

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS CRISTALINA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

TATIANE RESTA RIBAS CARMONA

**AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COM O
ÓLEO DE MAMONA NO MANEJO DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* EM MILHO**

**CRISTALINA - GO
2025**

TATIANE RESTA RIBAS CARMONA

**AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COM O
ÓLEO DE MAMONA NO MANEJO DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* EM MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Goiano -
Campus CRISTALINA, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Míriam de
Almeida Marques

CRISTALINA - GO
2025

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

Carmona, Tatiane Resta Ribas
C287 Avaliação da associação de fungos entomopatogênicos com o óleo de mamona no manejo de *Spodoptera frugiperda* em milho / Tatiane Resta Ribas Carmona. Cristalina 2025.

19f. il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Míriam de Almeida Marques.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1020024 - Bacharelado em Agronomia - Cristalina (Campus Cristalina).
1. Beauveria bassiana. 2. Control Biológico. 3. Metarhizium anisopliae. 4. Ricinus communis. 5. Zea mays. I. Título.

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 resarcimento 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

- Tese (doutorado) Artigo científico
 Dissertação (mestrado) Capítulo de livro
 Monografia (especialização) Livro
 TCC (graduação) Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Tatiane Resta Ríbas Carmona

Matrícula:

2021110200240416

Título do trabalho:

Avaliação da associação de fungos entomopatogênicos com o óleo de mamona no manejo de Spodoptera exigua

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

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

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.



Documento assinado digitalmente
TATIANE RESTA RIBAS CARMONA
Data: 15/12/2025 17:57:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cristalina>GO

Local

15 / 12 / 2025
Data

Ciente e de acordo:

Assinatura do autor e/ou detentor dc



Documento assinado digitalmente
MIRIAM DE ALMEIDA MARQUES
Data: 15/12/2025 18:17:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)



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

Formulário 197/2025 - GE-CRT/CMPCRIS/IFGOIANO

CURSO DE AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COM O ÓLEO DE MAMONA NO MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* EM MILHO

Autor(a): Tatiane Resta Ribas Carmona

Orientador(a): Prof.ª Dr.ª Míriam de Almeida Marques

TITULAÇÃO: ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

APROVADO em 12 de dezembro de 2025.

Profa. Dra. Míriam de Almeida Marques

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Profa. Dra. Giselle Anselmo de Souza Goncalves

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Prof. Dra. Suelen Cristina Mendonça Maia

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Documento assinado eletronicamente por:

- **Miriam de Almeida Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/12/2025 15:59:23.
- **Suelen Cristina Mendonca Maia, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/12/2025 16:00:37.
- **Giselle Anselmo de Souza Goncalves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/12/2025 16:20:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2025. 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: 774143

Código de Autenticação: f04bb279f0



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Cristalina

Rua Araguaia, Loteamento 71, SN, Setor Oeste, CRISTALINA / GO, CEP 73850-000

(61) 3612-8500

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ser meu amparo, minha força e minha inspiração diária. Por me conceder saúde, perseverança e sabedoria para seguir em frente mesmo diante dos desafios, guiando cada passo desta caminhada acadêmica.

À minha família, meu alicerce e maior fonte de apoio, por toda compreensão, incentivo e amor incondicional ao longo dessa trajetória. Sem o suporte de vocês, nada disso seria possível.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Míriam Marques, pela orientação, paciência, disponibilidade e pelos ensinamentos compartilhados ao longo da realização deste trabalho. Estendo meus agradecimentos às professoras avaliadoras da banca, Prof.^a Dr.^a Suelen Mendonça Maia e Prof.^a Dr.^a Giselle Anselmo, pelas contribuições, sugestões e pelo tempo dedicado à avaliação deste trabalho, fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos amigos Davy Odair e Gizelle Gonçalves, que contribuíram diretamente para a realização do experimento e que se tornaram muito mais do que colegas de profissão. Levo desta jornada amizades construídas além da instituição, baseadas em parceria e apoio mútuo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Cristalina, pela formação acadêmica e pelas oportunidades de aprendizado ao longo do curso, que contribuíram significativamente para o meu desenvolvimento profissional. Estendo meus agradecimentos aos demais professores e colaboradores da instituição, que, de forma direta ou indireta, participaram da minha formação acadêmica.



Avaliação da associação de fungos entomopatogênicos com o óleo de mamona no manejo de *Spodoptera frugiperda* em milho

Evaluation of the association of entomopathogenic fungi with castor oil in the management of *Spodoptera frugiperda* in maize

Evaluación de la asociación de hongos entomopatógenos con aceite de ricino en el manejo de *Spodoptera frugiperda* en maíz

DOI: 10.55905/oelv23n12-074

Receipt of originals: 11/14/2025

Acceptance for publication: 12/8/2025

Tatiane Resta Ribas Carmona

Graduanda em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina

Endereço: Cristalina, Goiás, Brasil

E-mail: tatianeribas@hotmail.com

Davy Odair Pedroso Aguiar

Graduando em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina

Endereço: Cristalina, Goiás, Brasil

E-mail: davyodair0055@gmail.com

Míriam de Almeida Marques

Doutora em Agronomia

Instituição: Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina

Endereço: Cristalina, Goiás, Brasil

E-mail: miriam.marques@ifgoiano.edu.br

RESUMO

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, é uma praga-chave do milho no Brasil, reforçando a necessidade de alternativas ao controle químico. Este estudo avaliou a associação dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarrhizium anisopliae* com óleo de mamona (2%) na infestação, danos foliares e mortalidade da praga. Os experimentos foram conduzidos em condições de campo e laboratório. Em campo, foram avaliadas a proporção de plantas infestadas e a intensidade de desfolha após aplicações dos tratamentos em plantas no estádio vegetativo. Em laboratório, avaliou-se a mortalidade larval ao longo de 12 dias. Os dados foram submetidos à ANOVA, com transformação por arcsen \sqrt{p} quando necessário, e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). As avaliações de campo apresentaram baixas infestações (<0,5%) e ausência de diferenças consistentes entre os tratamentos, com reduções pontuais e sem relevância agronômica.



Em laboratório, observaram-se taxas de mortalidade variando de 0 a 18,75%, sem diferenças significativas entre os tratamentos, embora algumas combinações com *Metarhizium anisopliae* e óleo de mamona apresentassem valores numericamente maiores. A literatura e os resultados laboratoriais indicam que fatores ambientais, sobretudo alta radiação UV, clima seco e baixa umidade, limitaram o desempenho dos fungos em campo. Conclui-se que os fungos avaliados são promissores em aplicações preventivas e integradas, embora apresentem limitação quando utilizados isoladamente sob condições de campo.

Palavras-chave: *Beauveria bassiana*, Controle Biológico, *Metarhizium anisopliae*, *Ricinus communis*, *Zea mays*.

ABSTRACT

The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, is a key pest of maize in Brazil, reinforcing the need for alternatives to chemical control. This study evaluated the association of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with castor oil (2%) on infestation, foliar damage, and larval mortality. Experiments were conducted under field and laboratory conditions. In the field, the proportion of infested plants and the intensity of defoliation were assessed following treatment applications at the vegetative stage. In the laboratory, larval mortality was evaluated over 12 days. Data were subjected to ANOVA, with arcsine $\sqrt{(p)}$ transformation when necessary, and means were compared using Tukey's test (5%). Field assessments indicated low infestation levels (<0.5%) and no consistent differences among treatments, with only punctual reductions of no agronomic relevance. In the laboratory, mortality ranged from 0 to 18.75%, with no significant differences among treatments, although some combinations of *Metarhizium anisopliae* and castor oil showed numerically higher values. Literature and laboratory findings indicate that environmental factors particularly high UV radiation, dry weather, and low humidity limited fungal performance under field conditions. It is concluded that the evaluated fungi are promising for preventive and integrated applications, although they show limitations when used alone under field conditions.

Keywords: *Beauveria bassiana*, Biological Control, *Metarhizium anisopliae*, *Ricinus communis*, *Zea mays*.

RESUMEN

La oruga cogollera, *Spodoptera frugiperda*, es una plaga clave del maíz en Brasil, lo que refuerza la necesidad de alternativas al control químico. Este estudio evaluó la asociación de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con aceite de ricino (2%) sobre la infestación, el daño foliar y la mortalidad larval. Los experimentos se realizaron en condiciones de campo y laboratorio. En el campo se evaluó la proporción de plantas infestadas y la intensidad de la defoliación después de la aplicación de los tratamientos en el estado vegetativo. En laboratorio se evaluó la mortalidad larval durante 12 días. Los datos se sometieron a ANOVA, con transformación por arcsen $\sqrt{(p)}$ cuando necesario, y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (5%). Las



evaluaciones de campo mostraron bajas infestaciones (<0,5%) y ausencia de diferencias consistentes entre los tratamientos, con reducciones puntuales sin relevancia agronómica. En laboratorio, la mortalidad varió entre 0 y 18,75%, sin diferencias significativas entre los tratamientos, aunque algunas combinaciones de *Metarhizium anisopliae* y aceite de ricino presentaron valores numéricamente superiores. La literatura y los resultados de laboratorio indican que factores ambientales, especialmente la alta radiación UV, el clima seco y la baja humedad, limitaron el desempeño de los hongos en el campo. Se concluye que los hongos evaluados son prometedores en aplicaciones preventivas e integradas, aunque presentan limitaciones cuando se utilizan de forma aislada en condiciones de campo.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, Control Biológico, *Metarhizium anisopliae*, *Ricinus communis*, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se entre as principais culturas agrícolas globais, sendo fundamental para a segurança alimentar, para diversos segmentos industriais e especialmente para a produção de rações. No Brasil, estima-se que entre 60% e 80% da produção seja direcionada à alimentação animal (Embrapa). Na safra 2023/24, a produção nacional foi projetada em 115,86 milhões de toneladas (Conab, 2024), cultivadas em cerca de 20 milhões de hectares (IBGE, 2024), reafirmando a expressiva importância econômica da cultura.

Entre os fatores bióticos que limitam o desempenho produtivo do milho, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), permanece como uma das principais pragas, devido à sua ampla gama de hospedeiros, elevada capacidade adaptativa e grande potencial de dano. Além de comprometer plantas jovens, há registros de populações resistentes a diferentes proteínas Bt (Farias et al., 2014; Monnerat et al., 2015). Em cenários de elevada infestação, as perdas podem variar entre 34% e 52% (Cruz et al., 1995; Valicente, 2015). O emprego repetitivo de inseticidas sintéticos, por sua vez, intensifica a seleção de biótipos resistentes (Yu; Nguyen; Abo-Elghar, 2003) e impõe riscos ambientais e toxicológicos (Vilas-Boas; Paccola-Meirelles; Luna-Alves-Lima, 1992), reforçando a necessidade de alternativas sustentáveis para o manejo da praga.



O controle biológico tem se consolidado como uma ferramenta estratégica, especialmente pelo uso de microrganismos capazes de regular populações de pragas com impacto ambiental reduzido. Esse enfoque está alinhado ao que descrevem Fontes e Valadares-Inglis (2020), ao enfatizar a relevância crescente de agentes microbianos no manejo sustentável. Entre esses agentes, os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são amplamente reconhecidos por sua virulência, versatilidade e viabilidade econômica na produção (Alves et al., 2008; Valicente, 2009). O processo de infecção envolve a adesão dos conídios ao tegumento do inseto, seguida pela germinação, penetração e colonização dos tecidos, resultando na morte do hospedeiro (Leite et al., 2002; Tiago; Silva, 2007; Faria et al., 2015).

Paralelamente, óleos vegetais como o óleo de mamona (*Ricinus communis* L.) têm demonstrado potencial como adjuvantes ou agentes com efeito inseticida, apresentando vantagens como baixa toxicidade, biodegradação rápida e múltiplos efeitos fisiológicos sobre insetos. Há relatos de alterações comportamentais, deformações e mortalidade em diferentes insetos-praga expostos ao óleo de mamona (Rodrigues; Oliveira; Fonseca, 2002; Marques, 2015). A associação entre óleo de mamona e fungos entomopatogênicos pode favorecer a aderência, proteção e estabilidade dos conídios, ampliando a eficiência de controle (Quiroga-Cubides; Gómez-Alvarez; Mesa, 2025).

Apesar dos avanços, ainda são escassos os estudos que abordem, de forma integrada, a compatibilidade fisiológica entre fungos e óleo vegetal, os efeitos microbiológicos resultantes dessa interação e o desempenho em condições reais de cultivo. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a associação dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* com o óleo de mamona na infestação, danos e mortalidade de *S. frugiperda* na cultura do milho.

2 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em condições de campo e laboratório no Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, em Cristalina, GO ($16^{\circ}46'04''$ S, $47^{\circ}36'38''$ O; 1.237 m de altitude), entre os meses de fevereiro de 2024 a julho de 2024. Foram realizados dois



experimentos que avaliaram a associação dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* associados com o óleo de mamona na infestação, mortalidade e danos de *Spodoptera frugiperda*.

2.1 ENSAIO DE CAMPO

O experimento de campo foi realizado na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, em sistema convencional de plantio, no período de abril a julho de 2024. A área útil do experimento apresentou aproximadamente 93,6 m de comprimento por 1,20 m de largura ($\approx 0,011$ ha), cultivada com a cultivar de milho P 3898 (Pioneer). Adotou-se espaçamento de 0,50 m entre linhas e densidade de quatro plantas por metro linear. Após a emergência, realizou-se adubação de cobertura com a dose de 300 kg/ha conforme recomendações técnicas regionais para a cultura. Utilizou-se a irrigação por gotejamento, fornecendo água ao solo sem causar molhamento foliar, o que é relevante para evitar interferências diretas na deposição e persistência dos conídios aplicados.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, contendo onze tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental teve 2 m² e foi composta por duas linhas de plantio de milho.

Foram avaliados onze tratamentos (Tabela 1) compostos por dois produtos comerciais à base dos fungos entomopatogênicos (*Metarhizium anisopliae* cepa E9 a $1,39 \times 10^8$ conídios g⁻¹ e *Beauveria bassiana* cepa ESALQ PL63 a 2×10^9 conídios g⁻¹) em associação ou não com óleo de rícino Bella Donna® (2% v/v). As caldas dos tratamentos foram preparadas com as doses comercial (DC) e dobrada (2×DC) dos fungos com água destilada, 1% de Tween 80® (v/v) e óleo de mamona a 2% (v/v). O Tween 80® foi utilizado como emulsificante de calda e como tratamento controle foi utilizada água destilada.

Antes da instalação dos experimentos, foi realizado um teste prévio de viabilidade dos conídios de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, seguindo recomendações de Goettel e Inglis (1997), a fim de assegurar a qualidade microbiológica das suspensões.

Os resultados indicaram viabilidade inferior a 80% para ambos os fungos, valor considerado abaixo do ideal para aplicações de campo, uma vez que a viabilidade reduzida compromete diretamente a capacidade infectiva e a velocidade de ação dos entomopatógenos (Alves, 1998; Jaronski, 2010).

Diante desse diagnóstico, adotou-se o uso de duas concentrações para cada agente, a dose comercial (DC) indicada pelo fabricante e uma dose dobrada (2×DC). A dose comercial garante comparabilidade com outros estudos e representa a recomendação padrão de uso. Já a dose duplicada foi empregada como estratégia para compensar parcialmente a menor proporção de conídios viáveis, aumentando a quantidade efetiva de unidades infectivas disponíveis para colonização do hospedeiro. Estratégias semelhantes são descritas na literatura quando fatores laboratoriais, ambientais ou de armazenamento podem afetar negativamente a germinação dos conídios (Faria; Wraight, 2007; Alves, 1998). A inclusão das duas doses permitiu avaliar se o aumento da concentração seria capaz de elevar o desempenho dos entomopatógenos em campo, apesar da viabilidade inicial reduzida, contribuindo para maior robustez e interpretabilidade dos resultados.

Tabela 1. Tratamentos à base de fungos entomopatogênicos em doses comerciais e dobradas associados com óleo de mamona, utilizados no experimento em condições de campo.

Tratamentos	Descrição
1 Testemunha	1 L de água destilada
2 1% de Tween	10 mL de Tween + 1 L de água destilada
3 Óleo de mamona 2% + 1% de Tween	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 20 mL de óleo de mamona
4 Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 20 mL de óleo de mamona + 3,8 g L ⁻¹ de <i>Beauveria</i>
5 Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (2×DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 20 mL de óleo de mamona + 7,6 g L ⁻¹ de <i>Beauveria</i>
6 <i>Beauveria</i> (DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 3,8 g L ⁻¹ de <i>Beauveria</i>
7 <i>Beauveria</i> (2×DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 7,6 g L ⁻¹ de <i>Beauveria</i>
8 Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 20 mL de óleo de mamona + 2,5 g L ⁻¹ de <i>Metarhizium</i>
9 Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (2×DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 20 mL de óleo de mamona + 5,0 g L ⁻¹ de <i>Metarhizium</i>
10 <i>Metarhizium</i> (DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 2,5 g L ⁻¹ de <i>Metarhizium</i>
11 <i>Metarhizium</i> (2×DC)	10 mL de Tween + 1 L de água destilada + 5,0 g L ⁻¹ de <i>Metarhizium</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).



As aplicações dos tratamentos foram realizadas em plantas de milho nos estágios vegetativos V4 e V7 com pulverizador costal previamente calibrado a um volume de calda de 100 L ha⁻¹, visando uma cobertura uniforme das plantas. Foram realizadas duas aplicações na fase de maior suscetibilidade da cultura a lagarta do cartucho. As pulverizações foram realizadas no final da tarde, visando condições favoráveis à deposição dos conídios, menor incidência de radiação solar direta e condições de maior umidade relativa, sobre a superfície das plantas (Mascarin et al., 2024).

Aos um, sete e quatorze dias após cada aplicação dos tratamentos foram realizadas avaliações da infestação de larvas de *S. frugiperda* e dos seus danos nas plantas de milho. A infestação foi avaliada em dez plantas por parcela, registrando-se presença (1) ou ausência (0) de lagartas de diferentes instares larvais. A proporção de plantas infestadas foi determinada pela expressão:

$$I = P / N \quad (1)$$

em que:

I = infestação;

P = número de plantas com lagartas;

N = número total de plantas avaliadas por parcela.

O valor final foi expresso como proporção decimal e posteriormente transformado por arcsen \sqrt{p} , em que *p* representa a proporção entre 0 e 1, a fim de atender aos pressupostos da ANOVA.

Para avaliar a percentagem de danos do inseto, foi quantificada a percentagem de desfolha das plantas. Foi utilizada a escala adaptada de Davis et al. (1992), com cinco níveis de intensidade (0, 25, 50, 75 e 100%). A média dos danos percentuais por parcela foi utilizada como unidade amostral para análise estatística, calculada por:

$$\bar{D} = \sum D_i / n \quad (2)$$



em que:

D^- = dano médio percentual da parcela;

D_i = dano percentual da i -ésima planta;

n = número de plantas avaliadas ($n = 10$).

Os valores de dano (%) foram convertidos para proporção ($p = D/100$) e posteriormente transformados por $\text{arcsen}\sqrt{p}$ para atendimento aos pressupostos da ANOVA.

As avaliações de infestação e danos foram realizadas por uma única avaliadora, garantindo uniformidade e redução da variabilidade subjetiva entre observadores.

2.2 ENSAIO DE LABORATÓRIO

No laboratório da Unidade de Transferência de Tecnologia de Bioinssumos do Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina foi conduzido experimento para avaliar a mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* utilizando os mesmos tratamentos mencionados no experimento anterior. O ensaio foi desenvolvido no mês de julho de 2024 sob condições controladas de temperatura a 26 ± 2 °C, fotofase de 12 h de e UR $70 \pm 10\%$), conforme recomendações para fungos entomopatogênicos (Goettel; Inglis, 1997).

Larvas de *S. frugiperda* de primeiro e segundo ínstare foram coletadas em plantas de milho no estádio vegetativo V5 e levadas para o laboratório. Cada larva foi acondicionada individualmente em copos plásticos de 150 ml, a fim de evitar o canibalismo, e esses foram fechados com tecido voil para impedir a fuga dos insetos. Fragmentos de folhas de milho, cada um com aproximadamente 0,49 g ($\approx 49 \text{ cm}^2$), foram imersos por 10 segundos nas caldas correspondentes a cada tratamento e, após a secagem superficial, foram oferecidos para alimentação das lagartas. O fundo de cada copo foi recoberto com papel-filtro para reduzir a perda de umidade das folhas. Após a oferta inicial das folhas tratadas, as lagartas receberam folhas de milho não tratadas, que foram substituídas diariamente para garantir condições adequadas de alimentação e manutenção da umidade. A partir de 24 horas após a oferta das folhas tratadas, a mortalidade das lagartas foi avaliada diariamente, durante um período de doze dias, registrando-se a



porcentagem de mortalidade do inseto. Os cadáveres dos insetos foram individualmente acondicionados em câmara úmida composta por placas de Petri contendo algodão umedecido para a confirmação da mortalidade das lagartas causada pelos isolados fúngicos, verificando assim a sua esporulação sobre os insetos. Lagartas secas ou descoradas foram consideradas mortas pelo óleo de mamona.

O delineamento experimental utilizado neste ensaio foi o inteiramente casualizado, com 11 tratamentos e quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por uma lagarta contida no copo, totalizando quatro lagartas por tratamento. O número reduzido de insetos por tratamento deveu-se à baixa disponibilidade de lagartas no período de coleta em condições de campo, o que limitou o tamanho amostral.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As variáveis dos experimentos de campo (infestação e danos) e de laboratório (mortalidade) foram avaliadas quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. A normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, enquanto a homogeneidade de variâncias foi analisada pelo teste de Levene. Quando necessário, os dados foram transformados por $\text{arcsen}\sqrt{p}$, em que p representa a proporção entre 0 e 1, com o objetivo de estabilizar a variância.

Posteriormente, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) para verificar o efeito dos tratamentos. Quando o fator tratamento foi significativo ($\alpha = 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os softwares SASM-Agri (Canteri et al., 2001) e RStudio, garantindo precisão nos cálculos e validação dos pressupostos.

Para o ensaio de laboratório, a mortalidade das lagartas ao longo do tempo também foi analisada por meio de modelos de regressão, permitindo descrever a tendência temporal do efeito dos tratamentos sobre a mortalidade acumulada.



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSAIO DE CAMPO

Com relação a infestação de lagartas de *Spodoptera frugiperda* em plantas de milho, manteve-se baixa em todas as avaliações realizadas após as aplicações dos tratamentos (<0,5%), e não foi identificado efeito consistente dos tratamentos testados sobre essa variável (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de larvas de *S. frugiperda* infestadas em plantas de milho após aplicação de tratamentos à base de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em diferentes doses (comercial - DC e dobrada - 2×DC), associados ou não, com óleo de mamona a 2% de concentração.

Tratamentos	Média de larvas após a 1ª aplicação (%)				
	Avaliação 1	Avaliação 2	Avaliação 3		
Testemunha	0,10	a	0,10	a	0,18
Tween 1%	0,10	a	0,03	a	0,05
Óleo de mamona 2% + Tween 1%	0,03	a	0,03	a	0,00
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	0,10	a	0,05	a	0,00
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	0,05	a	0,00	a	0,08
<i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	0,13	a	0,10	a	0,13
<i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	0,03	a	0,03	a	0,05
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	0,10	a	0,05	a	0,05
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	0,03	a	0,03	a	0,00
<i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	0,05	a	0,10	a	0,13
<i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	0,00	a	0,03	a	0,04
C.V.	28,11%		35,39%		36,39%
Média de larvas após a 2ª aplicação (%)					
Tratamentos	Avaliação 1	Avaliação 2	Avaliação 3		
Testemunha	0,05	b	0,00	b	0,00
Tween 1%	0,05	b	0,18	ab	0,04
Óleo de mamona 2% + Tween 1%	0,45	a	0,05	ab	0,04
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	0,00	b	0,08	ab	0,00
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	0,08	b	0,05	ab	0,03
<i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	0,17	b	0,17	ab	0,00
<i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	0,05	b	0,23	a	0,15
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	0,00	b	0,03	ab	0,00
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	0,03	b	0,03	ab	0,08



<i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	0,00	b	0,08	ab	0,00	b
<i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	0,13	b	0,00	ab	0,09	ab
C.V.	28,53%		35,39%		32,11%	

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Embora algumas diferenças estatísticas pontuais tenham surgido após a segunda aplicação como os valores ligeiramente superiores observados nos tratamentos Óleo de mamona 2% + Tween 1% na Avaliação 1 e Beauveria (2×DC) + Tween 1% nas Avaliações 2 e 3, tais oscilações não formaram um padrão biológico consistente e não indicam impacto dos fungos ou da associação com óleo de mamona na redução da infestação. Essas pequenas variações são típicas de situações com baixa pressão populacional e resultam mais de flutuações naturais do que de efeito dos tratamentos (Cruz et al., 1995).

Com relação aos danos de desfolha pela *S. frugiperda*, permaneceram elevados e o resultado é estatisticamente semelhantes entre todos os tratamentos e a testemunha podem ser observados na tabela 3. Esse comportamento é esperado, já que grande parte da injúria ocorre enquanto a lagarta permanece protegida no cartucho, dificultando tanto a visualização quanto a ação de produtos aplicados por pulverização foliar (Davis et al., 1992; Montezano et al., 2018).

Tabela 3. Percentagem média de danos de larvas de *S. frugiperda* infestadas em plantas de milho após aplicação de tratamentos à base de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em diferentes doses (comercial - DC e dobrada - 2×DC), associados ou não, com óleo de mamona a 2% de concentração.

Tratamentos	Média de danos após a 1 ^a aplicação (%)					
	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
Testemunha	67,00	a	81,39	a	85,94	a
Tween 1%	67,50	a	76,00	a	78,97	a
Óleo de mamona 2% +Tween 1%	40,78	a	55,00	a	67,75	a
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	60,00	a	69,50	a	68,17	a
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	50,00	a	69,22	a	83,53	a
<i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	62,00	a	68,43	a	76,86	a
<i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	49,50	a	50,50	a	73,20	a
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	35,00	a	58,00	a	78,17	a
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	52,67	a	64,50	a	76,50	a
<i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	67,00	a	82,50	a	82,75	a
<i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	53,64	a	61,00	a	79,04	a

C.V.	28,86%	28,78%	22,32%	Média de danos após a 2ª aplicação (%)		
Tratamentos	Avaliação 1	Avaliação 2	Avaliação 3			
Testemunha	85,54	a	79,85	ab	62,19	a
Tween 1%	79,57	a	87,40	ab	56,00	a
Óleo de mamona 2% + Tween 1%	73,63	a	89,85	ab	82,32	a
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (DC)						
+ Tween 1%	71,95	a	90,98	ab	81,13	a
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	83,53	a	84,48	ab	80,28	a
<i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	83,45	a	96,20	a	83,53	a
<i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	74,23	a	92,43	ab	86,13	a
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	79,45	a	80,23	ab	74,34	a
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	77,78	a	84,45	ab	65,36	a
<i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	85,73	a	93,23	ab	62,91	a
<i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	80,26	a	90,48	ab	78,50	a
C.V.	25,71%		13,28%		30,34%	

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As condições ambientais durante o experimento de campo, caracterizadas por clima seco e baixa umidade relativa, provavelmente limitaram a ação dos fungos entomopatogênicos aplicados via pulverização foliar. A umidade reduzida e a alta exposição à radiação interferem diretamente na germinação, infecção e persistência dos conídios, reduzindo a eficiência do controle biológico (Jaronski, 2010). A baixa infestação observada (<0,5%) também dificultou a detecção de diferenças reais entre os tratamentos.

A variabilidade natural entre isolados de *Metarhizium anisopliae* pode influenciar sua capacidade de tolerar condições ambientais adversas, especialmente quanto à temperatura e radiação, conforme relatado por Rangel et al. (2005). Em condições endofíticas, no entanto, *Beauveria bassiana* e *M. anisopliae* têm apresentado melhor desempenho, reduzindo danos e consumo foliar de *Spodoptera frugiperda* em milho (Ramos et al., 2020).

Em laboratório, os isolados frequentemente exibem taxas de mortalidade superiores às observadas em campo, devido ao ambiente controlado e à ausência de fatores abióticos limitantes (Idrees et al., 2023; Rajula et al., 2021). No presente estudo, entretanto, as taxas de mortalidade variaram de 0 a 18,75%, sem diferenças estatísticas pelo



teste de Tukey ($p>0,05$), embora alguns tratamentos contendo *M. anisopliae* tenham apresentado valores numericamente superiores. Essa tendência não caracteriza maior eficiência comprovada, considerando a baixa mortalidade geral registrada.

Assim, os resultados obtidos neste estudo refletem as limitações ambientais do campo e a variabilidade natural entre os isolados avaliados, reforçando a necessidade de estudos adicionais com formulações mais estáveis e estratégias de aplicação alternativas que reduzam a exposição dos conídios a fatores ambientais desfavoráveis.

3.2 ENSAIO DE LABORATÓRIO

Em laboratório, as taxas de mortalidade acumulada de *S. frugiperda*, está apresentada na tabela 4, variaram de 0 a 18,75%, indicando efeito moderado dos tratamentos. Embora algumas combinações, especialmente *Metarhizium anisopliae* (2×DC) associado ao óleo de mamona, tenham apresentado valores numericamente maiores, não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Mortalidade média acumulada (%) de larvas de *S. frugiperda* após alimentação de plantas de milho tratadas com os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* em diferentes doses (comercial - DC e dobrada - 2×DC), associados ou não, com óleo de mamona a 2% de concentração.

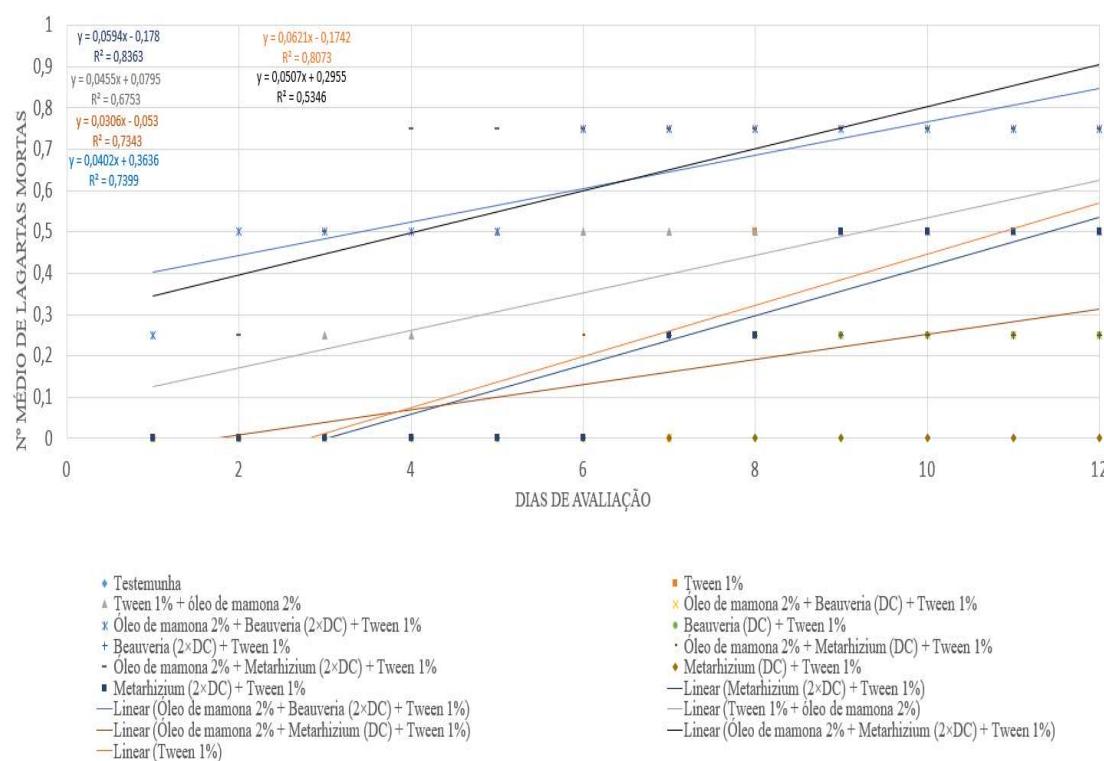
Tratamentos	Média (%)*	
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	18,75	a
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	18,75	a
<i>Metarhizium</i> (2×DC) + Tween 1%	12,5	a
Tween 1% + óleo de mamona 2%	12,5	a
Tween 1%	12,5	a
Óleo de mamona 2% + <i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	6,25	a
<i>Beauveria</i> (2×DC) + Tween 1%	6,25	a
<i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	6,25	a
Óleo de mamona 2% + <i>Beauveria</i> (DC) + Tween 1%	6,25	a
<i>Metarhizium</i> (DC) + Tween 1%	0	a
Testemunha	0	a
C.V.	67,73%	

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise de regressão da mortalidade ao longo do tempo, ilustrada na Figura 1, evidenciou um aumento gradual e de baixa magnitude para todos os tratamentos, sem diferenças estatísticas entre eles. A discreta progressão observada é compatível com estudos que descrevem a limitação dos fungos entomopatogênicos sob baixa umidade e alta radiação UV, fatores conhecidos por reduzir sua persistência e capacidade infectiva (Fernandes et al., 2015; Jaronski, 2010). Assim, não houve evidência de maior virulência ou velocidade de ação de um fungo em relação ao outro, apenas variações numéricas sem significado estatístico.

Figura 1. Regressão linear da mortalidade de larvas de *S. frugiperda* após alimentação de plantas de milho tratadas com os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* em diferentes doses (comercial - DC e dobrada - 2×DC), associados ou não, com óleo de mamona a 2% de concentração nas diferentes datas de avaliação.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A diferença entre os resultados de laboratório e campo está relacionada à natureza mais lenta da ação dos fungos entomopatogênicos e à forte dependência de condições ambientais adequadas para sua eficiência. Em situações de clima seco e baixa umidade,



condições observadas durante o experimento, ocorre redução na germinação, sobrevivência e persistência dos conídios aplicados na superfície foliar, o que limita a capacidade de infecção dos fungos. Essa sensibilidade ambiental é amplamente relatada para *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, cujo desempenho tende a ser superior em condições controladas e menos favorável em aplicações foliares sujeitas a estresses climáticos (Alves, 1998; Jaronski, 2010). Assim, o avanço rápido dos danos provocados por *Spodoptera frugiperda* pode superar o tempo necessário para o estabelecimento da infecção fúngica, especialmente em condições adversas de campo.

No presente estudo, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos no laboratório, embora alguns valores numéricos ligeiramente maiores tenham sido registrados para *M. anisopliae*. Essa diferença, entretanto, caracteriza apenas uma tendência e não indica maior eficiência comprovada, considerando a baixa mortalidade geral observada. Da mesma forma, o uso de óleo de mamona a 2% não evidenciou prejuízos aparentes à mortalidade, sugerindo ausência de efeito negativo imediato.

Dessa forma, os dados sustentam que as limitações ambientais do campo e a variabilidade natural entre isolados são fatores determinantes para o baixo desempenho observado, reforçando a necessidade de estudos adicionais com formulações mais estáveis, estratégias de aplicação alternativas e avaliação detalhada da interação entre óleo vegetal e fungos entomopatogênicos.

4 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que a associação de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* com óleo de mamona a 2% não resultou em redução significativa da infestação ou dos danos de *Spodoptera frugiperda* no campo, o que foi influenciado principalmente pela baixa pressão da praga e pelo clima seco observado durante o experimento. Em laboratório, embora a mortalidade tenha variado entre 0 e 18,75%, não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que as formulações avaliadas apresentam desempenho limitado quando aplicadas de forma isolada. Ainda assim, os resultados reforçam o potencial dos fungos entomopatogênicos em condições controladas



e apontam para sua possível utilização em estratégias preventivas ou endofíticas. Recomenda-se a realização de estudos adicionais envolvendo formulações mais estáveis, ajustes nas tecnologias de aplicação e integração com outras táticas de manejo, a fim de ampliar a eficiência desses agentes no controle de *S. frugiperda* em condições de campo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano Campus Cristalina, CEBIO, FAPEG, FUNAPE e Centro de Referência em Produção Sustentável e Irrigação.



REFERÊNCIAS

- ALVES, S. B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 289–381.
- ALVES, S. B. *et al.* **Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina**. In: Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios. Piracicaba: FEALQ, p. 69–110, 2008.
- CANTERI, M. G. *et al.* **SASM-Agri: sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos de Scott-Knott, Tukey e Duncan**. Revista Brasileira de Agrocomputação, v. 1, n. 2, p. 18–24, 2001.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. v. 11, safra 2023/24, n. 12, setembro 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- CRUZ, I. *et al.* **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995. (Circular Técnica). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/475779>. Acesso em: 30 set. 2025.
- DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Technical Bulletin 186, 1992.
- EMBRAPA. **Importância socioeconômica do milho**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 05 jul. 2025.
- FARIAS, J. R. *et al.* **Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil**. Crop Protection, v. 64, p. 150–158, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.019>.
- FARIA, M. R.; WRAIGHT, S. P. **Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list**. Biological Control, v. 43, n. 3, p. 237–256, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>.
- FARIA, M. *et al.* **Conidial vigor vs. viability as predictors of virulence**. Journal of Invertebrate Pathology, v. 125, p. 68–72, 2015.
- FERNANDES, É.K.K, *et al.* **Tolerância de fungos entomopatogênicos à radiação ultravioleta: uma revisão sobre a seleção de cepas e sua formulação**. Curr Genet 61, 427–440, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00294-015-0492-z>.



FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020. 510 p.

GOETTEL, M.; INGLIS, G. **Fungos: Hifomicetos**. In: LACEY, L. A. (Ed.). **Manual de Técnicas em Patologia de Insetos**. Londres: Academic Press, p. 213–249, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012432555-5/50013-0>.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agrícola.html>. Acesso em: 12 ago. 2025.

IDREES, A. *et al.* **Virulence of entomopathogenic fungi against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions**. *Frontiers in Physiology*, v. 14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1107434>.

JARONSKI, S. T. **Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens**. In: **Use of entomopathogenic fungi in biological control**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 199–211. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-3966-8_12.

LEITE, L. *et al.* **Occurrence of Entomophthorales on spittlebugs pests of pasture**. Arquivos do Instituto Biológico, v. 69, n. 3, p. 63–68, 2002.

MARQUES, M. A. **Compatibilidade e associação do óleo de mamona a Beauveria bassiana no controle de Bemisia tabaci biótipo B e seletividade a Trichogramma pretiosum**. 2015. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitossanidade), UFG.

MASCARIN, G. M. *et al.* **Avanços na fermentação em meio líquido submerso e formulação de fungos entomopatogênicos**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 108, p. 451, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13287-z>.

MONNERAT, R. *et al.* **Evidence of field-evolved resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt maize expressing Cry1F**. *PLoS ONE*, v. 10, n. 4, e0119544, 2015.

MONTEZANO, D. G. *et al.* **Host plants of *Spodoptera frugiperda***. *Journal of Insect Science*, v. 18, n. 5, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey084>.

QUIROGA-CUBIDES, L.; GÓMEZ ALVAREZ, J.; MESA, J. **Framework for mass production of entomopathogenic fungi in bioeconomy context**. In: SINGH, R. S.; BHARI, R. (Ed.). **Developments in Applied Microbiology and Biotechnology: Fungal Biotechnology**. Londres: Academic Press, 2025. p. 549–575. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13263-6.00021-3>.

RAMOS, Y. *et al.* **Estabelecimento endofítico de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em plantas de milho e seu efeito contra larvas de *Spodoptera frugiperda***



(J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, v. 30, p. 20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>.

RANGEL, D. E. N. et al. **Variability in conidial thermotolerance of *Metarhizium anisopliae* isolates.** *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 88, n. 2, p. 116–125, 2005.

RAJULA, J. et al. **Evaluation of native entomopathogenic fungi for the control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Thailand: a sustainable way for eco-friendly agriculture.** *Journal of Fungi*, v. 7, n. 12, p. 1073, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7121073>.

RODRIGUES, R. F. O.; OLIVEIRA, F.; FONSECA, A. M. **As folhas de *Ricinus communis*.** *Lecta*, v. 20, n. 2, p. 183–194, 2002.

TIAGO, P. V.; SILVA, R. J. da. **Atividade proteolítica de isolados de *Metarhizium anisopliae* sobre substratos cuticulares e não cuticulares.** *Ciência Rural*, v. 37, n. 1, p. 26–30, 2007.

VALICENTE, F. H. **Lagarta-do-cartucho-do-milho: biologia, ocorrência e controle.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Circular Técnica, 208). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1017489>. Acesso em: 12 jul. 2025.

VALICENTE, F. H. **Controle biológico de pragas com entomopatógenos.** Informe Agropecuário, v. 30, n. 251, p. 48–55, 2009.

VILAS-BOAS, A. M.; PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; LUNA-ALVES-LIMA, E. A. **Desenvolvimento e aperfeiçoamento de inseticidas biológicos.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, v. 35, n. 4, p. 749–761, 1992.

YU, S. J.; NGUYEN, S. N.; ABO-ELGHAR, G. E. **Biochemical characteristics of insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda*.** *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 77, n. 1, p. 1–11, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-3575\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0048-3575(03)00079-8).