



**MAÍSA MELO MOREIRA**

**MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* E *Dalbulus maidis* COM  
FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS E INFLUÊNCIA NA  
PRODUTIVIDADE DE MILHO**

**LAVRAS-MG  
2025**

**MAÍSA MELO MOREIRA**

**MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* E *Dalbulus maidis* COM FUNGOS  
ENTOMOPATOGÊNICOS E INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DE MILHO**

Dissertação de mestrado apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Entomologia, para a obtenção do título de  
Mestre.

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2025**

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração  
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados  
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Melo Moreira, Maísa.

Manejo de *Spodoptera frugiperda* e *Dalbulus maidis* com  
fungos entomopatogênicos e influência na produtividade de  
milho / Maísa Melo Moreira. - 2025.

52 p. : il.

Orientador: Bruno Henrique Sardinha de Souza

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2025. Bibliografia.

1. MIP. 2. Controle biológico. 3. *Zea mays*. 4. Metodologia de  
aplicação. I. Sardinha de Souza, Bruno Henrique . II.  
Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**MAÍSA MELO MOREIRA**

**MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* E *Dalbulus maidis* COM FUNGOS  
ENTOMOPATOGÊNICOS E INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DE MILHO**

**MANAGEMENT OF *Spodoptera frugiperda* AND *Dalbulus maidis* WITH  
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI AND INFLUENCE ON CORN PRODUCTIVITY**

Dissertação de mestrado apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Entomologia, para a obtenção  
do título de Mestre.

APROVADO em 21 de fevereiro de 2025.

Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza – UFLA

Dra. Amanda Maria Nascimento – Externo, Agroteste

Dr. Diego Felisbino Fraga – Externo, FAZU

**Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza**

Orientador

**LAVRAS-MG  
2025**

*Aos meus amados pais Marcilene e José, meus  
queridos irmãos Matheus, Marina e Pedro,  
minha sobrinha Isadora, meu muito obrigado por  
serem fonte de amor, confiança e suporte para que  
eu pudesse chegar até aqui.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a Deus, por nunca me desamparar, por me dar forças quando pensei em desistir, sabedoria para enfrentar os desafios e resiliência para seguir em frente nesses dois anos de mestrado. Aos meus mentores espirituais e ao meu anjo da guarda, por sempre me protegerem e colocarem pessoas especiais no meu caminho.

Aos meus amados pais, Marcilene e José, minha base inabalável, que sempre me apoiaram em cada escolha, acreditaram em mim e fizeram o impossível para que meus sonhos se tornassem realidade. Pelo amor incondicional, pelos ensinamentos que carrego comigo e por me incentivarem a nunca parar de estudar, minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos, Matheus, Marina e Pedro, que foram refúgio nos momentos difíceis, trazendo leveza, amor e sorrisos quando mais precisei. Obrigada por serem meu porto seguro e sempre terem uma palavra de conforto.

À minha querida sobrinha Isadora, que me inspira a lutar todos os dias. Sua existência é uma bênção e um lembrete constante de alegria e amor em nossas vidas.

À minha tia, madrinha e amiga, Rosângela, que sempre esteve pronta para me aconselhar e me estender a mão, demonstrando seu carinho de forma incondicional. À minha prima e amiga Daniely, por sua amizade sincera, por me apoiar em todos os momentos e me lembrar do quanto a vida é bonita.

Aos meus amigos de Carmo da Mata, Nathália e Ítalo, que, mesmo à distância, estiveram presentes com palavras de apoio, conversas diárias e alegrias compartilhadas. Um agradecimento especial à minha querida amiga Roberta, que, ao dividir a casa comigo, tornou-se uma irmã. Sua amizade iluminou meus dias, e sua alegria foi um presente nesses anos.

Aos meus amigos de Lavras, Carlos, Yenni, Mariana, Thiago e Mateus, que fizeram da minha trajetória acadêmica uma jornada mais leve e feliz. Obrigada por cada risada, por cada ajuda nos momentos difíceis e por serem parte dessa história que levarei para a vida toda.

Ao professor Dr. Bruno Henrique, por me acolher como orientada, abrir as portas do Laboratório de Resistência de Plantas à Insetos e MIP e, com paciência e dedicação, ser um

suporte essencial nesta caminhada. Seu conhecimento e orientação foram fundamentais para a realização desta pesquisa.

Às minhas amigas de laboratório, Ana Paula, Erika, Esther, Lilian e Thamiris que me receberam de braços abertos, dividiram comigo o peso da pesquisa e transformaram cada dia de campo, laboratório e descontração em momentos inesquecíveis.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Entomologia, pelo aprendizado e pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Aos professores, por todo conhecimento compartilhado e pelo incentivo à ciência.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

À empresa Vittia, pela parceria, confiança e suporte técnico, permitindo que esta pesquisa se concretizasse.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada, seja com um gesto, uma palavra ou um incentivo. Cada contribuição foi essencial, e a vocês, meu mais sincero obrigado!

## RESUMO

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* e a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* são pragas-chave na cultura do milho, devido ao seu alto potencial de biótico e dificuldade de controle. Como alternativa aos inseticidas químicos, o uso de fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* tem ganhado destaque por seu potencial em estratégias sustentáveis de manejo, embora ainda haja poucos estudos de campo que comprovem sua eficácia frente a essas pragas. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos desses fungos sobre *S. frugiperda* e *D. maidis* na cultura do milho, tanto em condições de campo como em laboratório, utilizando bioensaios com dieta artificial. Os experimentos de campo foram conduzidos em duas safras na cidade de Lavras, MG, sob infestação natural das pragas. Os tratamentos avaliados incluíram: (T1) testemunha; (T2) *B. bassiana*; (T3) *M. anisopliae*; (T4) combinação de *B. bassiana* + *M. anisopliae*; (T5) jasmonato de metila (MeJA); e (T6) acetamiprido + bifentrina (inseticida químico). As pulverizações foram feitas nos estágios V4, V6 e V8 das plantas, com avaliações feitas após 7 dias de cada aplicação. Foram medidos: grau de injúrias causadas por *S. frugiperda*, número de cigarrinhas em folhas jovens, teor de clorofila, altura das plantas, sintomas de doenças transmitidas por *D. maidis* e parâmetros de produtividade (peso de espigas, grãos e de 100 grãos). No laboratório, bioensaios com lagartas de *S. frugiperda* foram realizados usando duas metodologias de aplicação dos fungos: dieta artificial solidificada e dieta em pedaços. Foram aplicados 40 µL das soluções e avaliados a mortalidade e o ganho de peso das lagartas após 10 dias. Na 1ª safra, os resultados mostraram diferenças significativas entre os tratamentos e estágios fenológicos. As menores injúrias por *S. frugiperda* foram observadas com *B. bassiana* e com o inseticida químico, sem diferença entre eles. Já a mistura de *B. bassiana* + *M. anisopliae* resultou nas maiores injúrias. O estágio V6 apresentou maiores danos do que V4 e V8. As infestações de *D. maidis* foram mais intensas nos estágios V4 e V6. Na 2ª safra, não houve diferenças significativas entre os tratamentos quanto às injúrias, apenas entre os estágios fenológicos. As menores injúrias ocorreram no estágio V8, enquanto as menores infestações de *D. maidis* foram observadas em V6 e V8. Para os parâmetros de produtividade, teor de clorofila, altura das plantas e sintomas de doenças, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em ambas as safras. No bioensaio com dieta solidificada, *M. anisopliae* e o inseticida químico mostraram as maiores taxas de mortalidade das lagartas, enquanto a testemunha e a combinação de fungos apresentaram os menores índices. Na dieta em pedaços, acetamiprido + bifentrina causou a maior mortalidade, enquanto os demais tratamentos não diferiram da testemunha. Concluiu-se que, o fungo *B. bassiana* foi tão eficiente quanto o inseticida químico na redução de injúrias de *S. frugiperda* em milho na 1ª safra. O bioensaio utilizado dieta solidificada foi mais adequada para a avaliação da aplicação de fungos em *S. frugiperda*.

**Palavras-chave:** MIP; controle biológico; *Zea mays*; metodologia de aplicação.

## ABSTRACT

The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and the corn leafhopper *Dalbulus maidis* are key pests in corn crops due to their high biotic potential and difficulty in control. As an alternative to chemical insecticides, the use of entomopathogenic fungi such as *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* has gained prominence due to their potential in sustainable management strategies, although there are still few field studies that prove their effectiveness against these pests. This study aimed to evaluate the effects of these fungi on *S. frugiperda* and *D. maidis* in corn crops, both under field and laboratory conditions, using bioassays with an artificial diet. The field experiments were conducted in two harvests in the city of Lavras, MG, under natural infestation of the pests. The treatments evaluated included: (T1) control; (T2) *B. bassiana*; (T3) *M. anisopliae*; (T4) combination of *B. bassiana* + *M. anisopliae*; (T5) methyl jasmonate (MeJA); and (T6) acetamiprid + bifenthrin (chemical insecticide). Spraying was done at the V4, V6, and V8 stages of the plants, with evaluations made 7 days after each application. The following were measured: degree of injury caused by *S. frugiperda*, number of leafhoppers on young leaves, chlorophyll content, plant height, symptoms of diseases transmitted by *D. maidis*, and productivity parameters (weight of ears, grains, and 100 grains). In the laboratory, bioassays with *S. frugiperda* caterpillars were performed using two fungi application methodologies: solid artificial diet and diet in pieces. 40 µL of the solutions were applied, and mortality and weight gain of the caterpillars were evaluated after 10 days. In the 1st harvest, the results showed significant differences between treatments and phenological stages. The lowest injuries by *S. frugiperda* were observed with *B. bassiana* and with the chemical insecticide, with no difference between them. On the other hand, the mixture of *B. bassiana* + *M. anisopliae* resulted in the highest injuries. Stage V6 showed greater damage than V4 and V8. *D. maidis* infestations were more intense at stages V4 and V6. In the 2nd harvest, there were no significant differences between treatments regarding injuries, only between the phenological stages. The lowest injuries occurred at stage V8, while the lowest infestations of *D. maidis* were observed at V6 and V8. For the parameters of productivity, chlorophyll content, plant height and disease symptoms, no significant differences were observed between treatments in both harvests. In the bioassay with solidified diet, *M. anisopliae* and the chemical insecticide showed the highest mortality rates of caterpillars, while the control and the combination of fungi showed the lowest rates. In the diet in pieces, acetamiprid + bifenthrin caused the highest mortality, while the other treatments did not differ from the control. It was concluded that the fungus *B. bassiana* was as efficient as the chemical insecticide in reducing *S. frugiperda* injuries in corn in the 1st harvest. The bioassay used solidified diet was more suitable for the evaluation of the application of fungi in *S. frugiperda*.

**Keywords:** IPM; biological control; *Zea mays*; application methodology.

## INDICADORES DE IMPACTO

A pesquisa sobre manejo *Spodoptera frugiperda* e *Dalbulus maidis* com fungos entomopatogênicos e influência na produtividade de milho, apresenta impactos significativos nos âmbitos tecnológico, econômico, social e ambiental. O estudo objetivou avaliar os efeitos da aplicação dos fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* na cultura do milho, bem como os efeitos dos fungos em bioensaios com duas metodologias utilizando dieta artificial, visando o desenvolvimento de estratégias sustentáveis para o manejo de pragas. Os resultados demonstraram que *B. bassiana* foi eficiente na redução de injúrias de *S. frugiperda* em plantas de milho na 1ª safra, enquanto a dieta solidificada no bioensaio foi mais adequada para a avaliação da aplicação de fungos em *S. frugiperda*. Do ponto de vista tecnológico, essas descobertas possibilitam o desenvolvimento de novas estratégias para a proteção de lavouras, em consonância com os princípios da agricultura sustentável e regenerativa. No aspecto econômico, embora não tenha sido observado um aumento expressivo na produtividade do milho, o estudo oferece informações relevantes sobre formas de controle de pragas que podem se mostrar mais eficazes e com melhor custo-benefício, contribuindo para a possível diminuição do uso de inseticidas químicos pelos produtores. Sob a perspectiva social, a adoção dessas tecnologias tende a favorecer a saúde dos trabalhadores rurais e dos consumidores, ao reduzir o contato com substâncias químicas nocivas. O impacto da pesquisa é especialmente significativo nas áreas produtoras de milho do Brasil, podendo beneficiar milhares de agricultores e comunidades do meio rural. Em termos ambientais, a menor utilização de defensivos químicos ajuda na conservação da biodiversidade e na manutenção dos agroecossistemas sustentáveis. A pesquisa também está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, com destaque para o ODS 2 (Fome zero e agricultura sustentável) e o ODS 12 (Consumo e produção responsáveis). No campo cultural, o incentivo ao manejo integrado de pragas com ênfase em soluções biológicas pode estimular uma transformação gradual no setor agrícola, promovendo práticas mais sustentáveis. Em síntese, este estudo representa um avanço importante no conhecimento sobre o uso de estratégias microbiológicas no controle de pragas do milho, oferecendo alternativas promissoras, sustentáveis e eficazes, com potencial para gerar impactos positivos na agricultura, na saúde coletiva e no meio ambiente em nível nacional.

## IMPACT INDICATORS

The research on the management of *Spodoptera frugiperda* and *Dalbulus maidis* using entomopathogenic fungi and its influence on maize productivity presents significant impacts in the technological, economic, social, and environmental spheres. The study aimed to evaluate the effects of applying the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on maize crops, as well as their effects in bioassays using two methodologies with artificial diets, in order to develop sustainable strategies for pest management. The results showed that *B. bassiana* was effective in reducing injuries caused by *S. frugiperda* in maize plants during the first crop season, while the solidified diet in the bioassay proved more suitable for evaluating fungal application on *S. frugiperda*. From a technological standpoint, these findings enable the development of new crop protection strategies aligned with the principles of sustainable and regenerative agriculture. Economically, although there was no significant increase in maize productivity, the study provides relevant insights into pest control methods that may prove to be more effective and cost-efficient, potentially reducing the use of chemical insecticides by farmers. From a social perspective, the adoption of these technologies tends to improve the health of rural workers and consumers by lowering exposure to harmful chemical substances. The impact of the research is particularly significant in maize-producing regions of Brazil, with the potential to benefit thousands of farmers and rural communities. Environmentally, the reduced use of chemical inputs contributes to the preservation of biodiversity and the sustainability of agroecosystems. The research also aligns with the United Nations Sustainable Development Goals, particularly SDG 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture) and SDG 12 (Responsible Consumption and Production). Culturally, the promotion of integrated pest management with a focus on biological solutions can encourage a gradual shift in the agricultural sector toward more sustainable practices. In summary, this study represents a significant advancement in the understanding of microbiological strategies for pest control in maize, offering promising, sustainable, and efficient alternatives with the potential to positively impact agricultural production, public health, and the environment on a national scale.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Local onde foram realizados os plantios dos experimentos.	25
<b>Figura 2</b> - Porcentagem de plantas com sintomas de virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra	31
<b>Figura 3</b> - Médias de produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) de grãos em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra	33
<b>Figura 4</b> - Porcentagem de plantas com sintomas de virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra	36
<b>Figura 5</b> - Médias de produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) de grãos em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Tratamentos aplicados no experimento de campo	26
<b>Tabela 2 -</b> Médias ( $\pm$ EP) de notas de injúrias causadas por <i>S. frugiperda</i> em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 1ª safra	29
<b>Tabela 3.</b> Médias ( $\pm$ EP) das notas de injúria de <i>S. frugiperda</i> em função do tempo em plantas de milho na 1ª safra.	30
<b>Tabela 4.</b> Médias ( $\pm$ EP) do número de <i>D. maidis</i> em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 1ª safra.	30
<b>Tabela 5.</b> Médias ( $\pm$ EP) do número de <i>D. maidis</i> em função do tempo em plantas de milho na 1ª safra.	31
<b>Tabela 6.</b> Médias ( $\pm$ EP) do teor relativo de clorofila e altura das plantas de milho tratadas na 1ª safra.	32
<b>Tabela 7.</b> Médias ( $\pm$ EP) de peso das espigas, peso de grãos e peso de 100 grãos em plantas de milho em campo na 1ª safra.	32
<b>Tabela 8.</b> Médias ( $\pm$ EP) das notas de injúrias causadas por <i>S. frugiperda</i> em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 2ª safra.	33
<b>Tabela 9.</b> Médias ( $\pm$ EP) das notas de injúria de <i>S. frugiperda</i> em função do tempo em plantas de milho na 2ª safra.	34
<b>Tabela 10.</b> Médias ( $\pm$ EP) do número de <i>D. maidis</i> em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 2ª safra.	35
<b>Tabela 11.</b> Médias ( $\pm$ EP) do número de <i>D. maidis</i> em função do tempo em plantas de milho na 2ª safra.	35
<b>Tabela 12.</b> Médias ( $\pm$ EP) do teor relativo de clorofila e altura das plantas de milho tratadas na 2ª safra.	36
<b>Tabela 13.</b> Médias ( $\pm$ EP) de peso das espigas, peso de grãos e peso de 100 grãos em plantas de milho em campo na 2ª safra.	37
<b>Tabela 14.</b> Médias ( $\pm$ EP) de mortalidade e peso de lagartas de <i>S. frugiperda</i> tratadas em laboratório utilizando a metodologia com dieta em pedaço.	39
<b>Tabela 15.</b> Médias ( $\pm$ EP) de mortalidade e peso de lagartas de <i>S. frugiperda</i> tratadas em laboratório utilizando a metodologia com dieta solidificada.	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
<b>2.3 HIPÓTESES</b> .....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
3.1 A cultura do milho ( <i>Zea mays</i> L.).....	18
3.2 Lagarta-do-cartucho, <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	19
3.3 Cigarrinha-do-milho, <i>Dalbulus maidis</i> .....	20
3.4 Fungos entomopatogênicos: <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	22
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
4.1 Local e condições experimentais.....	24
4.2 Tratamentos .....	26
4.3 Avaliação da infestação natural de <i>S. frugiperda</i> e <i>D. maidis</i> na 1ª safra e 2ª safra em plantas de milho tratadas em campo.....	27
4.4 Avaliação da altura das plantas de milho e teor relativo de clorofila em plantas de milho tratadas em campo.....	27
4.5 Avaliação da produtividade de grãos em plantas de milho tratadas em campo	27
4.6 Avaliação da aplicação de fungos entomopatogênicos em duas metodologias com dieta artificial no controle de <i>S. frugiperda</i> em laboratório.....	28
4.7 Análise estatística .....	28
<b>5 RESULTADOS</b> .....	29
5.1 Avaliação das injúrias de <i>S. frugiperda</i> em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra. ....	29

<b>5.2</b>	<b>Avaliação da infestação de <i>D. maidis</i> em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.</b>	<b>30</b>
<b>5.3</b>	<b>Avaliação da virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.</b>	<b>31</b>
<b>5.4</b>	<b>Avaliação da altura e teor de clorofila em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.</b>	<b>31</b>
<b>5.5</b>	<b>Avaliação da produtividade em plantas de milho tratadas em campo na safra</b>	<b>32</b>
<b>5.7</b>	<b>Avaliação da infestação de <i>D. maidis</i> em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra</b>	<b>34</b>
<b>5.8</b>	<b>Avaliação da virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra</b>	<b>35</b>
<b>5.9</b>	<b>Avaliação da altura e teor de clorofila em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra.</b>	<b>36</b>
<b>5.10</b>	<b>Avaliação da produtividade em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra</b>	<b>37</b>
<b>5.11</b>	<b>Avaliação da aplicação de fungos entomopatogênicos em duas metodologias com dieta artificial no controle de <i>S. frugiperda</i> em laboratório.</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se tornou o maior exportador de milho do mundo na safra 2022/2023, ultrapassando os Estados Unidos (USDA, 2023), respondendo por 32% das exportações mundiais desse grão. Além disso, o país é o terceiro maior produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e China, com produção estimada de 322,53 milhões de toneladas na safra 2024/2025. (USDA, 2025). Apesar dos números expressivos da produção brasileira de milho, muito se perde devido ao ataque de insetos-praga. Entre as principais pragas da cultura do milho destacam-se a lagarta-do-cartucho e a cigarrinha-do-milho, as quais podem afetar parcial ou completamente o potencial produtivo das plantas.

A lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), é a principal praga em lavouras de milho no país, ocorrendo em todas as regiões produtoras. *S. frugiperda* é uma praga polífaga que se multiplica rapidamente devido à alta adaptabilidade aos sistemas agrícolas e capacidade reprodutiva. Os danos causados pela praga são severos e podem atingir até 40% da produção da lavoura, de modo que o ataque das lagartas pode não apenas ocorrer no estágio vegetativo das plantas como desfolha, mas também no estágio reprodutivo, alimentando-se tanto das folhas quanto dos grãos das espigas (CONTINI et al., 2019; DU et al., 2022).

A cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) é considerada atualmente praga-chave na cultura do milho no Brasil. O milho é a única planta hospedeira para a cigarrinha-do-milho, onde o inseto encontra abrigo, alimento e se reproduz, completando o seu ciclo biológico. No entanto, nos períodos de entressafra, a cigarrinha-do-milho pode recorrer a outras gramíneas para se alimentar ou se abrigar, como sorgo, braquiárias, aveia e trigo. Isso ocorre especialmente quando esses hospedeiros são cultivados próximos ao milho (ÁVILA et al., 2022).

A cigarrinha-do-milho pode ocasionar prejuízos diretos quando as ninfas e adultos se alimentam da seiva no floema das plantas, embora esse tipo de prejuízo seja mínimo e localizado em comparação àqueles provocados pela propagação de patógenos (ÁVILA et al., 2021). A cigarrinha-do-milho é vetora de três patógenos causadores de doenças sistêmicas no milho: enfezamento-pálido, enfezamento-vermelho e virose-da-risca. Portanto, é de extrema importância realizar o manejo adequado de *D. maidis* durante o início das infestações no estágio vegetativo, que consequentemente resultará em menor transmissão dos mollicutes e vírus causadores dos enfezamentos e da virose-da-risca e menores perdas pelas doenças que se manifestam geralmente no estágio reprodutivo (COSTA et al., 2019; SILVA et al., 2021).

As infestações dessas pragas podem ocorrer com frequência devido muitas vezes à evolução da resistência das populações dos insetos às tecnologias transgênicas, no caso da lagarta-do-cartucho, e inseticidas que são amplamente utilizados para o controle de ambas as pragas na cultura. Além disso, o cultivo do milho 2ª safra permite que haja uma “ponte verde”, isto é, a presença de plantas hospedeiras das pragas durante todo o ano. Dessa forma, as infestações de pragas primárias em sistemas de produção se tornam cada vez mais preocupantes no país, onde é possível se fazer até três safras consecutivas na mesma área (CONTINI et al., 2019).

Para o controle de *S. frugiperda* nos sistemas de produção são utilizados principalmente inseticidas químicos e híbridos transgênicos Bt de milho. O controle de *D. maidis* majoritariamente também é realizado por inseticidas (OLIVEIRA et al., 2007). No entanto, a utilização frequente desses produtos proporciona a seleção de populações resistentes a diversos grupos químicos e mecanismos de ação (BARCELOS et al., 2018).

Produtos microbiológicos à base de fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* já têm sido utilizados com sucesso para o controle de algumas espécies de pragas. Esses fungos apresentam potencial para serem empregados em estratégias de manejo de *S. frugiperda* e *D. maidis* na cultura do milho. Embora existam alguns resultados com o uso de fungos entomopatogênicos para o controle dessas pragas, poucos trabalhos científicos foram realizados em campo que tenham avaliado a eficiência do controle com *B. bassiana* e *M. anisopliae*, merecendo maior investigação.

Segundo Behie et al. (2012), fungos entomopatogênicos ocorrem naturalmente no solo e infectam insetos ali presentes. Depois que o exoesqueleto do inseto hospedeiro é rompido pelos conídios após sua germinação, formam-se corpos de hifas que obtêm nutrientes do corpo do inseto, incluindo nitrogênio. Ao final do ciclo de infecção, o micélio se forma e pode sair do cadáver e produzir conídios ou colonizar as raízes das plantas e transferir nitrogênio em troca de carbono. Alguns fungos entomopatogênicos como os do gênero *Metarhizium* têm sido usados como agentes de controle microbiano de artrópodes pragas, incluindo espécies de Noctuidae (AHMAD et al., 2020; LACEY et al., 2015). Embora tenha sido historicamente estudado como patógeno de insetos, muitas espécies de *Metarhizium* também são capazes de colonizar plantas como endófitos, podendo promover maior crescimento e resistência a estresses (VEGA, 2018).

Estudos mostram a capacidade de *B. bassiana* de colonizar plantas de milho, essas plantas passam a produzir mais metabólitos vegetais secundários que desempenham um papel importante na defesa contra herbívoros e patógenos (TEFERA; PRINGLE et al., 2004;

MCKINNON et al., 2017). Esta espécie de fungo é aquela com um dos maiores números de registros como bioinseticida para controle de pragas no Brasil, incluindo a cigarrinha-do-milho *D. maidis*. Uma das vantagens que esse fungo apresenta é a sua capacidade de infectar insetos sugadores, já que eles não precisam ser ingeridos para controlar os insetos, infectando-os principalmente através da cutícula (ROBERTS; HAJEK, 1992).

Atualmente há uma demanda por parte da sociedade pelo consumo de produtos agrícolas que sejam produzidos de forma mais sustentável e com quantidade mínima de resíduos químicos, com grandes incentivos para o uso de bioinsumos, como é o caso dos inseticidas microbiológicos. O uso de produtos à base de fungos entomopatogênicos já tem sido uma realidade para alguns insetos-praga, com potencial para ser empregado em estratégias de manejo integrado de importantes pragas polífagas de sistemas de produção. Portanto, a avaliação de produtos formulados à base dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* quanto à eficiência na redução populacional de *S. frugiperda* e *D. maidis* em condições de campo e sua contribuição na diminuição de perdas na produtividade de grãos de milho merece ser investigado para viabilizar seu uso em sistemas de manejo integrado de pragas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar os efeitos de formulações à base dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* sobre *S. frugiperda* e *D. maidis* e na produtividade de milho em campo, e os efeitos sobre *S. frugiperda* em laboratório utilizando duas metodologias de aplicação em dieta artificial.

### **2.2 Objetivos específicos**

O1: Avaliar os efeitos dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* em comparação com o fitormônio jasmonato de metila e inseticida químico nas infestações naturais de *S. frugiperda* e *D. maidis* e produtividade do milho em condições de campo;

O2: Avaliar os efeitos dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* no desempenho biológico de *S. frugiperda* utilizando duas metodologias de aplicação em dieta artificial em laboratório.

## 2.3 HIPÓTESES

H1: A aplicação dos produtos à base dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* proporcionam moderada redução das injúrias de *S. frugiperda* e alta redução das populações de *D. maidis*, contribuindo para menores perdas de produtividade de grãos de milho;

H2: A aplicação dos produtos à base de fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* causam efeitos negativos no desempenho biológico de *S. frugiperda* em duas metodologias de aplicação em dieta artificial em laboratório.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 A cultura do milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual e herbácea pertencente à família Poaceae, sendo uma das mais importantes dentro da divisão Angiospermae e da classe Monocotyledoneae. Originário da América Central, particularmente das regiões de planícies no sudoeste do México, seus primeiros registros datam de aproximadamente 7.300 anos. O ancestral selvagem do milho é identificado como a espécie *Balsas teosinte* (BALDO, 2007; PATERNIANI et al., 2000).

O milho apresenta como características principais ser uma planta de hábito ereto, com baixo índice de perfilhamento, monoica-monoclina e classificada no grupo das plantas fotossinteticamente eficientes do tipo C4. Além disso, destaca-se por sua ampla capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (LIBERA et al., 2022). O ciclo da cultura tem duração média de 120 a 150 dias. No entanto, essa duração pode variar dependendo de fatores como o genótipo da planta, a região de cultivo e a época do plantio (BLOG VERDE, 2024)

De acordo com Conab (2024), na safra 2024/2025 é estimada uma colheita total de 119,74 milhões de toneladas, com uma área de 21 milhões de hectares. Na primeira safra, tanto a produção como a área cultivada, as expectativas são de redução de 1,1% e 5,4% respectivamente, passando para 3,76 milhões de hectares semeados, com a produção estimada em 22,72 milhões de toneladas. Na segunda safra do milho, as projeções também podem ser impactadas por diversos fatores, como condições climáticas e custos de produção. Geralmente, a 2ª safra tem um peso significativo na produção total de milho no Brasil, podendo compensar eventuais quedas da primeira safra. Se houver uma redução na produção e na área cultivada na primeira safra, a expectativa para a 2ª safra se torna ainda mais relevante para equilibrar a oferta do grão no mercado.

A relevância econômica do milho está diretamente associada à sua ampla gama de usos, abrangendo desde a alimentação animal até aplicações na indústria de alta tecnologia. Globalmente, a utilização do milho em grãos para a nutrição animal representa aproximadamente 70% do consumo total desse cereal. Nos Estados Unidos, cerca de 50% da produção é destinada a esse propósito, enquanto no Brasil essa proporção varia entre 60 e 80%, dependendo da fonte dos dados e das variações anuais (EMBRAPA 2021).

A presença contínua da cultura do milho no campo ao longo do ano, em função das duas safras, favorece uma elevada incidência de pragas e doenças que podem ocorrer em todos os estádios fenológicos, comprometendo a produtividade final. Entre as principais pragas da cultura, destacam-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* e a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis*.

### **3.2 Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda***

Popularmente conhecida como lagarta-do-cartucho, lagarta-dos-milharais ou lagarta-militar, *S. frugiperda* é uma praga de importância global, causadora de danos significativos a culturas agrícolas de grande importância. Esse fato se atribui devido a sua facilidade de adaptação e disseminação em diferentes ambientes, fazendo com que sua história seja marcada por uma rápida expansão geográfica em regiões completamente distintas, tornando-a um desafio constante para agricultores e pesquisadores.

A origem tropical da espécie foi sugerida por Luginbill (1928) em seu primeiro relato na América do Norte, indicando um possível caráter invasivo da praga em regiões temperadas. Os primeiros estudos detalhados sobre a distribuição da *S. frugiperda* no Brasil foram realizados por Carvalho (1970), que destacou o milho como seu principal hospedeiro. A distribuição geográfica da praga no Brasil abrange uma vasta área, desde o Nordeste até o Sul do país. As primeiras ocorrências foram relatadas em Pernambuco e Minas Gerais (LEIDERMAN; SAUER, 1953). Atualmente, sua presença é registrada em todo o território nacional, o que se deve à sua dieta diversificada e à adaptação a diferentes condições climáticas (CRUZ, 1995).

Estudos como o de Barros e Torres (1968) aprofundaram o conhecimento sobre sua biologia. Esse inseto apresenta um ciclo de vida completo, passando por quatro estágios: ovo, larva, pupa e adulto (HARDKE; LORENZ; LEONARD, 2015). A duração do ciclo varia de 22 a 63 dias, sendo influenciada por fatores como temperatura e umidade (PITRE; HOGG, 1983).

Conforme Cruz (1995), a coloração dos ovos de *S. frugiperda* é um indicador de seu desenvolvimento. Logo após a oviposição, são verde-claros, mudando para alaranjado após cerca de 12-15 horas e escurecendo antes da eclosão devido à visualização da cápsula cefálica

negra da larva. As fêmeas depositam os ovos em massas, recobrando-os com escamas abdominais. O número de ovos por postura pode chegar a 1.000 (ÁVILA et al., 1997), e o período de incubação varia de 2 a 4 dias, dependendo das condições ambientais.

A lagarta-do-cartucho causa grandes prejuízos à cultura do milho, especialmente devido ao seu hábito de se alojar no interior do cartucho, dificultando o controle (CRUZ, 1995). A presença de excrementos e de raspagem ou desfolha são sinais de infestação. Os danos às plantas podem ser observados desde o início do desenvolvimento da praga, que pode causar injúria em todas as fases de desenvolvimento da planta, desde a emergência até a maturação, podendo afetar tanto as folhas quanto os grãos (AFONSO-ROSA, BARCELOS, 2012; FIGUEIREDO et al., 2006). As lagartas recém-eclodidas iniciam sua alimentação raspando a superfície das folhas, deixando as epidermes intactas. Conforme se desenvolvem, passam a perfurar as folhas e migram para o cartucho, onde se alimentam e desenvolvem até os estádios larvais finais. Nos últimos ínstaes, o consumo foliar é intenso, podendo levar à destruição completa do cartucho, comprometendo o desenvolvimento da planta (CRUZ, 1995).

O controle de *S. frugiperda* é frequentemente realizado por meio da aplicação de inseticidas após a detecção de raspagem e desfolha nas plantas hospedeiras. Essa prática, embora necessária, eleva os custos associados ao manejo da praga e favorece o potencial desenvolvimento de resistência da espécie aos inseticidas utilizados (FATORETTO et al., 2017). Plantas transgênicas Bt de milho também são utilizadas na maioria dos cultivos para o controle de *S. frugiperda*. Apesar da eficácia do milho Bt no controle de lepidópteros-praga, a seleção de populações resistentes às plantas transgênicas tem sido uma preocupação recorrente (SPARKS et al., 2021). No Brasil, já foram documentados casos de resistência de *S. frugiperda* em campo a plantas transgênicas que expressam as proteínas inseticidas Cry1F, Cry1Ab e Cry1A.105 (FARIAS et al., 2014; OMOTO et al., 2016) foram diagnosticados após apenas três anos de utilização da tecnologia em campo (FATORETTO et al., 2017). Dessa forma, novas estratégias de controle são necessárias para que ocorra o manejo eficiente e sustentável da lagarta-do-cartucho nos sistemas de produção.

### **3.3 Cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis***

A cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott, 1923) é um inseto da ordem Hemiptera, família Cicadellidae, considerado uma das pragas mais relevantes para a cultura do milho atualmente. Sua ocorrência é registrada em diversos países do continente americano, incluindo Brasil, Argentina, Guatemala, Costa Rica, México, Venezuela, Estados Unidos, Peru e Colômbia. No Brasil, a cigarrinha tornou-se uma praga-chave na cultura do

milho, especialmente a partir da safra 2014/2015, com maior impacto nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (RIBEIRO, 2019; GALVÃO et al., 2019).

As fêmeas são maiores que os machos e possuem ovipositor em forma de sabre, posicionado na porção ventral do abdômen quando em repouso. Os machos, por sua vez, são menores e apresentam o abdômen com extremidade obtusa. Os adultos exibem manchas circulares negras bem definidas na coroa, característica que permite diferenciá-los de outras cigarrinhas frequentemente encontradas na cultura do milho. No entanto, a identificação precisa da espécie só pode ser realizada pela análise da genitália masculina, complementada pela observação da morfologia do sétimo esternito nas fêmeas (BARNES, 1954).

Os adultos geralmente se localizam nas folhas novas, especialmente no interior do cartucho das plantas, e são mais ativos do que as ninfas (MARÍN, 1987). A possibilidade de cultivo de milho ao longo de todo o ano no Brasil resultou na quebra da sazonalidade do plantio, o que intensificou a pressão de pragas e doenças específicas da cultura. A cigarrinha-do-milho, *D. maidis*, causa danos diretos ao alimentar-se da seiva das plantas e danos indiretos ao transmitir patógenos associados ao complexo de enfezamentos e ao vírus-da-risca. Esses patógenos, transmitidos pelo mesmo vetor, apresentam alta capacidade de ocorrência simultânea, resultando em perdas significativas na produção de milho (ROSSINI et al., 2020; PINTO, 2021).

Tanto a cigarrinha quanto os enfezamentos estão distribuídos pelo território brasileiro desde a década de 1970. No entanto, sua alta incidência se deu em safras mais recentes, a partir da 2ª safra de 2015, em parte das regiões Sudeste, Centro-Oeste e no Matopiba. Em 2019, surgiram os primeiros relatos da presença da cigarrinha-do-milho e a alta incidência de enfezamentos no estado do Paraná. A preocupação com o problema já chegou a outras regiões do Sul do Brasil e ao Centro-Oeste, onde ainda não era severo (EMBRAPA, 2021).

Os enfezamentos estão entre as principais doenças do milho no Brasil, causados por mollicutes (*Spiroplasma* e *Phytoplasma*), transmitidas pela cigarrinha-do-milho. Após se alimentar de plantas infectadas, a cigarrinha dissemina os patógenos para plantas jovens e saudáveis. Além dos mollicutes, a cigarrinha também transmite o vírus-da-risca-do-milho, cujos sintomas aparecem primeiro na lavoura. Os sintomas dos enfezamentos surgem posteriormente, mas não existem estratégias de manejo eficazes após sua manifestação (EMBRAPA, 2021). A infecção por enfezamento compromete ou obstrui totalmente a translocação de seiva elaborada na planta, resultando no aparecimento de sintomas característicos.

Os principais sintomas incluem descoloração nas extremidades apicais e nas margens das folhas, secamento ou avermelhamento principalmente nas folhas superiores, multiespigamento e redução no tamanho das espigas, diminuição no enchimento dos grãos e grãos "chochos". Além disso, as plantas podem apresentar emissão de perfilhos na base da planta, brotamento nas axilas das folhas, encurtamento de entrenós, entre outros sinais (GALLO et al., 2002).

O controle da cigarrinha-do-milho pode ser realizado por meio de métodos culturais, químicos e biológicos. Contudo, em função do uso frequente de inseticidas com mesmo modo de ação, houve a seleção de populações mais resistentes ao longo dos anos, aumentando a dependência do controle químico. Para maior eficiência de controle, recomenda-se a associação desses métodos em estratégias de manejo integrado de pragas (MIP), como por exemplo a utilização de produtos microbiológicos à base de fungos entomopatogênicos (CANALE; RIBEIRO, 2021; PICANÇO, 2010).

### **3.4 Fungos entomopatogênicos: *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae***

Os fungos entomopatogênicos constituem um amplo grupo de espécies fúngicas com a capacidade de infectar e controlar naturalmente populações de insetos. Eles penetram por contato direto do tegumento do hospedeiro e então iniciam a infecção que eventualmente leva-o à morte (HESKETH et al., 2010; LOVETT E ST. LEGER, 2017). Esses organismos têm ganhado aceitação em sistemas de MIP, destacando-se como agentes de controle biológico eficazes e ambientalmente seguros para uma ampla variedade de pragas agrícolas (LACEY et al., 2015; QUESADA-MORAGA, 2020).

Os fungos entomopatogênicos são caracterizados por seu modo de ação e grau de virulência. O sucesso da infecção depende do nível de adesão e da capacidade dos fungos de penetrar no exoesqueleto do hospedeiro (LU; ST. LEGER, 2016; ORTIZ-URQUIZA; KEYHANI, 2013). Eles controlam insetos ao produzir diversas enzimas extracelulares, como por exemplo quitinases, proteases e lipases, que degradam eficientemente o tegumento dos hospedeiros, permitindo a infecção e posteriormente a morte do inseto. (MONDAL et al., 2016; ORTIZ-URQUIZA; KEYHANI, 2013). Países como Brasil, México e China, as espécies como *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* têm alcançado aplicação em escala comercial.

O fungo *B. bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) é um entomopatógeno cosmopolita, amplamente distribuído no mundo e reconhecido por sua eficácia no controle de diversas espécies de insetos-praga. Descoberto em 1835 pelo naturalista italiano Agostino Bassi, foi inicialmente descrito após ser encontrado infectando larvas de bichos-da-seda (REHNER et al.,

2011). Esse fungo pode ser isolado de diferentes tipos de solo e apresenta uma ampla gama de hospedeiros, incluindo insetos, ácaros e outros artrópodes. Sua dispersão global é favorecida pela produção de conídios, estruturas de resistência que podem ser transportadas pelo vento, pela água ou por insetos vetores (MASCARIN; JARONSKI, 2016). Diversos isolados de espécies do gênero *Beauveria* demonstram elevada especificidade na infecção de insetos hospedeiros. Em infecções severas, o exoesqueleto do hospedeiro é inteiramente coberto por uma camada densa e branca, decorrente do crescimento micelial do fungo (ROHRLICH et al., 2018).

A espécie *M. anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) foi inicialmente descrita por Metschnikoff em 1879 como *Entomophthora anisopliae*. Posteriormente em 1883, foi reclassificada e incluída no gênero *Metarhizium* por Sorokin (1883). O emprego de espécies de fungos entomopatogênicos do gênero *Metarhizium*, como *M. anisopliae* destaca-se como uma alternativa promissora para o manejo integrado de insetos pertencentes a diversas ordens (JABER E OWNLEY 2018; GARRIDO-JURADO et al. 2020; MANTZOUKAS E ELIOPOULOS 2020). Essa espécie pode ser encontrada em regiões temperadas, subtropicais e tropicais (BISCHOFF et al., 2009; ROBERTS E ST LEGER, 2004).

Essas espécies do gênero *Metarhizium* e *Beauveria* geralmente são pulverizados em produtos formulados com base em seus conídios na parte aérea das plantas para inocular as estruturas em pragas-alvo e iniciar a infecção por contato via tegumento. As espécies de *Metarhizium* têm sido utilizadas com sucesso no manejo de insetos-praga em pastagens, principalmente no controle do complexo de cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae) (RIBEIRO E CAZAROTTO 2019). Além dos efeitos diretos proporcionados pela infecção dos fungos entomopatogênicos, há evidências da ocorrência de efeitos indiretos via planta pela ação endofítica desses fungos, proporcionando efeitos induzidos de defesa a insetos-praga.

Os estudos sobre *B. bassiana* e *M. anisopliae* no controle biológico de pragas avançaram significativamente, demonstrando sua eficácia contra diversas espécies em condições de laboratório e campo. No entanto, ainda existem lacunas na literatura que precisam ser exploradas para otimizar o uso desses fungos em programas de manejo integrado de pragas. Em campo, os desafios incluem a persistência dos fungos no ambiente, a influência de fatores climáticos (como temperatura, umidade e radiação UV) e a variabilidade na suscetibilidade dos hospedeiros. A necessidade de formulações mais estáveis e eficientes também é um ponto crítico para garantir um controle eficaz em larga escala.

No caso específico de *S. frugiperda* em laboratório, há um volume crescente de pesquisas sobre diferentes isolados de *B. bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Inserir referências

dos trabalhos recentes). Entretanto, ainda há necessidade de mais estudos sobre interações com outros agentes de controle, além da expressão de enzimas e metabólitos secundários envolvidos no processo de infecção. O aprofundamento dessas pesquisas contribuirá para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes, viabilizando o uso desses fungos em sistemas agrícolas sustentáveis.

Dessa forma, a utilização de fungos entomopatogênicos, destaca-se como uma alternativa sustentável e eficaz no manejo integrado de insetos-praga. Esses microrganismos oferecem controle específico, redução de impactos ambientais e segurança para organismos não alvo, contribuindo para a preservação da biodiversidade nos agroecossistemas. Além disso, sua aplicação promove a redução da dependência de inseticidas químicos, reduzindo os riscos de evolução de resistência e os custos a longo prazo.

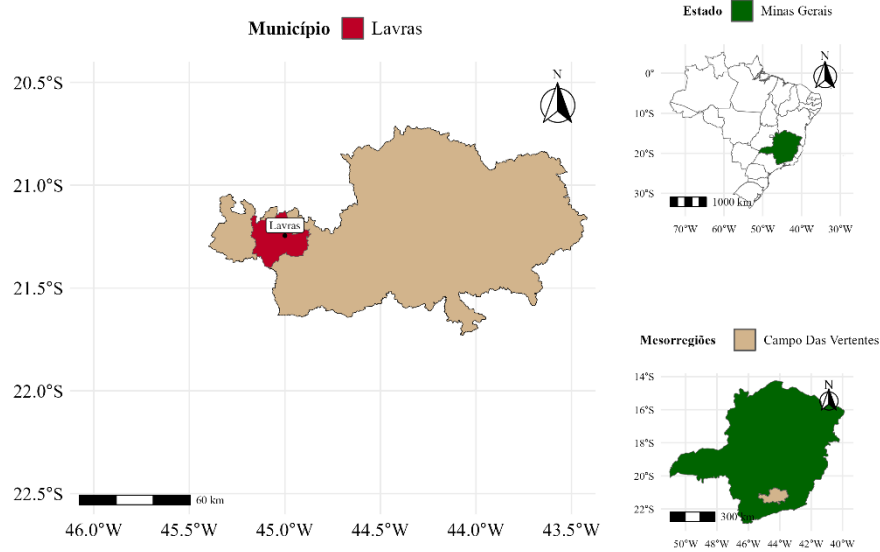
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local e condições experimentais

O experimento foi realizado em duas safras consecutivas em uma área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, Brasil. A área fica entre as coordenadas geográficas latitude 21° 11'43" S e longitude 44° 59'59" O, com altitude de 918,8 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como subtropical de terras altas, com inverno seco e verão chuvoso. A região possui médias anuais de 19,3 °C de temperatura e 76% de umidade relativa, com pluviosidade média anual de 1.486 mm (ALVARES et al., 2013). O híbrido de milho utilizado no experimento foi o SHS 7940, com tecnologia VT PRO3<sup>®</sup> (evento MON89034 x MON88017) que expressa as proteínas Cry1A.105 e Cry2Ab2 (para lagartas de Lepidoptera), Cry3Bb1 (contra larvas de *Diabrotica speciosa*), tolerância ao herbicida glifosato e ao complexo dos enfezamentos, sendo recomendado para a região sul de MG.

A escolha de um híbrido que expressa proteínas transgênicas que não sejam altamente eficientes no controle de *S. frugiperda* foi para proporcionar infestações naturais adequadas para avaliação. Apesar do híbrido de milho utilizado apresentar evento transgênico específico para lagartas da ordem Lepidoptera, há comprovada resistência de populações de *S. frugiperda* às proteínas Bt presentes (Cry1A.105 e Cry2Ab2) (FATORETTO et al., 2017). O experimento foi conduzido sob infestação natural de *S. frugiperda* e *D. maidis* na área, que apresenta histórico de alta infestação nos últimos anos.

Figura 1 – Local onde foram realizados os experimentos.



Moreira, 2024

O experimento foi realizado na 1ª safra 2023/2024 e 2ª safra 2024 e consistiu em 20 linhas de 30 m de comprimento, com espaçamento de 0,6 m entre linhas (12 m de largura), totalizando 360 m<sup>2</sup> de área total. Cada parcela experimental foi constituída de 4 linhas de 5 m de comprimento, totalizando uma área de 10 m<sup>2</sup>, de modo que as 2 linhas externas foram utilizadas como bordadura, e as 2 linhas centrais como parcela útil para as avaliações das infestações dos insetos e coletas das amostras. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados, com 6 tratamentos e 4 blocos como repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

A semeadura na 1ª safra ocorreu em novembro de 2024 e da 2ª safra em fevereiro de 2025 e foi realizada de forma mecanizada, com fertilização de NPK (08-28-16) no sulco de plantio e aplicação de ureia em cobertura no estágio fenológico V6 do milho. Como práticas de manejo gerais em ambas as safras, a eliminação de plantas daninhas foi feita de forma manual com enxada e com aplicação de herbicidas para folhas largas (Herbitrin® 500 BR) e estreitas (NIPPON 40), de acordo com as recomendações de dose da bula. Nenhum tipo de irrigação foi realizado nos experimentos. Também não foram aplicados fungicidas ou inseticidas além dos tratamentos avaliados.

## 4.2 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pela testemunha (água), *B. bassiana*, *M. anisopliae*, combinação dos fungos (*B. bassiana* + *M. anisopliae*) jasmonato de metila (MeJA), além de um tratamento como controle positivo com inseticidas químicos à base de acetamiprido + bifentrina, registrado para a cigarrinha-do-milho (Tabela 1). Os tratamentos foram aplicados por meio de um pulverizador costal manual de 20 L utilizando pressão constante e volume de calda proporcional a 200 L ha<sup>-1</sup>. A pulverização foliar dos tratamentos foi realizada nas plantas ao longo do desenvolvimento vegetativo da cultura, totalizando 3 pulverizações, nos estádios V4, V6 e V8. A temperatura média (°C), precipitação (mm) e umidade relativa (%) no período das aplicações na 1ª safra e 2ª safra, foram de 26,24°; 4,34; 72,27%; 25,03°; 5,68 e 79,98%. Os produtos à base dos fungos entomopatogênicos foram fornecidos pela empresa Vittia e os demais produtos adquiridos comercialmente. Os produtos microbiológicos e químicos foram aplicados nas doses recomendadas pelos fabricantes, enquanto a concentração de jasmonato de metila foi aplicado de acordo com trabalhos anteriores que verificam indução de resistência nas plantas (EGGER; SPANGL; KOSCHIER; 2016). Em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, foi utilizado adjuvante para auxiliar na diluição dos produtos, principalmente dos fungos entomopatogênicos.

Tabela 1. Tratamentos aplicados no experimento de campo.

Tratamentos	Produtos utilizados	Produto comercial	Dose recomendada
T1	Água destilada	Água destilada	-
T2	<i>Beauveria bassiana</i>	BV1318 (1,2x10 <sup>9</sup> UFC/ml)	500 ml ha <sup>-1</sup>
T3	<i>Metarhizium anisopliae</i>	BV12 (1,0x10 <sup>5</sup> UFC/ml)	1000 ml ha <sup>-1</sup>
T4	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i>	BV1318 (1,2x10 <sup>5</sup> UFC/ml) BV12 (1,0x10 <sup>5</sup> UFC/ml)	500 ml ha <sup>-1</sup> 1000 ml ha <sup>-1</sup>
T5	MeJA (224,3gmol)	Jasmonato de metila	1mM
T6	Acetamiprido + Bifentrina	Sperto	250 g ha <sup>-1</sup>
T1-T6	Adjuvante	Naft	50 mL 100 L <sup>-1</sup> água

#### **4.3 Avaliação da infestação natural de *S. frugiperda* e *D. maidis* na 1ª safra e 2ª safra em plantas de milho tratadas em campo**

No experimento em campo em ambas as safras foram avaliadas as infestações naturais de *S. frugiperda* e *D. maidis* em 10 plantas ao acaso das linhas centrais das parcelas. As avaliações dos insetos foram realizadas em V2 antes da aplicação dos tratamentos, servindo como avaliação prévia para conferir se os insetos estavam presentes na área. Também foram avaliados em V4, V6 e V8, entre 3 e 5 dias após as aplicações.

Para a avaliação da infestação de *S. frugiperda*, foram atribuídas notas de injúria nas duas folhas mais novas do cartucho das plantas, de acordo com a escala de notas de Davis (DAVIS, NG; WILLIAMS, 1992). No caso de *D. maidis*, foram registradas a somatória dos números de ninfas e adultos nas mesmas plantas avaliadas para *S. frugiperda*. Além da avaliação da presença da cigarrinha-do-milho, quando as plantas atingirem o estágio R3, foram avaliadas as porcentagens de plantas com sintomas visuais característicos das doenças transmitidas pela cigarrinha-do-milho, incluindo enfezamento vermelho, enfezamento pálido e virose-da-risca. Para esta avaliação, foi utilizado o mesmo procedimento de 10 plantas ao acaso das linhas centrais das parcelas.

#### **4.4 Avaliação da altura das plantas de milho e teor relativo de clorofila em plantas de milho tratadas em campo**

Quando as plantas de milho atingiram o estágio V8, foi avaliado o crescimento das plantas com o auxílio de uma fita métrica, medindo desde a base da planta no solo até a inserção da última folha na parte apical. Neste momento também foi avaliado o índice relativo de clorofila, registrando-se a média das leituras das duas folhas mais novas/planta. Em ambas as avaliações foram utilizadas ao acaso 10 plantas das linhas centrais das parcelas.

A avaliação da altura e do teor de clorofila (SPAD-502PLUS, Konica Minolta, China) em plantas de milho tratadas com diferentes tratamentos é importante porque esses parâmetros são indicadores diretos da sanidade, desenvolvimento e eficiência fotossintética das plantas. A altura das plantas é um parâmetro que reflete o crescimento vegetativo e a capacidade de uma planta em competir por luz e nutrientes no campo. Diferenças na altura podem indicar como diferentes tratamentos afetam o crescimento geral.

#### **4.5 Avaliação da produtividade de grãos em plantas de milho tratadas em campo**

Ao final da maturação fisiológica das plantas em campo, com aproximadamente 150 dias da emergência, foram colhidas 10 espigas de 5 plantas das duas linhas centrais de cada parcela experimental para avaliação de componentes de produção. As espigas foram levadas ao laboratório, onde foi avaliado os seguintes parâmetros: peso total de grãos (kg), peso de 100 grãos e peso das espigas. Com base nos valores de peso total de grãos foi estimada a produtividade da cultura, expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **4.6 Avaliação da aplicação de fungos entomopatogênicos em duas metodologias com dieta artificial no controle de *S. frugiperda* em laboratório**

O experimento foi realizado em laboratório, sendo os tratamentos avaliados: testemunha (água); *B. bassiana*; *M. anisopliae*; *B. bassiana* + *M. anisopliae*; e acetamiprido + bifentrina. Para o bioensaio, utilizaram-se duas metodologias de aplicação dos tratamentos: em dieta artificial solidificada ao fundo da placa de Petri (5 cm de diâmetro) e dieta cortada em pedaços cilíndricos de  $3,14 \text{ cm}^3$ , sendo que neste caso a placa foi forrada com papel filtro umedecido com água destilada. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 25 repetições, cada uma representada por uma placa de Petri com uma lagarta neonata e a dieta artificial fornecida. O bioensaio foi realizado em uma sala climatizada do laboratório a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR, e 12C:12E h.

Lagartas neonatas advindas da colônia de criação já estabelecida há 5 anos do Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas da UFLA, foram liberadas individualmente nas placas e aplicados  $40 \mu\text{L}$  de cada tratamento com o auxílio de uma micropipeta sobre a dieta artificial ou papel filtro, a depender da metodologia. Na dieta solidificada, após a aplicação dos tratamentos foi utilizado uma alça de Drigalski esterilizada para que os tratamentos pudessem ser espalhados sobre toda a dieta. Após 10 dias foram avaliados o peso das lagartas e a taxa de mortalidade. O peso das lagartas foi medido em uma balança analítica de precisão ( $0,0001 \text{ g}$ ) e a mortalidade através do leve toque das lagartas com um pincel de cerdas finas.

#### **4.7 Análise estatística**

Os dados obtidos nos experimentos de campo e nos bioensaios foram verificados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Os dados de campo foram analisados através da análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas no tempo para analisar os efeitos de tratamento,

tempo e tratamento x tempo. Os dados de mortalidade no bioensaio de laboratório foram ajustados à distribuição binomial negativa e analisados por modelos lineares generalizados com função de ligação logit. Os dados de crescimento vegetativo e produtividade das plantas em campo, e de peso larval em laboratório apresentaram distribuição normal e homogeneidade de variâncias e foram analisados por ANOVA. Quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparados pelos testes de Tukey ou LSD ( $\alpha=0,05$ ).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Avaliação das injúrias de *S. frugiperda* em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.

Os resultados obtidos nas avaliações de campo na 1ª safra apresentaram diferenças significativas ( $F_{5,18}=3,06$ ;  $P=0,0357$ ) entre tratamentos em relação às médias das notas de injúrias causadas por *S. frugiperda* nas plantas de milho tratadas em campo. As menores notas de injúria ocorreram com acetamiprido + bifentrina e *B. bassiana*, que não diferiram entre si (1,73 e 1,9); os tratamentos *M. anisopliae*, MeJA e *B. bassiana* + *M. anisopliae* não diferiram entre si nem da testemunha.

Tabela 2. Médias ( $\pm$  EP) de notas de injúrias causadas por *S. frugiperda* em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 1ª safra.

Tratamentos	Notas de injúria
Testemunha	2,20 $\pm$ 0,34 ab
<i>B. bassiana</i>	1,90 $\pm$ 0,29 bc
<i>M. anisopliae</i>	2,74 $\pm$ 0,24 ab
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	3,04 $\pm$ 0,25 a
MeJA	2,76 $\pm$ 0,37 ab
Acetamiprido + bifentrina	1,73 $\pm$ 0,26 c

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $P<0,05$ ).

Para o efeito do tempo nas injúrias de *S. frugiperda* no experimento realizado na 1ª safra, os resultados mostraram diferenças significativas ( $F_{2,36}=5,99$ ;  $P=0,0057$ ). A maior nota de injúria foi observada em V6 (2,91), em relação a V4 e V8, que não diferiram entre si (Tabela 4). Não houve diferença significativa para a interação tratamento x tempo ( $F_{10,36}=1,97$ ;  $P=0,4089$ ) na infestação de *S. frugiperda*.

Tabela 3. Médias ( $\pm$  EP) das notas de injúria de *S. frugiperda* em função do tempo em plantas de milho na 1ª safra.

Estádios fenológicos	Notas de injúria
V4	2,28 $\pm$ 0,17 b
V6	2,91 $\pm$ 0,21 a
V8	2,01 $\pm$ 0,26 b

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ( $P < 0,05$ ).

## 5.2 Avaliação da infestação de *D. maidis* em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.

No experimento realizado na 1ª safra, não houve diferença significativa ( $F_{5,18}=0,79$ ;  $P < 0,5733$ ) na infestação de *D. maidis* entre os tratamentos avaliados. A infestação nesta safra foi em geral baixa, com médias variando entre 0,07 e 0,17 cigarrinhas/planta. Por outro lado, as infestações diferiram entre os estádios fenológicos ( $F_{2,36}=35,70$ ;  $P=0,0011$ ) em função das aplicações e avaliações.

As menores infestações de ninfas e adultos de *D. maidis* foram observadas nos estádios V6 e V4, com médias de 0,11 e 0,05 cigarrinhas/planta, respectivamente, que não diferiram entre si. No estágio V8 foi verificada a maior infestação, com média de 0,2 insetos/planta. Não houve diferença significativa na infestação de *D. maidis* para o efeito de tratamento x tempo ( $F_{10,36}=1,39$ ;  $P=0,2229$ ).

Tabela 4. Médias ( $\pm$  EP) do número de *D. maidis* em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na safra.

Tratamentos	Número de insetos
Testemunha	0,07 $\pm$ 0,03 a
<i>B. bassiana</i>	0,15 $\pm$ 0,07 a
<i>M. anisopliae</i>	0,13 $\pm$ 0,04 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	0,07 $\pm$ 0,02 a
MeJA	0,13 $\pm$ 0,04 a
Acetamprido + bifentrina	0,17 $\pm$ 0,06 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Tabela 5. Médias ( $\pm$  EP) do número de *D. maidis* em função do tempo em plantas de milho na 1ª safra.

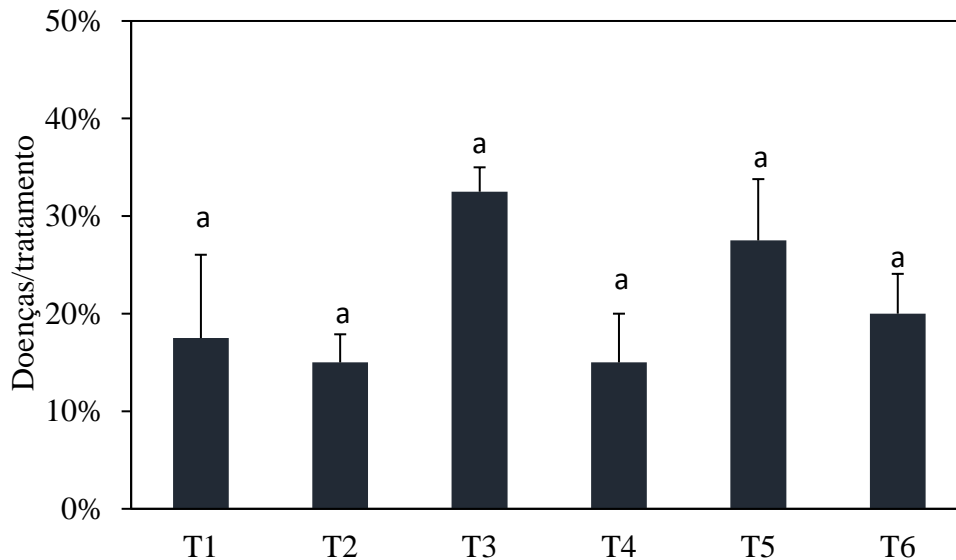
Estádios fenológicos	Número de insetos/planta
V4	0,05 $\pm$ 0,01 b
V6	0,11 $\pm$ 0,02 a
V8	0,20 $\pm$ 0,04 b

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 5.3 Avaliação da virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.

Não foram encontrados sintomas em plantas de milho dos enfezamentos pálido e vermelho tanto na safra, quanto na 2ª safra. Em contrapartida, na avaliação das plantas foram observados sintomas de virose-da-risca em todos os tratamentos, sem diferença significativa entre si ( $F_{5,18}=1,84$ ;  $P=0,1548$ ) na 1ª safra. Os tratamentos que resultaram em maiores valores numéricos para a doença foram os com o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* e fitormônio MeJA (32,5 e 28%, respectivamente) (Figura 2).

Figura 2. Porcentagem de plantas com sintomas de virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.



Legenda: T1: Testemunha; T2: *B. bassiana*; T3: *M. anisopliae*; T4: *B. bassiana* + *M. anisopliae*; T5: MeJA; T6: Acetamiprido + bifentrina.

### 5.4 Avaliação da altura e teor de clorofila em plantas de milho tratadas em campo na 1ª safra.

Em relação às avaliações de altura das plantas ( $F_{5,18}=0,04$ ;  $P=0,9990$ ) e teor de clorofila ( $F_{5,18}=0,29$ ;  $P=0,9129$ ) na 1ª safra, não houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados. Os valores relativos de clorofila variaram de 37,61 a 39,33 e de altura das plantas entre 1,50 e 1,67 m (Tabela 6).

Tabela 6. Médias ( $\pm$  EP) do teor relativo de clorofila e altura das plantas de milho tratadas na 1ª safra.

Tratamentos	Clorofila (SPAD)	Altura (m)
Testemunha	37,36 $\pm$ 3,69 a	1,58 $\pm$ 0,07 a
<i>B. bassiana</i>	39,33 $\pm$ 4,20 a	1,55 $\pm$ 0,14 a
<i>M. anisopliae</i>	38,48 $\pm$ 3,74 a	1,54 $\pm$ 0,11 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	37,73 $\pm$ 4,19 a	1,61 $\pm$ 0,10 a
MeJA	38,24 $\pm$ 3,66 a	1,67 $\pm$ 0,09 a
Acetamiprido + bifentrina	37,61 $\pm$ 2,13 a	1,50 $\pm$ 0,15 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P>0,05$ ).

### 5.5 Avaliação da produtividade em plantas de milho tratadas em campo na safra

Os resultados da produtividade nas plantas de milho não apresentaram diferenças significativas de modo geral em função dos tratamentos na 1ª safra ( $F_{5,18}= 0.353$ ;  $P= 0.9795$ ). Em termos numéricos, foi observado que a aplicação de *B. bassiana* e os inseticidas químicos atingiram os valores mais elevados para peso de espiga (317,0 e 316,9 g). Para peso de grãos, *B. bassiana* e MeJA apresentaram numericamente os maiores valores (2,64 e 2,60 kg), como também para peso de 100 grãos (46,43 e 44,38 g) (Tabela 7).

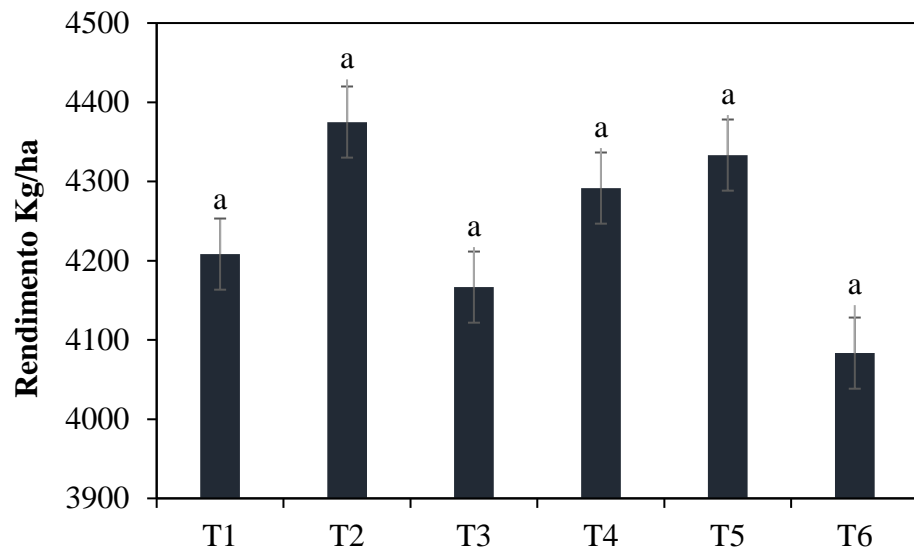
Tabela 7. Médias ( $\pm$  EP) de peso das espigas, peso de grãos e peso de 100 grãos em plantas de milho em campo na 1ª safra.

Tratamentos	Espiga (g)	Grãos (kg)	100 grãos (g)
Testemunha	305,50 $\pm$ 8,9 a	2,52 $\pm$ 0,057 a	42,45 $\pm$ 1,1 a
<i>B. bassiana</i>	317,00 $\pm$ 18,2 a	2,64 $\pm$ 0,154 a	46,43 $\pm$ 4,0 a
<i>M. anisopliae</i>	301,13 $\pm$ 8,3 a	2,51 $\pm$ 0,072 a	43,15 $\pm$ 0,9 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	311,10 $\pm$ 17,5 a	2,59 $\pm$ 0,140 a	39,71 $\pm$ 2,4 a
MeJA	293,80 $\pm$ 15,9 a	2,60 $\pm$ 0,063 a	44,38 $\pm$ 1,0 a
Acetamiprido + bifentrina	316,90 $\pm$ 14,0 a	2,44 $\pm$ 0,170 a	38,15 $\pm$ 3,0 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P>0,05$ ).

A produtividade com base nos valores de peso de grãos e estimada para o rendimento por área também não diferiu entre tratamentos, variando entre 4.083 e 4.375 kg ha<sup>-1</sup> na 1ª safra (Figura 3).

Figura 3. Médias de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de grãos em plantas de milho tratadas em campo



na 1ª safra.

Legenda: T1: Testemunha; T2: *B. bassiana*; T3: *M. anisopliae*; T4: *B. bassiana* + *M. anisopliae*; T5: MeJA; T6: Acetamiprido + bifentrina

### 5.6 Avaliação das injúrias de *S. frugiperda* em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra

Em relação às notas das injúrias de *S. frugiperda* na 2ª safra, não houve diferença significativas entre os tratamentos ( $F_{5,18}=1,03$ ;  $P=0,4299$ ). Contudo, os menores valores numéricos das injúrias foram observados com os inseticidas químicos (Tabela 8).

Tabela 8. Médias ( $\pm$  EP) das notas de injúrias causadas por *S. frugiperda* em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 2ª safra.

Tratamentos	Notas de injúria
Testemunha	2,56 $\pm$ 0,40 a
<i>B. bassiana</i>	2,58 $\pm$ 0,24 a
<i>M. anisopliae</i>	2,32 $\pm$ 0,34 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	2,28 $\pm$ 0,35 a
MeJA	2,42 $\pm$ 0,29 a
Acetamiprido + bifentrina	1,79 $\pm$ 0,39 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD ( $P > 0,05$ ).

Na 2ª safra, houve diferença significativa do tempo de avaliação entre os estádios fenológicos ( $F_{2,36}=35,70$ ;  $P < 0,0001$ ) na infestação de *S. frugiperda*. A maior nota de injúria foi observada em V4 (3,37) em relação aos estádios V6 e V8, de modo que nesta última avaliação ocorreu a menor média de injúria (Tabela 9). Não houve diferença significativa para a interação tratamento x tempo ( $F_{10,36}=0,79$ ;  $P=0,6358$ ) na infestação de *S. frugiperda* na 2ª safra.

Tabela 9. Médias ( $\pm$  EP) das notas de injúria de *S. frugiperda* em função do tempo em plantas de milho na 2ª safra.

Estádios fenológicos	Notas de injúria
V4	3,37 $\pm$ 0,18 a
V6	2,21 $\pm$ 0,19 b
V8	1,38 $\pm$ 0,16 c

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de LSD ( $P < 0,05$ ).

### 5.7 Avaliação da infestação de *D. maidis* em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra

Na 2ª safra, também não foi verificada diferença significativa dos tratamentos ( $F_{5,18}=0,59$ ;  $P < 0,7105$ ) na infestação de *D. maidis*. Entre os estádios fenológicos, houve diferença significativa na infestação da praga ( $F_{2,36}=35,70$ ;  $P < 0,0001$ ), de modo que menores números de ninfas e adultos foram observados em V8 (0,79) e V6 (0,83), enquanto em V4 houve a maior média de infestação (1,48). Não houve diferença significativa na infestação de *D. maidis* para o efeito de tratamento x tempo ( $F_{10,36}=1,35$ ;  $P=0,2409$ ).

Tabela 10. Médias ( $\pm$  EP) do número de *D. maidis* em plantas de milho tratadas com fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico na 2ª safra.

Tratamentos	Número de insetos
Testemunha	0,98 $\pm$ 0,18 a
<i>B. bassiana</i>	0,88 $\pm$ 0,16 a
<i>M. anisopliae</i>	0,90 $\pm$ 0,19 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	1,01 $\pm$ 0,18 a
MeJA	1,04 $\pm$ 0,20 a
Acetamprid + bifentrina	1,40 $\pm$ 0,24 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Tabela 11. Médias ( $\pm$  EP) do número de *D. maidis* em função do tempo em plantas de milho na 2ª safra.

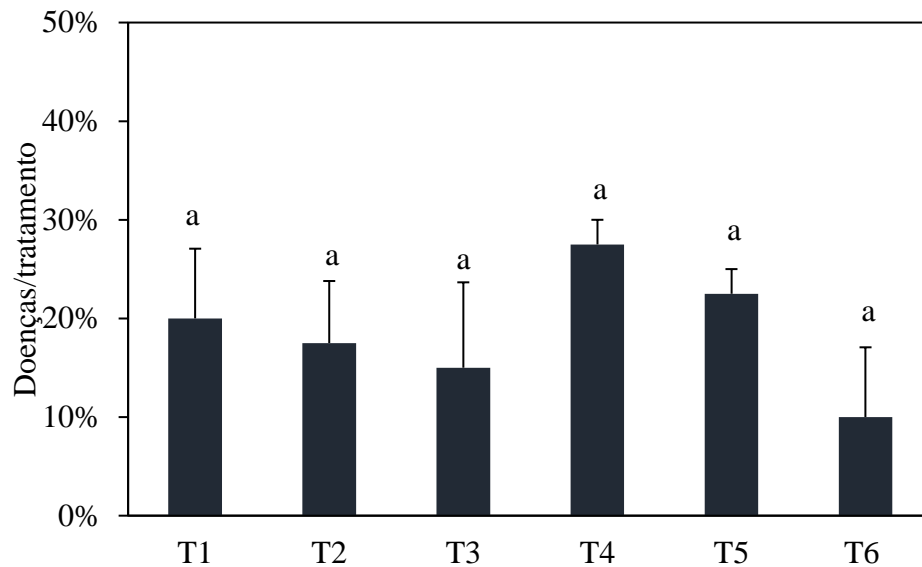
Estádios fenológicos	Número de insetos
V4	1,48 $\pm$ 0,13 a
V6	0,83 $\pm$ 0,13 b
V8	0,79 $\pm$ 0,13 b

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 5.8 Avaliação da virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra

No experimento realizado na 2ª safra, as plantas submetidas aos diferentes tratamentos também não apresentaram diferença estatística ( $F_{5,18}=0,97$ ;  $P=0,4597$ ). Os tratamentos que apresentaram os maiores valores para a doença foram com *B. bassiana* + *M. anisopliae* e fitormônio MeJA (28 e 23%, respectivamente) (Figura 4).

Figura 4: Porcentagem de plantas com sintomas de virose-da-risca em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra



Legenda: T1: Testemunha; T2: *B. bassiana*; T3: *M. anisopliae*; T4: *B. bassiana* + *M. anisopliae*; T5: MeJA; T6: Acetamiprido + bifentrina

### 5.9 Avaliação da altura e teor de clorofila em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra.

No experimento realizado na 2ª safra, também não houve diferenças significativas para as avaliações de altura das plantas ( $F_{5,18}=0,94$ ;  $P=0,4783$ ) e clorofila  $F_{5,18}=0,11$ ;  $P=0,9889$ ) entre os tratamentos. Os valores relativos de clorofila variaram de 25,81 a 29,41 e de altura das plantas entre 1,71 e 1,75 m (Tabela 12).

Tabela 12. Médias ( $\pm$  EP) do teor relativo de clorofila e altura das plantas de milho tratadas na 2ª safra.

Tratamentos	Clorofila (SPAD)	Altura (m)
Testemunha	25,81 $\pm$ 0,86 a	1,71 $\pm$ 0,06 a
<i>B. bassiana</i>	27,77 $\pm$ 1,38 a	1,74 $\pm$ 0,05 a
<i>M. anisopliae</i>	27,44 $\pm$ 1,68 a	1,74 $\pm$ 0,05 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	29,19 $\pm$ 1,51 a	1,73 $\pm$ 0,03 a
MeJA	29,41 $\pm$ 1,21 a	1,75 $\pm$ 0,01 a
Acetamiprido + bifentrina	28,95 $\pm$ 1,67 a	1,74 $\pm$ 0,05 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P<0,05$ ).

### 5.10 Avaliação da produtividade em plantas de milho tratadas em campo na 2ª safra

Os resultados da avaliação de produtividade na 2ª safra seguiram a mesma tendência e não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados ( $F_{5,18} = 0.615$ ;  $P = 0.6736$ ). De forma geral foi observado que todos os parâmetros de produtividade tiveram valores menores na 2ª safra em relação à 1ª safra. Os valores médios de peso de espigas variaram de 142,75 a 168,25 g, peso de grãos entre 1,03 e 1,23 kg, e o peso de 100 grãos entre 27,48 e 31,10 g (Tabela 13).

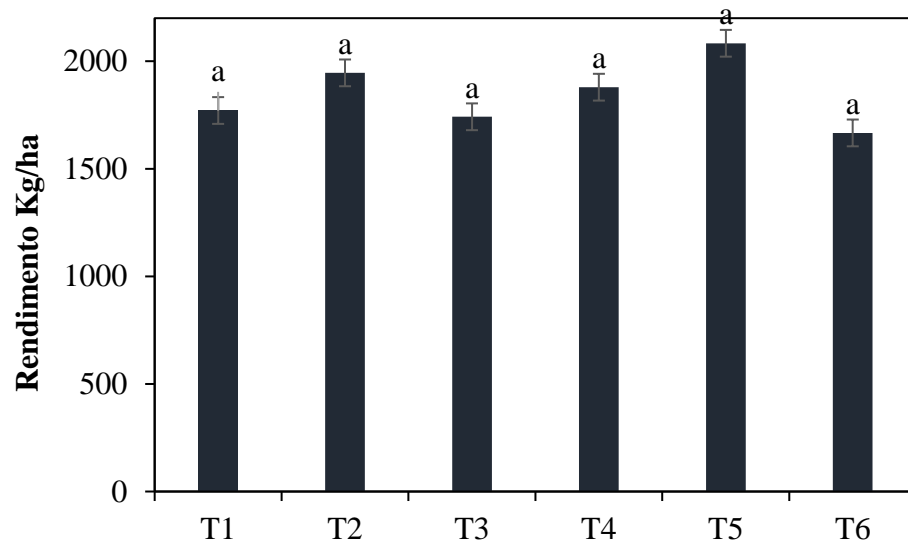
Tabela 13. Médias ( $\pm$  EP) de peso das espigas, peso de grãos e peso de 100 grãos em plantas de milho em campo na 2ª safra.

Tratamentos	Espiga (g)	Grãos (kg)	100 grãos (g)
Testemunha	163,40 $\pm$ 5,25 a	1,06 $\pm$ 0,07 a	30,23 $\pm$ 1,80 a
<i>B. bassiana</i>	156,50 $\pm$ 18,63 a	1,17 $\pm$ 0,15 a	30,78 $\pm$ 1,31 a
<i>M. anisopliae</i>	142,75 $\pm$ 12,19 a	1,05 $\pm$ 0,10 a	29,48 $\pm$ 1,49 a
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	157,38 $\pm$ 8,07 a	1,13 $\pm$ 0,06 a	31,10 $\pm$ 1,12 a
MeJA	168,25 $\pm$ 5,79 a	1,23 $\pm$ 0,00 a	29,00 $\pm$ 1,45 a
Acetamiprido + bifentrina	144,75 $\pm$ 11,91 a	1,03 $\pm$ 0,00 a	27,48 $\pm$ 2,52 a

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si ( $P < 0,05$ ).

A produtividade com base nos valores de peso de grãos e extrapolada para o rendimento hectare também não diferiu entre tratamentos, variando entre 1.6667 e 2.083 kg ha<sup>-1</sup> no experimento realizado na 2ª safra (Figura 5).

Figura 5. Médias de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de grãos em plantas de milho tratadas em campo



na 2<sup>a</sup> safra.

Legenda: T1: Testemunha; T2: *B. bassiana*; T3: *M. anisopliae*; T4: *B. bassiana* + *M. anisopliae*; T5: MeJA; T6: Acetamiprido + bifentrina

### 5.11 Avaliação da aplicação de fungos entomopatogênicos em duas metodologias com dieta artificial no controle de *S. frugiperda* em laboratório

Os resultados para o experimento de laboratório com dieta artificial em pedaço indicaram diferenças significativas entre os tratamentos para ambos os parâmetros biológicos de *S. frugiperda*, incluindo a mortalidade ( $X^2=29,95$ ;  $P<0,0001$ ) e o peso larval ( $F_{3, 103}=12,09$ ;  $P<0,0001$ ). O tratamento com os inseticidas acetamiprido + bifentrina proporcionou a maior taxa de mortalidade larval (96,67%), seguido de *B. bassiana* (20%). Os demais tratamentos com *M. anisopliae* (10%) e *B. bassiana* + *M. anisopliae* (10%) não diferiram entre si, de *B. bassiana* e da testemunha (3,33%). A testemunha proporcionou o maior peso larval (196,32 mg), diferindo dos outros tratamentos que não diferiram entre si, com pesos médios variando de 121,24 a 99,34 mg, ou seja, houve redução média aproximada de 43% no peso larval de *S. frugiperda* alimentada com dieta em pedaço tratada com os fungos isolados e em mistura (Tabela 14).

Tabela 14. Médias ( $\pm$  EP) de mortalidade e peso de lagartas de *S. frugiperda* em laboratório utilizando a metodologia com dieta em pedaço e papel filtro tratado.

Tratamentos	Mortalidade (%)	Peso (mg)
Testemunha	3,33 $\pm$ 0,03 c	196,32 $\pm$ 0,01 a
<i>Beauveria bassiana</i>	20,00 $\pm$ 0,07 b	115,71 $\pm$ 0,01 b
<i>Metarhizium anisopliae</i>	10,00 $\pm$ 0,06 bc	99,34 $\pm$ 0,01 b
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	10,00 $\pm$ 0,06 bc	121,24 $\pm$ 0,01 b
Acetamiprido + bifentrina	96,67 $\pm$ 0,03 a	-*

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). \*Dados insuficientes para análise estatística.

No bioensaio com dieta solidificada ao fundo da placa, houve diferenças significativas entre os tratamentos para os dois parâmetros avaliados, mortalidade ( $X^2=19,02$ ;  $P=0,0008$ ) e peso ( $F_{3,62}=7,04$ ;  $P=0,0004$ ). A maior mortalidade ocorreu com acetamiprido + bifentrina e *M. anisopliae*, que não diferiram entre si (100 e 80%, respectivamente), seguido de *B. bassiana* (60%). A combinação dos fungos e a testemunha apresentaram as menores taxas de mortalidade (28 e 24%, respectivamente). A combinação dos fungos proporcionou maior peso larval, (142,58 mg), diferindo da testemunha e demais tratamentos, os quais não diferiram entre si. O peso das lagartas alimentadas com dieta solidificada ao fundo da placa tratada com a mistura dos fungos foi aproximadamente 51% maior em relação ao peso larval médio obtido com os outros tratamentos (Tabela 15).

Tabela 15. Médias ( $\pm$  EP) de mortalidade e peso de lagartas de *S. frugiperda* em laboratório utilizando a metodologia com tratamento em dieta solidificada ao fundo da placa.

Tratamentos	Mortalidade (%)	Peso (mg)
Testemunha	24,0 $\pm$ 0,09 c	57,56 $\pm$ 0,01 b
<i>Beauveria bassiana</i>	60,0 $\pm$ 0,10 b	63,68 $\pm$ 0,01 b
<i>Metarhizium anisopliae</i>	80,0 $\pm$ 0,08 ab	89,67 $\pm$ 0,01 b
<i>B. bassiana</i> + <i>M. anisopliae</i>	28,0 $\pm$ 0,09 c	142,58 $\pm$ 0,01 a
Acetamiprido + bifentrina	100,0 $\pm$ 0,00 a	-*

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). \*Dados insuficientes para análise estatística.

## 6 DISCUSSÃO

Este estudo avaliou os efeitos dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana*, *M. anisopliae*, de forma isolada e em mistura, em comparação com o fitormônio jasmonato de

metila (MeJA) e inseticidas químicos acetamiprido + bifentrina pulverizados em plantas de milho em campo contra *S. frugiperda* e *D. maidis*. Os reflexos da aplicação desses tratamentos na infestação das pragas foram avaliados quanto ao crescimento vegetativo das plantas (altura e teor de clorofila), bem como na produtividade na 1ª safra e na 2ª safra. Apesar do crescente número de trabalhos com inseticidas microbiológicos no controle de pragas agrícolas, poucos resultados são disponíveis na literatura para *S. frugiperda* e *D. maidis* quanto à sua eficiência em condições de campo. Essas informações são fundamentais para a elaboração de estratégias sustentáveis de manejo integrado de pragas na cultura do milho.

No experimento realizado na 1ª safra, verificou-se efeito significativo na redução de injúrias de lagartas de *S. frugiperda* com a aplicação de *B. bassiana*, o qual não diferiu do inseticida químico. Em contrapartida, o efeito negativo do inseticida microbiológico não foi observado na 2ª safra. O tratamento com o fitormônio MeJA proporcionou injúrias intermediárias na 1ª safra, não diferindo da testemunha na concentração avaliada, isto é, não induziu resistência nas plantas em níveis suficientes para reduzir a infestação em campo, apesar dessa concentração ter sido baseada em estudos prévios que demonstraram tal efeito em condições controladas (MORAES et al., 2009).

Para o efeito do tempo na infestação de *S. frugiperda*, principalmente na 2ª safra os resultados foram relevantes, pois os estádios fenológicos da cultura relacionados ao momento de cada aplicação e avaliação demonstrou que as médias das injúrias decaíram em função do tempo, sendo em V8 a menor média de infestação. Já na 1ª safra, a maior média de injúrias ocorreu em V6, e as menores em V4 e V8, o que também demonstra que os tratamentos aplicados de forma seriada mantiveram as injúrias baixas durante a fase vegetativa das plantas. Verifica-se nessas avaliações que as notas de injúria não ultrapassaram a média 3, o que indica que as infestações de *S. frugiperda* após as aplicações dos produtos não ultrapassaram o nível de controle estabelecido para a praga (MELO et al., 2014).

As incidências da cigarrinha-do-milho na 1ª safra e na 2ª safra seguiram a mesma tendência da infestação de *S. frugiperda* nessas mesmas safras. Na 1ª safra a infestação foi maior em V6 em relação aos estádios V4 e V8, e na 2ª safra houve redução gradativa das infestações ao longo das aplicações dos produtos e avaliações. Apesar disso, não houve diferenças significativas em ambas as safras entre tratamentos para as infestações de *D. maidis*, nem nas incidências da virose-da-risca transmitida pelos insetos, o que pode ser explicado pelas baixas infestações em geral na área experimental. Assim, as diferenças nas infestações em relação ao efeito de tempo podem ser interpretadas pelo efeito médio dos produtos aplicados. Como no presente trabalho, Aparecido (2022) relatou que, mesmo com aplicações de inseticidas

químicos e biológicos, incluindo *B. bassiana*, houve aumento gradativo da população de *D. maidis*, o que reforça a importância da praga nos cultivos de milho e a dificuldade de seu controle.

A redução das injúrias de *S. frugiperda* em plantas de milho verificadas com a aplicação de *B. bassiana* na 1ª safra provavelmente ocorreu em função dos efeitos negativos diretos do fungo sobre as lagartas. O processo de infecção por fungos entomopatogênicos inicia-se quando propágulos (hifas ou esporos) aderem ao tegumento dos artrópodes, penetrando em seus corpos. No interior do hospedeiro, o fungo coloniza e danifica os tecidos, atravessando o exoesqueleto e liberando esporos externamente. (COSTA; HAIDA, 2009; İNCİ; KILIÇ; CANHİLAL, 2014). Segundo Samson, Evans e Latgé (1988), a infecção fúngica ocorre em três etapas: adesão e germinação do esporo na cutícula, penetração no tegumento e desenvolvimento interno do fungo. Após o contato com a cutícula, o fungo secreta enzimas como proteases, quitinases e lipases, facilitando sua germinação e crescimento (ORTIZ-URQUIZA; KEYHANI, 2013). Posteriormente, formam-se estruturas especializadas para infecção, como apressórios, tubos germinativos e estruturas de penetração, que atravessam a epicutícula e procutícula até alcançar a hemocele (KHACHATOURIANS E QAZI, 2008).

Quando aplicado em plantas, o fungo *B. bassiana* produz metabólitos secundários, como beauvericina, bassianolídeos, oosporeína, ciclosporina A e ácido oxálico. Esses compostos apresentam atividades citotóxicas, antibacterianas e antifúngicas, causando efeitos adversos em insetos herbívoros e patógenos (OWNLEY; GWINN; VEGA, 2010; WANG; XU, 2012).

Um exemplo desse efeito foi registrado em plantas de tomate inoculadas com *Metarhizium brunneum*, *Beauveria bassiana* e *Trichoderma harzianum*, que apresentaram redução na infestação e nos danos causados pela mosca-branca *Bemisia tabaci* (GUPTA et al., 2022). Apesar dos efeitos diretos de contato dos fungos com insetos-alvo, há relatos na literatura de ocorrência de fungos entomopatogênicos com ação endofítica, incluindo *B. bassiana* e *M. anisopliae*, podendo resultar em promoção de crescimento e indução de resistência nas plantas (AMANDIO et al., 2024; DARSOUEI; KARIMI; STELINSKI, 2024; GONZÁLEZ-MAS et al., 2021; RAMOS et al., 2020). Avaliações sobre a ação endofítica e os efeitos no crescimento e indução de resistência em plantas de milho em futuros trabalhos são recomendados para tentar separar os efeitos diretos dos indiretos de *B. bassiana* e *M. anisopliae* às pragas-chave do milho.

Apesar de não haver diferenças entre os parâmetros avaliados de altura e teor de clorofila entre tratamentos na 1ª safra e 2ª safra, estudos como o de Lira; Mascarin; Delalibera Júnior (2020) mostram que os melhores fungos produtores de microescleródios, *M. anisopliae* ESALQ1814, *M. robertsii* ESALQ2450 e *M. humberi* ESALQ1638 levaram a aumentos na área

foliar, altura, comprimento da raiz ou peso seco das plantas em comparação com plantas de milho não inoculadas. Para a altura da planta, *M. anisopliae* ESALQ1814 não diferiu das plantas controle; no entanto, *M. robertsii* ESALQ2450 e *M. humberi* ESAQ1638 promoveram maior altura em comparação ao controle. Estes resultados reiteram os efeitos de fungos do gênero *Metarhizium*, entre outros, em estimular o crescimento das plantas.

Estudos realizados em Chapadão do Sul durante a 1ª safra e 2ª safra de 2021/2022 concluíram que os fungos entomopatogênicos, que representam a maior parte das ferramentas de controle biológico hoje disponíveis, são viáveis devido à sua capacidade de persistir no ambiente por meio da propagação e colonização de novos insetos, além da possibilidade de endofitismo já discutida. Essas características permitem ampliar os intervalos entre aplicações, reduzindo o custo operacional (MOREIRA et al., 2022). No presente trabalho foram realizadas três aplicações com intervalos de aproximadamente uma semana, com resultados moderados apenas para *B. bassiana* na redução de injúrias de *S. frugiperda* na 1ª safra. Sabe-se também que vários fatores podem influenciar a eficiência de controle com fungos entomopatogênicos, incluindo o tipo de isolado, tipo e concentração das estruturas infectivas, exposição do inseto-alvo ao fungo e sua condição imunológica, radiação UV, umidade relativa do ar, temperatura e chuva. Portanto, mais estudos em condições de campo são fundamentais para desenvolver as melhores estratégias para uso dos fungos entomopatogênicos no manejo integrado de pragas visto as diferenças nos efeitos entre os resultados em campo e laboratório encontrados na literatura (Referência).

Não foram observadas diferenças na produtividade da cultura do milho nas duas safras tratadas com os fungos entomopatogênicos, fitormônio e inseticida químico. Apesar da ausência de diferenças significativas, de maneira geral *B. bassiana* e MeJA alcançaram numericamente os maiores valores para rendimento. Além disso, plantas tratadas com *B. bassiana* obtiveram maiores valores numéricos para os pesos de espiga, grãos e 100 grãos. Estes resultados se alinham com pesquisas prévias que avaliaram o efeito de *M. anisopliae* e *B. bassiana* na produtividade de soja, sem diferenças nos pesos das plantas e de 100 sementes entre os tratamentos, enquanto o tratamento combinado *Beauveria* + *Metarhizium* em diferentes doses resultou em produtividades superiores às da testemunha (PHAVISETH; PHOMMALATH; THAVONESACK, 2023).

Os resultados obtidos no bioensaio demonstraram diferentes tendências em função da metodologia empregada. Na metodologia utilizando dieta em pedaço, o maior índice de mortalidade larval após 10 dias da aplicação foi verificado com os inseticidas químicos (96,67%), seguido de *B. bassiana* (20%), enquanto *M. anisopliae* e *B. bassiana* + *M. anisopliae*

não diferiram da testemunha. Apesar da baixa mortalidade com os fungos, o ganho de peso das lagartas foi prejudicado com a dieta tratada, de modo que todos os tratamentos com os fungos diferiram da testemunha, com redução média de 43%. Com a metodologia em dieta solidificada, os índices de mortalidade nos tratamentos com fungos em geral foram maiores. As maiores médias de mortalidade ocorreram com o inseticida químico (100%), *M. anisopliae* (80%) e *B. bassiana* (60%), sendo que *M. anisopliae* não diferiu dos inseticidas nem de *B. bassiana*. Interessante observar que a aplicação combinada *B. bassiana* + *M. anisopliae* causou baixa mortalidade e similar à testemunha, além de proporcionar maior ganho de peso das lagartas de *S. frugiperda*, evidenciando um efeito antagônico com a mistura dos fungos. Esses resultados corroboram os efeitos de campo na 1ª safra, onde a aplicação em mistura apresentou numericamente as maiores notas de injúria.

Poucas informações são encontradas na literatura comparando metodologias de aplicação de fungos entomopatogênicos em laboratório utilizando dieta artificial para avaliação sobre lagartas como *S. frugiperda*. Thomazoni, Formentini e Alves (2014) avaliaram em condições laboratoriais a patogenicidade de 49 isolados dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* contra lagartas de *S. frugiperda*. Lagartas de terceiro ínstar foram imersas em suspensões contendo  $1 \times 10^9$  conídios/mL de cada isolado e, em seguida, individualizadas em placas de Petri contendo dieta artificial. Os isolados de *B. bassiana* mostraram-se mais eficientes, com destaque para Unioeste 26 que provocou 44,5% de mortalidade e gerou a maior quantidade de conídios.

Em outro estudo, Barros et al. (2020) utilizaram *M. rileyi* na concentração de  $2 \times 10^9$  conídios/mL. As suspensões de cada isolado foram pulverizadas (800 µl) em placas de Petri (15 cm de diâmetro) usando frascos de vidro de 2 mL com válvula de pulverização, certificando-se de que toda a superfície das placas fosse coberta com a suspensão celular. Os efeitos mais pronunciados ocorreram entre o sexto e oitavo dia após aplicação, com taxas de mortalidade variando de 74 a 84%.

Os resultados dos bioensaios conduzidos no presente trabalho demonstram que diferenças nos efeitos sobre o desempenho biológico de *S. frugiperda* podem ocorrer em função do grau de exposição e alimentação da dieta tratada com os fungos entomopatogênicos. Foi verificado que a metodologia de aplicação dos fungos sobre a dieta artificial solidificada ao fundo da placa de Petri foi mais adequada do que utilizando dieta em pedaço e aplicação dos fungos no papel filtro. Os maiores índices de mortalidade com a dieta solidificada ao fundo da placa provavelmente ocorreram em função do maior contato das lagartas com os fungos ao longo do experimento. Com a dieta em pedaço, as lagartas novas devem ter ficado mais tempo

se alimentando sobre a dieta, sendo menos expostas à ação de contato dos fungos. Desse modo, o uso dessa metodologia pode facilitar o screening de isolados ou avaliação de produtos comerciais quanto à eficiência de controle da praga.

O controle da lagarta-do-cartucho e da cigarrinha-do-milho com os fungos entomopatogênicos *B. bassiana*, *M. anisopliae* tem mostrado potencial devido à sua especificidade na infecção dos insetos e baixa toxicidade ambiental. No entanto, desafios como a formulação adequada dos produtos, condições ambientais desfavoráveis para aplicação, como baixa umidade e alta radiação UV, e a variabilidade na virulência dos isolados podem limitar sua eficácia no campo. Além disso, é necessário compreender melhor as interações multitróficas entre fungos, pragas e plantas hospedeiras para otimizar as estratégias de biocontrole. Esforços em pesquisa e colaboração interdisciplinar são cruciais para superar essas limitações e integrar esses agentes microbiológicos ao manejo integrado de pragas.

## 7 CONCLUSÕES

- O fungo *B. bassiana* foi tão eficiente quanto os inseticidas químicos na redução de injúrias de *S. frugiperda* na cultura do milho na 1ª safra;
- Não houve efeito dos tratamentos na infestação de *D. maidis* e sintomas de virose-da-risca nas plantas em ambas as safras;
- A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pela aplicação dos tratamentos;
- A metodologia com aplicação dos fungos em dieta solidificada ao fundo da placa é mais adequada para uso em bioensaios de laboratório para avaliar os efeitos em *S. frugiperda*.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO-ROSA, A. P. S.; BARCELOS, H. T. **Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 30 p. (Documentos, 344).
- AHMAD, I.; JIMÉNEZ-GASCO, M. del M.; LUTHE, D. S.; BARBERCHECK, M. E. Systemic Colonization by *Metarhizium robertsii* Enhances Cover Crop Growth. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 2, p. 64, 17 maio 2020. doi: 10.3390/jof6020064.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711- 728, dez. 2013.
- ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ. 1998. 1163p.
- AMANDIO, D. T. T.; BERNARDI, D.; POLTRONIERI, A. S.; DO PRADO RIBEIRO, L. Bermudagrass plants endophytically colonized with *Metarhizium anisopliae* isolates reduces the biological performance of fall armyworm. **Symbiosis**, v. 92, n. 1, p. 63–73, 28 jan. 2024. doi: 10.1007/s13199-023-00958-0.
- APARECIDO, R.; JUNIOR, T.; JORGE; GHELLER, A. **Eficácia de inseticidas químicos e biológico no controle da cigarrinha do milho**. [s.l.: 2022.].
- ÁVILA, C. J. et al. A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 30, n.182, p. 18–25, 2021.
- ÁVILA, C. J.; DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, S.A. Insetos pragas: reconhecimento, comportamento, danos e controle. In: Milho: informações técnicas. Dourados: **EMBRAPA-CPAO**, 1997. p..157- 170 (EMBRAPA-CPAO: Circular técnica, 5).
- AVILA, C., de OLIVEIRA, C. M., MOREIRA, S. D. S., BIANCO, R., & TAMAI, M. (2022). Cigarrinha-do-milho: desafios ao manejo de enfezamentos e viroses na cultura do milho. **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**
- BALDO, M. N. **Comportamento anatômico, fisiológico e agrônômico do milho (*Zea mays* L.) submetido a estresses de ambiente em diferentes estádios fenológicos**. 2007. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. doi: 10.11606/D.11.2007.tde-28112007-110501.
- BARNES, D. **Biología, ecología, y distribución de las chicharritas, *Dalbulus elimatus* (Ball) y *Dalbulus maidis* (Del. & W.)**. Mexico: Secretaria de Agricultura y Ganaderia, Oficina de Estudios Especiales, 1954. 112 p. (Folleto Tecnico, 11).
- BARROS, S. K. A.; PITTA, R. M.; LOPES, R. B.; ALMEIDA, E. G. de; FERREIRA, F. T. R. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to infections caused by *Metarhizium rileyi*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020. doi: 10.1590/1983-40632020v5061713.

BEHIE, S. W.; ZELISKO, P. M.; BIDOCHKA, M. J. Endophytic Insect-Parasitic Fungi Translocate Nitrogen Directly from Insects to Plants. **Science**, v. 336, n. 6088, p. 1576–1577, 22 jun. 2012. doi: 10.1126/science.1222289.

BISCHOFF, JF, REHNER, SA, HUMBER, RA, 2009. Uma filogenia multilocus da linhagem *Metarhizium anisopliae*. **Mycologia** 101, 512e530. <https://doi.org/10.3852/07-202>.

BLOG VERDE. Ciclo do milho: duração, etapas e 3 fatores que afetam a produção. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/ciclo-do-milho/#:~:text=S%C3%A3o%20etapas%20como%20o%20preparo,regi%C3%A3o%20em%20que%20%C3%A9%20cultivado>. Acesso em 12 de outubro de 2024.

CANALE, M. C.; RIBEIRO, L. do P. Panorama do problema e ações de mitigação dos impactos causados pela cigarrinha-do-milho e complexo de enfezamentos em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 34, n. 2, p. 7-10, 2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5770-primeira-estimativa-para-safra-de-graos-2024-25-indica-producao-de-322-47-milhoes-de-toneladas>. Acesso em 23 de outubro de 2024.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - **Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Embrapa, 2019.

COSTA, J. H. B. D.; HAIDA, K. S. Segurança de Fungos Entomopatogênicos Para Vertebrados. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 293-302, 2009.

COSTA, R. V. da; SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; CAMPOS, L. J. M.; ALMEIDA, R. E. M. de; BERNARDES, F. P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. doi: 10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00872.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 1995. 45 p (**EMBRAPA-CNPMS: Circular técnica, 21**).

CRUZ, I; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS; C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal Of Pest Management**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 293-296, jan. 1999. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/096708799227707>.

DARSOU EI, R.; KARIMI, J.; STELINSKI, L. L. Endophytic colonization of sugar beet by *Beauveria varroae* and *Beauveria bassiana* reduces performance and host preference in army worm, *Spodoptera littoralis*. **Crop Protection**, v. 175, p. 106441, jan. 2024. doi: 10.1016/j.cropro.2023.106441.

DAVIS, Felicity M; NG, S; WILLIAMS, Wilbur P. **Visual rating scales for screening whole-stage corn resistance to fall armyworm**. Mississippi, 1992.

DEUNER, C.; BORGES, C. T.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G. E.; TUNES, L. V. M. Ácido jasmônico como promotor de resistência em plantas *Jasmonic acid as a promoter of resistance in plants*. **Revista de Ciências Agrárias**. [s.l: s.n.].

DU JARDIN, P. Plant biosimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, P: 3-14,2015.

DU, L.; SUN, Y.; CHEN, S.; FENG, J.; ZHAO, Y.; YAN, Z.; ZHANG, X.; BIAN, Y. A Novel Object Detection Model Based on Faster R-CNN for *Spodoptera frugiperda* According to Feeding Trace of Corn Leaves. **Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 248, 9 fev. 2022. doi: 10.3390/agriculture12020248.

EGGER, B.; SPANGL, B.; KOSCHIER, E. H. Continuous exposure to the deterrents cis-jasmone and methyl jasmonate does not alter the behavioural responses of *Frankliniella occidentalis*. **Entomologia experimentalis et applicata**, v. 158, n. 1, p. 78-86, 2016.

EMBRAPA. **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Secagem e Armazenamento. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica> Acesso: 05/11/2024

FARIAS JR, Andow DA, Horikoshi RJ, Sorgatto RJ, Fresia P, Santos AC, Omoto C (2014) Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection* 64:150-158.

FATORETTO, J. C.; MICHEL, A. P.; SILVA FILHO, M. C.; SILVA, N. Adaptive Potential of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Limits Bt Trait Durability in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 8, n. 1, jan. 2017. doi: 10.1093/jipm/pmx011. Acesso em: 18 dez. 2024.

FIGUEIREDO, M. L. C. et al. Efeito do inseticida Chlorpyrifos e sua interação com inimigos naturais na supressão de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 325-339, 2006.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G.C; BERTI FILHO, E. PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J.D.MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba:FEALQ, 2002. 20 p.

GALVÃO, S. R. Enfezamentos do milho: incidência do fitoplasma e espiroplasma, dinâmica populacional, expressão de sintomas e caracterização molecular do fitoplasma com base no gene SecY. 2019. Tese Doutorado em Ciências. **Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 2019

GARRIDO-JURADO I, RESQUÍN-ROMERO G, AMARILLA SP, RÍOS-MORENO A, CARRASCO L, QUESADA-MORAGA E (2017) Colonização endofítica transitória de plantas de melão por fungos entomopatogênicos após aplicação foliar para o controle de *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). **J Pest Sci** 90:319–330

GONZÁLEZ-MAS, N.; GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, F.; SÁNCHEZ-ORTIZ, A.; GRANDI, L.; TURLINGS, T. C. J.; MANUEL MUÑOZ-REDONDO, J.; MORENO-ROJAS, J. M.; QUESADA-MORAGA, E. Endophytic Colonization by the Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassiana* Affects Plant Volatile Emissions in the Presence or Absence of Chewing and Sap-Sucking Insects. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 26 jul. 2021. doi: 10.3389/fpls.2021.660460.

GUPTA, R. et al. The Entomopathogenic Fungi *Metarhizium brunneum* and *Beauveria bassiana* Promote Systemic Immunity and Confer Resistance to a Broad Range of Pests and Pathogens in Tomato. **Phytopathology**®, v. 112, n. 4, p. 784–793, abr. 2022.

HESKETH, H., ROY, HE, EILENBERG, J., PELL, JK, HAILS, RS, 2010. Desafios na modelagem da complexidade de entomopatógenos fúngicos em populações seminaturais de insetos. **The Ecology of Fungal Entomopathogens** 55, 55e73. [https://doi.org/ 10.1007/978-90-481-3966-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3966-8_5).

İNCİ, Abdullah; KILIÇ, Engin; CANHİLAL, Ramazan. Entomopathogens in control of urban pests. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, [s. l.], v. 61, n. 2, p.155-160, 2014.

JABER LR, OWNLEY BH (2018) Podemos usar fungos entomopatogênicos como endófitos para controle biológico duplo de pragas de insetos e patógenos de plantas? **Biol Control** 116:36–45

KHACHATOURIANS, George G.; QAZI, Sohail S.. Entomopathogenic Fungi: Biochemistry and Molecular Biology. In: BRAKHAGE, Axel A.; ZIPFEL, Peter F. (Ed.). **Human and Animal Relationships**. 2. ed. Berlin: Springer, 2008. p. 33-61. (The Mycota).

LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBRIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1–41, nov. 2015. doi: 10.1016/j.jip.2015.07.009.

LEIDERMAN, L.; SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais (*Laphygma frugiperda*, Abbot e Smith, 1797). **O biológico, Campinas**, v. 19, n. 6, p. 105, 1953.

LIBERA, D. S. Della; ANDRADE, J. A. da C.; DE BARROS, F. A. D.; REZENDE, J. L. B.; SILVA, T. C.; NUNES, T. C.; CERESINI, P. C. Controle biológico da cigarrinha (*Dalbulus maidis*) e da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) do milho com *Beauveria SSP* / Biological control of corn leafhopper (*Dalbulus maidis*) and corn borer caterpillar (*Spodoptera frugiperda*) with *Beauveria SSP*. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 41727–41738, 27 maio 2022. doi: 10.34117/bjdv8n5-587.

LIRA, A. C. de; MASCARIN, G. M.; DELALIBERA JÚNIOR, Í. Microsclerotia production of *Metarhizium* spp. for dual role as plant biostimulant and control of *Spodoptera frugiperda* through corn seed coating. **Fungal Biology**, v. 124, n. 8, p. 689–699, ago. 2020. doi: 10.1016/j.funbio.2020.03.011.

LOVETT, B., e St. Leger, RJ (2017). Os patógenos de insetos. **Microbiol. Espectro** 5, 923–943. doi: 10.1128/microbiolspec.FUNK-0001-2016

LU, H.-L.; ST. LEGER, R. J. Insect Immunity to Entomopathogenic Fungi. Em: [s.l: s.n.] p. 251–285. 2016.

LUGINBIL, P. The fall armyworm. Technical Bulletin United States. **Department of Agriculture**, v. 34, p. 1-91, 1928.

MANTZOUKAS S, ELIOPOULOS PA (2020) Fungos entomopatogênicos endofíticos: Uma valiosa ferramenta de controle biológico contra pragas de plantas. **Appl Sci** 10:360

MARÍN, R. Biología y comportamiento de *Dalbulus maidis* (Homoptera-Cicadellidae). **Revista Peruana de Entomología**, v. 30, p. 113-117, 1987.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 177, 15 nov. 2016.

MCKINNON, A. C.; SAARI, S.; MORAN-DIEZ, M. E.; MEYLING, N. V.; RAAD, M.; GLARE, T. R. *Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential. **BioControl**, v. 62, n. 1, p. 1–17, 13 fev. 2017. doi: 10.1007/s10526-016-9769-5.

MELO, E. P. de; DEGRANDE, P. E.; LIMA JUNIOR, I. dos S. de; SUEKANE, R.; KODAMA, C.; FERNANDES, M. G. Disposição espacial e injúrias da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 343–349, jun. 2014. doi: 10.1590/S0034-737X2014000300007.

MONDAL, S.; BAKSI, S.; KORIS, A.; VATAI, G. Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. **Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering**, v. 18, n. 2, p. 85–99, jul. 2016. doi: 10.1016/j.psra.2016.10.001.

MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R. A.; PAREJA, M.; SERENO, F. T. P. S.; MICHEREFF, M. F. F.; BIRKETT, M. A.; PICKETT, J. A.; BORGES, M. Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisi* to defence signals from soybean activated by treatment with cis - jasmone. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 131, n. 2, p. 178–188, 9 maio 2009. doi: 10.1111/j.1570-7458.2009.00836.x.

MOREIRA, Suelen Cristina da Silva et al. Cigarrinha sob análise. **Revista Cultivar**, ano XXII, nº 282, novembro de 2022.

NG, S.S.; DAVIS, F.M.; WILLIAMS, W.P. Coordinating supplies of southwestern corn borers (Lepidoptera: Pyralidae) and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) by manipulating development time using temperature. **Journal of Economic Entomology, Lanham**, v. 80, n. 6, p. 1340-1344, 1987.

OLIVEIRA, C.M.; OLIVEIRA, E.; CANUTO, M.; CRUZ, I. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 297-303, 2007.

OMOTO C, Bernardi O, Salmeron E, Sorgatto RJ, Dourado PM, Crivellari A, Carvalho RA, Willse A, Martinelli S, Head GP (2016) Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. *Pest Management Science* 72:1727-1736.

ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. Action on the Surface: Entomopathogenic Fungi versus the Insect Cuticle. **Insects**, v. 4, n. 3, p. 357–374, 16 jul. 2013. doi: 10.3390/insects4030357.

OWNLEY, B. H.; GWINN, K. D.; VEGA, F. E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. **BioControl**, v. 55, n. 1, p. 113–128, 28 fev. 2010.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C.W.; DUARTE, W. (Org.). **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos** Brasília: Paralelo 15, 2000. p.11-41.

PHAVISETH, K.; PHOMMALATH, S.; THAVONESACK, T. Controlling Soybean Insect Pests and Yield Losses with Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **International Journal of Agricultural Economics**, 28 dez. 2023.

PICANÇO, M. C.; GONRING, A. H. R.; OLIVEIRA, IR de. **Manejo integrado de pragas**. Viçosa, MG: UFV, 2010.

PINTO, M. R. **Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e o complexo dos enfezamentos**: características de transmissão, disseminação e controle. 2021. Revisão bibliográfica (Graduação) – Curso de Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.

QUESADA-MORAGA, E. (2020). Fungos entomopatogênicos como endófitos: sua contribuição mais ampla para o MIP e a produção agrícola. **Biocontrol Sci. Technol.** 30, 864–877. doi: 10.1080/09583157.2020.1771279.

RAMOS, Y.; TAIBO, A. D.; JIMÉNEZ, J. A.; PORTAL, O. Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 1, p. 20, 2 dez. 2020. doi: 10.1186/s41938-020-00223-2.

REHNER, S. A. et al. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. **Mycologia**, v. 103, n. 5, p. 1055–1073, 20 set. 2011.

RIBEIRO, G. C. D. **Distribuição espacial e temporal de cigarrinhas (hemiptera: cicadellidae) na cultura do milho no nordeste paraense**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, 2019.

RIBEIRO LP, Cazarotto AR (2019) Cigarrinhas-das-pastagens em Santa Catarina: avaliação do complexo de espécies e da incidência natural de fungos entomopatogênicos. **Agrop Catarinense** 32:73–79

- ROBERTS, DW, St Leger, RJ, 2004. *Metarhizium* spp., fungos cosmopolitas patogênicos de insetos: aspectos micológicos. *Adv. Appl. Microbiol.* 54, 1e70. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(04\)54001-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(04)54001-7).
- ROHRLICH, C.; MERLE, I.; MZE HASSANI, I.; VERGER, M.; ZUIN, M.; BESSE, S.; ROBÈNE, I.; NIBOUCHE, S.; COSTET, L. Variation in physiological host range in three strains of two species of the entomopathogenic fungus *Beauveria*. **PLOS ONE**, v. 13, n. 7, p. e0199199, 5 jul. 2018. doi: 10.1371/journal.pone.0199199.
- ROSSINI, L. A. C.; SANTOS, G.; RIBEIRO, J. D.; REIS, F. B. Associação de surfactantes a inseticidas para o controle de *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott, 1923) (hemiptera: cicadellidae) na cultura do milho. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 4022-4029, 2020.
- SAMSON, Robert A.; EVANS, Harry C.; LATGÉ, Jean-Paul. **Atlas of Entomopathogenic Fungi**. Berlin: Springer, 1988. 187 p.
- SILVA, D. F. da; GARCIA, P. H. de M.; SANTOS, G. C. de L.; FARIAS, I. M. S. C. de; PÁDUA, G. V. G. de; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E. da; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172, 8 mar. 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i3.13172.
- SMITH, J. E. (1797). A description of *Ceropia*, a genus of insects belonging to the family of phalænæ. **Transactions of the Linnean Society of London**, 3(1), 1-5.
- BARROS, E. M.; Torres, J. B. (1968) História de vida de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).
- SPARKS TC, Storer N, Porter A, Slater R, Nauen R (2021) Insecticide resistance management and industry: the origins and evolution of the Insecticide Resistance 41 Action Committee (IRAC) and the mode of action classification scheme. **Pest Management Science** 77(6):2609-2619.
- TEFERA, T.; PRINGLE, K. L. Evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for Controlling *Chilo partellus* (Lepidoptera: Crambidae) in Maize. **Biocontrol Science and Technology**, v. 14, n. 8, p. 849–853, dez. 2004. doi: 10.1080/0958315041000172707.
- THOMAZONI, D.; FORMENTINI, M. A.; ALVES, L. F. A. Patogenicidade de isolados de fungos entomopatogênicos à *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 2, p. 126–133, abr. 2014. doi: 10.1590/1808-1657001162012.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign Agricultural Service**. 2023. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 23 de setembro de 2023.
- VEGA. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. **Mycologia**, v. 110, n. 1, p. 4–30, 2 jan. 2018. doi: 10.1080/00275514.2017.1418578.

WANG, Q.; XU, L. Beauvericin, a Bioactive Compound Produced by Fungi: A Short Review. **Molecules**, v. 17, n. 3, p. 2367–2377, 24 fev. 2012.