

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

HENRIQUE SCRIDELI STEFANONI

POTENCIAL DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE
PUPAS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Monte Carmelo - MG

2026

HENRIQUE SCRIDELI STEFANONI

POTENCIAL DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE
PUPAS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

Monte Carmelo - MG

2026

HENRIQUE SCRIDELI STEFANONI

POTENCIAL DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE
PUPAS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 11 de março de 2026

Banca Examinadora

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho
Orientadora

Ms. Fernando Garcia
Membro da Banca

Ms. Jéssyca Gonçalves Duarte
Membro da Banca

Monte Carmelo
2026

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio, compreensão, paciência e amor incondicional ao longo de toda a minha caminhada. Vocês foram minha base nos momentos de dificuldade e minha motivação para seguir em frente, mesmo quando o cansaço e as dúvidas apareceram. Essa conquista também é de vocês.

Aos meus amigos Pedro, Ivania, Paulo, Murilo e Isadora, deixo meu muito obrigado pela amizade verdadeira, pelo companheirismo diário, pelas conversas, risadas, incentivos e pelo apoio nos momentos mais desafiadores da graduação. Vocês tornaram essa jornada mais leve e significativa. Agradeço também a todos os colegas que fizeram parte da minha trajetória acadêmica, que de alguma forma contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional durante a faculdade.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Vanessa Andalo, expresso minha profunda gratidão pela confiança, paciência, dedicação e pelos ensinamentos transmitidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi fundamental não apenas para a realização deste estudo, mas também para minha formação acadêmica e científica.

Ao Grupo GEMIP, agradeço pela oportunidade de aprendizado, pelas trocas de conhecimento, experiências e pelo crescimento proporcionado ao longo desse período, que foram essenciais para minha formação.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por me proporcionar uma formação de qualidade, oportunidades e experiências que levarei para toda a vida.

RESUMO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) possui elevada relevância econômica no Brasil e no mundo, sendo fortemente impactada pela lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), praga polífaga de alta capacidade reprodutiva e adaptativa. O controle tem sido realizado principalmente com inseticidas químicos e híbridos Bt; entretanto, a recorrente seleção de populações resistentes reforça a necessidade de estratégias sustentáveis dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Nesse contexto, os fungos entomopatogênicos representam alternativa promissora. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação de conídios de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp. e *Cordyceps fumosorosea* no controle de pupas de *S. frugiperda* em condições laboratoriais. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando quatro concentrações (1×10^5 a 1×10^8 conídios mL⁻¹) e tratamento controle com água + Tween 80 (0,1%). A aplicação foi realizada por meio da Torre de Potter, e as avaliações de mortalidade ocorreram após dez dias. A cepa de *B. bassiana* apresentou tendência de aumento da mortalidade com a elevação da concentração, atingindo aproximadamente 40% na maior dose testada, evidenciando comportamento dependente da dose, embora a CL₅₀ não tenha sido alcançada. A infecção foi confirmada pelo crescimento micelial externo sobre as pupas. Para *Metarhizium* sp. e *C. fumosorosea*, os percentuais de mortalidade variaram entre 10% e 25% e entre 12% e 20%, respectivamente, sem resposta consistente ao aumento da concentração. Os resultados indicam que o estágio pupal apresenta menor suscetibilidade à infecção fúngica quando comparado às fases larvais descritas na literatura, exigindo concentrações mais elevadas para obtenção de controle significativo. Conclui-se que *B. bassiana* demonstrou maior potencial no controle de pupas de *S. frugiperda* nas condições avaliadas, destacando-se como alternativa viável dentro de estratégias sustentáveis de manejo.

Palavras-chave: *Beauveria* sp.; controle biológico; *Cordyceps fumosorosea*; *Metarhizium* sp.; *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> mantidas em potes plásticos contendo dieta artificial durante a fase de desenvolvimento larval.....	17
Figura 2 - Adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> mantidos em gaiolas confeccionadas em tubo de PVC, utilizadas para acasalamento e oviposição em condições de laboratório.....	18
Figura 3 – Crescimento e esporulação de isolados de fungos entomopatogênicos dos gêneros <i>Beauveria bassiana</i> (A), <i>Metarhizium</i> sp.(B) e <i>Cordyceps fumosorosea</i> (C) em meio batata-dextrose-ágar (BDA).....	19
Figura 4 – Câmara de Neubauer utilizada para a quantificação de conídios de fungos entomopatogênicos em microscópio óptico.....	20
Figura 5 – Aplicação das suspensões fúngicas sobre pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i> por meio da Torre de Potter.....	22
Figura 6 – Pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i> dispostas em placas de Petri contendo papel filtro após a aplicação das suspensões fúngicas.....	22
Figura 7 - Mortalidade (%) em função do log da concentração para a cepa de <i>Beauveria bassiana</i>	24
Figura 8 - Mortalidade (%) em função do log da concentração para a cepa de <i>Metarhizium</i> sp.....	25
Figura 9 - Mortalidade (%) em função do log da concentração para a cepa de <i>Cordyceps fumosorosea</i>	26
Figura 10 - Colonização de pupas tratadas com a maior concentração de <i>Beauveria bassiana</i> , evidenciando crescimento micelial externo.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela 1. Concentrações das suspensões fúngicas (conídios mL ⁻¹)	23
---	----

SUMÁRIO

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. JUSTIFICATIVA	9
3. OBJETIVO	11
4. REVISÃO DE LITERATURA	11
4.1. Cultura do milho.....	11
4.2. <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
4.3. Controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	13
4.4. Fungos entomopatogênicos	14
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	166
5.1. Criação de <i>Spodoptera frugiperda</i>	16
5.2. Multiplicação e manutenção dos fungos entomopatogênicos	18
5.3. Adequação da concentração e produção de inóculo	20
5.4. Análise estatística	23
6. Resultados e Discussão.....	23
7. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como uma das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro, sendo amplamente utilizado tanto na alimentação humana quanto na alimentação animal. Além disso, o grão também é empregado como matéria-prima em diferentes segmentos industriais, participando da produção de alimentos, bebidas, biocombustíveis e diversos outros derivados. Trata-se de um cereal de grande relevância alimentar, podendo ser consumido diretamente ou após processos de industrialização. No cenário nacional, o milho possui expressiva importância econômica, atendendo tanto ao mercado interno quanto às exportações. Sua ampla adaptação às diferentes condições de cultivo, aliada à viabilidade de produção em pequenas e grandes áreas, contribui para a competitividade da cultura. Dessa forma, devido ao seu valor nutricional e econômico, o milho tem assumido papel estratégico na segurança alimentar global, além de estar presente em diversas preparações tradicionais da culinária brasileira. Para que a produção continue crescendo, torna-se fundamental investir em avanços tecnológicos, melhorias biológicas, organização dos sistemas produtivos e aprimoramento da logística de distribuição e consumo (EMBRAPA, 2022).

No Brasil, essa importância torna-se ainda mais expressiva, pois o país se consolidou como o terceiro maior produtor mundial, com elevada contribuição para exportações e para o abastecimento interno (CONAB, 2023). Devido ao seu padrão de ocorrência, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada uma praga persistente nas Américas e, mais recentemente, também foi registrada em plantações na África, Índia e China. Esses insetos estão ativos durante grande parte do ano, provocando danos às culturas agrícolas e ocasionando significativas perdas econômicas (Paredes-Sánchez et al., 2021).

O controle da praga tem sido historicamente baseado no uso de inseticidas químicos e de plantas transgênicas expressando proteínas inseticidas derivadas de *Bacillus thuringiensis* (Bt). Entretanto, há relatos consistentes de resistência de *S. frugiperda* a diferentes proteínas Bt, incluindo Cry1, Cry2 e Vip3Aa, em áreas de cultivo de milho e algodão no continente americano (YANG, 2022). Esse cenário alerta para a necessidade de diversificação no manejo da praga, reduzindo a dependência de estratégias isoladas e estimulando práticas sustentáveis dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Oliveira, 2023).

Entre as alternativas disponíveis, os fungos entomopatogênicos têm se mostrado ferramentas promissoras no controle biológico da lagarta-do-cartucho. Estudos recentes confirmaram a elevada virulência de isolados dos fungos dos gêneros *Beauveria* e *Metarhizium* contra diferentes estágios de desenvolvimento de *S. frugiperda*, alcançando taxas de mortalidade superiores a 80% em condições laboratoriais (Apirajkamol, 2023).

Além da ação direta sobre o inseto, pesquisas apontam que *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* também podem atuar como endófitos em plantas de milho. Essa colonização reduz a aptidão da praga, comprometendo aspectos como sobrevivência e reprodução, o que amplia o potencial desses microrganismos como agentes de manejo sustentável (Altaf et al., 2023).

Outro aspecto relevante é a ocorrência natural de fungos associados a populações de *S. frugiperda*. Investigações recentes identificaram a presença de *Metarhizium rileyi* em larvas coletadas em condições de campo, apresentando efeito entomopatogênico significativo. Isolados avaliados em laboratório demonstraram causar mortalidade entre 74% e 84% em lagartas da espécie (Barros et al., 2020).

Diante desse contexto, a integração de fungos entomopatogênicos ao manejo da lagarta-do-cartucho representa uma estratégia viável para reduzir a dependência de inseticidas e prolongar a vida útil das tecnologias Bt, contribuindo para sistemas de produção mais sustentáveis e resilientes.

2. JUSTIFICATIVA

A lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, é considerada a principal praga da cultura do milho no Brasil, responsável por expressivas perdas econômicas decorrentes de sua alta capacidade de adaptação, mobilidade e potencial reprodutivo. Em sistemas de monocultivo contínuo, sem adoção de rotação de culturas, a intensidade de infestação tende a se agravar, comprometendo diretamente a produtividade e a sustentabilidade da cadeia do milho (Montezano et al., 2018).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) abrange diferentes táticas de controle, incluindo medidas culturais, físicas, genéticas, comportamentais, químicas e biológicas. A integração desses métodos possibilita uma abordagem mais eficiente e sustentável no enfrentamento das

pragas agrícolas (Prasanna et al., 2018). Entretanto, o uso intensivo e repetitivo de inseticidas, sem a devida alternância de ingredientes ativos, tem favorecido a seleção de populações resistentes. Essa prática não apenas compromete a eficiência das moléculas aplicadas, como também interfere negativamente no equilíbrio dos inimigos naturais e potencializa impactos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente (Lira et al., 2019).

Nesse contexto, torna-se urgente a busca por alternativas sustentáveis e eficazes de manejo integrado. Entre as ferramentas disponíveis, destacam-se os fungos entomopatogênicos, como *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *Cordyceps fumosorosea*, que apresentam ação patogênica direta sobre diferentes estádios da praga, reduzindo a sobrevivência e a reprodução (Mielli, 2022).

Pesquisas brasileiras recentes evidenciaram resultados promissores. Produtos comerciais à base de *C. fumosorosea* e combinações fúngicas reduziram em 100% a sobrevivência de lagartas em condições laboratoriais (Mielli, 2022). Ensaios de campo demonstraram que *B. bassiana* foi tão eficiente quanto inseticidas químicos na redução de danos causados por *S. frugiperda* (Moreira, 2025). Além disso, isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* apresentaram efeito ovicida, reduzindo significativamente a eclosão das lagartas (Maddalena et al., 2024).

Em nível internacional, avanços complementam esses achados. Isolados de *Beauveria* demonstraram alta virulência contra lagartas de diferentes instares, causando até 98% de mortalidade e inviabilizando a reprodução (Apirajkamol et al., 2023). Além disso, pesquisas recentes comprovaram a capacidade de colonização endofítica desses fungos em plantas de milho, conferindo mortalidade total em instares iniciais e elevada mortalidade em instares mais avançados (Ramos et al., 2020).

O solo é considerado um habitat natural para fungos entomopatogênicos, incluindo espécies de *Metarhizium* e *Beauveria*, que atuam como reservatórios capazes de fornecer nutrientes e favorecer sua proliferação (Pérez-González et al., 2014). Por esse motivo, embora as pulverizações foliares apresentem potencial de eficiência, o solo tem se mostrado uma via promissora para aplicações desses microrganismos. Isso ocorre porque, além de ser um ambiente naturalmente associado aos fungos entomopatogênicos, o solo pode proteger os fungos da radiação ultravioleta, aumentando sua persistência (Jeon; Kim, 2024).

Entre as alternativas de aplicação, o encharcamento do solo tem se destacado como um método prático em condições de campo para o controle de estágios de *S. frugiperda* que

permanecem no solo (Garrido-Jurado et al., 2020). Entretanto, é importante considerar que os resultados de ensaios laboratoriais utilizando solo estéril podem não refletir plenamente a realidade do campo, já que a sobrevivência e eficiência dos fungos entomopatogênicos dependem de fatores como propriedades físicas do solo, umidade, temperatura e a presença de microrganismos concorrentes (Goble et al., 2011).

Foi relatado ainda que espécies como *M. anisopliae* e *B. bassiana* são capazes de produzir toxinas que interferem na formação adequada da cutícula dos insetos. Essas toxinas atuam na abertura dos canais de cálcio da membrana, prejudicando a síntese de quitina e resultando em malformações (Prasad; VeerwaL, 2010; Garrido-Jurado et al., 2020). Entre os efeitos subletais observados estão anormalidades em adultos, como redução do tamanho corporal e das asas, baixa capacidade de voo e, consequentemente, diminuição do potencial reprodutivo da população (Kalvnadi et al., 2018; Vivekanandhan et al., 2024).

No entanto, quando pupas de *S. frugiperda* foram expostas aos fungos entomopatogênicos, não foram detectados efeitos subletais significativos nos adultos emergidos. Isso possivelmente se deve à presença da concha pupal esclerotizada, que funciona como uma barreira física à penetração fúngica (Kalvnadi et al., 2018; Goble et al., 2011).

3. OBJETIVO

Considerando os problemas causados por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho, este trabalho teve como objetivo avaliar a patogenicidade de isolados de fungos entomopatogênicos visando o controle de pupas do inseto-praga em condições de laboratório

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) configura-se como uma das culturas agrícolas de maior relevância no Brasil, com ampla utilização na alimentação humana, na nutrição animal e como matéria-prima para a produção de biocombustíveis. Sua notável adaptabilidade possibilita o cultivo em diferentes regiões e épocas do ano, tanto na safra quanto na safrinha, o que confere caráter estratégico para a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico do país (Faria et al., 2022).

A cultura do milho está sujeita a diversos fatores que comprometem sua produtividade, entre os quais se destacam o ataque de pragas e doenças, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento. Entre os insetos-praga de maior impacto econômico nas principais regiões produtoras do Brasil encontram-se a lagarta-do-cartucho, a larva-alfinete (*Diabrotica speciosa* Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) e a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) (Ribeiro et al., 2016).

Apesar de ser cultivado em todo o território nacional, a produção de milho apresenta maior concentração nas regiões Centro-Oeste (58%), Sul (16%) e Sudeste (11%). O estado de Mato Grosso se destaca como o principal produtor, respondendo por cerca de 37% da produção nacional na média das safras de 2021 a 2023 (USDA, 2024b).

Nos últimos anos, avanços no melhoramento genético e na biotecnologia permitiram o desenvolvimento de híbridos mais produtivos e tolerantes a estresses bióticos e abióticos. Entretanto, mesmo diante desses progressos, o cultivo do milho ainda enfrenta sérios desafios, principalmente relacionados ao ataque de pragas. Entre elas, destaca-se a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), considerada uma das principais responsáveis por perdas significativas de produtividade (Geisler et al., 2024).

4.2. *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda é considerada a principal praga do milho no Brasil e em diversos países tropicais. Trata-se de um inseto de grande importância agrícola devido à sua elevada capacidade de dispersão, ampla gama de hospedeiros e alto potencial reprodutivo, fatores que favorecem infestações rápidas e severas nas áreas de cultivo (Nascimento et al., 2022; Sousa et al., 2024).

A espécie é altamente polífaga, sendo registrada em 353 plantas distribuídas em 76 famílias botânicas (Montezano et al., 2018). Entre seus principais hospedeiros encontram-se culturas de destaque econômico, como milho, soja, arroz, algodão e sorgo (Montezano et al., 2018). As larvas atacam, sobretudo, o cartucho das plantas, causando desfolha acentuada e redução da área fotossintética, o que pode levar a perdas superiores a 30% da produtividade em condições severas de infestação (Peng et al., 2024).

O ciclo de vida da praga é influenciado por fatores ambientais, especialmente pela temperatura. O estágio larval dura em média 15 dias, podendo variar conforme as condições climáticas, enquanto o desenvolvimento até a fase adulta ocorre em aproximadamente 30 dias, o que evidencia seu rápido potencial reprodutivo (Sosa-Gómez et al., 2020). Além disso, em situações de temperaturas mais elevadas, próximas a 34 °C, esse ciclo tende a ser ainda mais curto, aumentando a taxa populacional. Em anos de estiagem, a ocorrência pode ultrapassar dez gerações por safra, com níveis de infestação significativamente mais altos (Abreu et al., 2014).

A lagarta-do-cartucho é um inseto holometábolo, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adultos. As larvas recém-eclodidas alimentam-se raspando a superfície das folhas, migrando posteriormente para o cartucho, onde permanecem até o sexto instar. Após esse estágio, deslocam-se para o solo, onde se transformam em pupas e, posteriormente, emergem como mariposas (Malo; Hore, 2020). A fase larval pode variar entre 12 e 30 dias, apresentando seis instares. Nos estágios iniciais, as lagartas possuem coloração esbranquiçada, passando a verde com cabeça preta proporcionalmente maior que o corpo. No sexto instar, podem atingir cerca de 35 mm, exibindo coloração entre castanho claro e marrom-avermelhado, além de uma marca característica em forma de “Y” invertido na região da frente (Cruz, 1995).

O manejo dessa praga representa um grande desafio, principalmente devido ao surgimento de populações resistentes a proteínas Bt e a inseticidas sintéticos, o que reforça a necessidade da adoção de estratégias de manejo integrado de pragas (Geisler et al., 2024).

4.3. Controle de *Spodoptera frugiperda*

O manejo da *S. frugiperda* pode ser realizado por diferentes métodos, incluindo o controle químico, biotecnológico, biológico e o manejo integrado de pragas (MIP).

O controle químico, embora apresente eficiência em curto prazo, está associado à seleção de populações resistentes e a impactos ambientais (Sousa et al., 2024). Nesse cenário, a utilização de híbridos de milho transgênico contendo proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) tem sido amplamente adotada, proporcionando proteção adicional contra a praga. Contudo, falhas de controle em alguns eventos transgênicos têm sido relatadas, reforçando a necessidade de estratégias complementares (Geisler et al., 2024).

Em um curto intervalo de apenas três anos após a sua liberação comercial no Brasil, a lagarta-do-cartucho já havia desenvolvido resistência à maioria dos híbridos de milho Bt (Fatoretto et al., 2017).

O controle biológico desponta como alternativa sustentável, destacando-se o uso de vírus entomopatogênicos, como o *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus (SfMNPV), que apresenta elevada eficiência inclusive em populações resistentes (Geisler et al., 2024). De forma semelhante, pesquisas recentes têm demonstrado o potencial de fungos entomopatogênicos, como *M. rileyi* e *B. bassiana*, no controle da praga, com resultados promissores (Gótti et al., 2023; Maddelena et al., 2024).

4.4. Fungos entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos representam importantes agentes de controle biológico, atuando por contato direto com o hospedeiro, penetrando na cutícula e colonizando seus tecidos internos. Entre as espécies mais estudadas destacam-se *M. rileyi*, *M. anisopliae* e *B. bassiana*, que vêm sendo amplamente avaliadas como alternativas sustentáveis para o manejo da lagarta-do-cartucho (Faria et al., 2022; Gótti et al., 2023).

Esses microrganismos podem ser produzidos in vitro em meios sólidos ou líquidos, resultando em diferentes estruturas, como conídios, blastósporos e micélio (Wang et al., 2017).

Os conídios apresentam papel central na disseminação no ambiente e na infecção de novos hospedeiros, enquanto os blastósporos são formados principalmente durante a proliferação do fungo na hemolinfa dos insetos. Além disso, os blastósporos diferem dos conídios por serem hidrofílicos, germinarem mais rapidamente (2 a 8 horas, contra 12 a 24

horas dos conídios) e, em muitos casos, apresentarem maior virulência em hospedeiros suscetíveis (De Paula et al., 2021).

Estudos laboratoriais demonstram a eficácia desses agentes no manejo de *S. frugiperda*. O isolado CG381 de *M. rileyi* apresentou mortalidade superior a 95% das larvas após oito dias da inoculação. Em condições de casa de vegetação, a aplicação direta no cartucho do milho resultou em mortalidades entre 88% e 96%. Já em campo, pulverizações convencionais apresentaram baixa eficiência (27% a 31%), enquanto aplicações direcionadas no cartucho, seja com formulações à base de *M. rileyi* ou em associação ao vírus SfMNPV, proporcionaram taxas de mortalidade próximas a 59% (Faria et al., 2022).

No caso de *Metarhizium*, tanto blastósporos quanto conídios participam da infecção, mas estudos demonstram que os conídios são mais virulentos contra lagartas de *S. frugiperda* (Gótti et al., 2023). Além disso, isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* demonstraram efeito ovicida, reduzindo significativamente a viabilidade dos ovos da praga e ampliando o potencial de controle em diferentes fases do ciclo biológico do inseto (Maddelena et al., 2024).

Dentre as espécies de maior relevância, *B. bassiana* ocorre naturalmente no solo e pode infectar mais de 700 espécies de artrópodes, incluindo lagartas, percevejos, pulgões, moscas, besouros, cigarrinhas e ácaros. Um sinal característico da infecção é o crescimento micelial branco a acinzentado sobre o corpo do hospedeiro, que confere aspecto de mofo (Silva, 2023; VALLIN, 2022). Já *M. anisopliae*, também de ocorrência natural, é considerado um dos fungos mais eficazes no controle de insetos-praga, com capacidade de levar os hospedeiros à morte em poucos dias e, adicionalmente, de promover o crescimento vegetal (MAPA, 2021; Vallin, 2022).

Apesar de seu potencial, a aplicação prática desses microrganismos enfrenta desafios relacionados a fatores ambientais, como radiação solar, umidade e compatibilidade com outros métodos de manejo. Ainda assim, os avanços em formulações comerciais e estratégias de aplicação têm consolidado os fungos entomopatogênicos como alternativas promissoras no manejo integrado de pragas, com destaque para *M. rileyi* como biopesticida de grande potencial contra *S. frugiperda* (Faria et al., 2022).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo. Os insetos utilizados foram obtidos de uma criação massal de *Spodoptera frugiperda* estabelecida no laboratório. Os fungos entomopatogênicos utilizados nos ensaios foram oriundos da coleção de microrganismos do próprio laboratório.

5.1. Criação de *Spodoptera frugiperda*

Para a criação das lagartas, foram utilizados potes plásticos com volume de 100 mL, apresentando 7 cm de diâmetro na parte superior, 4,5 cm na base e 5 cm de altura. Em cada recipiente foram adicionados aproximadamente 2 cm³ de dieta artificial, onde permaneceram oito insetos (Figura 1). Para evitar excesso de umidade no interior dos potes, a tampa foi perfurada com pequenos orifícios, possibilitando a circulação de ar.

A dieta artificial sólida foi preparada conforme a formulação descrita por (Nalin et al. 1991), composta por: 165 g de feijão carioquinha, 79,50 g de germe de trigo, 50,50 g de levedo de cerveja, 3,15 g de nipagin, 5,10 g de ácido ascórbico, 1,65 g de ácido sórbico, 12,50 mL de formol a 10%, 25,50 g de ágar e 1195 mL de água.

Adicionalmente, foi utilizado um inibidor de crescimento fúngico, composto por 41,8 mL de ácido propiônico, 4,2 mL de ácido fosfórico e 54 mL de água destilada, sendo adicionados 3 mL dessa solução à dieta durante o preparo.

Após o preparo, a mistura foi vertida em potes plásticos e colocada em câmara de fluxo laminar até atingir a consistência sólida.



Figura 1– Lagartas de *Spodoptera frugiperda* mantidas em potes plásticos contendo dieta artificial durante a fase de desenvolvimento larval.

Fonte - Autor (2025).

Durante todo o desenvolvimento larval, desde o primeiro instar até a fase de pupa, as lagartas receberam essa dieta. Ao atingirem a pupação, os insetos foram transferidos com auxílio de pinças para placas de Petri forradas com papel filtro e, posteriormente, para gaiolas confeccionadas em tubo de PVC (Figura 2), medindo 20 cm de altura e 15 cm de diâmetro interno.

Após a emergência dos primeiros adultos, foi fornecida uma dieta líquida constituída por 50 g de açúcar, e 250ml de água. O interior das gaiolas foi revestido com papel sulfite, servindo de substrato para a oviposição.

Antes da eclosão, as folhas de papel contendo os ovos foram recortadas e fixadas na tampa dos potes com dieta. Assim que as larvas emergiram, iniciaram a alimentação e o desenvolvimento, dando continuidade ao ciclo biológico. Para o manejo das lagartas, foram utilizados pincéis de cerdas finas.



Figura 2 - Adultos de *Spodoptera frugiperda* mantidos em gaiolas confeccionadas em tubo de PVC, utilizadas para acasalamento e oviposição em condições de laboratório.

Fonte – Leonardo Pereira Araújo (2025).

5.2. Multiplicação e manutenção dos fungos entomopatogênicos

Os fungos utilizados no presente trabalho foram obtidos no Banco de Entomopatógenos do Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), provenientes de diferentes hospedeiros e localidades, compreendendo isolados dos gêneros *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp e *C. fumosorosea* (Figura 3) O isolamento dos microrganismos foi realizado em câmara de fluxo laminar, garantindo condições assépticas e prevenindo possíveis contaminações externas nas placas de meio de cultura.

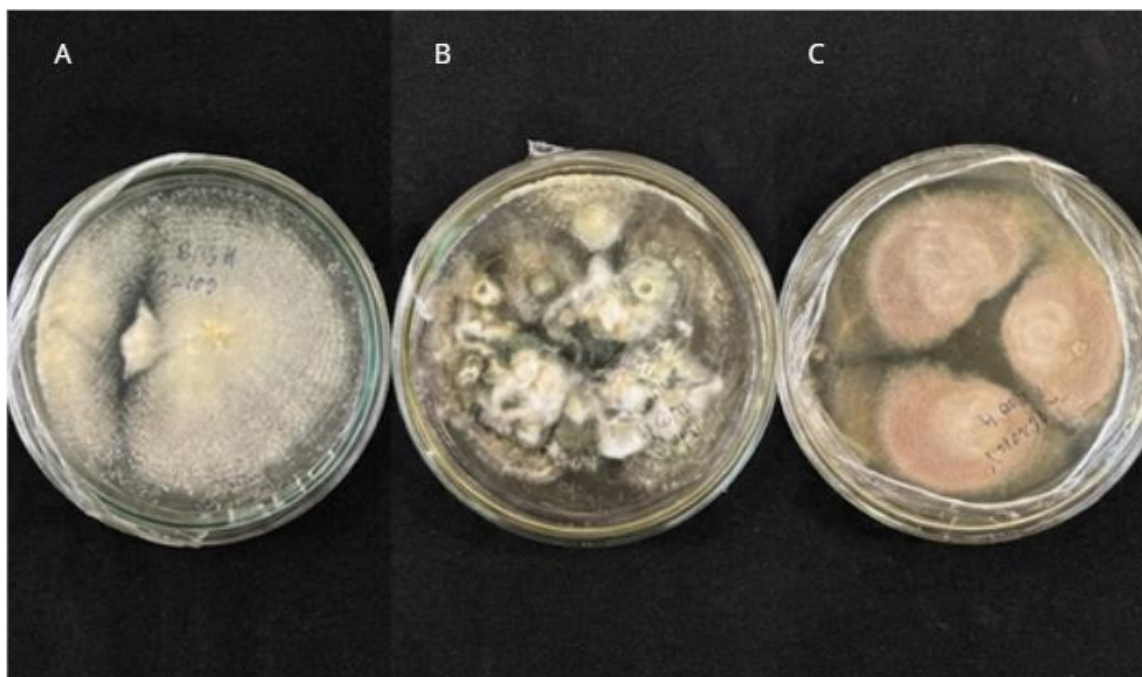


Figura 3 – Crescimento e esporulação de isolados de fungos entomopatogênicos dos gêneros *Beauveria bassiana* (A), *Cordyceps fumosorosea* (B) e *Metarhizium* sp. (C) em meio batata-dextrose-ágar (BDA).

Fonte – Autor (2025).

A partir das amostras pertencentes à coleção do LABEN, realizou-se a repicagem dos isolados selecionados por meio da técnica de repicagem de fragmentos de colônia, utilizando-se alça de inoculação estéril para a retirada de pequenos fragmentos do meio de cultura contendo esporos viáveis, visando à sua multiplicação.

As placas foram acondicionadas em câmara climatizada do tipo B.O.D., sob temperatura de 25 ± 1 °C, por aproximadamente quinze dias, até a completa esporulação, sendo então utilizadas na condução dos experimentos.

A quantificação dos conídios foi realizada utilizando-se a câmara de Neubauer (Figura 4) acoplada a microscópio óptico. Para tal, a suspensão fúngica foi obtida pela lavagem da superfície das colônias com auxílio de uma pisseta contendo água destilada estéril acrescida de Tween 20 a 0,1%, promovendo o desprendimento dos conídios do meio de cultura. A suspensão resultante foi coletada e homogeneizada, sendo posteriormente depositada na canaleta da câmara, previamente coberta com lamínula, até o completo preenchimento.

Posteriormente, efetuou-se a contagem dos campos, calculando-se a média dos valores obtidos. Os resultados foram multiplicados pelo fator de correção correspondente ao volume

analisado, possibilitando a determinação do número de esporos viáveis e, consequentemente, da concentração final do isolado empregado

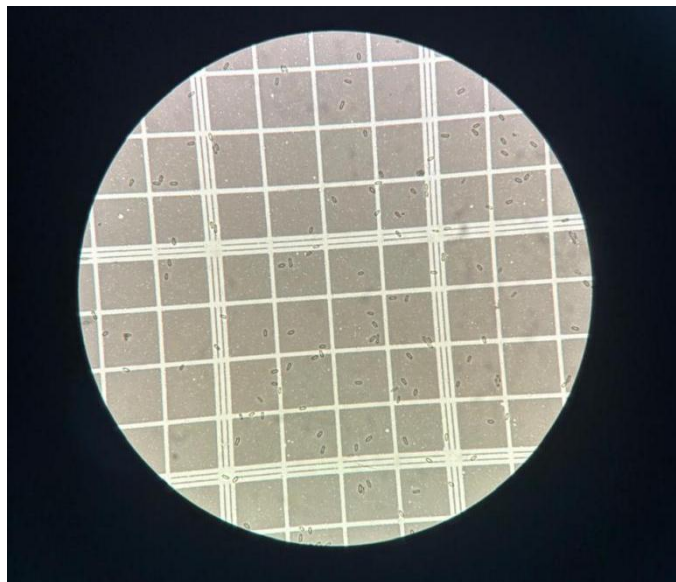


Figura 4 – Câmara de Neubauer utilizada para a quantificação de conídios de fungos entomopatogênicos em microscópio óptico.

Fonte – Autor (2025).

5.3 Adequação da concentração e produção de inóculo

Com os isolados selecionados no teste de virulência, foi realizado um bioensaio para determinar a concentração letal (CL_{50}) e a produção de inóculo. O bioensaio teve como objetivo avaliar a resposta dose-dependente e estimar a CL_{50} quando possível. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), nas mesmas condições utilizadas no bioensaio anterior. O bioensaio anterior consistiu no teste de virulência, no qual foram avaliados diferentes isolados de fungos entomopatogênicos sobre pupas de *Spodoptera frugiperda*, com o objetivo de selecionar os isolados mais promissores para o bioensaio de concentração letal (CL_{50}).

As suspensões de conídios foram preparadas em água destilada esterilizada acrescida de Tween 20 a 0,1%, utilizado como agente dispersante para promover melhor homogeneização e

evitar a aglomeração dos conídios. A partir dessa suspensão inicial foram realizadas diluições seriadas para obtenção das concentrações desejadas.

Os fungos foram testados em quatro concentrações: 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 e 1×10^8 conídios mL^{-1} . Como tratamento controle, utilizou-se água destilada esterilizada acrescida de Tween 20 (0,1%).

Foram utilizadas placas de Petri com 9 cm de diâmetro, forradas com papel filtro, nas quais foram dispostas oito pupas por placa. Cada tratamento foi composto por oito repetições, totalizando oito placas com oito pupas cada (Figura 6).

A aplicação das suspensões fúngicas foi realizada por meio da Torre de Potter (Figura 5), utilizando-se o volume de 2,5 mL por placa, sob pressão de trabalho de 10 psi, resultando em uma taxa de deposição de $1,55 \text{ mg cm}^{-2}$.

Após a aplicação, as placas foram mantidas em câmara climatizada do tipo B.O.D., sob temperatura de $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas.

As avaliações foram realizadas ao longo de dez dias, registrando-se a mortalidade das pupas, possibilitando a determinação da CL_{50} para os isolados selecionados. Após a confirmação da mortalidade, os cadáveres foram transferidos para câmara úmida ou armadilha de White, conforme a característica da sintomatologia apresentada.

Após 10 dias, os valores de mortalidade foram submetidos à análise de Probit, bem como à análise de variância e ao teste de comparação entre médias Scott-Knott ($p < 0,05$).

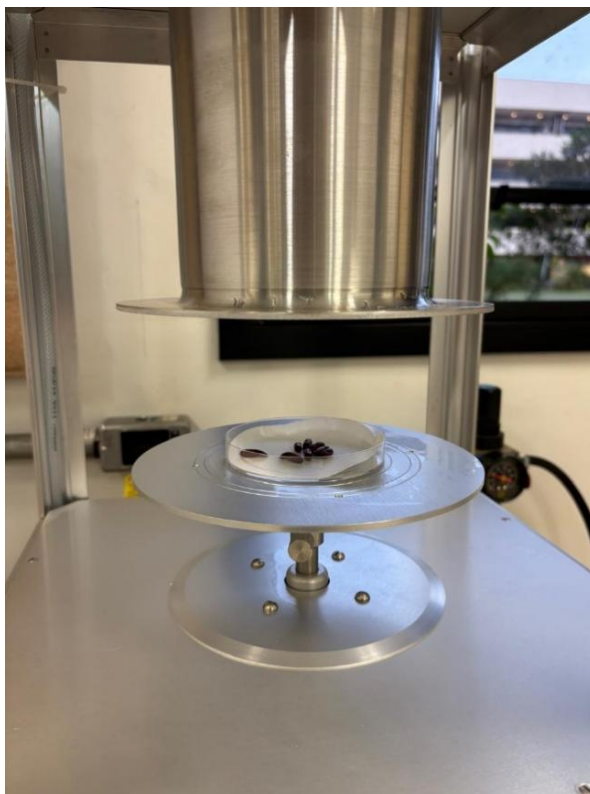


Figura 5 – Aplicação das suspensões fúngicas sobre pupas de *Spodoptera frugiperda* por meio da Torre de Potter.

Fonte – Autor (2025).

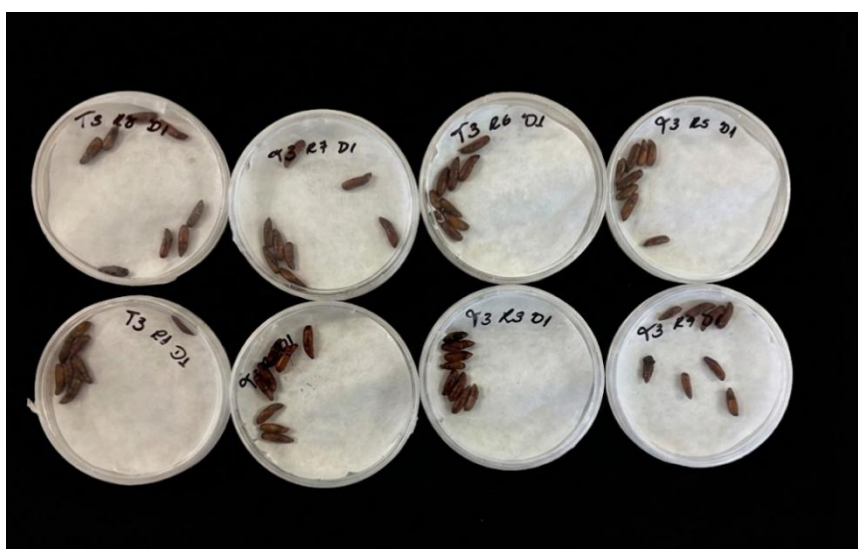


Figura 6 – Pupas de *Spodoptera frugiperda* dispostas em placas de Petri contendo papel filtro após a aplicação das suspensões fúngicas.

Fonte – Autor (2025).

Tabela 1. Concentrações das suspensões fúngicas (conídios mL⁻¹).

Isolados Fúngicos	Concentração de conídios (mL ⁻¹)
<i>Beauveria bassiana</i> BV3	$1,0 \times 10^6$ conídios/mL ⁻¹
<i>Beauveria bassiana</i> BV3	$1,0 \times 10^7$ conídios/mL ⁻¹
<i>Beauveria bassiana</i> BV3	$1,0 \times 10^8$ conídios/mL ⁻¹
<i>Beauveria bassiana</i> BV3	$1,0 \times 10^9$ conídios/mL ⁻¹
<i>Metarhizium</i> sp. V.M01	$1,0 \times 10^5$ conídios/mL ⁻¹
<i>Metarhizium</i> sp. V.M01	$1,0 \times 10^6$ conídios/mL ⁻¹
<i>Metarhizium</i> sp. V.M01	$1,0 \times 10^7$ conídios/mL ⁻¹
<i>Metarhizium</i> sp. V.M01	$1,0 \times 10^8$ conídios/mL ⁻¹
<i>Cordyceps fumosorosea</i> F:24(2016)	$1,0 \times 10^5$ conídios/mL ⁻¹
<i>Cordyceps fumosorosea</i> F:24(2016)	$1,0 \times 10^6$ conídios/mL ⁻¹
<i>Cordyceps fumosorosea</i> F:24(2016)	$1,0 \times 10^7$ conídios/mL ⁻¹
<i>Cordyceps fumosorosea</i> F:24(2016)	$1,0 \times 10^8$ conídios/mL ⁻¹

5.4 Análise estatística

Para cada fungo entomopatogênico, a análise de mortalidade foi conduzida utilizando os Modelos Lineares Generalizados (GLM), assumindo uma distribuição binomial para a variável resposta, e função de ligação probit. A significância do efeito da concentração foi verificada por meio da Análise de *Deviance* (Tipo II), e, se significativo, modelos de regressão foram ajustados às mortalidades estimadas. As análises foram realizadas no programa estatístico R (R CORE TEAM, 2026), ao nível de significância de 5%.

6. Resultados e Discussão

A análise inicial realizada de forma conjunta entre as cepas não apresentou ajuste estatístico satisfatório. Esse resultado está relacionado às diferenças nas concentrações

avaliadas entre os isolados, uma vez que, para *Metarhizium* sp. e *Cordyceps fumosorosea*, não foi possível atingir concentrações mais elevadas devido à limitação na produção e concentração de conídios. Dessa forma, optou-se por conduzir as análises separadamente para cada isolado, a fim de garantir melhor ajuste dos modelos estatísticos e maior precisão na interpretação dos resultados.

Para a cepa de *B. bassiana*, observou-se tendência de aumento da mortalidade à medida que a concentração foi elevada (Figura 7). A mortalidade foi praticamente nula no tratamento controle e atingiu aproximadamente 40% na maior concentração testada, evidenciando comportamento dependente da dose dentro do intervalo experimental avaliado. Apesar desse aumento progressivo, o nível correspondente à CL_{50} não foi alcançado nas concentrações testadas, indicando que seriam necessárias doses superiores para estimativa mais robusta desse parâmetro.

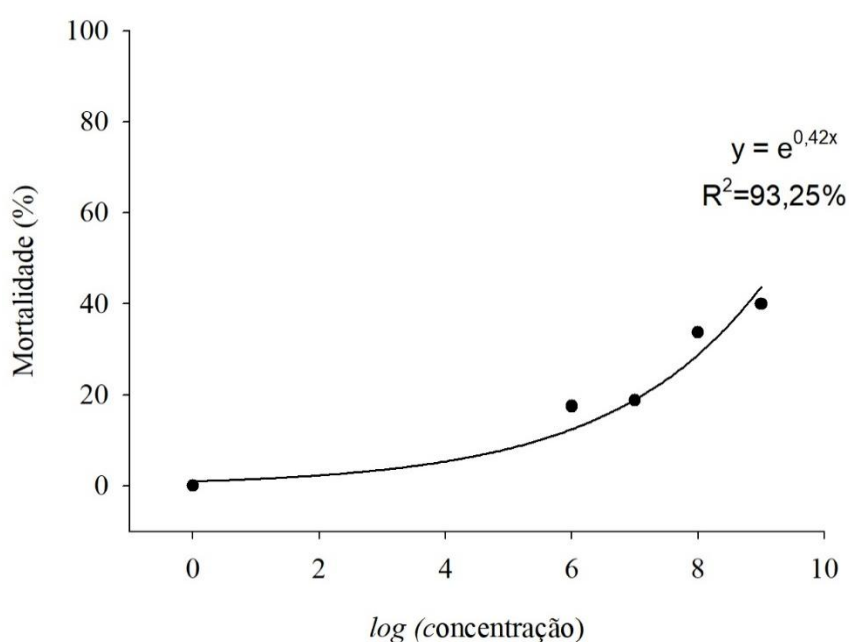


Figura 7- Mortalidade (%) em função do log da concentração para a cepa de *Beauveria bassiana*.

Na cepa de *Metarhizium* sp., verificou-se baixo percentual de mortalidade em todas as concentrações avaliadas (Figura 8), variando aproximadamente entre 10% e 25%. A mortalidade já foi registrada na menor dose testada e não apresentou aumento consistente com a elevação das concentrações, indicando ausência de resposta dose-dependente dentro do

intervalo experimental. Nas condições avaliadas, o aumento da dose não proporcionou incremento no controle.

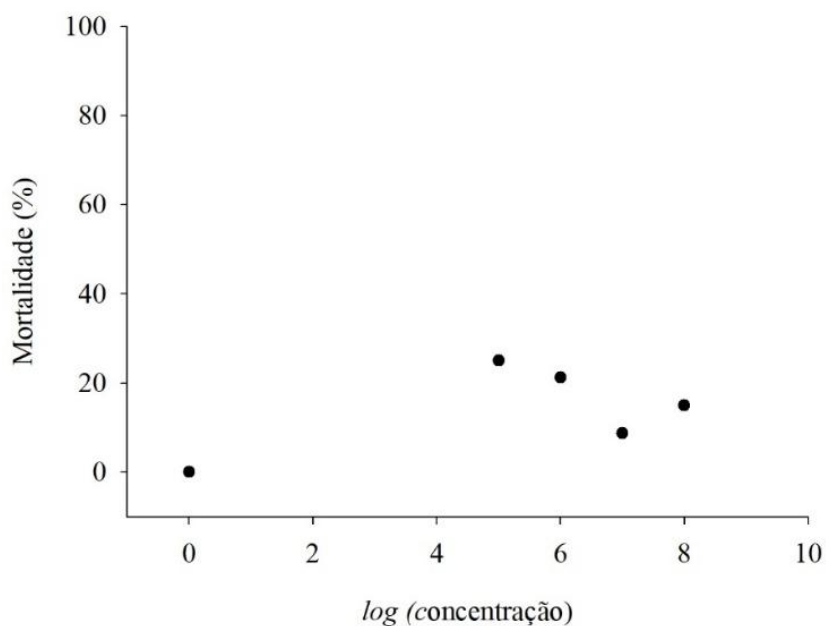


Figura 8 - Mortalidade (%) em função do log da concentração para a cepa de *Metarhizium* sp.

De forma semelhante, a cepa de *C. fumosorosea* apresentou baixos níveis de mortalidade (Figura 9), variando aproximadamente entre 12% e 20%. O aumento das concentrações não resultou em incremento expressivo da mortalidade, sugerindo estabilização da resposta biológica dentro da faixa de doses testadas.

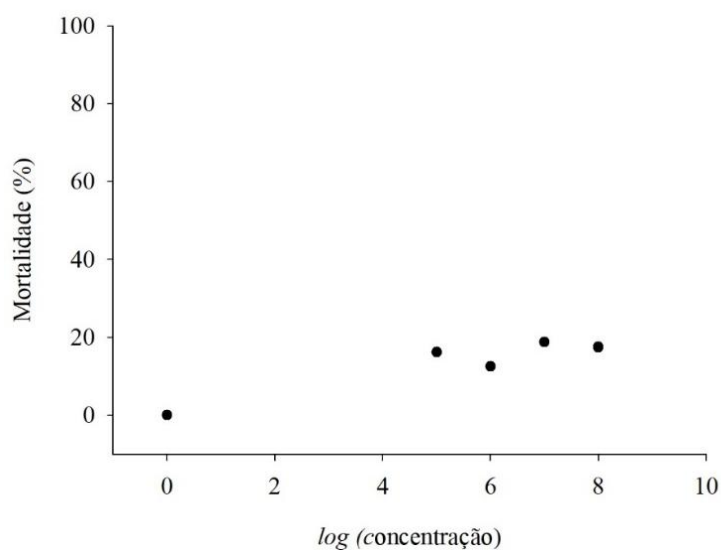


Figura 9 - Mortalidade (%) em função do log da concentração para a cepa de *Cordyceps fumosorosea*.

A infecção por *B. bassiana* na maior concentração foi confirmada visualmente por meio da observação de intenso crescimento micelial sobre as pupas tratadas (Figura 10), evidenciando colonização externa do tegumento após a morte dos insetos. Esse achado reforça que a mortalidade observada está associada à ação do fungo entomopatogênico.



Figura 10 - Colonização de pupas tratadas com a maior concentração de *Beauveria bassiana*, evidenciando crescimento micelial externo.

Fonte – Autor (2025).

A suscetibilidade de *S. frugiperda* aos fungos entomopatogênicos varia de acordo com o estágio de desenvolvimento e com a concentração de conídios aplicada. De maneira geral, observa-se que o estágio pupal apresenta menor sensibilidade à infecção quando comparado às fases larvais, especialmente aos primeiros ínstar (Montecalvo e Navasero, 2021).

No que se refere às pupas, os resultados disponíveis na literatura indicam que o impacto dos fungos tende a ser mais limitado. Foi verificado que tanto *Beauveria bassiana* quanto *M. anisopliae* promoveram baixa mortalidade em pré-pupas e não causaram alterações significativas nas características pupais, como comprimento, largura e peso (Montecalvo e Navasero, 2021). Além disso, não foram observadas diferenças significativas na emergência de adultos provenientes de pupas tratadas, embora tenham sido registradas anormalidades como deformações e redução do tamanho das asas (Montecalvo e Navasero, 2021). Esses achados sugerem que, embora ocorra infecção, o estágio pupal apresenta maior tolerância à ação dos fungos.

A dependência da concentração nesse estágio também foi observada em estudos que avaliaram *M. anisopliae*, nos quais ovos, larvas, pupas e adultos apresentaram mortalidade proporcional ao aumento da dose aplicada (Perumal et al., 2024). Mesmo na maior concentração testada ($1,5 \times 10^9$ conídios mL⁻¹), a mortalidade pupal foi de 76% após nove dias de avaliação (Perumal et al., 2024). Esse resultado evidencia que concentrações mais elevadas são necessárias para alcançar níveis expressivos de controle em pupas, reforçando a menor suscetibilidade desse estágio.

Em contraste, as lagartas demonstram maior sensibilidade à infecção fúngica. A mortalidade larval variou de 23,64% a 97,42% para *B. bassiana* e de 23,13% a 61,33% para *M. anisopliae*, aos 10 dias após o tratamento (Montecalvo e Navasero, 2021). Além disso, os valores de CL50 foram menores para *B. bassiana* quando comparados a *M. anisopliae*, indicando maior virulência do primeiro isolado nas condições avaliadas (Montecalvo e Navasero, 2021). Esses dados evidenciam uma relação clara entre aumento da concentração e aumento da mortalidade nas fases larvais.

Também foi observado que a virulência de *B. bassiana* aumenta com o incremento da concentração de conídios, com redução dos valores de CL50 ao longo do tempo de infecção (Gao et al., 2022). Além disso, a suscetibilidade tende a diminuir conforme o avanço do ínstar larval, indicando que lagartas mais jovens são mais vulneráveis à infecção fúngica (Gao et al.,

2022). Esse comportamento reforça a importância do momento de aplicação dentro das estratégias de manejo.

Resultados semelhantes foram descritos para diferentes isolados de *B. bassiana*, nos quais a aplicação de 1×10^8 conídios/mL promoveu elevadas taxas de mortalidade em ovos e estágios iniciais, com mortalidade cumulativa variando de 71,3% a 93,3% aos 14 dias após o tratamento (Idrees et al., 2022). Da mesma forma, foi confirmada a ocorrência de efeito dependente da dose em lagartas de segundo ínstar, com mortalidade de até 67,8% e valores de CL50 na ordem de 10^7 esporos mL⁻¹ (Ramanujam et al., 2020).

De maneira geral, os dados indicam que a concentração exerce papel determinante na eficácia dos fungos entomopatogênicos. Entretanto, a resposta varia conforme o estágio de desenvolvimento do inseto. Enquanto as pupas exigem concentrações mais elevadas para obtenção de mortalidade significativa (Perumal et al., 2024; Montecalvo e Navasero, 2021), as lagartas especialmente nos primeiros ínstares apresentam maior sensibilidade e resposta dose-dependente mais evidente (Gao et al., 2022; Montecalvo e Navasero, 2021).

Assim, os estudos analisados sugerem que o estágio pupal representa uma fase de menor suscetibilidade à infecção fúngica, o que pode limitar a eficiência do controle quando a aplicação ocorre tardiamente. Em contrapartida, as fases larvais configuram o momento mais estratégico para intervenção, considerando a maior sensibilidade observada e a relação direta entre concentração e mortalidade descrita na literatura.

7. CONCLUSÃO

A análise conjunta das cepas não apresentou ajuste estatístico satisfatório, sendo necessária a condução das análises de forma separada para cada isolado, garantindo maior precisão na interpretação dos resultados. Entre os fungos avaliados, a cepa de *Beauveria bassiana* foi a que apresentou resposta biológica mais consistente, com aumento progressivo da mortalidade à medida que a concentração foi elevada.

A mortalidade foi praticamente nula no controle e atingiu aproximadamente 40% na maior concentração testada, evidenciando comportamento dependente da dose dentro do intervalo experimental avaliado. No entanto, o nível correspondente à CL₅₀ não foi alcançado,

indicando que concentrações superiores seriam necessárias para estimativas mais robustas desse parâmetro.

Para *Metarhizium* sp., os percentuais de mortalidade permaneceram baixos em todas as concentrações avaliadas, variando aproximadamente entre 10% e 25%, sem incremento consistente com o aumento da dose. Esse padrão indica ausência de resposta dose-dependente nas condições testadas, sugerindo limitação do isolado quanto à eficácia sobre pupas dentro da faixa de concentração utilizada.

De forma semelhante, *C. fumosorosea* apresentou baixos níveis de mortalidade, variando entre aproximadamente 12% e 20%, sem aumento expressivo com a elevação das concentrações. A resposta biológica mostrou-se estabilizada, indicando que o aumento da dose, dentro do intervalo experimental, não resultou em incremento no controle.

A confirmação visual da infecção por *B. bassiana*, por meio do intenso crescimento micelial sobre as pupas tratadas na maior concentração, reforça que a mortalidade observada está associada à ação do fungo entomopatogênico, evidenciando colonização do tegumento após a morte dos insetos.

De maneira geral, os resultados demonstram que, entre os isolados avaliados, *B. bassiana* apresentou maior potencial de controle sobre pupas, com comportamento dependente da concentração, ainda que não tenha atingido níveis letais suficientes para estimativa de CL_{50} . Já os isolados de *Metarhizium* sp. e *C. fumosorosea* mostraram baixa eficácia nas condições experimentais adotadas. Esses achados indicam a necessidade de estudos adicionais com concentrações mais elevadas, bem como a avaliação em diferentes fases do inseto, visando ampliar a compreensão do potencial desses agentes no contexto do controle biológico.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. de et al. Efeito do aumento da temperatura sobre o ciclo biológico e de gerações de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). 2014.
- ALTAF, N. et al. Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants affects the fitness of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Microorganisms*, v. 11, n. 1067, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041067>.
- AN, S. et al. Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2020.
- APIRAJKAMOL, N.; HOGARTY, T. M.; MAINALI, B. et al. Virulence of *Beauveria* sp. and *Metarhizium* sp. fungi towards fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). *Archives of Microbiology*, v. 205, p. 328, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03669-8>.
- BARROS, S. K. A. et al. Suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) a infecções causadas por *Metarhizium rileyi*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 50, e61713, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/61713>. Acesso em: 10 set. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/23 – décimo segundo levantamento*. Brasília: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>.
- CRUZ, I. *A lagarta-do-cartucho na cultura do milho*. 1995.
- DE OLIVEIRA, I. R. et al. *Manejo de lagarta-do-cartucho em sistemas de produção integrados com braquiária*. 2023.
- DE PAULA, A. R. et al. Os blastosporos de *Metarhizium anisopliae* são altamente virulentos para adultos de *Aedes aegypti*, um importante vetor de arbovírus. *Parasites & Vectors*, v. 14, 2021. DOI: 10.1186/s13071-021-04643-2.
- EMBRAPA. **Cultivares de milho para a safra 2022/2023**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1150188/1/Documentos-272-Cultivares-de-milho-para-safra-2022-2023.pdf>
- FARIA, M. et al. Evaluation of key parameters for developing a *Metarhizium rileyi*-based biopesticide against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize: laboratory, greenhouse, and field trials. *Pest Management Science*, v. 78, n. 3, p. 1146-1154, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6729>.

GAO, Y. P. et al. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* PfBb and immune responses of a non-target host, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, v. 13, n. 10, p. 914, 2022.

GARRIDO-JURADO, I. et al. Molhar o solo com fungos entomopatogênicos para o controle dos estágios de vida e adultos que vivem no solo da mesma geração de *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bulletin of Entomological Research*, v. 110, p. 242-248, 2020. DOI: 10.1017/S000748531900052X.

GEISLER, F. C. S. et al. The biological activity of an SfMNPV-based biopesticide on a resistant strain of *Spodoptera frugiperda* developing on transgenic corn expressing Cry1A.105 + Cry2Ab2 + Cry1F insecticidal protein. *Agronomy*, v. 14, n. 8, p. 1632, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081632>.

GOBLE, T. A. et al. Investigação de isolados nativos de fungos entomopatogênicos para o controle biológico de três pragas dos cítricos. *Biocontrol Science and Technology*, v. 21, p. 1193-1211, 2011. DOI: 10.1080/09583157.2011.608907.

GÓTTI, I. A. et al. Blastospores from *Metarhizium anisopliae* and *Metarhizium rileyi* are not always as virulent as conidia are towards *Spodoptera frugiperda* caterpillars and use different infection mechanisms. *Microorganisms*, v. 11, n. 6, p. 1594, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms110615994>.

IDREES, A. et al. Bioassays of *Beauveria bassiana* isolates against the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Fungi*, v. 8, n. 7, p. 717, 2022.

JEON, I.; KIM, J. S. Tratamento do solo com *Beauveria* e *Metarhizium* para controlar a lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda*, durante a fase de permanência no solo. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v. 27, 2024. DOI: 10.1016/j.aspen.2023.102193.

KALVNADI, E. et al. Concentrações subletais do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* aumentam os custos de aptidão da prole de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 158, p. 32–42, 2018. DOI: 10.1016/j.jip.2018.08.012.

LIRA, E. C. *Monitoramento e padrão de herança da resistência de Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a spinetoram. 2019. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

MADDALENA, A. et al. Avaliação do efeito de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 9, n. 1, p. 060-064, 2024. DOI: 10.24221/jeap.9.1.2024.6577.060-064.

MALO, M.; HORE, J. The emerging menace of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) in maize: a call for attention and action. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 8, n. 1, p. 455-465, 2020.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Pesquisadores identificam fungos que estimulam crescimento de tomate. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/>. Acesso em: 22 nov. 2024.

MELLI, M. V. B. *Fungos entomopatogênicos no controle dos herbívoros Diabrotica speciosa e Spodoptera frugiperda*. 2022. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. *A Granja*, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MONTECALVO, M. P.; NAVASERO, M. M. Comparative virulence of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Spodoptera frugiperda*. 2021.

MONTEZANO, D. G. et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, v. 26, n. 2, p. 286-300, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.

MOREIRA, M. M. *Manejo de Spodoptera frugiperda e Dalbulus maidis com fungos entomopatogênicos e influência na produtividade de milho*. 2025. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2025.

NASCIMENTO, J. et al. Adoption of *Bacillus thuringiensis*-based biopesticides in agricultural systems and new approaches to improve their use in Brazil. *Biological Control*, v. 165, 104792, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104792>.

PAREDES-SÁNCHEZ, F. A. et al. Avanços em estratégias de controle contra *Spodoptera frugiperda*: uma revisão. *Molecules*, v. 26, p. 5587, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26185587>.

PENG, Y. et al. Genetic diversity and virulence variation of *Metarhizium rileyi* from infected *Spodoptera frugiperda* in corn fields. *Microorganisms*, v. 12, n. 2, p. 264, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020264>.

PERUMAL, V. et al. Study on the virulence of *Metarhizium anisopliae* against *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Basic Microbiology*, v. 64, n. 5, 2024.

PRASAD, A.; VEERWAL, B. Biotoxicidade do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* contra mosquitos anofelinos. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, v. 4, p. 181–188, 2010.

PRASANNA, B. M. et al. *Lagarta do funil do milho em África: um guia para o manejo integrado de pragas*. México: CIMMYT, 2018.

RAMOS, Y. et al. Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* larvae. *Egyptian*

Journal of Biological Pest Control, v. 30, p. 20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026.

RIBEIRO, L. P. et al. *Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo*. Boletim Técnico, 2016.

SILVA, A. O. Uso do fungo *Beauveria bassiana* no controle biológico de pragas. 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br>.

SOUSA, E. S. L. et al. Pathogenicity of bacteria and viruses to *Spodoptera frugiperda*. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 59, e1952, 2024.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Prevalência, danos, manejo e resistência a inseticidas de populações de percevejos. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 22, n. 2, p. 99-118, 2020.

USDA – U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Brazil corn area, yield and production. 2024. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov>.

VALLIN, G. Fungos entomopatogênicos: saiba mais sobre o agente biológico de combate às pragas. 2022.

VIVEKANANDHAN, P. et al. Soil infection with *Metarhizium rileyi* against soil-dwelling insect pests. *Journal of Basic Microbiology*, v. 64, 2024.

WANG, J. J. et al. Transcriptomic analysis of two strains of *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 145, p. 45–54, 2017.

YANG, F.; WANG, Z.; KERNS, D. L. Resistance of *Spodoptera frugiperda* to Cry proteins in Bt corn and cotton. *Journal of Economic Entomology*, v. 115, n. 6, p. 1876-1885, 2022.