, 2008). As samambaias são consideradas modelos únicos em estudos fenológicos, pois não dependem de polinizadores ou dispersores, tornando os fatores abióticos os principais gatilhos para a expressão e intensidade de suas fenofases. Além disso, as samambaias geralmente exibem baixo controle evaporativo e alta suscetibilidade a flutuações abióticas (Page, 2002), indicando uma resposta fenológica potencialmente rápida a estímulos ambientais (Silva et al., 2019).

Em relação à fenologia de samambaias de borda, um estudo realizado em uma floresta no sul do Brasil mostrou que a mortalidade foliar de *Ctenitis submarginalis* (Langsd. & Fisch.) Ching foi maior em bordas artificiais do que em bordas naturais ou no interior da floresta (Müller et al., 2021). Além disso, a temperatura e a umidade do ar e do solo, alteradas pelos efeitos de borda, influenciaram a comunidade de samambaias nas bordas florestais. A renovação foliar foi o principal evento fenológico, mostrando fortes indícios de mudanças nos padrões vegetativos em comunidades de bordas naturais e artificiais (Müller et al., 2022). Quanto aos efeitos do fogo na fenologia de samambaias, observou-se que *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin foi capaz de resistir à passagem rápida do fogo, com recuperação gradual da produção foliar após o incêndio (Lehn & Leuchtenberge, 2008).

As samambaias arborescentes, caracterizadas por seu cáudice, têm sido o foco de grande parte das pesquisas sobre fenologia de samambaias (Mehltreter, 2008; Lee et al., 2018; Silva et al., 2019). Essas plantas desempenham um papel crucial na biodiversidade do sub-bosque, fornecendo habitat para outras plantas (Mehltreter et al., 2005), fungos (Lara-Pérez et al., 2014) e animais, incluindo herbívoros especializados (Farias et al., 2018b). A literatura existente descreve as samambaias arbóreas como tipicamente exibindo padrões fenológicos diversos, variando de perenes a caducifólias, com fenologia sazonal ou não sazonal, ou uma mistura de ambas (Mehltreter & García-Franco, 2008; Silva et al., 2019). No entanto, a compreensão dos sinais ambientais que desencadeiam padrões fenológicos em samambaias arbóreas tropicais ainda é limitada (Silva et al., 2019).

Este estudo teve como objetivo identificar padrões temporais e respostas a fatores ambientais e eventos pós-incêndio acidental, incluindo produção e mortalidade de folhas, bem como o número de folhas de *Cyathea phalerata* Mart na borda de um remanescente estacional semidecidual da Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. Especificamente, as seguintes perguntas foram levantadas: As plantas queimadas exibem padrões temporais distintos de eventos fenológicos em comparação com as não queimadas? Qual é a magnitude dos efeitos pós-incêndio no número de folhas de *C. mexiae*?

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Área de estudo e clima

Este estudo foi realizado na Reserva Biológica Municipal Santa Cândida, localizada no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, no sudeste do Brasil (21°45'39"S, 43°23'36"W, a uma altitude de 905 metros). A área de estudo faz parte do domínio

fitogeográfico da Floresta Atlântica, cobrindo uma área de 113,3 hectares, classificada como Floresta Estacional Semidecidual, predominantemente secundária (Novelli et al., 2013; Hurtado, 2018). Essa área tem sido submetida a pressões antrópicas, como o uso frequente do fogo, muitas vezes empregado para limpeza e preparo do solo para plantio ou conversão de áreas próximas em pastagens (Garcia, 2007).

O clima da região é classificado, segundo Köppen (1948), como Cwb, ou seja, mesotérmico, com verões quentes e estação chuvosa durante o verão, e invernos frios e secos. A temperatura média anual e a precipitação são, aproximadamente, 20,2°C e 1.900 mm, respectivamente. A estação chuvosa ocorre entre setembro e maio, enquanto a estação seca, com menos de 50 mm de precipitação mensal (Worbes, 1995), ocorre de junho a agosto (Figura 1). A umidade relativa varia de 69% (setembro) a 80% (dezembro) ao longo do ano. Durante o período do estudo, algumas anomalias climáticas foram significativas, como uma intensa seca que começou mais cedo do que o habitual, durando de maio a agosto de 2022, com precipitação mensal abaixo de 13 mm e um acumulado total de aproximadamente 30 mm durante o período (Figura 1).

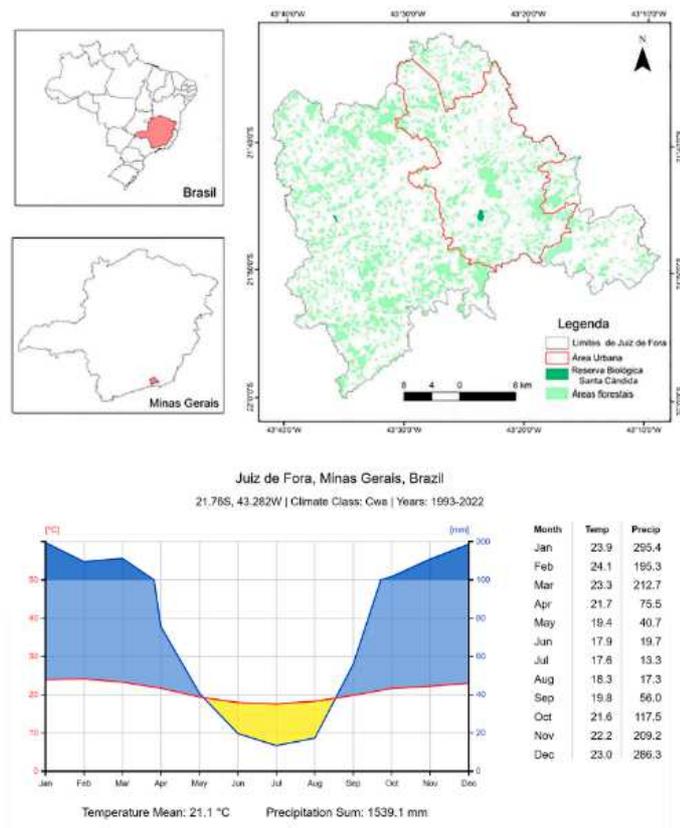


Figura 1. Mapa mostrando a localização da Reserva Biológica Municipal Santa Cândida em Juiz de Fora, Minas Gerais. Climatograma do município de Juiz de Fora.

3.2.2 Espécie estudada

A samambaia arborescente *C. mexiae* (Figura 2) é uma espécie endêmica da Floresta Atlântica brasileira, encontrada nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em altitudes que variam de 700 a 1400 metros (Weigand & Lehnert 2016). Na área de estudo, a espécie ocorre na borda da floresta, geralmente até 60 metros da matriz não florestal. Até o momento, não há informações registradas sobre a ecologia da espécie ou seu uso pelas populações locais. Esta espécie é monomórfica, com troncos de aproximadamente 5 metros de altura.

3.2.3 Fenologia

Os dados fenológicos foram coletados mensalmente entre junho de 2021 e março de 2023 (22 meses) de 24 indivíduos, marcados com etiquetas de alumínio numeradas, fixadas aos troncos com amarras plásticas. Os indivíduos foram selecionados com o objetivo de manter similaridade ambiental. Todos os indivíduos estavam localizados na borda da floresta (até 60 metros da matriz não florestal), próximos a uma trilha com inclinação, em uma área de aproximadamente 100 metros quadrados.

Um incêndio acidental em julho de 2021 afetou parte dos indivíduos previamente marcados. Dos 25 indivíduos marcados, 10 apresentaram danos diretos causados pelo fogo, seja nas folhas ou no tronco (Figura 2). Os demais indivíduos não exibiram sinais de fogo e estavam localizados a aproximadamente 50 metros das plantas danificadas pelo incêndio, separadas por uma trilha. A partir desse ponto, os indivíduos foram categorizados como queimados e não queimados, representando os grupos de estudo (ou seja, tratamentos).

Ao final de cada mês, foi registrado o número de folhas vivas, independentemente do estágio de desenvolvimento, bem como folhas mortas (sem tecido verde). Além disso, a altura do tronco foi medida utilizando uma fita métrica. A produção e a mortalidade de folhas foram determinadas pelo número de folhas produzidas e mortas a cada mês durante o período de estudo, seguindo os critérios de Mehltreter & Palacios-Rios (2003) e Mehltreter (2006). As folhas mortas não foram removidas no início nem durante o curso do estudo.



Figura 2. *Cyathea phalerata* Mart. **A.** Hábito. **B.** Detalhe do cáudice com restos de pecíolo. **C.** Face abaxial da pina, mostrando os soros e o indumento. **D.** Indivíduo jovem. **E.** Indivíduo afetado pelo fogo. **F.** Brotação de novas frondes em indivíduos afetados pelo fogo.

3.2.4 Análises de dados

Modelos lineares mistos generalizados foram utilizados para testar a variação no número de folhas vivas entre plantas queimadas e não queimadas durante o período pré-incêndio (Tempo 1 - T1, junho/2021), imediatamente após o incêndio (T2, agosto/2021) e ao longo de uma série temporal composta por cinco trimestres (T3-T7: novembro/2021, fevereiro, maio, agosto, novembro/2022) e um quadrimestre sequencial (T8, março/2023). O modelo empregado foi baseado nas funções ANOVA e *emmeans*, sendo esta última utilizada para comparações *post hoc*. No modelo, o tempo foi testado como uma interação com o

grupo (efeito fixo), e apenas a altura do cáudice foi incluída como efeito aleatório:

```
model-2 <- glmer(Leaf number ~ Group * Time + (1 | Caudex)).
```

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade das variáveis fenológicas, altura do cáudice e variáveis climáticas, determinando a escolha dos testes subsequentes (Tabela Suplementar 1). Testes de comparação de médias independentes foram realizados para comparar a altura do cáudice, o número médio de folhas, a produção de folhas e a mortalidade de folhas entre plantas queimadas e não queimadas, com base em dados de agosto de 2021 a março de 2023. Análises de correlação (Pearson para dados paramétricos ou Spearman para dados não paramétricos) também foram realizadas entre a altura do cáudice e o número de folhas em plantas queimadas e não queimadas, bem como entre variáveis fenológicas (número de folhas, produção de folhas e mortalidade de folhas) e variáveis climáticas (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar), considerando médias populacionais de agosto de 2021 a março de 2023. Para as variáveis climáticas, foram utilizadas a precipitação acumulada mensal e as médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar. Resultados com $p < 0,05$ foram considerados significativos.

Adicionalmente, foi determinado um Índice de Atividade Fenológica, que avalia a presença ou ausência de fenofases, resultando em uma frequência. A produção e mortalidade de folhas nas populações queimadas, não queimadas e total foram então classificadas nas seguintes categorias:

- I. **Contínua**: ocorre em todos os meses de observação em pelo menos um indivíduo;
- II. **Descontínua**: apresenta interrupção na frequência ao longo das observações, com uma pausa de pelo menos um mês;
- III. **Regular**: apresenta pouca variação na frequência ao longo das observações, onde os picos na expressão das fenofases ocorrem em frequências próximas (variação de até 30%);
- IV. **Irregular**: apresenta variação significativa na frequência ao longo das observações, com picos na expressão das fenofases ocorrendo em frequências distantes (variação superior a 30%) (Müller et al., 2019).

3.3 Resultados

Apenas um indivíduo de *C. mexiae* morreu após o incêndio acidental. Tanto a produção quanto a mortalidade de folhas em plantas queimadas e não queimadas foram classificadas como descontínuas e irregulares (Tabela 1, Figura 3, Figura 4). A produção de folhas ocorreu imediatamente após o incêndio em ambas as plantas queimadas e não queimadas, mas com diferenças no momento e na intensidade do pico (Figura 4). As plantas

queimadas exibiram um pico mais forte em novembro, que ocorreu mais tarde do que o pico observado nas plantas não queimadas, que foi em setembro (Figura 4). No ano seguinte ao incêndio, os picos na produção de folhas foram menores e houve uma tendência de alguns desses picos se sincronizarem entre as plantas queimadas e não queimadas (Figura 4). Além disso, a mortalidade de folhas também teve um pico imediatamente após o incêndio nas plantas queimadas, enquanto esse pico ocorreu cinco e sete meses depois nas plantas não queimadas (Figura 4). No ano seguinte ao incêndio, os picos nas plantas queimadas foram mais intensos, mas houve uma tendência de sincronização em fevereiro (Figura 4).



Figura 3. A. *Cyathea phalerata*. Esta imagem mostra a Planta 3 em 2021, após incêndio que afetou a área. A planta exibe sinais de danos significativos causados pelo fogo, com suas frondes completamente queimadas ou severamente murchas. **B.** Planta 3 um ano depois, em 2022. Este momento marca o ponto médio do estudo, onde a recuperação é evidente, embora ainda incompleta. Algumas frondes voltaram a crescer, e a planta demonstra resiliência, mas a estrutura geral ainda está em processo de recuperação do incêndio. **C.** Esta imagem registra a Planta 3 em 2023, durante a última visita de campo do estudo. A planta apresentou uma recuperação adicional, com um conjunto mais completo de frondes e sinais de estabilização em seu crescimento, demonstrando o impacto de longo prazo do incêndio e sua regeneração gradual ao longo do tempo.

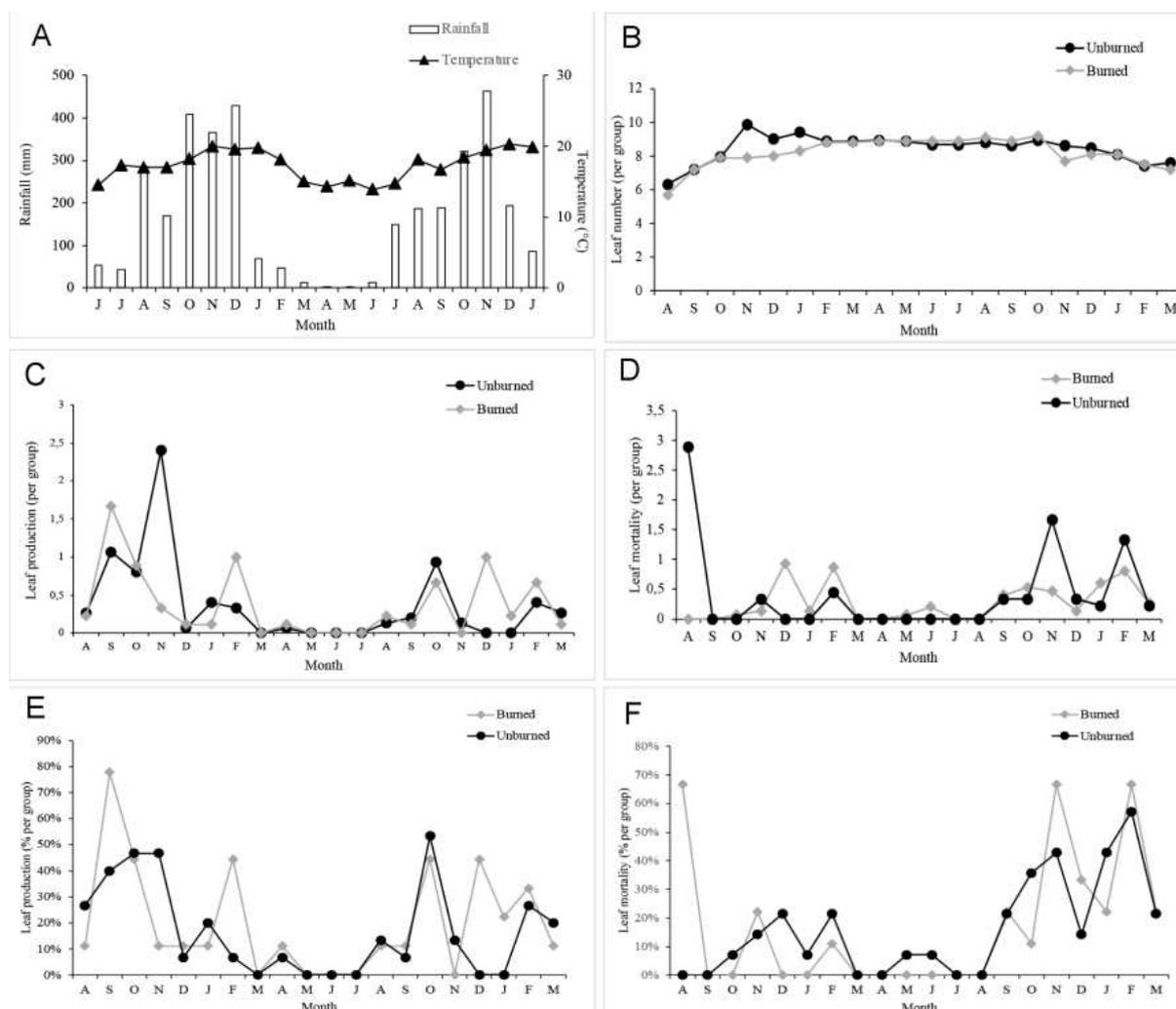


Figura 4. A. Climatograma durante o período de estudo. B. Número de folhas por grupo. C. Produção de folhas por grupo. D. Mortalidade de folhas por grupo. E. Proporção de produção de folhas por grupo. F. Proporção de mortalidade de folhas.

Tabela 1. Variáveis fenológicas de *Cyathea phalerata* (N = 26) em borda de Floresta Estacional Semidecidual Submontana brasileira de agosto de 2021 a março de 2023. População = 26 plantas. Queimadas = 9 plantas, Não queimadas = 15 plantas. Médias ± DP.

<i>Cyathea phalerata</i>	População	Queimadas	Não queimadas
Número foliar	8.7±4.96	9.11±4.96	8.45±5.11
Taxa de produção foliar	0.37	0.38	0.37
Índice de atividade (mín-máx)	0%-54%	0%-77%	0%-53%

Categoria fenológica	Descontínua e Irregular	Descontínua e Irregular	Descontínua e Irregular
Taxa de mortalidade foliar	0.32±0.20	0.40±0.15	0.28±0.22
Índice de atividade (mín-máx)	0%-58%	0%-66%	0%-57%
Categoria fenológica	Descontínua e Irregular	Descontínua e Irregular	Descontínua e Irregular

Os modelos indicaram que o tempo, por si só, não foi um fator significativo para explicar as diferenças no número de folhas entre plantas queimadas e não queimadas durante o período pré-incêndio, imediato pós-incêndio e a série temporal analisada (Figura 4, Tabela 2). Além disso, o modelo revelou que a altura do cáudice foi uma variável explicativa para a variação no número de folhas entre plantas queimadas e não queimadas de *C. mexiae* (Tabela 2). Não houve diferença na altura do cáudice entre plantas queimadas e não queimadas (Tabela 3). No entanto, a altura do cáudice foi positivamente correlacionada com o número de folhas em ambas as plantas queimadas e não queimadas (Tabela 4). A altura do cáudice também mostrou correlação positiva com a produção de folhas e a mortalidade de folhas, mas apenas nas plantas não queimadas (Tabela 4).

Tabela 2. Modelos mistos lineares generalizados testando a variação no número de folhas vivas de plantas de *Cyathea phalerata* queimadas e não queimadas durante o período pré-incêndio (Tempo 1 - T1), período imediato pós-incêndio (T2) e ao longo de uma série temporal composta por cinco trimestres (T3-T7) e um quadrimestre sequencial (T8).

Model-1	Critérios de Informação	Métrica	(Chisq)	GL (Df)	p-Valor
Modelo: Modelo Misto Generalizado (GMM)	AIC (Akaike Information Criterion): 1002.1131	Deviance: 968.1131			
Resposta: Número_foliar	BIC (Bayesian Information Criterion): 1058.1845	Grau de Liberdade Residual (df.resid): 183			
Número de Observações: 200	Log-Likelihood: -484.0566	Efeito Aleatório (Caudex): Desvio Padrão do Intercepto: 0.62	(Intercepto)	1.573.870	1 1
	Efeitos fixos	Grupo	178.840	1	0.001*
Variável	Coefficiente	Tempo	11.7705	7	1.084
Intercepto	2.379	Grupo:Tempo	9.8997	7	1.943
Grupo Não queimado	-8.514				
Tempo T2	-4.456				
Tempo T3	-1.192				
Tempo T4	-1.134				
Tempo T5	-3.023				
Tempo T6	2.223				
Tempo T7	-1.449				
Tempo T8	-212				
Grupo Não queimado	4.777				
Grupo Não queimado	5.946				
Grupo Não queimado	3.799				
Grupo Não queimado	3.686				
Grupo Não queimado	3.388				
Grupo Não queimado	4.751				
Grupo Não queimado	4.176				

Tabela 3. Resultados do teste de Mann-Whitney ou Welch para comparar a altura do cáudice, o número de folhas, a produção de folhas e a mortalidade de folhas entre plantas queimadas

(N=9 plantas) e não queimadas (N=15 plantas) de *Cyathea phalerata* na borda de um remanescente de floresta estacional semidecidual da Floresta Atlântica no Brasil de agosto de 2021 a março de 2023. Os valores apresentados são as estatísticas do teste (W para Mann-Whitney ou T para Welch*) e os valores de p associados, indicando a significância estatística das diferenças entre os grupos. O nível de significância considerado foi $p < 0,05$.

<i>Cyathea phalerata</i>	WMann-Whitney or TWelch*	p-valor
Altura do cáudice de plantas queimadas vs. plantas não queimadas	64.00	0.86
Número de folhas de plantas queimadas vs. plantas não queimadas	76.50	0.61
Produção de folhas de plantas queimadas vs. plantas não queimadas	78.00	0.54
Mortalidade de folhas de plantas queimadas vs. plantas não queimadas	1.63*	0.12

Tabela 4. Correlação de Spearman entre a altura do cáudice e as variáveis fenológicas (número de folhas, produção de folhas e mortalidade de folhas) de plantas de *Cyathea phalerata* queimadas (N = 9 plantas) e não queimadas (N = 15 plantas) na borda de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no Brasil, de agosto de 2021 a março de 2023. O nível de significância considerado foi $p < 0,05^*$.

Caudex height vs.	ρ (rho)	p-valor
Number of leaves in burned plants	0.816	0.010*
Number of leaves in unburned plants	0.896	0.001*
Number of leaves in the population	0.863	0.001*
Leaf production in burned plants	0.407	0.276
Leaf production in unburned plants	0.50	0.050*
Leaf production in the population	0.499	0.012*
Leaf mortality in burned plants	0.168	0.664
Leaf mortality in unburned plants	0.822	0.001*
Leaf mortality in the population	0.568	0.003*

Plantas queimadas e não queimadas não diferiram em termos de número médio de folhas, produção de folhas ou mortalidade de folhas (Tabela 3). Entre as variáveis fenológicas, apenas a mortalidade de folhas em plantas não queimadas foi positivamente correlacionada com os fatores climáticos analisados, especificamente precipitação e umidade do ar (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de correlação (rho/r) entre as variáveis fenológicas (número de folhas, produção de folhas e mortalidade de folhas) de *Cyathea phalerata* e a média de precipitação, temperaturas e umidade do ar na borda de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no Brasil, de agosto de 2021 a março de 2023. O nível de significância considerado foi $p < 0,05^*$. S = correlação de Spearman, P = correlação de Pearson.

Quei (queimadas); NQuei (não queimadas); POP (população).

Variáveis fenológicas		Precipitação			Temperatura			Temperatura		
		Quei	NQuei	Pop	Quei	NQuei	Pop	Quei	NQuei	Pop
Número foliar	rho/r									
	p-valor	-0.299S	0.087S	-0.105S	-0.304S	0.070S	-0.074S	-0.185S	-0.019P	-0.018S
Produção foliar	rho/r	199	713	658	191	786	755	434	936	937
	p-valor	0.426S	0.225S	0.388S	0.252S	0.164S	0.246S	0.390S	0.154S	0.342S
Mortalidade foliar	rho/r	60	338	90	283	488	293	88	516	139
	p-valor	0.380S	0.694S	0.564S	0.100S	0.401S	0.187S	0.219S	0.593S	0.388S
	rho/r	98	0.001*	0.009*	674	79	427	352	0.005*	90

3.4 Discussão

A baixa mortalidade das plantas de *C. mexiae* após o incêndio acidental observado neste estudo pode ser parcialmente atribuída à estrutura do cáudice das samambaias arborescentes. Essa estrutura possivelmente oferece maior resistência ao fogo ao manter suas folhas vivas e o único meristema apical a uma certa distância do solo. Outro estudo fenológico sobre a samambaia arborescente *Cyathea atrovirens* também mostrou baixa mortalidade de plantas causada pelo fogo (Lehn & Leuchtenberge, 2008). Além disso, essa potencial resistência ao fogo pode ser expressa indiretamente por meio de características que ajudam as plantas a tolerar a seca, como demonstrado em angiospermas (Rodríguez-Trejo et

al., 2019). Características como alta suculência foliar, uma alta relação volume-superfície e cutículas espessas reduzem a inflamabilidade em algumas plantas (por exemplo, *Agave*) e aumentam a resistência ao fogo (Nobel, 1998).

Outra característica que pode contribuir para a resistência ao fogo é a presença de frondes mortas, que podem apresentar baixa inflamabilidade (ignição) e atuar como isolamento para o meristema apical (Bond, 1983). É notável que a presença de frondes mortas presas ao cáudice, pendendo abaixo da copa de frondes vivas, é comum em samambaias arborescentes (Brock & Burns, 2021). Essas frondes mortas podem servir como uma barreira isolante contra o calor durante um incêndio ou até mesmo ajudar a bloquear o fogo com sua queda, protegendo as frondes vivas e o meristema apical. Esse papel potencial das frondes mortas é particularmente funcional se as frondes das samambaias arborescentes apresentarem baixa inflamabilidade. Caso contrário, essa proteção indireta da copa de frondes e do meristema apical dependeria de baixas taxas de combustão, limitando a propagação vertical do fogo (ver Gagnon et al., 2010; Paula et al., 2016; Pausas & Keeley, 2017).

No entanto, é importante ter cautela com essa suposição de resistência devido à falta de informações detalhadas sobre a severidade dos incêndios aos quais as plantas foram expostas. Sem uma avaliação precisa da intensidade e frequência do fogo, é difícil tirar conclusões sobre a resistência intrínseca ao fogo das plantas de *C. mexiae*.

De forma geral, os dados sugerem que o incêndio não parece ter afetado o momento da produção de folhas de *C. mexiae*, indicando uma potencial resiliência das plantas a tais distúrbios. A produção de folhas após o incêndio, particularmente os picos, ajudou a estabelecer o número de folhas nas plantas queimadas. A atividade de produção de folhas de *C. mexiae* pode não ter sido limitada pelo material armazenado no cáudice, que é uma das estruturas potenciais de brotação em angiospermas pós-incêndio (Merril et al., 2009).

Além disso, essa produção de folhas após o incêndio pode ser desencadeada pela transição das chuvas da estação seca para a estação chuvosa na área de estudo, como relatado para *Cyathea praecincta* em uma área sazonal semelhante (Silva et al., 2019). Assim, ambas as samambaias arborescentes podem exibir alta sensibilidade aos estímulos das chuvas na produção de folhas, dependendo da época do ano, uma vez que outros meses com maior pluviosidade não resultaram em aumento da produção de folhas. Essa alta sensibilidade pode influenciar potenciais mudanças nos padrões fenológicos das samambaias arborescentes com anomalias climáticas.

O pico assíncrono na produção de folhas, em comparação com as plantas não queimadas, sugere que o fogo teve algum efeito interativo no momento e na intensidade dessa

fenofase, com as plantas queimadas exibindo um pico mais tardio e intenso. O pico tardio na produção de folhas nas plantas queimadas indica que o estresse térmico e físico causado pelo fogo pode ter reduzido o potencial energético das plantas, exigindo mais tempo para apresentar processos intensos de produção foliar. O pico mais intenso pode indicar uma tentativa de compensar os danos e restaurar o equilíbrio energético, maximizando a captura de luz, como demonstrado para angiospermas (Souza et al., 2017). No entanto, essa compensação provavelmente resultou em maior gasto energético para as plantas queimadas.

A relação positiva entre a altura do cáudice e o número de folhas em plantas queimadas e não queimadas de *C. mexiae* reforça a importância da estrutura e, conseqüentemente, do tempo na fenologia das samambaias arborescentes. Troncos mais altos são mais antigos, pois geralmente apresentam taxas de crescimento lentas (por exemplo, 1,19 cm/ano, Schmitt & Windisch, 2012). Isso pode ter duas conseqüências importantes: a planta aumenta suas reservas no cáudice e pode alcançar um estrato intermediário na floresta, influenciando as fenofases de produção e mortalidade foliar, como observado em *C. mexiae* não queimadas e outras samambaias arborescentes (Neumann et al., 2014).

Nas plantas queimadas de *C. mexiae*, observou-se uma menor dependência do tamanho do cáudice para a produção de folhas. Essa dependência reduzida pode estar relacionada a um mecanismo de compensação em resposta ao fogo, incluindo desequilíbrio energético, redução do tecido fotossintético e esgotamento das reservas do cáudice. Esse papel modulador do cáudice em samambaias arborescentes destaca a importância da presença de plantas altas e maduras para fornecer resiliência e resistência à população, juntamente com plantas jovens essenciais para a regeneração (ver Silva et al., 2017; Schmitt & Windisch, 2007).

O aumento na mortalidade foliar após o fogo em plantas queimadas revela um efeito direto do fogo, como relatado em estudos sobre angiospermas (Michaletz & Johnson, 2008). Além disso, a queda de folhas necróticas após o fogo pode ter ajudado a melhorar o equilíbrio hídrico das folhas vivas remanescentes. Conseqüentemente, a água disponível pode ter sido utilizada de forma mais eficiente pelas folhas não danificadas, aumentando a condutância estomática e as taxas de fotossíntese (Reich et al., 1990; Ryan, 2000; Bär et al., 2019). Esses ajustes no equilíbrio hídrico podem ter sido críticos para restabelecer rapidamente a biomassa das frondes e outros processos fenológicos.

É provável que, devido à mortalidade foliar pós-fogo, a periodicidade dessa fenofase tenha se alterado nas plantas queimadas em comparação com as não queimadas, uma vez que houve uma redução no número de folhas suscetíveis à indução de senescência.

Os padrões fenológicos descontínuos e irregulares de *C. mexiae* podem indicar uma associação com bordas de florestas. A literatura crescente sobre a fenologia de samambaias em bordas de florestas tem mostrado que algumas espécies desse grupo exibem descontinuidade e irregularidade fenológicas (Müller et al., 2021; Müller et al., 2022). Da mesma forma, plantas com sementes que habitam essas zonas tendem a apresentar padrões fenológicos mais irregulares, como estratégias de germinação e frutificação, em resposta às condições variáveis e imprevisíveis das bordas (You et al., 2023). Esses padrões podem ser estratégias fenológicas de resistência em resposta às condições instáveis e flutuantes de temperatura, umidade e vento nas bordas das florestas (Hofmeister et al., 2019). Assim, plantas em bordas de florestas podem apresentar padrões descontínuos e irregulares para aproveitar janelas ambientais favoráveis à expressão de fenofases específicas, tornando-se mais resistentes.

Compreender esses padrões fenológicos e suas relações com bordas florestais é crucial para prever impactos na dinâmica da vegetação em diversas áreas de borda, especialmente nos trópicos. Este estudo conclui que as plantas de *C. mexiae* que sobreviveram ao fogo são capazes de recuperar rapidamente o número de folhas. Também demonstramos que *C. mexiae* apresenta tendências não sazonais nos padrões de produção foliar, com o fogo potencialmente induzindo a mortalidade de folhas, reduzindo a sensibilidade dessa fenofase a fatores climáticos e alterando o pico de produção foliar entre os grupos.

As plantas queimadas podem ter apresentado maior demanda energética devido à produção foliar mais intensa após o fogo. A magnitude dos efeitos do fogo sobre o número de folhas de *C. mexiae* foi de baixa a moderada. Pesquisas futuras devem avaliar os efeitos do fogo na resistência e resiliência de samambaias arborescentes comparando diferentes severidades de fogo, o que poderia ser testado experimentalmente.

Além disso, potenciais mudanças nos traços funcionais das plantas após o fogo, como área foliar específica (SLA), longevidade das folhas e fertilidade, devem ser investigadas, como já foi explorado em angiospermas (Souza et al., 2017; Dodonov et al., 2018). Ademais, estudos futuros devem examinar o possível papel das folhas senescentes, presas ao cáudice e pendendo mais próximas ao solo, na mitigação da intensidade do fogo e na proteção indireta do meristema apical, atuando como uma barreira natural.

Referências

- Bär A, Michaletz ST & Mayr S (2019) Fire effects on tree physiology. *New Phytologist*, 223, 1728 – 1741. <https://doi.org/10.1111/nph.15871>
- Bond WJ (1983) Dead leaves and fire survival in southern African tree aloes. *Oecologia*, 58, 110 – 114. <https://doi.org/10.1007/BF00384549>.
- Brock JMR & Burns BR (2021) Dead frond 'skirts' as tree fern defence: what is the evidence? *New Zealand Journal of Ecology*, 45, 3439. <https://doi.org/10.20417/nzjecol.45.22>
- Dodonov P, Zanellic CB & Silva-Matos DM (2018) Effects of an accidental dry-season fire on the reproductive phenology of two Neotropical savanna shrubs. *Brazilian Journal of Biology*, 78, 564 – 573. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.174660>
- Driscoll DA, Armenteras D, Bennett AF, Brotons L, Clarke MF, Doherty TS, Haslem A, Kelly LT, Sato CF, Sitters H, Aquilué N, Bell K, Chadid M, Duane A, Meza-Elizalde MC, Giljohann KM, González TM, Jambhekar R, Lazzari J, Morán-Ordóñez A & Wevill T (2021) How fire interacts with habitat loss and fragmentation. *Biological Reviews*, 96, 976 – 998. <https://doi.org/10.1111/brv.12687>
- Farias RP, Costa LEM, Silva IAA & Barros ICB (2015) Phenological studies of selected leaf and plant traits of *Didymochlaena truncatula* (Dryopteridaceae) in a Brazilian submontane tropical rainforest. *Nordic Journal of Botany*, 33, 249–255. <https://doi.org/10.1111/njb.00656>
- Farias RP, Costa LEN, Barros ICL & Mehlreter K (2018a) Leaf phenology of *Danaea geniculata* (Marattiaceae) in a submontane tropical forest, Brazil. *American Fern Journal*, 108, 35 – 46. <https://doi.org/10.1640/0002-8444-108.2.35>
- Farias RP, Arruda ECP, Santiago ACP, Almeida-Cortez JS, Carvalho-Fernandes SP, Costa LEN & Barros ICL (2018b) First record of galls in the tree fern *Cyathea phalerata* (Cyatheaceae) from a tropical rainforest in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 78, 799–801. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.174674>
- Farias RP, Mehlreter K, Silva MPP, Goetz MNB, Silva VL, Schmitt JL & Costa LEN (2024) Role of above- and belowground traits in the functional structure and species dominance of tropical fern communities in response to edge effects. *Folia Geobotanica*, 58, 275–291. <https://doi.org/10.1007/s12224-024-09444-x>.
- Gagnon PR, Passmore HA, Platt WJ, Myers JA, Paine CET & Harms KE (2010) Does pyrogenicity protect burning plants? *Ecology*, 91, 3481–3486. <https://doi.org/10.1890/10-0291.1>.
- Hofmeister J, Hošek J, Brabec M, Štřalková R, Mýlová P, Bouda M, Pettit JL, Rydval M & Svoboda M (2019) Microclimate edge effect in small fragments of temperate forests in the context of climate change. *Forest Ecology and Management*, 448, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.069>
- Köppen W (1948) Das geographische System der Klimate – Handbuch der Klimatologie. Vol. 1. Part C. Berlin: Gebr. Bornträger Verlag.

Lara-Pérez LA, Noa-Carrazana JC, López AJL, Hernández-González S, Oros-Ortega I & Torres AA (2014) Colonización y estructura de la comunidad de hongos micorrizicos arbusculares en *Alsophila firma* (Cyatheaceae) en bosque mesófilo de montaña en Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 62, 1609–1623. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.13324>

Lee PH, Huang YM & Chiou WL (2018) Fern phenology. In: *Current Advances in Fern Research*, edited by H. Fernández, Springer: New York, 381–399. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75103-0_18

Lehn CR & Leuchtenberger C (2008) Resistência ao fogo em uma população de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biotemas*, 21, 15–21. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n3p15>

Mehltreter K & Palacios-Rios M (2003) Phenological studies of *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae, Pteridophyta) at a mangrove site on the Gulf of Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 155–162. <https://doi.org/10.1017/S0266467403003171>

Mehltreter K, Flores-Palacios A & García-Franco J (2005) Host preferences of low-trunk vascular epiphytes in a cloud forest of Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 21, pp.651–660.

Mehltreter K (2006) Leaf phenology of the climbing fern *Lygodium venustum* in a semideciduous lowland forest on the Gulf of Mexico. *American Fern Journal*, 96, pp.21–30. [https://doi.org/10.1640/0002-8444\(2006\)96\[21:LPOTCF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1640/0002-8444(2006)96[21:LPOTCF]2.0.CO;2)

Mehltreter K (2008) Phenology and habitat specificity of tropical ferns. In: *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*, edited by T.A. Ranker and C.H. Haufler, Cambridge University Press: Cambridge, UK, 201–221.

Mehltreter M & García-Franco J.G (2008) Leaf phenology and trunk growth of the deciduous tree fern *Alsophila firma* (Baker) D. S. Conant in a Lower Montane Mexican Forest. *American Fern Journal*, 98, 1–13. [https://doi.org/10.1640/0002-8444\(2008\)98\[1:LPATGO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1640/0002-8444(2008)98[1:LPATGO]2.0.CO;2)

Merrill AG, Thode AE, Weill AM, Fites-Kaufman JA, Bradley AF & Moody TJ (2009) Fire in California's ecosystems. In: J.W. van Wagendonk, N.G. Sugihara, S.L. Stephens, A.E. Thode, K.E. Shaffer, J.A. Fites-Kaufman (Eds.), University of California Press.

Michaletz ST & Johnson EA (2007) How forest fires kill trees: a review of the fundamental biophysical processes. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22, 500–515. <https://doi.org/10.1080/02827580701803544>

Müller A, Correa MZ, Führ CS, Quevedo DM, Schmitt JL (2019) Neotropical ferns community phenology: climatic triggers in subtropical climate in Araucaria forest. *International Journal of Biometeorology*, 63, 1393–1404. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01755-5>.

Müller A, Correa MZ, Führ CS, Padoin TOH, de Quevedo, DM & Schmitt JL (2021) The effects of natural and artificial edges on phenology: A case study of *Ctenitis submarginalis*. *Austral Ecology*, 46, 387–397. <https://doi.org/10.1111/aec.12994>.

- Müller A, Correa MZ, Führ CS, Padoin TOH, de Quevedo DM & Schmitt JL (2022) Phenology of Araucaria forest fern communities: comparison of the influence of natural edge, artificial edge, and forest interior. *International Journal of Biometeorology*, 66, 2259–2271. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02354-7>.
- Neumann MK, Schneider PH & Schmitt JL (2014) Phenology, caudex growth and age estimation of *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae) in a subtropical forest in southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28, 274–280. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062014000200014>
- Nobel PS (1998) Los incomparables agaves y cactus. Trillas: Ciudad de México, México.
- Page CN (2002) Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119, 1–33. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(01\)00127-0](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(01)00127-0)
- Paula S, Naulin PI, Arce C, Galaz C & Pausas JG (2016) Lignotubers in Mediterranean basin plants. *Plant Ecology*, 217, 661–676. <https://doi.org/10.1007/s11258-015-0538-9>
- Pausas JG & Keeley JE (2017) Epicormic resprouting in fire-prone ecosystems. *Trends in Plant Science*, 22, 1008–1015. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.010>
- Pires JPDA, Silva AGD & Freitas L (2014) Reproductive success in *Senefeldera verticillata*. *Austral Ecology*, 39, 328–336. <https://doi.org/10.1111/aec.12082>.
- Pivello VR, Vieira I, Christianini AV, Ribeiro DB, Menezes LS, Berlinck CN, Melo FPL, Marengo JA, Tornquist CG, Tomas WM & Overbeck GE (2021) Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19, 233–255. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>
- Reich PB, Abrams MD, Ellsworth DS, Kruger EL & Tabone TJ (1990) Fire affects ecophysiology and community dynamics of central Wisconsin oak forest regeneration. *Ecology*, 71, 2179–2190. <https://doi.org/10.2307/1938631>
- Rodríguez-Trejo DA, Pausas JG & Miranda-Moreno AG (2019) Plant responses to fire in a Mexican arid shrubland. *Fire Ecology*, 15, 11. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0029-9>.
- Ryan KC (1993) Effects of fire-caused defoliation and basal girdling on water relations and growth of Ponderosa pine. Dissertation, University of Montana, Missoula, MT, USA.
- Schmitt JL & Windisch PG (2007) Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21, 731–740. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000300019>
- Schmitt JL & Windisch PG (2012) Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 397–405. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000200023>
- Silva MM, Farias RP, Costa LEN & Barros ICL (2017) Population structure of the endangered tree fern *Cyathea praecincta* (Cyatheaceae), endemic of the Brazilian Atlantic Forest. *Iheringia, Série Botânica*, 72, 420–423.

Silva VL, Mehltreter K & Schmitt JL (2018) Ferns as potential ecological indicators of edge effects in two types of Mexican forests. *Ecological Indicators*, 93, 669–676. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.029>

Silva MM, Farias RP, Costa LEN & Barros ICL (2019) Leaf phenological traits of the tree fern *Cyathea praecincta* (Cyatheaceae) in a Brazilian lowland tropical forest. *Australian Journal of Botany*, 66, 618–627. <https://doi.org/10.1071/BT18084>

Souza JP, Albino ANS & Prado CHBA (2017) Evidence of the effects of fire on branching and leaf development in cerrado trees. *Acta Botanica Brasilica*, 31, 677–685. doi: 10.1590/0102-33062017abb0123

Worbes M (1995) How to measure growth dynamics in tropical trees – a review. *IAWA Journal*, 16, 337–351.

You W, Xian Z, Zhou G, Agathokleous E & Yu Z (2023) Sensitivity of forest phenology in China varies with proximity to forest edges. *Forest Ecosystems*, 10, 100144. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2023.100144>

Weigand A & Lehnert M (2016) The scaly tree ferns (Cyatheaceae-Polypodiopsida) of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 30, 336-350. <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0065>

Anexo

Tabela Suplementar 1. Material suplementar. Resultados do teste de normalidade Shapiro-Wilk para altura do tronco, variáveis fenológicas de *Cyathea phalerata*, bem como variáveis climáticas na área de estudo durante o período do estudo. O nível de significância considerado foi $p < 0,05$ (= não distribuído normalmente).

Variáveis	Statistic-W	p-valor
Altura do cáudice (população)	807	0.001*
Número foliar (população)	893	0.015*
Produção foliar (população)	880	0.008*
Mortalidade foliar (população)	955	345
Altura do cáudice de plantas queimadas	807	0.018*
Altura do cáudice de plantas não queimadas	814	0.005*
Número foliar de plantas queimadas	871	0.012*
Número foliar de plantas não queimadas	879	0.046*
Produção foliar de plantas queimadas	786	0.001*
Produção de plantas não queimadas	671	0.001*
Mortalidade foliar de plantas queimadas	607	0.001*
Mortalidade foliar de plantas não queimadas	831	0.001*
Precipitação	893	0.030*
Temperatura	914	77
Umidade do ar	966	683
Número médio mensal de folhas para plantas queimadas	872	0.013*
Número médio mensal de folhas para plantas não queimadas	289	0.001*
Número médio mensal de folhas para a população	812	0.001*
Produção média mensal de folhas para plantas queimadas	711	0.001*
Produção média mensal de folhas para plantas não queimadas	709	0.001*
Produção média mensal de folhas para a população	703	0.001*
Mortalidade média mensal de folhas para plantas queimadas	607	0.001*
Mortalidade média mensal de folhas para plantas não queimadas	831	0.001*
Mortalidade média mensal de folhas para a população	844	0.001*

Considerações Finais

Este estudo destacou a relevância da família Cyatheaceae para a biodiversidade de Minas Gerais, evidenciando sua distribuição geográfica e riqueza de espécies nos domínios do Cerrado, Floresta Atlântica e Caatinga. A Floresta Atlântica se mostrou o principal *hotspot* de biodiversidade, abrigando a maior parte das espécies registradas, enquanto o Cerrado e a Caatinga apresentaram menor diversidade. A concentração de registros em áreas próximas a centros de pesquisa revelou lacunas significativas no conhecimento sobre a distribuição das espécies, especialmente em regiões subamostradas. Os resultados reforçam a necessidade de intensificar os esforços de coleta e monitoramento, fundamentais para preencher essas lacunas e orientar estratégias de manejo e conservação. A pressão antrópica e as mudanças climáticas representam desafios importantes para a preservação das samambaias arborescentes, que desempenham papéis ecológicos cruciais nos ecossistemas. O Parque Estadual do Ibitipoca surge como um exemplo significativo, abrigando uma flora diversificada e espécies endêmicas de Cyatheaceae que possuem relevância ecológica, cultural e medicinal.

A análise fenológica de *Cyathea phalerata* revelou padrões complexos e respostas diferenciadas a fatores ambientais e ao impacto de incêndios, com evidências de rápida recuperação na produção de folhas após o fogo. No entanto, o estudo sugere cautela ao interpretar esses resultados, devido à falta de informações sobre a severidade do evento. O fogo demonstrou potencial para alterar os padrões fenológicos, influenciando a dinâmica populacional e a resiliência das plantas a distúrbios.

Em suma, este trabalho contribuiu significativamente para o conhecimento da biogeografia, ecologia e conservação da família Cyatheaceae em Minas Gerais e ressalta a importância de estudos contínuos e detalhados, que possam embasar ações efetivas de manejo e proteção, especialmente em áreas de alta biodiversidade e vulneráveis às pressões ambientais.