

**VIRULÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO
CONTROLE DE PERCEVEJO DO COLMO DE ARROZ**
Tibraca limbativentris (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

Aleff de Abreu Cândido Ferreira
Eng. Químico

ALEFF DE ABREU CÂNDIDO FERREIRA

**VIRULÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE
PERCEVEJO DO COLMO DE ARROZ *Tibraca limbativentris* (HEMIPTERA:
PENTATOMIDAE)**

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – *Campus* Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Patos de Minas – MG
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

F383v Ferreira, Aleff de Abreu Cândido
VIRULÊNCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO
CONTROLE DE PERCEVEJO DO COLMO DE ARROZ
Tibraca limbativentris (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) /
Aleff de Abreu Cândido Ferreira. Urutaí 2025.

456f. il.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0134456 - Pós-Doutorado em Proteção de Plantas (Campus
Urutaí).

1. Percevejo. 2. Arroz. 3. Fungos. 4. Controle Biológico. I.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Aleff de Abreu Cândido Ferreira

Matrícula:

2023101330540008

Título do trabalho:

Virulência de Fungos Entomopatogênicos no Controle de Percevejo do Colmo de Arroz *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30 / 05 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Patos de Minas

Local

09 / 05 / 2025

Data



Documento assinado digitalmente

ALEFF DE ABREU CANDIDO FERREIRA
Data: 13/05/2025 09:13:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

FLAVIO GONCALVES DE JESUS
Data: 13/05/2025 08:24:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 45/2025 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e três dias de dois e vinte e cinco, às dezesseis horas, reuniram-se por videoconferência os componentes da banca examinadora, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de *Aleff de Abreu Cândido Ferreira*, discente do **Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado "**Virulência de Fungos Entomopatogênicos no Controle de Percevejo do Colmo de Arroz *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae)**". A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Flavio Gonçalves de Jesus**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á mediante ao depósito da dissertação definitiva no Repositório Institucional do IF Goiano, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Flavio Gonçalves de Jesus	IF Goiano	Presidente
Dr. Wellington Rodrigues da Silva	Lallemand	Membro Externo
Dra. Flávia Caroline Torres Rodrigues	Lallemand	Membra Externa

Documento assinado eletronicamente por:

- **Flavio Goncalves de Jesus, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/05/2025 11:07:12.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/04/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 700218

Código de Autenticação: 350b84c96c



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

Documento assinado digitalmente



FLAVIA CAROLINE TORRES RODRIGUES

Data: 07/05/2025 09:35:38-0300

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

Documento assinado digitalmente



WELLINGTON RODRIGUES DA SILVA

Data: 07/05/2025 13:48:28-0300

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

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho representa não apenas uma conquista acadêmica, mas também um percurso pessoal repleto de desafios, aprendizados e superações. Por isso, é com gratidão que registro aqui os meus agradecimentos.

A Deus, por me conceder força, saúde e perseverança ao longo desta jornada.

A minha mãe Júnia Adriana C. Pereira, minha irmã Taynara Estefâny Cândido, a minha sobrinha Maria Clara Cândido de Souza e ao meu namorado Wanderson Daniel de Magalhães, por todo amor, apoio incondicional e pelos valores que me ensinaram desde cedo. À minha família, por estarem sempre ao meu lado, torcendo por mim e compreendendo minha ausência em tantos momentos importantes.

A minha professora e mentora da Graduação Renata Nepomuceno da Cunha, pela orientação dedicada, pelas críticas construtivas e pela confiança no meu trabalho. Sua contribuição foi fundamental para que este projeto se tornasse realidade.

Aos amigos, pelo incentivo nos momentos difíceis, pelas palavras de apoio e pela paciência quando eu precisei me afastar para me dedicar aos estudos.

À empresa onde trabalho Lallemand Plant Care Soluções Biológicas LTDA em especial ao time de Controle de Qualidade, pelo suporte estrutural e financeiro que possibilitaram a concretização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa caminhada: meu sincero muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS	4
Local dos experimentos, inseticidas biológicos e criação dos insetos.....	4
Bioensaios de suscetibilidade dos percevejos aos fungos	4
Bioensaios de suscetibilidade dos ovos de percevejos aos fungos	6
Validação do tamanho e do peso do inseto	6
Análises estatísticas	6
RESULTADOS.....	8
Ensaio de patogenicidade dos fungos contra ninfas e adultos de <i>Tibraca limbativentris</i>	8
Suscetibilidade de ovos de <i>T. limbativentris</i> aos fungos entomopatogênicos	15
Ensaio de Virulência dos fungos entomopatogênicos contra ninfas e adultos de <i>T. limbativentris</i>	18
Ensaio de virulência em ovos de <i>T. limbativentris</i>	20
Área Superficial das Ninfas e Adultos	20
Peso dos insetos ninfas e adultos	24
DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32

RESUMO

Os percevejos da família Pentatomidae (Hemiptera) constituem um dos principais grupos de pragas sugadoras que impactam negativamente as lavouras de arroz no Brasil. A elevada incidência de *Tibraca limbativentris* pode resultar em perdas severas na produtividade, podendo, em níveis extremos, levar à perda total da produção. O estudo buscou avaliar a eficiência dos fungos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Cordyceps javanica* na mortalidade de ovos, ninfas e adultos do inseto em diferentes concentrações. Foram conduzidos bioensaios em laboratório utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foram preparadas suspensões de conídios dos fungos em diferentes concentrações. Ovos e insetos foram expostos aos fungos por imersão e mantidos em condições controladas de temperatura ($26 \pm 2^\circ\text{C}$) e umidade relativa ($70 \pm 5\%$). A mortalidade dos insetos, foi avaliada diariamente por 10 dias para ovos e por 20 dias para ninfas e adultos. A análise estatística foi realizada por meio de modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição binomial para dados de mortalidade e ANOVA para comparação das médias. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os fungos testados. *Cordyceps javanica* apresentou maior taxa de mortalidade de ovos, com eficiência crescente conforme o aumento da concentração. *Metarhizium anisopliae* foi o mais eficaz contra ninfas, atingindo a maior taxa de letalidade na concentração de 1×10^9 conídios/mL. Para adultos, *B. bassiana* e *C. javanica* demonstraram maior eficácia biológica, enquanto *M. anisopliae* foi menos eficaz. A interação entre fungo e dose foi estatisticamente significativa, indicando que a resposta biológica é dependente da concentração e do estágio de desenvolvimento do percevejo. Os achados confirmam o potencial de fungos entomopatogênicos como ferramenta viável para o controle biológico de *T. limbativentris*, reduzindo a dependência de inseticidas químicos. A eficiência dos fungos variou conforme a dose e o estágio do inseto, destacando a importância de ajustar as estratégias de aplicação para maximizar o controle. Pesquisas adicionais são recomendadas para otimizar o uso desses agentes e avaliar sua efetividade em condições de campo.

Palavras-chave: Percevejo, Arroz, Fungos, Controle Biológico.

ABSTRACT

Stink bugs of the family Pentatomidae (Hemiptera) are one of the main groups of sucking pests that negatively impact rice crops in Brazil. The high incidence of *Tibraca limbativentris* can result in severe productivity losses and, in extreme cases, lead to total crop loss. This study aimed to evaluate the efficiency of the fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Cordyceps javanica* in causing mortality of eggs, nymphs, and adults of the insect at different concentrations. Laboratory bioassays were conducted using a completely randomized design (CRD). Conidial suspensions of the fungi were prepared at different concentrations. Eggs and insects were exposed to the fungi by immersion and maintained under controlled temperature ($26 \pm 2^\circ\text{C}$) and relative humidity ($70 \pm 5\%$) conditions. After application, mortality was assessed daily for 10 days for eggs and for 20 days for nymphs and adults. Statistical analysis was performed using generalized linear models (GLM) with a binomial distribution for mortality data and ANOVA for average comparisons. The results indicated significant differences among the tested fungi. *Cordyceps javanica* exhibited the highest egg mortality rate, with increasing efficiency as the concentration increased. *Metarhizium anisopliae* was the most effective against nymphs, reaching the highest lethality rate at a concentration of 1×10^9 conidia/mL. For adults, *B. bassiana* and *C. javanica* showed higher biological efficacy, while *M. anisopliae* was less effective. The interaction between fungus and dose was statistically significant, indicating that the biological response depends on concentration and the insect's developmental stage. These findings confirm the potential of entomopathogenic fungi as a viable tool for the biological control of *T. limbativentris*, reducing dependence on chemical insecticides. The efficiency of the fungi varied according to dose and insect stage, highlighting the importance of adjusting application strategies to maximize control. Further research is recommended to optimize the use of these agents and assess their effectiveness under field conditions.

Keywords: Stink bug, Rice, Fungi, Biological Control.

INTRODUÇÃO

Os percevejos da família Pentatomidae (Hemiptera) constituem um dos principais grupos de pragas sugadoras que impactam negativamente as lavouras de arroz no Brasil (Barrigossi e Martins, 2015). Dentre as espécies de maior relevância para essa cultura destacam-se *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851) e *Oebalus ypsilon* (De Geer, 1773), pertencentes à ordem Hemiptera e à família Pentatomidae, que causam danos diretos às panículas das plantas (Souza et al., 2009; França et al., 2018). Além dessas, *Tibraca limbativentris* (Stal, 1860), compromete o colmo das plantas de arroz, exacerbando as perdas na produtividade (Almeida et al., 2020a). Outras espécies consideradas de menor importância econômica, como *Diceraus ssp.* e *Thiantha perditor* (Fabricius, 1794), têm apresentado aumento na incidência, ampliando seu potencial impacto na cultura do arroz no Brasil (Barrigossi e Martins, 2015).

A colonização da lavoura pelo percevejo *T. limbativentris* pode ocorrer a partir de 30 dias após a emergência das plantas (Pazini et al., 2015). Essa espécie se destaca como uma das pragas mais prejudiciais para a cultura do arroz, especialmente nas regiões Sul do Brasil, como os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde sua presença é crônica. Embora infestações iniciais não resultem em impactos imediatos na produtividade (Pantoja et al., 2007), os danos tornam-se economicamente expressivos à medida que a lavoura atinge o estágio de amadurecimento, por volta dos 90 dias após a emergência (Barrigossi et al., 2004). Tanto adultos quanto ninfas dessa espécie alimentam-se na base das plantas, próximo ao colo, especialmente em áreas onde a lâmina d'água da irrigação não cobre completamente o arrozal. Esse comportamento resulta na inserção do estilete nos tecidos vegetais para sucção da seiva do xilema e dos conteúdos celulares parenquimáticos, desencadeando sintomas característicos como "coração morto" na fase vegetativa e "panícula branca" na fase reprodutiva (Krinski e Foerster, 2017a; Santana et al., 2018). O ataque em estágios críticos, como pré-floração e formação de grãos, pode comprometer significativamente a qualidade e a quantidade da produção, gerando grãos com casca manchada. A elevada incidência de *T. limbativentris* pode resultar em perdas severas na produtividade, podendo, em níveis extremos, levar à perda total da produção (Pantoja et al., 2007).

Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo é essencial para preservar a integridade dos grãos e otimizar a produtividade das lavouras. O uso de inseticidas químicos é uma das táticas mais empregadas para o controle da praga, contudo, sua aplicação

frequentemente ocorre sem consideração criteriosa dos impactos econômicos e ambientais associados ao uso indiscriminado desses produtos (Martins et al., 2009). Embora existam protocolos de monitoramento populacional para subsidiar a tomada de decisão quanto à aplicação de inseticidas (Ferreira e Barrigossi, 2006), o controle ainda é amplamente baseado em calendários fixos de pulverização. Nesse contexto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de novas estratégias de manejo que otimizem a tomada de decisão e reduzam a dependência exclusiva de inseticidas (Oliveira et al., 2013).

O controle biológico surge como uma abordagem promissora para mitigar os impactos ambientais decorrentes do uso de inseticidas sintéticos. Dentre os métodos utilizados nessa abordagem, destaca-se o emprego de inimigos naturais, especialmente microrganismos patogênicos, considerados alternativas viáveis e sustentáveis no manejo de pragas (Lee, Woo e Woo, 2023).

Dentre os agentes de controle biológico, os fungos entomopatogênicos se sobressaem devido à capacidade de infectar e eliminar artrópodes. Esses organismos são predominantemente isolados da carapaça dos insetos, mas seu habitat natural é o solo (Behie e Bidochka, 2014). No entanto, o uso constante de substâncias químicas na agricultura pode desequilibrar o ecossistema e ameaçar a sobrevivência desses fungos, reduzindo sua eficácia como agentes de controle biológico. Mesmo diante desses desafios, os fungos do solo são amplamente empregados como bioinseticidas, constituindo uma alternativa ecologicamente segura aos inseticidas químicos.

Dentre os fungos mais utilizados, destacam-se aqueles do filo Ascomycota (Mascarin e Jaronski, 2016). Em escala global, bioinseticidas formulados com espécies dos gêneros *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Isaria* e *Lecanicillium* são amplamente aplicados devido ao seu amplo espectro de ação contra diversas espécies de artrópodes (Castro et al., 2016; Rios-Moreno et al., 2016).

Os fungos entomopatogênicos desempenham múltiplas funções ecológicas. Espécies dos gêneros *Metarhizium*, *Beauveria* e *Cordyceps*, por exemplo, podem atuar como endófitos, colonizando raízes, caules e folhas das plantas (Jaber & Enkerli, 2016; Litwin, Nowak & Róžańska, 2020). No Brasil, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883 e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (1912) são utilizados no controle de pragas agrícolas e florestais desde a década de 1970 (Mascarin et al., 2019). Esses fungos infectam insetos por meio da penetração cuticular e da alteração da microbiota intestinal, levando a morte do inseto

(Wei et al., 2017).

Recentemente, espécies anteriormente classificadas no complexo *Isaria* e reclassificadas como *Cordyceps* (Kepler et al., 2017) têm sido estudadas como alternativas promissoras para o controle de moscas-brancas, cigarrinhas e algumas espécies de ácaros. Entre elas, destacam-se *Cordyceps javanica* e *Cordyceps fumosorosea* (Frieder. & Bally) Kepler, B. Shrestha & Spatafora (2017).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a virulência de três produtos biológicos à base de *Beauveria bassiana* (isolado IBCB 66), *Cordyceps javanica* (isolado BRM 27666) e *Metarhizium anisopliae* (isolado IBCB 425) no controle de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae).

MATERIAL E MÉTODOS

Local dos experimentos, inseticidas biológicos e criação dos insetos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Empresa Lallemand Plant Care, localizada no município de Patos de Minas, MG, sob coordenadas geográficas 18°37'08.7" latitude Sul e 46°30'56.6" e longitude Oeste, com temperatura média de 30°C±2. Os percevejos *T. limbativentris* (Stal, 1860) (Hemiptera: Pentatomidae) utilizados nos ensaios foram cedidos pelo Laboratório de criação de Insetos da Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás - GO).

Os bioinseticidas comerciais na formulação WP (pó molhável), contendo como ingredientes ativos os isolados *B. bassiana* IBCB 66, *C. javanica* BRM 27666 e *M. anisopliae* IBCB 425 foram adquiridos comercialmente.

Bioensaios de suscetibilidade dos percevejos aos fungos

O estudo foi realizado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 13 tratamentos e 10 repetições, totalizando 13 unidades amostrais. Cada unidade amostral foi representada por um vaso de plástico contendo plantas de arroz e composta por 10 insetos. Cada vaso, devidamente identificado por tratamento, continha solo argiloso e areia (1:1) e 5 plantas da cultivar IRGA 409.

Inicialmente, foi realizado o preparo de uma suspensão inicial de conídios, contendo 1×10^9 conídios/mL para todos os fungos testados. Posteriormente, foram realizadas a germinação e contagem de conídios viáveis com auxílio da câmara de Neubauer, conforme descrito na Fórmula 1, a fim de validar a concentração viável na suspensão. Em seguida, foram realizadas diluições seriadas para obtenção das concentrações 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL para todos os fungos, utilizando-se como controle uma solução salina a 8,5% acrescida de 1% de Tween®.

Foram retirados 100 µL das suspensões de esporos preparadas e inoculados em meios de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar). As placas foram incubadas em câmaras de crescimento a 25°C±2 por 20h. Após o período de incubação, as placas foram coradas com solução de Azul de Algodão com Lactofenol e avaliadas quanto à viabilidade fúngica sob microscópio de luz (Opton TNB-40B-PL), considerando-se conídios viáveis aqueles cujo tubo germinativo apresentava comprimento superior a 5 µm (Rossi et al., 2008).

Para a contagem em câmara de Neubauer, foi pipetada uma alíquota de 100 µL da

suspensão e aplicada na canaleta da câmara. Foi analisado em microscópio de luz (Opton), segundo as marcações na Figura 1, avaliando-se dois campos presentes na câmara. A concentração de conídios foi determinada por meio da fórmula 1, e, posteriormente, os resultados foram submetidos a Fórmula 2, para determinação dos conídios viáveis de cada suspensão.

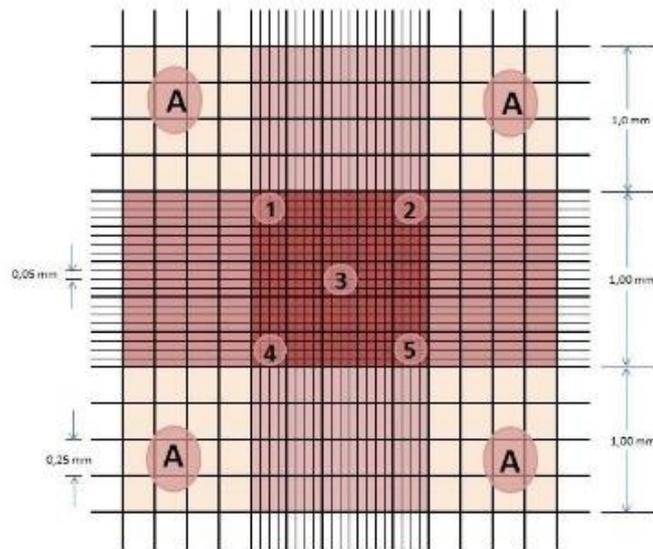


Figura 1: Representação da câmara de Neubauer. (Silva et al., 2017)

Fórmula 1 – Determinação da concentração de Neubauer.

$$\text{Conc. Neubauer} = \frac{(n^{\circ} \text{ esporo Campo 1} + n^{\circ} \text{ esporo Campo 2})}{2} * 50.000 * \text{fator diluição}$$

Fórmula 2 – Contagem de conídios viáveis.

$$CV = \frac{\text{Germinação} \times \text{Contagem de Neubauer}}{100}$$

A aplicação dos produtos foi realizada por imersão. Para isso, os insetos foram previamente refrigerados por 5 minutos em geladeira a 4°C para diminuir a sua atividade metabólica. Em seguida, foram submersos nas suspensões por 30 segundos e imediatamente infestados nas plantas. Após a infestação, os insetos foram mantidos em vasos cobertos com tela de proteção, evitando contato com outros tratamentos na casa de vegetação. A mortalidade foi avaliada diariamente até 20 dias após a aplicação para adultos, onde todos os insetos mortos

foram coletados e identificados para confirmação da mortalidade em câmara úmida.

Para montagem da câmara úmida, os insetos mortos coletados durante os dias da avaliação foram separados e esterilizados superficialmente com hipoclorito de sódio a 1% por 2 minutos, seguidos por imersão em álcool 70°GL por 1 minuto. Em seguida, foram enxaguados três vezes por 30 segundos com água esterilizada. Após o processo de assepsia, os insetos foram colocados sobre papel de filtro úmido para estimular a emergência e esporulação dos fungos.

Bioensaios de suscetibilidade dos ovos de percevejos aos fungos

Aglomerados de ovos de *T. limbativentris* foram esterilizados superficialmente por imersão em hipoclorito a 1% por 2 min, seguida por imersão em álcool 70°GL por 1 minuto. Posteriormente, os ovos foram lavados três vezes com água estéril para remoção dos resíduos de hipoclorito e álcool, e dispostos sobre papel filtro para secagem.

Para a avaliação da mortalidade, foram utilizadas cinco posturas de ovos contendo 14 ovos por tratamento. Os ovos foram imersos em suspensões preparadas conforme descrito na Tabela 1, durante 1 min, e posteriormente alocados sobre papel filtro fixado em placas de Petri. As placas foram incubadas em estufas com ventilação forçada a $26 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR. A eclosão foi monitorada diariamente por 10 dias após a aplicação, sendo considerados mortos os ovos dos quais ninfas não emergiram.

Validação do tamanho e do peso do inseto

Os insetos coletados durante e ao final do experimento, tanto vivos e quanto mortos, foram separados em potes de plásticos, identificados, e posteriormente pesados em balança analítica (Aux-320 320 X 0,0001g Marte/Shimadzu) e medidos com paquímetro universal analógico (Zaas Precision 150mm/6”). O mesmo procedimento foi aplicado para as ninfas.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram ajustadas para um modelo linear generalizado (GLM) considerando a distribuição Gamma, adequada para dados contínuos positivos. A significância dos efeitos principais e da interação foi avaliada por meio de análise de variância (ANOVA) utilizando o teste F. A adequação do modelo foi verificada por meio da inspeção dos resíduos padronizados do tipo Pearson. Médias marginais ajustadas e intervalos de confiança de 95%

foram obtidos utilizando a função `ggemmeans`, e os resultados foram representados graficamente. Quando necessário, um novo ajuste foi realizado e comparado por meio de ANOVA utilizando o teste qui-quadrado (χ^2).

A mortalidade dos insetos foi modelada por meio de um GLM com distribuição Binomial e função de ligação logit, apropriada para dados binários. A significância dos efeitos principais e das interações foi avaliada por meio de ANOVA utilizando o teste qui-quadrado (χ^2). A evolução da mortalidade foi visualizada por meio da função `ggpredict`, permitindo a interpretação dos padrões de resposta entre os diferentes grupos experimentais.

A TL_{50} (tempo letal para 50% de mortalidade), foi estimada por meio da modelagem da mortalidade em função do tempo utilizando um modelo logístico. Os valores de TL_{50} foram obtidos utilizando a função `dose.p` da biblioteca MASS. As estimativas e respectivos erros padrões foram representados graficamente por meio do pacote `ggplot2`, com barras de erro indicando os intervalos de confiança.

RESULTADOS

Ensaio de patogenicidade dos fungos contra ninfas e adultos de *Tibraca limbativentris*.

A análise de variância do modelo de regressão logística binomial revelou que diversas variáveis e suas interações influenciaram significativamente a mortalidade das ninfas de percevejo avaliadas. O tempo apresentou um efeito altamente significativo ($\chi^2 = 408,15$; $df = 1$; $p = 2,2 \times 10^{-16}$), indicando uma variação substancial da mortalidade ao longo do período experimental. De maneira semelhante, a presença do fungo também influenciou significativamente a resposta ($\chi^2 = 63,42$; $df = 2$; $p = 1,688 \times 10^{-14}$), sugerindo que diferentes espécies fúngicas testadas impactaram a mortalidade de formas distintas. As estimativas das médias marginais ajustadas (EMMs) na escala do logit para *B. bassiana* -2,53 (IC 95%: -3,07 a -1,99), *C. javanica* -2,80 (IC 95%: -3,26 a -2,35) e para *M. anisopliae* -1,07 (IC 95%: -1,26 a -0,88), após transformação para a escala de probabilidades, as taxas de mortalidade estimadas foram 7,4% para *B. bassiana*, 5,7% para *C. javanica* e 25,5% para *M. anisopliae*. As comparações múltiplas indicaram que não houve diferença significativa entre *B. baissiana* e *C. javanica* ($p = 0,7212$). Entretanto, *M. anisopliae* apresentou uma mortalidade significativamente maior em relação aos demais fungos (*M. anisopliae* vs. *B. bassiana*: $p < 0,0001$; *M. anisopliae* vs. *C. javanica*: $p < 0,0001$).

Por outro lado, a dose, quando considerada isoladamente, não apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a resposta ($\chi^2 = 0,81$; $df = 3$; $p = 0,8467$), indicando que o nível de exposição ao fungo, sem considerar outras interações, não influenciou diretamente a mortalidade.

Entretanto, a interação entre tempo e fungo foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 27,02$; $df = 2$; $p = 1,355 \times 10^{-6}$), demonstrando que o impacto da infecção fúngica sobre a mortalidade variou ao longo do tempo. No período de referência de 10,5 dias, os coeficientes estimados na escala do logit confirmam que *M. anisopliae* manteve taxas de mortalidade mais elevadas ao longo do tempo, enquanto *B. bassiana* e *C. javanica* apresentaram padrões similares de resposta temporal.

Além disso, a interação entre tempo e dose também foi significativa ($\chi^2 = 19,21$; $df = 3$; $p = 0,0002477$), sugerindo que a relação entre o tempo de exposição e a mortalidade dependeu da concentração utilizada. Portanto, afirma-se que o aumento da dose potencializou a mortalidade de maneira dependente do tempo. Esse efeito foi mais pronunciado para *M.*

anisopliae, que apresentou um incremento significativo na taxa de mortalidade conforme a dose aumentava. Para *B. bassiana* e *C. javanica*, a resposta à dose foi menos acentuada ao longo do tempo.

A interação entre fungo e dose revelou um efeito altamente significativo ($\chi^2 = 108,81$; $p = 2,2 \times 10^{-16}$), evidenciando que a resposta ao tratamento foi modulada pela dose aplicada e que diferentes combinações de fungo e dose resultaram em padrões distintos de mortalidade.

As estimativas das médias marginais ajustadas (EMMeans) foram calculadas para cada combinação de fungo e dose, com os valores apresentados na escala logit. Em todas as doses analisadas, observou-se variação nos valores médios entre os diferentes fungos, indicando possíveis diferenças em sua eficácia. Na dose de 1×10^6 , os valores de EMMeans variaram de -2,2659 para *B. bassiana* a -1,0618 para *M. anisopliae*, com um intervalo de confiança de 95% (IC95%) indicando que *M. anisopliae* apresentou a maior média na escala logit. Aumentando a dose para 1×10^7 , *C. javanica* apresentou a menor média (-3,6606), enquanto *B. bassiana* e *M. anisopliae* tiveram valores próximos (-1,5101 e -1,6766, respectivamente). Com a dose de 1×10^8 , as médias marginais variaram de -2,0175 (*C. javanica*) a -1,2566 (*B. bassiana*). Na dose mais alta (1×10^9), *B. bassiana* apresentou a menor média (-5,0712), enquanto *M. anisopliae* teve um valor próximo de zero (0,0238), indicando uma mudança substancial no padrão de resposta dos fungos.

Para avaliar diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos fungos dentro de cada dose através do teste de Tukey, observou-se que na dose de 1×10^6 conídios/mL teve uma diferença significativa entre *B. bassiana* e *M. anisopliae* ($z = -3,229$; $p = 0,0036$), bem como entre *C. javanica* e *M. anisopliae* ($z = -2,846$; $p = 0,0123$), sugerindo que *M. anisopliae* apresentou uma resposta significativamente maior nessa condição. Na dose de 1×10^7 conídios/mL, *C. javanica* apresentou diferença significativa em relação a *B. bassiana* ($z=3,256$; $p=0,0032$) e *M. anisopliae* ($z = -3,009$; $p = 0,0074$), sugerindo um desempenho inferior desse fungo nessa concentração. Entretanto, na dose de 1×10^8 conídios/mL, nenhuma das comparações entre os fungos atingiu significância estatística ($p > 0,05$), sugerindo um efeito mais homogêneo entre os tratamentos. Já na dose de 1×10^9 conídios/mL, foram observadas diferenças altamente significativas entre *B. bassiana* e *M. anisopliae* ($z = -5,009$, $p = 0,0001$) e entre *C. javanica* e *M. anisopliae* ($z = -5,935$, $p = 0,0001$), indicando que *M. anisopliae* respondeu de maneira substancialmente diferente nessa condição.

Finalmente, a interação tripla entre tempo, fungo e dose também foi estatisticamente

significativa ($\chi^2 = 19,22$; $df = 6$; $p = 0,0038043$), indicando que a mortalidade observada foi influenciada pela combinação simultânea desses três fatores. Esses resultados sugerem que a mortalidade das ninfas não foi exclusivamente dependente de fatores individuais, mas sim de interações complexas entre tempo de exposição, tipo de fungo e dose aplicada. A ausência de efeito significativo da dose isoladamente, combinada com a relevância estatística das interações que envolvem esse fator, reforça a hipótese de que a eficácia do tratamento depende das condições específicas de tempo de exposição e da espécie fúngica utilizada.

O gráfico apresentado (Figura 4) ilustra as probabilidades previstas de mortalidade ao longo do tempo. Em todas as condições experimentais, verificou-se um aumento progressivo na probabilidade de mortalidade ao longo do tempo, sendo mais pronunciado nos períodos finais do experimento. Esse padrão sugere um efeito cumulativo da infecção fúngica, caracterizado pelo aumento da letalidade à medida que o tempo de exposição se prolonga.

A análise comparativa entre os diferentes painéis do gráfico revela que a mortalidade foi dependente da dose aplicada em relação ao tempo, uma vez que concentrações mais elevadas (1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL) resultaram em maior probabilidade de morte em menor intervalo de tempo. Em contraste, para concentrações mais baixas (1×10^6 e 1×10^7 conídios/mL), a mortalidade ocorreu de forma mais lenta e gradual.

Dentre as espécies testadas, *B. bassiana* apresentou um padrão de aumento de mortalidade semelhante a *M. anisopliae*, com resposta mais evidente em concentrações intermediárias e altas. Em doses elevadas, sua eficiência foi próxima ou ligeiramente inferior à de *M. anisopliae*. Por outro lado, *C. javanica* demonstrou um efeito mais gradual, resultando em menores taxas de mortalidade ao longo do tempo em comparação com os demais fungos, sugerindo uma patogenicidade reduzida ou uma progressão mais lenta da infecção. Já *M. anisopliae* destacou-se como o fungo mais eficiente em doses elevadas (1×10^9 conídios/mL), superando os outros tratamentos no período final do experimento.

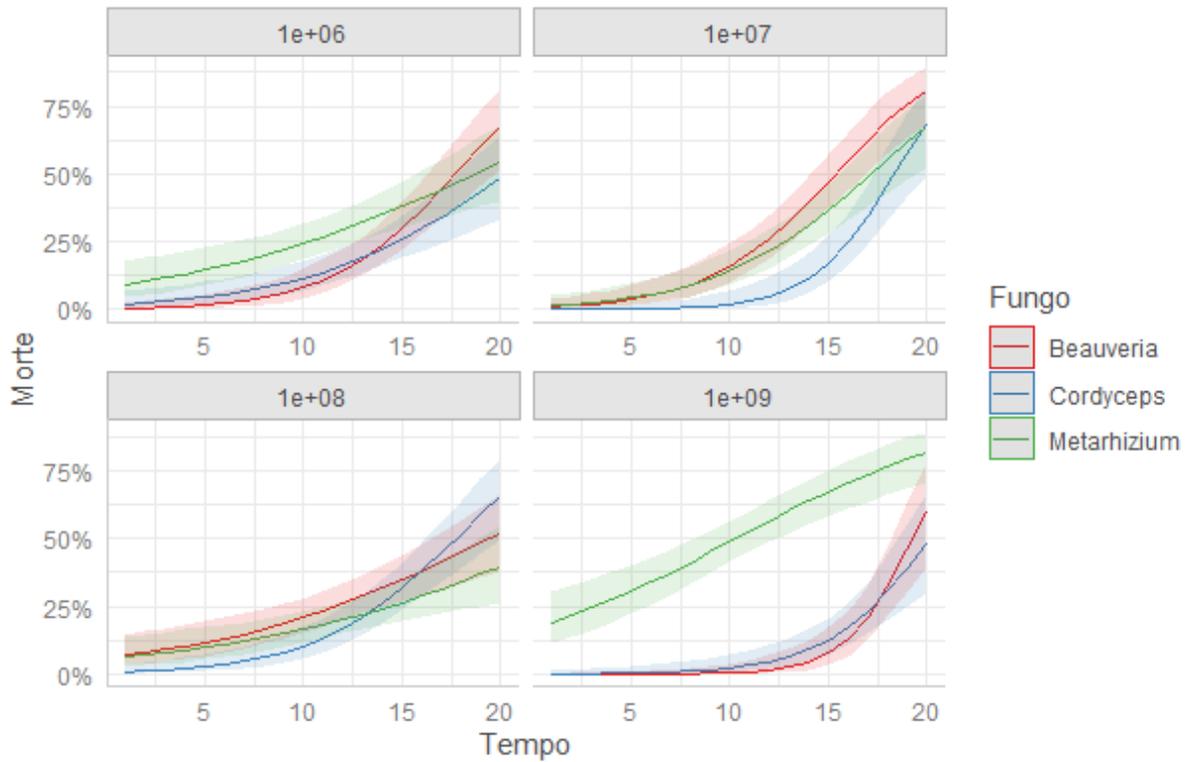


Figura 4: Gráfico de probabilidades previstas de mortalidade (%) de ninfas de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados longo do tempo com fungos entomopatogênicos (*B. bassiana*, *C. javanica* e *M. anisopliae*) em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL). As curvas representam os ajustes do modelo, enquanto as áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança.

As áreas sombreadas ao redor das curvas no gráfico representam os intervalos de confiança. A sobreposição entre os fungos em concentrações menores indica que suas diferenças de eficiência não são estatisticamente robustas nessas condições. Entretanto, em doses mais altas, as diferenças tornam-se mais evidentes, com *M. anisopliae* apresentando a maior taxa de mortalidade. Esses achados ressaltam a importância de considerar não apenas a presença do fungo, mas também a dose e o tempo de exposição como fatores determinantes na eficiência do controle biológico das ninfas de percevejo.

A análise de variância foi realizada para avaliar os efeitos da mortalidade em adultos do percevejo *Tibraca limbativentris*. O efeito principal do tempo foi altamente significativo ($\chi^2 = 356,60$; $df = 1$; $p = 2,2 \times 10^{-16}$), evidenciando uma forte influência dessa variável sobre a mortalidade. A estimativa média marginal para o tempo foi de -1,39 na escala logit, com um intervalo de confiança de 95% variando entre -1,51 e -1,27. Dessa forma, os efeitos principais

do tempo não devem ser interpretados isoladamente, pois as interações significativas sugerem que a magnitude e a direção do efeito temporal podem depender das condições experimentais específicas.

O efeito dos fungos também foi estatisticamente significativo ($\chi^2 = 17,19$; $df = 2$; $p = 0,000185$), sugerindo que diferentes espécies fúngicas influenciaram a taxa de mortalidade de maneira distinta. As estimativas marginais médias da mortalidade para cada fungo sendo para *B. bassiana* -1,26 (IC 95%: -1,46 a -1,06), o *C. javanica* -1,08 (IC 95%: -1,26 a -0,90) e o *M. anisopliae* -1,83 (IC 95%: -2,08 a -1,58), após transformação para a escala de probabilidades, as taxas de mortalidade estimadas foram de 21,9% para o fungo *B. bassiana*, 25,3% para o *C. javanica* e 13,9% para o *M. anisopliae*. As comparações múltiplas de Tukey indicaram que a mortalidade causada por *M. anisopliae* foi significativamente menor em relação a *B. bassiana* ($p = 0,0016$) e *C. javanica* ($p = 0,0001$). No entanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre *B. bassiana* e *C. javanica* ($p = 0,3660$), sugerindo efeitos similares dessas espécies sobre a mortalidade. Os resultados indicam que *M. anisopliae* apresentou a menor virulência, enquanto *B. bassiana* e *C. javanica* demonstraram efeitos comparáveis. Essa variabilidade pode ser atribuída a diferenças na virulência, taxa de crescimento e mecanismos de infecção de cada fungo.

Por outro lado, a dose isoladamente não apresentou um efeito significativo sobre a mortalidade ($\chi^2 = 4,15$; $df = 3$; $p = 0,246034$), indicando que a variação na concentração do tratamento não influenciou diretamente a taxa de mortalidade quando considerada independentemente. Esse resultado sugere que a eficácia do tratamento está mais fortemente associada à interação com outros fatores, como o tempo de exposição e a espécie do fungo utilizado.

A interação entre tempo e fungo foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 12,42$; $df = 2$; $p = 0,002005$), indicando que o efeito do tempo sobre a mortalidade variou conforme a espécie fúngica. Entretanto, as comparações de Tukey indicaram que, dentro de cada fungo, não houve diferenças significativas ao longo do tempo ($p > 0,05$), sugerindo que o efeito principal do tempo foi mais pronunciado quando considerado isoladamente. Esses resultados destacam a importância de avaliar a dinâmica temporal da infecção, pois diferentes fungos podem apresentar padrões distintos de virulência ao longo do tempo.

A interação entre tempo e dose também foi altamente significativa ($\chi^2 = 28,31$, $p = 3,125 \times 10^{-6}$), indicando que a relação entre tempo e mortalidade foi modulada pela dose

aplicada, possivelmente devido à dinâmica de propagação da infecção, onde doses mais elevadas aceleraram o efeito letal sobre os percevejos. Os valores indicam que a mortalidade apresentou um aumento linear com a dose. Embora as doses mais altas (1×10^8 conídios/mL) tenham mostrado uma tendência de maior mortalidade, as diferenças entre as doses não foram estatisticamente significativas nas comparações de Tukey ($p > 0,05$)

A interação entre fungos e doses ($\chi^2 = 15,39$, $p = 0,017409$) também foi significativa, indicando que a eficácia das diferentes doses variou conforme a espécie fúngica utilizada. Na dose de 1×10^6 , os valores de emmeans variaram de -1,889 para *M. anisopliae* a -1,066 para *C. javanica*, com um intervalo de confiança de 95% (IC95%) indicando que *C. javanica* apresentou a maior média. Aumentando a dose para 1×10^7 conídios/mL, *M. anisopliae* apresentou a menor média (-1,971), enquanto *B. bassiana* teve a maior (-0,825), sugerindo que esse fungo pode ter mantido maior eficácia nessa concentração. Com a dose de 1×10^8 conídios/mL, as médias marginais variaram de -1,724 (*B. bassiana*) a -1,268 (*C. javanica*). Entretanto, na dose mais alta (1×10^9 conídios/mL), *M. anisopliae* apresentou a menor média (-1,922), enquanto *C. javanica* teve a maior (-1,062), indicando uma possível variação na resposta dos fungos em concentrações mais elevadas. Para avaliar diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos fungos dentro de cada dose, foram realizadas comparações múltiplas ajustadas pelo método de Tukey. Na dose de 1×10^6 conídios/mL, observou-se uma diferença significativa entre *B. bassiana* e *M. anisopliae* ($z = 2,671$, $p = 0,0207$), bem como entre *C. javanica* e *M. anisopliae* ($z = 2,882$, $p = 0,0110$), sugerindo que *M. anisopliae* apresentou uma resposta significativamente diferente dos demais fungos nessa condição. Na dose de 1×10^7 conídios/mL, *B. bassiana* apresentou diferença significativa em relação a *M. anisopliae* ($z=3,609$, $p = 0,0009$) e *C. javanica* ($z = 3,256$, $p = 0,0032$), indicando um desempenho superior desse fungo nessa concentração. Entretanto, na dose de 1×10^8 conídios/mL, nenhuma das comparações entre os fungos atingiu significância estatística ($p > 0,05$), sugerindo um efeito mais homogêneo entre os tratamentos. Já na dose de 1×10^9 conídios/mL, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre *C. javanica* e *M. anisopliae* ($z = 2,675$, $p = 0,0204$), sugerindo que *M. anisopliae* manteve um comportamento distinto dos demais nessa condição. Os resultados indicam que as diferenças entre os fungos são mais evidentes nas doses mais baixas (1×10^6 e 1×10^7 conídios/mL), enquanto que, em doses mais elevadas as respostas tendem a se tornar mais homogêneas.

No entanto, a interação tripla entre tempo, fungos e doses não apresentou significância

estatística ($\chi^2 = 8,25$, $p = 0,220302$). Os resultados destacam o tempo como um fator determinante para a mortalidade, com influências significativas do tipo de fungo e suas interações com o tempo e a dose aplicada. A ausência de um efeito significativo na interação tripla sugere que os fatores analisados atuaram de forma independente ou em interações duplas, sem um efeito sinérgico adicional. Esses achados reforçam a importância de considerar a temporalidade e as especificidades biológicas ao avaliar a eficácia de tratamentos fúngicos sobre a mortalidade dos organismos estudados.

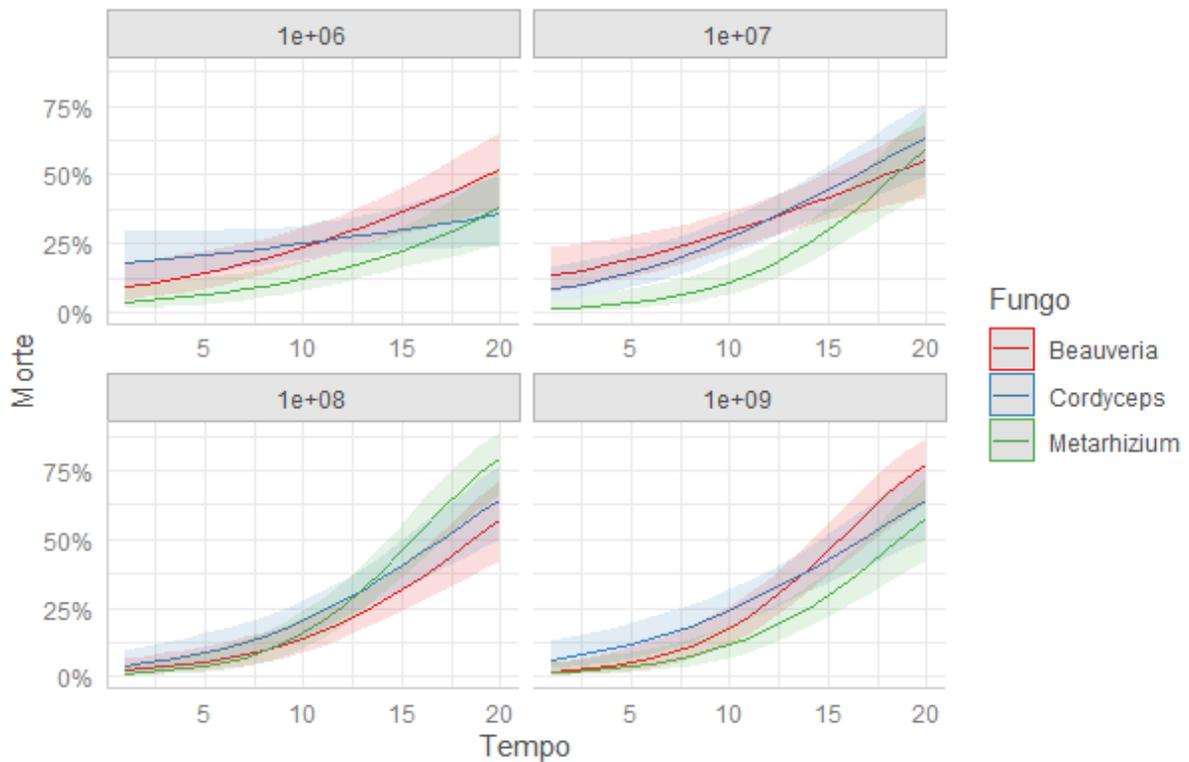


Figura 5: Gráfico de probabilidades previstas de mortalidade (%) de adultos de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados longo do tempo com fungos entomopatogênicos (*B. bassiana*, *C. javanica* e *M. anisopliae*) em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL). As curvas representam os ajustes do modelo, enquanto as áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança.

O gráfico (Figura 5) apresenta as probabilidades previstas de mortalidade ao longo do tempo, estratificadas por diferentes concentrações do tratamento (1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL) e pelo tipo de fungo (*B. bassiana*, *C. javanica* e *M. anisopliae*). A mortalidade foi expressa em termos percentuais, e as curvas representam a tendência de aumento da

mortalidade ao longo do tempo para todas as combinações de fungo e dose. As bandas sombreadas ao redor das curvas indicam os intervalos de confiança, refletindo a incerteza estatística das estimativas. Independentemente da dose aplicada, observou-se um aumento progressivo na mortalidade ao longo do tempo para todos os fungos testados, com padrões distintos entre as espécies. O fungo *B. bassiana* apresentou, de forma geral, as maiores probabilidades de mortalidade, especialmente em concentrações mais altas (1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL). Em contrapartida, *C. javanica* exibiu menores taxas de mortalidade, sugerindo uma menor eficácia, particularmente em doses mais baixas. O fungo *M. anisopliae* apresentou um padrão intermediário, com taxas de mortalidade crescentes ao longo do tempo e um efeito potencialmente dependente da dose aplicada.

A influência da dose sobre a mortalidade foi evidente, com concentrações mais altas (1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL) resultando em maiores taxas de mortalidade em um menor intervalo de tempo, entretanto os dados contradizem Martins et al. (2004) que registrou uma dosagem de $5-7,2 \times 10^{13}$. Esse efeito foi particularmente acentuado para *M. anisopliae*, que apresentou um aumento expressivo na mortalidade quando a concentração foi elevada para 1×10^8 conídios/mL. Resultados similares foram obtidos por Quintela et al. (2013), que testou dose de 5×10^6 a 5×10^8 obtendo uma mortalidade em campo de 40%. No caso de *B. bassiana*, a diferença entre doses foi menos pronunciada, sugerindo uma elevada virulência mesmo em concentrações menores.

Os dados indicam um padrão de crescimento sigmoidal da mortalidade, caracterizado por uma fase inicial de progressão lenta, seguida por crescimento exponencial e posterior estabilização. A interação entre tempo, fungo e dose corrobora os achados estatísticos, evidenciando que a combinação desses fatores influenciou diretamente a taxa de mortalidade. Assim, a avaliação conjunta da espécie fúngica e da dose aplicada é essencial para otimizar a eficácia do tratamento fúngico.

Suscetibilidade de ovos de *T. limbativentris* aos fungos entomopatogênicos

A análise de variância revelou um efeito significativo no fungo sobre a eclosão dos ovos ($\chi^2 = 133,144$; $df = 3$; $p = 2,2e-16$), indicando que diferentes espécies de fungos afetam a taxa de eclosão de maneira distinta. O tratamento não apresentou efeito significativo ($\chi^2 = 0,597$; $df = 1$; $p = 0,4398$), sugerindo que, isoladamente, a concentração do fungo aplicado não influencia significativamente a taxa de eclosão. No entanto, foi observada uma interação significativa

entre o fungo e o tratamento ($\chi^2 = 13,679$; $df = 2$; $p = 0,00107$), evidenciando que o efeito da concentração depende da espécie fúngica utilizada.

As estimativas das probabilidades previstas de eclosão, obtidas por meio da função *ggemmeans*, indicam diferenças entre os tratamentos e os tipos de fungo testados. Para o *M. anisopliae*, a taxa de eclosão manteve-se estável (~73%) em quase todas as concentrações, apresentando um leve declínio na maior concentração (58% para 1×10^9 conídios/mL). Contudo, a *B. bassiana* apresentou uma taxa de eclosão mais baixa (~41%) para todas as concentrações, com um leve aumento na maior dose (47% para 1×10^9 conídios/mL) e o *C. javanica* exibiu um aumento progressivo na taxa de eclosão, de 67% para concentrações mais baixas até 85% na concentração mais alta. O Controle (água), por outro lado, apresentou as menores taxas de eclosão, variando entre 6% e 11%, confirmando a ausência de efeito positivo na ausência do tratamento fúngico.

A análise de comparações múltiplas de Tukey indicou diferenças significativas entre os fungos testados, em que o *M. anisopliae* apresentou uma taxa de eclosão significativamente maior do que o *B. bassiana* ($z = 6,336$; $p = 0,0001$), mas não diferiu significativamente de *C. javanica* ($z = -0,866$; $p = 0,8227$). Da mesma forma, *C. javanica* apresentou taxas de eclosão significativamente maiores que *B. bassiana* ($z = -7,076$; $p = 0,0001$).

O modelo estimado na escala logit revelou os seguintes valores médios ajustados (emmeans) para o fungo *M. anisopliae* de 0,825 (69,5%), o *C. javanica* de 0,990 (72,8%) e para a *B. bassiana* de -0,309 (42,3%). A comparação pareada entre *M. anisopliae* e *C. javanica* não foi significativa ($p = 0,8227$), indicando que ambos os fungos promovem eclosão em níveis semelhantes. No entanto, ambos diferiram significativamente de *B. bassiana* e do Controle ($p = 0,0001$).

A análise das médias estimadas por tratamento revelou que a interação entre fungo e concentração foi significativa. No caso do *M. anisopliae*, observou-se uma tendência de redução na eclosão na maior concentração testada, enquanto *C. javanica* apresentou um aumento progressivo na taxa de eclosão conforme a concentração aumentava, entretanto, a *B. bassiana*, por outro lado, manteve taxas relativamente constantes, com uma leve melhora apenas na maior concentração. O grupo Controle apresentou resultados negativos em todas as condições, o que já se esperava, pois, o tratamento foi somente com água. Esses resultados indicam que os efeitos dos fungos sobre a eclosão variam conforme a concentração aplicada, sugerindo uma possível relação dose-dependente para *C. javanica*.

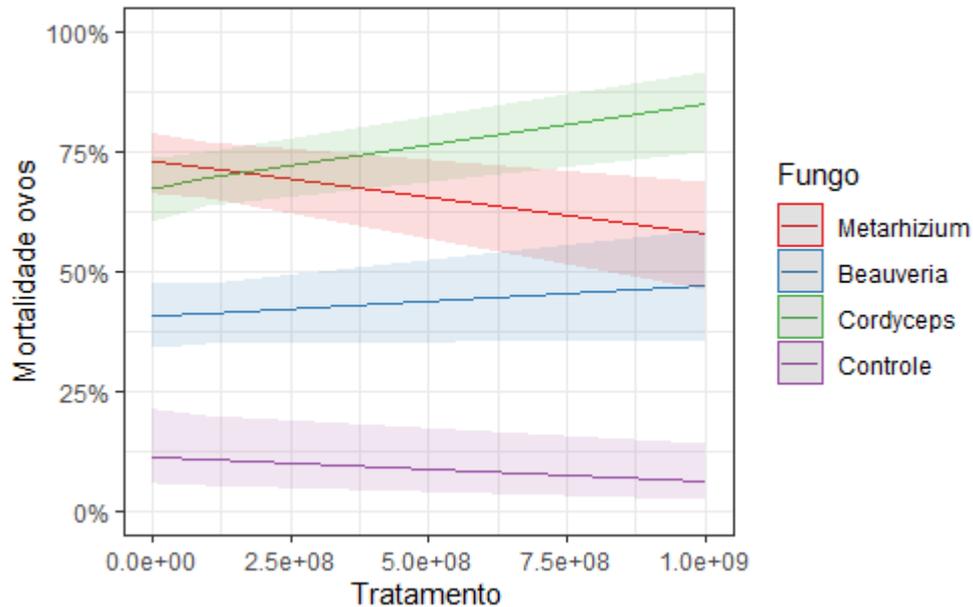


Figura 6: Mortalidade dos ovos (%) de *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) em função da concentração do tratamento (conídios/mL) para diferentes fungos entomopatogênicos (*M. anisopliae*, *B. bassiana* e *C. javanica*). As linhas representam as médias estimadas pelo modelo logístico, enquanto as áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança de 95%.

A confirmação dos resultados também pode ser visualizada na Figura 6, que representa a relação entre a mortalidade de ovos e a concentração do tratamento para cada fungo testado. As linhas representam as tendências de mortalidade para cada fungo, e as áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança de 95%.

O gráfico evidencia que *C. javanica* foi o fungo mais eficiente, apresentando um aumento da mortalidade com o crescimento da dose aplicada. O *M. anisopliae* demonstrou um comportamento inverso, onde a mortalidade diminuiu na concentração mais alta, sugerindo um possível efeito de saturação. Já *B. bassiana* teve uma eficácia mais constante e moderada ao longo das concentrações testadas.

Dessa forma, os resultados evidenciaram que os fungos foram os principais determinantes da mortalidade dos ovos, enquanto os tratamentos, isoladamente, não tiveram influência significativa. No entanto, a interação entre ambos os fatores demonstrou ser estatisticamente relevante, indicando que diferentes combinações de fungos e concentrações

podem alterar significativamente a eficácia do controle biológico sobre ovos de percevejos.

Ensaio de Virulência dos fungos entomopatogênicos contra ninfas e adultos de *T. limbativentris*

Os gráficos (Figura 7) apresentados demonstram a relação entre diferentes concentrações de fungos entomopatogênicos (*B. bassiana*, *C. javanica* e *M. anisopliae*) e o tempo letal médio necessário para causar 50% de mortalidade (TL₅₀) em ninfas e adultos do percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae). A variável independente corresponde à concentração do fungo em unidades de conídios (conídios/mL), enquanto a variável dependente representa a TL₅₀ em dias. As barras de erro indicam a variação dos dados em torno da média, sugerindo a dispersão da mortalidade dentro de cada tratamento.

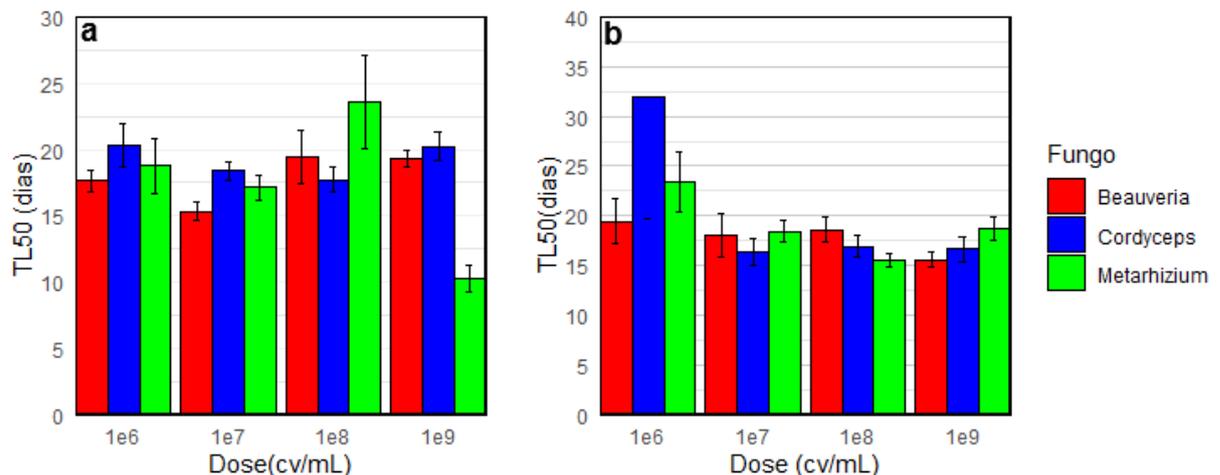


Figura 7: Tempo Letal 50% (TL₅₀) em dias para percevejo de *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados com diferentes concentrações de fungos entomopatogênicos. Os valores representam a média ± erro-padrão (a) Ninfas (b) Adultos.

Observou-se que, para as ninfas (Figura 7.a), o tempo letal médio (TL₅₀) variou de acordo com a dose e o fungo aplicado. Na dose 1×10^6 conídios/mL os tempos letais médios para os três fungos foram relativamente próximos, com valores variando entre aproximadamente de 18 a 22 dias, onde o *C. javanica* apresentou a maior TL₅₀, seguido por *B. bassiana* e *M. anisopliae*, sugerindo um efeito letal mais lento para *C. javanica* em baixa concentração. Entretanto, na dosagem 1×10^7 conídios/mL houve uma leve redução na TL₅₀ de *B. bassiana*, enquanto *C. javanica* e *M. anisopliae* mantiveram valores próximos aos

observados na dose anterior. Esse comportamento indica que a letalidade de *B. bassiana* foi mais reativa ao aumento da concentração do que os outros dois fungos. Contudo, na dosagem 1×10^9 conídios/mL, observou-se uma mudança significativa na dinâmica de letalidade, onde o *M. anisopliae*, apresentou uma queda acentuada para valores inferiores a 15 dias. Esse resultado indica que a maior concentração acelerou a ação letal desse fungo, enquanto *B. bassiana* e o *C. javanica* mantiveram TL_{50} relativamente constantes, em torno de 19 a 21 dias.

O comportamento da TL_{50} nos percevejos adultos (Figura 7.b) apresentou diferenças notáveis em relação às ninfas, sugerindo que a suscetibilidade dos estágios de desenvolvimento ao controle fúngico pode ser diferenciada. A concentração de 1×10^6 conídios/mL para o *C. javanica* apresentou uma TL_{50} muito superior em comparação aos demais fungos, atingindo valores acima de 30 dias. Esse comportamento indica uma ação mais lenta e possivelmente menos eficiente em adultos, pelo menos em concentrações reduzidas. Em contrapartida, *B. bassiana* e *M. anisopliae* apresentaram valores semelhantes, sugerindo um efeito mais uniforme desses fungos nessa dose. Houve uma redução significativa na TL_{50} de *C. javanica*, na dosagem de 1×10^7 conídios/mL, aproximando-se dos valores registrados para os outros dois fungos. Esse resultado indica que a eficiência letal de *C. javanica* melhorou consideravelmente com o aumento da concentração. Contudo, os três fungos apresentaram TL_{50} relativamente similares, com pequenas variações em dosagem mais alta (1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL). Observou-se que, diferentemente das ninfas, *M. anisopliae* manteve valores mais constantes e não apresentou o aumento expressivo na TL_{50} observado na dose intermediária do primeiro gráfico. Já *B. bassiana* e *C. javanica* também mantiveram uma resposta consistente, sem oscilações bruscas.

Os resultados revelam que o desempenho dos fungos entomopatogênicos varia de acordo com a fase de desenvolvimento do hospedeiro e a dose aplicada. A *B. bassiana* demonstrou um desempenho consistente ao longo das diferentes doses, sendo eficiente tanto em ninfas quanto em adultos. Sua capacidade de manter um TL_{50} relativamente baixo sugere uma alta virulência independente da fase de desenvolvimento do hospedeiro. Já o *C. javanica* apresentou um TL_{50} elevado nas doses mais baixas, especialmente em adultos, indicando uma menor virulência inicial em comparação aos demais fungos. Entretanto, sua resposta melhorou consideravelmente com o aumento da dose, alcançando valores similares aos de *B. bassiana* nas doses mais elevadas. O fungo *M. anisopliae* demonstrou um comportamento distinto entre ninfas e adultos. Para as ninfas, seu desempenho foi inferior nas doses intermediárias, mas superior na dose mais alta, indicando uma resposta dose-dependente mais pronunciada. Já para

os adultos, o *M. anisopliae* foi menos eficiente na dose mais elevada, sugerindo que sua capacidade de infecção pode ser influenciada por fatores fisiológicos do hospedeiro.

Os dados obtidos têm implicações diretas na escolha do fungo entomopatogênico mais adequado para o controle biológico do inseto-alvo em diferentes estágios de desenvolvimento. A alta eficiência de *B. bassiana* ao longo de todas as doses sugere que esse fungo pode ser uma escolha versátil para o controle tanto de ninfas quanto de adultos. O *C. javanica*, apesar do TL_{50} elevado em doses menores, mostrou-se eficiente em doses maiores, podendo ser recomendado para aplicações onde se deseja maximizar a mortalidade a longo prazo. *Metarhizium anisopliae* apresentou um desempenho mais variável, sendo altamente eficaz contra ninfas em altas doses, mas menos eficiente contra adultos. Esse comportamento sugere que seu uso pode ser mais adequado para programas de controle focados em populações jovens do inseto-alvo. Essas variações destacam a importância da escolha estratégica do agente de controle biológico em função da fase do ciclo de vida do hospedeiro e da dose aplicada, garantindo maior eficácia e eficiência no manejo populacional da praga.

Ensaio de virulência em ovos de *T. limbativentris*

A estimativa da dose letal necessária para atingir 70% da mortalidade (CL_{70}) dos ovos foi determinada para os três fungos entomopatogênicos. Os valores da dose foram expressos em sua forma normal para melhor interpretação da magnitude dos dados. Os resultados demonstraram que o fungo *B. bassiana* apresentou o maior valor de dose letal necessária para atingir 70% da mortalidade ($CL_{70} \approx 4,56 \times 10^9$ conídios; SE = 4,59), indicando que uma concentração significativamente maior deste fungo foi necessária para alcançar o mesmo efeito letal quando comparado as demais espécies testadas. Em seguida, *M. anisopliae* apresentou um valor intermediário ($CL_{70} \approx 2,24 \times 10^8$ conídios; SE = 1,96), enquanto *C. javanica* exibiu a menor dose letal estimada ($CL_{70} \approx 1,16 \times 10^8$ conídios; SE = 1,37).

Área Superficial das Ninfas e Adultos

A análise de variância indicou que o fungo apresentou um efeito marginalmente significativo sobre a área superficial das ninfas (mm^2) ($p = 0,0512$), sugerindo que diferentes fungos podem influenciar sua redução. No entanto, os tratamentos (concentração do fungo) não foram significativos ($p = 0,7771$), indicando que a variação nas concentrações utilizadas não exerceu um efeito expressivo. A interação entre fungo e tratamento também não foi significativa ($p = 0,1787$), sugerindo que as diferentes concentrações tiveram efeitos similares entre os

fungos testados, no nível de significância de 5%.

O teste de Tukey, realizado para comparar os efeitos dos diferentes fungos dentro de cada concentração do tratamento, indicou que não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre *M. anisopliae*, *B. bassiana* e *C. javanica* em nenhuma das concentrações avaliadas. A menor diferença foi observada entre *M. anisopliae* e *B. bassiana* no tratamento 1×10^9 conídios/mL, com um valor de $p = 0,0578$; no entanto, esse valor ainda não atingiu o nível de significância estabelecido ($p < 0,05$). Esses resultados indicam que não houve efeito significativo das diferentes concentrações ou dos isolados fúngicos sobre a área, o que pode estar relacionado a uma baixa sensibilidade do parâmetro avaliado frente à aplicação dos bioagentes ou a uma alta variabilidade experimental.

Os valores previstos da área para cada tratamento e fungo são apresentados na Figura 3.a, enquanto os índices de variação estão descritos na Tabela 3. O grupo controle (Água) apresentou a maior média predita ($93,57 \text{ mm}^2$, IC 95%: $82,93 - 107,34$), confirmando que a ausência de fungos resultou na maior área superficial. Em contraste, os tratamentos com fungos resultaram em menores médias de área, sendo o menor valor predito observado para *M. anisopliae* na concentração 1×10^9 conídios/mL ($67,73 \text{ mm}^2$, IC 95%: $60,03 - 77,70$). Para *B. bassiana*, a concentração 1×10^9 conídios/mL resultou na maior área entre os tratamentos ($84,06 \text{ mm}^2$, IC 95%: $74,51 - 96,43$), enquanto a concentração 1×10^7 conídios/mL apresentou a menor área ($72,45 \text{ mm}^2$, IC 95%: $64,21 - 83,11$).

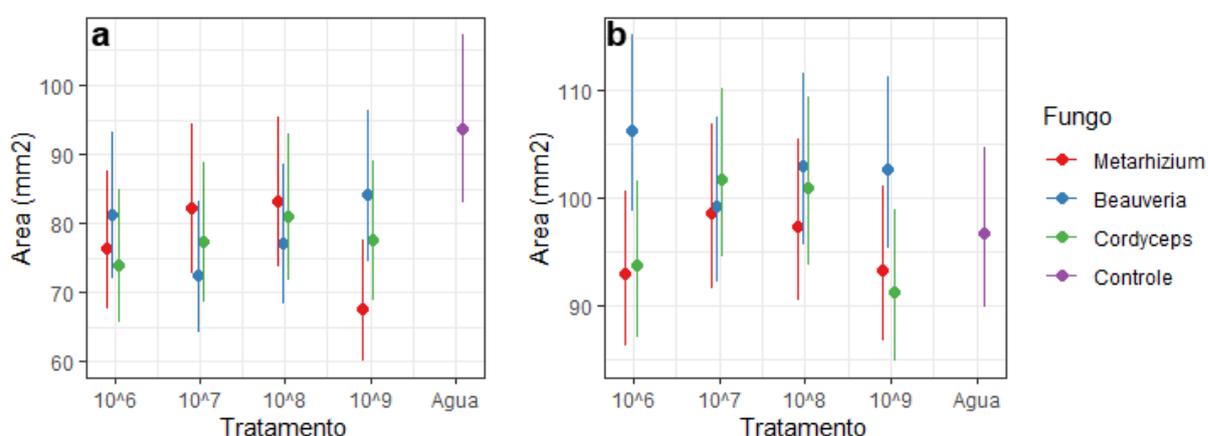


Figura 3: Área superficial (mm^2) \pm desvio padrão de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) submetidos a diferentes tratamentos com fungos entomopatogênicos em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL) e controle

(água). **(a)** Área das Ninfas e **(b)** Área dos Adultos.

Tabela 3: Média da área (mm^2) \pm IC 95% de ninfas de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados com os fungos entomopatogênicos em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL).

Fungo	Tratamento	Área média (mm^2)	IC 95%
<i>M. anisopliae</i>	1×10^6	76,38	67,70 - 87,62
	1×10^7	82,19	72,85 - 94,29
	1×10^8	83,23	73,77 - 95,48
	1×10^9	67,73	60,03 - 77,70
<i>B. bassiana</i>	1×10^6	81,20	71,97 - 93,14
	1×10^7	72,45	64,21 - 83,11
	1×10^8	77,22	68,44 - 88,58
	1×10^9	84,06	74,51 - 96,43
<i>C. javanica</i>	1×10^6	74,03	65,61 - 84,92
	1×10^7	77,40	68,60 - 88,79
	1×10^8	80,98	71,77 - 92,89
	1×10^9	77,63	68,80 - 89,05
Controle	Água	93,57	82,93 - 107,34

IC: Intervalo de confiança 95%

Apesar das diferenças visuais observadas na Figura 3.a, os intervalos de confiança das médias preditas apresentam ampla sobreposição para cada fungo, evidenciando a não significância estatística dos tratamentos e da interação fungo e tratamento. Esses resultados sugerem que, embora o uso de fungos possa impactar a área superficial das ninfas, a diferença entre os tratamentos utilizados não foi suficiente para gerar efeitos estatisticamente distintos.

A análise de variância da área superficial dos insetos adultos indicou que o fungo teve uma influência significativa ($p = 0,04661$), demonstrando que diferentes espécies de fungos impactaram a resposta de maneira distinta. No entanto, o tratamento ($p = 0,41979$) e a interação fungo \times tratamento ($p = 0,39586$) não foram estatisticamente significativas, sugerindo que as concentrações testadas não resultaram em diferenças relevantes na resposta da variável.

Os contrastes de médias ajustadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) revelaram que, dentro da concentração 1×10^6 conídios/mL, houve diferença significativa entre os fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* ($p = 0,0470$), com *M. anisopliae* apresentando maior média ajustada para a área. No entanto, nenhuma outra comparação dentro das demais concentrações

apresentou significância estatística ($p > 0,05$), indicando que o efeito diferencial entre os isolados não se manteve para concentrações superiores. A comparação entre os diferentes níveis de tratamento dentro de cada isolado não apontou diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Apesar disso, observou-se uma tendência de redução na área para *B. bassiana* e *C. javanica* em concentrações mais elevadas, mas sem significância estatística. Esses resultados sugerem que a resposta diferencial dos fungos entomopatogênicos sobre a área pode estar associada a características intrínsecas de cada isolado, mas sem efeito dependente da concentração do tratamento.

A Tabela D apresenta as médias preditas para a área (mm^2) de acordo com cada combinação de fungo e tratamento, juntamente com os intervalos de confiança (IC 95%). Ressalta-se que, o fungo *B. bassiana* apresentou os maiores valores médios de área, destacando-se o tratamento 1×10^6 conídios/mL, cuja média predita foi de $106,38 \text{ mm}^2$ (IC 95%). Em contrapartida, o menor valor foi observado no tratamento 1×10^9 conídios/mL do fungo *C. javanica* ($91,30 \text{ mm}^2$, IC 95%: $84,75 - 98,95$). O grupo controle (água) apresentou uma média predita de $96,69 \text{ mm}^2$ (IC 95%: $89,75 - 104,79$), evidenciando valores intermediários em comparação aos demais tratamentos.

Tabela 4: Média da área (mm^2) \pm IC 95% de adultos de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados com os fungos entomopatogênicos em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL).

Fungo	Tratamento	Área média (mm^2)	IC 95%
<i>M. anisopliae</i>	1×10^6	92,93	(86,26 – 100,72)
	1×10^7	98,68	(91,60 – 106,95)
	1×10^8	97,37	(90,39 – 105,53)
	1×10^9	93,30	(86,60 – 101,11)
<i>B. bassiana</i>	1×10^6	106,38	(98,74 – 115,29)
	1×10^7	99,26	(92,13 – 107,57)
	1×10^8	103,04	(95,65 – 111,67)
	1×10^9	102,74	(95,37 – 111,35)
<i>C. javanica</i>	1×10^6	93,68	(86,96 – 101,53)
	1×10^7	101,78	(94,48 – 110,31)
	1×10^8	101,00	(93,75 – 109,46)
	1×10^9	91,30	(84,75 – 98,95)
Controle	Água	96,69	(89,75 – 104,79)

IC: Intervalo de confiança 95%

A Figura 3.b ilustra a distribuição das médias preditas e seus respectivos intervalos de confiança para cada tratamento dentro de cada grupo fúngico. A sobreposição dos ICs foi notável entre os tratamentos, reforçando a ausência de efeito significativo desse fator. Além disso, a variabilidade entre os fungos sugere que a resposta observada foi primariamente influenciada pela espécie fúngica utilizada, ao invés da concentração aplicada. Os resultados indicam que, embora diferentes fungos tenham apresentado respostas distintas, a variação na concentração não teve impacto relevante na área superficial. A ausência de interação entre fungo e tratamento sugere que o efeito do fungo foi relativamente constante, independentemente da dose utilizada. A inspeção dos resíduos do modelo indicou uma distribuição aleatória, sem padrões evidentes de variação desigual ou violações das suposições estatísticas. Isso sugere que os pressupostos do modelo foram atendidos, garantindo a validade da análise e a confiabilidade dos resultados dentro do contexto experimental.

Peso dos insetos ninfas e adultos

A análise de variância indicou que nem o fungo ($p = 0,2572$), nem o tratamento ($p = 0,9616$), nem a interação entre eles (fungo:tratamento, $p = 0,3750$) apresentaram efeitos estatisticamente significativos sobre o peso das ninfas. Esses resultados sugerem que nenhuma das variáveis testadas exerceu influência detectável dentro do modelo ajustado, no nível de significância de 5%.

A Figura 1.a apresenta as médias preditas para o peso das ninfas para cada combinação de fungo e tratamento, juntamente com seus respectivos intervalos de confiança de 95% (IC 95%). Observa-se que os ICs apresentam ampla sobreposição entre todos os tratamentos e tipos de fungo, indicando que as diferenças observadas entre as médias não são estatisticamente significativas. Essa sobreposição sugere que qualquer variação entre os grupos provavelmente decorre da variabilidade inerente dos dados, em vez de um efeito real dos tratamentos. Além disso, os intervalos de confiança tornam-se mais amplos em alguns tratamentos, conforme apresentado na Tabela 1, especialmente nas concentrações mais elevadas (1×10^8 e 1×10^9 conídios/mL). Esse comportamento sugere um aumento na incerteza das estimativas nessas condições, possivelmente devido a uma maior variabilidade dos dados ou a um menor número de observações nesses níveis.

Não foi identificado um padrão de resposta consistente entre os diferentes fungos ao

longo dos tratamentos. Para *B. bassiana*, observou-se uma tendência de redução no peso médio das ninfas nas concentrações mais altas (1×10^8 conídios/mL), conforme apresentado na Figura 2.a. No caso de *M. anisopliae*, a diminuição do peso foi mais evidente na concentração de 1×10^9 conídios/mL. Portanto, os resultados indicam que nenhum dos tratamentos aplicados exerceu um efeito significativo sobre o peso das ninfas, e que as variações observadas podem ter sido consequência da variabilidade natural da amostra.

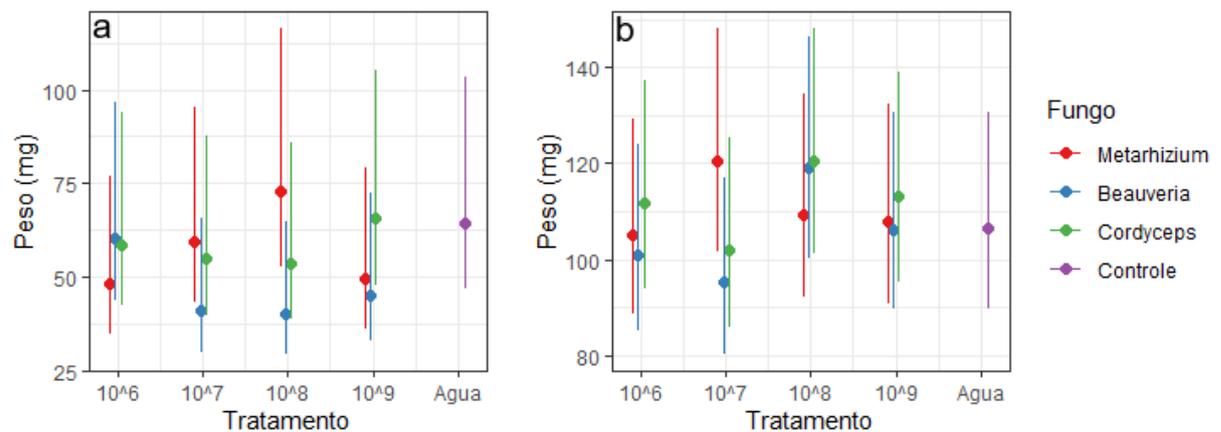


Figura 2: Peso médio (mg) \pm desvio padrão de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) submetidos a diferentes tratamentos com fungos entomopatogênicos em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL) e controle (água). **(a)** Peso das Ninfas e **(b)** Peso dos Adultos.

Tabela 1: Média do peso (mg) \pm IC 95% de ninfas de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados com os fungos entomopatogênicos em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL).

Fungo	Tratamento	Peso Predito (mg)	IC 95%
<i>M. anisopliae</i>	1×10^6	48,08	34,95 – 77,00
	1×10^7	59,49	43,25 – 95,27
	1×10^8	72,70	52,85 – 116,43
	1×10^9	49,48	35,97 – 79,24
<i>B. bassiana</i>	1×10^6	60,28	43,82 – 96,54
	1×10^7	41,17	29,93 – 65,93
	1×10^8	40,35	29,33 – 64,62
	1×10^9	45,18	32,84 – 72,36
<i>C. javanica</i>	1×10^6	58,55	42,56 – 93,77
	1×10^7	54,81	39,84 – 87,78
	1×10^8	53,70	39,04 – 86,00
	1×10^9	65,56	47,66 – 105,00
Controle	Água	64,47	46,87 – 103,25

IC: Intervalos de Confiança (95%)

A ausência de efeitos significativos dos fatores avaliados também foi evidenciada pela análise de variância para os insetos adultos, que indicou que nem o fungo ($p = 0,8073$), nem o tratamento ($p = 0,5729$), assim como a interação entre ambos ($p = 0,6908$), influenciaram significativamente o peso desses insetos, no nível de significância de 5%. Os valores preditos para a variável peso do inseto adulto para cada combinação de fungo e tratamento demonstraram a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Conforme apresentado na Tabela 2 os intervalos de confiança de 95% também apresentaram sobreposição entre os diferentes tratamentos, reforçando a hipótese de que não houve variação expressiva no peso dos insetos adultos em resposta aos fatores avaliados.

Os valores preditos indicam que não foi observada uma tendência clara de variação do peso do inseto adulto em função do fungo ou do tratamento. O grupo controle (Água) apresentou valores médios comparáveis aos demais grupos tratados com fungos, sugerindo que as variações observadas podem estar associadas à variabilidade biológica inerente dos percevejos (Hemiptera: Pentatomidae).

Tabela 2: Média do peso (mg) \pm IC 95% de adultos de percevejo *Tibraca limbativentris* (Stal, 1850) (Hemiptera: Pentatomidae) tratados com os fungos entomopatogênicos em diferentes concentrações (1×10^6 a 1×10^9 conídios/mL).

Fungo	Tratamento	Peso Predito (mg)	IC 95%
<i>M. anisopliae</i>	1×10^6	105,14	88,61 - 129,25
	1×10^7	120,55	101,60 - 148,20
	1×10^8	109,50	92,28 - 134,61
	1×10^9	107,78	90,83 - 132,50
<i>B. bassiana</i>	1×10^6	100,93	85,06 - 124,08
	1×10^7	95,20	80,23 - 117,03
	1×10^8	119,11	100,38 - 146,43
	1×10^9	106,30	89,59 - 130,68
<i>C. javanica</i>	1×10^6	111,65	94,10 - 137,26
	1×10^7	101,99	85,95 - 125,38
	1×10^8	120,38	101,45 - 147,99
	1×10^9	113,09	95,31 - 139,03
Controle	Água	106,37	89,65 - 130,76

IC: Intervalos de Confiança (95%)

A Figura 2.b ilustra os valores médios preditos para o peso do inseto adulto para cada combinação de fungo e tratamento, acompanhados de seus respectivos intervalos de confiança de 95%. A sobreposição dos intervalos indica ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre o peso do inseto adulto. No entanto, a análise dos dados sugere a necessidade de investigações adicionais para explorar possíveis variáveis não consideradas que possam influenciar essa característica biológica.

DISCUSSÃO

Os percevejos fitófagos (Hemiptera: Pentatomidae) são pragas agrícolas de grande importância global devido aos prejuízos que causam em diversas culturas (Krinski, Foerster e Grazia, 2015). Durante a fase ninfal, esses insetos apresentam variação na coloração, que pode ir do amarelo ao marrom escuro, passando por cinco estágios antes de atingirem a fase adulta. Logo após a emergência, os adultos possuem coloração amarelada, que gradualmente se torna marrom. Os indivíduos adultos apresentam corpo robusto e em formato de escudo, com dimensões variando entre 13 e 15 mm de comprimento e cerca de 7,5 mm de largura, resultando em uma área superficial média estimada entre 97,5 e 112,5 mm². A região dorsal exibe coloração marrom-clara, enquanto a parte ventral é marrom-escura. Esses insetos tornam-se visíveis na lavoura desde o estabelecimento da cultura e podem permanecer nela até a colheita do arroz. O ciclo biológico, desde a eclosão do ovo até a fase adulta, tem duração entre 43 e 48 dias, permitindo que a espécie complete até quatro gerações ao longo do ano (Ferreira et al., 1997; Martínez-González et al., 2006).

Os resultados obtidos não indicaram uma relação direta entre a presença do fungo e o desenvolvimento do inseto, uma vez que esse aspecto está fundamentalmente associado à biologia da espécie. Embora o uso de fungos possa impactar a área superficial das ninfas, as diferenças entre os tratamentos aplicados não foram significativas o suficiente para gerar efeitos estatisticamente distintos.

O presente estudo demonstrou que o percevejo-do-colmo-do-arroz, *Tibraca limbativentris*, apresenta uma suscetibilidade considerável aos produtos biológicos *M. anisopliae*, *B. bassiana* e *C. javanica*, resultando em taxas de mortalidade expressivas, especialmente com *M. anisopliae* e *B. bassiana*. Esses resultados indicam que os conídios germinados desses fungos conseguem superar as barreiras químicas de defesa dos hospedeiros, incluindo compostos fungistáticos presentes na cera epicuticular e voláteis tóxicos liberados pelas glândulas metatorácicas (Lopes et al., 2015). Ademais, evidências sugerem que a aplicação de inseticidas em doses reduzidas pode comprometer a secreção desses compostos defensivos, tornando *T. limbativentris* mais vulnerável à infecção fúngica (Quintela et al., 2013).

Dentre os fungos testados, *M. anisopliae* demonstrou ser consistentemente mais virulento contra percevejos em comparação com *B. bassiana* e *C. javanica*. No entanto, os resultados indicaram que *B. bassiana* foi particularmente eficiente contra os insetos adultos,

superando *M. anisopliae* na fase adulta do percevejo. Esse achado contrasta com os resultados obtidos por Martins et al. (2004), que relataram eficiência semelhante entre *M. anisopliae* e *B. bassiana* no controle do percevejo. A resistência do hospedeiro à infecção fúngica pode variar conforme a espécie e a diversidade genética dos isolados utilizados (Castrillo et al., 2005; Islam et al., 2021). Para se proteger contra infecções, os insetos desenvolveram diversos mecanismos imunológicos e comportamentais, incluindo a produção de compostos antimicrobianos, lipídios e metabólitos na epicútula, bem como estratégias como a troca de cutícula entre estágios de desenvolvimento e o aumento da temperatura corporal para dificultar a proliferação de patógenos. Além disso, algumas espécies estabelecem relações simbióticas com bactérias que produzem substâncias com ação defensiva (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; Qu & Wang, 2018).

A suscetibilidade de ovos, ninfas e adultos de *T. limbativentris* aos produtos biológicos testados destaca o potencial desses agentes para o controle populacional da praga. Como nem todos os produtos à base de fungos entomopatogênicos e inseticidas químicos apresentam efeito ovicida (Campbell & Miller, 2015; Campbell et al., 2016), a capacidade de atingir diferentes estágios do ciclo de vida amplia a eficácia do controle. Estudos demonstram que ovos de diversas espécies de percevejos são altamente vulneráveis a diferentes fungos entomopatogênicos (Quintela et al., 2013; Prayogo, 2014). A atividade ovicida dos conídios de *C. javanica* e *M. anisopliae* pode ser potencializada por formulações à base de óleo, conforme relatado para outros artrópodes (Shi et al., 2008; Albernaz et al., 2009). O controle direcionado de ovos agrupados e ninfas recentemente eclodidas representa uma estratégia mais eficiente em termos de recursos do que o combate a indivíduos dispersos.

Em algumas infecções fúngicas, percevejos desenvolvem barreiras bioquímicas, como a produção de aldeídos altamente eficazes na defesa contra patógenos (Pike, 2014; Silva et al., 2015). Esses compostos influenciam a aderência e germinação dos esporos, além de afetar o crescimento e a reprodução do fungo (Lopes et al., 2015; Pedrini, 2018). Pesquisas de Silva et al. (2015) evidenciaram que a vulnerabilidade de *T. limbativentris* à infecção por *M. anisopliae* BRM 2335 está relacionada à idade do inseto, sendo ninfas mais jovens mais suscetíveis do que instares tardios e adultos devido à ação fungistática dos aldeídos. Resultados semelhantes foram relatados para *Nezara viridula*, outro percevejo de importância agrícola (Borges et al., 1993; Sosa-Gómez et al., 1997).

Apesar dessas defesas bioquímicas e morfológicas, *M. anisopliae* BRM 2335

demonstrou alta virulência contra quatro espécies de percevejos, alcançando taxas de mortalidade entre 75% e 97,5% (Sousa et al., 2023). Além disso, a porcentagem de cadáveres com esporulação fúngica foi semelhante à taxa de mortalidade total, indicando a eficiência do fungo na infecção e destruição dos hospedeiros. Outros estudos confirmaram a virulência de *Metarhizium ssp.* ARSEF 4556 contra *Euschistus heros* e *Dichelops furcatus*, resultando em mortalidade superior a 90% (Resquín-Romero et al., 2020).

No Brasil, *T. limbativentris* é a principal praga da cultura do arroz, sendo responsável por danos significativos aos colmos. Atualmente, o manejo dessa praga baseia-se predominantemente no uso de inseticidas químicos (Sosa-Gómez et al., 2020). No entanto, o uso contínuo desses compostos tem levado à redução da suscetibilidade dos percevejos, resultando em falhas no controle populacional (Sosa-Gómez et al., 2009). Diante desse cenário, os fungos entomopatogênicos representam uma alternativa promissora para o manejo sustentável dessas pragas, podendo ser empregados isoladamente ou em combinação com inseticidas químicos.

CONCLUSÃO

Este estudo avaliou a influência de fungos entomopatogênicos sobre ninfas, adultos e ovos do percevejo *Tibraca limbativentris*, fornecendo subsídios para estratégias de controle biológico. O peso dos insetos não foi significativamente afetado pelos tratamentos fúngicos ou concentrações aplicadas, sugerindo variação biológica inerente.

A análise da área superficial indicou efeito significativo da espécie fúngica sobre adultos, enquanto ninfas apresentaram efeito marginal. A concentração do tratamento não influenciou significativamente os resultados, sugerindo que as diferenças observadas decorrem das características intrínsecas dos fungos.

Nos ensaios de patogenicidade, a mortalidade das ninfas foi influenciada pelo tempo de exposição e pela espécie fúngica, sendo *M. anisopliae* o mais eficaz. A interação entre fungo e dose foi significativa, indicando que a eficiência do controle depende da concentração e do tempo de infecção. Para adultos, *M. anisopliae* apresentou menor virulência que *B. bassiana* e *C. javanica*, sem efeito significativo da dose isolada.

A susceptibilidade dos ovos variou conforme a espécie fúngica e a concentração, com *C. javanica* apresentando maior taxa de eclosão em altas concentrações, enquanto *B. bassiana* foi menos eficiente. A interação entre fungo e dose foi significativa, evidenciando a dependência desses fatores na resposta dos ovos.

Os ensaios de virulência mostraram que a eficiência fúngica varia conforme o estágio do inseto e a dose aplicada. *B. bassiana* manteve desempenho estável, *C. javanica* teve eficiência dose-dependente e *M. anisopliae* foi altamente eficaz contra ninfas, mas menos contra adultos, sugerindo um manejo estratégico.

Os achados destacam a importância de considerar a espécie fúngica, a dose e o estágio do hospedeiro para otimizar programas de controle biológico. As variações observadas reforçam a necessidade de pesquisas adicionais para maximizar a eficácia e sustentabilidade do controle biológico, reduzindo o uso de pesticidas químicos e preservando o equilíbrio agroecossistêmico.

REFERÊNCIAS

- ALBERNAZ, D. A. S.; HSIANG, M.; LUZ, C. Enhanced ovicidal activity of an oil formulation of the fungus *Metarhizium anisopliae* on the mosquito *Aedes aegypti*. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 23, n. 2, p. 141–147, 1 jun. 2009.
- ALMEIDA, A. C. S.; DIERINGS, C. A.; BORELLA JÚNIOR, C.; JESUS, F. G.; BARRIGOSI, J. A. F. Resistance of rice genotypes to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal Of Economic Entomology**, [S.L.], p. 482-488, 14 out. 2019.
- BARRIGOSI, J. A. F.; MARTINS, J. F. da S. **Manejo de pragas**. In: BORÉM, A.; NAKANO, P. H. (ed.). Arroz: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 178-198.
- BARRIGOSI, J. A. F.; FERREIRA, E.; LANNA, A. C. **Panícula branca em arroz: o que causa?** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 83). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/191691/panicula-branca-em-arroz-o-que-causa>.
- BEHIE, S. W.; BIDOCHKA, M. J. Ubiquity of Insect-Derived Nitrogen Transfer to Plants by Endophytic Insect-Pathogenic Fungi: an Additional Branch of the Soil Nitrogen Cycle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, n. 5, p. 1553–1560, 13 dez. 2013.
- BORGES, M.; LEAL, S. C. M.; TIGANO-MILANI, M. S.; VALADARES, M. C. C. Efeito do feromônio de alarme do percevejo verde, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), sobre o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Mestch.) Sorok.. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 505-512, 1 dez. 1993. Sociedade Entomológica do Brasil. <http://dx.doi.org/10.37486/0301-8059.v22i3.883>.
- CAMPBELL, B. E.; PEREIRA, R. M.; KOEHLER, P. G. Complications with Controlling Insect Eggs. **Insecticides Resistance**, [S.L.], v., n., p. 83-96, 2 mar. 2016. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/61848>.
- CAMPBELL, B.; MILLER, D. Insecticide Resistance in Eggs and First Instars of the Bed Bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). **Insects**, v. 6, n. 1, p. 122–132, 15 jan. 2015.
- CASTRILLO, L. A.; ROBERTS, D. W.; VANDENBERG, J. D. The fungal past, present, and future: germination, ramification, and reproduction. **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S.L.], v. 89, n. 1, p. 46-56, maio 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2005.06.005>.
- CASTRO, T.; MAYERHOFER, J.; ENKERLI, J.; EILENBERG, J.; MEYLING, N. V.; MORAL, R. A.; DEMÉTRIO, C. G. B.; DELALIBERA, I. Persistence of Brazilian isolates of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. robertsii* in strawberry crop soil after soil drench application. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 233, p. 361-369, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.031>.
- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F. Produção e qualidade do grão do arroz irrigado infestado por adultos de percevejo-das-panículas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.],

v. 41, n. 7, p. 1083-1091, jul. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2006000700003>.

FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F.J.P.; SANTOS, A.B. dos; NEVES, B.P. DAS. **O percevejo-do-colmo na cultura do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1997. 43p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 75).

FRANÇA, L. L.; DIERINGS, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; ARAÚJO, M. S.; HEINRICH, E. A.; SILVA, A. R.; BARRIGOSI, J. A. F.; JESUS, F. G. Resistance in Rice to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) influenced by plant silicon content. **Florida Entomologist**, [S.L.], v. 101, n. 4, p. 587, 1 dez. 2018. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1653/024.101.0419>.

GONZÁLEZ, E. M.; SANROMÁ, G. B.; ROVESTI, L.; PALMA, R. S. **Manejo Integrado de Plagas**: manual práctico. Cuba: Centro Nacional de Sanidad Vegetal, 2006. 565 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317298831_Manejo_Integrado_de_Plagas_Manual_practico. Acesso em: 10 mar. 2025.

ISLAM, W.; ADNAN, M.; SHABBIR, A.; NAVEED, H.; ABUBAKAR, Y. S.; QASIM, M.; TAYYAB, M.; NOMAN, A.; NISAR, M. S.; KHAN, K. A. Insect-fungal-interactions: a detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. **Microbial Pathogenesis**, [S.L.], v. 159, p. 105122, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122>.

JABER, L. R.; ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth?. **Biocontrol Science And Technology**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 28-41, 2 nov. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2016.1243227>.

KEPLER, R. M.; LUANGSA-ARD, J. J.; HYWEL-JONES, N. L.; QUANDT, C. A.; SUNG, G.; REHNER, S. A.; AIME, M. C.; HENKEL, T. W.; SANJUAN, T.; ZARE, R. A. phylogenetically-based nomenclature for *Cordycipitaceae* (Hypocreales). **Ima Fungus**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 335-353, 21 nov. 2017. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.5598/imafungus.2017.08.02.08>.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A. Quantitative and qualitative damage caused by *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae) to upland rice cultivated in new agricultural frontier of the Amazon rainforest (Brazil). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 3, p. 300-311, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542017413036816>.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; GRAZIA, J. *Hypatropis inermis* (Hemiptera, Pentatomidae): first record on rice crops. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 12-13, jan. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2014.11.001>.

LEE, J. Y.; WOO, R. M.; WOO, S. D. Formulation of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* JN5R1W1 for the control of mosquito adults and evaluation of its novel applicability. **Journal Of Asia-Pacific Entomology**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 102056, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102056>.

LITWIN, A.; NOWAK, M.; RÓŚAŁSKA, S. Entomopathogenic fungi: unconventional applications. **Reviews In Environmental Science And Bio/Technology**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 23-42, 10 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1>.

LOPES, R. B.; LAUMANN, R. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; BORGES, M.; FARIA, M. The fungistatic and fungicidal effects of volatiles from metathoracic glands of soybean-attacking stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) on the entomopathogen *Beauveria bassiana*. **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S.L.], v. 132, p. 77-85, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2015.08.011>.

MARTINS, J. F. S.; BARRIGOSI, J. A. F.; OLIVEIRA, J. V.; CUNHA, U. S. **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil**. EMBRAPA Clima Temperado. Serie Documentos, 290, 1– 40, 2009.

MARTINS, J. F. S.; BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; QUINTELA, E. D. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* no controle do Percevejo-do-Colmo *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 1681-1688, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782004000600003>.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.L.], v. 32, n. 11, p. 1-26, 15 set. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>.

MASCARIN, G. M.; LOPES, R. B.; DELALIBERA, Í.; FERNANDES, É. K. K.; LUZ, C.; FARIA, M. Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S.L.], v. 165, p. 46-53, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2018.01.001>.

OLIVEIRA, M. W. M.; BORGES, M.; ANDRADE, C. K. Z.; LAUMANN, R. A.; BARRIGOSI, J. A. F.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Zingiberenol, (1S,4R,1'S)-4-(1',5'-Dimethylhex-4'-enyl)-1-methylcyclohex-2-en-1-ol, identified as the Sex Pheromone Produced by Males of the Rice Stink Bug *Oebalus poecilus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**, [S.L.], v. 61, n. 32, p. 7777-7785, 6 ago. 2013. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf402765b>.

ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. Action on the Surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. **Insects**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 357-374, 16 jul. 2013. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/insects4030357>.

PANTOJA, A.; TRIANA, M.; BASTIDAS, H.; GARCÍA, C.; MEJIA, O. I.; DUQUE, M. C. Damage by *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to rice in Southwestern Colombia. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, [S.L.], v. 91, n. 1-2, p. 11-18, 1 abr. 2007. Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico-Mayaguez. <http://dx.doi.org/10.46429/jaupr.v91i1-2.2649>.

PAZINI, J. B.; BOTTA, R. A.; SEIDEL, E. J.; SILVA, F. F.; MARTINS, J. F. S.; BARRIGOSI, J. A. F.; RÜBENICH, R. Geostatistics applied to the study of the spatial distribution of *Tibraca limbativentris* in flooded rice fields. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 1006-1012, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140841>.

PEDRINI, N. Molecular interactions between entomopathogenic fungi (Hypocreales) and their insect host: perspectives from stressful cuticle and hemolymph battlefields and the potential of dual RNA sequencing for future studies. **Fungal Biology**, [S.L.], v. 122, n. 6, p. 538-545, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2017.10.003>.

PIKE, T. J. **Interactions between the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), and entomopathogenic fungi**. 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Master Of Science, Department Of Entomology, University Of Maryland, Annapolis, Maryland, 2014.

QU, S.; WANG, S. Interaction of entomopathogenic fungi with the host immune system. **Developmental & Comparative Immunology**, [S.L.], v. 83, p. 96-103, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dci.2018.01.010>.

QUINTELA, E. D.; MASCARIN, G. M.; SILVA, R. A.; BARRIGOSI, J. A. F.; MARTINS, J. F. S. Enhanced susceptibility of *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) to *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of chemical insecticides. **Biological Control**, [S.L.], v. 66, n. 1, p. 56-64, jul. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.018>.

RESQUÍN-ROMERO, G.; CABRAL-ANTÚNEZ, C.; SARUBBI-ORUE, H.; GARRIDO-JURADO, I.; VALVERDE-GARCÍA, P.; SCHADE, M.; BUTT, T. M. Virulence of *Metarhizium brunneum* (Ascomycota: Hypocreales) Strains Against Stinkbugs *Euschistus heros* and *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal Of Economic Entomology**, [S.L.], v. 113, n. 5, p. 2540-2545, 22 jul. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jee/toaa150>.

RÍOS-MORENO, A.; GARRIDO-JURADO, I.; RESQUÍN-ROMERO, G.; ARROYO-MANZANARES, N.; ARCE, L.; QUESADA-MORAGA, E. Destruxin A production by *Metarhizium brunneum* strains during transient endophytic colonization of *Solanum tuberosum*. **Biocontrol Science And Technology**, [S.L.], v. 26, n. 11, p. 1574-1585, 11 out. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2016.1223274>.

SHI, W.; FENG, M.; LIU, S. Sprays of emulsifiable *Beauveria bassiana* formulation are ovicidal towards *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at various regimes of temperature and humidity. **Experimental And Applied Acarology**, [S.L.], v. 46, n. 1-4, p. 247-257, 27 jun. 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-008-9172-8>.

SILVA, R. A.; QUINTELA, E. D.; MASCARIN, G. M.; PEDRINI, N.; LIÃO, L. M.; FERRI, P. H. Unveiling chemical defense in the rice stalk stink bug against the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S.L.], v. 127, p. 93-100, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2015.03.009>.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P. E.; VIEIRA, C. E. D.; MARTINEZ, C. B. R.; LOPES, I. O. N. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural And Forest Entomology**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 99-118, 15 dez. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/afe.12366>.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J.; LOPES, I. O. N.; CORSO, I. C.; ALMEIDA, A. M. R.; MORAES, G. C. P.; BAUR, M. E. Insecticide Susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Journal Of Economic Entomology**, [S.L.], v. 102, n. 3, p. 1209-1216, 1 jun. 2009. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1603/029.102.0346>.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; BOUCIAS, D.G.; NATION, J.L. Attachment of *Metarhizium anisopliae* to the southern green stink bug *Nezara viridula* cuticle and fungistatic effect of cuticular lipids and aldehydes. **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S.L.], v. 69, n. 1, p. 31-39, jan. 1997. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/jipa.1996.4619>.

SOUSA, L. M.; QUINTELA, E. D.; BOAVENTURA, H. A.; SILVA, J. F. A.; TRIPODE, B. M. D.; MIRANDA, J. E. Selection of entomopathogenic fungi to control stink bugs and cotton boll weevil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.L.], v. 53, p. 1-13, 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632023v5376316>.

SOUZA, J. R.; FERREIRA, E.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; CHAGAS, E. F.; MONDEGO, J. M. Divergência genética de cultivares de arroz quanto à resistência a *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, [S.L.], v. 38, n. 5, p. 671-676, out. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-566x2009000500018>.

SUHARSONO; PRAYOGO, Y. Integration of Botanical Pesticide and Entomopathogenic Fungi to Control the Brown Stink Bug *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae) in Soybean. **Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 41-50, 15 jan. 2014. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung. <http://dx.doi.org/10.23960/j.hptt.11441-50>.

WEI, G.; LAI, Y.; WANG, G.; CHEN, H.; LI, F.; WANG, S. Insect pathogenic fungus interacts with the gut microbiota to accelerate mosquito mortality. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 114, n. 23, p. 5994-5999, 22 maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1703546114>.