

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Summit disease como estratégia de manipulação comportamental em *Iguarima censoria* (Araneae, Anyphaenidae) induzida por uma nova espécie de *Gibellula* (Hypocreales, Ascomycota)**

Aline dos Santos  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**ALINE DOS SANTOS**

**Summit disease como estratégia de manipulação comportamental em *Iguarima censoria* (Araneae, Anyphaenidae) induzida por uma nova espécie de *Gibellula* (Hypocreales, Ascomycota)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Thiago Gechel Kloss

Coorientadora: Thairine Mendes Pereira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Santos, Aline dos, 1997-  
S237s  
2025  
*Summit disease* como estratégia de manipulação  
comportamental em *Iguarima censoria* (Araneae:  
Anyphaenidae) induzida por uma nova espécie de *Gibellula*  
(Hypocreales: Ascomycota) / Aline dos Santos. – Viçosa, MG,  
2025.

1 dissertação eletrônica (87 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Thiago Gechel Kloss.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Biologia Geral, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.821>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Aranhas - Comportamento. 2. Relação  
hospedeiro-parasito. 3. Fenótipo. 4. Hypocreales. 5. Fungos  
entomopatogênicos. I. Kloss, Thiago Gechel, 1987-.  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia  
Geral. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 595.44

**ALINE DOS SANTOS**

**Summit disease como estratégia de manipulação comportamental em *Iguarima censoria* (Araneae, Anyphaenidae) induzida por uma nova espécie de *Gibellula* (Hypocreales, Ascomycota)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de setembro de 2025.

Assentimento:

---

Aline dos Santos  
Autora

---

Thiago Gechel Kloss  
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 29/12/2025 às 14:41:32 e pelo orientador em 29/12/2025 às 17:42:22. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **12LT.E1P3.NF1Y** e clique no botão 'Validar documento'.

*Aos que, com carinho, me ofereceram apoio, inspiração e aconchego.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria e Salvador, que, com todo amor e cuidado, me deram as bases necessárias para que meus sonhos fossem incentivados.

Ao meu irmão, Alam, que sonhou junto comigo, mesmo compartilhando os mesmos medos e incertezas da vida. A nossa parceria é única.

Ao meu lindo e grande amor, Pedro, por todo o afeto, carinho e respeito. Por me acolher e me encorajar diariamente.

À Carol, amiga e parceira de lar, por toda a escuta, apoio e suporte em uma fase tão desafiadora.

Aos amigos do Prata e familiares, que, mesmo à distância, sempre vibraram comigo a cada conquista e me fizeram sentir essa torcida bem de perto.

Aos amigos que fiz em Viçosa, que foram essenciais para que todo o caminho fosse um pouco mais leve.

Às amigas da república, que estiveram ao meu lado no início do mestrado. Levo cada momento compartilhado com vocês na memória e no coração.

Ao professor Thiago, que acreditou desde o início no projeto de TCC até a construção desta dissertação. Sua paixão pela ciência, o brilho nos olhos sobre, e a sensibilidade para compreender e respeitar as pessoas, foram verdadeiras inspirações. Minha trajetória acadêmica é imensamente influenciada pelas suas orientações, dedicação, atenção e generosidade.

À Thairine, minha coorientadora e inspiração na caminhada científica. Sua experiência e orientação foram fundamentais para que etapas essenciais deste projeto fossem bem conduzidas. Minha gratidão por todas as explicações, auxílios e esclarecimentos que foram fundamentais em processos novos para mim.

À Camila, pela parceria sem igual, desde as idas à Mata da Biologia, pelas ilustrações do trabalho e por todas as contribuições no desenvolvimento do projeto. Minha gratidão eterna por todo o apoio!

Agradeço imensamente ao Dr. Renato Chaves Macedo-Rego e ao Prof. Aristóteles Goés-Neto pela arguição e pela rica revisão, que muito contribuíram para a versão final deste trabalho.

À secretaria Letícia, do PPG-Ecologia, pela paciência, esclarecimentos e suporte em todas as questões administrativas do mestrado.

Aos funcionários e funcionárias do Edifício Chotaro Shimoya, pelo zelo e cuidado em criar um ambiente acolhedor.

À técnica Silvia, pela dedicação ao laboratório.

Ao técnico Júlio Chaul, por suas contribuições nas etapas de registros macroscópicos do fungo e da aranha.

Ao professor Antônio Brescovit, pela identificação da espécie de aranha

hospedeira utilizada neste trabalho.

Ao Eduardo, Alex, Ítalo, Guilherme, Naiara, Marina, Gabi, Caio, Tati, Evandro e Beatriz, pela parceria nas coletas de campo.

Ao Laboratório de Interações Inseto-Microrganismo e ao professor Sam, por ceder espaço e equipamentos fundamentais para etapas do trabalho.

Ao laboratório do professor Og, da professora Denilce e da Mariela, por disponibilizar microscópios e bancadas essenciais às análises morfológicas.

Ao Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM), pelo acesso aos equipamentos e pelo cuidado e atenção dos técnicos.

As vigilantes da UFV, pela disposição de nos auxiliarem nas inúmeras entradas da Mata da Biologia.

Ao Laboratório de Ecologia e Comportamento, pelas parcerias, aprendizado e descontração, o que tornou tudo mais leve e prazeroso.

Ao National Geographic Society, pelo apoio financeiro destinado à aquisição de materiais, ao custeio de viagens e à execução de procedimentos do projeto.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

*"Por um mundo onde sejamos socialmente iguais, humanamente diferentes e totalmente livres."*  
Rosa Luxemburgo

## RESUMO

SANTOS, Aline dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2025. **Summit disease como estratégia de manipulação comportamental em *Iguarima censoria* (Araneae, Anyphaenidae) induzida por uma nova espécie de *Gibellula* (Hypocreales, Ascomycota).** Orientador: Thiago Gechel Kloss. Coorientadora: Thairine Mendes Pereira.

Fungos araneopatogênicos do gênero *Gibellula* são comumente observados sobre cadáveres de aranhas fixadas na face abaxial das folhas, em diferentes alturas no sub-bosque da floresta. Embora existam indícios de que aranhas infectadas por esses fungos mudem de posição antes da morte, faltam estudos detalhados para comprovar a existência de manipulação comportamental por meio de deslocamento espacial. Neste trabalho, por meio de uma abordagem morfológica e molecular, descrevi uma nova espécie de fungo parasita, *Gibellula* *minensis* sp. nov. (Hypocreales: Ascomycota) para a Mata Atlântica, além de avaliar a prevalência de parasitismo e a seleção de hospedeiro nas populações da aranha *Iguarima censoria*. Além disso, investiguei se *G. minensis* sp. nov. induz aranhas parasitadas a morrerem em locais mais altos e/ou mais iluminados, condições que poderiam favorecer a dispersão e o desenvolvimento do fungo. Por fim, avaliei se o padrão de morte, com cadáveres fixados na face abaxial das folhas, desempenha um papel relevante na preservação dos conidióforos, estruturas fúngicas que produzem os esporos. Observei que aranhas *I. censoria* parasitadas por *G. minensis* sp. nov. tendem a morrer em alturas maiores, embora não em locais mais iluminados. A fixação dos cadáveres na face abaxial das folhas demonstrou oferecer alta proteção, prevenindo a inviabilidade dos conidióforos devido à maior exposição à chuva, vento e dessecação. Esse resultado evidencia um benefício direto para o parasita, relacionado ao deslocamento espacial. Adicionalmente, verifiquei que a prevalência de parasitismo na população de *I. censoria* analisada foi de 25%, sendo maior em aranhas com menor tamanho corporal. Essa alta taxa de infecção em aranhas menores pode ser explicada por características morfológicas, imunológicas e comportamentais específicas, como a menor espessura e esclerotização da cutícula ou ainda hábitos de forrageamento mais intensos. Nesse contexto, meus resultados contribuem para a compreensão de que aranhas parasitadas por espécie do gênero *Gibellula* são induzidas ao deslocamento espacial antes de morrerem e que a fixação na face abaxial das folhas implica benefícios claros para o fungo, aumentando sua aptidão.

Palavras-chave: parasita-hospedeiro; fenótipo estendido; hypocreales; *summit disease*

## ABSTRACT

SANTOS, Aline dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2025. **Summit Disease as a Behavioral Manipulation Strategy in *Iguarima censoria* (Araneae, Anyphaenidae) Caused by a New Species of *Gibellula* (Hypocreales, Ascomycota).** Adviser: Thiago Gechel Kloss. Co-adviser: Thairine Mendes Pereira.

Araneopathogenic fungi of the genus *Gibellula* are commonly observed on spider cadavers affixed to the abaxial surface of leaves, at varying heights within the forest understory. Although there is evidence that spiders infected by these fungi change position before death, detailed studies are lacking to demonstrate behavioral manipulation via spatial displacement. In this study, using a morphological and molecular approach, I described a new parasitic fungal species, *Gibellula minensis* sp. nov. (Hypocreales: Ascomycota), from the Atlantic Forest, and evaluated the prevalence of parasitism and host selection in populations of the spider *Iguarima censoria*. In addition, I investigated whether *G. minensis* sp. nov. induces parasitized spiders to die in higher and/or more illuminated locations, conditions that could favor fungal dispersal and development. Finally, I evaluated whether the death pattern, in which cadavers are affixed to the abaxial leaf surface, plays a significant role in preserving the conidiophores, the fungal structures that produce spores. I observed that *I. censoria* spiders parasitized by *G. minensis* sp. nov. tend to die at greater heights, though not in more illuminated sites. The attachment of cadavers to the abaxial leaf surface proved to confer strong protection, preventing the loss of conidiophore viability due to increased exposure to rain, wind, and desiccation. This finding indicates a direct benefit to the parasite associated with spatial displacement. Additionally, I found that the prevalence of parasitism in the population of *I. censoria* examined was 25% and was higher among spiders with smaller body size. This high infection rate in smaller spiders may be explained by specific morphological, immunological, and behavioral traits, such as a thinner and less sclerotized cuticle or more intensive foraging habits. In this context, my results support the view that spiders parasitized by species of the genus *Gibellula* are induced to move spatially before death and that attachment to the abaxial leaf surface confers clear benefits to the fungus, increasing its fitness.

Keywords: parasite-host; extended phenotype; hypocreales; summit disease

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 1

Figura 1 – Mapa de localização da Mata da Biologia, área de estudo.....	23
Figura 2 – Figura 2. Aranhas <i>Iguarima censoria</i> não parasitadas e parasitadas por <i>Gibellula minensis</i> sp. nov.....	26
Figura 3 – Regressão entre o comprimento do tarso e metatarso dos indivíduos (mm) e o status de parasitismo.....	39
Figura 4 – <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura.....	41
Figura 5 – <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. em representação esquemática.....	51
Figura 6 – Posição de <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. na árvore filogenética do gênero <i>Gibellula</i> .....	52
Figura S1 – Correlação entre comprimento do tarso e metatarso dos indivíduos (mm) e o comprimento total do corpo (mm) de <i>Iguarima censoria</i> . ....	62
Figura S2 – Posição de <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. na árvore filogenética usando inferência Bayesiana.....	63

### CAPÍTULO 2

Figura 1 – Mapa de localização da Mata da Biologia, área de estudo.....	73
Figura 2 – Aranhas <i>Iguarima censoria</i> parasitadas por <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. ....	74
Figura 3 – Registros de campo .....	75
Figura 4 – <i>Iguarima censoria</i> parasitadas por <i>Gibellula</i> sp. nov. antes e depois do experimento de avaliação do efeito do local de morte para a preservação dos conidióforos.....	77
Figura 5 – Comparação das alturas (cm) em relação ao solo de <i>Iguarima censoria</i> não parasitadas e parasitadas por <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. ....	79
Figura 6 – Comparação da média da iluminância (lúmens/m <sup>2</sup> ) em relação as <i>Iguarima censoria</i> não parasitadas e parasitadas por <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. ....	80
Figura 7 – Comparação da proporção dos conidióforos intactos (%) em relação as <i>Iguarima censoria</i> parasitadas por <i>Gibellula minensis</i> sp. nov. posicionadas na face abaxial e adaxial das folhas.....	81

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - *Primers* usados e as condições das reações em cadeia da polimerase usadas para a amplificação de cada região genômica para identificar os espécimes de *Gibellula*.....29
- Tabela 2 - Sequências de espécies de *Gibelula* nos bancos de dados NCBI-GenBank, usadas nas análises filogenéticas.....31
- Tabela 3. Comparação dos caracteres morfológicos de *Gibellula minensis* sp. nov. e todas as espécies do gênero.....43

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	13
Referências.....	16
<b>CAPÍTULO 1</b>	
Parasitismo na Mata Atlântica: descrição de uma nova espécie de fungo parasita de aranhas do gênero <i>Gibellula</i> (Cordycipitaceae)	
Resumo.....	20
1. Introdução.....	21
2. Métodos	
Coleta de campo.....	22
Identificação da aranha hospedeira.....	24
Prevalência de parasitismo.....	24
Seleção de tamanho.....	25
Caracterização morfológica.....	27
PCR e sequenciamento.....	27
Filogenia molecular.....	30
Análise de dados.....	38
3. Resultados.....	38
4. Discussão.....	53
Referências.....	58
<b>CAPÍTULO 2</b>	
Seleção de microhabitats por aranhas parasitadas pelo fungo <i>Gibellula minensis</i> sp. nov: evidência de manipulação comportamental para maximizar dispersão e proteção de esporos	
Resumo.....	66
1. Introdução.....	67
2. Métodos	
Área de Estudo.....	69
Espécies de estudo.....	70
Avaliação de deslocamento espacial.....	71
Condição luminosa do local de morte.....	72
Efeito do local de morte sobre a preservação dos conidióforos.....	73
Análise de dados.....	74
3. Resultados.....	75
4. Discussão.....	77
Referências.....	81
CONCLUSÕES GERAIS.....	87

## INTRODUÇÃO GERAL

Vários grupos de parasitas desenvolveram a capacidade de induzir alterações comportamentais em seus hospedeiros (Dawkins 1982, Thomas et al. 2005), representando uma importante estratégia adaptativa dos parasitas (Poulin et al. 2000). Dentre as diversas estratégias dos parasitas, a manipulação comportamental do hospedeiro pode aumentar sua aptidão, devido a sua capacidade de potencializar tanto o desenvolvimento como a transmissão dos parasitas (Dawkins 1982, Thomas et al. 2005). Essas estratégias se fundamentam na manipulação do comportamento dos hospedeiros, que pode ocorrer de quatro formas principais: (1) transmissão trófica, envolvendo hospedeiros intermediários; (2) transmissão por vetores, ampliando o encontro entre os hospedeiros potenciais; (3) transmissão para proteção, quando os hospedeiros oferecem proteção contra predadores e condições climáticas; e (4) transmissão por deslocamento espacial, na qual o hospedeiro morre em local adequado para o parasita (Poulin 2010). No entanto, a simples observação desses comportamentos nas interações parasita-hospedeiro não constitui, isoladamente, uma comprovação de manipulação comportamental. Muitas alterações podem ser subprodutos ou consequências não intencionais da infecção parasítica, sem conferirem benefícios diretos ao parasita (Poulin 2010). Para comprovar a existência de manipulação comportamental, é fundamental demonstrar, empiricamente, que as mudanças no comportamento do hospedeiro trazem vantagens significativas para o parasita (Poulin 2010, Heil 2016).

Entre os exemplos de manipulação comportamental, as alterações que promovem o deslocamento espacial dos hospedeiros são comuns em florestas tropicais, fenômeno conhecido como *summit disease* (Lovett et al. 2020, Masoudi et al. 2024). A principal hipótese para explicar esse tipo de manipulação é que o comportamento alterado leva os hospedeiros a morrerem em locais que oferecem ao parasita um ambiente climaticamente favorável à sua sobrevivência e reprodução. Em alguns casos, essas alterações frequentemente envolvem a seleção de locais que favorecem a dispersão de propágulos do parasita, ampliando a probabilidade de transmissão (Poulin 2010, Hughes et al. 2016).

Entre os parasitas que induzem o deslocamento espacial em florestas tropicais, os fungos patogênicos são particularmente abundantes (Evans & Samson 1987). Apesar da alta diversidade de interações observadas entre esses fungos e artrópodes, os estudos existentes raramente investigaram a capacidade desses parasitas induzirem modificações e, especialmente, raramente avaliaram os efeitos dessas modificações. Além disso, a maioria das investigações

empíricas são restritas a determinados modelos de estudo, como formigas e fungos *Ophiocordyceps*, fazendo com que diversos grupos de artrópodes e fungos altamente diversos sejam negligenciados.

Fungos parasitas do gênero *Gibellula* constituem um desses grupos negligenciados, para os quais as investigações sobre a capacidade de induzir modificações comportamentais em seus hospedeiros ainda são escassas. Espécies desse gênero parasitam exclusivamente aranhas (Evans & Samson 1987, Samson & Evans 1992), sendo frequentemente encontrado em regiões tropicais (Evans 2013; Shrestha et al. 2019). Atualmente, o gênero conta com quase 40 espécies descritas (Evans 2013; Shrestha et al. 2019, Mendes-Pereira et al. 2022, Mendes-Pereira et al. 2023, Joseph et al. 2024, Alves et al. 2025, Evans et al. 2025, Liu et al. 2025), embora ainda haja uma considerável diversidade não descrita.

As aranhas parasitadas por espécies de *Gibellula* são geralmente encontradas fixadas na vegetação, comumente na face abaxial das folhas (Evans 2013, Mendes-Pereira et al. 2023). Esse padrão sugere a existência de um local específico de morte, possivelmente induzido pelo fungo, para criar um microclima mais favorável ao desenvolvimento do parasita. Fatores abióticos podem desempenhar um papel importante na sobrevivência e reprodução do fungo (Arruda et al. 2021, Mendes-Pereira et al. 2023). Contudo, ainda não existem estudos que investiguem se espécies do gênero *Gibellula* induzem o deslocamento espacial das aranhas hospedeiras e quais seriam os benefícios desse comportamento para o sucesso de transmissão do fungo.

Neste trabalho, investigamos uma possível manipulação comportamental entre aranhas *Iguarima censoria* (Anyphaenidae) e uma nova espécie de fungo *Gibellula*, usando abordagens moleculares, filogenéticas e ecológicas. Além disso, descrevemos essa nova espécie, que foi nomeada como *Gibellula minensis* sp. nov. Com o objetivo de explorar essa relação de forma detalhada, estruturamos a dissertação em dois capítulos distintos. No primeiro capítulo, propomos a descrição desta nova espécie de *Gibellula*, em uma combinação de dados morfológicos, ecológicos e moleculares. Além disso, avaliamos a prevalência do parasitismo e a seleção de hospedeiros por essa espécie. Já no segundo capítulo, adotamos uma abordagem mais experimental para testar aspectos específicos da interação. Investigamos se a morte de aranhas *I. censoria* parasitadas por *G. minensis* sp. nov. ocorre predominantemente em alturas ou condições de luminosidade específicas. Por fim, avaliamos se o posicionamento dos cadáveres na face abaxial das folhas contribui para a preservação do fungo.

Com nosso estudo, apresentamos evidências experimentais que sustentam a hipótese de manipulação adaptativa exercida por fungos araneopatogênicos do gênero *Gibellula* sobre a aranha hospedeira. Sugerimos que esse processo de manipulação afeta diretamente a população de *I. censoria* devido à alta taxa de infecção e à seleção desses hospedeiros de menor tamanho corporal. Além disso, *G. minensis* sp. nov. é beneficiado pelo local em que os cadáveres das aranhas parasitadas são fixados na vegetação, favorecendo sua proteção e transmissão. Esses resultados ampliam o entendimento sobre a complexidade dessa interação parasita-hospedeiro.

## Referências

- Alves JEDR, Santos ACDS, Pedroso SKBP, et al. (2025). Untangling a web of spider fungi: *Gibellula agroflorestalis* (Hypocreales, Ascomycota), a new species of spider parasite from Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*. **209**: 108278. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2025.108278>
- Dawkins R. (1982). *The Extended Phenotype*. 1ª edição. **Oxford University Press**.
- Evans HC. (2013). Fungal Pathogens of Spiders. In: *Spider Ecophysiology*. (Wolfgang Nentwig, ed). **Springer**: Berlin: 107–121. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9_9)
- Evans HC, Samson RA. (1987). Fungal pathogens of spiders. *Mycologist*. **1**: 152-159. [https://doi.org/10.1016/S0269-915X\(87\)80107-6](https://doi.org/10.1016/S0269-915X(87)80107-6)
- Evans HC, Fogg T, Buddie AG, Yeap YT, Araújo JPMD. (2025). The araneopathogenic genus *Gibellula* (Cordycipitaceae: Hypocreales) in the British Isles, including a new zombie species on orb-weaving cave spiders (Metainae: Tetragnathidae). *Fungal Systematics and Evolution*. **15**: 153–178. <https://doi.org/10.3114/fuse.2025.15.07>
- Heil M. (2016). Host Manipulation by Parasites: Cases, Patterns, and Remaining Doubts. *Frontiers in Ecology and Evolution*. **4**:80. <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.0008>
- Hughes DP, Araújo JPM., Loreto RG, et al. (2016). Chapter Eleven - From So Simple a Beginning: The Evolution of Behavioral Manipulation by Fungi. In: *Advances in Genetics*. (Brian L, Raymond JSI, eds). **Academic Press**: 437-469. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.004>
- Joseph RA, Masoudi A, Valdiviezo MJ, et al. (2024). Discovery of *Gibellula floridensis* from Infected Spiders and Analysis of the Surrounding Fungal Entomopathogen Community. *Journal of Fungi*. **10**: 694-717. <https://doi.org/10.3390/jof10100694>
- Liu Z.-L, Wei D-P, Chein J-H, et al. (2025). A new spider-pathogenic species *Gibellula liaoningensis* (Cordycipitaceae) from Liaoning Province, China. *Phytotaxa*. **702**: 48–60. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.702.1>
- Lovett B, St. LRJ, Fine DLHH. (2020). Going gentle into that pathogen-induced goodnight. *Journal of Invertebrate Pathology*. **134**: 107398. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107398>
- Masoudi A, Joseph RA, Keyhani NO. (2024). Viral- and fungal-mediated behavioral manipulation of hosts: summit disease. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **108**: 492. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13332-x>
- Mendes-Pereira T, Araújo JPMD, Kloss TG, et al. (2023). Disentangling the Taxonomy, Systematics, and Life History of the Spider-Parasitic Fungus *Gibellula* (Cordycipitaceae, Hypocreales). *Journal of Fungi*. **9**: 457. <https://doi.org/10.3390/jof9040457>
- Mendes-Pereira T, Araújo JPMD, Mendes FC, et al. (2022). *Gibellula aurea* sp. nov. (Ascomycota, Cordycipitaceae): a new golden spider-devouring fungus from a Brazilian Atlantic Rainforest. *Phytotaxa*. **573**: 85–102. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.573.1.5>

Poulin R. (2010). Parasite Manipulation of Host Behavior: An Update and Frequently Asked Questions. *Advances in the Study of Behavior*. Academic Press. **41**: 151-186. [https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(10\)41005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(10)41005-0)

Poulin R, Morand S. (2000). The Diversity of Parasites. *The Quarterly Review of Biology*. 2000. **75**: 277–93. <https://doi.org/10.1086/393500>

Samson RA, Evans HC. (1992). New species of *Gibellula* on spiders (Araneida) from South America. *Mycologia*. **84**: 300-314. <https://doi.org/10.1080/00275514.1992.12026143>

Shrestha B, Kubátová A, Tanaka E, et al. (2019). Spider-pathogenic fungi with in Hypocreales (Ascomycota): their current nomenclature, diversity, and distribution. *Mycological Progress*. **18**: 983–1003. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01512-3>

Thomas F, Adamo S, Moore J. (2005). Parasitic manipulation: where are we and where should we go? *Behavioural Processes*. **68**: 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.06.010>

## **CAPÍTULO 1**

**Parasitismo na Mata Atlântica: descrição de uma nova espécie de fungo do gênero *Gibellula* (Cordycipitaceae), parasita de aranhas**

**Parasitismo na Mata Atlântica: descrição de uma nova espécie de fungo parasita de aranhas do gênero *Gibellula* (Cordycipitaceae)**

Aline Santos<sup>1,2</sup>, Thairine Mendes Pereira<sup>3</sup>, Camila de Fátima Ferreira Ribeiro<sup>1</sup>, Thiago Gechel Kloss<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Ecologia e Comportamento, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36570-900, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 36570-900, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Interações Inseto-Microrganismo, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36570-900, Brasil.

*Artigo submetido para a revista Fungal Biology*

## Resumo

Nas florestas tropicais, há uma elevada diversidade de parasitas que utilizam os artrópodes como recurso, em particular os aracnídeos. Um dos grupos de parasitas mais frequentes em aranhas de florestas tropicais são os fungos do gênero *Gibellula*, para os quais permanece uma considerável lacuna de conhecimento nestes ambientes. Neste estudo, apresentamos a descrição de uma nova espécie de fungo parasita que infecta aranhas da espécie *Iguarima censoria* na Mata Atlântica brasileira, *Gibellula minensis* sp. nov. Identificamos a partir de análises morfológicas e moleculares que *Gibellula minensis* sp. nov. é uma espécie nova com um clado com 100% de suporte e uma relação próxima com *Gibellula aurea*. As características que a distinguem das outras espécies do gênero são, incluem hifas marrom-claras, conidióforos brancos e ligeiramente maiores e fiálides mais finas. Observamos uma alta prevalência de parasitismo nessa interação, atingindo 25% da população de *I. censoria* observada. Além disso, observamos que os cadáveres das aranhas parasitadas são fixados exclusivamente na face inferior das folhas, seguindo o padrão típico observado para espécies do gênero *Gibellula*. Verificamos que o parasitismo é mais frequente em indivíduos menores de *I. censoria*, o que possivelmente está associado à menor espessura da cutícula ou maior atividade de forrageio em indivíduos menores. Esses resultados ampliam o conhecimento sobre a ecologia e a biodiversidade dos fungos araneopatogênicos, especificamente sobre um gênero que apresenta indícios de manipulação comportamental em seus hospedeiros. A nova espécie, *Gibellula minensis* sp. nov., destaca-se como um importante inimigo natural de *I. censoria*, influenciando diretamente na dinâmica populacional dessa aranha. Além disso, a espécie representa uma nova interação para estudos sobre manipulação comportamental, ampliando a compreensão das estratégias adaptativas dos fungos parasitas em ambientes tropicais.

**Palavras-chave:** Hypocreales, Araneae, manipulação comportamental, fungos araneopatogênicos.

## 1. Introdução

Parasitas representam cerca de metade das espécies descritas atualmente e apresentam uma grande diversidade de associações interespecíficas (Poulin 2000, Lafferty et al. 2006, Dobson et al. 2008, Carlson et al. 2020). Em florestas tropicais, fungos parasitas constituem um dos principais grupos que atuam no controle de populações de artrópodes (Hughes et al. 2016). Na ordem Hypocreales (Ascomycota), os fungos parasitas de artrópodes pertencem principalmente a quatro das dezesseis famílias reconhecidas: Cordycipitaceae, Ophiocordycipitaceae, Clavicipitaceae e Bionectriaceae (Shrestha et al. 2019). Apesar do esforço dos últimos anos para aumentar o conhecimento sobre as espécies tropicais desses parasitas, uma parte considerável desses fungos permanece desconhecida.

Um dos grupos de fungos parasitas de artrópodes mais abundantes são os fungos do gênero *Gibellula* (Evans 2013, Nyffeler & Hywel-Jones 2024, Shrestha et al. 2019). Esses fungos são amplamente distribuídos em florestas tropicais (Samson & Evans 1992), sendo associados exclusivamente a aranhas. O gênero *Gibellula* pertence à família Cordycipitaceae (Hypocreales, Ascomycota), estabelecido por Cavara em 1894, e tem *Gibellula pulchra* como espécie-tipo (Shrestha et al. 2019). O gênero se caracteriza pela formação de um ou múltiplos sinêmios, que apresentam conidióforos em formato esférico, semelhante a *Aspergillus* (aspergiloides), ou semi-esférico, semelhante a *Penicillium* (penicilioides), e podem apresentar formas teleomórfica (sexuada), anamórfica (assexuada) e sinanamórfica (Evans 2013, Mendes-Pereira et al. 2023). Suas estruturas assexuais apresentam conidióforos, métulas, fiálides e conídios, enquanto as estruturas sexuais são representadas por peritécios superficiais, que por meio dos ascósporos liberam os ascos (Kuephadungphan et al. 2022). Apesar da enorme diversidade observada no sub-bosque de florestas tropicais, o gênero *Gibellula* possui por volta de 40 espécies descritas e válidas (Evans 2013; Shrestha et al. 2019, Mendes-Pereira et al. 2022, Mendes-Pereira et al. 2023, Joseph et al. 2024, Alves et al. 2025, Evans et al. 2025, Liu et al. 2025), o que evidencia a existência de uma elevada diversidade ainda não revelada.

Aranhas parasitadas por espécies de *Gibellula* exibem ampla variação morfológica (Mendes-Pereira et al. 2023). Revisões recentes sugerem que as espécies de *Gibellula* possuem associações com 25 famílias distintas de aranhas, pertencentes a 10 guildas ecológicas diferentes (Nyffeler & Hywel-Jones 2024, Mendes-Pereira et al. 2023). As aranhas parasitadas são frequentemente encontradas na face abaxial das folhas, por vezes fixadas por uma fina camada de seda que as conecta ao limbo, com seus corpos cobertos por hifas (Hughes et al.

2016, Delazari et al. 2025). Embora diversos estudos sugiram que esse local de morte seja resultado de manipulação comportamental, ainda faltam evidências experimentais robustas para comprovar que *Gibellula* induz o deslocamento das aranhas hospedeiras para locais que favoreçam a dispersão e desenvolvimento do fungo.

A compreensão da manipulação comportamental depende, primeiramente, da descrição e identificação precisa dos organismos envolvidos, o que nem sempre é realizado. No caso dos fungos parasitas do gênero *Gibellula*, a combinação de caracteres morfológicos e análises moleculares é fundamental, dada a ampla variação fenotípica natural do gênero e a escassez de sequências de DNA disponíveis para diversas espécies de *Gibellula* (Mendes-Pereira et al. 2023). Para aranhas hospedeiras, a avaliação de características como a morfologia dos tarsos e quelíceras, a forma dos olhos e a posição das pernas pode ajudar a distinguir os hospedeiros (Jocqué & Dippenaar-Schoeman 2006). Além disso, estudos sobre fungos parasitas carecem de avaliações relacionadas à prevalência desses parasitas nas populações hospedeiras, assim como à possível seleção de determinados atributos dos hospedeiros. Esses dados são fundamentais para compreender os possíveis impactos dessa interação parasítica na dinâmica populacional das espécies hospedeiras (Nyffeler & Hywel-Jones 2024).

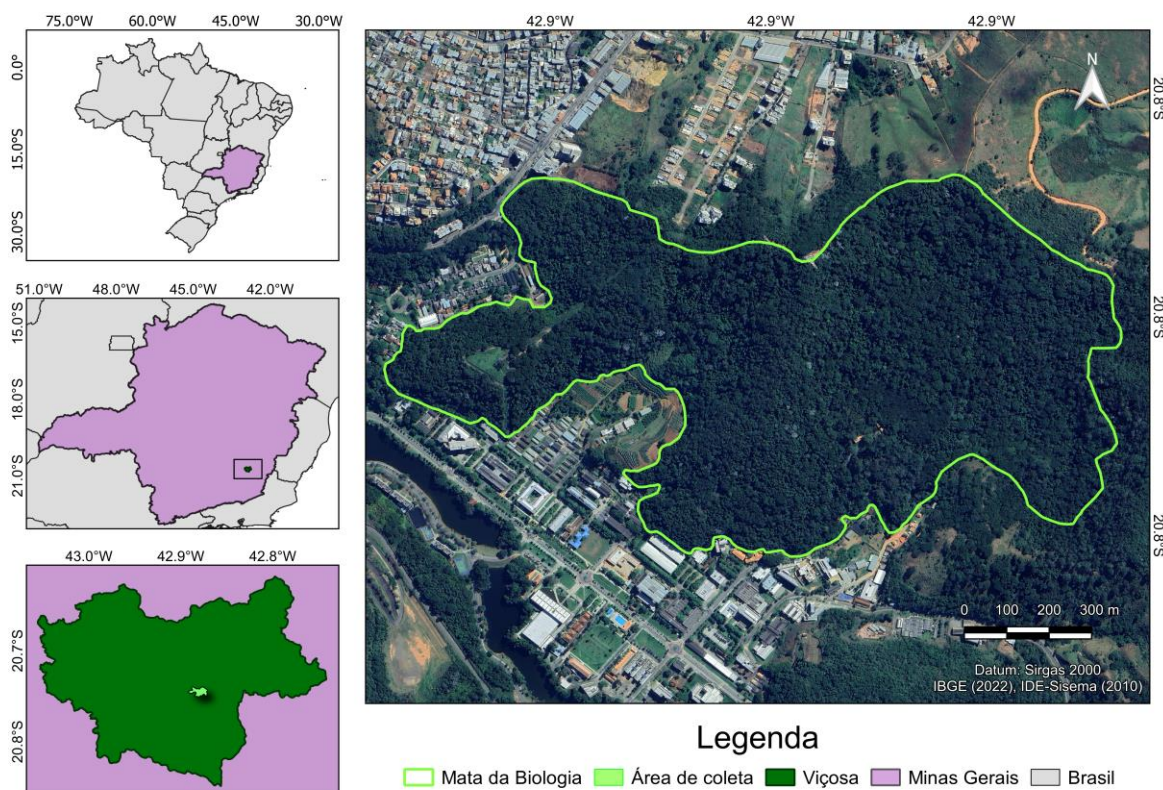
Neste estudo, integrando dados ecológicos, morfológicos e moleculares, apresentamos a descrição de uma nova espécie de fungo para a Mata Atlântica, *Gibellula minensis* sp. nov. e investigamos a prevalência de parasitismo em uma população da aranha hospedeira, *Iguarima censoria* (Anyphaenidae). Além disso, considerando que o tamanho das aranhas hospedeiras pode ser um fator importante para o desenvolvimento dos fungos, avaliamos se o tamanho corporal dos indivíduos de *I. censoria* influencia na probabilidade de parasitismo. Dessa forma, este estudo contribui para o conhecimento da diversidade de fungos parasitas de aranha na Mata Atlântica brasileira e amplia a compreensão sobre os fatores que modulam o parasitismo fúngico em aranhas.

## **2. Métodos**

### **Coleta de campo**

As amostras foram coletadas na Mata da Biologia, localizada no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20°45'28.7"S; 42°51'55.2"O). O fragmento tem 75 ha e é caracterizado como uma vegetação de floresta Atlântica semidecidual (Fig. 1). O clima da região é tropical, com temperaturas

médias anuais de 19 °C e com variação altitudinal entre 725 e 745 metros (Silva et al. 2010). A área é constituída por uma mata secundária dentro da região urbanizada de Viçosa (Souza 2009).



**Figura 1.** Mapa de localização da Mata da Biologia, área de estudo. A área em verde claro indica sua localização na cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

As coletas foram realizadas por quatro pesquisadores, durante os meses de junho a julho de 2024. Buscamos ativamente ao longo das trilhas indivíduos de *I. censoria* parasitados por *Gibellula minensis* sp. nov. As buscas foram realizadas especialmente na face abaxial das folhas de plantas herbáceas, arbustivas e árvores com até 3 metros de altura, locais onde a ocorrência de *Gibellula* é frequente (Mendes-Pereira et al. 2023).

A identificação do fungo e da aranha hospedeira foi baseada em características morfológicas marcantes. O fungo apresenta hifas marrom-claras envolvendo o cadáver da aranha, com múltiplos sinêmios que variam de coloração branca a marrom-clara, dependendo do estágio de desenvolvimento. Além disso, os sinêmios apresentam numerosos conidióforos densos distribuídos ao longo de toda sua extensão, exceto na região apical. Os cadáveres das aranhas exibem uma posição característica de fixação nas folhas: as pernas I, II e III ficam

posicionadas à frente, paralelas ao cefalotórax, enquanto a perna IV, se destaca por apresentar listras pretas e ser posicionada para trás, paralela ao abdômen (Fig. 2C-F).

### **Identificação da aranha hospedeira**

Para a identificação taxonômica da aranha hospedeira, coletamos indivíduos parasitados ainda nos estágios iniciais de desenvolvimento do fungo. Em laboratório, os espécimes foram imersos em álcool etílico, o que tornou as hifas externas translúcidas e permitiu a visualização dos principais caracteres morfológicos da aranha, possibilitando sua classificação na família Anyphaenidae. Observamos que a perna IV apresenta padrão distinto de coloração em amarelo e preto (Fig. 2C,E), uma característica diagnóstica importante para a confirmação da espécie hospedeira, especialmente em casos em que o fungo cobria o cefalotórax e o abdômen. A partir desse padrão, buscamos ativamente indivíduos adultos não parasitados com o mesmo morfotipo. Coletamos 10 fêmeas adultas em campo, que foram armazenadas em tubos Falcon de 50 mL com álcool 80% e posteriormente encaminhadas ao Instituto Butantan, São Paulo, para identificação taxonômica.

A espécie hospedeira foi identificada como *Iguarima censoria* (Keyserling, 1891) (Fig. 2A). Essa espécie, em sua fase adulta, apresenta cefalotórax e pernas de coloração amarelada, com tonalidades mais escuras nas regiões cefálicas e nos segmentos das pernas. O abdômen, por sua vez, é acinzentado, sendo mais claro na região ventral (Brescovit 1996). Os indivíduos de *I. censoria* constroem seus abrigos no limbo das folhas (Fig. 2B) e exibem um comportamento de forrageamento mais intenso durante a noite (Santos, A. *observação pessoal*).

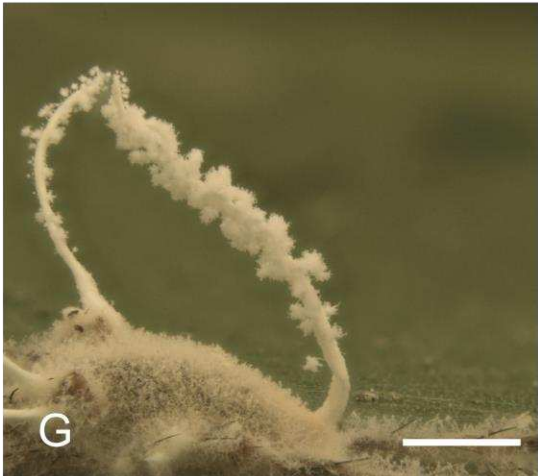
### **Prevalência de parasitismo**

Para estimar a prevalência de parasitismo de *G. minensis* sp. nov. na população hospedeira, delimitamos uma parcela de 30 x 50 m na Mata da Biologia e, por busca ativa noturna, contabilizamos os espécimes parasitados e não parasitados de *I. censoria* encontrados. Focamos a inspeção em plantas de sub-bosque com até 3 m de altura acima do solo (Mendes-Pereira et al. 2023). Como o fungo cresce sobre o cadáver dos indivíduos parasitados, baseamos a identificação dos indivíduos parasitados de *I. censoria* em caracteres morfológicos marcantes, como a última perna, que se diferencia das outras pelas suas visíveis listras em cores contrastantes (Fig. 2C-F). A busca ativa foi realizada durante a estação seca, sendo realizada durante 2 horas por uma equipe de dez pesquisadores que inspecionaram todas as plantas da área amostral.

### **Seleção de tamanho do hospedeiro**

Indivíduos parasitados são cobertos por hifas que tornam difícil a visualização e medição precisa do corpo do hospedeiro, e o tarso e metatarso da perna IV sempre ficam visíveis (Fig. 2C-F). Diante disso, avaliamos inicialmente se essas estruturas da perna IV eram correlacionadas com o comprimento total dos indivíduos. Para isso, coletamos 34 fêmeas não parasitadas e mensuramos o comprimento do cefalotórax e abdômen, assim como o comprimento total do tarso e metatarso da perna IV. Observamos uma correlação positiva, indicando que o tamanho do tarso e metatarso da perna IV é um preditor que representa o tamanho total das aranhas hospedeiras ( $r = 0.78$ ;  $p < 0.001$ ;  $R^2 = 0.61$ ).

Para avaliar a existência de seleção do tamanho das aranhas hospedeiras, coletamos, com o auxílio de uma pinça, a última perna do lado esquerdo de 32 aranhas parasitadas e as armazenamos em microtubos de 1,5 ml contendo álcool etílico 80%. A coleta das aranhas não parasitadas foi realizada por meio de busca ativa noturna, conduzida durante duas horas por dois pesquisadores, que resultou na coleta de 34 indivíduos não parasitados. Os indivíduos encontrados ao longo da trilha principal foram capturados e armazenados em tubos Falcon de 50 ml contendo álcool etílico 80%. No laboratório, com o auxílio de uma lupa ZEISS SteREO Discovery.V20, fotografamos e mensuramos o comprimento do tarso e metatarso de todas as aranhas, tanto parasitadas quanto as não parasitadas por *G. minensis* sp. nov.



**Figura 2.** Aranhas *Iguarima censoria* (Anyphaenidae) não parasitadas e parasitadas por *Gibellula minensis* sp. nov. (A) Indivíduo forrageando na vegetação; (B) Abrigo de seda construído pelas aranhas não parasitadas no limbo foliar. (C) Indivíduo adulto de *I. censoria* infectado por *G. minensis* sp. nov. em estágio inicial de desenvolvimento do fungo; (D) Colônia de *G. minensis* sp. nov. em estágio avançado de desenvolvimento; (E) Indivíduo de *I. censoria* apresentando sinêmios recém-formados (brancos); (F) Indivíduo de *I. censoria* apresentando sinêmios maduros (marrom claro); (G) Detalhe de um sinêmio branco, no início do desenvolvimento, com conidióforos apresentando cadeias de conídios; (H) Sinêmio desenvolvido marrom claro, com conidióforos densos e de coloração branca. Barras de escala: E, G, H = 1 mm.

### **Caracterização morfológica do fungo**

Para a descrição e estudo morfológico desta espécie de *Gibellula*, coletamos em campo 14 espécimes de *I. censoria* parasitados. Os indivíduos foram mantidos individualmente em tubos Falcon 50 ml, com sílica gel. No laboratório, obtivemos macrofotografias de cada espécime com o auxílio de uma câmera Nikon D7500 e lente macro 105 mm. Para a preparação das lâminas microscópicas, utilizamos lactoglicerol (25% ácido láctico, 50% glicerol, 25% água destilada). Após a montagem das lâminas, levamos ao microscópio óptico de luz Olympus BX53 e fotografamos as principais estruturas morfológicas com câmera Olympus Q-Color5. Já para a preparação das amostras para microscopia eletrônica de varredura, utilizamos pinças esterilizadas para fixar os sinêmios na fita condutiva de carbono de *stubs* e encaminhamos para o Núcleo de Microscopia e Microanálise - UFV. As amostras foram metalizadas no Metalizador Quorum Q150R S e fotografadas no Microscópio Eletrônico de Varredura (Leo 1430VP) / EDS. Com base nas imagens obtidas no microscópio óptico de luz, medimos as estruturas do fungo com o objetivo de compará-las com outras espécies de *Gibellula* spp. descritas. Além das características macromorfológicas da espécie, consideramos o comprimento e/ou largura mínima e máxima do sinêmio, conidióforo, vesícula, métula, fiálide e conídio.

### **PCR e sequenciamento**

Para identificação molecular, extraímos DNA genômico de seis espécimes de *Gibellula minensis* sp. nov., diretamente dos sinêmios retirados das aranhas parasitadas. Esses sinêmios foram macerados em microtubo de 1.5 mL com nitrogênio líquido. Usamos o *kit* Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega, USA), seguindo todas as recomendações do

fabricante. Após a extração, avaliamos tanto a concentração final quanto a qualidade do DNA por meio de espectrofotometria em NanoDrop®.

Amplificamos cinco regiões genômicas: a subunidade nuclear ribossomal menor (SSU), a subunidade nuclear ribossomal maior (LSU), o fator de alongamento de tradução 1- $\alpha$  (TEF), a primeira subunidade maior da RNA polimerase II (RPB1) e a segunda subunidade maior da RNA polimerase II (RPB2). Para cada região, uma reação em cadeia de polimerase (PCR) foi realizada com volume final de 25  $\mu\text{L}$ , contendo 1,0  $\mu\text{L}$  de cada *primer* [10 pmol] direto e reverso, 12,5  $\mu\text{L}$  de KAPA Fast DNA Polymerase Ready Mix [ $5 \text{ U}\mu\text{L}^{-1}$ ] (Sigma-Aldrich®, Darmstadt, Alemanha), 2  $\mu\text{L}$  de DNA genômico [ $50 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ ] e 8,50  $\mu\text{L}$  de água estéril livre de nuclease. As condições das reações de PCRs, para cada região, estão descritas na Tabela 1. Após a amplificação, os PCRs foram purificados e sequenciados pela Psomagen® (Nova York, EUA). O sequenciamento resultou em sequências bidirecionais, que foram montadas utilizando o programa Geneious Prime® 2025.0.2 (<https://www.geneious.com>).

**Tabela 1.** *Primers* usados e as condições das reações em cadeia da polimerase usadas para a amplificação de cada região genômica para identificar os espécimes de *Gibellula*.

Região genômica	Tamanho estimado (pb)	Primer	Desnaturação	Anelamento 1	Anelamento 2	Extensão final	Referência
SSU	900-1000	NS1	95 °C por 2 min	4 × (94 °C por 30 s, 55 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	35 × (94 °C por 30 s, 50.5 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	72 °C por 5 min	White et al. 1990
		NS4					Araújo et al. 2018
LSU	800-900	LR7	95 °C por 2 min	4 × (94 °C por 30 s, 55 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	35 × (94 °C por 30 s, 50.5 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	72 °C por 5 min	Vilgalys & Heester 1990
		LR0R					Vilgalys & Sun 1994 Araújo et al. 2018 Qasim et al. 2018a
TEF	700-950	2218R	95 °C por 2 min	10 × (94 °C por 30 s, 64 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	35 × (94 °C por 30 s, 54 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	72 °C por 5 min	Castlebury et al. 2004
		983F					Araújo et al. 2018
RPB1	800-900	RPB1-Ac	95 °C por 2 min	10 × (95 °C por 30 s, 64 °C por 1 min, 72 °C por 1 min)	35 × (95 °C por 30 s, 54 °C por 1 min, 72 °C por 1 min)	72 °C por 3 min	Murata et al. 2014
		RPB1-Cr					
RPB2	900-1000	fRPB2-5F fRPB2-7cR	95 °C por 2 min	40 × (94 °C por 30 s, 50 °C por 30 s, 72 °C por 1 min)	—	72 °C por 10 min	Castlebury et al. 2004 Liu et al. 1999

## Filogenia molecular

Todas as sequências de DNA dos espécimes de *Gibellula* avaliados foram comparadas com sequências do banco de dados de nucleotídeos NCBI BLASTn, para verificar se as amostras sequenciadas pertenciam ao gênero *Gibellula*. As análises filogenéticas foram realizadas utilizando todas as sequências disponíveis no banco de dados, incluindo o NCBI-GenBank, excluindo as muito divergentes. Após essa apuração inicial e inclusão dos nossos dados, o alinhamento final consistiu em 112 sequências (56 SSU, 93 LSU, 78 RPB1, 49 RPB2 e 97 TEF) (Tabela 2). Utilizamos a espécie *Hevansia novoguineensis* (NHJ 11923) como grupo externo, por ser a espécie de fungo mais próxima filogeneticamente do gênero *Gibellula* (Mendes-Pereira et al. 2022).

Para as análises de máxima verossimilhança (MV), utilizamos o ModelFinder e o PartitionFinder (Kalyaanamoorthy et al. 2017, Chernomor et al. 2016) para escolher o modelo de substituição de nucleotídeos mais adequado no programa IQ-TREE multicore v. 1.6.12, aplicando 1.000 réplicas de Bootstrap Ultrafast (Nguyen et al. 2015; Hoang et al. 2017). Para a inferência Bayesiana, utilizamos o MrModeltest2 v.2.4 (Nylander 2004), no PAUP\* v.4.0a (Swofford 2003), para verificar o modelo de melhor ajuste e realizamos duas execuções paralelas com quatro cadeias de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) no MrBayes v. 3.2.7.a (Ronquist et al. 2012). As execuções convergiram para uma frequência de divisão <0,01 quando atingiram 7,5 milhões de gerações. Descartamos 25% das topologias geradas na fase de descarte inicial (burn-in). A árvore filogenética de consenso de cada análise foi visualizada com o FigTree v. 3.5.9 (Rambaut 2017). Em cada ramo, são mostrados os valores de bootstrap acima do limiar estabelecido (ML > 50%). A escala de substituição de nucleotídeos é indicada na parte inferior. A topologia da análise IB é mostrada no S3. As árvores foram editadas usando o programa Inkscape ([www.inkscape.org](http://www.inkscape.org)).

**Tabela 2.** Sequências de *Gibellula* nos bancos de dados NCBI-GenBank, usadas nas análises filogenéticas. Isolados da nova espécie gerada neste estudo estão marcados em negrito.

Espécie	Código do Isolado	Números de acesso no GenBank					Referências
		RPB2	RPB1	SSU	TEF	LSU	
<b><i>Gibellula minensis</i></b>	LBMCF28	PX617124	PX617130	PX614359	PX617119	PX614353	Este estudo
<i>G. minensis</i>	MB7	PX617125	PX617131	PX614360	PX617120	PX614354	Este estudo
<i>G. minensis</i>	MB10	PX617126	PX617132	PX614361	PX617121	PX614355	Este estudo
<i>G. minensis</i>	MB13	PX617127	PX617133	n/a	PX617122	PX614356	Este estudo
<i>G. minensis</i>	MB17	PX617128	PX617134	PX614362	PX617123	PX614357	Este estudo
<i>G. minensis</i>	MB18	PX617129	PX617135	PX614363	n/a	PX614358	Este estudo
<i>G. agroflorestalis</i>	A29	n/a	n/a	PP958493	PP965287	PP958426	Alves et al. 2025
<i>G. agroflorestalis</i>	B26	n/a	n/a	PP958495	PP965291	PP958428	Alves et al. 2025
<i>G. agroflorestalis</i>	C38	n/a	n/a	PP958498	PP965296	PP958431	Alves et al. 2025
<i>G. attenboroughii</i>	IMI507230	n/a	n/a	PQ036924	n/a	PQ036929	Evans et al. 2025
<i>G. attenboroughii</i>	IMI507600	n/a	n/a	PQ036925	n/a	n/a	Evans et al. 2025

<i>G. aurea</i>	1PACOTI (LBMCF0003)	OL117022	n/a	OK329880	OK392618	OQ585967	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. aurea</i>	2PACOTI (LBMCF0004)	OL117023	n/a	OK329881	OK392619	OQ585968	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. aurea</i>	3PACOTI (LBMCF0005)	n/a	n/a	n/a	OQ658382	OQ585969	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. aurea</i>	25PACOTI (LBMCF0006)	OK315662	n/a	n/a	OK392624	OK329875	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. aurea</i>	26PACOTI (LBMCF0007)	OK315663	n/a	n/a	OK392622	OK329876	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. brevistipitata</i>	BCC57817	n/a	OK040715	n/a	OK040697	OK040706	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. cebrennini</i>	BCC53605	MT503336	MT503321	n/a	MT503328	MT477062	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. cebrennini</i>	BCC39705	MH52185 9	MH521822	n/a	MH521895	MH394673	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. clavulifera var. alba</i>	ARSEF1915	DQ522467	DQ522408	DQ522562	DQ522360	DQ518777	Spatafora et al. 2007
<i>G. dimorfa</i>	BCC47518	MH52186 3	MH521819	n/a	MH521892	MH394679	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. flava</i>	GNJ20200814-46	n/a	MW98014 6	MW96966 0	MW96141 3	MW96967 3	Chen et al. 2021
<i>G. flava</i>	WFS20190625-25	n/a	MW38488 3	MW03674 9	MW09132 5	MW08434 3	Chen et al. 2021

<i>G. floridensis</i>	UFSI_5	n/a	n/a	PP916009	PP938454	PP916001	Joseph et al. 2024
<i>G. fusiformispora</i>	BCC56802	MT503337	MT503322	n/a	MT503329	MT477063	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. fusiformispora</i>	BCC45076	MH52186 0	MH521823	n/a	n/a	n/a	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. gamsii</i>	BCC25798	n/a	MH152550	n/a	MH152563	MH152542	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC27968	n/a	MH152547	n/a	MH152560	MH152539	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC27970	n/a	MH152548	n/a	MH152561	MH152540	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC28797	MH15255 7	MH152549	n/a	MH152562	MH152541	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC29228	MH15255 8	MH152551	n/a	MH152564	MH152543	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC30449	MH15255 9	MH152552	n/a	MH152565	MH152544	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC42026	n/a	MH152555	n/a	MH152568	MH152545	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	BCC47868	MH15255 6	MH152546	n/a	n/a	MH152538	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. gamsii</i>	EPF034	n/a	n/a	n/a	JX192817	JX192753	Kuephadungphan et al. 2019
<i>G. leiopus</i>	LBMCF2022.86	n/a	n/a	OQ585788	OQ658391	n/a	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. leiopus</i>	LBMCF2022.98	n/a	n/a	OQ585790	OQ658393	n/a	Mendes-Pereira et al. 2023

<i>G. leiopus</i>	LBMCF2022.99	n/a	n/a	OQ585791	OQ658394	OQ585978	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. leiopus</i>	EBSL08 (LBMCF0011)	OL117024	n/a	OK329882	OK392621	OK329878	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. leiopus</i>	EBSL13 (LBMCF0001)	n/a	n/a	OK329879	OK392625	OK329874	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. leiopus</i>	BCC 16025	n/a	MF416649	MF416602	MF416492	MF416548	Kuephadungphan 2018
<i>G. leiopus</i>	BCC49250	OK070784	OK070783	n/a	OK070782	OK070781	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. longicaudata</i>	BCC40861	OK040724	OK040716	n/a	OK040698	OK040707	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. longispora</i>	GNJ20210710-02	OL981635	n/a	OL854201	OL981628	OL854212	Chen et al. 2022
<i>G. longispora</i>	NHJ 12014	EU369075	EU369055	EU369098	EU369017	n/a	Johnson et al. 2009
<i>G. mainsii</i>	LBMCF2022.96	n/a	n/a	OQ585789	OQ658392	n/a	Mendes-Pereira et al. 2022
<i>G. mirabilis</i>	LBMCF2020.01	n/a	n/a	OQ585782	OQ658385	OQ585972	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. mirabilis</i>	LBMCF2021.70	n/a	n/a	OQ585786	OQ658389	OQ585976	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. mirabilis</i>	LBMCF2021.80	n/a	n/a	OQ585787	OQ658390	OQ585977	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. mirabilis</i>	LBMCF2022.107	n/a	n/a	OQ585792	OQ658395	OQ585979	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. nigelii</i>	NHJ 10808	EU369076	EU369056	EU369099	EU369018	EU369035	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. parvula</i>	BCC48888	OK040725	OK040717	n/a	OK040699	OK040708	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. parvula</i>	BCC49748	OK040726	OK040718	n/a	OK040700	OK040709	Kuephadungphan et al. 2022

<i>G. penicillioides</i>	GNJ20200812-05	n/a	n/a	n/a	MW96141 8	MW96966 4	Chen et al. 2022
<i>G. penicillioides</i>	GNJ20200814-11	n/a	MZ215998	MW96965 0	MW96141 5	MW96966 1	Chen et al. 2022
<i>G. penicillioides</i>	GNJ20200814-14	n/a	MZ215999	MW96965 1	MW96141 6	MW96966 2	Chen et al. 2022
<i>G. penicillioides</i>	GNJ20200814-17	n/a	n/a	MW96965 2	MW96141 7	MW96966 3	Chen et al. 2022
<i>G. pigmentosinum</i>	BCC41203	n/a	MT503323	n/a	MT503330	n/a	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. pigmentosinum</i>	BCC41870	n/a	MT503324	n/a	MT503331	MT477064	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. pigmentosinum</i>	BCC38246	MH52185 5	MH521800	n/a	MH521893	MH394672	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. pigmentosinum</i>	NHJ 11679	n/a	EU369054	n/a	EU369016	n/a	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. pilosa</i>	BCC45580	n/a	OK040719	n/a	OK040701	OK040710	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. pulchra</i>	LBMCF2020.02	n/a	n/a	OQ585783	OQ658386	OQ585973	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. pulchra</i>	LBMCF2020.03	n/a	n/a	OQ585784	OQ658387	OQ585974	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. pulchra</i>	LBMCF2020.07	n/a	n/a	OQ585785	OQ658388	OQ585975	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. pulchra</i>	LBMCF2022.GA	n/a	n/a	OQ585780	OQ658383	OQ585970	Mendes-Pereira et al. 2023
<i>G. pulchra</i>	LBMCF2022.GB	n/a	n/a	OQ585781	OQ658384	OQ585971	Mendes-Pereira et al. 2023

<i>G. pulchra</i>	NHJ 10788	EU369078	EU369058	EU369101	EU369019	EU369036	Johnson et al. 2009
<i>G. pulchra</i>	NHJ 5401	EU369079	EU369059	EU369102	n/a	n/a	Johnson et al. 2009
<i>G. pulchra</i>	BCC47555	n/a	MH521804	n/a	MH521897	n/a	Johnson et al. 2009
<i>G. pulchra</i>	EPF083	n/a	n/a	JX192782	JX192813	JX192752	Kuephadungphan et al. 2014
<i>G. queenslandica</i>	BRIP 72767	OR459907	n/a	n/a	OR459912	OR452103	Tan & Shivas 2023
<i>G. scorpioides</i>	BCC47530	MT503338	n/a	n/a	MT503334	MT477065	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. scorpioides</i>	BCC47976	MT503339	MT503325	n/a	MT503335	MT477066	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. scorpioides</i>	BCC13020	n/a	MH521814	n/a	MH521901	MH394686	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. scorpioides</i>	BCC27985	MH52185 7	MH521815	n/a	MH521899	MH394662	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. scorpioides</i>	BCC43298	MH52185 8	MH521816	n/a	MH521900	MH394677	Kuephadungphan et al. 2020
<i>G. scorpioides</i>	BCC27986	OK040727	OK040720	n/a	OK040702	OK040711	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. solita</i>	BCC45574	n/a	OK040721	n/a	OK040703	OK040712	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. trimorpha</i>	BCC36538	MH52186 1	MH521817	n/a	MH521890	MH394668	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. trimorpha</i>	BCC36526	OK040728	OK040722	n/a	OK040704	n/a	Kuephadungphan et al. 2022
<i>G. única</i>	BCC46590	MH52186 6	MH521803	n/a	n/a	MH394678	Kuephadungphan et al. 2022

<i>G. única</i>	BCC45112	n/a	OK040723	n/a	OK040705	OK040713	Kuephadungphan et al. 2022
<i>H. novoguineensis</i>	NHJ11923	EU369072	EU369052	EU369095	EU369013	EU369032	Johnson et al. 2009
<i>T. arachnophilus</i>	BUG507	MH87961	MH885445	MH879644	n/a	MH879596	Chen et al. 2018

9

### **Análise de dados**

Para estimar a taxa de parasitismo de *I. censoria* por *G. minensis* sp. nov., dividimos o número de aranhas infectadas na parcela pelo total de aranhas saudáveis encontradas. A partir desse valor, multiplicamos por 100 para calcular a prevalência (em %) de parasitismo na população analisada.

Para investigar a seleção de tamanho por *G. minensis* sp. nov., utilizamos uma regressão logística. Consideramos o comprimento total do tarso e metatarso dos indivíduos como variável preditora e o status de parasitismo (parasitado e não parasitado), como variável resposta. Ajustamos um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição binomial e função de ligação *logit*. A comparação entre o modelo completo e o modelo nulo foi realizada com o auxílio de um teste qui-quadrado. Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 4.5.1 (R Core Team, 2025).

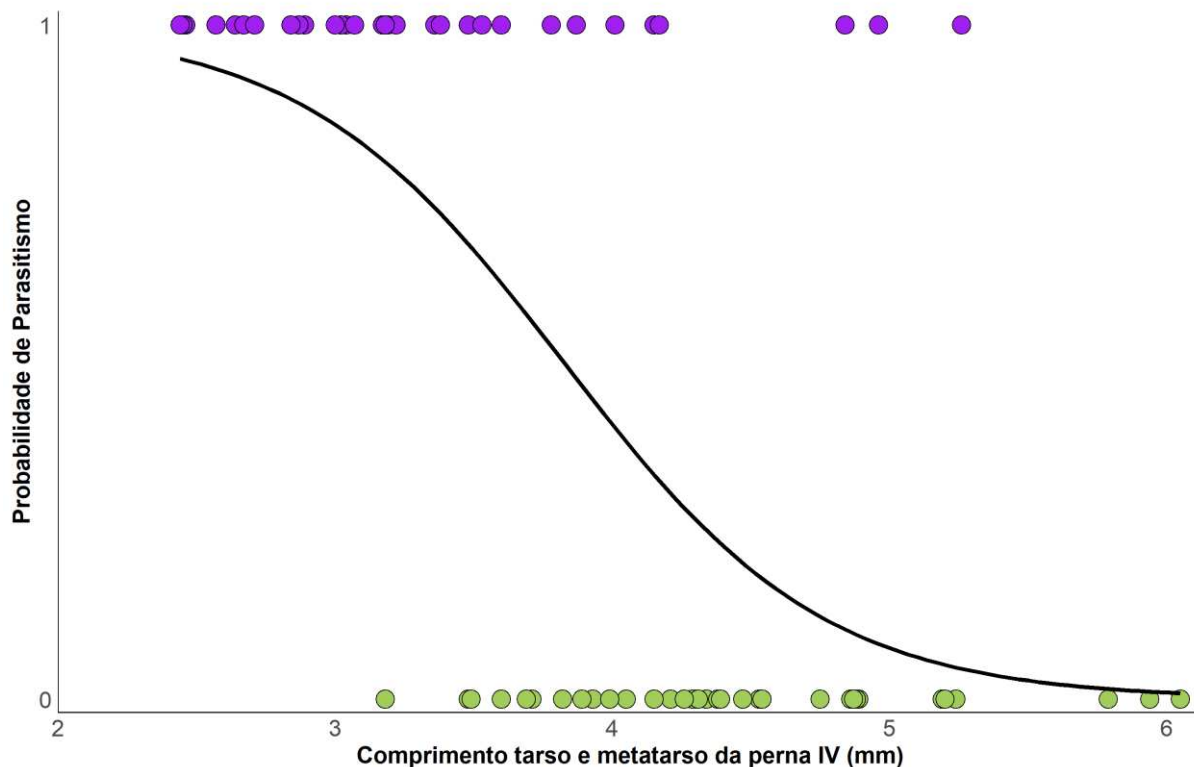
## **3. Resultados**

### **Prevalência de parasitismo**

Encontramos 56 indivíduos de *I. censoria* parasitados e 223 não parasitados, resultando em uma densidade média de 0,18 indivíduos por m<sup>2</sup>. Assim, observamos uma prevalência de parasitismo por *G. minensis* sp. nov. de 25,1%.

### **Seleção de tamanho**

Coletamos 34 pernas de espécimes *I. censoria* não parasitados e 32 parasitados. As aranhas *I. censoria* parasitadas apresentaram comprimento médio de tarso e metatarso de 3,19 ± 0,72 mm (variação: 2,44–5,26 mm), enquanto as não parasitadas apresentaram média de 4,33 ± 0,69 mm (variação: 3,18–6,05 mm). A probabilidade de parasitismo foi significativamente associada ao comprimento de tarso e metatarso ( $\chi^2 = 30.18$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.001$ ,  $\beta = -2,13$ ; IC = -3,28 a -1,23). Observamos que o aumento de um milímetro no comprimento do tarso e metatarso reduz a probabilidade de parasitismo em aproximadamente 88% (*odds ratio* = 0,12; IC95%: 0,038–0,293), indicando que *G. minensis* sp. nov. parasita preferencialmente indivíduos menores de *I. censoria* (Fig. 3).



**Figura 3.** Regressão logística entre o comprimento do tarso e metatarso dos indivíduos (mm) e o status de parasitismo. Os pontos roxos representam indivíduos de *Iguarima censoria* parasitados e os pontos em verde representam indivíduos não parasitados.  $y = 8,12 - 2,12x$

### Taxonomia

*Gibellula minensis* sp. nov. Santos, Mendes-Pereira & Kloss, 2025

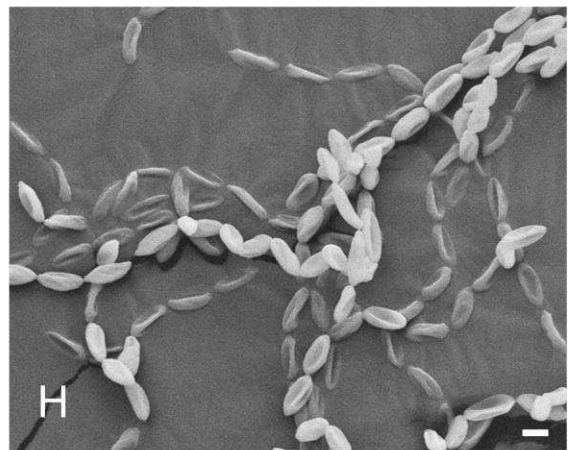
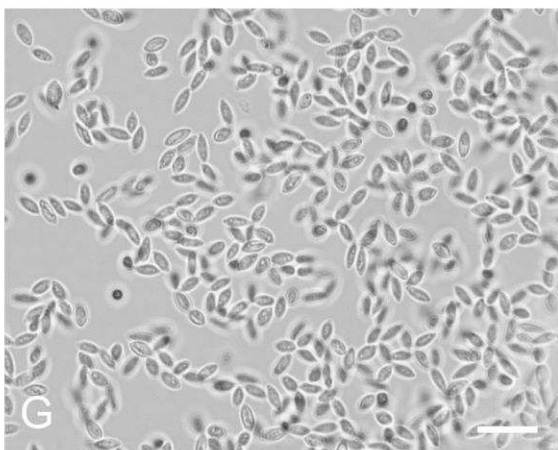
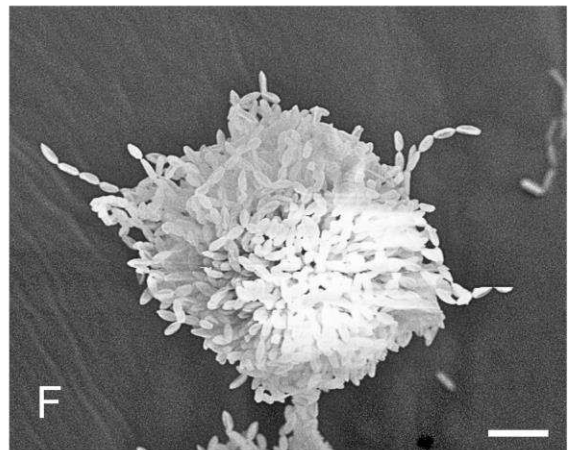
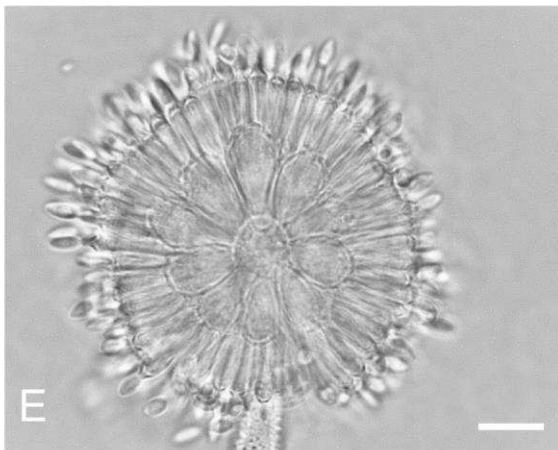
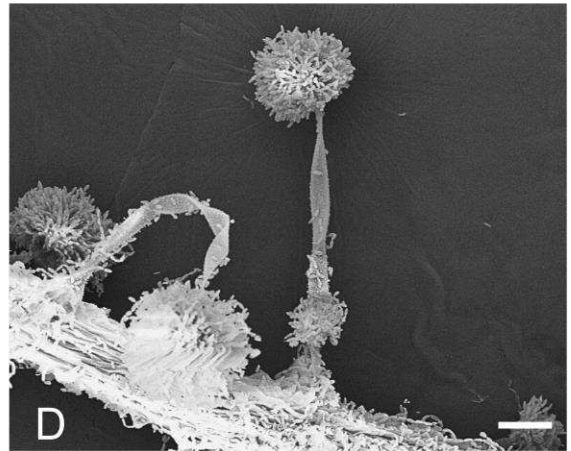
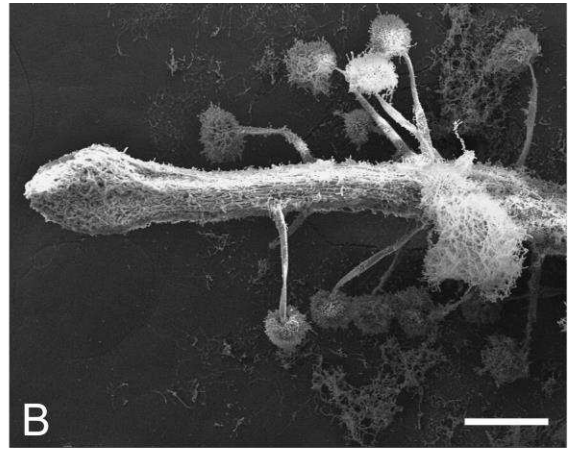
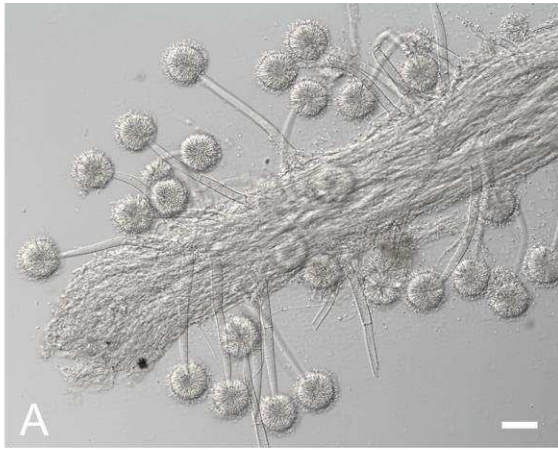
**Holótipo:** BHCB224428 (MB5): Mata da Biologia, *campus* UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Lat: 20° 45' 24" S, Long: 42° 51' 40" W. Coletado por Santos, A., 28.jun.2024, depositado no Centro de Coleções Taxonômicas – Herbário da Universidade Federal de Minas Gerais-Fanerógamas, algas e fungos (BHCB). Outros materiais depositados (parátipos): BHCB224429 (MB7), BHCB224430 (MB17). Mata da Biologia, *campus* UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Lat: 20° 45' 24" S, Long: 42° 51' 40" W. Coletado por Santos, A., 28.jun.2024.

**Etimologia:** – *minensis* é um epíteto latino que significa "de Minas" ou "originário de Minas Gerais", indicando a origem geográfica onde a espécie é majoritariamente encontrada. Minas Gerais é o quarto maior estado do Brasil, localizado na região sudeste do país.

**Diagnose:** *Gibellula minensis* sp. nov. diferencia-se morfológicamente das outras espécies de *Gibellula* por suas hifas marrom-claras e conidióforos brancos densos (Fig. 2D-F), os quais se concentram nos sinêmios e carregam cadeias de conídios. Quando a colônia está em seu estágio inicial de desenvolvimento, o sinêmio exibe uma coloração branca (Fig. 2G), que progressivamente se torna marrom-clara à medida que a estrutura envelhece (Fig. 2H). Conidióforos são ligeiramente maiores do que o observado em outras espécies do gênero *Gibellula* (168,52 – 234,36  $\mu\text{m}$  versus média geral: 71,71 – 172,05  $\mu\text{m}$ ) e fiálides são mais finas do que na maioria das espécies (1,5–2,54  $\mu\text{m}$  versus média geral: 2,2–3,23  $\mu\text{m}$ ) (Tabela 3).

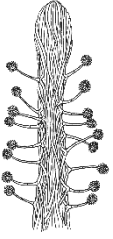
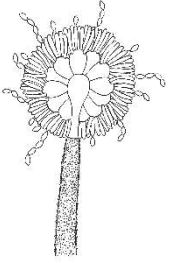
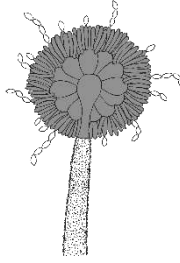
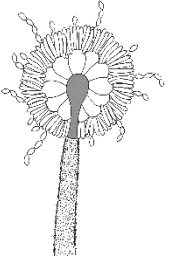
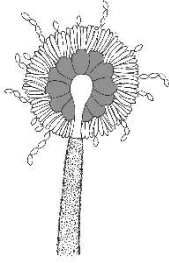
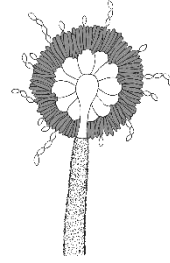
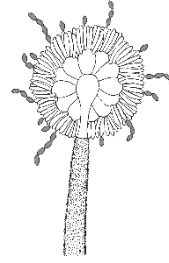
**Descrição:** **Micélio** marrom claro, cobrindo a aranha hospedeira, principalmente no cefalotórax e o prossoma. **Sinêmios** brancos no início do desenvolvimento e marrom claro quando mais desenvolvidos (Fig. 2G,H). Aranhas podem apresentar três a múltiplos sinêmios, sendo longos, cilíndricos e de ponta oval estéril; medindo 1.771,1–4.413,45 mm  $\times$  50,24–111,52  $\mu\text{m}$  (min-max) (comprimento  $\times$  largura) (Fig. 4A,B). **Conidióforos** brancos hialinos, aspergilados (esféricos) e numerosos; surgindo ao longo dos sinêmios e no micélio que envolve o corpo, mas raramente nas pernas do hospedeiro; base do conidióforo com textura verrugosa, 168,52–234,36  $\mu\text{m}$  de comprimento e 6,503–10,501  $\mu\text{m}$  de largura (N=38) (Fig. 4C,D). **Cabeças conidiais** globosas e brancas, 32,99–56,02  $\mu\text{m}$  de diâmetro (N=55) (Fig. 4E,F). **Vesículas** presentes e globosas (Fig. 5c), 15,58–20,86  $\mu\text{m}$   $\times$  7,323–9,514  $\mu\text{m}$  (N=20). **Métulas** obovoidais (Fig. 4E,F) 7,40–11,99  $\mu\text{m}$   $\times$  4,62–7,71  $\mu\text{m}$  (N=52). **Fiálides** cilíndricas (Fig. 4E,F), 7,47–10,25  $\mu\text{m}$   $\times$  1,48–2,54  $\mu\text{m}$  (N=35). **Conídios** numerosos, elipsoides, hialinos, com paredes lisas (Fig. 4G,H), 3,71–5,10  $\mu\text{m}$   $\times$  1,16–2,97  $\mu\text{m}$  (N=65). Morfologia de conidióforos sexuais ou teleomorfo não observados.

**Distribuição:** Mata Atlântica, Estado de Minas Gerais, Brasil.



**Figura 4.** *Gibellula minensis* sp. nov. em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura. (A,B) ponta do sinêmios; (C,D) conidióforos formados a partir de hifas entrelaçadas do sinêmio; (E,F) cabeça conidial aspegilada; (G,H) conídios. Barras de escala: A = 40  $\mu\text{m}$ ; B = 100  $\mu\text{m}$ ; C = 40  $\mu\text{m}$ ; D = 20  $\mu\text{m}$ ; E-G = 10  $\mu\text{m}$ ; H = 2  $\mu\text{m}$ .

**Tabela 3.** Comparação dos caracteres morfológicos de *Gibellula minensis* sp. nov. e todas as espécies do gênero. Em cinza escuro, destacamos as estruturas correspondentes.

Espécies	Sinêmios	Conidióforo (µm)	Cabeça conidial (µm)	Vesícula	Métula (µm)	Fiálide (µm)	Conídio (µm)	Referências
								
<i>Gibellula minensis</i>	Numerosos, marrom claro, cilíndricos, ponta oval estéril	Aspergilado, longo e branco, 168–234 µm de comprimento	Esférica, branca, 33–56,2 µm de diâmetro	Presente, globosa	Obovoide, 7–11,9 × 5–8 µm	Cilíndrica, 7,4–10,5 × 1,5–2,5 µm	Elipsoide, 3,7–5,3 × 1,2–2,9 µm	Este estudo
<i>Gibellula alata</i>	Solitário, castanho, fino, curto e ponta bulbosa	Branco a acinzentado com ponta afinada, 660 µm de comprimento	50 µm de diâmetro	–	Ovalada, 10–12 × 7–9 µm	Clavada, 9–13 × 3–4 µm	Cilíndrico, clavada, oblongo–oval, 4–9 × 2–4 µm	Samson & Evans 1973
<i>Gibellula aurea</i>	Solitário ou até três, amarelo–ouro, cilíndrico, ponta inflada fértil	Aspergilado, longo, branco, hialino, 87–320 µm de comprimento	Globosa, branca, hialina, 29–48 µm de diâmetro	Presente, elipsoidal	Elipsoide a obovoide, 5–12 × 3,5–10 µm	Cilíndrica, 5–8,9 × 1,5–3,57 µm	Elipsoide, 2,54–3,97 × 1,78–2,9 µm	Mendes–Pereira et al. 2022

<i>Gibellula agroflorestalis</i>	Solitário ou até dois, brancos, curtos, eretos, cilíndrico, ponta estreita	Aspergilado, branco, 21–37 µm de comprimento	–	Presente	Subglobosa a obovoide, 6–8 × 4–5 µm	Subcilíndrica a estreitamente clavada, 5–7 × 2–3 µm	Lacrimoide a subclavada, 3–5 × 1–2 µm	Alves et al. 2025
<i>Gibellula attenboroughii</i>	Multiplos, cilíndricos, numerosos, branco a creme, inchados na base, ponta cônica	Aspergilado, branco, 80–120 µm de comprimento	–	Presente, esférica a amplamente obovoide	Esférica a amplamente obovoide, 10–12 × 6–8 µm	Cilíndrica, 7,5–9,5 × 2,5–3,5 µm	Elipsoide/fusiforme, 4–6 × 1,5–2 µm	Evans et al. 2025
<i>Gibellula brevistipitata</i>	Múltiplos, cilíndrico, marrom-brancos, curtos, ponta inchada/ovoide	Aspergilado, distintamente rugoso, ponta delgada, 58–100 µm de comprimento	34,5–37,5 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide ou amplamente elipsoide, 7–9,5 × 5–7 µm	Cilíndrica a estreitamente clavada, frequentemente espessado apicalmente, 7,5–9 × 2–2,5 µm	Elipsoide ou estreitamente amendoado, 3–4,5 × 1,5–2 µm	Kuephadungphan et al. 2022
<i>Gibellula brunnea</i>	Multiplos, branco/amarelado globosa a piriforme, ponta estéril acuminada	Aspergilado, delgado, 350 µm de comprimento	60–80 µm de diâmetro	Presente	Elipsoide a obovoide, 10–12 × 6–9 µm	Cilíndrica a elipsoide, 10–13 × 3–4 µm	Fusiforme, clavada, apiculado 8–10 × 2–2,5 µm	Samson & Evans 1992
<i>Gibellula cebrennini</i>	Cilíndrico, branco a creme, cilíndrico, ponta estéril e ampliado	Aspergilado, cônico, 95–139 µm de comprimento	24–29,5 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide, 6–7,5 × 4,5–6 µm	Estreitamente obovoide, 5,5–7,5 × 1,5–2,5 µm	Fusiforme, 5,5–7,5 × 1,5–2,5 µm	Kuephadungphan et al. 2022

<i>Gibellula clavata</i>	Solitário ou em pares, brancos, amplamente clavadas, ponta delgada.	Aspergilado, curto, 30–50 µm de comprimento	25–40 µm de diâmetro	Presente	Elipsoide a obovoide, 6–7,5 × 4–5 µm	Cilíndrica, 5,5–7,5 × 2–3 µm	Fusiforme, 6–7 × 2–2,7 µm	Samson & Evans 1992
<i>Gibellula clavispota</i>	Solitário e disperso, branco, cilíndrico e ponta acuminado	Aspergilado, ponta delgada, 96–113 µm de comprimento	–	Presente	Obovoide, 7,6–8,6 × 3,2 µm	Clavada, 8,6–10,8 × 2,2 µm	Clavada a elipsoide, 2,2–6,5 × 1,1–2,2 µm	Chen et al. 2016
<i>Gibellula clavulifera</i>	Solitário ou em pares, lilás/cinza–púrpura, grande, cabeça curta cilíndrica a subglobosa	Penicilado, lilás, paredes lisas, 60 µm de comprimento	–	Ausente	Cilíndrica a subcilíndrica, 8–12 × 3–5 µm	Cilíndrica a clavada, 12–20 × 2,5–4 µm	Fusiforme, cilíndrica, estreita–oval, oblonga–oval, 5–9 × 1,5–2 µm	Samson & Evans 1976
<i>Gibellula clavulifera var. alba</i>	Solitários e brancos	Penicilados, 100 µm de comprimento	–	Ausente	Ausente ou muito reduzido, 9–15 × 3–4 µm	Cilíndrica, 10–12,4 × 1,5–2,5 µm	Fusiforme a apiculada, 5–7,5 × 1,5–2 µm	Humber & Rombach 1987
<i>Gibellula clavulifera var. major</i>	Solitários, brancos a amarelados, cilíndricos	Penicilados, 140 µm de comprimento	–	Ausente ou pouco desenvolvidos	Clavada a cilíndrica, 12,7–19,8 × 4–5,6 µm	Ampuliforme a cilíndrica, 12,7–19,8 × 3,6–4,8 µm	Amplamente fusiforme a fusiforme, 7,1–12 × 2,4–4 µm	Tzean et al. 1997
<i>Gibellula curvispora</i>	Múltiplos, branco, ponta inflada	Aspergilado, 200 µm de comprimento	–	Presente	–	Subglobosa a elipsoidal, 5,5–8,2 × 4,7 µm	Cilíndrica a botuliforme, 4,7–11 × 1,6–2,4 µm	Han et al. 2013
<i>Gibellula dabiesshanensis</i>	Solitário ou em pares	Paredes lisas, 27–44 µm de comprimento	–	–	–	Cilíndrica	Fusiforme, 3,2–4 × 1,1–1,8 µm	Zou et al. 2016

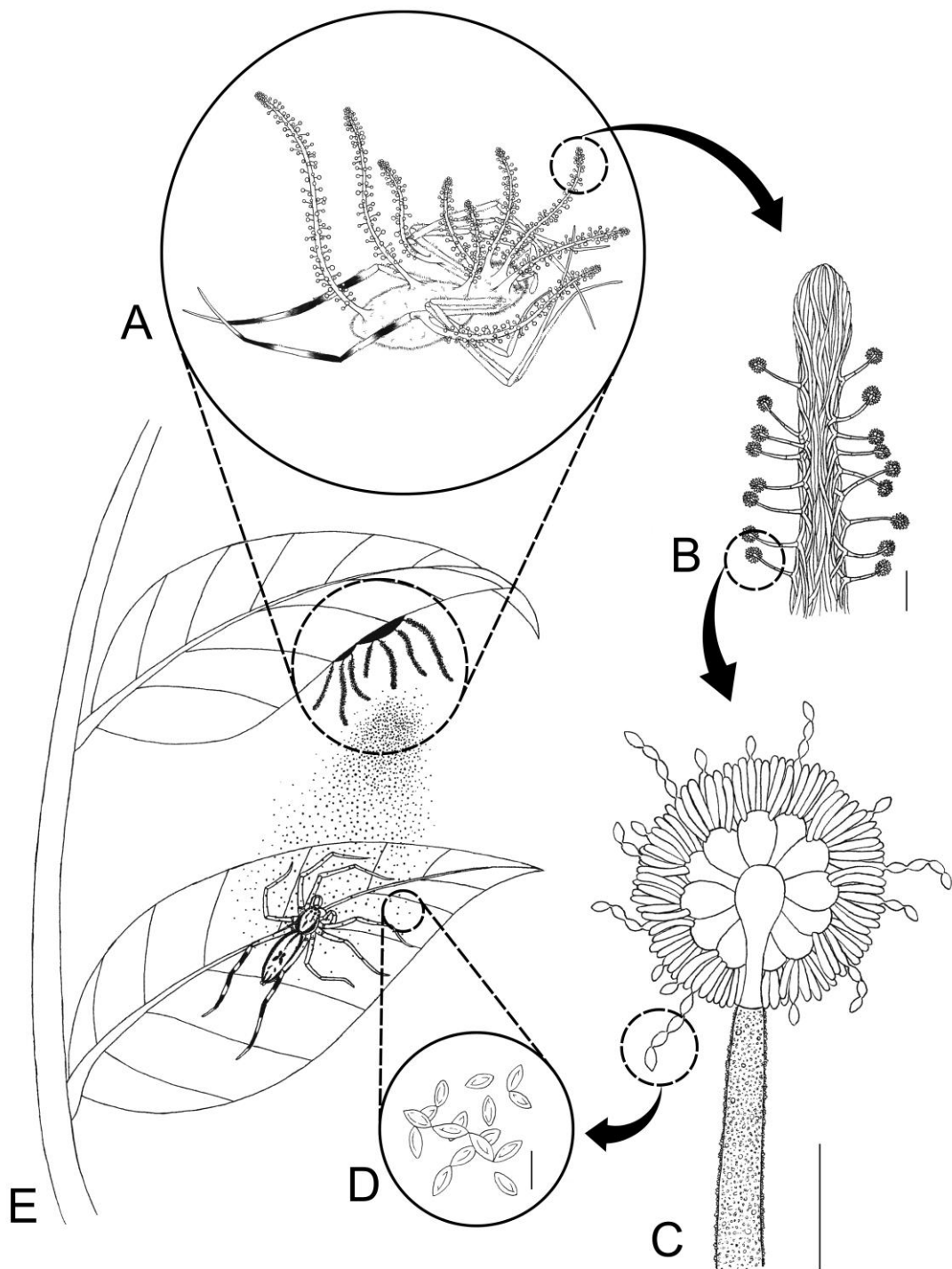
<i>Gibellula dimorpha</i>	Solitário, branco/branco amarelado/branco-castanho branco-alaranjado, cilíndrico e curvo	Aspergilado, 100–175 µm de comprimento	Esférica, 36–54 µm de diâmetro	Presente, globosa a subglobosa	Obovoide, 7,1–11,9 × 6,4–8,7 µm	Cilíndrica, 5,6–8,7 × 2,5–4 µm	Fusoide a elipsoide, 3,2–4,1 × 2–2,4 µm	Tzeano et al. 1998 Kuephadungphan et al. 2022
<i>Gibellula flava</i>	Branco a amarelo-branco, em grupos	Aspergilado, verrucoso, 33,5–123,5 µm de comprimento	–	Presente	Amplamente obovoide ou amplamente elipsoide, 5,5–7 × 3,5–5,5 µm	Estreitamente obovoide a cavado, 5,5–7 × 1,5–2,5 µm	Fusiforme, 3–4 × 1–2 µm	Chen et al. 2021
<i>Gibellula floridensis</i>	Múltiplos, amarelo, curvado, isolado, ramificado, com extremidades clavadas	Aspergilado, 64–100 µm de comprimento	30–50 µm de diâmetro	Presente	8–14 × 3–7 µm	8–11 × 2–4 µm	Curvada, 5–7 × 1,5–3 µm	Joseph et al. 2024
<i>Gibellula fusiformispora</i>	Solitário ou em pares, branco a creme, ponta inchada e estéril	Aspergilado, 31–53 µm de comprimento	32–34,5 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide, 7,5–9 × 5–5,5 µm	Estreitamente obovoide, 7–8,5 × 2–3 µm	Fusiforme a amplamente fusiforme, 4–5 × 1,5–2 µm	Kuephadungphan et al. 2020
<i>Gibellula gamsii</i>	Solitário ou grupo de três, branco-amarelado a amarelo pálido, ponta arredondada e estéril	Aspergilado, hialino, 10–91 µm de comprimento	Esférica, 31–48 µm de diâmetro	Presente, elipsoidal a globosa	Elipsoide a obovoide, 3,5–10 × 3,5–8 µm	Oblonga-elíptica, 5,5–11 × 2–3 µm	Fusiforme a fusiforme a elíptico, 3–5,5 × 1–3 µm	Kuephadungphan et al. 2019

<i>Gibellula leiopus</i>	Múltiplos, branco/amarelado branco/amarelo/acinzentado/amarelo-creme, cilíndrico/ligeiramente clavado/cônico/arredondado, ponta delgada	Aspergilado, curtos e aglomerados, 24–80 µm de comprimento	Hemisférica, 24–56 µm de diâmetro	Presente	Elipsoide/cilíndrica/obovoide/globular/clavada/fusifor-me-elíptica/obovada, 7,5–10,7 × 3,7–6,4 µm	Clavada/subcilíndrica/cilíndrica, 7,9–11,5 × 2,4–3,4 µm	Ovoide/elipsoide/cilíndrica/fusiforme/obclavada, 3–5,4 × 1,6–2,5 µm	Kubátová 2004
<i>Gibellula liaoningensis</i>	Numerosos, cor lavanda	Penicilado, minuciosamente desbastado, 9,1–27,1 µm de comprimento	–	Ausente	Obovoide para elipsoide, 6,9–10,1 × 3,4–6,7 µm	Clavada, 6,1–9,8 × 1,6–3,1 µm	Clavada, 3,4–4,9 × 1,7–2,4 µm	Liu et al.2025
<i>Gibellula longicaudata</i>	Solitário, branco, cilíndrico, ponta ovoide.	Penicilado, aglomerados, 15–28 µm de comprimento	–	Ausente	Obovoide a elipsoide, 7–8 × 3–3,5 µm	Cilíndrica a estreitamente clavada, 7,5–9 × 2–3 µm	Fusoide a ovoide, 3,5–5 × 1–2 µm	Kuephadungphan et al. 2022
<i>Gibellula longispora</i>	Múltiplos, branco a creme, cilíndrico	Aspergilado, estreio até a ponta, 60–153,5 µm de comprimento	38,5–49 µm de diâmetro	Presente	Obovoide a oval, 6,5–9,5 × 5–7 µm	Clavada, 7–9,5 × 2–3 µm	Fusiforme, 5–7 × 1–2 µm	Chen et al.2022
<i>Gibellula mainsii</i>	Ausente	Aspergilado, hialino, ponta delgada, 350 µm de comprimento	50–80 µm de diâmetro	Presente	Elipsoide a obovoide, 10–12 × 6–9 µm	Cilíndrica, 10–13 × 3–4 µm	Fusiforme/clavada/apiculada, 8–10 × 2–2,5 µm	Samson & Evans 1992
<i>Gibellula mirabilis</i>	Em pares, branco a amarelo claro, curtos, ponta estéril marrom-dourada	Presente, ponta delgada, 80 µm de comprimento	25–40 µm de diâmetro	Presente	Elipsoide a obovoide, 6–9 × 5–8 µm	Cilíndrica a elipsoide, 5,5–7,5 × 3–4 µm	Fusiforme 5–7 × 2–3,5 µm	Samson & Evans 1992

<i>Gibellula nigelii</i>	Solitário, branco, cilíndrico, ápice delgado	Aspergilado, ponta delgada, dispersos, 55–85 µm de comprimento	38–41 µm de diâmetro	Presente	Obovoide, 7–7,5 × 5,5–6,5 µm	Clavada a cilíndrica, 7–8 × 2–2,5 µm	Elipsoide a ovoide, 3–3,5 × 1–1,5 µm	Kuephadung phan et al. 2022
<i>Gibellula parvula</i>	Em pares, branco amarelado, cilíndrico, ponta ovoide	Aspergilado, ponta delgada, 85–145 µm de comprimento	33,5–37 µm de diâmetro	Presente	Obovoide, 7–8,5 × 5–6,6 µm	Clavada a cilíndrica, 7–9 × 2,5–3 µm	Elipsoide/ovoide/baciliforme, 4–5,5 × 2,5–3 µm	Kuephadung phan et al. 2022
<i>Gibellula penicillioides</i>	Solitários, branco–acastanhado/amarelo–creme/marrom claro, cilíndrico	52,5–92 µm de comprimento	–	Raramente desenvolvido	Clavado/alar gamento em direção à base/cilíndrica, 13–17,5 × 3,5–5 µm	Cilíndrica, 12,5–15,5 × 3–4 µm	Fusiforme, 7,5–9 × 2,5–3,5 µm	Chen et al. 2022
<i>Gibellula pigmentosinum</i>	Solitário ou em pares, branco/branco–amarelado, cilíndrico	Aspergilado, estreitando para um ápice delgado, 97,5–170 µm de comprimento	30–39 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide, 6–8 × 4–6 µm	Obovoide a clavada, 5,5–8 × 2–3 µm	Obovoide, 3,5–5 × 1–2 µm	Kuephadung phan et al. 2020
<i>Gibellula pilosa</i>	Em pares, marrom–amarelado claro, cilíndrico, ponta globosa	Aspergilado, ponta delgada, 151–265 µm de comprimento	41,5–43 µm de diâmetro	Presente	Obovoide, 9,5–11 × 7–8 µm	Clavada/cilíndrica, 7–9 × 2,5–3 µm	Amendoide, 3–4 × 1,5–2 µm	Kuephadung phan et al. 2022

<i>Gibellula pulchra</i>	Solitário ou numerosos, branco/amarelado branco/amarelo claro/amarelo pastel/amarelo acinzentado/laranja branco/laranja claro/laranja claro/amarelado, cilíndricos, ponta clavada	Aspergilado, branco, 120–215 × 7,5–9 µm de comprimento	30–48 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide, 8–9,5 × 6–7 µm	Estreitamente clavada a cilíndrico, 6–8 × 2–2,5 µm	Elipsoide/fusiforme/cilíndrico/ovóide-oblongo/fusiforme/ovóide, 3,5–6 × 1,5–2,5 µm	Kuephadungphan et al.2022
<i>Gibellula scorpioides</i>	Solitário, branco/acinzentado /branco-amarronzado, cilíndrico	Penicilados, 20–29 µm de comprimento	–	Ausente	Obovoide, 9,5–12,5 × 3–5 µm	Amplamente cilíndrica, 10–12,5 × 2,5–3,5 µm	Fusiforme, 5–7 × 2–3 µm	Kuephadungphan et al. 2020
<i>Gibellula shennongjiaensis</i>	Solitário, branco a amarelado, cilíndrico	Aspergilado, ponta delgada, rugoso, 77–107 µm de comprimento	18–25 µm de diâmetro	Presente	Elipsoide, 5,4–7,6 × 2,1–4,3 µm	Clavada, 5,4–10,8 × 1,1–2,2 µm	Cilíndrica a fusiforme, 3,2–6,5 × 1,1–1,6 µm	Zou et al.2016
<i>Gibellula solita</i>	Grupos de três, amarelo a branco acastanhado, cilíndrico, ponta inchada	Aspergilado, verrugoso, 82–146 µm de comprimento	30,5– 32,5 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide, 7–7,5 × 5–6 µm	Estreitamente clavada a cilíndrico, 6–7 × 2–2,5 µm	De elipsoide a ovoide, ocasionalmente globoso, 2–2,5 × 1–1,5 µm	Kuephadungphan et al.2022

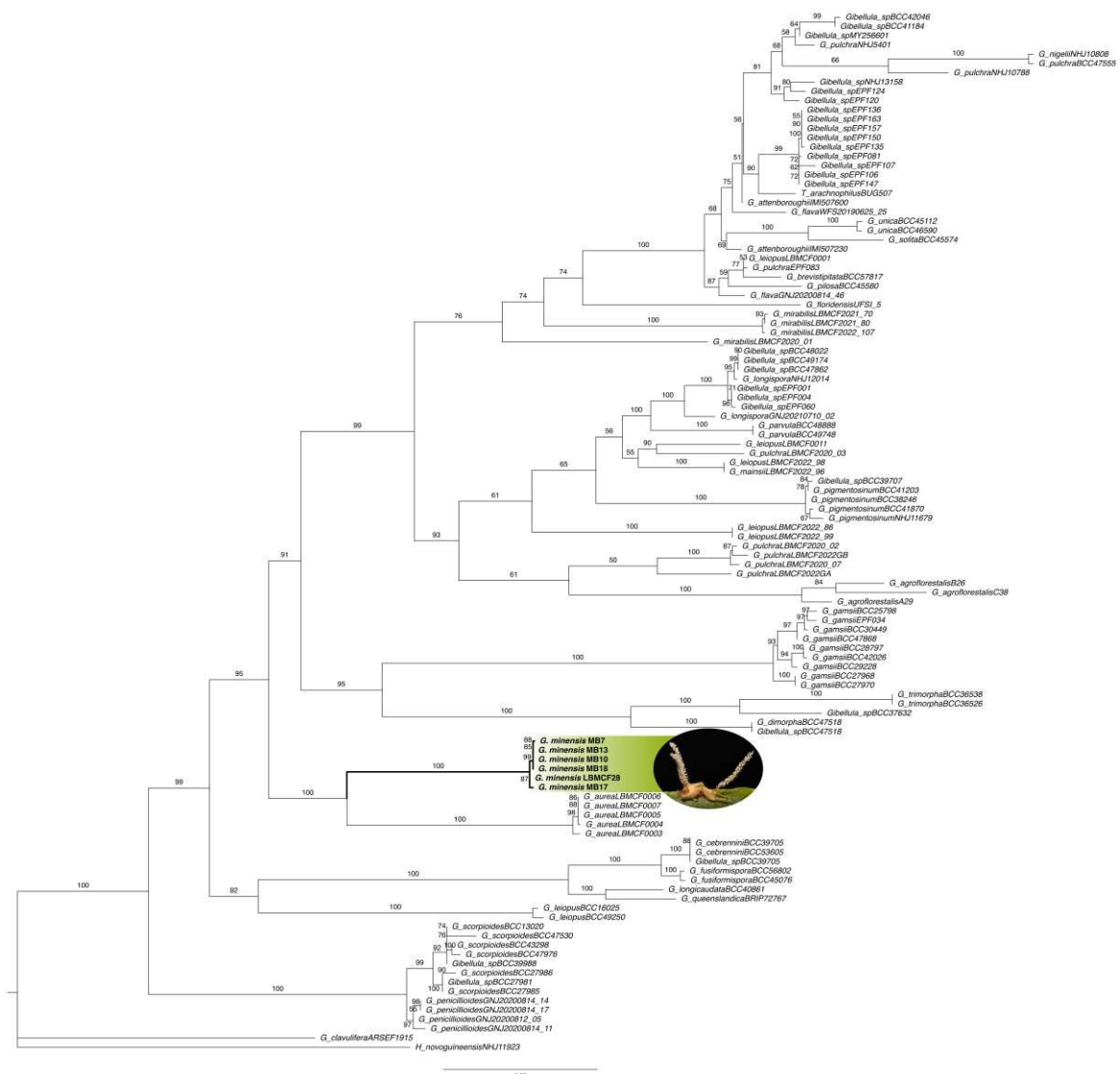
<i>Gibellula trimorpha</i>	Solitário, branco claro a marrom, cilíndrico e curto	Aspergilado, hialino, 65–230 µm de comprimento	Esférica, 37–44 µm de diâmetro	Presente, elipsoidal, globosa a subglobosa	Elipsoide, 7–10 × 6–7 µm	Cilíndrica 8–13 × 3 µm	Filiforme em cadeias, 4–5 × 2 µm	Kuephadung phan et al.2022
<i>Gibellula unica</i>	Em grupos de dois a três, branco a branco–amarronzado, cilíndrico	Aspergilado, dispersos, ponta delgada, 235–273 µm de comprimento	40–52 µm de diâmetro	Presente	Amplamente obovoide, 5–7 × 3,5–5 µm	Amplamente cilíndrico a clavada, 7–9 × 2–3 µm	Estreitamente elipsoide, 4–5 × 2 µm	Kuephadung phan et al.2022



**Figura 5.** *Gibellula minensis* sp. nov. em representação esquemática (A) local de morte de *Iguarima censoria* parasitada; (B) sinêmio de *G. minensis* sp. nov. sobre o cadáver; (C) conidióforo aspergilado; (D) conídios; (E) *I. censoria* saudável sobre a vegetação, em contato com os esporos. Escalas: B = 65  $\mu$ m; C = 20  $\mu$ m; D = 4 $\mu$ m.

## Filogenia molecular

Após o sequenciamento do DNA de espécimes de *G. minensis* sp. nov, obtivemos sequências das regiões genômicas SSU (n = 5), LSU (n = 6), TEF (n = 5), RPB1 (n = 6) e RPB2 (n = 6). Os 112 taxa utilizados na análise de máxima verossimilhança foram divididos em quatro partições de acordo com os melhores modelos de substituição e partição calculados e apresentaram um total de 1808 sítios únicos, além de 1127 sítios informativos e 3379 sítios invariáveis. As sequências de *Gibellula* deste estudo, juntamente com as de estudos anteriores incluídas nas análises, formaram 23 clados, a maioria apresentando alto suporte (BS > 50). *Gibellula minensis* sp. nov. formou um clado com 100% de suporte (Fig. 6). Topologias semelhantes foram obtidas nas abordagens de Máxima Verossimilhança e Inferência Bayesiana para os principais clados (Fig. 6 e S2). No entanto, há algumas amostras na literatura com baixa precisão na identificação (somente no nível de gênero), que precisam de mais investigação.



**Figura 6.** Posição de *Gibellula minensis* sp. nov. na árvore filogenética do gênero *Gibellula*. A filogenia foi baseada em seqüências das regiões SSU, LSU, TEF, RPB1 e RPB2. Os números nos ramos indicam valores de *bootstrap* (ML > 50%). Os espécimes de *G. minensis* sp. nov. sequenciados neste estudo estão destacados em verde. A espécie *Hevansia novoguineensis* (NHJ 11923) foi usada como grupo externo.

#### 4. Discussão

As nossas análises morfológicas e moleculares obtiveram um grande suporte para inferir que *G. minensis* sp. nov. é uma nova espécie do gênero *Gibellula*, tendo *G. aurea* como a espécie mais próxima filogeneticamente. Observamos que *G. minensis* sp. nov. representa um importante inimigo natural para aranhas da espécie *I. censoria* e possuem maior prevalência de parasitismo em indivíduos menores de *I. censoria*. Constatamos que as aranhas parasitadas sempre morrem na face abaxial das folhas, ficando fixadas ao limbo foliar por meio de uma camada de fios de seda que elas próprias constroem antes de morrer. Essas observações sugerem que *G. minensis* sp. nov. pode manipular o comportamento de *I. censoria*.

Na classificação tradicional do gênero *Gibellula*, a combinação de critérios morfológicos, como a cor e o número de sinêmios, é utilizada como um diagnóstico marcante para delimitar a maioria das espécies (Kuephadungphan et al. 2022). Na nova espécie, observamos o desenvolvimento de numerosos sinemas que, em seu estágio inicial, são brancos, tornando-se gradualmente marrom-claros, semelhantes às hifas ao redor do corpo do hospedeiro. Em relação às estruturas microscópicas da espécie, observamos que *Gibellula minensis* sp. nov. A espécie apresenta cabeças conidiais com diâmetro de 33–56  $\mu\text{m}$ , conidióforos aspergilóides com altura entre 168–234  $\mu\text{m}$ , vesículas globosas medindo 15,5–20,8  $\times$  7,3–9,5  $\mu\text{m}$  (comprimento  $\times$  largura), métulas obovoídes medindo 7–11,9  $\times$  5–8  $\mu\text{m}$  e fiálides cilíndricas medindo 7,4–10,5  $\times$  1,5–2,5  $\mu\text{m}$ . Estudos recentes sugerem que características como vesículas, métulas e fiálides apresentam alta uniformidade entre diferentes espécies do gênero, dificultando seu uso em caracterizações (Liu et al. 2025). No entanto, ao observar *G. minensis*, identificamos fiálides mais finas do que a média geral, representando uma característica diagnóstica. Embora as cabeças dos conídios sejam de tamanho semelhante às de outras espécies, *G. minensis* possui conidióforos ligeiramente maiores, indicando estipes mais longos, o que também é um critério adicional para sua diferenciação. Além disso, as colônias de *G. minensis* sp. nov. também se distinguem pela presença de conidióforos brancos

densos, que produzem cadeias de conídios ligeiramente maiores em comparação com os conídios de sua espécie filogeneticamente mais próxima, *Gibellula aurea* (Tabela 3).

Na classificação tradicional do gênero *Gibellula*, a combinação de critérios morfológicos, como cor e o número de sinêmios é utilizada como um diagnóstico marcante para delimitar a maioria das espécies (Kuephadungphan et al. 2022). Observamos na nova espécie o desenvolvimento de numerosos sinêmios, que, em seu estágio inicial, apresentam coloração branca, tornando-se gradualmente marrom-clara, iguais às hifas ao redor do corpo do hospedeiro. Já em relação às estruturas microscópicas da espécie, observamos que *Gibellula minensis* sp. nov. apresenta cabeças conidiais com diâmetro de 33–56 µm, conidióforos aspergilados com altura entre 168–234 µm, vesículas globosas com 15,5–20,8 × 7,3–9,5 µm (comprimento × largura), métulas obovoide, 7–11,9 × 5–8 µm e fiálides cilíndricas, 7,4–10,5 × 1,5–2,5 µm. Estudos recentes sugerem que características como vesículas, métulas e fiálides apresentam alta uniformidade entre diferentes espécies do gênero, dificultando assim sua utilização em caracterizações (Liu et al. 2025). Entretanto, quando observamos *G. minensis*, identificamos fiálides mais finas do que a média geral, representando uma característica diagnóstica. Embora as cabeças dos conídios sejam de tamanho semelhante às de outras espécies, *G. minensis* possui conidióforos ligeiramente maiores, indicando estipes mais longos, o que também é um critério adicional para sua diferenciação. Além disso, as colônias de *G. minensis* sp. nov. também se destacam pela presença de densos conidióforos brancos, que produzem cadeias de conídios ligeiramente maiores em comparação com os conídios de sua espécie filogeneticamente mais próxima, *Gibellula aurea* (Tabela 3).

A prevalência do parasitismo observada em *I. censoria* sugere que *G. minensis* sp. nov. pode representar uma importante pressão ambiental sobre as populações dessa aranha, especialmente considerando a existência de diversos outros inimigos naturais que podem atuar no controle da população de *I. censoria*. Um estudo que analisou a taxa de parasitismo de *G. aurea* infectando a aranha *Macrophyes pacoti* (Anyphaenidae) ao longo de um ano constatou uma prevalência média de 23,4%, com um aumento nos meses de maior precipitação (Arruda et al. 2021). Essa observação sugere que essas interações parasíticas podem sofrer influência das condições ambientais dessas florestas (Raffel et al. 2009). A nossa observação foi obtida na época mais seca do ano. Considerando a variação observada na prevalência para *G. aurea* ao longo do tempo, é possível que o impacto de *G. minensis* sp. nov. nas populações de *I. censoria* seja ainda maior durante os meses com maior precipitação e umidade, condições que favorecem o desenvolvimento de fungos.

O parasitismo, de modo geral, tende a ser mais vantajoso para o parasita quando afeta indivíduos relativamente maiores, que possuem mais recursos a serem explorados (Lafferty et al. 2002). Contudo, em nossa avaliação sobre a relação entre o tamanho corporal e o parasitismo nessa interação, encontramos uma relação oposta à esperada. Para que a infecção ocorra, esporos de fungos da ordem Hypocreales podem formar estruturas chamadas apressórios, que possibilitam a penetração na hemocele do hospedeiro ao atravessar a cutícula (Mora et al. 2017). Nesse contexto, fatores morfológicos das aranhas hospedeiras, como a espessura e a esclerotização da cutícula podem influenciar diretamente a probabilidade de infecção (Mora et al. 2017; González-Tokman et al. 2014). Assim, sugerimos que a maior prevalência de parasitismo em aranhas menores ou juvenis pode ser explicada pela presença de cutículas mais finas e flexíveis no exoesqueleto desses indivíduos.

As características imunológicas e a presença de compostos antifúngicos podem estar relacionadas ao tamanho corporal (Charnley 2003). O sistema imunológico das aranhas é predominantemente inato, contudo, processos como coagulação, melanização e liberação de peptídeos antimicrobianos são modulados por condições energéticas individuais (Kuhn-Nentwig & Nentwig 2013). Além disso, em aranhas, há evidências de que a pressão seletiva exercida por fungos patogênicos, mantém altos níveis de compostos antifúngicos nas populações, e que esse acúmulo afeta negativamente a condição energética individual (González-Tokman et al. 2014). Dessa forma, indivíduos menores, que possuem menor reserva energética, podem ter capacidade limitada para investir na produção de substâncias antifúngicas ou na modulação de defesas contra a infecção por *Gibellula*. Esses indivíduos podem estar priorizando a alocação de energia para atividades essenciais, como a busca por alimento, aumentando assim sua exposição a patógenos (Duran et al. 2021). Portanto, sugerimos que embora aranhas menores forneçam menos recursos nutricionais aos parasitas, esses indivíduos podem apresentar defesas imunológicas comparativamente mais fracas, o que resulta em maior probabilidade de infecção.

A observação de que indivíduos parasitados de *I. censoria* constroem uma fina camada de teia sobre o limbo foliar (Fig. 2C) corrobora achados em indivíduos de *Colonus* sp. (Salticidae) parasitados por *Gibellula* sp. (Delazari et al. 2025). Esses dados sugerem que tal comportamento pode representar o fenótipo estendido do parasita, potencialmente generalizado em diversas interações aranha-*Gibellula*. A estrutura dessa teia caracterizada como uma camada de seda sobre a folha apresenta similaridades com algumas construídas durante a fase de ecdise, indicando que fungos do gênero *Gibellula* podem induzir sua construção por meio da ativação

de comportamentos inatos (Delazari et al. 2025). A formação dessa teia parece desempenhar um papel crucial para a fixação dos cadáveres das aranhas na face abaxial das folhas. Observamos que diferentemente de formigas e vespas parasitadas por fungos *Ophiocordyceps*, que fixam suas mandíbulas às nervuras das folhas ou galhos (Andriolli et al. 2019, Loreto et al. 2018, Somavilla et al. 2019), as aranhas parasitadas por *Gibellula* não utilizam as quelíceras ou outras estruturas para se prenderem ao substrato. Em vez disso, a teia construída pelo hospedeiro, quando presente, pode contribuir para a fixação. Sugerimos, de forma exploratória, que a indução dessa construção pelas aranhas hospedeiras seja um possível mecanismo facilitador do desenvolvimento de *G. minensis* sp. nov., favorecendo tanto a preservação do corpo hospedeiro na face abaxial quanto o crescimento e reprodução do fungo.

Os nossos resultados, além de reconhecerem uma nova espécie do gênero *Gibellula*, ampliaram o conhecimento sobre a relação parasita-hospedeiro envolvendo um fungo com alta prevalência em aranhas de florestas tropicais. As observações sobre o local de morte e a construção de estruturas de seda sobre o limbo foliar sugere que *G. minensis* sp. nov. exerce manipulação comportamental em *I. censoria*. Além disso, evidenciamos pela primeira vez que hospedeiros menores podem sofrer maior pressão de parasitismo por fungos do gênero *Gibellula*, indicando uma vulnerabilidade maior em aranhas jovens, possivelmente devido a fatores como menor espessura da cutícula ou menor resistência imunológica. Dessa forma, nossos resultados ampliaram o conhecimento sobre a biodiversidade de fungos araneopatogênicos e sugerem que fatores ontogenéticos podem ser importantes para a dinâmica dessas interações em florestas tropicais.

## Referências

- Alves J.E.D.R., Santos A.C.D.S., Pedroso S.K.B.P., et al., 2025. Untangling a web of spider fungi: *Gibellula agroflorestalis* (Hypocreales, Ascomycota), a new species of spider parasite from Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*. **209**: 108278. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2025.108278>
- Andriolli F.S., Ishikawa N.K., Vargas-Isla R., et al., 2019. Do zombie ant fungi turn their hosts into light seekers? *Behavioral Ecology*. **30**: 609–616. <https://doi.org/10.1093/beheco/ary198>
- Arruda I.D.P., Villanueva-Bonilla G.A., Faustino M.L., et al., 2021. Behavioral manipulation of the spider *Macrophyes pacoti* (Araneae: Anyphaenidae) by the araneopathogenic fungus *Gibellula* sp. (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Canadian Journal of Zoology*. **99**: 401–408. <https://doi.org/10.1139/cjz-2020-0232>
- Brescovit A.D., 1996. Revisão de Anyphaeninae Bertkau a nível de gêneros na Região Neotropical (Araneae, Anyphaenidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. **13**: 1- 187. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000500001>
- Carlson C.J., Hopkins S., Bell K.C., et al., 2020. A global parasite conservation plan. *Biological Conservation*. **250**: 108596. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108596>
- Charnley A.K., 2003. Fungal pathogens of insects: cuticle degrading enzymes and toxins. *Advances in Botanical Research*. **40**: 241-321. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(05\)40006-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(05)40006-3)
- Chernomor O., Haeseler A.V., Minh B.Q., 2016. Terrace aware data structure for phylogenomic inference from supermatrices. *Systematic Biology*. **65**: 997-1008. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syw037>
- Delazari I.M., Mendes-Pereira T., Saltamachia S.J., et. al., 2025. Masters of puppets: could the ecdysteroid route be a common pathway for behavioural manipulation in spiders by different parasites? *Biological Journal of the Linnean Society*. **144**. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaf001>

- Dobson A., Lafferty K.D., Kuris A.M., Hechinger R.F., Jetz W., 2008. Homage to Linnaeus: How many parasites? How many hosts?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **105**: 11482-11489. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803232105>
- Duran L.H., Wilson D.T., Briffa M., Rymer T. L., 2021. Beyond spider personality: The relationships between behavioral, physiological, and environmental factors. *Ecology and Evolution*. **11**: 2974-2989. <https://doi.org/10.1002/ece3.7243>
- Evans H.C., 2013. Fungal Pathogens of Spiders. In: *Spider Ecophysiology*. (Wolfgang Nentwig, ed). **Springer**: Berlin: 107–121. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9_9)
- Evans H.C., Fogg T., Buddie A.G., et al., 2025. The araneopathogenic genus *Gibellula* (Cordycipitaceae: Hypocreales) in the British Isles, including a new zombie species on orb-weaving cave spiders (Metainae: Tetragnathidae). *Fungal Systematics and Evolution*. **15**: 153–178. <https://doi.org/10.3114/fuse.2025.15.07>
- González-Tokman D., Ruch J., Pulpitel T., et al., 2014. Cuticular Antifungals in Spiders: Density- and Condition Dependence. *PLoS ONE*. **9**: e91785. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0091785>
- Hoang D.T., Chernomor O., Haeseler A.V., et al., 2017. UFBoot2: Improving the ultrafast bootstrap approximation. *Molecular Biology and Evolution*. **35**: 518–522. <https://doi.org/10.1093/molbev/msx281>
- Hughes D.P., Araújo J.P.M., Loreto R.G., et al., 2016. Chapter Eleven - From So Simple a Beginning: The Evolution of Behavioral Manipulation by Fungi. In: *Advances in Genetics*. (Brian L, Raymond JSI, eds). **Academic Press**: 437-469. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.004>
- Jocqué R., & Dippenaar-Schoeman A. S., 2006. Spider families of the world. **Musée royal de l'Afrique centrale**: 1- 336. <https://doi.org/10.5431/aramit3311>
- Joseph R.A., Masoudi A., Valdiviezo M.J., et al., 2024. Discovery of *Gibellula floridensis* from Infected Spiders and Analysis of the Surrounding Fungal Entomopathogen Community. *Journal of Fungi*. **10**: 694-717. <https://doi.org/10.3390/jof10100694>

- Kalyaanamoorthy S., Minh B.Q., Wong T.K.F., et al., 2017. ModelFinder: Fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature Methods*. **14**: 587–589. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4285>
- Kuephadunghan W., Petcharad B., Tasanathai K., et al., 2022. Multi-locus phylogeny unmasks hidden species within the specialised spider-parasitic fungus, *Gibellula* (Hypocreales, Cordycipitaceae) in Thailand. *Studies in Mycology*. **101**: 245-286. <https://doi.org/10.3114/sim.2022.101.04>
- Kuhn-Nentwig L., Nentwig W., 2013. The Immune System of Spiders. In: Nentwig, W. (eds), *Spider Ecophysiology*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp 81-91. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9_7)
- Lafferty K.D., Kuris A.M., 2002. Trophic strategies, animal diversity and body size. *Trends in Ecology & Evolution*. **17**: 507–513. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(02\)02615-0](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(02)02615-0)
- Lafferty K.D., Dobson A.P., Kuris A.M., 2006. Parasites dominate food web links. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **103**: 11211-11216, <https://doi.org/10.1073/pnas.0604755103>
- Loreto R.G., Araújo J.P.M., Kepler R.M., et al., 2018. Evidence for convergent evolution of host parasitic manipulation in response to environmental conditions. *Evolution*. **72**: 2144-2155. <https://doi.org/10.1111/evo.13489>
- Liu Z-L., Wei D-P., Chein J-H., et al., 2025. A new spider-pathogenic species *Gibellula liaoningensis* (Cordycipitaceae) from Liaoning Province, China. *Phytotaxa*. **702**: 48–60. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.702.1>
- Mendes-Pereira T., Araújo J.P.M.D., Mendes F.C., et al., 2022. *Gibellula aurea* sp. nov. (Ascomycota, Cordycipitaceae): a new golden spider-devouring fungus from a Brazilian Atlantic Rainforest. *Phytotaxa*. **573**: 85–102. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.573.1.5>
- Mendes-Pereira T., Araújo J.P.M.D., Kloss T.G., et al., 2023. Disentangling the Taxonomy, Systematics, and Life History of the Spider-Parasitic Fungus *Gibellula* (Cordycipitaceae, Hypocreales). *Journal of Fungi*. **9**: 457. <https://doi.org/10.3390/jof9040457>

- Mora M.A.E., Castilho A.M.C., Fragra M.E., 2017. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Agricultural Microbiology*. **84**. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552015>
- Nguyen L-T., Schmidt H.A., Haeseler A.V., et al., 2015. IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum likelihood phylogenies. *Molecular Biology and Evolution*. **32**: 268-274. <https://doi.org/10.1093/molbev/msu300>
- Nyffeler R.M., Hywel-Jones N., 2024. Diversity of spider families parasitized by fungal pathogens: a global review. *The Journal of Arachnology*. **52**: 151-185. <https://doi.org/10.1636/JoA-S-23-007>
- Nylander J.A.A., 2004. MrModeltest V2. Program Distributed by the Author. Sweden: Evolutionary Biology Centre, Uppsala University. *Bioinformatics*. **24**: 581-583.
- Poulin R., Morand S., 2000. The Diversity of Parasites. *The Quarterly Review of Biology*. 2000. **75**: 277–93. <https://doi.org/10.1086/393500>
- R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. R version 4.3.3. <https://www.r-project.org/>
- Raffel T.R., Martin L.B., & Rohr J.R., 2008. Parasites as predators: unifying natural enemy ecology. *Trends in Ecology & Evolution*. **23**: 610–618. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.06.015>
- Ronquist F., Teslenko M., Van Der Mark P., Ayres D. L., Darling A., Höhna S., Larget B., Liu L., Suchard M. A., Huelsenbeck J.P., 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology*. **61**: 539–542. <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>
- Samson R.A., Evans H.C., 1992. New species of *Gibellula* on spiders (Araneida) from South America. *Mycologia*. **84**: 300-314. <https://doi.org/10.1080/00275514.1992.12026143>
- Shrestha B., Kubátová A., Tanaka E., et al., 2019. Spider-pathogenic fungi within Hypocreales (Ascomycota): their current nomenclature, diversity, and distribution. *Mycological Progress*. **18**: 983–1003. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01512-3>

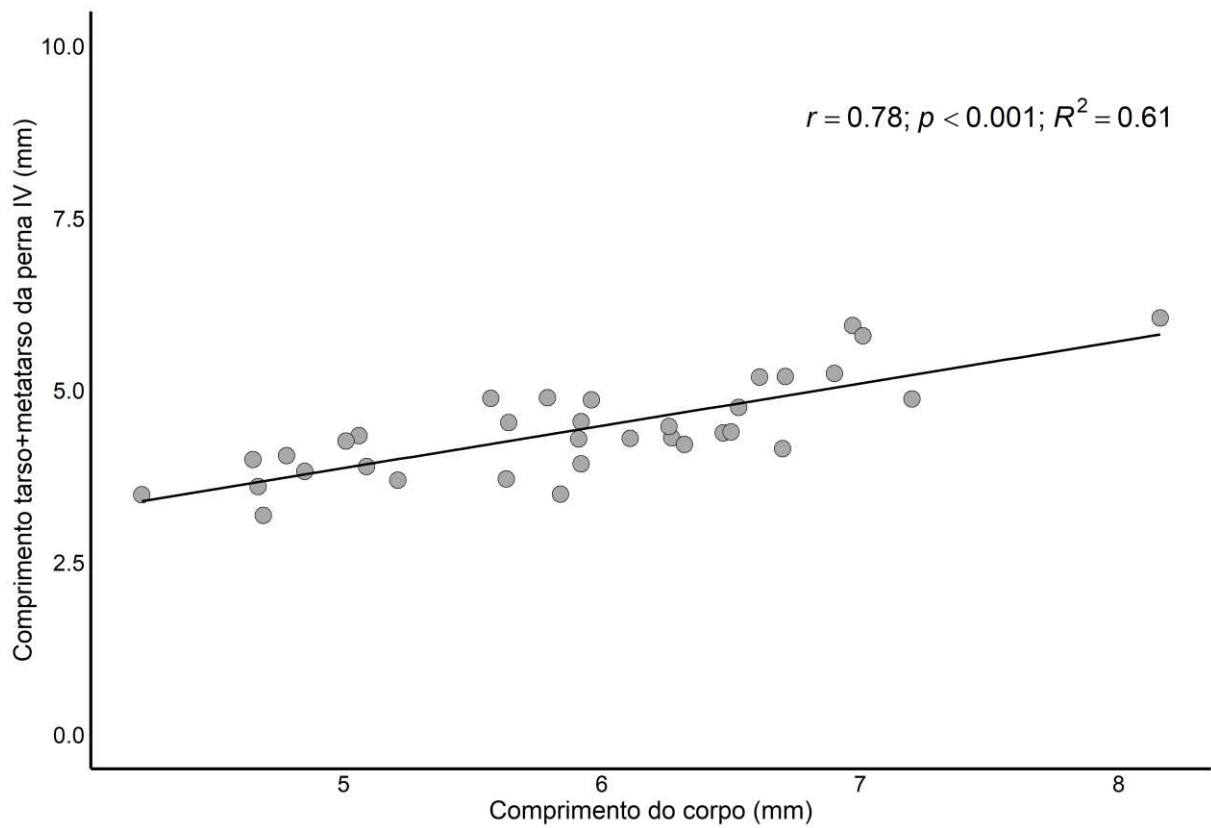
Silva C.A., Vieira M.F., Hummel C., 2010. Floral attributes ornithophily and reproductive success of *Palicourea longepedunculata* (Rubiaceae), a distylous shrub in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*. **33**: 207–213. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000200002>

Somavilla A., Barbosa B.C., Prezoto F., et al., 2019. Infection and behavior manipulation of social wasps (Vespidae: Polistinae) by *Ophiocordyceps humbertii* in Neotropical forests: new records of wasp-zombification by a fungus. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. **55**: 23–28. <https://doi.org/10.1080/01650521.2019.1691908>

Souza P.P., 2009. Moraceae Gaudich. de Viçosa, Minas Gerais, Brasil: florística e anatomia foliar de *Ficus mexiae* Standl. Master's degree thesis. Department of Botany, Federal University of Viçosa, Brazil. <http://locus.ufv.br/handle/123456789/2506>

Swofford D.L., 2003. PAUP\*. Phylogenetic analysis using parsimony (\*and other methods). Version 4.0b10. Sunderland (MA): Sinauer Associates. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2002.tb00191.x>

## Materiais suplementares



**Figura S1.** Correlação entre comprimento do tarso e metatarso dos indivíduos (mm) e o comprimento total do corpo (mm) de *Iguarima censoria*. Essa variação explica 61% da correlação entre os comprimentos do tarso e metatarso com o corpo em *I. censoria*.



## CAPÍTULO 2

**Seleção de microhabitats por aranhas parasitadas pelo fungo *Gibellula minensis* sp. nov.:  
evidência de manipulação comportamental para maximizar dispersão e proteção de  
esporos**

**Seleção de microhabitats por aranhas parasitadas pelo fungo *Gibellula minensis* sp. nov.: evidência de manipulação comportamental para maximizar dispersão e proteção de esporos**

Aline Santos<sup>1,2</sup>, Thairine Mendes Pereira<sup>2</sup>, Camila de Fátima Ferreira Ribeiro<sup>1</sup>, Thiago Gechel Kloss<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Ecologia e Comportamento, Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36570-900, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 36570-900, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Interações Inseto-Microrganismo, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36570-900, Brasil.

## Resumo

Alguns parasitas desenvolveram estratégias adaptativas, como a chamada “*summit disease*”, em que induzem o hospedeiro a deslocar-se para locais elevados e mais expostos, o que favorece a propagação do parasita. Em florestas tropicais, aranhas são parasitadas por fungos do gênero *Gibellula* e os cadáveres geralmente são encontrados em locais específicos, como a face abaxial das folhas. Embora o deslocamento espacial desses artrópodes infectados seja interpretado como uma estratégia de manipulação em florestas tropicais, poucos estudos demonstraram que as aranhas morrem em microhabitats que potencialmente favorecem o desenvolvimento do fungo parasita ou a dispersão de seus esporos. Assim, investigamos neste estudo se aranhas *Iguarima censoria* parasitadas por *Gibellula minensis* sp. nov. morrem em locais mais elevados, que potencialmente favorecem a dispersão, e em locais mais iluminados, que potencialmente favorecem o desenvolvimento dos fungos. Além disso, verificamos se a morte da aranha na face abaxial das folhas está associada com a manutenção dos conidióforos do fungo. Verificamos que aranhas parasitadas se deslocam para alturas significativamente maiores em relação ao solo, mas, ao contrário do esperado, observamos que aranhas infectadas ocorrem em locais com menor intensidade luminosa, sugerindo que a luz solar pode atuar como um fator negativo para o desenvolvimento dos fungos. Adicionalmente, observamos que o desenvolvimento dos fungos na posição abaxial das folhas favorece maior preservação dos conidióforos contra fatores adversos, como chuva, vento e dessecação. Nossos resultados confirmam que fungos do gênero *Gibellula* induzem *summit disease* em aranhas hospedeiras, levando à morte em alturas elevadas e na face inferior das folhas. Esse deslocamento espacial possivelmente beneficia a dispersão de conídios devido aos propágulos estarem em locais mais altos, além de garantir maior viabilidade aos conidióforos. Este estudo contribui para o entendimento das interações parasita-hospedeiro, pouco exploradas em florestas tropicais, ampliando o conhecimento sobre o gênero *Gibellula* e seus mecanismos adaptativos, destacando sua relevância ecológica como manipuladores do comportamento.

**Palavras-chave:** *summit disease*, parasitismo, Araneae, fungos araneopatogênicos

## 1. Introdução

Alguns grupos de parasitas desenvolveram a capacidade de induzir alterações comportamentais em seus hospedeiros (Dawkins 1982, Thomas et al. 2005), as quais podem variar amplamente em termos de magnitude e complexidade (Lefèvre et al. 2009). Esse fenômeno é conhecido como manipulação comportamental, na qual as alterações observadas nos hospedeiros são consideradas parte do fenótipo estendido do parasita (Poulin 2000, Thomas et al. 2005). Neste contexto, o parasita, ao exercer controle sobre as vias fisiológicas do hospedeiro, é capaz de induzir comportamentos específicos que aumentam as chances de ser transmitido para novos hospedeiros (Dawkins 1982, Houte et al. 2013, Hughes 2014). No entanto, a simples observação de comportamentos específicos ou não usuais em hospedeiros infectados não comprovam a existência de manipulação comportamental, uma vez que tais alterações podem ser apenas subprodutos da infecção (Poulin 2010). Essa distinção é essencial para compreender a verdadeira dimensão do parasitismo no comportamento do hospedeiro e suas implicações ecológicas.

Entre os tipos de manipulações comportamentais, a *summit disease* se destaca pela diversidade e por ter evoluído independentemente em diversas linhagens de parasitas (Roy et al. 2006, Masoudi et al. 2024). Esse fenômeno é caracterizado por uma alteração comportamental que induz os hospedeiros infectados a se deslocarem para locais específicos, onde morrem em condições favoráveis à saída do parasita ou à liberação de seus propágulos (Poulin 2010). Entre os principais grupos de parasitas que exibem esse fenômeno, destacam-se os fungos patogênicos da família Cordycipitaceae (Roy et al. 2006, Andersen et al. 2009, Hughes 2014, Lovett et al. 2020a), que induzem os seus hospedeiros a morrerem em locais específicos do sub-bosque da floresta, que potencialmente favorecem esses parasitas.

Diversos estudos interpretam a indução de deslocamento espacial de artrópodes infectados como uma estratégia adaptativa (Hughes 2014, Bekker et al. 2014, Araújo et al. 2015), mas raramente fornecem evidências que comprovem que os hospedeiros infectados morrem em microhabitats que potencialmente favorecem o seu desenvolvimento ou a dispersão de esporos. Uma notável exceção é o gênero de fungo *Ophiocordyceps*, em que diversas espécies manipulam formigas, que nos momentos finais da vida escalam a vegetação e morrem com a mandíbula fixada na vegetação (Andersen et al. 2009; Will et al. 2022). Cadáveres parasitados por fungos *Ophiocordyceps* próximos ao solo podem apresentar crescimento fúngico anormal ou desaparecer devido a possíveis predadores e fortes chuvas (Andersen et al.

2009), enquanto cadáveres em alturas mais elevadas apresentam maior permanência (Andriolli et al. 2025). Desse modo, a *summit disease* em *Ophiocordyceps* spp. parece promover uma melhor condição para o desenvolvimento do fungo, o que pode afetar o sucesso de dispersão no ambiente (Andriolli et al. 2025).

Além da altura do local de morte, o fenômeno da *summit disease* pode resultar na morte dos hospedeiros em condições ambientais específicas que influenciam a formação do corpo de frutificação do fungo parasita (Andriolli et al. 2019, Will et al. 2022). Por exemplo, fatores ambientais como luz, temperatura, umidade e precipitação, quando relacionados ao parasitismo, determinam a ocorrência de cadáveres fúngicos em determinadas vegetações (Will et al. 2022). Ainda, locais mais iluminados apresentam uma maior ocorrência de formigas infectadas por fungos *Ophiocordyceps*, além de taxas mais elevadas de corpos de frutificação, sugerindo que a luz solar pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento do fungo e na produção de esporos (Andriolli et al. 2019).

Um dos grupos de fungos mais diversos em florestas tropicais são os fungos araneopatogênicos do gênero *Gibellula* (Mendes-Pereira et al. 2023). Esses fungos infectam aranhas nos extratos vegetais do sub-bosque, que são encontradas mortas especialmente na face abaxial das folhas (Evans 2012, Shrestha et al. 2019). Atualmente, o gênero inclui quase 40 espécies descritas em regiões subtropicais e tropicais, que ocorrem exclusivamente em aranhas (Evans 2012, Shrestha et al. 2019, Mendes-Pereira et al. 2022, Joseph et al. 2024, Alves et al. 2025, Liu et al. 2025, Evans et al. 2025). As aranhas infectadas constroem uma estrutura de seda sob a lâmina foliar antes de morrerem, a qual atua na fixação do cadáver na face abaxial das folhas. Isso se deve ao fato de que, diferentemente das formigas, as aranhas não se prendem à folha mordendo o tecido foliar antes da morte (Delazari et al. 2025). Contudo, embora estudos sugiram que o local específico de morte dessas aranhas seja induzido pelo fungo parasita (Evans 2012, Arruda et al. 2021), ainda não há investigações sobre as características específicas dos locais de morte, assim como sobre o efeito adaptativo destes locais para o fungo parasita (Shrestha et al. 2019, Mendes-Pereira et al. 2023; Nyffeler & Hywel-Jones 2024).

A fixação das aranhas infectadas na face abaxial das folhas pode criar um ambiente propício para o desenvolvimento de colônias de *Gibellula* sp., protegendo os esporos da chuva e vento forte que potencialmente poderiam remover os esporos dos cadáveres. Além disso, como os esporos dessas colônias são dispersos pelo vento (Evans 2012), é possível que caso exista a indução de *summit disease* nessas interações, o fungo parasita induza o deslocamento espacial das aranhas infectadas para locais mais altos que ampliem o raio de propagação desses

esporos, no sub-bosque da floresta. Neste caso, o deslocamento espacial poderia constituir uma adaptação para superar as barreiras físicas presentes no sub-bosque e garantir o sucesso de novas infecções. Além disso, morrer em posições elevadas pode colocá-los em microambientes com maior variação e intensidade de luz, condição associada ao desenvolvimento de espécies da família Hypocreales (Andriolli et al. 2019). Diante disso, é possível que aranhas infectadas realizem um deslocamento espacial para morrerem em locais mais altos da vegetação e com maior intensidade luminosa.

Assim, avaliamos neste estudo se o fenômeno da *summit disease* ocorre na interação entre aranhas e fungos araneopatogênicos do gênero *Gibellula*. Investigamos a associação de *Iguarima censoria* (Anyphaenidae) e *Gibellula minensis* sp. nov. (Santos et al. 2025 *in prep.*) (Figura 1). Considerando que *I. censoria* é frequentemente parasitada por fungos *Gibellula* spp., avaliamos: (i) se a morte de indivíduos parasitados de *I. censoria* ocorre predominantemente em alturas maiores; (ii) se os locais de morte das aranhas parasitadas apresentam maior incidência luminosa em relação aos locais ocupados por aranhas não parasitadas; e (iii) se o posicionamento dos cadáveres na face abaxial das folhas influencia o tempo de preservação dos sinêmios do fungo. Com este estudo, esperamos comprovar a existência do fenômeno da *summit disease* nas interações entre aranhas e fungos araneopatogênicos do gênero *Gibellula* e aumentar o conhecimento sobre a história natural destas interações.

## 2. Métodos

### Área de Estudo

O presente estudo foi conduzido em um fragmento florestal de Mata Atlântica secundária (Mata da Biologia), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20°45'28.7"S 42°51'55.2"O) (Figura 1). Com uma área de 75 ha, a Mata da Biologia representa o maior fragmento da região urbanizada de Viçosa e o terceiro maior remanescente preservado do município (Souza 2009). A região apresenta clima tropical, com variação altitudinal entre 725 e 745 metros, e temperatura média anual de 19 °C (Silva et al. 2010). As coletas foram realizadas no período de junho de 2024 a julho de 2025.

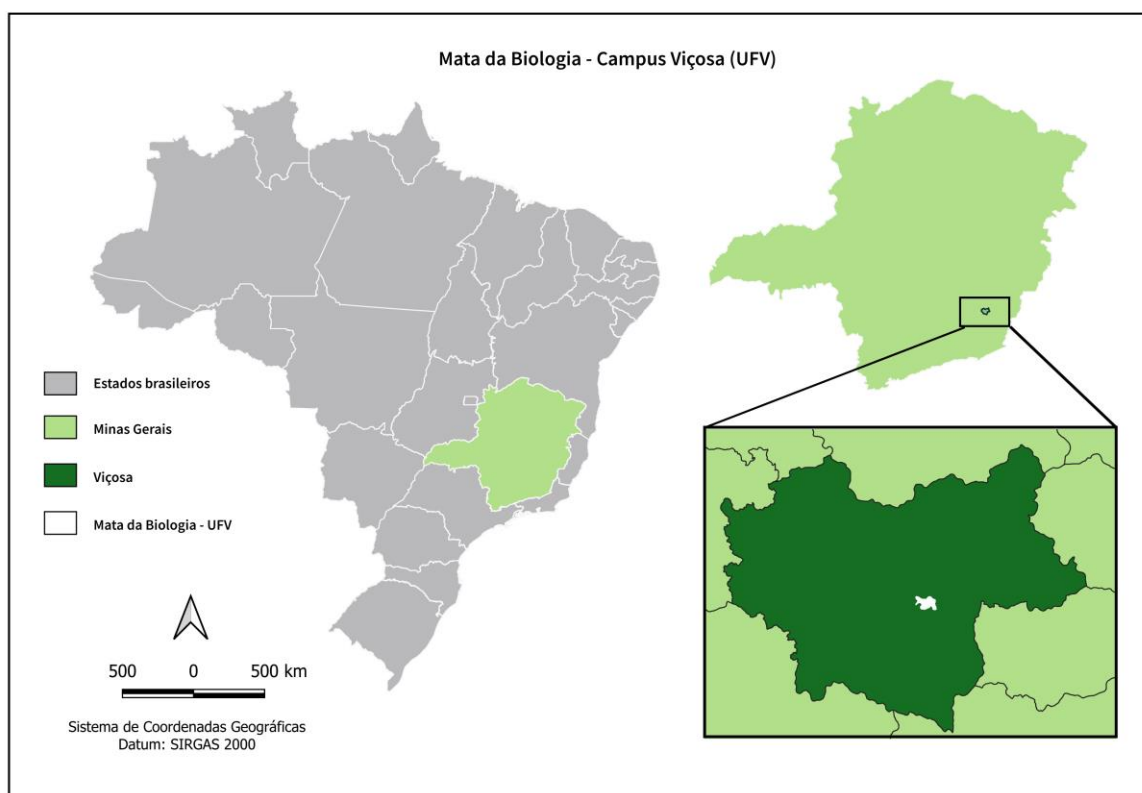


Figura 1. Mapa de localização da Mata da Biologia, área de estudo. A área em branco indica sua localização na cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

### Espécies de estudo

O estudo foi realizado com aranhas da espécie *I. censoria* (Keyserling, 1891) associadas com o fungo *G. minensis* sp. nov., ambos encontrados na Mata da Biologia (Figura 1). *Iguarima censoria* é uma aranha da família Anyphaenidae, família que frequentemente é observada sendo parasitada por fungos do gênero *Gibellula* spp. (Costa 2014, Hughes et al. 2016). Indivíduos adultos apresentam o cefalotórax e pernas amareladas, com coloração mais escura nas regiões cefálicas e nos segmentos das pernas; o abdômen é acinzentado, mais claro na região ventral (Brescovit 1996). Os indivíduos de *I. censoria* constroem seus abrigos no limbo das folhas e apresentam comportamento de forrageamento mais intenso à noite (Santos, A. observação pessoal).

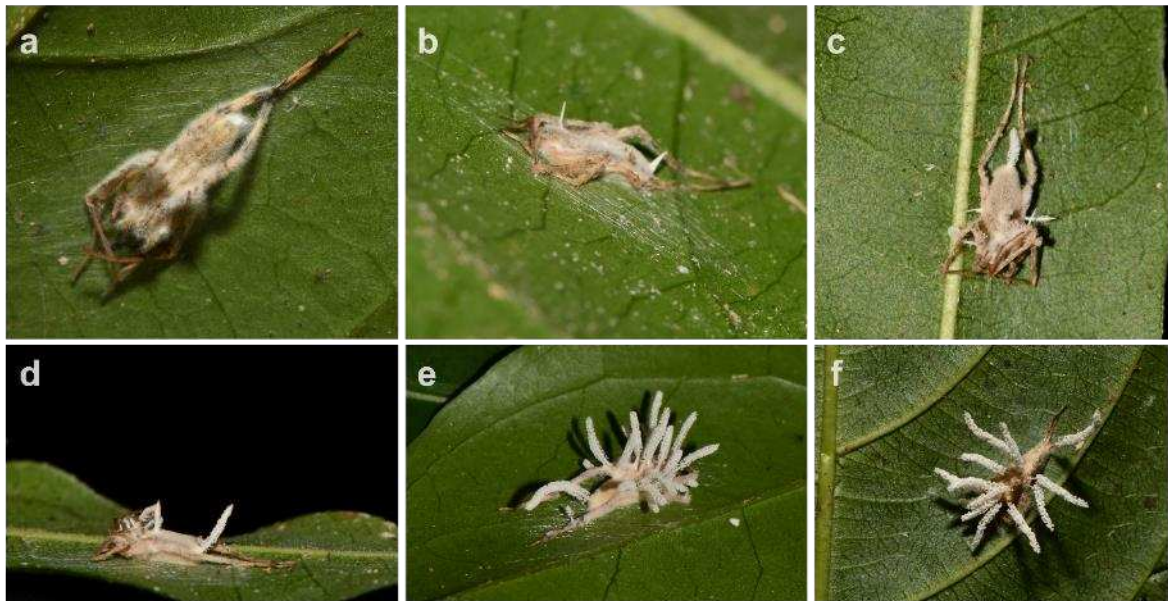


Figura 2. Aranhas *Iguarima censoria* parasitadas por *Gibellula minensis* sp. nov. (a-c) Indivíduos parasitados fixados na face abaxial das folhas, em estágios iniciais de desenvolvimento do fungo, onde é possível perceber a estrutura de seda construída pelas aranhas, que permite a fixação do cadáver após a sua morte; (d-f) Indivíduos em estágios avançados de desenvolvimento do fungo parasita, com a presença de conidióforos nos sinêmios.

### Avaliação de deslocamento espacial

Para verificar possíveis diferenças no local de morte entre indivíduos parasitados e não parasitados de *I. censoria*, mensuramos a altura em relação ao solo dos primeiros indivíduos parasitados e não parasitados detectados em campo. Para obter os indivíduos parasitados, realizamos expedições diárias na área de estudo, durante 3 h, por 10 dias. Ao longo desse período, uma dupla de pesquisadoras vistoriou todas as folhas presentes nas plantas de sub-bosque até uma altura de 2,5 m. A altura em relação ao solo de cada aranha parasitada foi mensurada com o auxílio de uma trena (Figura 3a). Como o fungo cresce sobre o cadáver das aranhas parasitadas, a confirmação da espécie dos indivíduos parasitados foi realizada por meio de caracteres marcantes em *I. censoria* juvenis e adultos. A característica diagnóstica crucial para a identificação da espécie hospedeira foi o padrão de coloração amarelo e preto presente na perna IV, que se mostrou fundamental para diferenciar a espécie mesmo quando parcialmente coberta pelas estruturas fúngicas. Para avaliar a altura do local de ocorrência dos indivíduos não parasitados, realizamos expedições noturnas, durante 2 h, ao logo de duas noites.

A altura dos indivíduos não parasitados foi avaliada durante a noite, em virtude do hábito noturno da espécie de sair do abrigo para forragear nas folhas ao redor. Essa avaliação consistiu na verificação de todas as folhas presentes em cada planta do sub-bosque, até uma altura de 2,5 metros. Ao longo das duas noites de avaliação, a altura em relação ao solo das primeiras aranhas não parasitadas detectadas nas plantas foi registrada com o auxílio de uma trena.



Figura 3. Registros de campo: (a) mensuração da altura das aranhas *Iguarima censoria*; (b) registros fotográficos de *I. censoria* em campo; (c) observações realizadas em campo; (d) luxímetros Akrom KR832 utilizado para medir a luminosidade; (e) mensuração da incidência luminosa abaixo das folhas com ocorrência de *I. censoria*; (f) tratamento controle do experimento para avaliar o efeito da posição do cadáver para a preservação dos conídios, onde o cadáver permaneceu na face abaxial da folha; (g) tratamento onde a posição do cadáver foi alterada artificialmente, seta indica a folha posicionada com a face abaxial invertida.

### Condição luminosa do local de morte

Para avaliar a incidência luminosa nos locais de ocorrência de indivíduos de *I. censoria*, parasitados e não parasitados, marcamos inicialmente os locais de ocorrência dos 30 cadáveres de aranhas parasitadas pelo fungo *Gibellula minensis* sp. nov. e 30 indivíduos não parasitados detectados em campo. A fim de assegurar a independência das unidades amostrais,

excluímos indivíduos, tanto parasitados quanto não parasitados, que compartilhavam a mesma planta. As marcações dos locais foram realizadas por duas pessoas, ao longo de nove dias, totalizando 36 horas de campo. Em seguida, mensuramos a incidência luminosa de cada local, com o auxílio de luxímetros Akrom KR832 (Figura 3d). Para isso, duas duplas de pesquisadores mediram a luminosidade abaixo das folhas onde os espécimes parasitados e não parasitados se encontravam (Figura 3e), em quatro horários distintos ao longo do dia (8 h - 9 h, 10 h - 11 h, 12 h - 13 h e 14 h - 15 h). Isso permitiu registrar a variação de luz ao longo do dia no local específico de ocorrência de cada cadáver ou indivíduo não parasitado. Os espécimes avaliados por cada dupla de pesquisadores foram aleatorizados durante as quatro mensurações. As medidas foram obtidas em um dia ensolarado, sem nuvens, com temperaturas variando de 13°C a 22°C.

### **Efeito do local de morte sobre a preservação dos conidióforos**

Investigamos o efeito do local de morte sobre o tempo de preservação dos conidióforos por meio de um experimento manipulativo em campo. Para isso, foram marcados 40 indivíduos de *I. censoria*, parasitados por *G. minensis*, excluindo casos de hiperparasitismo (fungos que parasitam colônias de *Gibellula minensis*) bem como colônias fúngicas em estágio inicial de desenvolvimento ou com sinais de desidratação (indicativos de fase terminal). Esses indivíduos foram então divididos, por sorteio, em dois grupos experimentais. No primeiro grupo, os cadáveres permaneceram na posição normal, fixados na face abaxial das folhas, com os sinêmios voltados para baixo (Figura 4a-b). No segundo grupo, invertemos as folhas com os cadáveres, o que resultou no posicionamento do cadáver com os sinêmios voltados para cima, simulando o desenvolvimento na face adaxial das folhas (Figura 4c-d). A inversão da posição dos cadáveres foi realizada fixando a face adaxial da folha do cadáver em outra folha do mesmo ramo (Figura 3g), utilizando fita adesiva dupla face. As colônias permaneceram em campo no período de 27 de junho a 29 de julho de 2025 e a viabilidade dos conidióforos foi avaliada após esses 32 dias. Durante o experimento, a precipitação em Viçosa-MG variou de 0,0 mm a 10,8 mm (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia), com registros de chuva apenas nos dias 25 e 28 de julho. As colônias foram fotografadas com câmera Nikon D7500 e lente macro 105 mm (Figura 3b). Conidióforos foram considerados preservados quando apresentavam cabeças conidiais preservadas, com estipes alinhados paralelamente ao sinêmio e cabeças conidiais intactas em suas extremidades, demonstrando capacidade de abrigar e dispersar conídios de

forma eficiente. Já a inviabilidade foi caracterizada pela ausência de estipe, cabeças conidiais ou pela presença destas aderidas diretamente ao sinêmio.

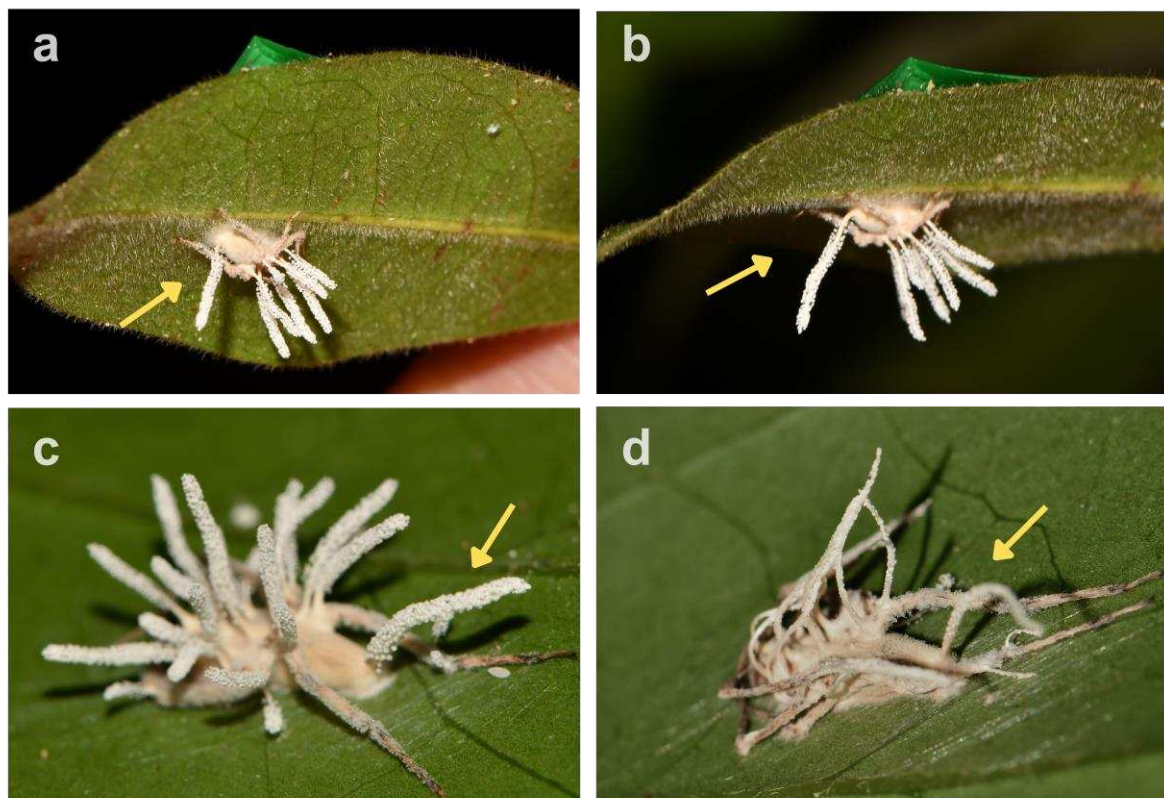


Figura 4. *Iguarima censoria* parasitadas por *Gibellula minensis* sp. nov. do experimento de avaliação do efeito do local de morte para a preservação dos conidióforos. (a) Espécime fixado na face abaxial das folhas antes do início do experimento (dia 0); (b) espécime fixado na face abaxial das folhas após o fim do experimento (dia 32); (c) espécimes fixado na face adaxial das folhas antes do início do experimento (dia 0); (d) espécimes posicionado artificialmente na face adaxial das folhas, por meio da inversão da posição natural da folha, após o fim do experimento (dia 32). As setas amarelas identificam o maior sinêmio da colônia, que foi utilizado para avaliar o número de conidióforos remanescentes nos cadáveres de cada grupo experimental.

### Análise de dados

Para avaliarmos o efeito do status de parasitismo na altura e condição luminosa do local de morte e o efeito da posição do cadáver na folha sobre a preservação dos conidióforos, construímos modelos lineares (LMs). Nas análises de deslocamento espacial, a altura em relação ao solo de cada aranha foi considerada a variável resposta. Para a condição luminosa do local de morte, consideramos como variável resposta a média dos valores de luminosidade

(lúmens/m<sup>2</sup>) mensurados ao longo do dia para cada indivíduo. Em ambos os modelos, o status de parasitismo (parasitado e não parasitado) foi considerado como variável preditora. Já para as análises do efeito do local de morte sobre a preservação dos conidióforos, a proporção dos conidióforos preservados (%), mensurados após 32 dias do início do experimento, foi considerada como variável resposta e a posição das aranhas infectadas (face abaxial e adaxial da folha) foi considerada como variável preditora. Os ajustes dos modelos foram verificados com o auxílio do pacote *DHARMA*. Para comparar os modelos saturados e nulos, utilizamos o teste F ao avaliar o efeito do parasitismo sobre a altura do local de morte e a condição luminosa. Já para verificar o efeito da posição dos cadáveres na folha sobre a porcentagem de conidióforos preservados, utilizamos o teste qui-quadrado. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Core Team, 2025).

### **3. Resultados**

#### **Avaliação de deslocamento espacial**

Foram mensuradas as alturas em relação ao solo de 77 aranhas *I. censoria*, sendo 39 indivíduos saudáveis e 38 indivíduos parasitados por *G. minensis*. Todas as aranhas infectadas foram encontradas mortas, fixadas pela parte ventral nas faces abaxiais das folhas. As aranhas *I. censoria* ocorreram a uma altura média de  $133,6 \pm 61$  cm em relação ao solo, variando de 21 a 260 cm. A média da altura em que as aranhas infectadas foram encontradas foi significativamente maior em comparação à altura média das aranhas não infectadas ( $F_{(1,75)} = 30.77; p < 0,001$ ) (Figura 5).

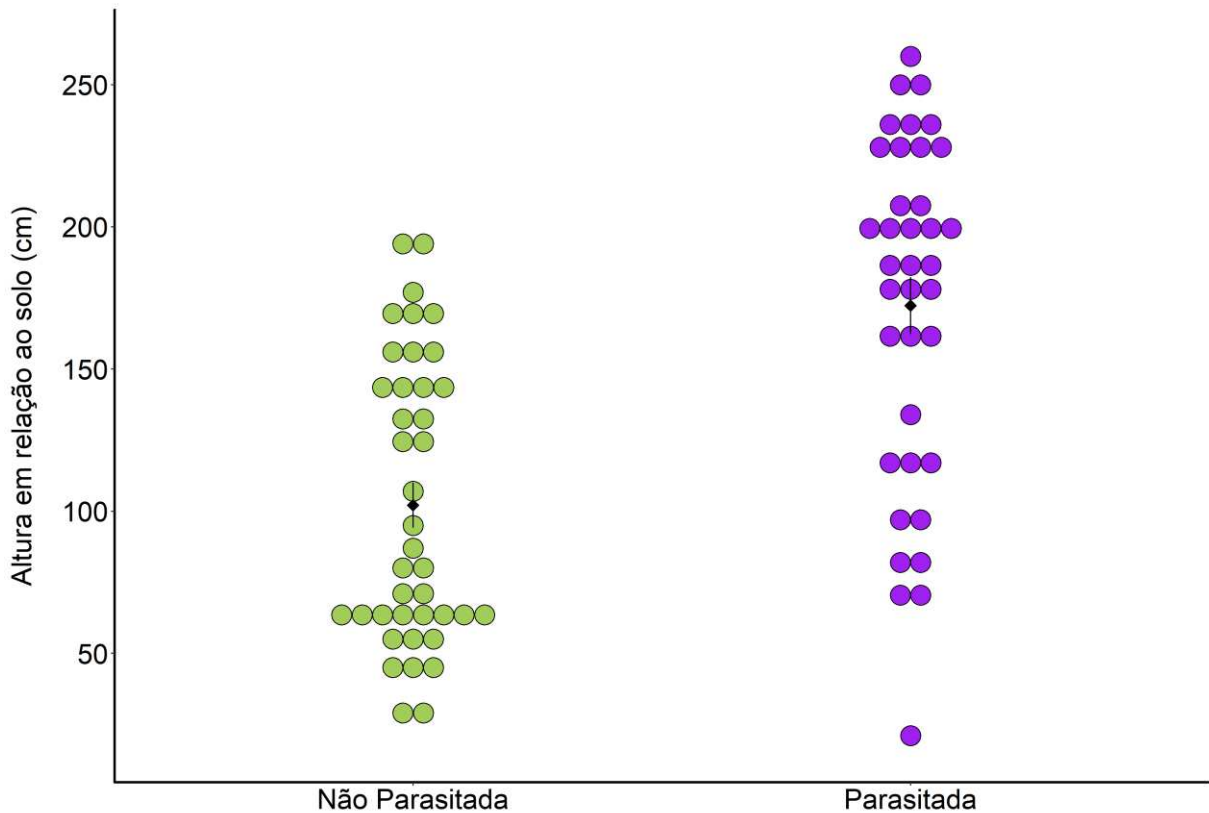


Figura 5. Comparação das alturas (cm) em relação ao solo de *Iguarima censoria* não parasitadas (pontos verdes) e parasitadas (pontos roxos) por *Gibellula minensis* sp. nov. Cada ponto colorido representa um espécime, os pontos pretos indicam a média e as barras verticais representam o desvio padrão da altura em cada grupo. A altura média dos espécimes parasitados foi significativamente maior do que a dos não parasitados ( $F_{(1,75)} = 30.77$ ;  $p < 0,001$ ).

### Condição luminosa do local de morte

Os indivíduos parasitados de *I. censoria* ocorreram com uma iluminância média de  $72 \pm 51,8$  lúmens/m<sup>2</sup>, variando de 15,6 a 214,95 lúmens/m<sup>2</sup>. Já os indivíduos não parasitados foram observados ocorrendo em locais com uma iluminância média de  $147 \pm 77,6$  lúmens/m<sup>2</sup>, variando de 53,5 a 330,25 lúmens/m<sup>2</sup>, demonstrando que a média da iluminância em que as aranhas saudáveis foram encontradas foi significativamente maior em comparação à iluminância das aranhas infectadas ( $F_{(1,57)} = 19.19$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 6).





fungo, corroborando a existência de *summit disease*. Confirmamos que as aranhas parasitadas apresentam deslocamento para locais mais elevados em relação ao solo, mas, ao contrário do esperado, são encontradas em áreas menos iluminadas quando comparadas às aranhas saudáveis. Além disso, observamos uma forte relação entre a preservação dos conidióforos e a posição das aranhas na face abaxial das folhas, evidenciando que a morte das aranhas na face abaxial representa um benefício para o fungo parasita.

A morte dos indivíduos parasitados de *I. censoria* em locais mais elevados pode estar associada a uma maior capacidade de dispersão dos conídios do fungo. Alturas mais elevadas provavelmente favorecem a dispersão dos conídios infectantes por uma área mais ampla do sub-bosque. Assim, esse comportamento, possivelmente mediado por um mecanismo de gravitropismo induzido (Masoudi et al. 2024), contribui para ampliar o alcance de dispersão dos esporos, aumentando as chances de infectar novos hospedeiros saudáveis (Lovett et al. 2020b; Will et al. 2022). Padrão semelhante foi observado em florestas tropicais do nordeste brasileiro, em interações entre a espécie filogeneticamente mais próxima de *G. minensis* (Santos et al. 2025 *in prep.*), *G. aurea* e a aranha hospedeira *Macrophyes pacoti* (Arruda et al. 2021), sugerindo que a *summit disease* pode ser um fenômeno geral no clado de fungos *Gibellula*.

Evidências recentes reforçam ainda que a indução de *summit disease* por fungos do gênero *Gibellula* pode ocorrer em diferentes tipos substratos de fixação. Por exemplo, foi observado que aranhas cavernícolas parasitadas por *G. attenboroughii* morrem fixadas no teto das cavernas (Evans et al. 2025). Esses resultados indicam que a indução da *summit disease* por *Gibellula* pode estar mais relacionada à necessidade de uma plataforma elevada, estável e estrategicamente vantajosa para o desenvolvimento e a dispersão do fungo do que à seleção de um substrato específico.

Diferentemente do esperado, os indivíduos parasitados de *I. censoria* foram encontrados fixados em folhas menos iluminadas, sugerindo que a luz solar pode atuar como um fator abiótico estressante para fungos araneopatogênicos. A dispersão dos conídios é influenciada por condições abióticas, como temperatura, umidade e radiação solar, que podem afetar direta ou indiretamente a infecção (Mente et al. 2017, Loreto et al. 2018). Assim, embora a luz seja essencial para o desenvolvimento dos fungos, ela também pode elevar a temperatura e, conseqüentemente, intensificar a dessecação (Hong et al. 1997, Braga et al. 2001). Dessa forma, em florestas tropicais, onde as estações são pouco definidas e a intensidade luminosa e a temperatura apresentam poucas variações ao longo do tempo, o local de morte de *G. minensis* sp. nov. parece estar mais relacionado às condições microclimáticas específicas que favorecem

o desenvolvimento protegido dos esporos contra a dessecação. Esses ambientes possivelmente favorecem uma produção gradual dos esporos, permitindo sua conservação e potencial dispersão ao longo de um maior período.

O deslocamento espacial das aranhas infectadas para a face inferior das folhas contribui para a manutenção das estruturas reprodutivas assexuadas do fungo por um período maior de tempo. Essa posição, na face abaxial, oferece proteção contra fatores ambientais, sendo crucial visto que a persistência dos conídios depende da arquitetura do habitat (Ment et al. 2017). No nosso estudo, a maior remoção de conidióforos posicionadas na face adaxial pode ser atribuída a eventos de chuvas que ocorreram ao longo do experimento, assim como à ação do vento e dessecação, fatores reconhecidamente importantes para a preservação fúngica (Barnes et al. 2018). Dessa forma, a seleção da face abaxial das folhas como local de morte do hospedeiro parece ser um forte indicativo de manipulação adaptativa, favorecendo a preservação dos tecidos do hospedeiro e das estruturas produtoras de propágulos infectantes. Essa estratégia possivelmente garante que o ciclo do fungo ocorra no tempo necessário para o amadurecimento e a transmissão gradual dos conídios, que são liberados em cadeias de seus conidióforos.

Concluimos então que *G. minensis* sp. nov. possui a capacidade de induzir o fenômeno de *summit disease* nas aranhas hospedeiras, o que converge com outros grupos de patógenos da ordem Hypocreales, também capazes de induzir manipulação comportamental. Além disso, comprovamos que *G. minensis* sp. nov. induz as aranhas a morrerem em locais específicos, fazendo que esses fungos possuem a capacidade de induzir o deslocamento das aranhas hospedeiras para microhabitats que potencialmente favorecem o desenvolvimento e transmissão. Além disso, verificamos que o deslocamento para a face abaxial das folhas é uma adaptação vantajosa, pois cria um ambiente que favorece a preservação dos conidióforos, assegurando maior viabilidade para os conídios. Em cenário de mudanças climáticas globais, como o aquecimento global e o desequilíbrio nos regimes de chuva em florestas tropicais, é provável que o ciclo de vida de fungos sensíveis, como *G. minensis* sp. nov., seja impactado, alterando consequentemente a dinâmica dessas interações parasíticas e as populações hospedeiras. Assim, compreender como essas interações desenvolvem estratégias adaptativas, influenciadas pelas condições ambientais, esclarece e enriquece os estudos sobre manipulação comportamental.

## Referências

- Alves JEDR, Santos ACDS, Pedroso SKBP, Melo RFR, Thiago PV. 2025. Untangling a web of spider fungi: *Gibellula agroflorestalis* (Hypocreales, Ascomycota), a new species of spider parasite from Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*. 209: 108278. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2025.108278>
- Andersen SB, Gerritsma S, Yusah KM, Mayntz D, Hywel-Jones NL, Billen J, Boomsma JJ, Hughes DP. 2009. The life of a dead ant: the expression of an adaptive extended phenotype. *The American naturalist*. 174: 424–433: <https://doi.org/10.1086/603640>
- Andriolli FS, Ishikawa NK, Vargas-Isla R, Cabral TS, Bekker C, Baccaro FB. 2019. Do zombie ant fungi turn their hosts into light seekers? *Behavioral Ecology*. 30: 609–616. <https://doi.org/10.1093/beheco/ary198>
- Andriolli FS, Neto JAC, Fine PVA, Salazar D, Figueroa G, Torres DV, Morais JDW, Baccaro FB. 2025. When zombies go vegan: *Ophiocordyceps unilateralis* hosts are selecting to bite palm leaves before dying? *Acta Oecologica*. 126: 104055. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2024.104055>
- Araújo JPM, Evans HC, Geiser DM, Mackay WP, Hughes DP. 2015. Unravelling the diversity behind the *Ophiocordyceps unilateralis* (Ophiocordycipitaceae) complex: Three new species of zombie-ant fungi from the Brazilian Amazon. *Phytotaxa*. 220: 224–224. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.220.3.2>
- Arruda IDP, Villanueva-Bonilla GA, Faustino ML, Moura-Sobczak JF. 2021. Behavioral manipulation of the spider *Macrophyes pacoti* (Araneae: Anyphaenidae) by the araneopathogenic fungus *Gibellula* sp. (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Canadian Journal of Zoology*. 99: 401–408. <https://doi.org/10.1139/cjz-2020-0232>
- Barnes CJ, Gast CJVD, McNamara NP, Rowe R, Bending GD. 2018. Extreme rainfall affects assembly of the root-associated fungal community. *New Phytologist*. 220: 1172–1184. <https://doi.org/10.1111/nph.14990>
- Bekker CD, Merrow M, Hughes DP. From Behavior to Mechanisms: An Integrative Approach to the Manipulation by a Parasitic Fungus (*Ophiocordyceps unilateralis* s.l.) of Its Host Ants

(Camponotus spp.). 2014. Integrative and Comparative Biology. 54: 166–176. <https://doi.org/10.1093/icb/icu063>

Braga GU, Flint SD, Messias CL, Anderson AJ, Roberts DW. 2001. Effects of UVB irradiance on conidia and germinants of the entomopathogenic Hyphomycete *Metarhizium anisopliae*: a study of reciprocity and recovery. Photochemistry and photobiology. 73: 140–146. [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2001\)073<0140:eouioc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2001)073<0140:eouioc>2.0.co;2)

Brescovit AD. Revisão de Anyphaeninae Bertkau a nível de gêneros na Região Neotropical (Araneae, Anyphaenidae). 1996. Revista Brasileira de Zoologia. 13: 1- 187. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000500001>

Costa PP. *Gibellula* spp. associadas a aranhas da Mata do Paraíso. 2014. Viçosa-MG. Tese de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. <http://locus.ufv.br/handle/123456789/5370>

Dawkins R. 1982. The Extended Phenotype. 1ª edição. Oxford University Press.

Delazari IM, Mendes-Pereira T, Saltamachia SJ, Kloss TK. 2025. Masters of puppets: could the ecdysteroid route be a common pathway for behavioural manipulation in spiders by different parasites? Biological Journal of the Linnean Society. 144: blaf001 <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaf001>

Evans HC. 2012. Fungal Pathogens of Spiders. Em: Springer, Berlin, Heidelberg, Nentwig W., editors. Spider Ecophysiology. Springer eBooks. 107–121. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33989-9_9)

Evans HC, Fogg T, Buddie AG, Yeap YT, Araújo JPMD. 2025. The araneopathogenic genus *Gibellula* (Cordycipitaceae: Hypocreales) in the British Isles, including a new zombie species

on orb-weaving cave spiders (Metainae: Tetragnathidae). *Fungal Systematics and Evolution*. 15: 153–178. <https://doi.org/10.3114/fuse.2025.15.07>

Hong TD, Ellis RH, Moore D. 1997. Development of a model to predict the effect of temperature and moisture on fungal spore longevity. *Annals of Botany*. 79: 121-128. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0316>

Houte SV, Ros VI, Oers MMV. 2013. Walking with insects: molecular mechanisms behind parasitic manipulation of host behaviour. *Molecular ecology*. 22: 3458–3475. <https://doi.org/10.1111/mec.12307>

Hughes DP. 2014. On the Origins of Parasite-Extended Phenotypes. *Integrative and Comparative Biology*. 54: 210–217. <https://doi.org/10.1093/icb/icu079>

Hughes DP, Araújo JPM, Loreto RG, Quevillon L, Bekker C, Evans HC. 2016. From So Simple a Beginning: The Evolution of Behavioral Manipulation by Fungi. *Advances in Genetics*. Academic Press. 94: 437-469. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.004>

Joseph RA, Masoudi A, Valdiviezo MJ, Keyhani NO. 2024. Discovery of *Gibellula floridensis* from Infected Spiders and Analysis of the Surrounding Fungal Entomopathogen Community. *Journal of Fungi*. 10: 694-717. <https://doi.org/10.3390/jof10100694>

Lefèvre T, Adamo SA, Biron DG, Missé D, Hughes D, Thomas F. 2009. Invasion of the body snatchers: the diversity and evolution of manipulative strategies in host-parasite interactions. *Advances in Parasitology*. 68: 45-83. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)00603-9](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)00603-9)

Liu Z-H, Zhang W, Chen H, Peng X-C, Kang J-C, Qian Y-X, Huang S-K, Zhang X, Xile S-W, Bu J, Wijayawardene NN, Went T-C. 2025. A new spider-pathogenic species *Gibellula*

*liaoningensis* (Cordycipitaceae) from Liaoning Province, China. *Phytotaxa*. 702: 48–60. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.702.1>

Loreto RG, Araújo JPM, Kepler RM, Fleming KR, Moreau CS, Hughes DP. 2018. Evidence for convergent evolution of host parasitic manipulation in response to environmental conditions. *Evolution*. 72: 2144-2155. <https://doi.org/10.1111/evo.13489>

Lovett B, St. LRJ, Fine DLHH. 2020a. Going gentle into that pathogen-induced goodnight. *Journal of Invertebrate Pathology*. 134: 107398. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107398>

Lovett B, Macia A, Stajich JE, Cooley J, Eilenerg J, De FLHH, Kasson MT. 2020b. Behavioral betrayal: How select fungal parasites enlist living insects to do their bidding. *PLoS Pathogens*. 16: e1008598–e1008598. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008598>

Masoudi A, Joseph RA, Keyhani NO. 2024. Viral- and fungal-mediated behavioral manipulation of hosts: summit disease. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 108: 492. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13332-x>

Mendes-Pereira T, Araújo JPMD, Mendes FC, et al. 2022. *Gibellula aurea* sp. nov. (Ascomycota, Cordycipitaceae): a new golden spider-devouring fungus from a Brazilian Atlantic Rainforest. *Phytotaxa*. 573: 85–102. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.573.1.5>

Mendes-Pereira T, Araújo JPMD, Kloss TG, Costa-Rezende DH, Carvalho DSD, Góes-Neto, A. 2023. Disentangling the Taxonomy, Systematics, and Life History of the Spider-Parasitic

Fungus *Gibellula* (Cordycipitaceae, Hypocreales). Journal of Fungi. 9: 457.  
<https://doi.org/10.3390/jof9040457>

Ment D, Shikano I, Glazer I. 2017. Abiotic Factors. Ecology of Invertebrate Diseases. 143–186  
<https://doi.org/10.1002/9781119256106.ch5>

Nyffeler RM, Hywel-Jones N. 2024. Diversity of spider families parasitized by fungal pathogens: a global review. The Journal of Arachnology. 52: 151-185.  
<https://doi.org/10.1636/JoA-S-23-007>

Poulin R. 2000. Manipulation of host behaviour by parasites: a weakening paradigm? Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences. 267: 787–792.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1072>

Poulin R. 2010. Parasite Manipulation of Host Behavior: An Update and Frequently Asked Questions. Advances in the Study of Behavior. Academic Press. 41: 151-186.  
[https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(10\)41005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(10)41005-0)

R Development Core Team. 2025. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing.  
<https://www.R-project.org/>

Roy HE, Steinkraus DC, Eilenberg J, Hajek, AE, Pell JK. 2006. Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. Annual Review of Entomology. 51: 331-57. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.150941>

Shrestha B, Kubátová A, Tanaka E, Oh J, Yoon D, Sung J, Sung G. 2019. Spider-pathogenic fungi with in Hypocreales (Ascomycota): their current nomenclature, diversity, and distribution. Mycological Progress. 18: 983–1003. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01512-3>

Silva CA, Vieira MF, Hummel C. 2010. Floral attributes, ornithophily and reproductive success of *Palicourea longepedunculata* (Rubiaceae), a distylous shrub in southeastern Brazil. Revista Brasileira de Botânica. 33: 207–213. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000200002>

Souza PP. 2009. Moraceae Gaudich. de Viçosa, Minas Gerais, Brasil: florística e anatomia foliar de *Ficus maxiae* Standl. Master's degree thesis. Department of Botany, Federal University of Viçosa, Brazil. <http://locus.ufv.br/handle/123456789/2506>

Thomas F, Adamo S, Moore J. 2005. Parasitic manipulation: where are we and where should we go? *Behavioural Processes*. 68: 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.06.010>

Will I, Linehan S, Jenkins DG, Bekker CD. 2022. Natural history and ecological effects on the establishment and fate of Florida carpenter ant cadavers infected by the parasitic manipulator *Ophiocordyceps camponoti-floridani*. *Functional Ecology*. 37: 886–899. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14224>

## CONCLUSÕES GERAIS

Neste estudo, identificamos e descrevemos *Gibellula minensis* sp. nov., um novo fungo patógeno de aranhas, ampliando o conhecimento sobre o gênero *Gibellula* e sua biodiversidade. Investigamos sua interação com o hospedeiro *Iguarima censoria*, evidenciando uma alta prevalência de parasitismo, com preferências observadas por indivíduos de menor tamanho corporal. Além disso, constatamos que *G. minensis* sp. nov. induz *summit disease* nas aranhas *I. censoria*, promovendo deslocamento para locais altos, menos luminosos, e que otimizam a preservação dos conidióforos.

Com este estudo, comprovamos pela primeira vez o valor adaptativo da manipulação comportamental específica de um fungo araneopatogênico do gênero *Gibellula*, contribuindo tanto para a taxonomia desse grupo, quanto para a compreensão de fatores ecológicos de uma nova interação parasita-hospedeiro. Nossos resultados fornecem novas perspectivas sobre modelos baseados no deslocamento espacial como forma de manipulação, auxiliando na compreensão dos mecanismos que regem o fenômeno da *summit disease*.