

CONTROLE BIOLÓGICO E QUÍMICO DE PRAGAS NA CULTURA DO MILHO

BIOLOGICAL AND CHEMICAL CONTROL OF PESTS IN CORN CROPS

Matheus Alexandre Medyk¹; Lucas Gonçalves Ferreira²; Ariadne Waureck³

Resumo: O milho (*Zea mays*) é uma cultura essencial para a alimentação humana e animal, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial. No entanto, enfrenta pragas como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), o percevejo-barriga-verde (*Dichelops furcatus*) e a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), esta última vetor de doenças como o enfezamento, que prejudicam o crescimento das plantas e reduzem a produtividade. O controle dessas pragas é fundamental para manter o rendimento da cultura. Inseticidas químicos, como Imidacloprid e Beta-ciflutrina, são amplamente usados devido à sua eficácia, mas seu uso excessivo pode causar resistência e impactos ambientais. Assim, torna-se necessária a rotação de princípios ativos e a adoção de métodos mais sustentáveis, como o uso de inseticidas biológicos, a exemplo do *Beauveria bassiana*, que atua de forma parasitária nos insetos. Este estudo, realizado na Fazenda Suruvi, em Ponta Grossa (PR), avaliou a produtividade e os componentes de rendimento do milho sob diferentes tratamentos de controle de pragas: químico, biológico e a combinação de ambos. Os resultados indicaram que os tratamentos com inseticidas químicos e sua combinação com os biológicos proporcionaram maior produtividade, número de grãos por espiga e peso de mil grãos, em comparação ao controle biológico isolado e à testemunha. O biológico isolado não ofereceu controle eficaz das pragas. A combinação de métodos demonstrou ser a estratégia mais eficiente e sustentável, reforçando a importância do manejo integrado de pragas para garantir alta produtividade com menor impacto ambiental.

Palavras-Chave: *Zea mays*. Componentes de rendimento. Pragas. Cigarrinha-do-milho.

Abstract: Corn (*Zea mays*) is an essential crop for human and animal consumption, with Brazil being the third largest producer in the world. However, it faces pests such as the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), the green-bellied bug (*Dichelops furcatus*) and the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*), the latter of which is a vector of diseases such as corn stunt, which harm plant growth and reduce productivity. Controlling these pests is essential to maintaining crop yields. Chemical insecticides, such as Imidacloprid and Beta-cyfluthrin, are widely used due to their effectiveness, but their excessive use can cause resistance and environmental impacts. Therefore, it is necessary to rotate active ingredients and adopt more sustainable methods, such as the use of biological insecticides, such as *Beauveria bassiana*, which acts as a parasite on insects. This study, conducted at the Suruvi Farm in Ponta Grossa (PR), evaluated the productivity and yield components of corn under different pest control treatments: chemical, biological and a combination of both. The results indicated that treatments with chemical insecticides and their combination with biological ones provided greater productivity, number of grains per ear and thousand-grain weight, compared to biological control alone and the control. The biological control alone did not provide effective pest control. The combination of methods proved to be the most efficient and sustainable strategy, reinforcing the importance of integrated pest management to ensure high productivity with less environmental impact.

Keywords: *Zea mays*. Yield components. Pests. Corn leafhopper.

¹Aluno do Curso de Engenharia Agrônômica, Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, Ponta Grossa, PR – Brasil, E-mail: matheus.medyk2@gmail.com

²Aluno do Curso de Engenharia Agrônômica, Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, Ponta Grossa, PR – Brasil, E-mail: lucas.goncalves@gmail.com

³Professora Doutora da Faculdades Integradas do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, Ponta Grossa, PR – Brasil, E-mail: ariadne.waureck@cescage.edu.br

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é amplamente reconhecido como uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, sendo crucial tanto para a alimentação humana quanto animal, além de desempenhar um papel essencial em diversas indústrias. Sua origem remonta à América Central e do Sul, conforme apontado por Silva et al. (2014). A domesticação do milho é um marco histórico, ocorrendo aproximadamente há 7 mil anos nas regiões do México e dos Andes (Kistler, 2018). A partir desses territórios, a cultura do milho se disseminou por todo o continente americano, sendo mais tarde levada pelos colonizadores europeus para diferentes partes do globo, ampliando consideravelmente sua importância global (SILVA et al., 2014).

No contexto nacional, o milho ocupa uma posição de destaque na agricultura brasileira, com uma área plantada que atinge cerca de 22 milhões de hectares e uma produção superior a 123 milhões de toneladas anualmente (Conab, 2023). O Brasil se consolidou como o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (FAO, 2023).

O milho (*Zea mays*) desempenha um papel multifacetado na economia, sendo utilizado em uma infinidade de produtos derivados, como ração animal, óleo, farinha, amido, biocombustíveis e bebidas alcoólicas, além de ser base para diversos alimentos e ingredientes industriais. Sua versatilidade e presença em tantos setores tornam-no indispensável na cadeia produtiva, especialmente no que se refere à alimentação animal e à produção de alimentos processados. Além disso, o milho é essencial para a segurança alimentar global, pois é uma cultura capaz de se adaptar a diferentes condições climáticas e tipos de solos, o que o torna fundamental para garantir a estabilidade das produções agrícolas em diversos contextos (GONÇALVES et al., 2020).

Do ponto de vista ambiental, o milho tem um papel importante na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Seus resíduos, como folhas e palhas, são frequentemente utilizados na cobertura do solo em práticas de plantio direto, ajudando a prevenir a erosão, conservar a umidade do solo e promover a biodiversidade subterrânea. Além disso, o milho é uma cultura com grande potencial para a produção de bioenergia, especialmente na forma de biocombustíveis, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e a mitigação dos impactos das emissões de gases de efeito estufa (SILVA et al., 2021).

Nos Campos Gerais, a cultura do milho enfrenta uma série de desafios fitossanitários, sendo as pragas um dos principais fatores limitantes para a produtividade da cultura. Entre as pragas mais prejudiciais, destaca-se a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), que causa danos significativos ao milho, comprometendo tanto a qualidade quanto o rendimento das lavouras. De acordo com Bayer Agro (2022) e Fundação ABC (2024), essa praga ataca o milho em todas as fases de seu desenvolvimento, desde a fase inicial da planta até a maturação, tornando-a uma ameaça constante para os produtores.

A lagarta-do-cartucho consome as folhas da planta, sendo capaz de danificar tanto a parte aérea quanto as estruturas internas, como o cartucho, que é a região terminal do milho. O ataque da lagarta nesse local resulta em sintomas típicos, como o “coração morto”, onde a parte mais interna da planta, que contém as folhas em formação, é destruída, impedindo o desenvolvimento adequado das espigas. Além dos danos diretos causados pela alimentação da lagarta, a presença dessa praga pode abrir portas para infecções secundárias de fungos e bactérias, agravando ainda mais os problemas fitossanitários nas lavouras. Isso ocorre porque as áreas danificadas pelas larvas tornam-se mais suscetíveis a infecções, que podem comprometer a saúde da planta e reduzir ainda mais sua capacidade de produzir (SILVA et al., 2021).

O percevejo-barriga-verde (*Dichelops furcatus*) é uma das pragas mais prejudiciais à cultura do milho, causando uma série de danos que afetam diretamente a produtividade e a qualidade das lavouras. Além de promover a desfolha das plantas, esse inseto suga a seiva das folhas e do colmo, o que resulta em deformações nas partes atacadas e, em casos mais severos, em uma perda de produtividade que pode superar 30% (Fundação ABC, 2024; 3Tentos, 2022).

O pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*) é uma praga prejudicial à cultura do milho, devido ao seu impacto direto na produtividade e à sua capacidade de transmissão de doenças virais. Essa espécie de inseto se alimenta da seiva das plantas, utilizando seu aparelho bucal sugador para

perfurar os tecidos vegetais, o que compromete o desenvolvimento da planta ao reduzir a disponibilidade de nutrientes e água para as estruturas reprodutivas e foliares (SILVA et al., 2019).

A cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*) é um inseto que tem se tornado uma das principais ameaças à cultura do milho no Brasil, especialmente devido ao seu papel como vetor de doenças como o enfezamento, uma condição fitossanitária que prejudica severamente a produtividade das lavouras. Segundo Silva et al. (2021), essa praga tem causado perdas expressivas na produção de milho, sendo um fator limitante importante para os produtores da cultura. O enfezamento, transmitido pela cigarrinha, é uma doença que afeta a planta de forma crônica, comprometendo seu desenvolvimento e qualidade, e levando à redução dos rendimentos, o que representa um desafio significativo para a agricultura brasileira.

Os sintomas de enfezamento no milho, causados pela cigarrinha (*Dalbulus maidis*), representam uma das principais ameaças à produtividade da cultura. Essa praga, além de danificar diretamente as plantas, é a principal responsável pela transmissão de doenças que afetam a saúde das lavouras, sendo o enfezamento uma das mais comuns e destrutivas. O enfezamento do milho pode ser classificado em dois tipos principais: o enfezamento vermelho e o enfezamento pálido, ambos com manifestações que prejudicam o desenvolvimento das plantas e comprometem a qualidade dos grãos. De acordo com Silva et al. (2021), as consequências desses tipos de enfezamento podem ser devastadoras para os produtores, resultando em perdas de produtividade que podem variar entre 30% e 50%, dependendo da severidade da infecção.

Uma das abordagens inovadoras no controle das cigarrinhas e, conseqüentemente, na mitigação dos efeitos do enfezamento do milho, envolve o uso de fungos entomopatogênicos, como o *Beauveria bassiana*. Estudos demonstram que esses fungos possuem grande potencial no controle biológico de insetos, incluindo as cigarrinhas, que são os principais vetores do enfezamento (Costa et al., 2018; Cicero et al., 2015). Esses fungos atuam de maneira parasitária, infectando e matando as pragas, e são especialmente eficazes quando aplicados de forma preventiva, antes que as cigarrinhas se espalhem amplamente nas lavouras. Ao entrar em contato com os esporos do fungo, a cigarrinha se torna vulnerável, pois esses esporos germinam rapidamente na superfície do inseto e liberam enzimas que degradam a quitina do exoesqueleto. Esse processo facilita a penetração do fungo no corpo do inseto, iniciando a infecção interna (COSTA et al., 2018).

O controle de pragas no milho, por meio do uso de inseticidas químicos, continua sendo uma das estratégias mais eficazes para proteger a produtividade e a qualidade das lavouras, especialmente em cenários onde a infestação de pragas é alta e a ameaça aos rendimentos é iminente. A principal vantagem dos inseticidas químicos reside em sua eficácia imediata, uma vez que esses produtos podem reduzir rapidamente a população de insetos nocivos, prevenindo danos severos que comprometeriam o desenvolvimento das plantas e a qualidade dos grãos (Medeiros et al., 2022). Quando aplicados de forma estratégica e dentro dos períodos recomendados, os inseticidas têm a capacidade de fornecer uma proteção eficaz à cultura, minimizando os impactos de pragas como a cigarrinha do milho e a lagarta-do-cartucho, que, se não controladas, podem causar perdas expressivas na produtividade (Silva et al., 2022).

Dentre os tipos de inseticidas, os sistêmicos se destacam por sua capacidade de serem absorvidos pela planta e transportados para diferentes partes da cultura, proporcionando uma proteção mais duradoura. Ao longo de um período prolongado, esses inseticidas sistêmicos continuam ativos dentro da planta, agindo na praga ao longo de algumas semanas e reduzindo a necessidade de reaplicações frequentes (Medeiros et al., 2022). No entanto, embora a eficácia inicial dos inseticidas seja indiscutível, seu uso contínuo e excessivo pode desencadear um fenômeno preocupante: o desenvolvimento de resistência às pragas.

O uso excessivo e repetido de inseticidas químicos pode levar à adaptação das pragas, gerando populações resistentes que não são mais afetadas pelos produtos químicos utilizados (Silva et al., 2022). Isso torna o controle de pragas mais desafiador, já que os agricultores são forçados a recorrer a inseticidas mais potentes ou, em alguns casos, até a tecnologias emergentes que podem aumentar os custos de produção e ter impactos negativos na biodiversidade local. Além disso, o uso indiscriminado de produtos químicos pode gerar sérios problemas ambientais, como a contaminação

do solo e da água, prejudicando a saúde do ecossistema agrícola e podendo afetar organismos benéficos que desempenham papéis essenciais no equilíbrio ecológico, como os polinizadores e predadores naturais de pragas (Medeiros et al., 2023).

A fim de minimizar esses riscos e garantir um manejo sustentável das pragas, a rotação de princípios ativos entre diferentes classes de inseticidas torna-se uma prática imprescindível. Alternar entre produtos com diferentes modos de ação reduz a pressão seletiva sobre as pragas, dificultando a adaptação e o desenvolvimento de resistência. A rotação de inseticidas pode ser uma solução eficaz a longo prazo, pois ela preserva a eficácia dos produtos e contribui para o controle de pragas de forma mais sustentável, evitando que uma única classe de inseticida domine o ambiente e favoreça o aparecimento de alguma determinada resistência (Silva et al., 2022).

Uma alternativa cada vez mais considerada no controle de pragas é o uso de inseticidas biológicos, como o *Beauveria bassiana*. Ele atua de maneira mais específica, atacando apenas os insetos-alvo, o que reduz os impactos sobre outros organismos benéficos presentes no ecossistema agrícola. O uso de inseticidas biológicos, portanto, favorece a preservação da biodiversidade, incluindo predadores naturais de pragas, como joaninhas e outras espécies benéficas, que desempenham papéis fundamentais no controle natural das populações de pragas (Costa et al., 2022; Galvão et al., 2023). Além disso, os inseticidas biológicos têm um impacto ambiental muito menor, uma vez que não contaminam os solos nem as águas subterrâneas de forma significativa, como ocorre com os produtos químicos.

A integração de métodos de controle biológico com os inseticidas químicos tradicionais contribui não só para a sustentabilidade da produção agrícola, mas também para um manejo mais equilibrado e eficaz das pragas. Essa estratégia integrada permite que os agricultores reduzam a dependência de produtos químicos, preservando a saúde do solo e o equilíbrio dos ecossistemas agrícolas. Além disso, o controle biológico pode proporcionar uma forma mais duradoura e menos prejudicial de manejar as populações de pragas, o que, a longo prazo, pode resultar em uma maior sustentabilidade na produção de milho (Galvão et al., 2023). Essa abordagem integrada, combinando produtos químicos, biológicos e práticas de manejo cultural, contribui para a proteção das lavouras e para a conservação do meio ambiente, criando um sistema agrícola mais resiliente e sustentável.

O objetivo deste estudo é avaliar a produtividade do milho com a aplicação de diferentes tipos de inseticidas, incluindo o químico, biológico e uma combinação de ambos, visando analisar a eficiência de cada abordagem no controle de pragas e seu impacto nos componentes de rendimento e produtividade da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Suruvi em Ponta Grossa, distrito de Uvaia, sobre as coordenadas -25.028905735694067, -50.41295141049881. O solo da área é caracterizado como Latossolo.

O híbrido de milho escolhida foi a AG 9025 PRO3. A cultura foi instalada no campo nos dias 4 e 5 de setembro, com uma população de 90.000 plantas ha⁻¹ com 0,45 m de espaçamento entre linhas e 4 cm de profundidade, resultando em 4,05 plantas por metro.

A adubação de base utilizada foi 400 Kg ha⁻¹ de MAP (11-52-00). A adubação de cobertura foi realizada em V5 com 200 Kg ha⁻¹ de KCL (00-00-60) e 200 Kg ha⁻¹ de uréia (45-00-00).

Para o atingirmos o aproveitamento pleno da cultura foi realizada uma análise de solo em parceria com a Coopagrícola para a realização do experimento.

O experimento foi em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo eles: 1- Testemunha; 2-Inseticida químico; 3-Inseticida biológico; 4-Inseticida químico + biológico. Foi utilizado um inseticida biológico (na dose de 0,5 L ha⁻¹) à base de *Beauveria bassiana* e o inseticida químico (na dose de 1(L ha⁻¹), a base de Imidacloprido (100g/L) + Beta-ciflutrina (12,5 g/L). As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal entre a fase V2 e V8, perfazendo 4 aplicações.

As parcelas foram divididas em 4,00m de comprimento por 2,25 de largura (5 linhas de 0,45 m), gerando parcelas de 9,00m² cada e experimento com área total de 16,00 m de comprimento por

9,00m de largura (com área total de 144,00m²); refúgio de 3,00m do restante da área.

Os tratamentos foram feitos da seguinte forma: T = testemunha sem tratamento; IQ = tratamento com inseticida químico Imidacloprid 100 g/l + Beta-Ciflutrina 12,5 g/L, registro no ministério 4804, Suspensão Concentrada (SC), modo de ação: sistêmico, na dose de 1,0 L/há; IB = tratamento com inseticida biológico *Beauveria bassiana*, Isolado IBCB 66 (contendo 1×10^9 ufc/g de produto) 50 g/Kg (5% m/m) da classe de inseticida e acaricida microbiológico de contato, tipo de formulação pó molhável (WP) na dose de 0,5 Kg p.c./ha (8×10^{12} conídios/ha); IBQ = tratamento com inseticida biológico e químico.

O controle de plantas daninhas foi feito de maneira uniforme em todos os tratamentos. A primeira entrada foi 5 dias pré-plantio com herbicida à base de Cletodim na dose de p.c. 0,5 L/ha. O controle de plantas daninhas na pós-emergência do trigo foi feito em V4 com Glifosato WG na dose de p.c 720 g/Kg, aplicado com 2 Kg/ha.

O controle de patógenos com fungicida seguiu a mesma regra para todos os tratamentos. A aplicação foi realizada em V7 com um fungicida sistêmico e outro protetor. O fungicida sistêmico tinha como base Prothioconazol 175 g/L, Bixafem 125 g/L e Trifloxistrobina 150 g/L, aplicado com a dose de 0,5 L/ha. O fungicida protetor era a base de Mancozebe 750 g/Kg e foi aplicado com 2 Kg/ha.

Foram avaliados os componentes de rendimento do milho, sendo eles: fileiras por espiga, grãos por fileira, peso de mil grãos e produtividade. Os componentes citados foram avaliados no software R studio e analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 indicam diferenças significativas no número de fileiras por espiga de milho entre os tratamentos avaliados, evidenciando o impacto das diferentes estratégias de manejo na produtividade da cultura. Observa-se que os tratamentos biológicos e testemunha não diferiram estatisticamente entre si, ambos apresentando os menores valores médios de fileiras por espiga (15,00 e 15,25, respectivamente). Por outro lado, o tratamento químico e a combinação de biológico + químico demonstraram superioridade significativa, com médias de 17,25 e 17,75 fileiras por espiga, respectivamente.

Tabela 1. Número de fileiras por espiga.

Tratamento	Fileiras por espiga	
Testemunha	15,00	b
Biológico	15,25	b
Químico	17,25	a
Bio + Quí	17,75	a

Esses resultados sugerem que o uso exclusivo do fungo *Beauveria bassiana* no tratamento biológico não foi eficaz para melhorar a variável em questão nas condições específicas deste estudo. Isso pode ser atribuído a fatores como a interação com as condições ambientais (temperatura, umidade e solo), a fase de desenvolvimento da planta no momento da aplicação ou mesmo a pressão de pragas e doenças presente no campo experimental. Em condições subótimas, o fungo pode não se estabelecer adequadamente ou não alcançar a densidade populacional necessária para exercer um efeito protetor ou promotor de crescimento significativo.

O tratamento químico, por sua vez, demonstrou clara eficiência, provavelmente devido à sua capacidade de controle direto e imediato sobre pragas ou patógenos que comprometem o desenvolvimento pleno das espigas. O efeito positivo do tratamento químico também foi potencializado na combinação biológico + químico, indicando uma interação sinérgica entre os dois métodos. Essa combinação parece reunir os benefícios do controle rápido proporcionado pelo químico com possíveis efeitos de promoção de crescimento ou equilíbrio biológico oriundos do tratamento biológico.

Os resultados reforçam a importância de estratégias integradas no manejo da cultura do milho. O uso exclusivo de agentes biológicos pode não ser suficiente em condições adversas ou com alta pressão de pragas, enquanto o uso combinado de tratamentos biológicos e químicos pode proporcionar uma solução mais eficiente e sustentável. Ademais, a escolha do manejo adequado deve considerar as condições específicas do ambiente, o custo dos insumos, os objetivos de sustentabilidade e a necessidade de maximizar a produtividade.

Os dados apresentados na Tabela 2 evidenciam diferenças significativas no número de grãos por espiga entre os tratamentos avaliados, revelando o impacto das diferentes estratégias de manejo na produtividade do milho. Os tratamentos testemunha e biológico não diferiram estatisticamente entre si, apresentando os menores valores médios de grãos por espiga, com 456,25 e 466,50, respectivamente. Em contraste, os tratamentos químico e biológico + químico também não diferiram entre si, mas apresentaram desempenhos superiores, com médias de 533,00 e 553,00 grãos por espiga, respectivamente. Esses resultados demonstram a importância de um controle efetivo de pragas para maximizar o potencial produtivo da cultura.

Tabela 2. Grãos por espiga.

Tratamento	Grãos por espiga	
Testemunha	456,25	b
Biológico	466,50	b
Químico	533,00	a
Bio + Quí	553,00	a

O menor desempenho observado nos tratamentos testemunha e biológico pode ser explicado pela ausência de controle de pragas ou pela limitada eficácia do manejo biológico sob as condições específicas do experimento. O fungo *Beauveria bassiana*, utilizado no tratamento biológico, pode não ter conseguido controlar adequadamente as populações de pragas devido a fatores como alta pressão de infestação, condições ambientais desfavoráveis (como temperatura e umidade inadequadas) ou aplicação em momentos pouco propícios ao estabelecimento do agente biológico. Como consequência, as plantas submetidas a esses tratamentos enfrentaram maior estresse fisiológico causado pela ação das pragas, o que comprometeu processos essenciais para o desenvolvimento das espigas e o enchimento dos grãos.

Por outro lado, o tratamento químico, reconhecido por sua ação rápida e eficiente, mostrou-se eficaz na proteção das plantas, minimizando os danos causados pelas pragas e reduzindo o estresse que compromete a capacidade produtiva. Além disso, o tratamento biológico + químico demonstrou ainda maior potencial, sugerindo que a combinação dessas duas abordagens pode resultar em efeitos complementares ou mesmo sinérgicos. Esse desempenho superior indica que, enquanto o controle químico atua rapidamente no combate direto às pragas, o controle biológico pode contribuir para um manejo mais sustentável e de longo prazo, ajudando a equilibrar a microbiota do solo ou reduzindo a necessidade de aplicações químicas futuras.

O estresse causado por pragas afeta diretamente a capacidade das plantas de alocar seus recursos para o desenvolvimento dos grãos. No milho, a presença de pragas reduz a eficiência fotossintética das folhas, que são frequentemente danificadas, além de interferir na translocação de nutrientes para as espigas. Esses efeitos impactam negativamente o enchimento dos grãos, reduzindo tanto a quantidade quanto a qualidade do produto final (FAPESP, 2024). Nos tratamentos testemunha e biológico, essa relação é evidente, uma vez que o número de grãos por espiga foi significativamente menor.

Esses resultados reforçam a relevância de se adotar estratégias de manejo que integrem diferentes abordagens para maximizar a produtividade e promover a sustentabilidade do sistema agrícola. Embora o uso isolado de agentes biológicos, como o *Beauveria bassiana*, represente uma alternativa ambientalmente mais amigável, sua eficácia pode ser limitada em situações de alta pressão de pragas. Por outro lado, o uso combinado de tratamentos biológicos e químicos se destaca como uma solução promissora, ao unir a eficiência imediata dos químicos com os benefícios de longo prazo

do controle biológico. Essa abordagem integrada pode ser explorada de forma mais ampla, com estudos futuros voltados para otimizar as condições de aplicação dos biológicos e avaliar seu potencial de interação com tratamentos químicos. Além disso, a análise econômica desses métodos também é essencial para entender a viabilidade prática da adoção em diferentes contextos produtivos. Dessa forma, é possível alinhar ganhos produtivos com práticas agrícolas mais sustentáveis.

Os resultados apresentados na Tabela 3 revelam uma diferença clara no peso de mil grãos (PMS) entre os tratamentos avaliados, indicando o impacto direto das estratégias de manejo no desenvolvimento e qualidade final dos grãos de milho. Enquanto os tratamentos químico e biológico + químico apresentaram os maiores valores médios de PMS, com 524,88 g e 542,63 g respectivamente, os tratamentos testemunha e biológico mostraram valores significativamente menores, com 457,13 g e 457,50 g. A análise desses dados destaca a importância do controle efetivo de pragas na proteção do potencial produtivo da cultura.

Tabela 3. Peso de Mil Grãos (PMS).

Tratamento	Massa de Mil Grãos (gramas)	
Testemunha	457,13 g	b
Biológico	457,50 g	b
Químico	524,88 g	a
Bio + Quí	542,63 g	a

O menor desempenho observado nos tratamentos testemunha e biológico pode ser explicado pelas limitações na proteção contra pragas. No tratamento testemunha, onde não foi aplicado nenhum controle durante todo o ciclo da cultura, as plantas estiveram completamente expostas aos danos causados por diferentes pragas. Esses danos incluem desfolha por lagartas, que reduz a área foliar disponível para a fotossíntese, comprometendo a produção de energia necessária para o enchimento dos grãos, e danos diretos aos grãos por insetos sugadores, como o percevejo, que afetam tanto a formação quanto o peso dos grãos. Esses estresses cumulativos resultaram em um PMS inferior, indicando menor qualidade e desenvolvimento dos grãos.

No caso do tratamento biológico, embora tenha havido alguma forma de controle, a eficácia do agente biológico utilizado, o fungo *Beauveria bassiana*, foi limitada nas condições do experimento. Essa limitação pode estar associada a fatores como condições ambientais desfavoráveis, que afetam o estabelecimento do fungo, ou níveis elevados de infestação de pragas, que podem exigir um controle mais rápido e eficiente, característica que o biológico, isoladamente, pode não fornecer. Como resultado, o PMS no tratamento biológico foi apenas ligeiramente superior ao da testemunha, sem diferença estatística significativa.

Os tratamentos químico e biológico + químico, por sua vez, demonstraram maior eficácia no controle de pragas, refletindo diretamente no aumento do PMS. O tratamento químico, com sua ação rápida e direcionada, reduziu significativamente os danos causados por pragas ao longo do ciclo da cultura, protegendo as folhas responsáveis pela fotossíntese e evitando perdas nos grãos. A combinação de biológico + químico, além de manter esse nível elevado de proteção, pode ter proporcionado benefícios adicionais, como maior equilíbrio ecológico no sistema agrícola, resultado da interação entre o controle biológico e químico. Isso resultou no maior PMS observado, sugerindo que a sinergia entre essas abordagens contribui para a maximização do potencial produtivo da cultura.

O peso de mil grãos é um indicador importante da qualidade final do milho, sendo influenciado diretamente pela capacidade das plantas de converter os recursos disponíveis em grãos bem formados e com maior densidade. Os resultados mostram que, na ausência de um manejo adequado, como observado na testemunha e no tratamento biológico, o estresse causado por pragas compromete essa conversão, resultando em grãos menores e menos densos. Já o manejo químico, isolado ou combinado, preserva a integridade das plantas e garante maior eficiência no enchimento de grãos.

Esses dados reforçam a importância do manejo integrado de pragas para a produção de milho de alta qualidade. A combinação de métodos químicos e biológicos parece ser uma estratégia

promissora, ao unir os benefícios imediatos do controle químico com os potenciais ganhos em sustentabilidade e equilíbrio do sistema proporcionados pelo controle biológico. Estudos adicionais poderiam explorar o ajuste de doses, épocas de aplicação e condições ambientais ideais para maximizar a eficiência dos agentes biológicos, assim como o custo-benefício dessas combinações, especialmente em cenários de alta infestação de pragas. A adoção de estratégias integradas pode não apenas aumentar a produtividade, mas também promover práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes.

Os dados apresentados na Tabela 4 destacam o impacto significativo dos diferentes tratamentos na produtividade final da cultura do milho, confirmando a importância de estratégias eficientes de manejo agrícola. Os resultados mostram que os tratamentos químico e biológico + químico apresentaram produtividades médias de 4746,32 Kg/ha e 5229,81 Kg/ha, respectivamente, valores significativamente superiores aos observados nos tratamentos biológico (3200,99 Kg/ha) e testemunha (3086,09 Kg/ha). Esses números refletem uma clara superioridade dos tratamentos que incluíram o uso de defensivos químicos, seja de forma isolada ou em combinação com agentes biológicos.

Tabela 4. Produtividade.

Tratamento	Produtividade	
Testemunha	3086,09 Kg	b
Biológico	3200,99 Kg	b
Químico	4746,32 Kg	a
Bio + Quí	5229,81 Kg	a

No caso do tratamento testemunha, em que nenhuma medida de controle foi aplicada, os resultados refletem os danos acumulados ao longo do ciclo da cultura causados por pragas, como lagartas e percevejos. Esses danos comprometem diretamente o potencial produtivo das plantas ao reduzir a área fotossintética, prejudicar o enchimento dos grãos e causar perdas na qualidade e no peso dos mesmos. O tratamento biológico, apesar de representar uma tentativa de manejo, apresentou uma produtividade apenas ligeiramente superior à testemunha, sem diferença estatística significativa. Isso indica que, sob as condições específicas do experimento, o controle biológico realizado foi insuficiente para mitigar os danos causados pelas pragas, seja pela alta pressão de infestação, seja por limitações na eficácia do fungo *Beauveria bassiana*.

Os tratamentos químico e biológico + químico, por outro lado, demonstraram maior eficácia no controle das pragas, protegendo as plantas ao longo do ciclo e permitindo que elas expressassem seu potencial produtivo. O tratamento químico, com sua ação rápida e direcionada, foi particularmente eficiente na redução do estresse causado pelas pragas, garantindo melhores condições para o desenvolvimento da cultura.

Já o tratamento biológico + químico, que apresentou o melhor desempenho em termos de produtividade, sugere uma interação complementar entre as duas abordagens. Essa combinação pode ter unido a eficiência imediata do controle químico com benefícios indiretos do biológico, como a melhoria na saúde do solo ou o controle secundário de pragas.

A diferença entre os tratamentos reflete a influência direta das estratégias de manejo na capacidade das plantas de maximizar o uso dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes, para a produção de grãos. A redução dos danos por pragas proporcionada pelos tratamentos químicos e pela combinação biológico + químico resultou em maior peso de grãos e maior número de fileiras e grãos por espiga, componentes que explicam os valores superiores de produtividade final.

Esse cenário evidencia a importância de um manejo eficiente e integrado para alcançar maiores níveis de produtividade na cultura do milho. Embora o controle biológico represente uma alternativa mais sustentável e ambientalmente amigável, sua eficácia pode ser limitada em situações de alta pressão de pragas ou condições ambientais desfavoráveis. A combinação de métodos biológicos e químicos, por sua vez, surge como uma solução promissora, ao unir a sustentabilidade dos agentes biológicos com a eficácia comprovada dos defensivos químicos.

Além disso, os dados reforçam a necessidade de considerar o custo-benefício das diferentes estratégias de manejo. Embora os tratamentos químico e biológico + químico apresentem custos iniciais mais elevados, o aumento significativo na produtividade pode justificar o investimento, especialmente em cenários de alta pressão de pragas.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que o uso de estratégias de manejo eficientes, especialmente o controle químico com Imidacloprido isolado ou combinado com o agente biológico *Beauveria bassiana*, foi fundamental para maximizar a produtividade e os componentes de rendimento do milho híbrido AG 9025 PRO3, superando o manejo biológico isolado e a ausência de controle. A combinação entre os métodos mostrou efeito sinérgico, unindo a ação imediata do químico aos benefícios sustentáveis do biológico, o que se refletiu em maior proteção das plantas e produtividade superior.

Por outro lado, o controle biológico isolado apresentou desempenho limitado sob alta pressão de pragas e condições ambientais desfavoráveis, enquanto a ausência de controle revelou severas perdas na produtividade, evidenciando os danos causados pelas pragas. Dessa forma, conclui-se que o manejo integrado, com uso de defensivos químicos e agentes biológicos, representa a melhor estratégia para garantir altos rendimentos e contribuir com a sustentabilidade do sistema produtivo, ao reduzir a dependência de produtos químicos e seus impactos ambientais a longo prazo.

REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Enfezamento vermelho e pálido no milho: identificação e controle**. 2021. Disponível em: www.agrolink.com.br. Acesso em: 01 nov. 2024.

BAYER AGRO. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. 2022. Disponível em: www.bayer.com.br. Acesso em: 03 nov. 2024.

CICERO, M.; COSTA, R. Uso de fungos entomopatogênicos no controle de cigarrinhas. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 4, p. 123–130, 2015.

COSTA, R.; FERREIRA, L.; MOURA, D.; SANTOS, F. Impactos dos fungos entomopatogênicos no manejo sustentável da cultura do milho. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 62, p. 44–50, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/24**. Brasília: Conab, 2023.

3TENTOS. **Controle de percevejos em culturas de milho**. [s.l.]: 3Tentos, 2022. Disponível em: <https://www.3tentos.com.br>. Acesso em: 05 nov. 2024.

EMBRAPA. **Manual técnico: pragas do milho e seu manejo**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. Disponível em: www.embrapa.br. Acesso em: 05 nov. 2024.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Statistical Yearbook: maize production worldwide**. Rome: FAO, 2023.

FUNDAÇÃO ABC. **Cenários e estratégias para a cultura do milho: 2024**. Castro: Fundação ABC, 2024.

KISTLER, L. Evolution and domestication of maize. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, n. 1, p. 25–29, 2018.

MEDEIROS, L.; NASCIMENTO, H.; TAVARES, E.; PONTES, J. Estratégias de manejo químico e seus impactos na sustentabilidade agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, n. 9, p. 1–10, 2023.

OLIVEIRA, R.; TEIXEIRA, G.; FONSECA, P.; MARTINS, D. Pulgões e viroses na cultura do milho: impactos e manejo integrado. *Ceres*, v. 67, p. 211–220, 2020.

PEREIRA, M.; RAMOS, V.; BARROS, T.; ALMEIDA, S. Aspectos fisiológicos e produtivos da cultura do milho: uma revisão crítica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 63, n. 3, p. 121–135, 2020.

PINHEIRO, A.; SOUZA, C.; VIEIRA, L.; GOMES, A. Sistemas radiculares do milho e sua interação com o solo. **Agropecuária Técnica**, v. 21, n. 4, p. 45–52, 2020.

SILVA, J.; RODRIGUES, M.; ALVES, R.; FERNANDES, L. História e importância global do milho: uma revisão crítica. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1615–1623, 2014.

SILVA, M.; CARDOSO, F.; LIMA, T.; MATTOS, R. Cigarrinhas e doenças transmitidas no milho: desafios fitossanitários atuais. **Agronomy Research**, v. 19, n. 2, p. 311–320, 2021.