

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
Campus Sudoeste, sede Quirinópolis
Programa de Mestrado em Ambiente e Sociedade

Fernanda Regina dos Santos

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA SOBRE FUNGOS ENDOFÍTICOS E FUN-
GOS DO SOLO DE UMA ÁREA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS, BRASIL**

Quirinópolis
outubro, 2025

FERNANDA REGINA DOS SANTOS

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA SOBRE FUNGOS ENDOFÍTICOS E FUNGOS DO SOLO
DE UMA ÁREA DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu – Mestrado em Ambiente e Sociedade (PPGAS) da Universidade Estadual de Goiás, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sociedade, na linha de pesquisa “Análise da biodiversidade em paisagens naturais e antropogênicas” sob a orientação da Profa. Dra. Isa Lucia de Moraes.

Quirinópolis
setembro de 2025

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES (BDTD/UEG)

Na qualidade de titular dos direitos autorais, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente minha obra, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, CsA n.1087/2019, sem ressarcimento de direitos autorais, conforme a Lei nº 9610/98 e de acordo com as permissões assinaladas abaixo. Essa autorização abrange fins de leitura, impressão e/ou download, visando à divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Declaro estar ciente de que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do(a) autor(a).

1. IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO

Dados do autor (a)

Nome completo: Fernanda Regina Dos Santos

E-mail: gasparfer79@outlook.com

Dados do trabalho

Título: Análise Cienciométrica Sobre Fungos Endofíticos e Fungos do Solo de uma Área de Quirinópolis, Goiás, Brasil

Nº de páginas: 67

Nome orientador(a): Isa Lucia de Moraes

Tipo de produção

☐ Tese

☐ Dissertação e Produto Técnico Tecnológico (PTT)

☒ Dissertação

☐ Tese e Produto Técnico Tecnológico (PTT)

Curso / Programa

Mestrado Acadêmico em Ambiente e Sociedade

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade

Linha de Pesquisa: Análise da biodiversidade em paisagens naturais e antropogênicas

Câmpus / Unidade / Pólo: UEG - Campus Sudoeste - Sede Quirinópolis-Goiás

Data de defesa: 02/10/2025

2. PERMISSÃO DE PUBLICAÇÃO E ACESSO AO DOCUMENTO *

Concorda com a liberação integral do documento

☒ SIM

☐ NÃO (Neste caso o documento será publicado em 12 meses a partir da data de defesa).

Assinalar justificativa para o caso de IMPEDIMENTO E NÃO AUTORIZAÇÃO para publicação do documento

☐ Solicitação de registro de patente;

☐ Submissão de artigo em revista científica;

☐ Publicação como capítulo de livro;

☐ Publicação da dissertação/tese em livro.

Ciente de que, mesmo nos casos de embargo da produção para publicação integral, a obra deve ser entregue em sua totalidade, sendo publicada conforme as permissões indicadas, com exceção da divulgação apenas dos metadados durante o período de embargo.

Quirinópolis, 14 de novembro de 2025.



Documento assinado digitalmente

FERNANDA REGINA DOS SANTOS

Data: 14/11/2025 15:17:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernanda Regina dos Santos



Documento assinado digitalmente

ISA LUCIA DE MORAIS

Data: 20/11/2025 13:56:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Isa Lucia de Moraes

* Caso a publicação não seja autorizada, o documento ficará sob embargo por um período de até 12 meses a partir da data da defesa, podendo ser prorrogado por mais 12 meses..

* Se houver necessidade de estender esse prazo, o autor deverá apresentar à coordenação do curso um formulário de solicitação de prorrogação, devidamente justificado.

* Durante o período de embargo, apenas os metadados do trabalho serão disponibilizados; o conteúdo completo permanecerá indisponível.

Universidade Estadual de Goiás
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sociedade
Sistema Integrado de Bibliotecas Regionais – SIBRE
Biblioteca Campus Sudoeste - Quirinópolis

Como referenciar:

SANTOS, Fernanda Regina dos. **Análise cienciométrica sobre fungos endofíticos e fungos do solo de uma área de Quirinópolis, Goiás, Brasil.** Orientadora: Isa Lucia de Moraes. 2025. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Goiás - UEG, Quirinópolis, 2025. (Linha de pesquisa: Análise Socioambientais em Paisagem Naturais e Antropogênicas).

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS - A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos Direitos Autorais (Lei n. 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Elaborada conforme dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S237a	Santos, Fernanda Regina dos. Análise cienciométrica sobre fungos endofíticos e fungos do solo de uma área de Quirinópolis, Goiás, Brasil / Fernanda Regina dos Santos. - Quirinópolis, 2025. 66 f. Orientadora: Isa Lucia de Moraes. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ambiente e Sociedade) - Linha de pesquisa: Análises Socioambientais em Paisagens Naturais e Antropogênicas. Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sudoeste - Quirinópolis, Programa de Pós-Graduação <i>Stricto Sensu</i> em Ambiente e Sociedade, 2025. 1. Fungos Endofíticos. 2. <i>Aspergillus</i>. 3. <i>Penicillium</i>. 4. Biodiversidade Microbiana. 5. Ecossistemas Brasileiros. 6. Bioma Cerrado. 7. Restauração ecológica. I. Moraes, Isa Lucia de, (orient.). II. Título. III. Universidade Estadual de Goiás. CDU – 582.282.123.2(817.3 Quirinópolis)
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca - SIBRE/UEG
Bibliotecária: Leusimar Lourenço Abreu – CRB-1/2606.



Câmpus
Sudoeste
Quirinópolis



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Coordenação do Programa de Mestrado em Ambiente e Sociedade

ATA DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE

FERNANDA REGINA DOS SANTOS

Aos dois dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e cinco (02/10/2025), às catorze horas (14h), na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sudoeste – Sede Quirinópolis, teve lugar a Sessão Pública de Julgamento da Dissertação de Mestrado de **Fernanda Regina dos Santos**, intitulada “**Análise cienciométrica sobre fungos endofíticos e fungos do solo de uma área de Quirinópolis, Goiás, Brasil**”. A Banca Examinadora foi composta pelos Professores: **Profa. Dra. Isa Lucia de Moraes** (Orientadora e Presidente da Banca), **Prof. Dr. Francisco J. Simões Calaça** (Membro Externo) e **Prof. Dr. Cristiano Santana da Silva**. Os examinadores arguiram na ordem citada. O(a) mestrando(a) respondeu satisfatoriamente às questões apresentadas. Às **15:30** horas a Banca Examinadora passou ao julgamento, em Sessão Secreta, estabelecendo os seguintes resultados:

Profa. Dra. Isa Lucia de Moraes



Documento assinado digitalmente

ISA LUCIA DE MORAIS

Data: 02/10/2025 15:42:35-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ass. _____

Aprovado(a) (X) Reprovado(a) ()

Prof. Dr. Francisco J. Simões Calaça



Documento assinado digitalmente

FRANCISCO JUNIOR SIMOES CALACA

Data: 02/10/2025 16:30:40-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ass. _____

Aprovado(a) (X) Reprovado(a) ()

Prof. Dr. Cristiano Santana da Silva



Documento assinado digitalmente

CRISTIANO SANTANA DA SILVA

Data: 02/10/2025 18:24:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ass. _____

Aprovado(a) (X) Reprovado(a) ()

OBS:

Presidente da Banca – Profa. Dra. Isa Lucia de Moraes



Documento assinado digitalmente
ISA LUCIA DE MORAIS
Data: 02/10/2025 20:52:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ass. _____

Resultado final: APROVADO(A) (X) REPROVADO(A) ()

Reaberta a Sessão Pública, o Presidente da Banca Examinadora proclamou o resultado e encerrou a Sessão, da qual foi lavrada a presente Ata, que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, Mestrando(a) examinado(a) e pelo Coordenador do curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sociedade.



Documento assinado digitalmente
FERNANDA REGINA DOS SANTOS
Data: 02/10/2025 20:24:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mestrando(a): _____

Coordenador(a): _____

Obs: O(a) aluno(a), sob a supervisão do orientador, deverá encaminhar, no prazo de até 60 dias, a contar da data da Defesa Pública, os exemplares definitivos da Dissertação, para arquivamento e devidos encaminhamentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me permitido viver essa experiência e ter colocado em minha vida pessoas tão essenciais durante essa jornada. Agradeço a meu marido e meus filhos Heitor e Samuel, pela paciência e respeito perante a minha escolha. Aos meus pais fonte da vida e toda minha inspiração.

Agradeço à minha orientadora Dr^a Isa Lucia de Moraes, por acreditar que eu seria capaz e compartilhar não apenas seus conhecimentos acadêmicos, mas por me ensinar sobre a força e a grandeza que nós mulheres temos em transformar a vida das pessoas.

Minha eterna gratidão a cada um dos professores que me fizeram compreender sobre ambiente e sociedade e a importância da interdisciplinaridade para o maior alcance das pesquisas do nosso país.

Agradeço em especial à professora Dr^a Flávia Assumpção Santana por me ceder seu espaço e equipamentos com tamanha generosidade e a cada funcionário da UEG, principalmente os da segurança que se dispuseram a me ajudar por tantas vezes.

Finalizo meus agradecimentos a UEG e a CAPES pelo apoio financeiro sem o qual seria impossível permanecer no programa.

RESUMO

O Brasil possui uma imensa diversidade de ecossistemas, reflexo de seu vasto território e variedade de climas, relevos e hidrografia. Tais ecossistemas se encontram altamente devastados frente ao aumento das demandas de consumo e ao iminente processo de desertificação sobretudo nos biomas Caatinga e Cerrado, influenciados pelo avanço da agropecuária. Embora a macrobiodiversidade dos biomas tenha sido amplamente estudada, o conhecimento sobre sua microbiota, particularmente os fungos endofíticos, ainda é limitado. Esses fungos vivem no interior das plantas em simbiose e contribuem para a sustentabilidade através da promoção do crescimento vegetal e da resistência a doenças e estresse hídrico, bem como na produção de compostos bioativos para indústrias farmacêutica e agroquímica. Diante disso, este estudo objetiva avaliar a produção científica sobre fungos endofíticos no Brasil e por bioma, com o objetivo de elucidar tendências e lacunas e compreender o caráter regional dos estudos de cada bioma, através de uma análise cienciométrica com revisão sistemática, bem como investigar as espécies que ocorrem no solo de uma área no cerrado goiano, como forma de contribuir com o conhecimento da comunidade de fungos da região da Serra da Confusão do Rio Preto, Quirinópolis, Goiás, Brasil. Para alcançar esses objetivos, realizamos uma análise cienciométrica utilizando a base de dados Web of Science, na qual foram analisados 79 artigos publicados, distribuídos de forma irregular entre os biomas, de 1994 a 2024, sobre fungos endofíticos no Brasil. A análise cienciométrica revelou um aumento significativo no número de publicações sobre fungos endofíticos no Brasil ao longo do período avaliado principalmente no bioma Amazônia, com foco predominante em metabólicos secundários e aspectos taxonômicos. No entanto, observou-se uma carência de estudos sobre variedade e recorrência desses fungos, suas aplicações industriais e em práticas de restauração ecológica além, da incipiência de estudos nos Biomas Pampa, Pantanal e Mata Atlântica indicando uma área promissora para futuras pesquisas. Paralelamente, conduzimos um estudo de isolamento e identificação visual de fungos filamentosos a partir de amostras de solo de quatro regiões com diferentes níveis de perturbação antrópica, sendo: área 1 - Nascente Perturbada, presença de vegetação ciliar em área menor à prevista na Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012); área 2 - Nascente com pastagem; área 3 - Nascente com cultivo de cana-de-açúcar e área 4 - Construções nas proximidades das nascentes, avaliando a disposição e variedade de fungos com potencial endofítico em diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm). Os resultados do estudo de campo, demonstraram que a preservação da área influencia na disponibilidade de fungos e a profundidade na variedade de espécies. Foram identificados os gêneros endofíticos *Aspergillus* e *Penicillium* encontrados nas amostras superficiais do solo nas áreas 1 e 2. Além disso, observou-se que eles desempenham um papel crucial na aquisição fósforo pelas plantas, que é frequentemente limitante nos solos brasileiros, especialmente do Cerrado, assim como, *Acremonium* e *Scedosporium* e *Ceratobasidium* (também micorrízico), *Arthrographis* com potencial de biorremediação e os patogênicos *Nannizzia* e *Histoplasma*

Palavras-chave: *Aspergillus*; Biodiversidade brasileira; funga do solo; *Penicillium*.

ABSTRACT

The Brazil has an immense diversity of ecosystems, reflecting its vast territory and variety of climates, reliefs and hydrography. These ecosystems are highly devastated due to the increase in consumer demands and the imminent process of desertification, especially in the Caatinga and Cerrado biomes, influenced by the expansion of agriculture. Although the macrobiodiversity of biomes has been widely studied, knowledge about their microbiota, particularly endophytic fungi, is still limited. These fungi live inside plants in symbiosis and contribute to sustainability by promoting plant growth and resistance to diseases and water stress, as well as producing bioactive compounds for the pharmaceutical and agrochemical industries. Therefore, this study aims to evaluate the scientific production on endophytic fungi in Brazil and by biome, with the objective of elucidating trends and gaps and understanding the regional character of the studies of each biome, through a scientometric analysis with systematic review, as well as investigating the species that occur in the soil of an area in the cerrado of Goiás, as a way of contributing to the knowledge of the fungal community of the Serra da Confusão do Rio Preto region, Quirinópolis, Goiás, Brazil. To achieve these objectives, we performed a scientometric analysis using the Web of Science database, in which 79 articles published distributed irregularly among the biomes, from 1994 to 2024 on endophytic fungi in Brazil were analyzed. The scientometric analysis revealed a significant increase in the number of publications on endophytic fungi in Brazil over the period evaluated, primarily in the Amazon biome, with a predominant focus on secondary metabolites and taxonomic aspects. However, there was a lack of studies on the variety and recurrence of these fungi, their industrial applications, and ecological restoration practices. The incipient studies in the Pampa, Pantanal, and Atlantic Forest biomes indicated a promising area for future research. At the same time, we conducted a study of isolation and visual identification of filamentous fungi from soil samples of four regions with different levels of anthropogenic disturbance, namely: area 1 - Disturbed Spring, presence of riparian vegetation in an area smaller than that provided for in Law No. 12,651 (BRASIL, 2012); area 2 - Spring with pasture; area 3 - Spring with sugarcane cultivation and area 4 - Constructions near the springs, evaluating the disposition and variety of fungi with endophytic potential at different depths (0-10, 10-20, 20-30 cm). Furthermore, the results of the field study demonstrated that area preservation influences fungal availability and depth influences species variety. The endophytic genera *Aspergillus* and *Penicillium* were identified in surface soil samples from areas 1 and 2. Furthermore, they were observed to play a crucial role in plant phosphorus acquisition, which is often limiting in Brazilian soils, especially in the Cerrado. They also played a crucial role in *Acremonium*, *Scedosporium*, and *Ceratobasidium* (also mycorrhizal), *Arthrographis*, which has bioremediation potential, and the pathogens *Nannizzia* and *Histoplasma*.

Keywords: *Aspergillus*; Brazilian biodiversity; Fungi from the soil; *Penicillium*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO 1 – ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA COM REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE FUN- GOS ENDO-FÍTICOS ENCONTRADOS NOS BIOMAS BRASILEIRO	11
RESUMO	11
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS CIENCIOMÉTRICOS	13
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	15
3.1 FUNGOS ENDOFÍTICOS NOS BIOMAS BRASILEIROS	15
3.2 FUNGOS ENDOFÍTICOS NO PAMPA	19
3.3 FUNGOS ENDOFÍTICOS NO PANTANAL	21
3.4 FUNGOS ENDOFÍTICOS DA CAATINGA	25
3.5 FUNGOS ENDOFÍTICOS DA MATA ATLÂNTICA	30
3.6 FUNGOS ENDOFÍTICOS DO CERRADO	33
3.7 FUNGOS ENDOFÍTICOS DA AMAZÔNIA	37
4 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO 2 – FUNGOS DO SOLO DE UMA MATA DE GALERIA, QUIRINÓPOLIS, GOIÁS, BRASIL	50
RESUMO	50
ABSTRACT	50
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	52
2.1 COLETA DO SOLO	52
2.2 DILUIÇÃO DO SOLO	54
2.3 CULTIVO, ISOLAMENTO E PRESERVAÇÃO DOS FUNGOS DO SOLO	54
2.4 IDENTIFICAÇÃO VISUAL	54

3 RESULTADO E DISCUSSÃO	54
4 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

INTRODUÇÃO GERAL

As interações entre as plantas e os fungos endófitos são de extremo interesse para a humanidade, uma vez que apresentam alto potencial na produção de substâncias novas e bioativas (De Lamo; Takken, 2020). A utilização de espécies vegetais tem grande notoriedade na economia mundial, as quais podem sofrer sérios danos em virtude de condições climáticas e ambientais severas, ataque de pragas e doenças, assim como, dificuldade de produção de fitorreguladores (Mazoyer; Roudart, 2010; De Souza Rocha *et al.*, 2020; Do Nascimento *et al.*, 2024).

Neste contexto, os ecossistemas são influenciados diretamente pelas condições edafoclimáticas e interações entre os seres vivos que ocorrem em uma determinada região, componentes que integram um sistema complexo e interdependente, influenciando mutuamente os processos dinâmicos decorrentes das inter-relações entre as plantas, os animais, os fungos, o solo e o clima. Conhecer os aspectos individuais destes componentes é importante para promoção do uso sustentável dos recursos naturais bem como sua conservação (Costa; Rocha, 2017).

Atualmente, a preocupação com a sustentabilidade ambiental dentro do setor agrícola sinoniza avanço tecnológico e científico. A melhoria das práticas agrícolas que visam a conservação do solo e da água como adoção do sistema de plantio direto, sistemas de integração lavoura-pecuária, lavoura-floresta e sistema lavoura-pecuária-floresta concretizam a dinâmica agroecológica. Neste viés, existe o anseio pela criação de agrossistemas que possam concretizar a dinâmica de favorecimento mútuo na relação do homem com a natureza, através, muitas vezes, da exigência de documentos e certificações que comprovem o compromisso de práticas sustentáveis ao longo de toda a cadeia de produção (Maracaípe *et al.*, 2025). Em um país como o Brasil, rico em diversidade biológica, contendo áreas prioritárias para conservação, mas que também gira sua economia e desenvolvimento em torno do agronegócio é de se esperar que haja momentos de debate e tensão, entre os quais, podemos citar a expansão da fronteira agrícola no Bioma da Cerrado (Quintam; De Assunção, 2023).

Dentre o consórcio de microrganismos disponíveis no solo, podemos citar fungos, em sua maioria leveduras como *Saccharomyces* e *Candida*; bactérias gram-positivas e gram-negativas, como cocos, bacilos e actinomicetose, bactérias produtoras de ácido láctico e bactérias fotossintéticas de alto interesse para o cultivo de plantas, devido à sua influência no aumento da população de fungos micorrízicos, que são responsáveis por ligações benéficas entre fungos e raízes em plantas, tanto selvagens como cultivadas (Borges *et al.*, 2017). Através de estudos dos fungos micorrízicos, podemos

não apenas relacionar os mecanismos envolvidos em seus efeitos sobre o solo, plantas e animais como, também mapearmos a heterogeneidade biológica do local. Tal especificidade, evidencia a necessidade de mais estudos voltados ao tema, demonstrando que ainda há muito o que explorar sobre a influência dos fungos no crescimento e manutenção das plantas, uma vez que, existem uma infinidade de espécies e as pesquisas realizadas até o momento não definiram padrões e sim relações únicas (Freitas *et al.*, 2017).

Fungos micorrízicos formam uma simbiose com as raízes das plantas, trocando nutrientes e aumentando a absorção de água (Berbara; Souza; Fonseca, 2006), enquanto os fungos endofíticos vivem dentro dos tecidos da planta sem causar dano aparente, auxiliando na proteção contra fitopatógenos e no manejo do estresse através da produção de compostos bioativos (Loosli *et al.*, 2024). As principais diferenças são que micorrízicos penetram nas raízes para formar estruturas específicas como arbúsculos, enquanto endofíticos habitam os tecidos sem uma estrutura física óbvia, e os endofíticos são geralmente mais fáceis de cultivar em laboratório (Silva *et al.*, 2022).

O estudo apresentado no livro “4 com revisão sistemática sobre fungos endofíticos encontrados nos biomas brasileiros”, objetiva sintetizar os dados de estudos sobre o tema e explorar os motivos que induzem estudos em determinados biomas. O segundo, intitulado “Fungos do solo de uma mata de galeria, Quirinópolis, GO”, objetiva contribuir para ampliar o conhecimento acerca de fungos do solo de uma área nativa de Quirinópolis, Goiás.

REFERÊNCIAS

- Berbara, R. L.L; Souza, Francisco A.; Fonseca, H. M. A. C. III-Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. **Nutrição mineral de plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG**, p. 74-85, 2006.
- Borges, Felipe Luis Gomes *et al.* **Efeito da utilização de Microrganismos eficazes (EM) na entomofauna de barreiras vegetais, compostas por *Tithonia diversifolia*, em sistema de agricultura orgânica de base familiar.** 2017.
- Costa, R. R. G. F.; Rocha, A. F. S. Textura, Propriedades Químicas e Fertilidade dos Solos de Quirinópolis. In: Wellington Hannibal Lopes; Reile Ferreira Rossi; Isa Lucia de Moraes; Laura Helena Marcon Teixeira. (Org.). **Biodiversidade, manejo e conservação do sul de Goiás.** 1ed.Jundiaí: Paco, v. 1, p. 33-50. 2017.
- De Lamo, F. J.; Takken, F. L. Biocontrol by *Fusarium oxysporum* using endophyte-mediated resistance. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 37, 2020.
- De Souza Rocha, A. F. *et al.* Soil parameters affect the functional diversity of the symbiotic microbiota of *Hymenaea courbaril* L., a Neotropical fruit tree. **Rhizosphere**, v. 16, p. 100237, 2020.
- Do Nascimento, A. D. L. A evolução genética do gênero *Sorghum* e a importância do cereal para a economia mundial e a promoção da segurança alimentar a nível global: uma revisão integrativa. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 2, p. e3552-e3552, 2024.
- Freitas, S. L. *et al.* Fermentação de farelo de mandioca, para obtenção de xilanase, a partir de um fungo endofítico. **Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer**, v. 14, n. 26, p. 995-1008, 2017.
- Hannibal, W. *et al.* **Biodiversidade, manejo e conservação do Sul de Goiás.** 1ª ed. Jundiaí. Paco Editorial, 2017.
- Loosli, A. W. M. *et al.* Atividade antagonística in vitro de fungos endofíticos isolados de duas macrofitas aquáticas contra fitopatógenos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 2, p. e11072-e11072, 2024.
- Maracaípe, I. S. M. *et al.* Sistema De Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Ilpf): Sustentabilidade, Produtividade E Desafios. In: **Agropecuária E Meio Ambiente: Uma Visão Integrada.** Editora Científica Digital, 2025. p. 296-309.
- Mazoyer, M.; Roudart, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.
- Quintam, C. P. R; De Assunção, G. M. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 7, p. e473641-e473641, 2023.

Silva, P. S. T. *et al.* Microrganismos e lodo de esgoto compostado no desenvolvimento inicial de mudas de baru em vasos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 1021-1029, 2022.

CAPÍTULO 1:

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA COM REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE FUNGOS ENDOFÍTICOS ENCONTRADOS NOS BIOMAS BRASILEIROS

RESUMO

Os fungos endofíticos são fungos que colonizam o interior dos tecidos vegetais sem causar danos visíveis. Esses fungos obtêm nutrientes da planta hospedeira, como compostos de carbono (açúcares) e nitrogênio e, em troca conferem à planta benefícios como melhor absorção de nutrientes minerais, proteção contra estresses abióticos e defesa contra patógenos, através da produção de metabólitos secundários. Entretanto, pouco se sabe sobre esses fungos uma vez que são muito diversos. Neste contexto, nosso objetivo nesse estudo foi avaliar as tendências e lacunas da produção científica sobre fungos endofíticos no Brasil com foco na produção regional de cada bioma, visando mostrar um panorama da produção científica de 1994 a 2024, mostrando tendências e lacunas das pesquisas com fungos endofíticos nos biomas brasileiros. Para isso, utilizamos uma busca booleana de artigos na base de dados Web of Science com termos específicos. Recuperamos 79 artigos gerais, distribuídos de forma bastante irregular entre os biomas que nos mostraram que há uma tendência no aumento do número de publicações sobre fungos endofíticos no Brasil principalmente no bioma Amazônia, com foco predominante em metabólitos secundários e aspectos taxonômicos com foco agrícola do fungo. No entanto, observou-se uma carência de estudos sobre variedade e recorrência desses fungos, suas aplicações industriais e em práticas de restauração ecológica como biorremediação além, da incipiência de estudos nos Biomas Pampa, Pantanal e Mata Atlântica indicando uma área promissora para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Biodiversidade brasileira; biorremediação; metabólitos secundários; taxonomia.

ABSTRACT

Endophytic fungi are fungi that colonize the interior of plant tissues without causing visible damage. These fungi obtain nutrients from the host plant, such as carbon compounds (sugars) and nitrogen, and in return, provide the plant with benefits such as improved absorption of mineral nutrients, protection against abiotic stresses, and defense against pathogens through the production of secondary metabolites. However, little is known about these fungi because they are so diverse. In this context, our objective in this study was to evaluate the trends and gaps in scientific production on endophytic fungi in Brazil, focusing on the regional production of each biome. We aimed to provide an overview of scientific production from 1994 to 2024, highlighting trends and gaps in research on endophytic fungi in Brazilian biomes. To achieve this, we used a Boolean search for articles in the Web of Science database with specific terms. We recovered 79 general articles, distributed unevenly across the biomes, which showed an increasing trend in the number of publications on endophytic fungi in Brazil, particularly in the Amazon biome, with a predominant focus on secondary metabolites and taxonomic aspects of the fungus, with an agricultural focus. However, we observed a lack of studies on the variety and recurrence of these fungi, their industrial applications, and ecological restoration practices such as bioremediation. Furthermore, there was a lack of studies in the Pampa, Pantanal, and Atlantic Forest biomes, indicating a promising area for future research.

1 INTRODUÇÃO

Partindo do princípio que desenvolvimento social e tecnológico deverá contribuir para o crescente aumento populacional culminando em aumento proporcional de consumo e degradação ambiental, tornam-se inevitáveis as discussões sobre o conceito de desenvolvimento sustentável. Philippe Léna ressalta que: “Profundamente (e voluntariamente) ambígua, concebida para facilitar o diálogo entre interesses extremamente divergentes, a noção de desenvolvimento sustentável poderia estar entrando numa fase de declínio” (Léna, 2012, p.32).

Com isso, uma tendência global crescente é o aumento da frequência de conflitos internacionais, guerras e pandemias, o que gera instabilidades no abastecimento mundial. A exemplo disso, o mercado de fertilizantes, historicamente importados do leste europeu, a duras custas se recuperava das consequências da pandemia de COVID-19, que causou escassez de contêineres e outros insumos, enfrenta agora as implicações da elevação substancial de preço em decorrência do conflito entre Rússia e Ucrânia. Dessa forma, o panorama para a agricultura brasileira é preocupante, visto que apenas 26% dos defensivos agrícolas e 30% dos fertilizantes utilizados no país são de fabricação própria (Barbedo, 2025).

Nesse contexto, os bioinsumos, que consiste na aplicação de microrganismos promotores do crescimento vegetal, que também podem ser utilizados como biofertilizantes tem ganhado espaço, com a tendência de substituir o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, trazendo maior segurança na qualidade dos alimentos (Hungria; Nogueira; Araujo, 2013). Como exemplos citam-se os inoculantes comerciais, como o No-Estio, da empresa Biogen, composto por cepas de micorriza e *Bacillus subtilis* e que aumentam a tolerância à estresse hídrico nas plantas de milho e o Aprinza, da Basf composto por *Nitrospirillum amazonense* voltado para a cultura de cana-de-açúcar capaz de auxiliar na fixação de nitrogênio e promoção de crescimento (Oliveira-Paiva *et al.*, 2024).

Estes produtos geralmente são compostos por uma ou poucas cepas de bactérias e/ou fungos, com funções específicas (Ribeiro *et al.*, 2020) que, devidamente selecionados e multiplicados são capazes de sintetizar vitaminas do solo e nas plantas incentivar a produção de enzimas e hormônios, auxiliar no controle de doenças e microrganismos nocivos.

Dentre os micro-organismos com esse potencial de uso encontram-se os fungos endofíticos ou fungos endófitos, os quais apresentam um enorme potencial na produção de substâncias novas e bioativas (Chapla; Biasetto; Araújo, 2013). Os fungos endofíticos estão presentes em quase todas as plantas vasculares, algas marinhas e briófitas. Eles são um grupo diversificado de micro-organismos

(ascomicetos) que coloniza os tecidos internos das plantas sem causar danos ao hospedeiro (Peixoto Neto *et al.*, 2002). Nessa relação simbiótica os fungos endofíticos exercem funções relevantes para sanidade vegetal, como proteção contra patógenos, propicia aumento no crescimento, enraizamento, resistência a estresses, e produção de compostos químicos como enzimas, alcaloides, hormônios e antibióticos (Peixoto Neto; Azevedo; Caetano, 2002).

No mundo acredita-se que haja em torno de 1 a 5 milhões de espécies de fungos, das quais apenas 100.000 a 150.000 estão catalogadas. O levantamento oficial feito no Flora e Funga do Brasil em 2025, mostra que são registradas 8.394 espécies de fungos em todo o território (Oliveira *et al.*, 2021; Leite *et al.*, 2025). Entretanto, os biomas brasileiros estão sendo continuamente degradados com a intensa redução da sua cobertura vegetal, principalmente com a expansão da fronteira agrícola ocupando quase a totalidade do seu território. Diante disso, é importante que a diversidade brasileira de fungos seja monitorada e protegida (French, 2017). Com isso, para proteger a funga brasileira são necessários estudos que possam ampliar o seu conhecimento. As análises cienciométricas desempenham um papel chave nesse tipo de estudo.

A cienciométrica é uma análise quantitativa da literatura científica cujo objetivo consiste em medir e avaliar a produção e o impacto do conhecimento em uma determinada área do conhecimento. Essa avaliação usa métricas e indicadores para mapear tendências, identificar lacunas no conhecimento e entender a dinâmica da pesquisa científica (Salomón-Torres *et al.*, 2021; Araújo *et al.*, 2023). Os estudos cienciométricos subsidiam futuras investigações e norteiam políticas públicas e de pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento de áreas específicas (Hood; Wilson, 2001; Coelho *et al.*, 2014). Assim, essa pesquisa objetiva realizar uma análise cienciométrica com revisão sistemática sobre fungos endofíticos encontrados nos biomas brasileiros a fim de, através da avaliação de tendências e lacunas, justificar e planejar investigações futuras sobre a diversidade e potencial de aplicação agrícola de fungos endofíticos no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e análise de dados cienciométricos:

Foi feito um estudo cienciométrico sobre os fungos endofíticos encontrados nos biomas na base de dados da Web of Science (<https://www.webofknowledge.com/>). A busca foi feita em 14 de dezembro de 2024. Foram realizadas pesquisas individuais, usando as palavras-chave e indexadores booleanos: ("endophytic fungi" AND o bioma de interesse). De forma a incluir todos os biomas, as

palavras de busca seguiram esta ordem: ("endophytic fungi" AND Pampa); ("endophytic fungi" AND Pantanal); ("endophytic fungi" AND Caatinga); ("endophytic fungi" AND "Atlantic forest"); ("endophytic fungi" AND "savana brasileira") OR ("endophytic fungi" AND "cerrado") e ("endophytic fungi" AND Amazônia) OR ("endophytic fungi" AND amazon). Adicionalmente, realizou-se uma busca com amplitude nacional utilizando concomitantemente todas as palavras-chave anteriores separadas pelo indexador booleano OR.

Foram adotados como critérios de exclusão: i) resenha de capítulo ou livro; ii) análise; iii) documentos de anais; e iv) artigo acesso antecipado. Com a inclusão apenas de artigos científicos, foram analisadas as variáveis relacionadas com: i) autores; ii) revistas, iii) países; iv) palavras-chave; e v) citações. Não houve determinação de período inicial das publicações dos artigos científicos para a realização da busca, ficando a pesquisa condicionada ao início da disponibilidade de resumos completos na base de dados até 2024. Além disso, houve a leitura dos títulos e resumos para uma melhor filtragem das publicações, excluindo aquelas que não se relacionavam ao bioma de interesse. Os dados das publicações selecionadas foram baixados em extensão bibtex(.bib) e, então, foi utilizado o pacote Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017) para o ambiente R. Para auxiliar na construção dos scripts, foi utilizado o programa Rstudio, versão 4.4.2 (R Core Team, 2024).

Para descrever o comportamento das variáveis, sempre que possível foram usados os parâmetros bibliométricos: ano da publicação, instituição de vínculo dos autores, análises de nuvem de palavras, tópicos de tendência, redes de colaboração e rankings de produção (número de artigos) e relevância (número de citações). Não foi possível gerar alguns parâmetros devido à baixa quantidade de dados.

A tendência temporal das publicações de todo território brasileiro foi investigada por meio de um modelo exponencial no qual se associa o número de documentos publicados em função da escala temporal e, plota-se o número de publicações e o de citações associados ao ano da publicação. Na análise individual de cada bioma, foram utilizados os dados separadamente. Para avaliar os autores de destaque sobre fungos endofíticos, considerou-se como critério de corte, os 10 primeiros autores com maior número de publicações e os 10 com maior índice H. Além disso, as Universidade/Institutos de pesquisa e a participação dos países nessa temática foram analisados. Foi avaliado o impacto das três revistas com maior número de publicações e a de maior impacto geral, por meio do fator de impacto da revista. Foram analisadas as 25 palavras-chave com maiores frequências absolutas de uso ao longo do período investigado. Posteriormente, investigou-se as frequências dessas palavras-chave,

considerando os tópicos de tendência em função da escala temporal dos últimos 10 anos (2014 a 2024). Todas as análises e gráficos foram gerados utilizando-se as diferentes funções disponibilizadas pelo pacote Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017) no programa Rstudio, versão 4.4.2 (R Core Team, 2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fungos endofíticos nos biomas brasileiros

A análise nacional relacionada com os fungos endofíticos nos biomas brasileiros resultou em 75 artigos entre os anos de 1994 e 2024. O número de publicações aumentou exponencialmente ($R^2 = 0,6999$; Equação: $y = 8E-85e0,0967x$) nos últimos 30 anos sendo, o maior número de documentos (12) publicados em 2024 (Figura 1A). O número de citações apresentou uma tendência contrária, com grandes variações e queda desde as primeiras publicações (Figura 1B) e a média de citação por documento foi de 16,35. Os estudos relacionados a fungos endofíticos e seus potenciais como fonte biológica de novas moléculas bioativas apesar de estarem em ascensão, ainda são incipientes (Martinez-Klimova et al., 2017).

Um total de 581 autores participou das publicações sobre fungos endofíticos no Brasil durante o período avaliado. Dentre estes, dez participaram de três a 11 documentos, com destaque para Souza-Motta C.M. (Universidade Federal de Pernambuco), Bezerra J.D.P. (Universidade Federal de Goiás) e DE (não foi possível identificar o autor através desse sobrenome) que juntos produziram 31,65% dos estudos sobre fungos endofíticos no Brasil (Figura 2A). Estes autores também fazem parte do rank de cientistas mais citados, com índice H variando de 3 a 5 (Figura 2B).

A instituição de atuação de pesquisadores com o maior número de produções sobre Fungos endofíticos é a Universidade Federal de Pernambuco, seguida pela Universidade Federal do Amapá e a Universidade Federal do Pará (Figura 2C). A cooperação internacional de 22,67, fica evidenciada na figura 2D, tendo o Brasil como principal país que publica sobre o tema. O interesse dos autores pode estar justificado pela importância já conhecida dos fungos endofíticos em aplicações nas indústrias alimentícias e farmacêuticas associado ao sucesso de identificação de novas espécies (De Sousa et al., 2025), o que traz à tona o lapso do levantamento fúngico dos ecossistemas brasileiros.

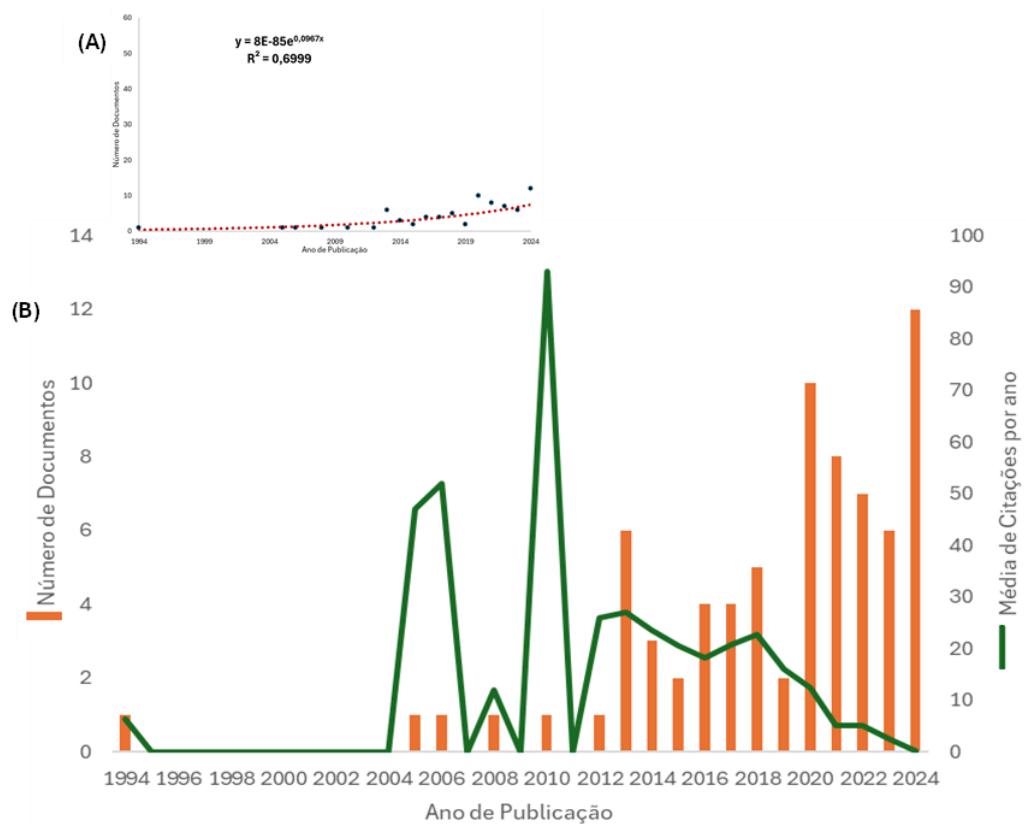


Figura 1. Tendência temporal da produção científica sobre fungos endofíticos no Brasil de acordo com a base de dados da Web of Science. (A) Regressão exponencial entre o número de documentos publicados e a escala temporal. (B) Número de documentos e Número de citações associados ao ano de publicação. Fonte: Autora

De um total de 45 periódicos, os que mais publicaram artigos sobre fungos endofíticos foram a Revista Brasileira de Microbiologia, a Acta Botanica Brasilica e Fronteiras em Microbiologia. A primeira revista possui o maior fator de impacto com índice H correspondente a 5 (Figura 3). O reconhecimento da importância ecológica e potencial biotecnológico de fungos endofíticos no Brasil e sua relação com espécies variadas de plantas, algumas com grande ameaça de extinção, contribui para maior relevância do tema. Isso reflete na publicação de revistas de maior impacto como o caso do artigo sobre fungos endofíticos foliares da espécie criticamente ameaçada *Andreodoxa flava* Kallunki (Rutaceae) no Brasil, publicado Revista Brasileira de Microbiologia (Oliveira *et al.*, 2025).

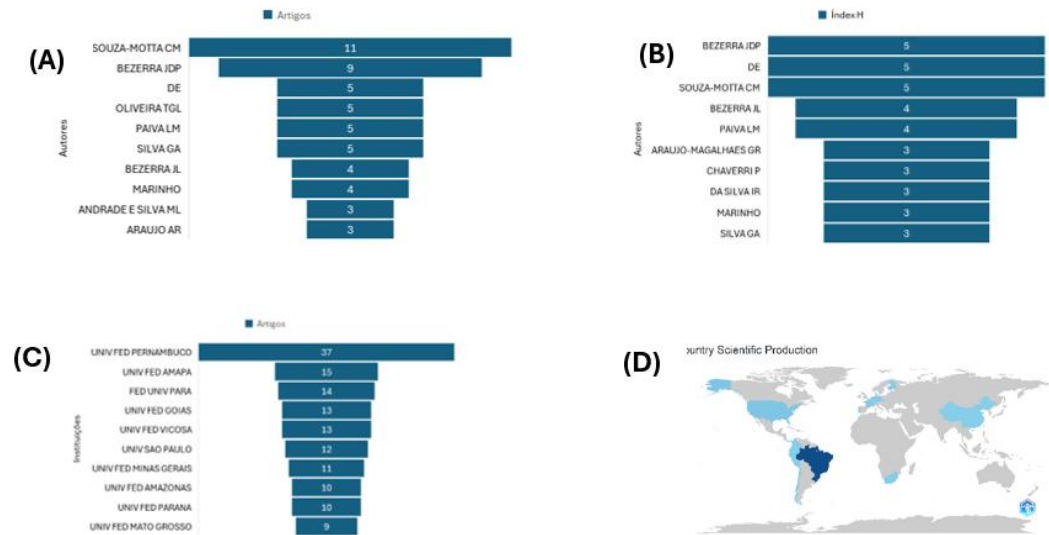


Figura 2. Perfil da produção científica sobre fungos endofíticos no Brasil de acordo com a base de dados Web of Science. (A) Autores de destaque; (B) Fator de impacto dos autores de acordo com o índice H; (C) Afiliação de autor correspondente; (D) Mapa da produção científica dos países no qual, tons de azul mais escuros refletem países com maior número de publicações. Fonte: Autora.

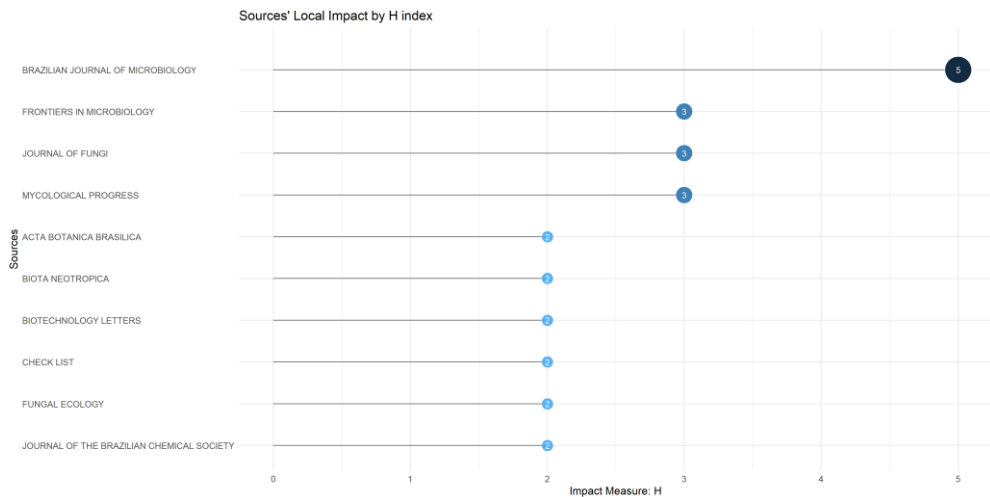


Figura 3. Fator de impacto das dez revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Brasil ente 1994 e 2024. Fonte: Autora.

Foram observadas 265 palavras-chave usadas nas publicações sobre fungos endofíticos, sendo que “fungos endofíticos”, “diversidade”, “biodiversidade”, “taxonomia” e “metabólitos secundários” são algumas das 25 mais frequentes (Figura 4). Com relação às tendências em função da escala temporal nos últimos 10 anos (2014-2024), as cinco palavras citadas acima tiveram altos valores de frequência entre os anos de 2018 e 2015, liderado por palavras como “*primer sets*” e “análise

filogenética” (Figura 5). Segundo o Mapbiomas, o Brasil apresenta altos índices de desmatamento, exploração predatória e interferência humana em seus ecossistemas. Neste cenário, apesar da alta disponibilidade de estudos sobre fauna e flora, as pesquisas são incipientes quanto às comunidades de microrganismos (Peay *et al.*, 2008).

De maneira geral, a taxonomia é essencial para descoberta e conservação das espécies. No caso dos fungos endofíticos a identificação a partir da morfologia através do meio de cultura não se mostra eficiente, sendo necessária análises das estruturas sexuais. Atualmente, após a seleção de indivíduos de maior interesse, tem-se uma propensão em confirmar a identificação com técnicas como PCR (Reação em Cadeia da Polimerase), a partir de pequenas sequências de DNA (*primer sets*) e posterior análise filogenética (Ferreira; Grattapaglia, 1998; Loosli, 2024).



Figura 4. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Brasil de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

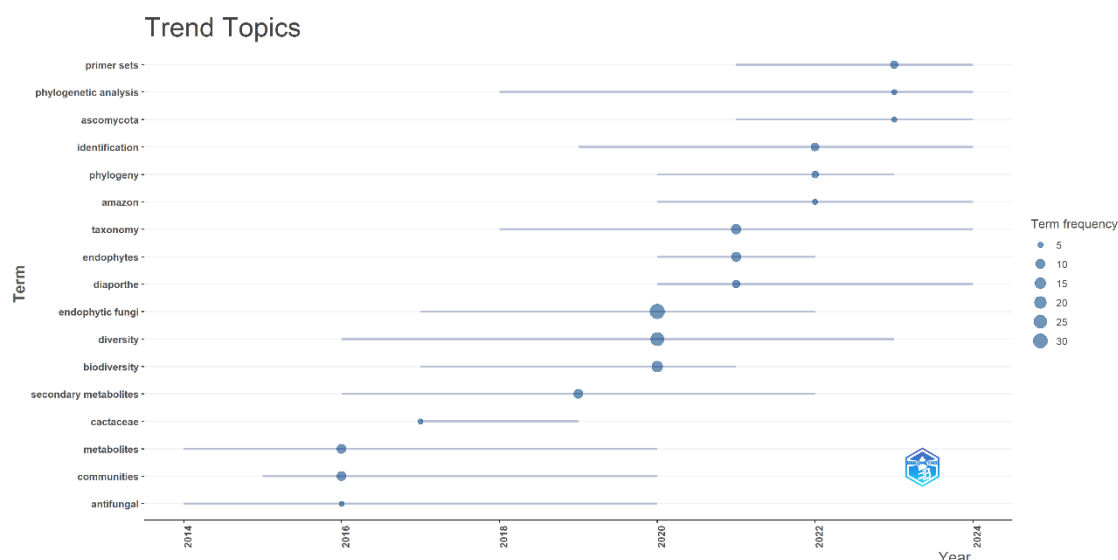


Figura 5. Gráfico com os tópicos de tendência em função da escala temporal dos últimos 10 anos sobre os fungos endofíticos no Brasil de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

3.2 Fungos endofíticos no Pampa

A análise individual relacionada com os fungos endofíticos e o Pampa, resultou em cinco artigos, publicados em cinco revistas, entre os anos de 2011 e 2023. Porém, durante a leitura dos artigos, foi possível perceber que apenas dois referem-se ao Pampa brasileiro. Um deles traz também informações sobre a região de Mata Atlântica (Druzian *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2022), e três tratam de regiões de Pampa Argentinos. Portanto, não se enquadram nos objetivos desse estudo (Uchitel; Omacini; Chaneton, 2011; Franco, 2015; Vignale *et al.*, 2023).

Logo, foram usados para análise dois artigos sobre o Pampa, publicados em duas revistas nos anos 2020 e 2022, com 19 autores, totalizando 9,5 autores por documento. A baixa ocorrência de estudos e autores em relação aos outros biomas pode ser justificada pelo fato de que apenas o Rio Grande do Sul está inserido no Pampa, representando 2% do território nacional e, em termos proporcionais é a unidade da federação mais devastada do Brasil, segundo o Mapbiomas.

Houve um percentual de 50% de colaboração internacional (Figura 6). Esse resultado pode ser atribuído ao fato de um dos autores, apesar de brasileiro, Alves, RP, estar vinculado a Karl-Franzens University Graz (Uni-Graz) (Andrade *et al.*, 2022).

Os periódicos nos quais foram publicados os artigos são Acta Botanica Brasilica e Bioprocess and Biosystems Engineering (Figura 7). Estudos de caráter regionais, apesar da importância para a

sociedade, tendem a ser menos citados, o que não implica necessariamente na qualidade dos artigos (Pinto; Andrade, 1999; Portugal; Branca; Rodrigues, 2011).

Country Scientific Production



Figura 6. Produção Científica dos Países: Brasil e Áustria os quais publicaram artigos sobre fungos endofíticos no Pampa. Fonte: Autora

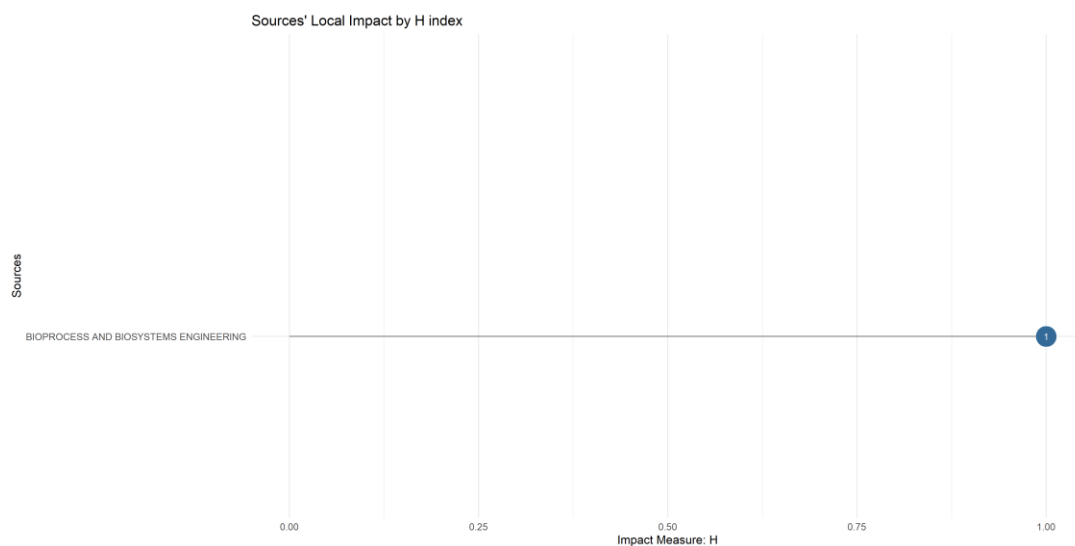


Figura 7. Fator de impacto das revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Bioma Pampa ente 2020 e 2022. Fonte: Autora.

Entre as palavras-chave, pelo baixo número de artigos, não houve uma de maior destaque (Figura 8) e não foi possível gerar os tópicos de tendências. Entre elas estão “antibacteriana”,

“antifúngica” e “*Aspergillus fumigatus*”, um fungo pertencente ao gênero *Aspergillus* descrito como endofítico em vários estudos (Marcomini, 2021; Dos Santos, 2023). O gênero *Aspergillus* já foi isolado de uma ampla variedade de plantas. Este gênero apresenta metabólitos com potencial antifúngico contra fungos fitopatogênicos, como indica o estudo com *Aspergillus* sp., no qual a espécie inibiu o crescimento *in vitro* de *Botrytis cinerea* (mofo-cinzeno) em *Eucalyptus benthamii* (Júnior *et al.*, 2013).



Figura 8. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Bioma Pampa de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora

3.3 Fungos endofíticos no Pantanal

A análise individual relacionada com os fungos endofíticos e o bioma Pantanal, resultou em cinco artigos, publicados em quatro revistas, entre os anos de 2017 e 2024. O número de publicações diminuiu exponencialmente ($R^2 = 0,4276$; Equação: $y = 7E + 60e^{-0,069x}$) nos últimos 7 anos (Figura 9A) assim como, o número de citações, com grandes variações e queda desde as primeiras publicações (Figura 9B). Conhecido como maior planície alagada contínua do mundo, esse bioma tem como principal característica a alternância entre períodos de seca e cheia e, apesar da alta taxa de conservação da vegetação nativa (80%), tem poucos e recentes estudos sobre fungos endofíticos (Coertjens; Do Socorro Mascarenhas; Batistote, 2025).

Ao todo, foram observados 67 autores, a maioria com dois artigos publicados sobre fungos endofíticos no Bioma Pantanal. Os três primeiros da lista são Andrade e Silva M.L. (Universidade de Franca), Gliênke C. Universidade (Federal do Paraná) e Januário A. H. (Universidade de Franca)

(Figura 10A). A média de número de autores nestes artigos foi de 12,3 autores por documento e a de citação por documento 12.

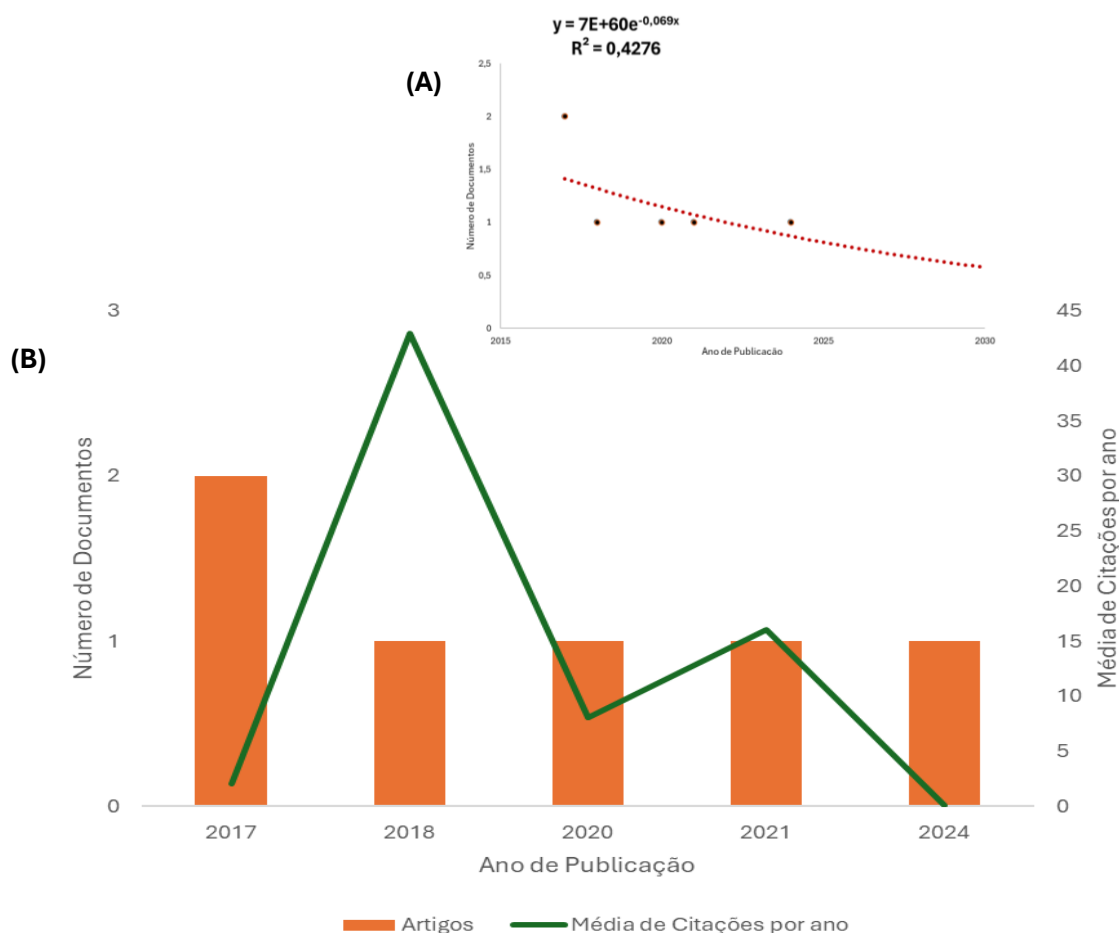


Figura 9. Tendência temporal da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Pantanal de acordo com a base de dados da Web of Science. (A) Regressão exponencial entre o número de documentos publicados e a escala temporal. (B) Número de documentos e Número de citações associados ao ano de publicação. Fonte: Autora.

O trabalho no qual Andrade e Silva M.L. e Januário A.H. (ambos de uma universidade particular e com índice H de 2 (Figura 10B)) aparecem como coautores, promove uma sinergia entre ecologia e agricultura ao analisar relações ecológicas entre fungos endofíticos extraídos das raízes de *Vochysia divergens* (Vochysiaceae) em mudas da mesma espécie. *Vochysia divergens*, espécie conhecida como cambará, apresenta alto potencial de tolerância às variações sazonais da hidrologia, que permite que se espalhe rapidamente. O trabalho conclui que existe uma possível relação dos fungos endofíticos nesse processo e sugere maiores estudos devido à falta de dados científicos para comparação (Parpinelli *et al.*, 2017). Outro ponto a ser observado sobre esse artigo é o resultado

positivo da junção entre a Universidade de Franca, uma instituição particular, e a Universidade Federal de Mato Grosso reforçando o conceito atual de Parceria Público Privada (Ferreira; Da Silva Gomes; Meyer, 2023). Estas instituições aparecem em 1º e 3º lugar no *ranking* (Figura 10C) das principais instituições com pesquisas sobre fungos endofíticos no Pantanal.

A taxa de colaboração internacional foi de 16,67%, com autores ligados ao Estados Unidos da América e o Brasil (Figura 10D). Esse dado pode ser atribuído ao caráter regional do estudo (Mayerhofer *et al.*, 2024).

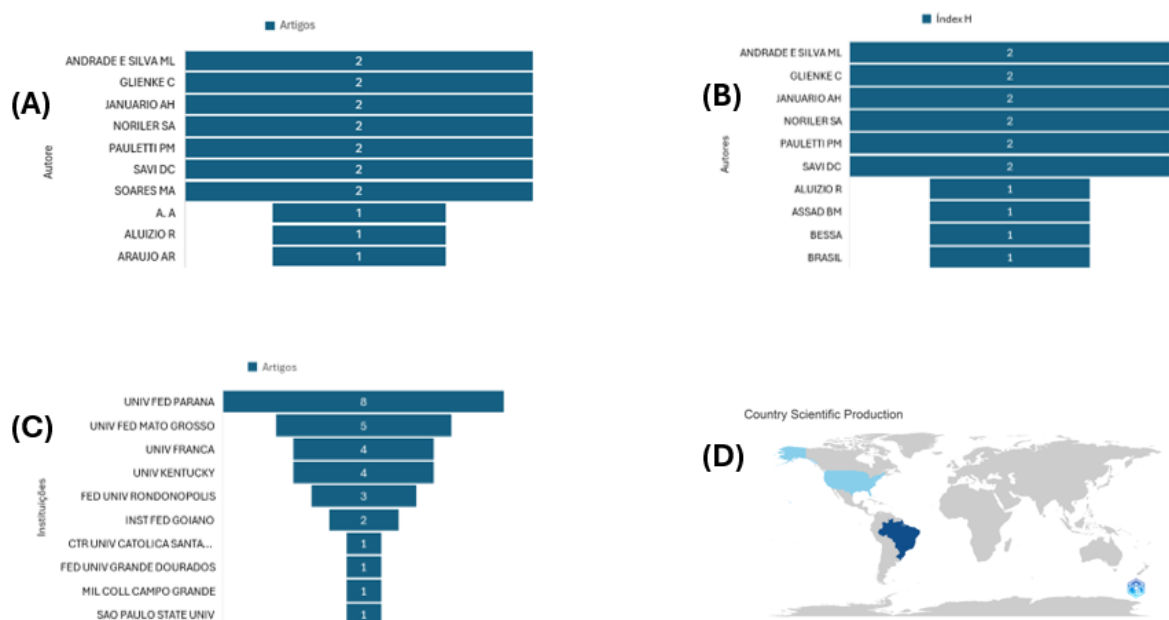


Figura 10. Perfil da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Pantanal de acordo com a base de dados Web of Science. (A) Autores de destaque; (B) Fator de impacto dos autores de acordo como índice H; (C) Afiliação de autor correspondente; (D) Mapa da produção científica dos países no qual, tons de azul mais escuros refletem países com maior número de publicações. Fonte: Autora.

Dentre os periódicos nos quais foram publicados os cinco artigos científicos sobre fungos endofíticos no Pantanal dois foram publicados em *Frontiers In Microbiology* com Índice H 2, e os três restantes nos seguintes periódicos, sendo um artigo em cada: *Journal Of The Brazilian Chemical Society* com Índice H 1.3; *Química Nova*, com Índice H 1 e *Rhizosphere*, com Índice H 1 (Figura 11). A publicação dos dois artigos em revista de alto impacto, mesmo se tratado de tema regional, evidencia a relevância do assunto para a comunidade científica (Beuren; Souza, 2008).

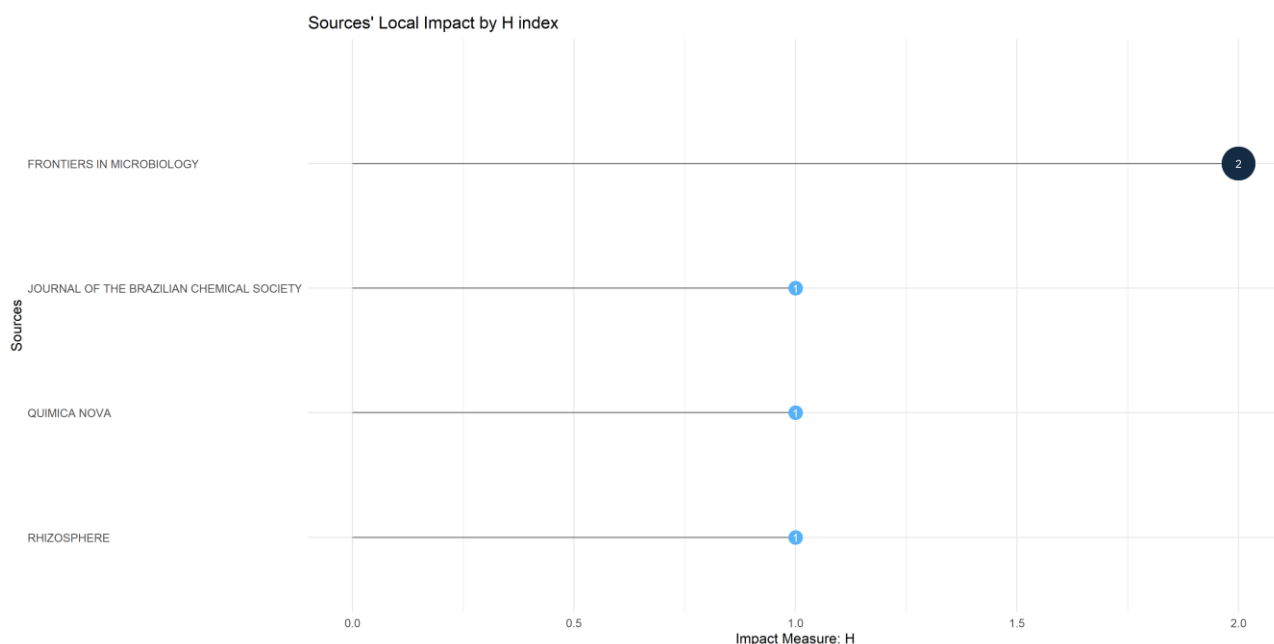


Figura 11. Fator de impacto das dez revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Bioma Pantanal entre o período 2017 e 2024. Fonte: Autora.

Foram observadas 21 palavras-chave e a de maior destaque para as pesquisas com fungos endofíticos no Pantanal é “fungos endofíticos”, seguida por “*Vochysia divergens*”, “metabólitos secundários” e flavones (Figura 12). Flavones diz respeito às substâncias do subgrupo de flavonoides, os quais estão relacionados ao metabolismo secundário das plantas, capazes de beneficiar seres humanos e plantas (Cristiani; Silva; Miyasaka, 2017). Devido à baixa quantidade de dados não foi possível gerar tópicos de tendência.



Figura 12. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Bioma Pantanal de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

3.4 Fungos endofíticos da Caatinga

A análise individual relacionada com os fungos endofíticos da Caatinga, resultou em 12 artigos, publicados em oito revistas, entre os anos de 2013 e 2024. A análise acerca das produções ao longo do tempo (2013 a 2024) sugere que, apesar de ser um tema de interesse recente, existe uma linha contínua de pesquisas, acentuando sua relevância. O número de publicações indica um leve aumento exponencial ($R^2 = 0,0057$; Equação: $y = 2E-06e^{0,0067x}$) nos últimos 11 anos (Figura 13A). Sobre o número de citações observa-se grandes variações e queda desde as primeiras publicações (Figura 13B). Diante dos dados, vale ressaltar os estudos recentes sobre fungos abrangendo o seu uso como biofertilizantes e biocontroladores nas regiões com maior número de estabelecimentos classificados como agricultura familiar, a Caatinga e o Cerrado (IBGE, 2017).

Ao todo, foram observados 67 autores, com 8,25 autores por documento. Cristina Maria Souza-Motta (Universidade Federal de Pernambuco) foi a autora mais relevante sobre o tema com nove publicações, as quais estão distribuídas durante todo o período em que as publicações apareceram nos resultados. Em segundo lugar de destaque nas publicações está Jadson Diogo Pereira Bezerra (Universidade Federal de Goiás), com sete artigos publicados, seguido por Laura Mesquita Paiva (Universidade Federal de Pernambuco) com 4 (Figura 14A). Além de serem os que mais publicam sobre o tema, eles têm os maiores Índex H sendo 5, 4 e 4 respectivamente (Figura 14 B) e exercem parcerias nas publicações.

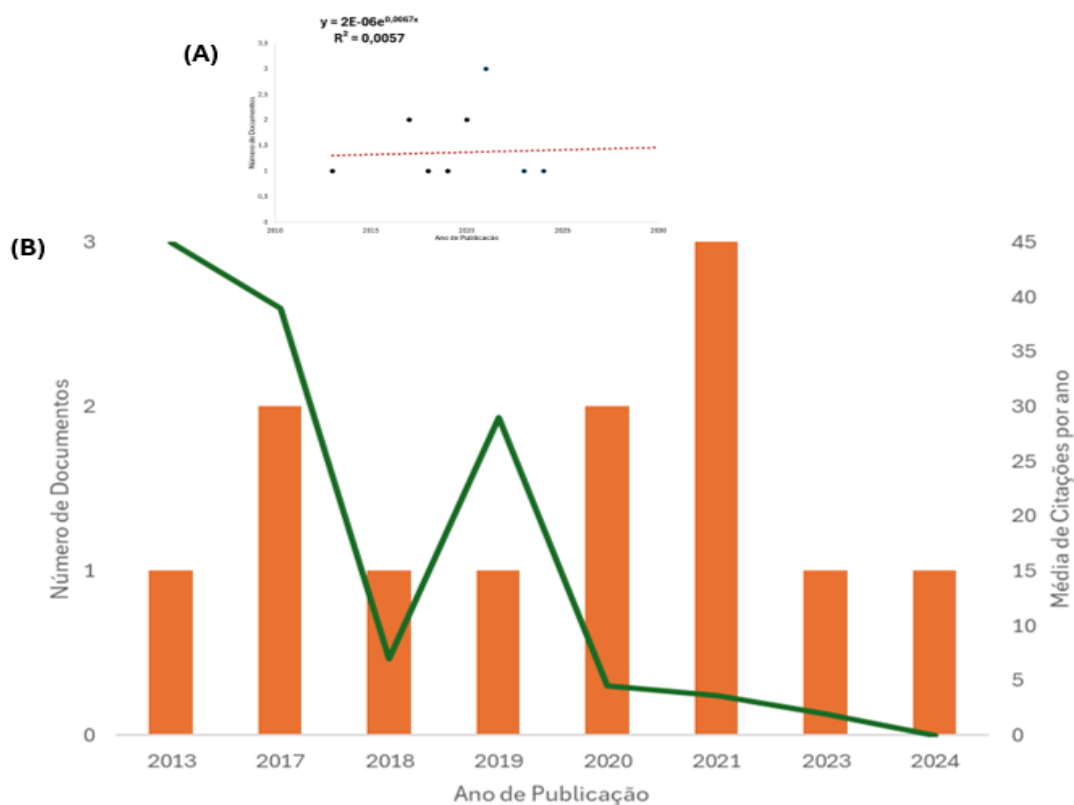


Figura 13. Tendência temporal da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Caatinga de acordo com a base de dados da Web of Science. (A) Regressão exponencial entre o número de documentos publicados e a escala temporal. (B) Número de documentos e Número de citações associados ao ano de publicação. Fonte: Autora.

Entre as publicações merece destaque o artigo que abrange o levantamento inicial sobre fungos endofíticos no cacto *Cereus jamacaru* na Caatinga, bioma retratado por eles como floresta tropical seca brasileira. A pesquisa identificou 59 táxons, com destaque para *Cladosporium cladosporioides* e *Fusarium oxysporum*, espécies comumente isoladas, seguidas por *Acremonium implicatum*, *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma viride*, *Chrysonilia sitophila* e *Aspergillus flavus*. O artigo resultou em 18 espécies registradas pela primeira vez como endofíticas para o Brasil e 47 espécies como fungos endofíticos de cactos, corroborando a ideia de diversidade fúngica em cactos (Bezerra *et al.*, 2013).

A participação das universidades e institutos federais é notória. Em 11 dos 12 artigos existem autores ligados à Universidade Federal de Pernambuco, que é responsável por 26 autores e a única exceção é a publicação da autora Ferreira-Silva, A, que pertence à Universidade Federal Minas Gerais, com parceria com o instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA) e a Universidade Estadual

Feira de Santana, consoante a figura 14C. O aumento das áreas degradadas nas regiões de clima seco é pauta de muitos estudos visto que se refere a um problema mundial, o qual ameaça a fertilidade do solo e a biodiversidade local. Isto posto, métodos sustentáveis que possibilitem o reflorestamento e a possibilidade de desenvolvimento agrícola são de interesse global (Véron; Paruelo; Oosterheld, 2006; De Moura Garcia *et al.*, 2025; Liiv *et al.*, 2025).

A taxa de colaboração internacional foi de 33,33% e os países envolvidos nas publicações Brasil, na maioria das vezes, EUA e África do Sul (Figura 14D). Quanto aos periódicos teve uma concentração das publicações em três delas, sendo três artigos publicados na *Mycological Progress* (Index H 3); dois na *Symbiosis* e dois na *Acta Botanica Brasilica*, ambas com com Index H 2 (Figura 15).

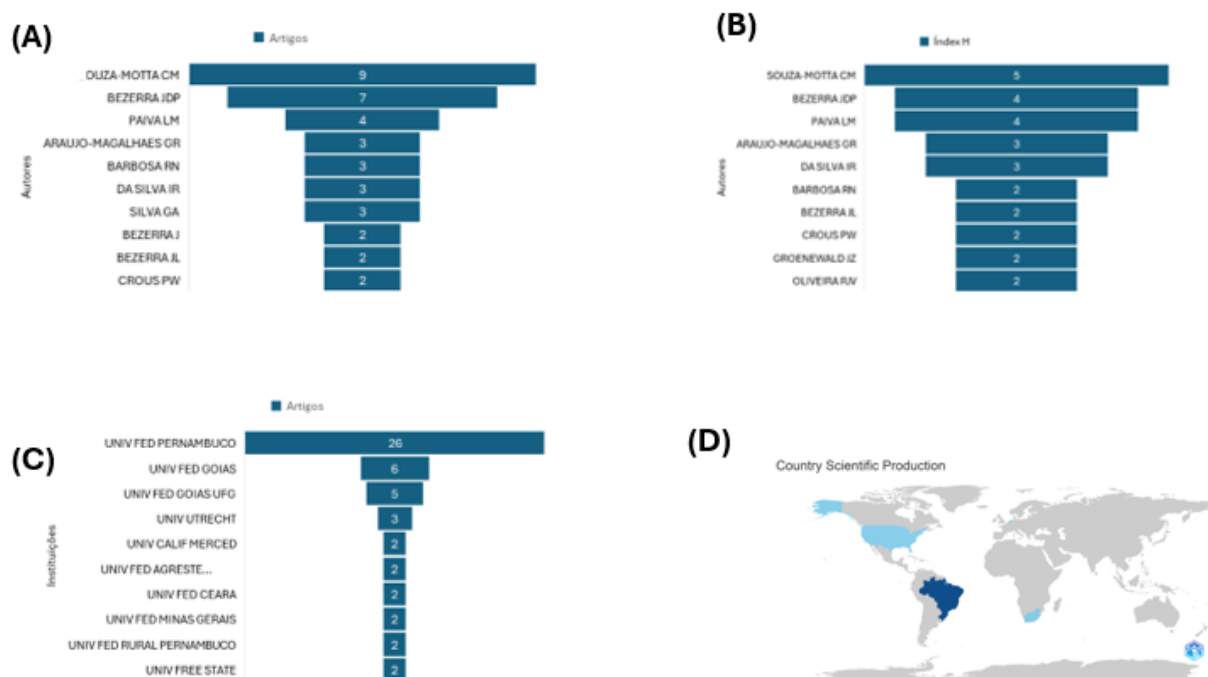


Figura 14. Perfil da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Caatinga de acordo com a base de dados Web of Science. (A) Autores de destaque; (B) Fator de impacto dos autores de acordo como índice H; (C) Afiliação de autor correspondente; (D) Mapa da produção científica dos países no qual, tons de azul mais escuros refletem países com maior número de publicações. Fonte: Autora.

O artigo de Bezerra, Jadson D. P., publicado no periódico *IMA Fungus* é a publicação em fonte de maior impacto com fator de 6.2 (em 2024) e Index H 1 segundo os dados da plataforma Web of Science. Esse artigo apresenta a maior colaboração internacional e tem como coautora Cristina Maria Souza-Motta, a pesquisadora mais relevante sobre o tema. Durante a pesquisa foram isoladas

duas novas espécies pertencentes ao gênero *Toxicocladosporium*, as quais são fungos endofíticos de cactos (Bezerra et al., 2017). Houve colaboração entre os países evidenciando a relação entre os Estados Unidos e o Brasil.

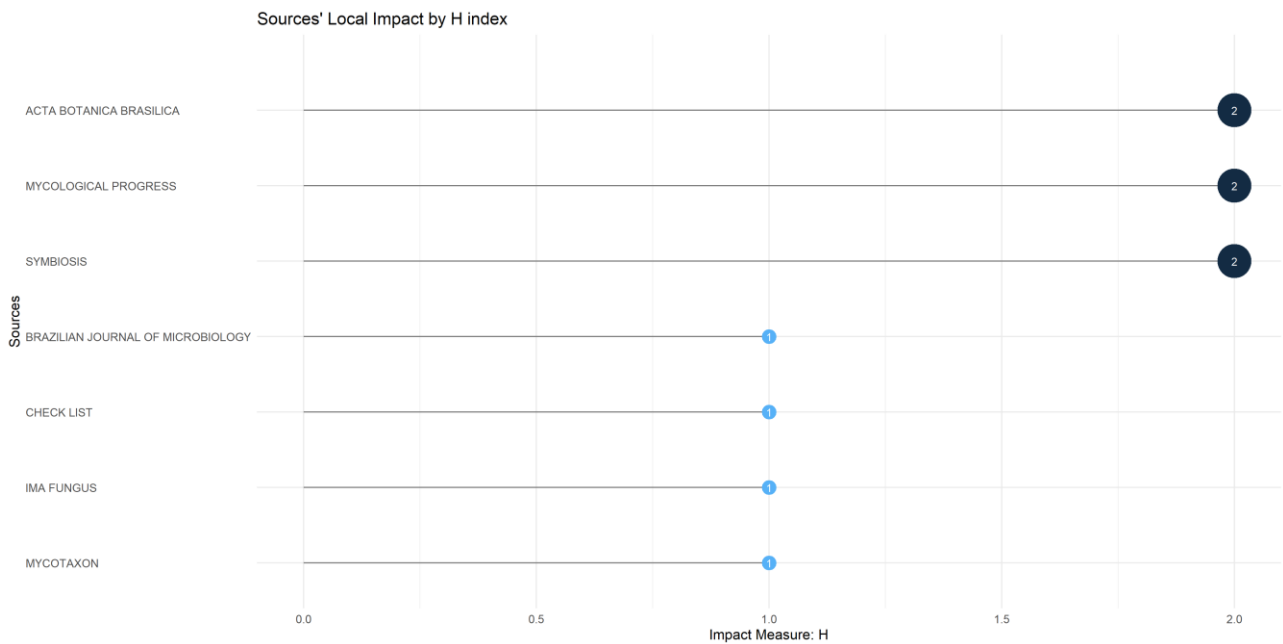


Figura 15. Fator de impacto das revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Bioma Caatinga entre o período 2013 e 2024. Fonte: Autora.

Foram observadas 47 palavras-chave e a média de citação por documento foi de 15,08. Na nuvem de palavras (Figura 16) e no tópico de tendência (Figura 17) as palavras mais relevantes são “taxonomia”, “diversidade” com enfoque na “biodiversidade” relacionada tanto às diversas espécies de “fungos endofíticos”, como também “*Cactaceae*” e “*Cactus*”, as principais plantas exploradas pelos pesquisadores e de relevância para o bioma em questão.

A Caatinga é de grande interesse internacional devido às características edafoclimáticas parecidas com as da Austrália, Arizona (EUA) e Missouri (EUA). Esses ambientes contribuem para o desenvolvimento de várias espécies de *Cactus*, as quais abrigam uma grande variedade de fungos endofíticos de interesse em diversas áreas do desenvolvimento vegetal, como aumento da absorção de nutrientes, armazenamento de água e tolerância à radiação UV, o que tem como consequência uma maior tolerância a ambientes áridos. Isso corrobora a tendência de estudos abrangendo taxonomia

com o anseio de diminuir a lacuna no conhecimento e contribuir para identificação e mapeamento das espécies (Ferreira-Silva *et al.*, 2021).

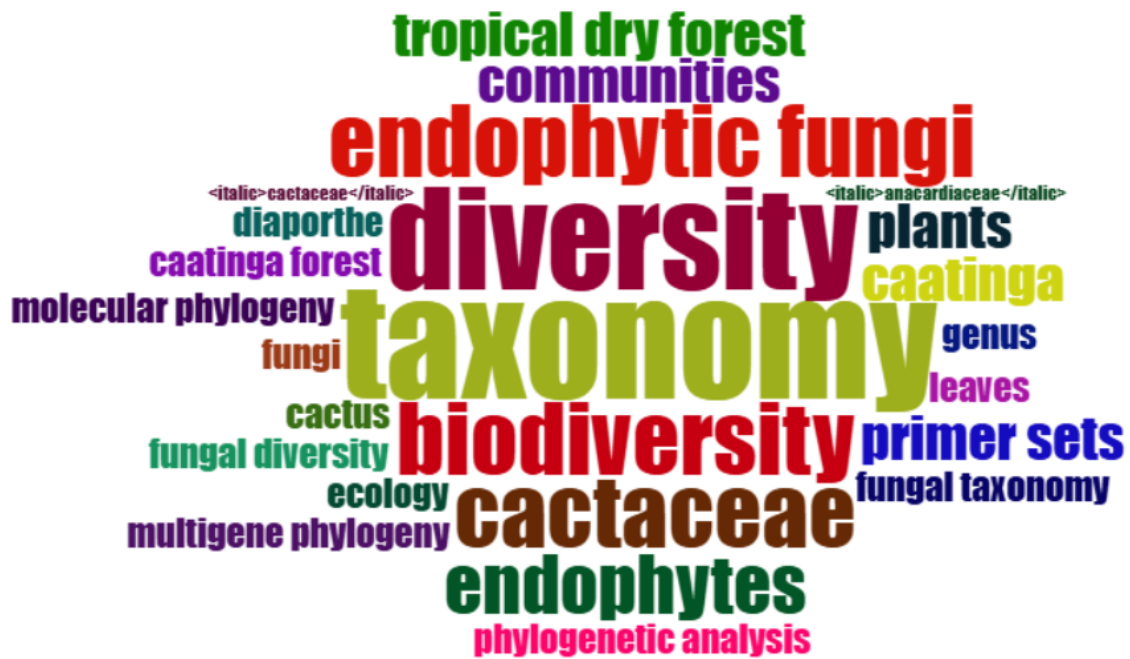


Figura 16. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Bioma Caatinga de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

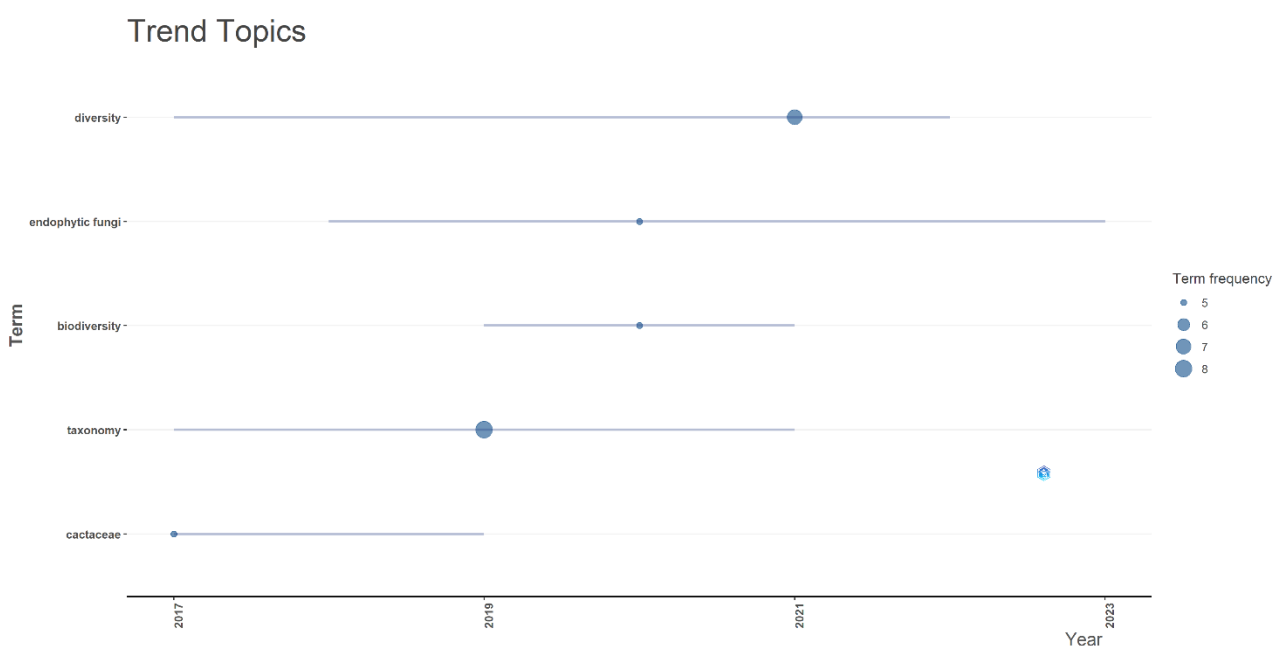


Figura 17. Gráfico com os tópicos de tendência em função da escala temporal dos últimos 10 anos sobre os fungos endofíticos no Bioma Caatinga de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

3.5 Fungos endofíticos da Mata Atlântica

A análise individual relacionada com os fungos endofíticos e o bioma Mata Atlântica, resultou em oito artigos, publicados em seis revistas, entre os anos de 2013 e 2024. A média de citação por documento foi de 14,12. O número de publicações apresentou um discreto aumento exponencial ($R^2 = 0,2061$; Equação: $y = 2E-24e^{0,027x}$) nos últimos 11 anos (Figura 18A). Diferentemente, o número de citações teve grandes variações nos anos iniciais das publicações e queda acentuada a partir de 2013 (Figura 18B). O Bioma Mata Atlântica é considerado uma das 34 áreas de alta biodiversidade ameaçadas do mundo, o que o torna um dos *hotspots* também para diversidade microbiana. Fatalmente enfrenta graves problemas devido à falta de conservação, que já teve uma perda considerável de áreas nativas. Atualmente, existem esforços científicos e políticos em busca de reduzir os danos através da criação de unidades de conservação. Tal fato, se aplica à diversidade de fungos endofíticos que, frente ao interesse crescente de maior compreensão, ainda pode ser apontada como uma riqueza negligenciada (Ferro *et al.*, 2023)



Figura 18. Tendência temporal da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Mata Atlântica de acordo com a base de dados da Web of Science. (A) Regressão exponencial entre o número de documentos publicados e a escala temporal. (B) Número de documentos e Número de citações associados ao ano de publicação. Fonte: Autor.

Ao todo, foram observados 56 autores, com 7,5 autores por documento. Os autores com o maior número de artigos foram Thays Gabrielle Lins de Oliveira, da Universidade Federal do Pernambuco, com três, seguida por Gláucia Alves e Silva, da Universidade Federal de Lavras, e Rejane Maria Ferreira da Silva, também da Universidade Federal de Pernambuco, ambas com dois artigos (Figura 19A). O Índice H dos 10 principais autores é 1 (Figura 19B). As afiliações mais relevantes são das universidades federais, sendo a de maior produção científica a Universidade Federal de Pernambuco (Figura 19C) assim como, no Bioma Caatinga. A taxa de colaboração internacional é de 25% e os artigos científicos sobre os fungos endofíticos da Mata Atlântica foram produzidos por instituições localizadas no Brasil, França e Chile (Figura 19D).

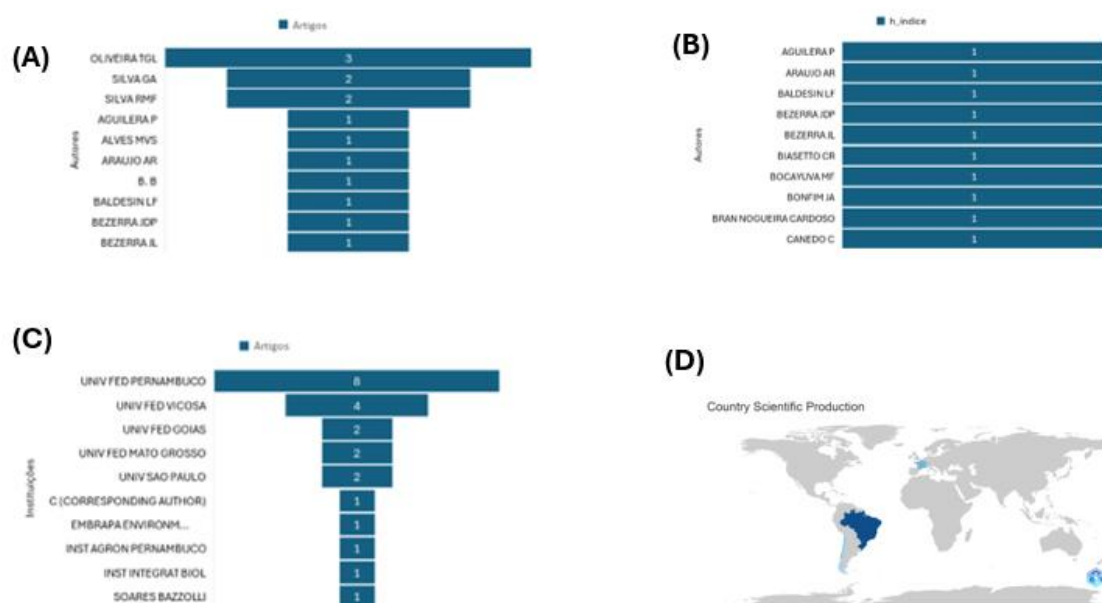


Figura 19. Perfil da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Mata Atlântica de acordo com a base de dados Web of Science. (A) Autores de destaque; (B) Fator de impacto dos autores de acordo como índice H; (C) Afiliação de autor correspondente; (D) Mapa da produção científica dos países no qual, tons de azul mais escuros refletem países com maior número de publicações. Fonte: Autora.

Quanto aos periódicos de maior relevância tem-se as revistas *Fungal Ecology* e *Check List*, com dois artigos publicados em cada e a *Acta Botanica Brasilica*, com um artigo (Figura 20). Apesar

dos valores baixos em relação ao Index H, foram realizadas publicações em revistas com fatores de impacto mais relevantes como Mycorrhiza com fator de impacto 3.8 em 2024 e Bioprocess and Biosystems Engineering com fator de impacto 3.6 em 2024, segundo levantamento na plataforma Web of Science.

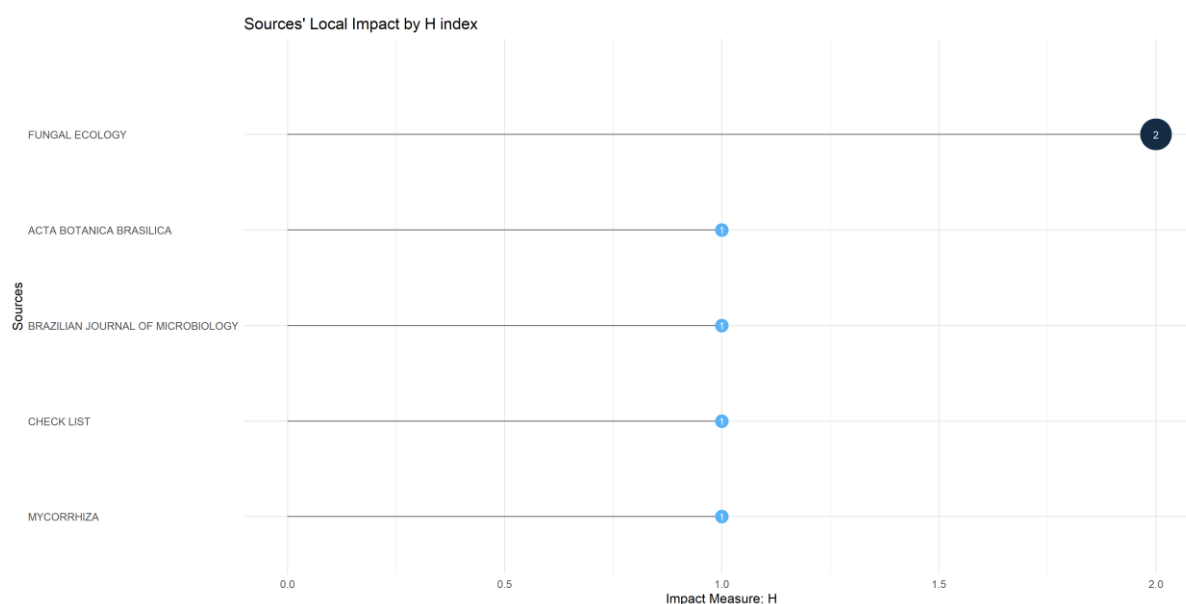


Figura 20. Fator de impacto das dez revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Bioma Mata Atlântica entre o período 2013 e 2024. Fonte: Autora.

Foram observadas 32 palavras-chave. As palavras-chave de maior destaque foram “fungos endofíticos”, “diversidade”, “análise filogenética”, “taxonomia Mata Atlântica” e “diversidade fúngica” nas publicações sobre fungos endofíticos da Mata Atlântica (Figura 21). Em função da baixa quantidade de dados não foi possível gerar tópicos de tendência. Um dos artigos mais recentes contempla análises de DNA e a aplicação do conceito de análise filogenética para determinar a taxonomia de uma nova espécie de fungo endofítico *Neoarthrinium brasiliense*, sp. nov. (Apiosporaceae, Sordariomycetes), presente na espécie arbórea *Lafoensia pacari* (dos Santos *et al.*, 2024).

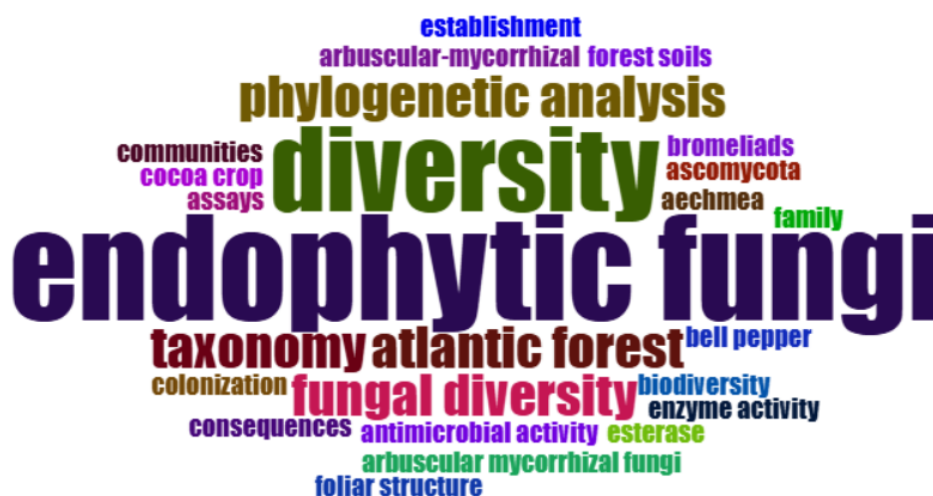


Figura 21. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Bioma Mapa Atlântica de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

3.6 Fungos endofíticos do Cerrado

A análise individual relacionada com os fungos endofíticos do Cerrado, resultou em 16 artigos, publicados em 13 revistas, entre os anos de 2005 até 2024. A média de citação por documento foi de 11,19. O número de publicações apresentou um discreto aumento exponencial ($R^2 = 0,0017$; Equação: $y = 0,0028e^{0,003x}$) nos últimos 19 anos (Figura 22A). O número de citações teve variações nos anos iniciais das publicações e queda a partir de 2013 (Figura 22B). Ao todo, foram observados 131 autores, com 7,5 autores por documento. Os 10 principais autores publicaram mais de uma vez sobre o tema conforme a figuram 23A e, aqueles que publicaram a partir de 2013 deram continuidade do trabalho com publicações de artigos também em 2024.

O Cerrado é conhecido como savana brasileira pelas suas características que se assemelham a outras regiões do planeta com clima tropicais, com arbustos e árvores esparsos e predominância de herbáceas (gramíneas). A união dessas características torna o solo ideal para atividades agropecuárias, a qual impulsionada pela crescente demanda por alimentos e matéria-prima teve como resultado a criação de fronteiras agrícolas. O aumento de pesquisas relacionadas a fungos endofíticos a partir de 2013 e sua continuidade ocorrem paralelamente à expansão da fronteira agrícola com o desenvolvimento da Matopiba, oficializada em 2015 (Lopes; Lima; Dos Reis; 2021) e o aumento do consumo de bioinsumos, em especial após instituição da normativa dos orgânicos em 2011 (Muñoz *et al.*, 2016).

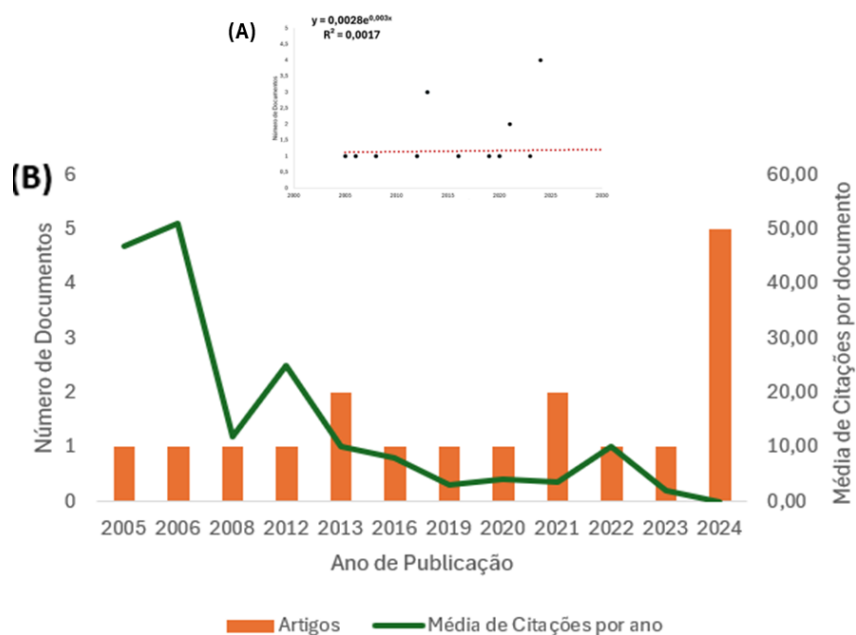


Figura 22. Tendência temporal da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Cerrado de acordo com a base de dados da Web of Science. (A) Regressão exponencial entre o número de documentos publicados e a escala temporal. (B) Número de documentos e Número de citações associados ao ano de publicação. Fonte: Autora.

Os três primeiros autores de maior Index H, pertencem à Universidade Estadual Paulista. Teles, M.L. tem o maior Index H correspondente a 3, seguido por Araújo M.L e Castro-Gamboa I ambos com Index 2 (Figura 23B). As afiliações mais relevantes (Figura 23C) referem-se a instituições de ensino localizadas em estados em que o Bioma Cerrado está presente e altamente devastado, como Universidade de Brasília, Instituto Federal Goiano e Universidade Estadual Paulista. Mais uma vez tem-se a expressiva contribuição de pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco.

Destaca-se também a produção científica do Instituto Federal Goiano e cabe fazer uma ressalva quanto ao fato de que a plataforma de pesquisa apresentou um equívoco na formulação dos dados da tabela, pois ambas as abreviações “Inst. Fed. Goiano” e “Fed. Inst. Goiano” referem-se a autores ligados a diferentes Campus e departamentos pertencentes ao Instituto Federal Goiano. Pode-se afirmar que nove autores estão vinculados a esta instituição, enquanto cinco autores estão ligados à Universidade Estadual Paulista.

A taxa de colaboração internacional foi de 12,5% e o mapa da produção científica entre os países mostra publicações do Brasil, Colômbia e China (Figura 23D). O artigo em parceria com o autor Fan, X.L., da Beijing Forestry University, China, por exemplo, traz uma nova espécie de fungo endofítico *Cytospora anacardii* (Cytosporaceae, Diaporthales), encontrado principalmente como

fitopatígeno, isolado de *Anacardium occidentale*, no Bioma Cerrado. O documento conta com a co-autoria de Souza-Motta, C.M. e Bezerra, J.D.P., sendo o primeiro relato da espécie em cajuzeiros, intensificando a demanda de novos trabalhos (Ferro *et al.*, 2024).

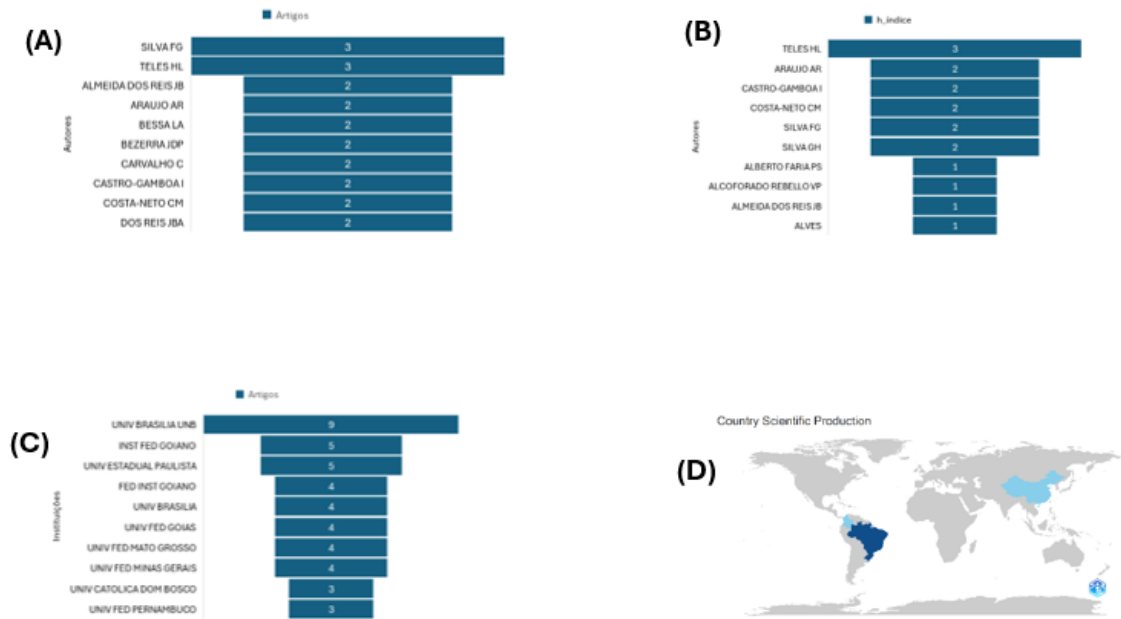


Figura 23A. Perfil da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Cerrado de acordo com a base de dados Web of Science. (A) Autores de destaque; (B) Fator de impacto dos autores de acordo como índice H; (C) Afiliação de autor correspondente; (D) Mapa da produção científica dos países no qual, tons de azul mais escuros refletem países com maior número de publicações. Fonte: Autora.

Quanto aos periódicos nos quais ocorreram as publicações (Figura 24) três artigos foram publicados na Biota Neotropica (com Index H 2), dois na Fitoquímica (com Index H 2) e nas demais com Index H 1 houve a publicação de um artigo em cada. O periódico de maior fator de impacto foi Journal of Fungi, pontuando 4 em 2024, segundo a plataforma de dados Web of Science.

Foram observadas 71 palavras-chave. Na nuvem de palavras e nos temas de tendências, das figuras 25 e 26, o destaque é para palavra “fungos endofíticos” e “diversidade”, “Ascomycota”, ainda da nuvem de palavras é possível extrair: “Cerrado”, identificação, comunidades, plantas, crescimento, ancestral, host, ensaio, filogenia. A forma mais comum de produção de alimentos orgânicos é através da agricultura familiar, responsável por 77% dos produtores (Da Silva, et al., 2025) que, em conjunto aos conceitos de agroecologia exerce papel fundamental na diminuição da insegurança alimentar e apoia o uso de conhecimentos e tradições das comunidades locais (Silva; Barim; Murta-Nascimento, 2025).

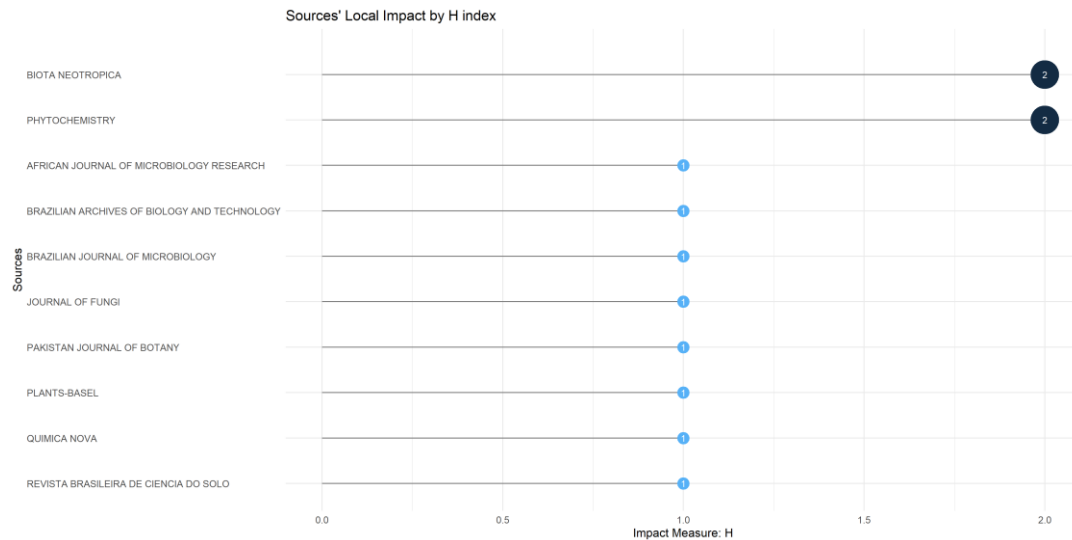


Figura 24. Fator de impacto das dez revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Bioma Cerrado entre o período 2013 e 2024. Fonte: Autora.



Figura 25. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Bioma Cerrado de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

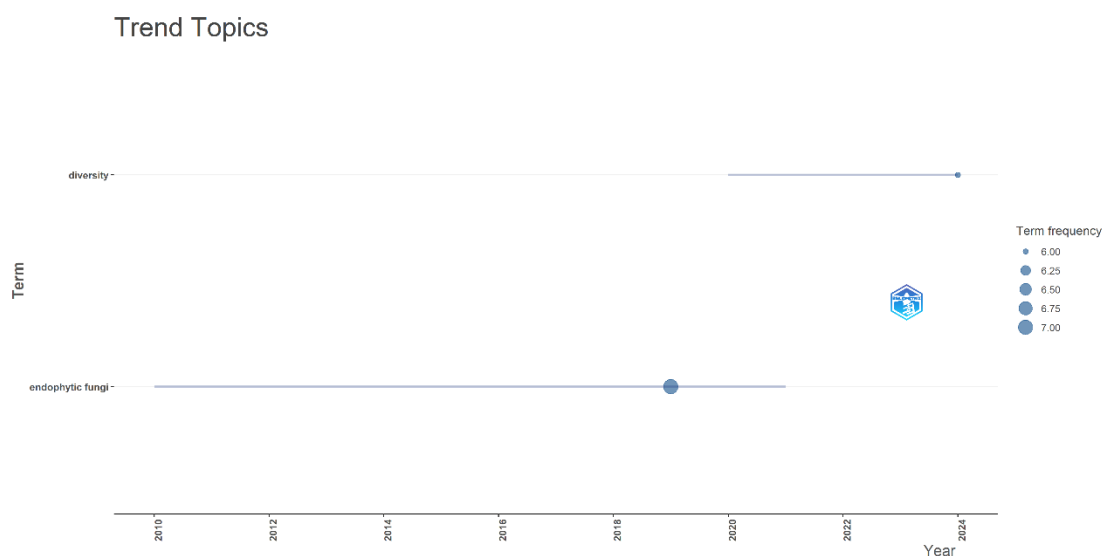


Figura 26. Temas em tendência em função da escala temporal dos últimos 14 anos sobre os fungos no Bioma Cerrado de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

3.7 Fungos endofíticos da Amazônia

A análise individual relacionada com os fungos endofíticos da Amazônia, resultou em 34 artigos, publicados em 27 revistas, entre os anos de 1994 até 2024. O número de publicações aumentou exponencialmente ($R^2 = 0,3072$; Equação: $y = 2E-38e^{0,0434x}$) nos últimos 30 anos (Figura 27A). O número de citações apresentou variações e queda desde as primeiras publicações (Figura 27B). A média de citação por documento foi de 20,65.

A primeira produção científica foi em 1994, com o artigo de Rodrigues, K.F, um levantamento com co-participação internacional com New York Bot Garden (USA) (Rodrigues, 1994). Depois, houve um intervalo de 16 anos sem nenhuma produção de artigos científicos sobre o tema. Após 2010, embora com oscilação nas produções, a publicação de artigos se manteve em ascensão. O ano de maior produção científica foi 2022, com seis artigos (Figura 27B). Berço de uma das maiores biodiversidades do planeta, apenas em 2016 obteve maiores incentivos à inovação e a pesquisa com a migração do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA), para o Centro de Bionegócios da Amazônia com foco no desenvolvimento de produtos à base da diversidade local (Almeida *et al.*, 2024).

Ao todo, foram observados 303 autores, com 7,5 autores por documento. Entre os 10 principais autores estão Ferreira, I.M. (Universidade Federal do Amapá) e Marinho com quatro artigos e Chaverri, P. (University System of Maryland), DE; Ferreira, I.M. e Sena, com três artigos (Figura 28A). Os autores Chaverri, P.; DE; Ferreira, A.M. e Marinho tem o maior Index H no valor de 3

(Figura 28B). Não foi possível identificar os autores DE e Marinho a partir dos dados da plataforma devido à ausência das iniciais.

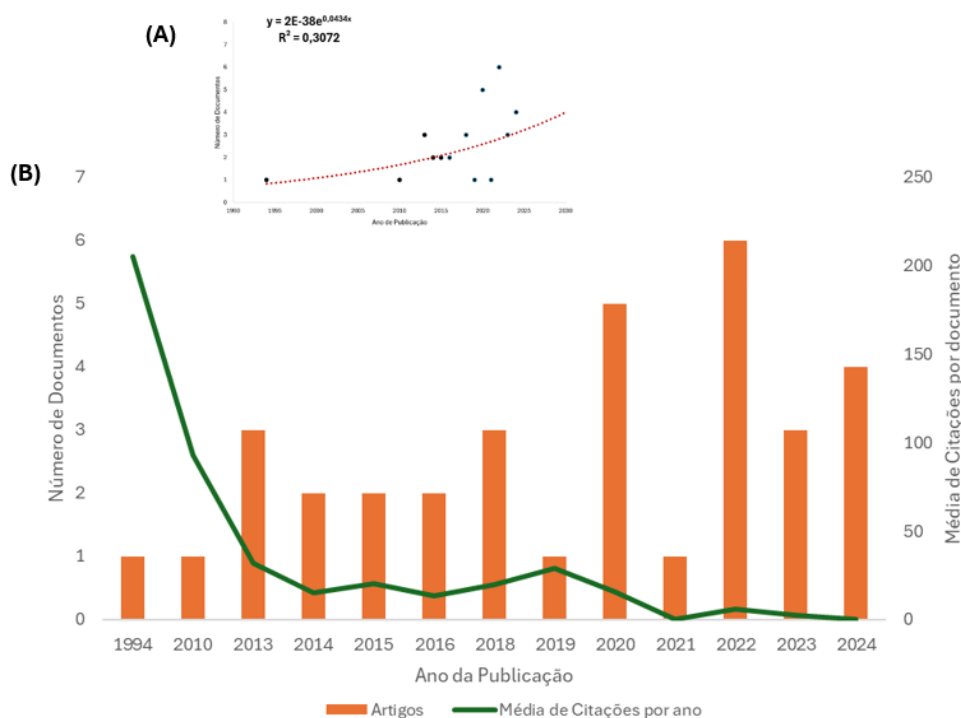


Figura 27. Tendência temporal da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Amazônia de acordo com a base de dados da Web of Science. (A) Regressão exponencial entre o número de documentos publicados e a escala temporal. (B) Número de documentos e Número de citações associados ao ano de publicação. Fonte: Autora.

As afiliações mais relevantes (Figura 28 C) referem-se a instituições de ensino localizadas em diversos estados não necessariamente localizados no Bioma Amazônia. É importante ressaltar que os autores filiados à Universidade Federal do Amazonas não deveriam aparecer separadamente de “Amazonas States Univ” por se tratar da mesma instituição de ensino. A taxa de colaboração internacional foi de 23,53%. Os estudos realizados na Amazônia têm maior amplitude de países envolvidos, sendo eles Brasil, Estados Unidos, França, Alemanha, Suécia, Portugal, Coreia do Sul e Egito (Figura 28D). Nesse bioma salienta-se o artigo sobre a endossimbiose natural de fungos endofíticos e seringueiras (*Hevea*). Esse artigo traz como conclusão que a presença em abundância de microrganismos e espécies fúngicas endofíticas competitivas (pertencentes aos gêneros *Trichoderma* e *Tolypocladium*), em árvores selvagens na bacia amazônica economicamente importantes, cria um efeito protetor contra patógenos e reitera a discussão sobre atividades humanas e a potencial perda de fungos responsáveis pela saúde das plantas e resistência dos ecossistemas (Gazis; Chaverri, 2015).



Figura 28. Perfil da produção científica sobre fungos endofíticos no Bioma Amazônia de acordo com a base de dados Web of Science. (A) Autores de destaque; (B) Fator de impacto dos autores de acordo como índice H; (C) Afiliação de autor correspondente; (D) Mapa da produção científica dos países no qual, tons de azul mais escuros refletem países com maior número de publicações. Fonte: Autora.

Quanto aos periódicos de maior relevância (Figura 29), três artigos foram publicados em cada um dos periódicos Brazilian Journal of Microbiology (Index H 3), Journal of Fungi (Index H 3) e dois no Biotechnology Letters (Index H 2). Os demais periódicos apresentaram um artigo. O periódico de maior fator de impacto foi Microorganisms com 4.2, assim como o bioma Pantanal tem-se publicações em revistas de grande relevância para o tema (Beuren; Souza, 2008).

Foram observadas 144 palavras-chave. Entre as palavras-chave mais comumente usadas nos artigos científicos está “fungos endofíticos” como a de maior destaque, seguida de “metabólitos”, “diversidade”, “biodiversidade”, “metabólitos secundários”, “controle biológico” e “folhas” (Figura 30), com exceção das duas últimas, as demais são também tendências de tópicos (Figura 30). Vários dos estudos sobre fungos endofíticos no Bioma Amazônia traz informações sobre metabólitos com ênfase nos secundários. Isolados de diferentes fontes, a maioria com grande importância econômica e, portanto, presença abundante nas plantas da região, como guaraná (*Paullinia cupana*), oliveiras (*Olea europaea*), castanheira-do-pará (*Bertholletia excelsa*) e seringueira (*Hevea*), fungos endofíticos do gênero *Aspergillus*, *Diaporthe/Phomopsis*, *Botryospheria* apresentam metabólitos secundários de interesse biotecnológico e agroquímico. A espécie *Aspergillus* sp., isolada da castanheira-do-pará, apresentou atividade dissuasora de oviposição e larvicida contra *Aedes aegypti*, vetor de doenças de

difícil controle no Brasil, através do metabólito secundário Aspergilol B (SIA, *et al.*, 2013; Araújo, *et al.*, 2020; Araújo, *et al.*, 2022).

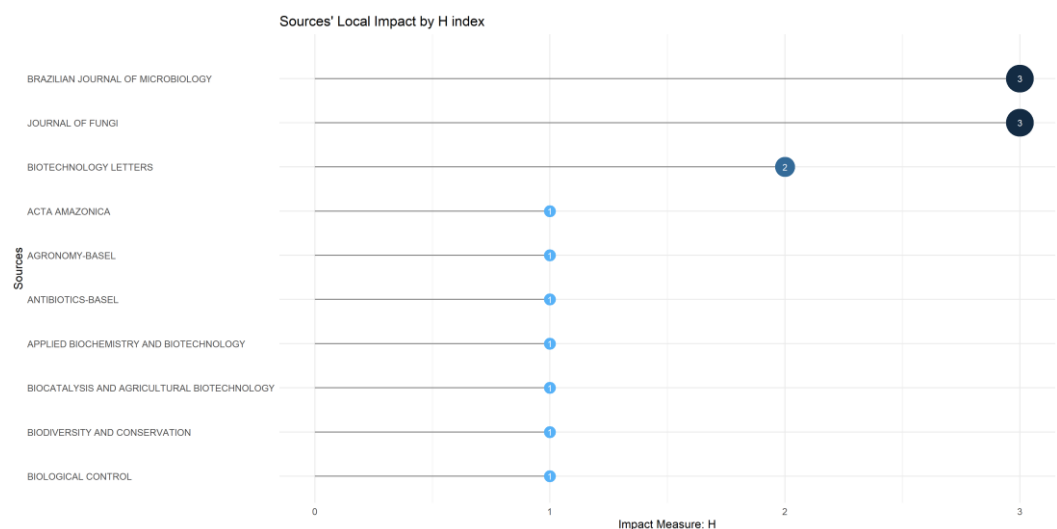


Figura 29. Fator de impacto das dez revistas que publicaram sobre o tema fungos endofíticos no Bioma Amazônia entre o período 1994 e 2024. Fonte: Autora.



Figura 30. Nuvem com as 25 palavras-chave mais relevantes nas publicações sobre os fungos endofíticos no Bioma Amazônia de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

Para facilitar a compreensão e visualização dos dados aqui apresentados, no Quadro 1 encontra-se uma síntese acerca dos destaques quanto às pesquisas sobre fungos endofíticos nos biomas brasileiros.

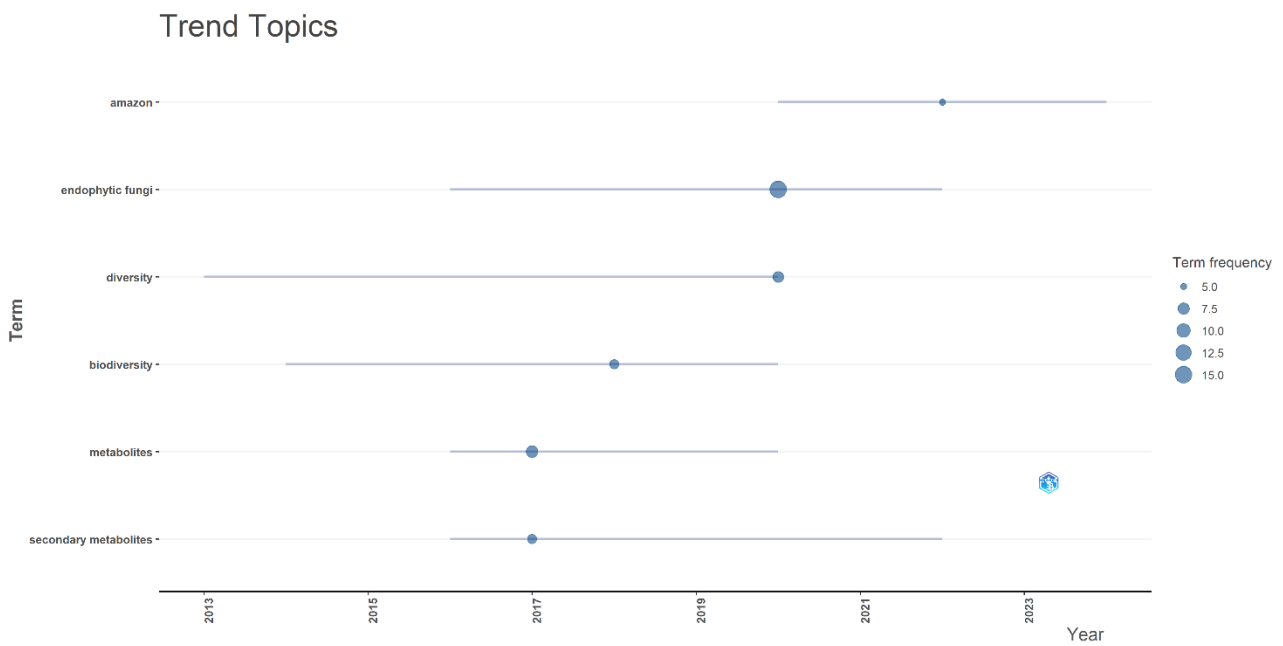


Figura 31. Gráfico com os tópicos de tendência em função da escala temporal dos últimos 10 anos sobre os fungos no Bioma Amazônia de acordo com a base de dados Web of Science. Fonte: Autora.

Quadro 1. Panorama das publicações sobre fungos endofíticos nos biomas brasileiros (em ordem alfabética).

biomas	Nº de artigos	período	Nº de autores	Autor(es) de destaque	Instituição(ões) de destaque	% de colaboração internacional	Palavras-chave de destaque	Periódicos de destaque
Amazônia	34	1994 a 2024	303	Ferreira I. M.; Marinho e Chaverri P.	Universidade Federa do Amapá	23,53	Fungos endofíticos, metabólitos, diversidade, biodiversidade, metabólitos secundários, controle biológico e folhas.	Brazilian Journal of Microbiology, Journal of Fungi e Biotechnology Letters.
Caatinga	12	2013 a 2024	67	Souza-Motta, C. M.; Bezerra, J. D. B. e Paiva, L. M.	Universidade De Pernambuco	33,33	Taxonomia, diversidade, biodiversidade, fungos endofíticos, <i>Cactaceae</i> e Cactus.	Mycological Progress; Symbiosis e Acta Botanica Brasilica.
Cerrado	16	2005 a 2024	131	Teles, M.L., Araújo M.L. e Castro- Gamboa	Universidade de Brasília	12,5	fungos endofíticos, diversidade Ascomycota, Cerrado, identificação, comunidades, plantas, crescimento, ancestral, host, ensaio e filogenia.	Biota Neotropica, Fitoquímica e Journal of Fungi.
Mata Atlântica	8	2013 a 2024	56	Oliveira, T. G. L.; Silva, G. A. e Silva, R. M. F.	Universidade Federal de Pernambuco	25	Diversidade E Análise Filogenética	Fungal Ecology, Check List e Acta Botanica Brasilica
Pampa	2	2020 a 2022	19	Alves, R. P.; Bastos Susin e Bernardes, B. M.	Universidade Federal Santa Maria	50	Não houve, mas vale ressaltar antibacteriana, antifúngica e <i>Aspergillus fumigatus</i> .	Acta Botanica Brasilica e Bioprocess and Biosystems Engineering
Pantanal	5	2017 a 2024	67	Andrade E Silva, M. L.; Glienke, C. e Januario, A. H.	Universidade Federal do Paraná	16,67	Fungos endofíticos, <i>Vochysia</i> divergens, metabólitos secundários e flavones.	Frontiers In Microbiology. Journal Of The Brazilian. Chemical Society.

4 CONCLUSÃO

Nas últimas três décadas, ou seja, de 1994 a 2024, foram produzidos no Brasil 79 artigos científicos sobre fungos endofíticos, sendo a maioria realizada na Amazônia e apenas dois no Pampa. O fato de o maior número de publicações ter acontecido no ano de 2024, indica tendência e relevância dos estudos relacionados a fungos endofíticos no Brasil com foco predominante em metabólicos secundários e aspectos taxonômicos, frente a uma lacuna causada pela natureza regional do tema. Tal resultado corrobora a incipiência de pesquisas sobre o tema e evidencia a lacuna de pesquisas nas demais regiões do país. Salienta-se ainda uma carência de estudos sobre variedade e recorrência desses fungos, suas aplicações industriais e em práticas de restauração ecológica como potencial de biorremediação além, da carência de estudos nos Biomas Pampa, Pantanal e Mata Atlântica indicando uma área promissora para futuras pesquisas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

- Almeida, B. D. C. *et al.* O Potencial Do Fundo De Desenvolvimento Da Amazônia No Fomento À Pesquisa, Desenvolvimento E Tecnologia Do Centro De Bionegócios Da Amazônia. **ARACÊ**, v. 6, n. 2, p. 2912-2935, 2024.
- Andrade, G. A. K. *et al.* Endophytic fungi from an overlooked plant species: A case study in *Kelissa brasiliensis* (Baker) Ravenna. **Acta Botanica Brasilica**, v. 36, p. e2020abb0426, 2022.
- Araujo, K. S. *et al.* Diversidade e distribuição de fungos endofíticos em diferentes tecidos de *Hevea brasiliensis* nativa da floresta amazônica brasileira. **Mycological Progress**, v. 19, n. 10, p. 1057-1068, 2020.
- Araújo, I. F. *et al.* Larvicidal activity against *Aedes aegypti* and molecular docking studies of compounds extracted from the endophytic fungus *Aspergillus* sp. isolated from *Bertholletia excelsa* Humn. & Bonpl. **Biotechnology Letters**, v. 44, n. 3, p. 439-459, 2022.
- Araújo, L. M.; Rocha, D. S.B.; Affe, H. M. J.; Jesus, P.B. A scientometric study of the molecular data on Brazilian red algae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 37, e20220174, p. 1-9, 2023.
- Aria, M.; Cuccurullo, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

Barbedo, L. S. A MICOLOGIA GERAL COMO BASE PARA SUAS DIFERENTES ÁERAS. In: **Estudos Multidisciplinares em Microbiologia: Teoria e Prática-Volume 2**. Editora Científica Digital, 2025. p. 8-30.

Beuren, I. M.; Souza, J. C. Em busca de um delineamento de proposta para classificação dos periódicos internacionais de contabilidade para o Qualis CAPES. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 19, p. 44-58, 2008.

Bezerra, J. D. P. *et al.* Endófitos fúngicos do cacto *Cereus jamacaru* em floresta tropical seca brasileira: um primeiro estudo. **Symbiosis** 60 , 53–63 (2013). Disponível em: <https://doi-org.ez163.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13199-013-0243-1>. Acesso em: 7 de setembro de 2025.

Bezerra, J. D. P. *et al.* Novas espécies endofíticas de *Toxicocladosporium* de cactos no Brasil e descrição de *Neocladosporium* gen. **IMA FUNGUS**, v. 8, n. 1, p. 77-97, 2017.

Chapla, V. M.; Biasetto, C. R.; Araújo, A. R. Fungos endofíticos: uma fonte inexplorada e sustentável de novos e bioativos produtos naturais. **Rev. Virtual Quim.**, v. 5, n. 3, p. 421-437, 2013.

Coelho, M. S.; Barbosa, F. G.; Souza, M. R. A. Z. The scientometric research on macroalgal biomass as a source of biofuel feedstock. **Algal Research**, v. 6, p. 132-138, 2014.

Coertjens, N. C.; Do Socorro Mascarenhas, M.; Batistote, M. Diversidade e Potencial Biotecnológico de Fungos Endofíticos Isolados no Pantanal. **Revista Cereus**, v. 17, n. 1, p. 168-182, 2025.

Cristiani, C.; Silva, A. A. R.; Miyasaka, N. R. S. PRODUÇÃO DE FLAVONÓIDES POR FUNGOS ENDOFITICOS. **Ensaio USF**, v. 1, n. 1, p. 69-79, 2017.

Da Silva, L. V. *et al.* TECENDO SUSTENTABILIDADE: A PRODUÇÃO ORGÂNICA NA AGRICULTURA FAMILIAR. **Editora Impacto Científico**, p. 1769-1783, 2025.

De Moura Garcia, A. C. S. *et al.* Convivência com o semiárido e práticas agroecológicas em áreas susceptíveis à desertificação: desafio e perspectivas no sítio Gameleira. **Cadernos de Agroecologia**, v. 20, n. 1, 2025.

De Sousa, S S. P. *et al.* Diversidade amazônica de *Penicillium* Link (Eurotiomycetes, Ascomycota) na coleção de culturas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, com descrição de uma nova espécie. **Acta Amazonica** , v. 55, p. e55bc24037, 2025.

Dos Santos, J. *et al.* Fungos endofíticos na ilha de Upaon-açú, Maranhão, Brasil, e sua importância na conservação da flora. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 17, n. 1, 2023.

Dos Santos, D. V. *et al.* *Neoarthrinium brasiliense*, sp. nov. (Apiosporaceae, Sordariomycetes), uma nova espécie de fungo endofítico da árvore *Lafoensia pacari*. **Sidóvia** , v. 76, 2024.

Druzian, S. P. *et al.* Produção de metabólitos com atividade antioxidante por *Botryosphaeria dothidea* em fermentação submersa. **Engenharia de bioprocessos e biosistemas**, v. 43, n. 1, p. 13-20, 2020.

- Ferreira, M. E.; Grattapaglia, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 2. ed. Brasília: **EMBRAPA – CENARGEN**, p. 220, 1998.
- Ferreira, I. A.; Da Silva Gomes, N. N.; Meyer, . Parcerias Público-Privadas Como Estratégia Na Gestão Universitária: Um Estudo De Caso Na Universidade Federal De Mato Grosso Do Sul. **Revista Gestão e Organizações**, v. 8, n. 2, p. 89-113, 2023.
- Ferreira-Silva, A. *et al.* Higher turnover of endophytic fungal assemblages in the tissues of globose cactus *Melocactus ernestii* from Brazilian semi-arid biome. **Symbiosis**, v. 85, n. 1, p. 79-91, 2021.
- Ferro, L. O. *et al.* Preenchendo uma lacuna: diversidade de fungos endofíticos nas folhas de *Miconia mirabilis* na Mata Atlântica (Brasil) e a descrição de uma nova espécie de *Muyocopron*. **Acta Botanica Brasilica** , v. 37, p. e20230101, 2023.
- Ferro, L. O. *et al.* *Cytospora anacardii* (Cytosporaceae, Diaporthales): A new endophytic species from *Anacardium occidentale* of the Brazilian savanna. **Phytotaxa**, v. 669, n. 1, p. 25-35, 2024.
- Fungos** consulta pública: Sinopse para todo o Brasil. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB128473>>. Acesso em: 16 out. 2025.
- Franco, M. F. *et al.* Avaliação da infecção por endófitos em sementes de espécies forrageiras com diferentes níveis de ploidia. **New Zealand Journal of Agricultural Research** , v. 58, n. 2, p. 181-189, 2015.
- French, K. E. Engineering Mycorrhizal Symbioses to Alter Plant Metabolism and Improve Crop Health. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, 1403, 2017.
- Gazis, R.; Chaverri, P. Árvores silvestres na bacia amazônica abrigam uma grande diversidade de fungos endossimbióticos benéficos: isso seria evidência de mutualismo protetor?. **Fungal Ecology** , v. 17, p. 18-29, 2015.
- Hood, W. W.; Wilson, C. S. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. **Scientometrics**, v. 52, n. 2, p. 291-314, 2001.
- Hungria, M.; Nogueira, M. A.; Araujo, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, 33., 2013, Londrina. Resumos expandidos... Brasília, 2013.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 20 de dezembro 2024.
- Júnior, J. A. S. *et al.* Seleção in vitro de fungos endofíticos para o controle biológico de *Botrytis cinerea* em *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 145-152, 2013.

Leite, V. Q. *et al.* SUPERFUNGOS E IMUNIDADE EM CONTEXTO DE PANDEMIA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 7, p. 684-695, 2025.

Léna, P. *et al.* (Ed.). **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

Liiv, J. *et al.* Estratégias inovadoras de reflorestamento para combater a desertificação na Argélia: perspectivas da região de Djelfa. **Sustentabilidade**, v. 17, n. 2, p. 715, 2025.

Loosli, A. W. M. *et al.* In silico analysis of the biodiversity of endophytic fungi isolated from the Brazilian Cerrado. **Biota Neotropica**, v. 24, p. e20231603, 2024.

Lopes, G. R.; Lima, M. G. B.; Dos Reis, T. N. P. Revisitando o conceito de mau desenvolvimento: Inclusão e impactos sociais da expansão da soja no Cerrado do Matopiba. **World Development**, v. 139, p. 105316, 2021.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias** – Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. 2024. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 26 de agosto 2025.

MAPBIOMAS. **Proyecto Mapbiomas** Pampa Trinacional – Colección 4 de la serie anual de mapas de cobertura y uso del suelo de Pampa trinacional. 2024. Disponível em: https://pampa.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/9/2024/12/MBP_Col4_mapa_mural.pdf. Acesso em: 26 de agosto 2025.

MAPBIOMAS. Toolkit para a emergência climática no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **MapBio-mas**, 2024. Disponível em: <https://mapbiomas-workspace.earthengine.app/view/rio-grande-do-sul-climate-emergency-toolkit>. Acesso em: 26 de agosto 2025.

Marcomini, E. K. SÍNTESE BIOLÓGICA DE NANOPARTÍCULAS POR FUNGOS ENDOFÍTICOS. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 34-34, 2021.

Martinez-Klimova, E.; Rodríguez-Peña, K.; Sánchez, S. Endophytes as sources of antibiotics. **Biochemical Pharmacology**, v. 134, p. 1–17, 2017.

Mayrhofer, B. F. *et al.* Highly diverse endophytic fungi from Serra do Amolar-Pantanal (Brazil) producing bioactive secondary metabolites against phytopathogens. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1501182, 2024.

Muñoz, C. M. G. *et al.* Normativa de Produção Orgânica no Brasil: a percepção dos agricultores familiares do assentamento da Chapadinha, Sobradinho (DF). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 02, p. 361-376, 2016.

Oliveira, J. *et al.* Fungos, diversidade e prospecção no Brasil: Um recurso pouco explorado? **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 149-163, 2021.

Oliveira-Paiva, C. A. *et al.* **Microrganismos promotores de crescimento vegetal em cana-de-açúcar e outras gramíneas.** 2024.

Oliveira, R. J. V. *et al.* Unique tree: Foliar endophytic fungi of the critically endangered *Andreodoxa flava* (Rutaceae) in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, p. 1-10, 2025.

Parpinelli, B. A. S. *et al.* "Efeito das associações de fungos endofíticos no perfil químico de mudas de *Vochysia divergens* in vitro." **Revista da Sociedade Brasileira de Química** 28, no. 12 (2017).

Peay, K. G.; Kennedy, P. G.; Bruns, T. D. Fungal community ecology: A hybrid beast with molecular máster. **Bioscience**. v. 58, n. 9, 2008.

Peixoto Neto, P.A.S.; Azevedo, J.L.; Caetano, L.C. Microrganismos endofíticos em plantas: status atual e perspectivas. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v.3, p. 67-9, 2004.

Pinto, A. C.; Andrade, J. B. de. Fator de impacto de revistas científicas: qual o significado deste parâmetro?. **Química nova**, v. 22, p. 448-453, 1999.

Portugal, M. J.; Branca, S.; Rodrigues, M. Dados de medida de fator de impacto das revistas científicas. **Revista de Enfermagem Referência**, v. 3, n. 5, p. 212-215, 2011.

R CORE TEAM. *R: The R Project for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>. 2023.

Ribeiro, L. D. S. M. *et al.* Inoculação e coinoculação da soja com *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* e microrganismos eficazes. **Revista Mirante (ISSN 1981-4089)**, v. 13, n. 1, p. 66-80, 2020.

Rodrigues, K. F. The foliar fungal endophytes of the Amazonian palm *Euterpe oleracea*. **Mycologia**, v. 86, n. 3, p. 376-385, 1994.

Salomón-Torres, R. *et al.* Date Palm Pollen: Features, Production, Extraction and Pollination Methods. **Agronomy**, v. 11, n. 504, p. 1-24, 2021.

Sia, E F. *et al.* Fungos endofíticos da planta amazônica *Paullinia cupana* e de *Olea europaea* isolados utilizando mandioca como fonte alternativa de amido. **SpringerPlus** , v. 1, pág. 579, 2013.

Silva, V. C.; Barim, E. M.; Murta-Nascimento, C. Contribuições do Programa de Aquisição de Alimentos para o fortalecimento da agricultura familiar e segurança alimentar e nutricional: revisão integrativa. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 35, p. e350106, 2025.

Uchitel, A.; Omacini, M.; Chaneton, E. J. Inherited fungal symbionts enhance establishment of an invasive annual grass across successional habitats. **Oecologia**, v. 165, n. 2, p. 465-475, 2011.

Verón, S. R.; Paruelo, J. M.; Oesterheld, M. Avaliando a desertificação. **Journal of arid environments**, v. 66, n. 4, p. 751-763, 2006.

Vignale, M. Victoria *et al.* O ecótipo e o status do endófito fúngico afetam diferencialmente a comunidade micorrízica arbuscular do solo da gramínea nativa *Bromus auleticus*. **Rhizosphere**, v. 27, p. 100757, 2023.

CAPÍTULO 2:

FUNGOS DO SOLO DE UMA MATA DE GALERIA, QUIRINÓPOLIS, GOIÁS, BRASIL

RESUMO

O Cerrado, é um hotspot mundial de biodiversidade. Dentre os componentes biológicos do Cerrado, destacam-se os fungos filamentosos, essenciais para a manutenção do ecossistema devido à sua decomposição de matéria orgânica e simbiose com plantas. Nesse sentido, este estudo investigou a disposição e diversidade de fungos endofíticos no solo de uma área no cerrado goiano, como forma de contribuir com o conhecimento da comunidade de fungos da região da Serra da Confusão do Rio Preto, Quirinópolis, Goiás, Brasil. Os resultados mostraram que o manejo e ocupação do solo, assim como a profundidade influenciaram significativamente a disposição e diversidade de fungos endofíticos. O fragmento maior (NP) apresentou maior densidade de esporos, sem variação entre seca e chuva. Na área 1 -Nascente Perturbada, presença de mata de galeria em área menor à prevista na Lei nº 12.651 (Brasil, 2012) foram identificados fungos endofíticos do gênero *Aspergillus*, *Penicillium* (0-10 cm) e *Ceratobasidium* (também micorrízico); área 2- Nascente com pastagem foram identificados fungos do gênero endofíticos *Aspergillus*, *Penicillium* (0-10 cm), *Acremonium* (20-30 cm) e *Arthrographis*, sendo esse um fungo biorremediador; área 3- Nascente com cultivo de cana-de-açúcar foram identificados fungos patogênicos do gênero *Nannizzia* (10-20 cm) e *Histoplasma* (0-10cm) e área 4 - Construções nas proximidades das nascentes foi identificado um fungo endofítico do gênero *Scedosporium* (10-20 cm). Esses resultados destacam a importância dos fungos filamentosos para a saúde dos ecossistemas.

Palavras-chave: *Aspergillus*; Cerrado; fungo endofítico; hotspot; *Scedosporium*.

ABSTRACT

The Cerrado is a global biodiversity hotspot. Among the biological components of the Cerrado, filamentous fungi stand out, essential for maintaining the ecosystem due to their decomposition of organic matter and symbiosis with plants. Therefore, this study investigated the arrangement and diversity of endophytic fungi in the soil of an area in the Goiás Cerrado, as a way to contribute to the knowledge of the fungal community of the Serra da Confusão do Rio Preto region, Quirinópolis, Goiás, Brazil. The results showed that soil management and occupation, as well as depth, significantly influenced the arrangement and diversity of endophytic fungi. The largest fragment (NP) presented the highest spore density, with no variation between dry and rainy seasons. In area 1 - Disturbed Spring, presence of gallery forest in an area smaller than that provided for in Law No. 12,651 (Brazil, 2012), endophytic fungi of the genera *Aspergillus*, *Penicillium* (0-10 cm) and *Ceratobasidium* (also mycorrhizal) were identified; area 2 - Spring with pasture, endophytic fungi of the genera *Aspergillus*, *Penicillium* (0-10 cm), *Acremonium* (20-30 cm) and *Arthrographis*, the latter being a bioremediating fungus, were identified; area 3 - Spring with sugarcane cultivation, pathogenic fungi of the genera *Nannizzia* (10-20 cm) and *Histoplasma* (0-10 cm) were identified, and area 4 - Constructions near the springs, an endophytic fungus of the genus *Scedosporium* (10-20 cm) was identified. These results highlight the importance of filamentous fungi for ecosystem health.

Keywords: *Aspergillus*; Cerrado; endophytic fungus; hotspot; *Scedosporium*.

1 INTRODUÇÃO

Em um ecossistema as propriedades físico-químicas, a colonização por microrganismos, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, afetam diretamente o funcionamento do solo. De modo similar, o manejo sustentável, o uso, a disponibilidade hídrica, a disposição de nutrientes e o movimento de poluentes sobre e através deste, são também relacionadas às propriedades do solo e influenciam a diversidade do local (Santos; Herndon, 2023).

Os solos tropicais contribuem em aspecto mundial na diminuição dos efeitos estoque de um terço de todo carbono armazenado no solo mundialmente, resultado da respiração do solo, elemento essencial da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera em ecossistemas naturais (Trumbore; Camargo, 2009). Fatores bióticos e abióticos podem influenciar a variabilidade temporal da respiração do solo, todavia, variações climáticas como temperatura e umidade, e mudanças no uso e manejo do solo contribuem para o aumento da emissão de carbono para a atmosfera (Dos Santos *et al.*, 2025).

Durante muitos anos o Cerrado foi visto com desinteresse pelos pesquisadores, complexificando a compreensão das suas características e necessidades. Tal fato, associado ao desmatamento de 80% da sua cobertura original torna incipiente as informações acerca da microbiota disponível no solo. Diante da atual conjuntura, observa-se a necessidade da criação de protocolos e intervenções mais objetivos e menos agressivos, aplicados nas mais diversas áreas da microbiologia agrícola (Dutra *et al.*, 2024).

O estado de Goiás, com área predominante inserida no Cerrado, possui cerca de 340.243 km² de extensão e população de 7.206.589. Mesmo após a implementação de Programas de Regularização Ambiental, com vistas ao desenvolvimento sustentável, esse estado, em 2023, foi responsável pelo 9º (nono) lugar no ranking nacional das emissões líquidas de gases de efeito estufa, conforme dados do Quadro 1, obtidos do Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

Neste contexto, a razão para conservar a biodiversidade depende de muitos valores relacionados aos meios de produção dos alimentos de forma mais sustentável, tal como é defendido, pela agricultura orgânica de base familiar. Tal prática é detentora dos conhecimentos que unem a reciprocidade e plurivalência dos elementos da natureza. A agricultura orgânica aplica conceitos regionais de forma a produzir com qualidade e respeito. Tal prática tem se mostrado possível, por exemplo, através de aplicações de probióticos compostos por microrganismos eficazes (Silva, Santana; 2016), os quais são encontrados nos solos, principalmente de ambientes naturais.

Tabela 1: Evolução Geral das Emissões de GEE do Estado de Goiás

Ano	Emissões Brutas de GO	Participação Nacional	Emissões Líquidas de GO	Participação Nacional	Posição
2010	80,5 MtCO ₂ e	4,6%	73,0 MtCO ₂ e	6,1%	6 ^a
2020	88,3 MtCO ₂ e	4,0%	79,9 MtCO ₂ e	5,1%	4 ^a
2023	92,8 MtCO ₂ e	4,0%	82,8 MtCO ₂ e	5,0%	9 ^a

Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

Visto que a versatilidade de aplicações dos fungos, na produção de bioinsumos, está relacionada à amplitude dos microrganismos do solo, que traz enraizada as características dos ecossistemas dos quais foram obtidos, reforça-se a necessidade de se estudar áreas alteradas pela ação humana, nas quais a natureza ainda resiste, evitando que as espécies entrem em extinção mesmo antes de serem conhecidas pela ciência (Dahlberg et al., 2010). Diante do que foi exposto, esta pesquisa objetiva amostrar e identificar fungos presentes no solo de uma mata de galeria localizada em Quirinópolis, Goiás, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do solo

A coleta do solo foi realizada em área de mata de galeria, localizada na Serra da Confusão do Rio Preto, zona rural do município de Quirinópolis, Goiás. No local tem-se a nascente da Cachoeira Serra das Antenas (18°20'27" S e 50°29'34" W) (Figura 1). Quirinópolis faz parte da Microrregião e Mesorregião Sul Goiano. Apresenta estação seca no período de abril a setembro, e chuvosa no período de outubro a março. A pluviosidade média é de 1.600 mm por ano, distribuída de forma irregular, com maior incidência nos meses de novembro a abril (Galinkin, 2003). A temperatura média anual do município é de 23° C, com uma altitude média 460 m acima do nível do mar. O clima é tropical úmido com estação seca, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger: Aw. O solo é classificado como latossolo vermelho (Lv) (Alvares *et al.*, 2013; Bonfim, 2014).

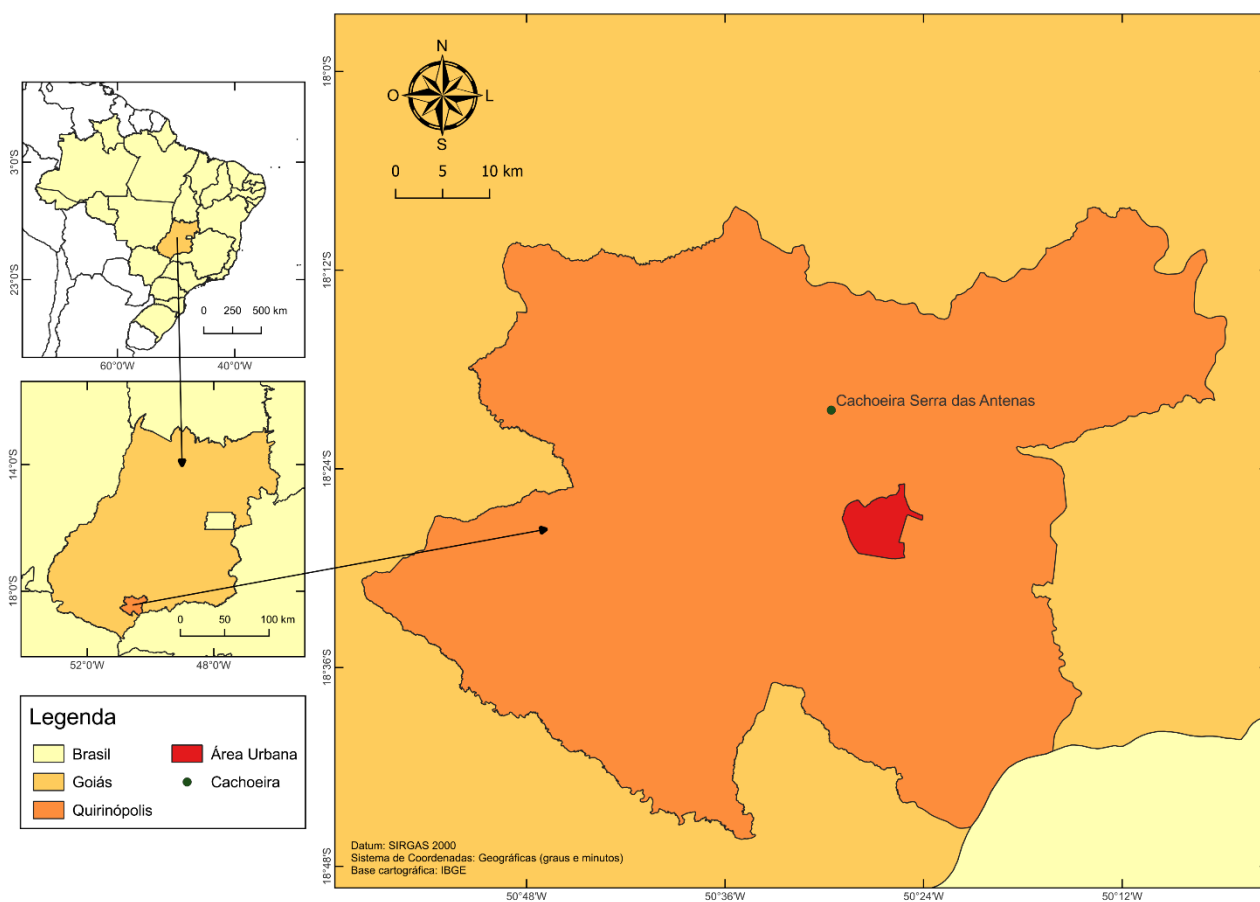


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: os autores.

Foram selecionadas quatro áreas e classificadas conforme o uso e a ocupação do solo no seu entorno: área 1 - Nascente Perturbada, presença de mata de galeria em área menor à prevista na Lei nº 12.651 (Brasil, 2012); área 2- Nascente com pastagem; área 3- Nascente com cultivo de cana-de-açúcar e área 4 - Construções nas proximidades das nascentes.

As coletas foram realizadas entre os meses de maio a junho de 2024, dividida em dez quadrantes. Cada quadrante equivale a uma amostra de solo composta, coletadas com 16 metros de distância, resultando em dez amostras compostas, nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, totalizando 30 amostras compostas. O solo foi coletado com auxílio de uma pá de jardinagem e armazenado em sacos plásticos, devidamente identificados, armazenados em recipiente com gelo e transportados para o Laboratório de Microbiologia Ambiental e Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, Campus Sudoeste - Sede em Quirinópolis, Goiás (UEG), onde permaneceram em freezer com temperatura mínima de -18°C .

2.2 Diluição do Solo

No Laboratório de Microbiologia Ambiental e Agrícola, para o isolamento dos fungos, o solo, tanto de superfície quanto de profundidade, foi submetido à técnica de diluição sucessiva (Clark, 1965 modificado). A primeira diluição consistiu em suspender 25g de solo 225 mL de água destilada esterilizada (ADE) correspondendo a 10^{-1} . Em seguida, foi feita a segunda diluição (10^{-2}), realizada transferindo-se 1 mL da diluição 10^{-1} para tubo de ensaio contendo 9 mL de solução fisiológica e assim, sucessivamente até a diluição 10^{-3} .

2.3 Cultivo, Isolamento e Preservação dos Fungos do Solo

As amostras de solo foram semeadas em placas de Petri contendo meio PDA (potato-dextrose-água) e ágar Nutriente (AN) autoclavados por 15 minutos a 121°C conforme recomendação do fabricante, em três réplicas, totalizando 180 placas (SISTI, 2018). As placas foram colocadas invertidas em estufa bacteriológica a temperatura de 26°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) e o crescimento acompanhado por 72 h. Depois, os fungos foram isolados separadamente em placas de Petri contendo meio PDA (potato-dextrose-água), colocados para estufa e observados diariamente. Fragmentos de colônias de fungos isolados foram armazenados em água destilada. Quando necessário, procedeu-se ao microcultivo em lâmina (Ridell, 1950).

2.4 Identificação Visual

Foram realizadas lâminas com amostras selecionadas de isolados da segunda etapa das placas ou lamínulas do microcultivo, adicionou-se uma gota de corante azul de metileno ou lugol (Da Silva *et al.*, 2025) e foram observadas em microscópio Leica DM500, Microscópio Educacional. Para posterior identificação utilizou-se bibliografias como: Ellis (1971), Carmichael *et al.* (1980), Pitt (1988) e Domsch *et al.* (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram isolados do solo amostrado, 43 fungos filamentosos e 17 leveduras e foram visualizadas estruturas como hifas, pseudo-hifas e basidiósporos que indicam a presença de fungos. Após 24 horas de inoculação notou-se o crescimento de colônias de bactérias em ágar nutriente. No total 32 placas foram contaminadas, representando 18% das amostras, e estas foram descartadas. O filo mais comum foi o ascomiceto, principalmente com representantes dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*

(filo Ascomycota). Espécies destes gêneros foram encontradas nas amostras superficiais do solo (0-10 cm) nas áreas 1 e 2.

A diversidade e importância dos fungos dos filios Ascomycota e Glomeromycota são temas cruciais no estudo da micologia. Compreender as características distintas e o papel ecológico desses organismos é essencial para compreender a dinâmica dos ecossistemas. No Reino Fungi, o Filo Ascomycota é o mais rico em diversidade e número de espécies conhecidas. Ascomycota destaca-se por apresentar a maior diversidade e número de espécies registradas. Estes dois importantes filios cobrem cerca de 97% ($n = 143.110$ spp.) de todas as espécies conhecidas de fungos (He et al., 2019). Além disso, a importância econômica dos fungos Ascomycota, tanto no cultivo de plantas, como na indústria, assim como a escassez de dados sobre as espécies encontradas no cerrado, justifica a necessidade de explorar a fundo suas propriedades e potenciais aplicações biotecnológicas (Barbedo, 2025).

A figura 2, apresenta um fungo do gênero *Aspergillus* muito comum no solo, com 339 espécies descritas com hifas septadas, ramo ereto de uma hifa (conidióforo), vesícula e fiálides. *Aspergillus* normalmente está associado às sementes de baixa qualidade fisiológica. Dentre as espécies 40 são patogênicas oportunistas para o homem (Samson et al., 2014), tem-se *Aspergillus fumigatus* e *A. flavus* relacionadas a liberação de aflotoxinas capazes de causar desde pequenas alergias até câncer, tais espécies foram encontradas em estudos experimentais em grãos de amendoim com diferentes tipos de armazenamento (Costa; Da Silva; Oliveira, 2013; Gonzalez et al., 2013).

Os microrganismos presentes no solo estão intimamente relacionados com a ciclagem de nutrientes e, ao longo do cultivo, estudos demonstram que a disponibilidade de P pode ser ampliada pela contribuição da microbiota do solo ou pelo uso dos inoculantes microbianos compostos por microrganismos solubilizadores de fosfato (MSP), como bactérias e fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (Figura 3). Através da produção de ácidos orgânicos e liberação de prótons, esses microrganismos tornam possível a solubilização de fósforo.

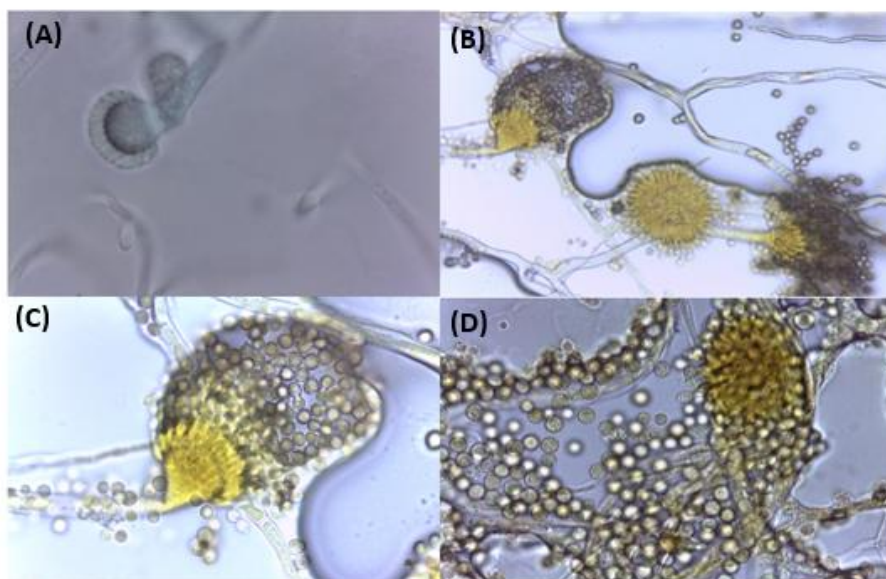


Figura 2- Imagem do microscópio da micromorfologia de um isolados do gênero, *Aspergillus*. (A) Conidióforo, vesícula e fiálides. (B) Hifas septadas, estruturas de frutificação com vesículas e esporos ampliado 40x. (C) Detalhes estruturas de frutificação com vesículas e esporos ampliado 100x. (D) Detalhes conídios ampliado 100x. Fonte: Autora.

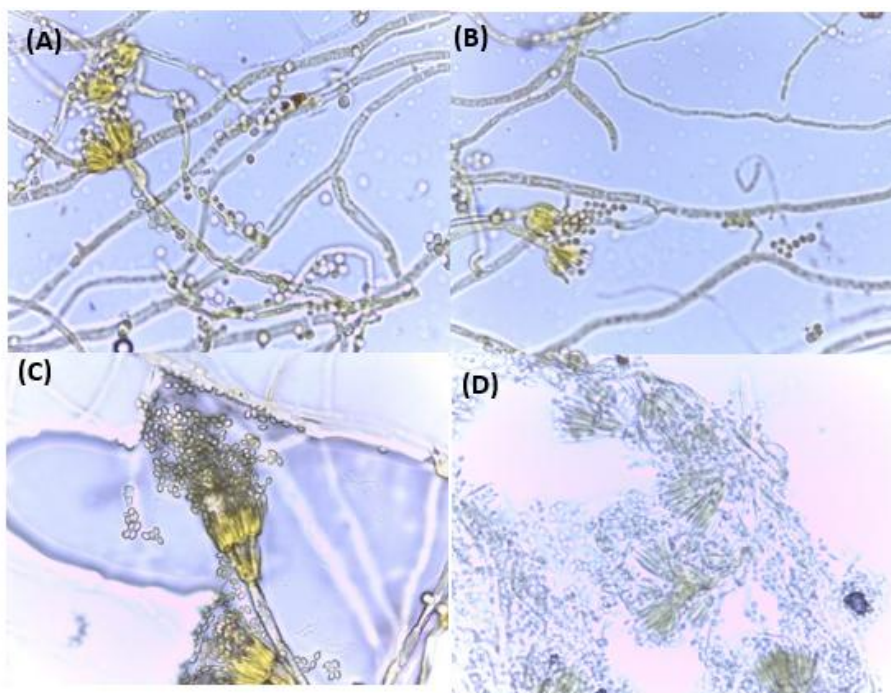


Figura 3- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Penicillium*. (A) Hifas septadas, estruturas de frutificação com vesículas e esporos. (B) Hifas septadas, estruturas de frutificação com vesículas e esporos redondos. (C) Detalhes estruturas de frutificação com vesículas e esporos elípticos. (D) Hifas septadas, estruturas de frutificação com vesículas e esporos. Fonte: Autora.

A baixa fertilidade natural dos solos brasileiros, sobretudo no semiárido nordestino, tem como um dos principais fatores a limitação de fósforo sendo um dos entraves à alta produtividade agrícola (Oliveira *et al.*, 2021). O nutriente é essencial para plantas e tem sua disponibilidade reduzida em consequência da alta capacidade de fixação dos íons fosfato por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, formando compostos estáveis e pouco acessíveis às plantas, o que gera a necessidade da aplicação de fertilizantes fosfatados para suprir as demandas nutricionais das culturas (Bilhar Araújo, 2024). É sabido que embora indispensáveis para o crescimento das culturas, os fertilizantes sintéticos têm eficiência limitada na absorção de nutrientes pelas plantas (Klimasmithi; Kent, 2022). Tal fato, traz ainda uma ampla discussão ambiental dada ao fato das fontes de P serem reservas sedimentares ou magmáticas que não são renováveis (Blackwell *et al.*, 2019).

Na área 1, foi identificada a ocorrência do gênero *Ceratobasidium* (10-20 cm) (Figura 4), um fungo com comportamento micorrízico e, ou endofítico em orquídeas, sendo um endofítico mais conhecido em orquídeas de clima temperado e recentemente encontrado em orquídeas de clima tropical (Currah; Zelmer, 1992; Currah; Zettler; Mcinnis, 1997; Otero; Ackerman; Bayman, 2002). A espécie *Ceratobasidium* sp., isolada de raízes de orquídeas colombianas, quando testada para virulência em arroz e para o biocontrole de *Rhizoctonia solani* (agente causador da mancha-da-bainha do arroz), quando inoculados três dias antes de *R. solani* (patogênico utilizado para controle), eles reduziram significativamente a expressão da doença em comparação aos controles inoculados apenas com *R. solani* (Mosquera-Espinosa *et al.*, 2013).

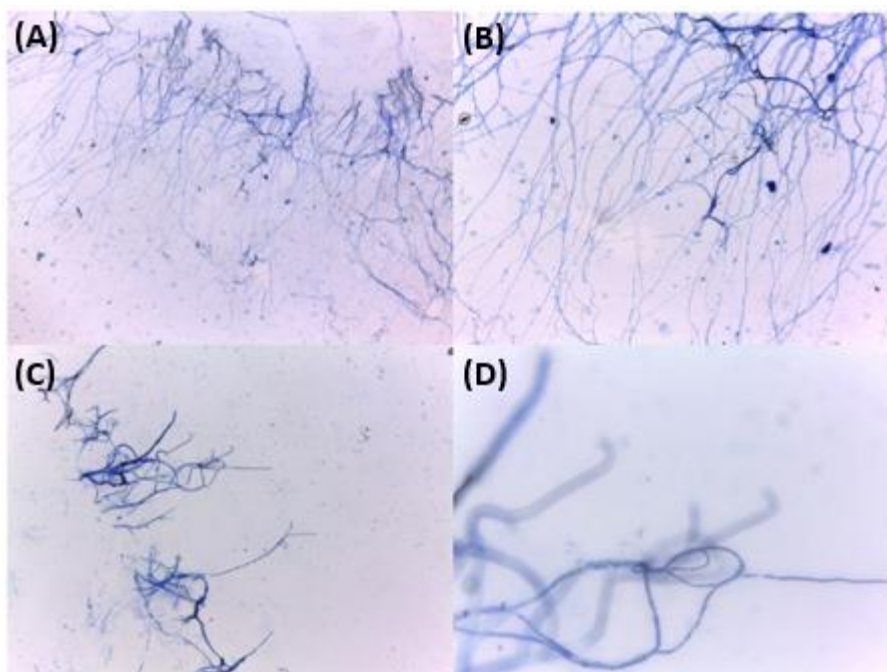


Figura 4- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Ceratobasidium*. (A) Micélio vegetativo ampliação 10x. do microscópio da micromorfologia de um isolados do gênero *Ceratobasidium*. (B) Micélio vegetativo ampliação 40x. (C) Ramificações em ângulo reto. (D) Hifas Septadas Fonte: Autora.

Enquanto na área 2, foram coletados e isolados indivíduos do gênero *Arthrographis* e *Acremonium* (profundidade 20-30 cm) (Figura 5 e 6). *Arthrographis* é um gênero bastante versátil e pode ser encontrado em diversos lugares como madeira, solo e ar. A espécie *Arthrographis kalrae* tem potencial de biorremediação ao degradar de forma satisfatória Polietileno de Baixa Densidade (PEDB), centro da discussão ambiental sobre poluição plástica. Atualmente muito se fala sobre fragmentos de microplásticos (<5mm), os quais infiltram no solo e nos sistemas aquáticos e, suas consequências visto que, possuem capacidade de absorverem metais pesados e toxinas orgânicas transportando-os e liberando-os em organismos e ecossistemas (Kheswa; Gokul; Dube, 2025).

Quanto ao gênero *Acremonium* encontrado como endofítico em diversas plantas, tem seus estudos voltados para produção de compostos bioativos com potencial atividade antimicrobiana e anti-inflamatória (Gao et al., 2020). O filtrado da cultura da espécie endofítica *Acremonium sclerotigenum*, em análises *in vitro*, quando testadas em vermes *Meloidogyne incognita* (nematoides-das-galhas), demonstrou um excelente potencial para o biocontrole com taxa de mortalidade de até 95,5% e inibiram significativamente a eclosão de ovos (em até ~ 43%). Estima-se que nematoides-das-galhas possa atingir até 2000 espécies de culturas vegetais como soja, algodão, tomate, feijão, cana-de-

açúcar, tabaco, café, além de plantas forrageiras, hortaliças e frutíferas o que os tornam um problema de alcance mundial, responsáveis entre 5 e 10% da perda global de culturas (Yao *et al.*, 2023).

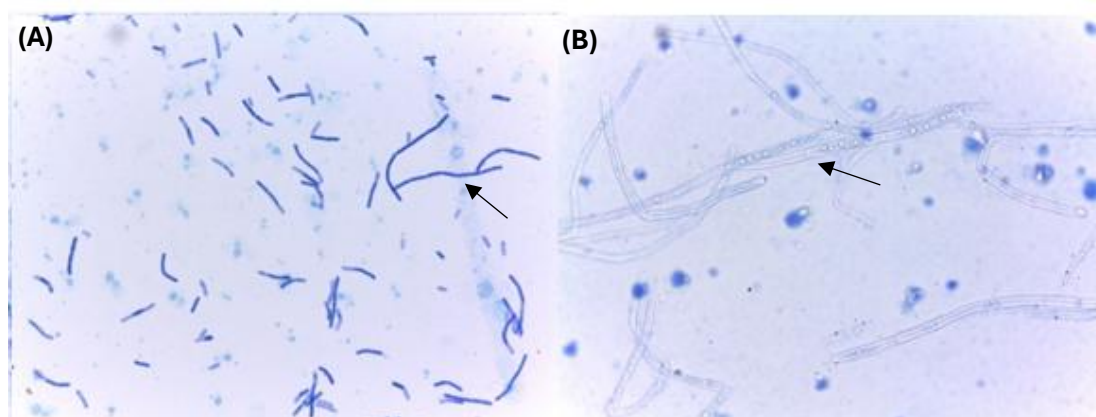


Figura 5- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Arthrographis*. (A) Arthroconídios unicelulares e de formato cilíndrico a retangular. (B) Hifas são hialinas e septadas. Fonte: Autora.

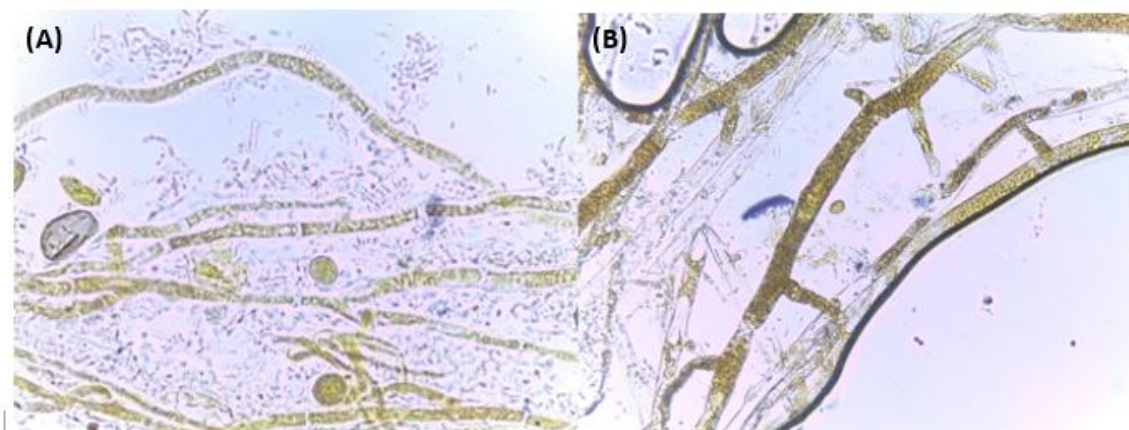


Figura 6- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Acremonium*. (A) Hifas e conídios. (B) Hifas e ramificações. Fonte: Autora.

Na área 3, os isolados fúngicos identificados pertencem ao gênero *Nannizzia* (profundidade 10-20 cm) e *Histoplasma* (profundidade 0-10cm) (Figura 7 e 8), ambos normalmente encontrados no solo. O gênero *Nannizzia* compreende fungos que podem afetar a pele humana, causando doenças. Frente à possibilidade de resistência medicamentosa que o fungo tende a apresentar, um estudo apresentou resultado positivo ao utilizar extrato glicólico de própolis como alternativa ao combate dessas dermatomicoses (Alexandre, 2025). Nesse contexto, *Histoplasma* é um fungo patogênico que gera interesse agrícola devido ao alto risco de contaminação de agricultores e trabalhadores rurais e habita

solos com alto teor de nitrogênio, o que corresponde a característica da área amostrada visto que, para o plantio de cana-de-açúcar é necessário a adubação nitrogenada que tende a ser transporta pelo processo de lixiviação (García; Pérez; Harman, 2025; Da Silva *et al.*, 2025).

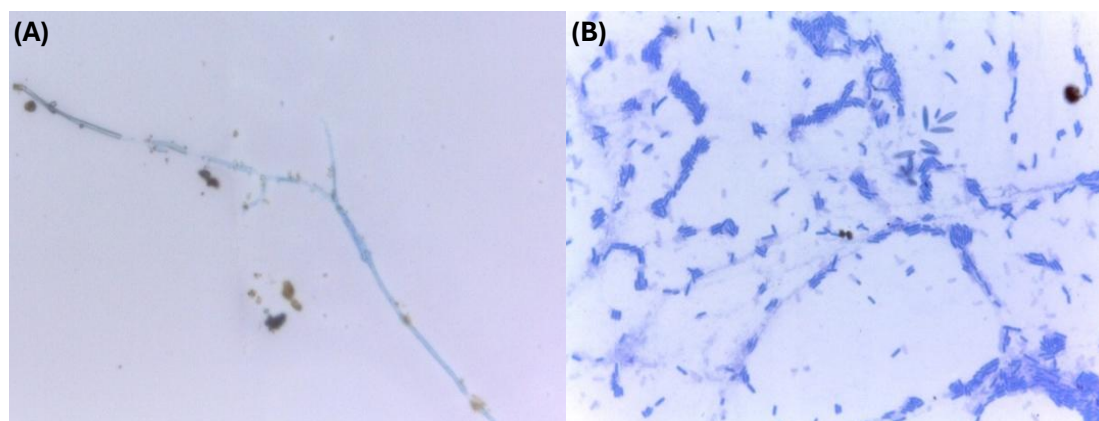


Figura 7- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Nannizzia*. (A) Hifas septadas, hialinas e microconídios. (B) Macroconídios. Fonte: Autora.

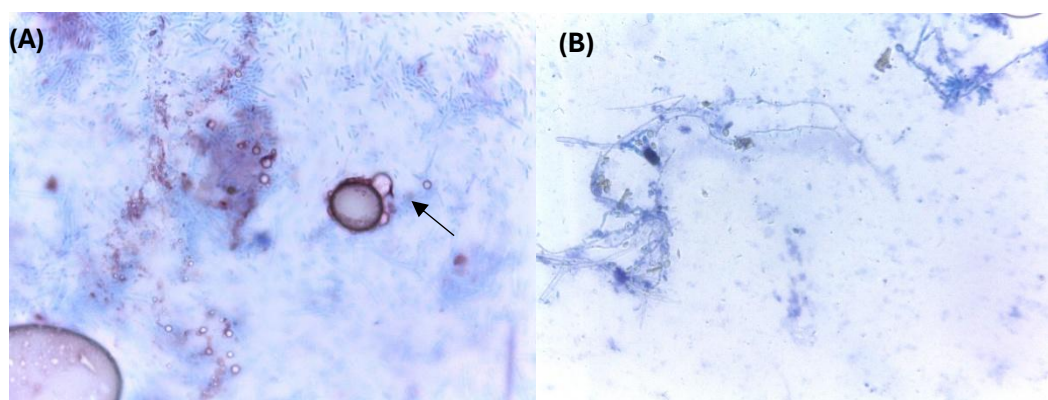


Figura 8- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Histoplasma*. (A) *Histoplasma* na forma de Levedura. (B) *Histoplasma* na fase miceliana com micélio septado com micro e macroconídios tuberculados. Fonte: Autora.

Na área 4, foi identificado o gênero *Scedosporium* (na profundidade 10-20 cm) (Figura 9). Esse gênero é comumente encontrado em ambientes com atividade humana e é normalmente reportado como patogênico humano. Porém, a espécie *Scedosporium apiospermum* é relatada como endofítica com atividade antimicrobiana (Cordeiro *et al.*, 2019).

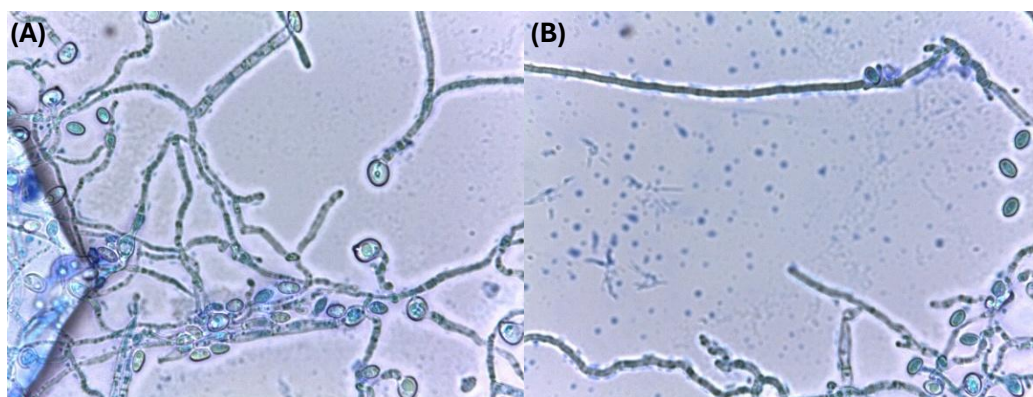


Figura 9- Imagem do microscópio da micromorfologia de um fungo isolado do gênero *Scedosporium*. (A) hifas septadas. (B) Conídeos produzidos individualmente. Fonte: Autora.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que diversidade de fungos presentes em áreas de Cerrado é diretamente influenciada pela ocupação e manejo, assim como pela profundidade de coleta das amostras. Das 43 espécies de fungos filamentosos só foi possível identificar a nível de gênero 8 morfotipos. Entre os gêneros identificados ressaltam-se aqueles com comportamento endofítico: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acremonium* e *Scedosporium* e *Ceratobasidium* (também micorrízico). Esses resultados destacam a importância dos fungos filamentosos para a saúde dos ecossistemas e reforçam a necessidade de conservar áreas maiores e mais conectadas, por meio de corredores ecológicos, especialmente em regiões de Cerrado, para garantir a preservação dessas comunidades fúngicas e sua funcionalidade ecológica.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- Barbedo, L. S. A Micologia Geral Como Base Para Suas Diferentes Áreas. In: **Estudos Multidisciplinares Em Microbiologia: Teoria E Prática-Volume 2**. Editora Científica Digital, 2025. P. 8-30.
- Bilhar Araújo, E. V. *et al.* Solubilização de fosfatos e potássio por bactérias rizosféricas-uma revisão. **Nativa**, v. 12, n. 4, 2024.
- Bonfim, G. P. F. *et al.* **Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.). Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. Viçosa: Univ. Fed. de Viçosa, 32 p., 2011. Disponível em: <http://estatisticog1.globo.com/2014/04/16/caderno-dos-microrganismos-eficientes.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2023.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm . Acesso em 10 março de 2025.
- Blackwell, M. S. A.; Darch, Tegan; Haslam, R. P. Phosphorus use efficiency and fertilizers: future opportunities for improvements. **Frontiers of Agricultural Science and Engineering-FASE**, v. 6, n. 4, p. 332-340, 2019.
- Carmichael, J.W. *et al.* **Genera of Hyphomycetes** Alberta, University of Albert Press. 1980.
- Clark, F.E. Agar-plate method for total microbial count. Pp. 1460-1466. In: C.A. Black; D.D. Evans; J.L. White; L.E. Ensminger; F.E. Clark & R.C. Dinaver (eds.). **Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties** New York, Madson Inc. 1965.
- Costa, L. F.; Da Silva, E. B.; Oliveira, I. S. Irradiação gama em amendoim para controle de *Aspergillus flavus*. **Scientia Plena**, v. 9, n. 8 (b), 2013.
- Da Silva, C. A. *et al.* Obtenção de biomassa de *Rhizopus* sp LBBIO-01 em melaço de cana de açúcar subproduto da indústria sucro-alcooleira. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 8, n. 2, p. e78179-e78179, 2025.
- Dahlberg, Anders; Genney, David R.; Heilmann-Clausen, Jacob. Desenvolvendo uma estratégia abrangente para a conservação de fungos na Europa: situação atual e necessidades futuras. **Fungal Ecology**, v. 3, n. 2, p. 50-64, 2010.

Domsch, K.H.; Gams, W.; Anderson, T.H. **Compendium of soil fungi** v.I. San Francisco, Academic Press. 1993.

Dos Santos, A. N. S. *et al.* Racismo ambiental, saúde e direitos sociais: causalidades e impactos da degradação ambiental em comunidades vulneráveis no Brasil. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 23, n. 1, p. e8603-e8603, 2025.

Dutra, R. M. S. *et al.* **Cerrado Goiano: agrotóxicos e agroextrativismo**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2024.

Ellis, M.B. **Dematiaceus Hyphomycetes** Kew, Commonwealth Mycologi Institute. 1971.

Galinkin, M. Geogoiás. Galinkin, M. (Ed.). **Agência Ambiental de Goiás: Fundação CEBRAC: PNUMA:SEMARH-GO**. Goiânia, 2003 272 p. 2002.

Gonzalez, E. *et al.* Produção de aflatoxinas e ácido ciclopiazônico por cepas de *Aspergillus flavus* isoladas de amendoim. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, p. 312-317, 2013.

Klimasmith, I. M.; Kent, Angela D. Micromanaging the nitrogen cycle in agroecosystems. **Trends in microbiology**, v. 30, n. 11, p. 1045-1055, 2022.

He, M. *et al.* Species diversity of Basidiomycota. **Fungal diversity**, v. 114, n. 1, p. 281-325, 2022.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases e Efeito Estufa no Brasil**. 7ª Edição, 2023.

Pitt, J. I. **A laboratory guide to common *Penicillium* species**. Sydney: CSIRO, Division of food processing, 1985.

Riddell, R.W. Permanent stained mycological preparation obtained by slide culture. **Mycologia** **42**: 265-270. 1950.

Samson, R. A. *et al.* Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. **Stud Mycol.** 2014; 78:141-173.

Santos, F.; Herndon, E. Plant-soil relationships influence observed Trends between manganese and carbon across biomes. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 37, n. 1, p. e2022GB007412, 2023.

SEEG - **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Relatório analítico SEEG 12: Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970-2023. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 10/03/2025

Silva, V. G.; Santana, F. A. Riqueza E Diversidade De Formigas De Fragmento Da Serra Da Confusão Do Rio Preto. In: **Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG** (CEPE)(ISSN2447-8687). 2016.

Trumbore, S.; Camargo, P. B. Dinâmica do carbono do solo. **Amazonia and Global Change**, v. 1, p. 451-462, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu compreender o panorama da produção científica sobre fungos endofíticos nos biomas brasileiros, bem como identificar e caracterizar fungos presentes no solo de uma área representativa do Cerrado goiano. A análise cienciométrica evidenciou crescimento expressivo das publicações sobre o tema entre os anos de 1994 e 2024, especialmente no bioma Amazônia, com ênfase em aspectos taxonômicos e metabólicos secundários. Apesar desse avanço, persistem lacunas significativas, sobretudo quanto à diversidade, distribuição e recorrência desses fungos, além da limitada exploração de suas potencialidades em processos industriais e em práticas de restauração ecológica.

Os resultados também demonstraram a incipiência de estudos nos biomas Pampa, Pantanal e Mata Atlântica, que, diante de sua relevância ecológica e vulnerabilidade ambiental, configuram-se como áreas promissoras para futuras investigações. Tais biomas representam oportunidades estratégicas para o avanço do conhecimento micológico e para o desenvolvimento de tecnologias baseadas em bioinsumos e bioprocessos sustentáveis.

No estudo de campo realizado em Quirinópolis (GO), observou-se que a preservação da vegetação nativa exerce influência direta sobre a disponibilidade e variedade de fungos do solo, e que a profundidade das amostras também afeta a composição das comunidades fúngicas. Foram identificados gêneros com reconhecido potencial endofítico e biotecnológico, como *Aspergillus* e *Penicillium*, além de outros com funções ecológicas relevantes, incluindo espécies micorrízicas e com potencial de biorremediação.

De modo geral, os resultados obtidos reforçam a importância de ampliar o investimento em pesquisas micológicas, especialmente aquelas voltadas à caracterização e aplicação de fungos endofíticos e do solo em contextos agrícolas e ambientais. A integração entre estudos cienciométricos e levantamentos de campo, como o aqui proposto, mostrou-se uma abordagem eficaz para mapear lacunas de conhecimento e direcionar esforços científicos de forma mais estratégica. Assim, esta dissertação contribui não apenas para o entendimento da diversidade fúngica do Cerrado, mas também para o fortalecimento de bases científicas que sustentem o uso sustentável e inovador desses microrganismos nos diferentes biomas brasileiros.