

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ALEXANDRE GONÇALVES OCHONSKI

USO DE ADJUVANTE NANOTECNOLÓGICO PARA O AUMENTO DO PERÍODO DE
CONTROLE DE INSETICIDAS NO MANEJO DE *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott)
(Hemiptera: Cicadellidae) NA CULTURA DO MILHO

PONTA GROSSA

2026

ALEXANDRE GONÇALVES OCHONSKI

USO DE ADJUVANTE NANOTECNOLÓGICO PARA O AUMENTO DO PERÍODO DE
CONTROLE DE INSETICIDAS NO MANEJO DE *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott)
(Hemiptera: Cicadellidae) NA CULTURA DO MILHO

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre na Universidade Estadual de Ponta
Grossa, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto

PONTA GROSSA

2026

- O16 Ochonski, Alexandre Gonçalves
- Uso de adjuvante nanotecnológico para o aumento do período de controle de inseticidas no manejo de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho / Alexandre Gonçalves Ochonski. Ponta Grossa, 2026.
- 100 f.
- Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Orientador: Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto.
1. Cigarrinha-do-milho. 2. Controle químico. 3. Zea mays L. 4. Adjuvante nanotecnológico. 5. Complexo de enfezamento. I. Bortolotto, Orcial Ceolin. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. III.T.

CDD: 633.15



ALEXANDRE GONÇALVES OCHONSKI

**"USO DE ADJUVANTE NANOTECNOLÓGICO PARA O AUMENTO DO
PERÍODO DE CONTROLE DE INSETICIDAS NO MANEJO DE DALBULUS
MAIDIS (DELONG & WOLCOTT) (HEMIPTERA: CIDAPELLIDAE) NA
CULTURA DO MILHO".**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia na Universidade Estadual
de Ponta Grossa. Área: Fitotecnia e Fitossanidade.

Ponta Grossa, 27 de fevereiro de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **ORCIAL CEOLIN BORTOLOTTTO**
Data: 13/03/2026 09:57:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto
Doutor em Agronomia
UEPG

Documento assinado digitalmente
 **ADENEY DE FREITAS BUENO**
Data: 13/03/2026 14:47:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Adeney de Freitas Bueno
Doutor em Entomologia
EMBRAPA

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO THIBES HOSHINO**
Data: 14/03/2026 21:51:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Adriano Thibes Hoshino
Doutor em Agronomia
UFPR

Dedico aos meus pais, Fábio e Edilamar, e ao meu avô, Eduardo (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as bênçãos e por me conceder força e perseverança ao longo de toda essa jornada.

Aos meus pais, Fábio Ochonski e Edilamar Gonçalves Ochonski, por acreditarem sempre em mim, serem meu suporte e apoio de todos os momentos e pelo amor incondicional. Esta conquista também é de vocês.

Às minhas avós, Dirce Maria Ochonski (*in memoriam*) e Maria Salomé Brito Gonçalves, pelo amor, carinho e ensinamentos ao longo da minha vida.

Ao meu avô, Eduardo Ochonski (*in memoriam*), por todos os ensinamentos, ser exemplo, transmitir os valores da vida e pelas lembranças que sempre estarão presentes comigo. Hoje em outro plano, sei que o senhor está orgulhoso de mim, saiba que és meu herói.

À minha amada namorada, Amanda Taissa Jung, pelo apoio, compreensão e incentivo nesta trajetória, sendo fundamental para a realização deste trabalho. Obrigado por estar ao meu lado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto, por todos os aprendizados, conselhos, conversas, que além de exemplo profissional, se tornou um grande amigo nessa jornada.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Entomologia Aplicada, pela ajuda nos momentos mais desafiadores do experimento.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), pela oportunidade de fazer parte do seu corpo discente.

À Fundação Araucária, pela bolsa de estudo que proporcionou a realização deste trabalho.

À equipe da Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON), por toda a ajuda e apoio.

Por fim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

OCHONSKI, A. G. **Uso de adjuvante nanotecnológico para o aumento do período de controle de inseticidas no manejo de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho.** Orientador: Orcial Ceolin Bortolotto. Ponta Grossa, 2026. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2026.

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em todo o território nacional e pode sofrer ataques de diversas pragas, dentre estas, uma das principais é a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*). Esta praga é vetora de patógenos que causam enfezamentos e viroses no milho. Este trabalho objetivou determinar a eficiência e residual da associação de inseticidas com a nanotecnologia OCC® no controle de *D. maidis* na cultura do milho. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola Capão da Onça, em Ponta Grossa, no Paraná na safra de 2025 e na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina na safrinha em 2025. Os híbridos cultivados eram tolerantes ao complexo de enfezamento. Os tratamentos foram: 1 - testemunha (sem aplicação de inseticidas), 2 – acefato (aplicação a cada 7 dias), 3 – imidacloprido e bifentrina (aplicação a cada 7 dias), 4 – acefato + OCC® (aplicação a cada 7 dias), 5 – acefato + OCC® (aplicação a cada 15 dias), 6 – acefato + OCC® (aplicação a cada 21 dias), 7 – imidacloprido e bifentrina + OCC® (aplicação a cada 7 dias), 8 – imidacloprido e bifentrina + OCC® (aplicação a cada 15 dias) e 9 – imidacloprido e bifentrina + OCC® (aplicação a cada 21 dias). As aplicações iniciaram a partir do surgimento do inseto-praga, com 4 quantificações da cigarrinha a cada 7 dias após o início das aplicações. As avaliações de enfezamento e vírus da risca iniciaram nos estádios R2/R3 e V8, respectivamente. Ao final do ciclo da cultura foram obtidos a altura de plantas, circunferência de colmo, número de espigas por planta, produtividade, massa de mil grãos e os demais componentes de rendimento. Os dados foram submetidos a análise de variância, teste de Duncan a 5% de probabilidade e modelos lineares generalizados. Os resultados apresentaram desempenho de estabilidade de população de cigarrinha-do-milho em condições de baixa população para ambos os inseticidas em associação ao OCC®. A população de cigarrinha se manteve estável ao longo das semanas, com destaque para os tratamentos imidacloprido e bifentrina + OCC® (21 dias) e acefato + OCC® (7 dias), sugerindo estabilização da população do inseto. Os tratamentos demonstraram influência de incremento em parâmetros produtivos da cultura sob os manejos em associação ao OCC®, com destaque para os parâmetros peso de espiga com incremento de até 5% observado em aplicações de imidacloprido e bifentrina a cada 21 dias, reforçando o potencial aumento de residual do ativo quando utilizado em associação com a nanopartícula. A produtividade final também apresentou incremento, no manejo de acefato em Londrina, observou-se um aumento de 412 e 444 kg, para intervalos de 15 e 21 dias, respectivamente, e para o manejo de imidacloprido e bifentrina em Ponta Grossa, onde observou-se um aumento de 952 e 1170 kg, para intervalos de 15 e 21 dias. De modo geral, os tratamentos associados ao OCC® demonstraram bom desempenho quanto ao aumento do residual dos ativos e contribuição para alcance de maiores parâmetros produtivos.

Palavras – chave: Cigarrinha-do-milho; controle químico; *Zea mays* L.; adjuvante nanotecnológico; complexo de enfezamento.

ABSTRACT

OCHONSKI, A. G. Use of a nanotechnology-based adjuvant to extend the residual efficacy of insecticides in the management of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) in corn crops. Advisor: Orcial Ceolin Bortolotto. Ponta Grossa, 2026. Dissertation (Master's Degree in Agronomy) – State University of Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2026.

Corn (*Zea mays* L.) is grown throughout Brazil and is susceptible to attacks by various pests, one of the most significant being the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*). This pest acts as a vector for pathogens that cause stunting and viral diseases in corn. This study aimed to determine the efficacy and residual effect of combining insecticides with OCC® nanotechnology in controlling *D. maidis* in corn crops. The experiment was conducted at the Capão da Onça Educational Farm in Ponta Grossa, Paraná, during the 2025 main season, and at the Educational Farm of the State University of Londrina during the 2025 off-season. The hybrids grown were tolerant to the corn stunt complex. The treatments were: 1 – control (no insecticide application), 2 – acephate (application every 7 days), 3 – imidacloprid and bifenthrin (applied every 7 days), 4 – acephate + OCC® (applied every 7 days), 5 – acephate + OCC® (applied every 15 days), 6 – acephate + OCC® (applied every 21 days), 7 – imidacloprid and bifenthrin + OCC® (application every 7 days), 8 – imidacloprid and bifenthrin + OCC® (application every 15 days), and 9 – imidacloprid and bifenthrin + OCC® (application every 21 days). Applications began upon the emergence of the insect pest, with 4 cicada counts every 7 days after the start of applications. Assessments of corn stunt and streak virus began at the R2/R3 and V8 stages, respectively. At the end of the crop cycle, plant height, culm circumference, number of ears per plant, yield, thousand-grain weight, and other yield components were evaluated. The data were subjected to analysis of variance, Duncan's test at a 5% significance level, and generalized linear models. The results showed stable performance of the corn leafhopper population under low-population conditions for both insecticides in combination with OCC®. The leafhopper population remained stable over the weeks, particularly in the imidacloprid and bifenthrin + OCC® (21 days) and acephate + OCC® (7 days) treatments, suggesting stabilization of the insect population. The treatments demonstrated an increase in crop yield parameters under management practices in combination with OCC®, particularly in ear weight, with an increase of up to 5% observed in imidacloprid and bifenthrin applications every 21 days, reinforcing the potential increase in the active ingredient's residual effect when used in combination with the nanoparticle. Final yield also increased; in the acephate treatment in Londrina, increases of 412 and 444 kg were observed for 15- and 21-day intervals, respectively, and for the application of imidacloprid and bifenthrin in Ponta Grossa, where increases of 952 and 1,170 kg were observed for 15- and 21-day intervals, respectively. Overall, the treatments combined with OCC® demonstrated good performance in terms of increased residual activity of the active ingredients and contributing to higher yield parameters.

Keywords: Corn leafhopper; chemical control; *Zea mays* L.; nanotechnology-based adjuvant; stunting complex.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 CULTURA DO MILHO	11
2.2 CIGARRINHA-DO-MILHO (<i>Dalbulus maidis</i>)	13
2.3 COMPLEXO DE ENFEZAMENTO	16
2.4 MANEJO INTEGRADO DA CIGARRINHA-DO-MILHO	18
2.4.1 Controle Químico	21
2.4.1.1 Organofosforados	22
2.4.1.2 Neonicotinóides e piretróides	23
2.5 USO DE NANOTECNOLOGIA NA AGRICULTURA	23
3 OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4 HIPÓTESE	28
5 MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1 LOCAL DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS	29
5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATOS CULTURAIS	29
5.3 AVALIAÇÕES	31
5.3.1 Quantificação da Cigarrinha-do-Milho	31
5.3.2 Avaliação do Complexo de Enfezamento	31
5.3.3 Aferição da Altura de Plantas, Número de Espigas por Planta e Circunferência de Colmo	32
5.3.4 Avaliações de Espigas	32
5.3.5 Estimativa de Produtividade e Massa de Mil Grãos	33
5.4 DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO AVALIADO	33

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
6 RESULTADOS.....	37
6.1 MONITORAMENTO DE POPULAÇÃO DE <i>D. maidis</i>	37
6.2 AVALIAÇÕES DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO	43
6.3 AVALIAÇÕES DE VARIÁVEIS FITOMÉTRICAS.....	47
6.4 AVALIAÇÕES DE COMPONENTES DE RENDIMENTO	51
6.5 ANÁLISES COMPLEMENTARES.....	67
7 DISCUSSÃO	75
7.1 DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>D. maidis</i>	75
7.2 RELAÇÃO DOS COMPLEXOS DE ENFEZAMENTO E A DENSIDADE POPULACIONAL	78
8 CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIAS	84
ANEXOS	92

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se entre as principais culturas agrícolas do mundo, não somente por sua elevada produção, mas também por ser matéria-prima para diversos alimentos, desde a alimentação humana como para a alimentação animal e ainda produtos não alimentícios como por exemplo combustíveis, polímeros, entre outros (Contini; *et al.*, 2019).

A cultura do milho é produzida do Norte ao Sul do país, ganhando destaque pelo seu alto valor de produção, estando atrás apenas da cultura da soja. O milho está presente em grandes propriedades, com alto nível tecnológico, mas também em pequenas propriedades, na agricultura de subsistência, demonstrando ainda mais sua importância no cenário nacional como um todo. Esta cultura é uma excelente opção para rotação de cultura na safra de verão ou ainda para safrinha em algumas regiões do Brasil como o Norte do Paraná, região Centro-Oeste, Minas Gerais e São Paulo (Pereira Filho; Cruz; Garcia, 2021).

Segundo o levantamento da safra de verão 2024/25 feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), as áreas de milho cultivadas no país atingiram a marca de aproximadamente 25 milhões de toneladas, enquanto o milho total, considerando a soma com a segunda safra ou “safrinha”, alcançou cerca de 138,3 milhões de toneladas (Conab, 2025).

Entretanto, a obtenção de elevados níveis de produtividade na cultura do milho depende do manejo adequado de pragas e doenças que podem ocorrer ao longo do ciclo da cultura. Entre os insetos-praga, destaca-se a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae), espécie amplamente distribuída na América Latina e recentemente relatada em áreas produtoras dos Estados Unidos (Faris *et al.*, 2024; Oliveira; Frizzas, 2021). Essa espécie apresenta importância fitossanitária por atuar como vetor de mollicutes associados ao complexo de enfezamento do milho, além de viroses, como o vírus da risca. Essas doenças possuem caráter vascular, comprometendo o floema das plantas e, conseqüentemente, o transporte de fotoassimilados e nutrientes ao longo do desenvolvimento da cultura, podendo resultar em reduções de produtividade que, em condições favoráveis à doença, podem alcançar até 70% da produção de grãos (Oliveira; Frizzas, 2021).

Considerando a relevância da cultura do milho em sistemas agrícolas globais, torna-se fundamental destacar a importância do manejo adequado para a prevenção de problemas relacionados a pragas e doenças. O manejo integrado de pragas contempla técnicas de amostragem, monitoramento e controles, genético, cultural, comportamental, varietal, biológico e o químico, o qual é mais utilizado com o uso de inseticidas. Entretanto este tipo de controle, foi e é aplicado de uma forma equivocada por muitos agricultores, ao não

rotacionarem da devida maneira os mecanismos de ação dos inseticidas, causando pressão de seleção de populações resistentes. A cigarrinha-do-milho se adequa a este exemplo (Machado; *et al.*, 2024) em que a pressão de seleção gerou populações resistentes a diversos inseticidas, fazendo com que o controle químico não fosse tão eficiente isoladamente, algo que vai contra o conceito do manejo integrado, onde o intuito é juntar os tipos diferentes de controle (Waquil; Viana; Cruz, 2021; Ribeiro; *et al.*, 2023).

A partir deste paradigma, nos últimos anos vem-se adaptando junto ao manejo de culturas técnicas mais modernas que aprimoram o desempenho dos produtos químicos já utilizados, como é o caso da nanotecnologia ou produtos fitossanitários nanoencapsulados. Esta tecnologia surge como aliada, pois oferece uma entrega controlada do ingrediente ativo no alvo em questão, uma vez que protege as moléculas do produto e diminui sua volatilização, degradação e lixiviação, sendo, portanto, uma estratégia de manejo junto ao controle químico (Sarkar; *et al.*, 2022).

Um exemplo recente dentre as nanotecnologias utilizadas é o OCC[®], tecnologia de micela lipídica que tem finalidade de otimização de princípios ativos, aumentando seu residual a campo (Nutristrahl, 2024). No entanto, são necessárias mais informações a respeito do desempenho deste produto em associação a inseticidas, mais especificamente no manejo da cigarrinha-do-milho.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência e residual da associação de inseticidas em conjunto a nanotecnologia OCC[®] no controle de *D. maidis* na cultura do milho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) figura entre as principais culturas agrícolas em escala global, com produção e utilização amplamente distribuídas e em crescimento nas últimas décadas (Erenstein *et al.*, 2022). Trata-se do cereal de maior volume cultivado no mundo, ocupando posição de destaque entre os commodities agrícolas, sendo amplamente destinado à alimentação humana, à nutrição animal e a diferentes usos industriais, incluindo a produção de bioenergia (FAO, 2025). É cultivado em todas as regiões do território nacional, se caracterizando por ser um dos cereais mais nutritivos do mundo, gerando diversos benefícios à saúde. Seus grãos são ricos em carboidratos, vitaminas do complexo B, sais minerais e fibras, com altos teores de amido (60 a 68%) e proteína (7 a 15%), os quais desempenham papéis essenciais no funcionamento do organismo humano (Sousa; Zonta, 2020).

A cultura do milho foi domesticada há mais de 9000 anos atrás na região Sul do México e na América Central, a partir de seu ancestral, a espécie de teosinto *Zea mays* subsp. *parviglumis* (Stitzer; Ross-Ibarra, 2018). Rapidamente foi disseminado por todo o mundo, há sete anos se tornou o primeiro cereal a ultrapassar a marca de 1 bilhão de toneladas de produção e continua a registrar elevados volumes de produção, com destaque a safra 2025/26 em que foi estimada em cerca de 1,29 bilhão de toneladas, refletindo a relevância dessa cultura nos sistemas agrícolas globais (Erenstein; *et al.*, 2022; USDA 2025).

Este cereal é pertencente à família Poaceae, se caracterizando como uma gramínea, monocotiledônea, podendo atingir até 4 metros de altura, com um sistema radicular fasciculado (Magalhães; *et al.* 2002). Além disso, se trata de uma planta herbácea, anual com seu ciclo variando de 4 a 5 meses, se caracterizando também por ser alógama e monóica, espécies que se reproduzem por polinização cruzada e que possuem as flores femininas (espigas) e masculinas (panículas) separadas no mesmo indivíduo (Silva; *et al.*, 2021).

O milho é cultivado em regiões com precipitação que varia de 300 a 5000 mm anuais e durante seu ciclo a cultura consome em torno de 600 mm, sendo, portanto, muito exigente em água. Se trata de uma planta C4, altamente eficiente no uso da luz solar, onde as temperaturas ideais para seu desenvolvimento estão na faixa dos 24°C até os 30°C. Temperaturas abaixo de 24°C e acima de 30°C em diferentes etapas do ciclo do milho podem afetar negativamente sua produção e produtividade, acelerando ou retardando fases cruciais para um excelente resultado em sua colheita (Landau; Magalhães; Guimarães, 2021).

O Brasil, é um país que apresenta um cenário climático extremamente favorável para o desenvolvimento do milho durante o ano todo, sendo possível portanto, seu cultivo em duas épocas. A primeira, no período tradicional, com chuvas regulares, conhecida por “milho de 1ª safra” que se inicia em agosto na Região Sul, outubro/novembro nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste e no início do ano na Região Nordeste. A segunda, conhecida por “milho de 2ª safra”, tem sua semeadura iniciada em janeiro a abril após o cultivo de soja nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste, em São Paulo e Minas Gerais e norte do Paraná. Estes fatores fazem com que a cultura esteja presente a campo durante o ano todo (Melhorança *et al.*, 2022; Brumatti; Pires; Santos, 2020).

Em relação a produção deste cereal no cenário mundial, a projeção é de que atinja a marca de 1,23 bilhão de toneladas, com os Estados Unidos liderando o ranking de maior produção sendo responsável por cerca de um terço do total (USDA, 2025). A China aparece na segunda colocação representando 24% da produção total, seguido do Brasil, na terceira colocação com 11% da produção global (USDA, 2025).

O milho de primeira safra em 2024/25 alcançou uma produção de aproximadamente 25 milhões de toneladas nacionalmente, enquanto o milho de segunda safra teve uma produção de 113,27 milhões de toneladas (Conab, 2025). Em relação aos estados brasileiros, levando em consideração o milho de primeira e segunda safra, Mato Grosso tem a maior produção com 55,5 milhões de toneladas no ano de 2024/25, em segundo lugar vem o estado do Paraná com 20,2 milhões de toneladas no mesmo período. Quando se trata de produtividade, na safra 2024/25, o Brasil teve em média 6,4 toneladas ha^{-1} , enquanto o estado do Paraná teve uma produtividade de 10,8 toneladas ha^{-1} na primeira safra de milho e 6,1 toneladas ha^{-1} na segunda safra (Conab, 2025).

No entanto, o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho são influenciados negativamente por fatores abióticos, como o clima, e bióticos, onde podemos destacar os insetos-praga que ocorrem durante seu cultivo, causando injúrias e danos. Dentre estes insetos, a cigarrinha-do-milho é atualmente uma das principais pragas, causando danos diretos e indiretos (Oliveira *et al.*, 2014; Oliveira; Frizzas, 2021; Machado *et al.*, 2024; Oliveira; Faria; Lopes, 2025; Ferreira *et al.*, 2026).

2.2 CIGARRINHA-DO-MILHO (*Dalbulus maidis*)

Durante o ciclo de desenvolvimento do milho, a produtividade da cultura pode ser comprometida pela ocorrência de doenças e pelo ataque de insetos-praga, os quais constituem importantes fatores limitantes da produção e da qualidade dos grãos (Qi *et al.*, 2024; Matos *et al.*, 2024; Osman *et al.*, 2025; Joshi; Bhatta; Thakurathi, 2024). A incidência desses agentes bióticos resulta em prejuízos produtivos e econômicos, uma vez que o estabelecimento do dano na lavoura impõe a necessidade de adoção de estratégias de manejo visando à contenção da progressão das injúrias e à mitigação de perdas adicionais (Abdulsalami; Akinsanya, 2018).

Dentre as pragas que acometem a cultura, uma das principais espécies de importância econômica, em razão de sua ampla distribuição nas áreas produtoras e de sua elevada capacidade de transmitir patógenos à cultura, é a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) (Moreira; Aragão, 2009; Oliveira; Frizzas, 2021; Machado *et al.*, 2024).

A cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) é um inseto sugador, pertencente a ordem Hemiptera e a família Cicadellidae. Possui aparelho bucal do tipo sugador labial com três segmentos e possui desenvolvimento incompleto, ou seja, é hemimetábolo, apresentando as fases de ovo, ninfá e adulto. Os adultos possuem em torno de 3,7 a 4,3 mm de comprimento e coloração amarelo-palha, dois pares de asas transparentes com nervuras, olhos compostos e entre eles, duas manchas negras circulares (Sabato; Landau; Oliveira, 2014).

O gênero *Dalbulus* inclui cerca de 13 espécies, estando amplamente distribuído no México com grande diversidade, sendo este o centro de origem destes insetos e onde mais existem plantas do gênero *Tripsacum* L. e teosintos (*Zea* spp.), os quais são os ancestrais mais próximos do milho e seus hospedeiros primários (Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022; Cunha *et al.*, 2023). Isto evidencia, portanto, uma coevolução entre estes insetos e as plantas hospedeiras, com destaque para a espécie *D. maidis*, que alcançou maior potencial infectivo e distribuição na América Latina, devido sua alta capacidade adaptativa a diferentes ambientes, por sua rápida taxa de crescimento, alta fecundidade e ciclo de desenvolvimento curto, fazendo com que criasse uma relação intrínseca com a espécie *Zea mays* L., à medida que esta ia sendo domesticada (Oliveira; Frizzas, 2021).

Apesar de *D. maidis* se alimentar de outras plantas monocotiledôneas, este inseto só se reproduz, ou seja, completa seu ciclo biológico em *Zea* spp., milho e teosintos. Ainda é possível que o inseto realize a oviposição em outras gramíneas, mas estes descendentes não alcançam a fase adulta, enfatizando ainda mais esta relação evolutiva inerente com a cultura do milho (Oliveira; Frizzas; Oliveira de, 2020).

O fato de que em território nacional, há a presença da cultura do milho durante o ano todo, favorece e permite que *D. maidis* esteja sempre presente no campo, mesmo durante a entressafra. Para isto, o inseto utiliza algumas estratégias para sobreviver, como sua capacidade de migração, permitindo que alcance longas distâncias, isso por consequência resulta na aquisição dos patógenos do complexo de enfezamento das plantas semeadas no Norte do continente, que por sua vez são mais suscetíveis ao enfezamento. Estes fatores somados a resistência a herbicidas de híbridos mais modernos, leva a presença de milhos voluntários na lavoura, servindo de inóculo para o inseto, sendo esta portanto, a principal estratégia utilizada pelo inseto-praga (Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022).

Outro fator que está estritamente ligado a complexidade das relações entre patógeno-vetor-hospedeiro, é a preferência do inseto em se alimentar de plantas infectadas com os patógenos do complexo de enfezamento, em especial plantas com a presença do fitoplasma, que se tornam avermelhadas, sendo mais atrativas ao inseto vetor. Somado a isto, o fitoplasma ainda altera a biologia da planta infectada, fazendo com que emita compostos voláteis que induzam uma preferência alimentar do inseto por plantas infectadas (Ramos *et al.*, 2020).

Até a década de 1990, *Dalbulus maidis* era considerada uma praga de importância secundária na cultura do milho. A partir dos anos 2000, entretanto, observou-se aumento de sua relevância econômica, associado à expansão das áreas cultivadas com milho no Brasil, especialmente de segunda safra, condição que favoreceu o aumento das populações do inseto e sua consolidação como uma das principais pragas da cultura (Toloy *et al.*, 2024). Além disso, estudos recentes indicam que a sobrevivência dos adultos fora da estação de cultivo do milho depende das condições ambientais, sendo favorecida pela presença de milho remanescente ou de plantas hospedeiras alternativas, o que contribui para a manutenção populacional do inseto entre os ciclos de cultivo (Moya-Raygoza *et al.*, 2025).

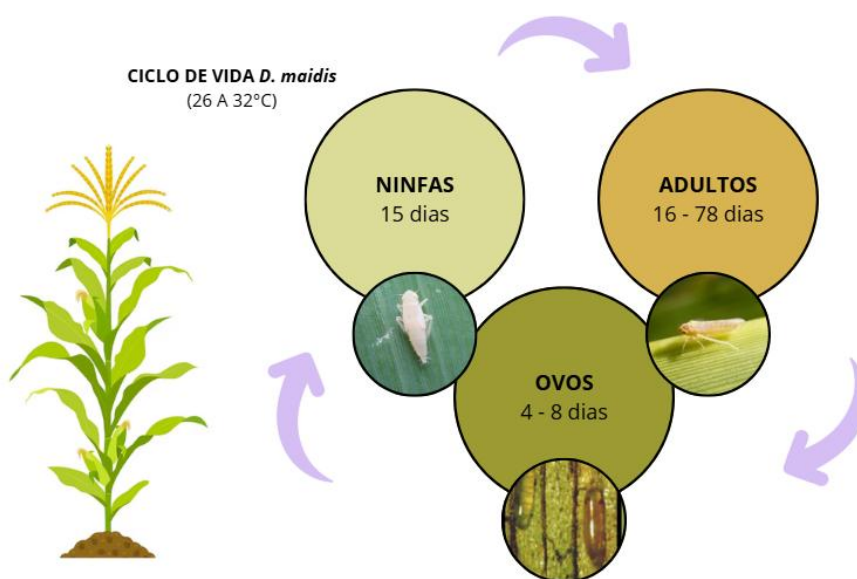
Este inseto é capaz de causar danos diretos e indiretos a cultura do milho. Dentre os danos diretos podemos citar a sucção contínua de seiva das plantas através de seu aparelho bucal. Quando se alimenta, a cigarrinha insere seus estiletes na planta, destruindo o mesófilo e células parenquimáticas do milho. Porém sua importância como praga agrícola é devido os danos indiretos, um deles ocorre através da secreção de uma substância açucarada, o chamado “honeydew”, que favorece o desenvolvimento de fungos oportunistas do gênero *Capnodium*, causando a fumagina na superfície foliar, diminuindo a taxa fotossintética da planta (Virla; Araoz; Albarracin, 2021; Ávila; *et al.*, 2021).

Entretanto, o principal dano indireto se refere a capacidade de transmissão de quatro patógenos (Ávila *et al.*, 2022), que por sua vez causam o complexo de enfezamento nas plantas.

Destes organismos, dois são espécies de bactérias da classe Mollicutes, causando o enfezamento vermelho e o enfezamento pálido. Além disso, ainda existe dois vírus que compõem este complexo, o vírus da risca e o vírus do mosaico estriado. O efeito combinado das doenças causadas pelo complexo de patógenos e os danos diretos causados pela alimentação do inseto pode resultar em perdas severas de produtividade, que podem ultrapassar 70% (Oliveira; Frizzas, 2021). Em situações nas quais a infecção ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, especialmente na fase de plântula, os danos podem levar à morte das plantas ou à inviabilização do seu desenvolvimento, resultando em perda total da produção na área afetada (Oliveira; Frizzas, 2021; Van Nieuwenhove *et al.*, 2016).

O ciclo de ovo a adulto da cigarrinha pode variar entre 15 e 27 dias (Figura 1). As fêmeas têm capacidade de ovipositar 400 a 600 ovos durante sua vida adulta, numa taxa de 15 ovos por dia (Ávila *et al.*, 2021). Seus ovos são brancos, medindo cerca de 1,3 mm de comprimento, com a oviposição pela fêmea ocorrendo de forma endofítica no tecido epidérmico da folha do milho ou na nervura central foliar. Esta fase embrionária, pode durar de 5 a 8 dias, em uma temperatura ideal entre 23 e 26°C. Após isso, vem a fase ninfal, composta por 5 ínstar, durando entre 3 e 5 dias cada ínstar, numa temperatura de 26°C. Os adultos têm uma longevidade que varia entre 16 e 78 dias. Além disso, a *D. maidis* pode completar no mínimo 2 ciclos geracionais em condições de campo (Oliveira; Frizzas, 2021; Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022).

Figura 1: Ciclo biológico da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*).



Fonte: Adaptado de Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022.

2.3 COMPLEXO DE ENFEZAMENTO

O complexo de enfezamento foi descrito no Brasil a partir da década de 1970, e desde então, tem sido por muitos anos, um fator extremamente limitante na produção de milho na América do Sul, do Norte e Central (Lagos-Kutz et al., 2025; Jones; Medina, 2020). O seu vetor, *D. maidis*, é responsável por três das sete doenças transmitidas por outros insetos vetores na cultura do milho. Essa transmissão é classificada como persistente propagativa, ou seja, após a aquisição dos patógenos em uma planta com sintomas de enfezamento, o vetor permanece infectivo durante toda a sua vida e os patógenos continuam se multiplicando dentro de seu organismo, no entanto, a fêmea não transmite estes patógenos a seus descendentes (Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022; Ávila et al., 2022).

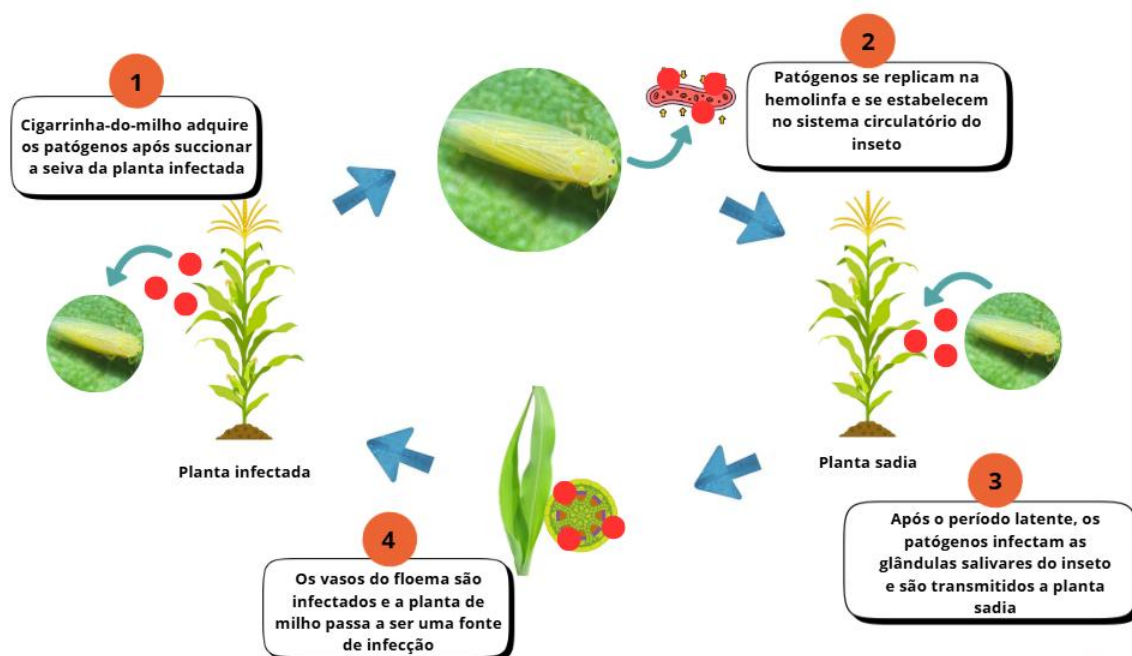
Quatro patógenos compõem este complexo: duas bactérias da classe Mollicutes e dois vírus. Os Mollicutes não possuem parede celular, trata-se do fitoplasma (*Candidatus* ‘Phytoplasma asteris’) e espiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*). O terceiro patógeno a compor este complexo, é o vírus do gênero Marafivirus (família *Tymoviridae*), *Maize rayado fino virus* (MRFV), chamado comumente de vírus da risca. Todos estes organismos são parasitas obrigatórios, estando restritamente ligados aos tecidos do floema da planta (Gorayeb et al., 2022). O quarto patógeno, trata-se do *Maize striate mosaic virus* (MSMV) (família *Geminiviridae*), pertencente ao gênero Mastrevirus. Comumente chamado de vírus do mosaico estriado, foi reportado pela primeira vez no Brasil em 2017, no estado de Goiás, com sua transmissão pela cigarrinha-do-milho sendo confirmada em 2022, porém, estudos mais aprofundados sobre este patógeno, são necessários para melhor entender seu comportamento (Vilanova et al., 2022).

O fitoplasma, responsável por causar o enfezamento vermelho no milho, caracteriza-se sendo um pleomorfo procarioto, possuindo um genoma circular com 576.118 pares de bases e 531 genes (Lee et al., 2004). O espiroplasma, causador do enfezamento pálido, caracteriza-se sendo procarioto, com formato helicoidal, possuindo 1463926 pares de bases (Davis et al., 2015). Enquanto o vírus da risca, é uma partícula icosaédrica de 30 nm de diâmetro aproximadamente, possuindo um RNA de 6336 nucleotídeos (Mlotshwa et al., 2020).

A cigarrinha-do-milho, ao se alimentar do floema das plantas infectadas (Figura 2), dá início ao período de aquisição dos patógenos do complexo de enfezamento. Para o espiroplasma, a aquisição pode ocorrer após períodos curtos de alimentação, da ordem de minutos, sendo relatada eficiência crescente com o aumento do tempo de acesso à planta infectada (Ávila et al., 2022; Jones; Medina, 2020). Em contraste, a aquisição do fitoplasma

associado ao enfezamento do milho é geralmente avaliada em períodos mais longos de alimentação, variando de horas a alguns dias, uma vez que tempos mais extensos aumentam a probabilidade de aquisição e subsequente transmissão pelo vetor (Ramos *et al.*, 2020).

Figura 2: Processo de transmissão dos patógenos responsáveis pelo enfezamento através da cigarrinha-do-milho.



Fonte: Adaptado de Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022.

Uma vez adquiridos, o inseto necessita de um intervalo de tempo para ser capaz de transmiti-los as plantas, este intervalo é denominado de período latente ou período de incubação, ocorrendo de 3 a 4 semanas (Ávila *et al.*, 2022). Neste período, os mollicutes invadem a hemolinfa, tecidos e órgãos do inseto, iniciando sua replicação por todo o sistema circulatório, atingindo as glândulas salivares do vetor (Özbek *et al.*, 2003; Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022)

Após o período latente, a *D. maidis* passa pelo período de acesso a inoculação, levando de 30 a 60 minutos para se alimentar de uma planta sadia e transmitir os mollicutes. O período de retenção, ou seja, intervalo de tempo em que a cigarrinha-do-milho permanece capaz de infectar plantas sadias é longo, levando de 4 a 7 semanas (Ávila *et al.*, 2022).

Uma vez inoculados nas plantas de milho, os patógenos do complexo de enfezamento colonizam e se alojam nos vasos condutores do floema, se movendo juntamente com o fluxo dos compostos provenientes da fotossíntese, os fotoassimilados, tendo por fim sua localização em tecidos e órgãos de crescimento ativo da planta, como folhas jovens, flores e espigas. Após o período de incubação (aproximadamente 30 dias), estas plantas tornam-se fonte de infecção. Os sintomas do enfezamento geralmente se manifestam após o pendoamento do milho (Oliveira

et al., 2002), enquanto o vírus da risca pode ser observado a partir das fases iniciais do milho (V3/V4) (Sabato; Fernandes, 2014; Pozebon; Stürmer; Arnemann, 2022).

O enfezamento vermelho tem como sintomas típicos, o avermelhamento das margens das folhas de milho, que ao longo do desenvolvimento da doença cresce em direção ao ápice das folhas, seguido de seca. O enfezamento pálido aparenta sintomas de estrias cloróticas, esbranquiçadas e irregulares que se iniciam na base das folhas de milho e se estendem para o seu ápice. Enquanto o vírus da risca, apresenta pontuações cloróticas ao longo das nervuras da folha, formando um aspecto de riscos finos. Entretanto, por se tratar de um complexo, e a cigarrinha-do-milho podendo estar contaminada pelos três patógenos, estes sintomas ocorrem de forma simultânea nas lavouras de milho, dificultando sua distinção a campo entre eles apenas pelos sintomas (Sabato; Fernandes, 2014).

Devido ao comprometimento do transporte de fotoassimilados e as alterações na absorção de nutrientes, estas plantas infectadas também apresentam sintomas de desordens hormonais e bioquímicas, como encurtamento dos entrenós, nanismo de plantas, multiplicação de espigas, esterilidade de panículas, poucos grãos e grãos curtos nas espigas e perfilhamento (Gorayeb *et al.*, 2022).

2.4 MANEJO INTEGRADO DA CIGARRINHA-DO-MILHO

A cigarrinha-do-milho consolidou-se como praga-chave dos sistemas de produção de milho nas Américas, assumindo protagonismo no cenário fitossanitário devido à capacidade de transmitir mollicutes e vírus associados aos enfezamentos do milho. Isto a torna elemento central de um complexo patossistema envolvendo a cultura hospedeira, inseto-vetor e doença. Nesse contexto, a adoção de estratégias isoladas de controle mostra-se limitada diante da não linearidade entre densidade populacional do inseto e dano, uma vez que um único indivíduo infectado é capaz de inocular diversos patógenos em múltiplas plantas ao mesmo tempo, dificultando a determinação do Nível de Dano Econômico (NDE) e reforçando a necessidade de medidas de manejo preventivo e integradas (Foresti *et al.*, 2022; Cunha *et al.*, 2023; Dudek *et al.*, 2024).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) teve origem em 1959, com base no uso combinado de métodos de controle compatíveis e fundamentados em princípios ecológicos, econômicos e sociais (Waquil, 2002). Atualmente, o MIP constitui a principal diretriz para o manejo de insetos-praga, sendo definido como um sistema racional de tomada de decisão que integra diferentes táticas com base no monitoramento, identificação correta da praga e conhecimento de sua biologia e ecologia, visando manter as populações abaixo do nível de

controle, reduzir danos econômicos e preservar o equilíbrio do agroecossistema (Gallo *et al.*, 2002; Oliveira; Frizzas, 2021).

O manejo integrado de pragas é estruturado basicamente por sete “pilares”, controle cultural, varietal, genético, comportamental, legislativo, biológico e químico. O controle cultural consiste em práticas culturalmente sustentáveis e preventivas, onde podemos destacar, em relação a cigarrinha-do-milho, adubação correta, época ideal de semeadura e o manejo de "pontes verdes", especialmente por meio da eliminação de plantas voluntárias de milho (tigueras), reconhecidas como fator crítico na amplificação populacional do inseto-vetor. A presença contínua do milho no campo, aumenta a abundância da cigarrinha e a proporção de indivíduos já infectados no início do novo ciclo, elevando a pressão de inóculo e intensificando o avanço dos enfezamentos (Cunha *et al.*, 2023; Waquil, 2002).

O controle varietal por sua vez, consiste no uso de cultivares com resistentes ou tolerantes aos insetos-praga. A resistência está associada a características físicas, morfológicas e bioquímicas da planta que reduzem a atratividade, a alimentação, a sobrevivência ou a reprodução do inseto. A tolerância, no entanto, refere-se à capacidade da planta de suportar o ataque da praga com menor impacto sobre a produtividade (Gallo *et al.*, 2022). Esta resistência genética da cultura representa importante componente estrutural do MIP para insetos vetores, promovendo menor aquisição e transmissão de patógenos. A resistência varietal pode manifestar-se pelos mecanismos de antixenose, antibiose e tolerância, influenciando desde a preferência alimentar do inseto até sua capacidade de completar o ciclo reprodutivo (Oleszczuk *et al.*, 2020).

O controle comportamental se baseia na utilização de compostos em armadilhas que irão atrair as pragas agrícolas, como feromônios por exemplo, resultando em redução de sua população (Dara, 2019). O controle genético se baseia na manipulação genética de uma população de pragas através de diversas técnicas, como a de insetos estéreis e CRISPR-Cas onde através do acasalamento, transmitem esta alteração genética para os descendentes reduzindo o seu potencial produtivo (Grilli; Galizi; Taxiarchi, 2021).

O controle legislativo tem natureza reguladora e preventiva, organizando o manejo por meio do registro oficial de defensivos e bioinsumos, orientação de vazios sanitários, incentivo ao monitoramento e promoção do uso racional de inseticidas, reduzindo riscos de resistência e impactos adversos no agroecossistema. A adoção deste controle é indispensável em sistemas que envolvem insetos vetores, como a cigarrinha-do-milho, nas quais ações preventivas se mostram mais eficientes (Waquil; Viana; Cruz, 2000; Barzman *et al.*, 2015). No estado do Paraná, essas ações são regulamentadas por normativas específicas, como a Portaria nº

193/2020 da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (SEAB-PR), que estabelece o vazio sanitário do milho como estratégia para a redução das populações do vetor e da disseminação dos enfezamentos (Paraná, 2023).

O controle biológico se baseia na regulação de populações de pragas presentes em uma lavoura através dos inimigos naturais destas pragas, os quais podem estar no ambiente de forma natural ou serem inseridos ali, podendo incluir outros insetos, fungos, bactérias, vírus, nematóides, aranhas e ácaros. Atualmente, este controle é indispensável para o manejo integrado de pragas, pois quando se une aos demais controles, potencializa a eficiência, gerando aumento de produtividade e lucratividade (Bolzan *et al.*, 2019).

Visando o manejo integrado da cigarrinha-do-milho atualmente, o controle microbiológico baseado em fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Cordyceps fumosorosea* vem sendo utilizados em associação com outros controles, principalmente químico, demonstrando eficiência em reduzir populações (Ribeiro *et al.*, 2023; Maia *et al.*, 2025). Pode-se citar ainda, fungos do gênero *Metarhizium* associados a ocorrência de epizootia natural de hemípteros no Brasil e outros países, como por exemplo *M. brasiliense* e uma cepa do fungo do gênero *Batkoa* sp. (Souza *et al.* 2021). Esses microrganismos, pertencentes principalmente aos filos *Ascomycota* e *Entomophthoromycota*, possuem capacidade de infectar e levar à morte insetos vetores por meio da penetração ativa na cutícula, independentemente da ingestão pelo hospedeiro (Ortiz-Urquiza; Keyhani, 2013; Mascarin; Jaronski, 2016; Islam *et al.*, 2021).

O processo infeccioso inicia-se com a adesão dos conídios à superfície do exoesqueleto do inseto, seguida da germinação e penetração cuticular por ação combinada de pressão mecânica e enzimas extracelulares, como quitinases, proteases e lipases, responsáveis pela degradação da integumento (Ortiz-Urquiza; Keyhani, 2013). Após a invasão, o fungo coloniza a hemolinfa, multiplicando-se sistemicamente e levando o inseto à morte, geralmente por septicemia associada à produção de metabólitos secundários (Vega *et al.*, 2009).

Em condições ambientais favoráveis, ocorre a esporulação sobre o cadáver do inseto, possibilitando a disseminação secundária do patógeno no ecossistema (Vega *et al.*, 2009).

Entretanto, em outros países como México e Argentina, existem estudos em desenvolvimento visando compreender melhor sobre o comportamento de parasitóides de ovos de cigarrinha-do-milho, neste caso um controle macrobiológico, através dos parasitóides *Anagrus virlai* (Himenoptera: Mymaridae), *Paracentrobia subflava* (Himenoptera: Trichogrammatidae) (Moya-Raygoza; Albarracin; Virla, 2012; Moya-Raygoza, 2024).

A eficácia do Manejo Integrado de Pragas (MIP) fundamenta-se em bases conceituais e práticas que sustentam os seus “pilares”: condições ambientais, níveis de controle, monitoramento e identificação taxonômica. O conhecimento das condições ambientais envolve a compreensão do agroecossistema, das pragas potenciais e dos estádios fenológicos críticos da cultura, permitindo manejo preventivo. O nível de controle (NC) é a densidade populacional que determina o momento de intervenção para evitar que a praga alcance o nível de dano econômico (NDE), a menor densidade capaz de causar perdas ao produtor. O monitoramento consiste na amostragem sistemática do inseto na lavoura, gerando médias por área, que orientam a decisão de controle ao serem comparadas ao NC. A taxonomia refere-se à correta identificação da praga em nível de gênero e espécie, etapa essencial para direcionamento adequado do manejo (Waquil; Viana; Cruz, 2000; Barzman *et al.*, 2015).

2.4.1 Controle Químico

A introdução do controle químico representou um marco na agricultura moderna, possibilitando maior estabilidade produtiva ao reduzir perdas causadas por insetos-praga, doenças e plantas daninhas. Inicialmente, os inseticidas apresentaram elevada eficiência no controle de pragas, contribuindo para o aumento da produtividade e para a expansão das áreas cultivadas. Os inseticidas são substâncias químicas destinadas ao controle de insetos-praga, atuando por diferentes modos de ação e reduzindo a densidade populacional desses organismos, o que resulta na diminuição de danos diretos e indiretos às culturas agrícolas (Shimada; *et al.*, 2021).

Estes produtos compreendem cinco grandes grupos que se referem o sítio onde agem no inseto, são eles: sistema nervoso e muscular, sistema digestivo, crescimento e desenvolvimento, respiração celular, composto de modo de ação desconhecido ou incerto (Irac, 2024).

Os defensivos químicos em geral possuem benefícios, como por exemplo a diminuição de mão-de-obra, possibilidade de uso em plantio direto ou convencional, resultados mais rápidos do que outros métodos de controle e ainda a capacidade de atingir alta porcentagem de controle em diversos estágios das pragas, portanto permanece como tática amplamente adotada, especialmente via pulverização foliar ou tratamento de sementes (Shimada *et al.*, 2021; Sparks, 2024; Foresti *et al.*, 2022).

No entanto, existem algumas desvantagens e problemas, como a poluição ambiental, das águas, diminuição da biodiversidade no solo, problemas de saúde aos aplicadores e ainda a seleção de resistência em insetos-praga, pois ao passar dos anos os produtores não realizaram

o uso desta ferramenta da devida maneira, ou seja, não realizaram a rotação dos mecanismos e modos de ação destes produtos. Este uso irracional culminou em uma baixa eficiência de diversos ingredientes ativos, reduzindo as opções para controle dos insetos-praga e comprometendo a estratégia a longo prazo (Shimada *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2023).

Para a cigarrinha-do-milho em específico, o controle químico deve ser utilizado principalmente nos estádios iniciais da cultura, momento em que as plantas são mais suscetíveis ao seu ataque, via tratamento de sementes ou aplicação foliar. Entre os anos de 2015 a 2022, no estado do Paraná, as aplicações de inseticidas para o manejo de *D. maidis* saltou de 5 para 15, como consequência do uso não adequado destes produtos. Entre eles, os grupos químicos mais utilizados estavam neonicotinóides, piretróides e organofosforados (Oliveira *et al.*, 2007; Moritz *et al.*, 2025).

2.4.1.1 Organofosforados

Organofosforados são um dos grupos químicos amplamente utilizados no controle de insetos-praga na agricultura. O surgimento destes compostos, derivados do ácido fosfórico, se inicia no século XIX, pelo químico Gerhard Schrader, que embora tivesse como objetivo criar inseticidas, seus produtos foram utilizados como agentes químicos na guerra por militares alemães. Após um período, descobriram que estes produtos não se acumulavam no ambiente e eram facilmente hidrolisados se fossem expostos ao ar, sol e ao solo, a partir daí tais compostos foram largamente utilizados como inseticidas (Uwaifo; John-Ohimai, 2020).

Seu mecanismo de ação é a inibição da enzima acetilcolinesterase, que é catalizadora da hidrólise do neurotransmissor acetilcolina no sistema nervoso central do inseto, portanto, estes compostos perturbam o neurotransmissor através de uma sinapse. Os organofosforados atuam no mecanismo catalítico da acetilcolinesterase, fosforilando o resíduo de serina contido na estrutura química da enzima e como consequência os impulsos nervosos não se movem através da sinapse dos neurônios, causando um acúmulo da acetilcolina nas junções neuromusculares, resultando em contração dos músculos, levando o inseto a paralisia e morte (Aroniadou-Anderjaska *et al.*, 2023; Rathnayake; Northrup, 2016; Abubakar *et al.*, 2020).

De acordo com o exposto por Mitidieri e Ferreira (2024), em experimento avaliando a eficácia de diferentes inseticidas no controle da cigarrinha-do-milho nos estádios fenológicos V2, V3 e V4 da cultura. Entre os tratamentos testados, incluíram-se um inseticida organofosforado em mistura com piretroide (Polytrin[®]) e duas misturas de neonicotinoide com piretroide (Galil SC[®] e Sperto[®]), promovendo reduções significativas de população de cigarrinha.

2.4.1.2 Neonicotinóides e piretróides

Os grupos químicos dos neonicotinóides e piretróides compõem uma gama de inseticidas muito usados no manejo de pragas. Estes grupos são muito utilizados de maneira combinada em aplicações a campo via foliar (Dias *et al.*, 2025).

Neonicotinóides compõem uma classe de substâncias neuroativas, relacionadas a nicotina que atuam nos receptores nicotínicos do neurotransmissor acetilcolina. Estes receptores são canais iônicos que se ativam através de íons ligantes que atuam de maneira essencial na neurotransmissão em sinapses influenciando o comportamento dos insetos. Os neonicotinóides atuam como agonistas da acetilcolina, ou seja, imitam sua forma e se ligam aos receptores nicotínicos, promovendo a abertura do canal iônico, permitindo então o fluxo de íons Na^+ , Ca^{2+} e K^+ por mais tempo, levando o inseto a uma sobrecarga de sinalização neural. Enquanto isso, a acetilcolina é degradada pela acetilcolinesterase, finalizando o processo (Li *et al.*, 2025; Thany, 2025).

Em relação aos piretróides, este grupo tem como origem os compostos orgânicos isolados, provenientes das flores de espécies de crisântemos. Suas propriedades inseticidas se devem ao ácido piretróico. Os piretróides sintéticos podem ser criados duplicando a estrutura das piretrinas naturais. Os seus principais componentes ativos são as piretrinas tipo I e tipo II (Abubakar *et al.*, 2020).

Todos os piretróides são compostos por uma parte ácida, uma ligação éster central e uma parte alcoólica. O principal mecanismo de ação dos piretróides em insetos é a interrupção dos canais de sódio no sistema nervoso. Os piretróides retardam a taxa de inativação destes canais, mantendo-os abertos por mais tempo e o resultado é que íons atravessem e despolarizem a membrana neural, provocando a paralisia do inseto. Vale destacar que as piretrinas do tipo II conseguem manter os canais de sódio abertos por um período mais longo que as do tipo I (Shafer; Meyer; Crofton, 2005).

Partindo de uma visão geral, a adoção de inseticidas para o manejo de cigarrinha-do-milho, indicam uma redução de eficiência quando aplicados via foliar e um período de proteção muito variável via tratamento de sementes. Nesse contexto, o uso intensivo destes inseticidas pode levar a pressões de seleção de resistência nas populações de insetos, resultando em falhas de controle a campo (Machado *et al.*, 2024).

2.5 USO DE NANOTECNOLOGIA NA AGRICULTURA

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o planeta atingirá 10 bilhões de pessoas até o ano de 2050 e consequentemente a demanda por

alimento aumentará, algo em torno de 50%, portanto para atender a esse aumento populacional, deve-se aprimorar o manejo das culturas agrícolas com ferramentas modernas, tecnológicas e ecológicas que surgem dentro da agricultura de precisão, como é o caso da nanotecnologia (Sarkar *et al.*, 2022; Sharma *et al.*, 2022).

As nanopartículas podem ser definidas como materiais naturais ou artificiais, tendo entre 1 a 1000 nanômetros de tamanho, de origem orgânica, inorgânica e a partir de polímeros. Estes nanomateriais tem capacidade de múltiplas aplicações em diversas áreas do conhecimento e da ciência moderna, como física, ciência computacional, química farmacológica, engenharia e agricultura. No cenário agrícola, estas nanopartículas podem diminuir o uso excessivo de agroquímicos principalmente, sejam fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes, sendo, portanto, uma ótima alternativa para tal finalidade (Liu; Zhou; Zhou, 2021).

A nanotecnologia tem emergido como uma alternativa promissora para enfrentar fatores que comprometem a sanidade vegetal, devido às propriedades físico-químicas dos nanomateriais, como mencionado anteriormente, seu tamanho reduzido (<100 nm), a elevada razão superfície-volume, conferindo alta estabilidade, bem como características específicas de reatividade e comportamento físico, elétrico e magnético. Essas características possibilitam aplicações diversas na agricultura, incluindo nanobiossensores, reguladores de crescimento, nanofertilizantes, tecnologias de proteção fitossanitária e nanopesticidas (Mondéjar-López *et al.*, 2024).

Os nanopesticidas, por sua vez, podem ser classificados em tipo I, que seriam os materiais a base de metais como cobre, titânio e prata, e tipo II, que incluem os materiais que encapsulam os ingredientes ativos, chamados nanocarreadores, compostos a base de argila e polímeros. Os nanopesticidas promovem melhorias significativas na dispersão e na molhabilidade de formulações agrícolas, reduzindo o uso de solventes, diminuindo a deriva e o deslocamento indesejado de pesticidas. A incorporação de nanopartículas em materiais nanoestruturados é essencial para o desenvolvimento de formulações de liberação controlada, contribuindo para o uso mais eficiente dos ingredientes ativos e dos nutrientes aplicados (Zainab *et al.*, 2024).

Além de atuar diretamente no desenvolvimento e defesa das plantas, a nanotecnologia também contribui para a mitigação de desafios relacionados ao manejo de recursos naturais e à contaminação ambiental, alta adsorção, melhor aderência às folhas, redução da volatilização, maior permeabilidade nos tecidos vegetais, liberação controlada do ingrediente ativo, dispersão uniforme e maior especificidade ao alvo. Alinhada aos princípios da “nanotecnologia verde”, essa abordagem permite o desenvolvimento de nanoformulações inovadoras a partir de

matérias-primas ambientalmente compatíveis, como lipídios, polímeros naturais e polissacarídeos, reforçando seu potencial para promover sistemas agrícolas mais sustentáveis, eficientes e resilientes (Mondéjar-López *et al.*, 2024; Zainab *et al.*, 2024).

A absorção e o acúmulo de nanopartículas nas plantas dependem de suas características físico-químicas, especialmente tamanho e carga. As nanopartículas podem penetrar pelas paredes celulares por capilaridade, difusão ou pressão osmótica, movimentando-se inicialmente pela via apoplástica até o câmbio vascular, onde passam a ser transportadas pelo xilema. Para ultrapassar a estria de Caspary, entretanto, é necessária a via simplástica, que permite o deslocamento célula a célula via plasmodesmos. As folhas também constituem vias relevantes de entrada: partículas maiores que 10 nm podem atravessar estômatos, enquanto partículas entre 50 e 200 nm podem penetrar através da cutícula ou apoplasto. Uma vez no interior das plantas, estes materiais podem se deslocar e acumular-se em diferentes órgãos vegetais. A carga positiva das nanopartículas facilita sua adesão e entrada, uma vez que as paredes celulares vegetais apresentam carga negativa. Esses processos determinam a distribuição das nanopartículas no sistema vegetal (Sharma *et al.*, 2022).

As nanopartículas que atuam como nanoencapsuladores de pesticidas funcionam da seguinte forma: os nanocarreadores são formados por nanopartículas poliméricas, lipídicas, inorgânicas não-metálicas e metálicas, assim uma vez que encapsulam as partículas de um pesticida, estas se tornam menores e mais centralizadas causando uma estabilidade maior e uma liberação mais lenta, aumentando o residual do produto e diminuindo a toxicidade para os humanos (Liu; Zhou; Zhou, 2021).

Quando aplicados no ambiente, os nanopesticidas realizam a liberação mais lenta do ingrediente ativo encapsulado, a partir de um estímulo proveniente de luz solar, temperatura, água, pH e enzimas do microambiente onde o produto foi inserido. Para os insetos, além do mecanismo mencionado, pode-se destacar a maior absorção pelo intestino e hemolinfa, levando a distúrbios metabólicos e ainda a ruptura externa da cutícula (Cardoso; Bufalo, 2025)

Dos materiais mencionados, os nanopesticidas a base de lipídios se destaca por seu grande potencial na liberação controlada de ingredientes ativos devido sua estabilidade de armazenamento físico-químico, alta capacidade e eficiência de encapsulação, sua origem não-tóxica, provenientes de compostos naturais e entrega direcionada ao alvo. Além disso, os nanotransportadores lipídicos podem evitar a fotodegradação e degradação química dos ingredientes ativos no ambiente, oferecendo baixa dispersão e absorção mais rápida pelas plantas com um tamanho médio de partículas entre 71 e 350 nm. Destes materiais, os mais

utilizados são nanomicelas e materiais de origem sólida lipídica (Kumar *et al.*, 2019; Paradva; Kalla, 2023).

Estudos envolvendo nanotecnologia e defensivos químicos tem crescido na área agrônômica, tendo como principais experimentos envolvendo herbicidas. A contribuição mais notável é a redução de dose destes produtos, mantendo alta eficiência de controle e aumento de residual quando comparados a formulações convencionais, ampliando desta forma o intervalo entre aplicações e reduzindo a quantidade de reaplicações ao longo do ciclo da cultura (Chen *et al.*, 2025). Assim como os resultados encontrados em testes com herbicidas, formulações a base de nanopartículas com inseticidas tem demonstrado potencial para o alcance destas mesmas vantagens, porém sendo necessários mais estudos neste tema, principalmente a campo (Kah; Hofmann; 2014; Sun *et al.*, 2020).

Dentre as nanopartículas presentes no mercado, existe a nanotecnologia OCC[®] (Organic Colloidal Concentrate (Concentrado Coloidal Orgânico)), um produto feito a base de micela lipídica, ou seja, a partir de ingredientes de origem vegetal, se classificando como uma nanotecnologia orgânica, sendo solúvel e biodegradável. Além disso é um material não-tóxico, seguro para saúde humana e animal, podendo ser utilizado inclusive na agricultura orgânica. O princípio de funcionamento dos nanocarreadores do OCC[®] é que estes se espalham em meio aquoso e encapsulam os ingredientes ativos dos compostos presentes na solução, formando micelas que por sua vez ativam os receptores nas paredes celulares da planta e por fim as células vegetais absorvem as micelas de OCC[®] com a substância encapsulada. A nanopartícula deste produto mede 2 a 4 nm quando é dissolvida em água, que após encapsular o produto químico, a micela formada passa a medir cerca de 200 até 400 nm (Nutristrahl, 2024).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar em condições de campo se a associação da nanotecnologia OCC[®] com os inseticidas acefato e imidacloprido + bifentrina resulta em maior período de controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e menor ocorrência de enfezamentos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar em plantas, que receberam aplicação isolada de inseticidas ou a combinação de inseticidas e nanotecnologia OCC[®], as seguintes variáveis: 1) a densidade populacional de cigarrinha; 2) a incidência e severidade do complexo de enfezamento; 3) o diâmetro de colmo e número de espigas por planta; e 4) parâmetros produtivos e produtividade.

4 HIPÓTESE

A associação do controle químico com a nanotecnologia OCC[®] pode resultar em maior residual dos inseticidas na planta e melhorar a eficiência de controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), permitindo aumentar o intervalo entre aplicações.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS

O experimento foi conduzido em dois locais, na Fazenda Escola Capão da Onça (FESCON), pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), localizada no segundo planalto Paranaense da região dos Campos Gerais (Ponta Grossa – PR), com as seguintes coordenadas geográficas, latitude 25°05'40" S e longitude 50°09'43" O, tendo seu ponto mais alto a 1027 m de altitude. Também na Fazenda Escola (FAZESC), pertencente à Universidade Estadual de Londrina (UEL), ao terceiro planalto Paranaense, localizada na região do Norte Central (Londrina – PR), a 570 m de altitude, situada na seguinte coordenada geográfica, latitude -23°20'23" S e longitude -51°12'32" O.

Conforme a classificação de Köppen e Geiger, o clima de Ponta Grossa é temperado com verões amenos, (Cfb), enquanto o clima de Londrina é subtropical úmido com verões quentes (Cfa). Durante a condução do estudo a temperatura média e pluviosidade foi de 17,7 °C e 119,3 mm em Ponta Grossa e de 20,6°C e 57,8 mm em Londrina.

O solo do local do experimento em Ponta Grossa é classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico típico de textura argilosa. Por sua vez, o solo da área experimental em Londrina é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférrico latossólico de textura argilosa (Ponta Grossa, 2015; Santos, 2018).

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATOS CULTURAIS

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos (Tabela 1) seguindo suas respectivas doses de bula (Tabela 2), com quatro repetições. Ambas as áreas experimentais mediam 150 m de comprimento e 35 m de largura, totalizando 5250 m². Cada parcela media 14,7 m de comprimento e 7,5 m de largura, sendo ao todo 36 parcelas de aproximadamente 110 m² cada. Os blocos estavam distanciados entre si por corredores de 1,6 m e as parcelas, por corredores de 2,2 m

Tabela 1 – Tratamentos, número e intervalo de aplicações utilizados para o controle de *Dalbulus maidis* em milho de 1ª safra (2024/25) em Ponta Grossa-PR e milho de 2ª safra (2025) em Londrina-PR.

Tratamentos	Número de aplicações	Intervalo de aplicação
1-Testemunha	-	-
2-Acefato	4	7 dias
3-Imidacloprido e Bifentrina	4	7 dias
4- Acefato + nanoencapsulador	4	7 dias
5- Acefato + nanoencapsulador	2	15 dias
6- Acefato + nanoencapsulador	2	21 dias
7- Imidacloprido e Bifentrina + nanoencapsulador	4	7 dias
8- Imidacloprido e Bifentrina + nanoencapsulador	2	15 dias
9- Imidacloprido e Bifentrina + nanoencapsulador	2	21 dias

Fonte: O autor, 2025.

Tabela 2 – Produtos e doses utilizadas nos ensaios para o controle de *Dalbulus maidis* em milho de 1ª safra (2024/25) em Ponta Grossa-PR e milho de 2ª safra (2025) em Londrina-PR.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Dose
Magnum [®]	Acefato	1 kg ha ⁻¹
Galil SC [®]	Imidacloprido e Bifentrina	0,25 L ha ⁻¹
OCC [®]	Nanoencapsulador	0,01% v.v

Fonte: O autor, 2025.

Nas duas localidades foram utilizados híbridos tolerantes ao complexo de enfezamentos. Em Ponta Grossa, o híbrido AS1868 PRO 4 (Agroeste[®]) foi semeado em 07 de janeiro de 2025, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e população de 71.110 plantas ha⁻¹, foi realizada adubação de base na dose de 300 kg ha⁻¹, na formulação 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). Na cidade de Londrina, o híbrido FS575 PWU (Forseed[®]) foi semeado em 10 de março de 2025, adotando o espaçamento de 0,45 m entre linhas e população de 66.666 plantas ha⁻¹, a adubação de base foi realizada na dose de 220 kg ha⁻¹ da formulação 02-18-18 (N-P₂O₅-K₂O).

Em Ponta Grossa, houve aplicação dos herbicidas atrazina (Primóleo[®]) e glifosato (Wipe Out[®]) nas doses de 6 L ha⁻¹ e 1 kg ha⁻¹, respectivamente, no estágio fenológico V4. Em V5 e V7, foi realizado aplicação dos fungicidas fluxapiroxade e prothioconazol (Blavity[®]) na dose de 300 mL ha⁻¹. A adubação de cobertura ocorreu em V4 e V6, aplicando ureia na dose de 150 kg ha⁻¹. Em Londrina, houve aplicação dos herbicidas tembotriona (Soberan[®]) e atrazina (Primóleo[®]), nas doses de 240 mL ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹, respectivamente, no estágio fenológico V4. A adubação de cobertura de ureia foi realizada em V6 na dose de 200 kg ha⁻¹. Diferente de Ponta Grossa, não foi necessária a aplicação de fungicida.

As aplicações de inseticidas iniciaram a partir da constatação das primeiras cigarrinhas na área, média de 0,23 e 0,30 insetos por planta em Ponta Grossa e Londrina, respectivamente. Neste momento, o milho estava com duas folhas expandidas (V2). O número e intervalo de aplicações variou, com tratamentos contendo quatro aplicações (em V2, V4, V6 e V8, respectivamente) intervaladas em 7 dias, bem como tratamentos com duas aplicações intervaladas em 15 dias (em V2 e V6, respectivamente) ou 21 dias (em V2 e V8, respectivamente).

Os tratamentos foram realizados entre 8h30 e 10h da manhã, devido a condições ambientais mais favoráveis à aplicação, com temperaturas mais amenas, menor velocidade do vento e menor evaporação das gotas, fatores que contribuem para maior deposição e eficiência dos produtos fitossanitários (Azevedo; Freire, 2006; Radons *et al.*, 2022). As pulverizações ocorreram com auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com barra contendo 6 pontas de pulverização de jato leque plano (modelo Jacto[®] AXI 110.02), utilizando um volume de calda de 150 L ha⁻¹. Para as aplicações, foi utilizado equipamento de proteção individual (EPI).

5.3 AVALIAÇÕES

5.3.1 Quantificação da Cigarrinha-do-Milho

Antes da aplicação dos tratamentos a população de cigarrinhas-do-milho foi realizada pela quantificação de insetos presentes em 30 plantas aleatórias na área de estudo. Após a aplicação dos tratamentos, as cigarrinhas foram quantificadas pela inspeção de 10 plantas/parcela, com frequência que variou de acordo com o tratamento: aos 7, 15 e 21 dias após a aplicação, para os tratamentos com aplicações semanais, quinzenais e de 21 dias, respectivamente.

5.3.2 Avaliação do Complexo de Enfezamento

A avaliação do complexo de enfezamento foi realizada a partir do estágio fenológico R2/R3 (grão bolha d'água/grão leitoso), seguindo metodologia adaptada de Silva *et al.*, (2003) e Sabato e Teixeira (2015), quando houve o aparecimento dos primeiros sintomas nas plantas foi vistoriado 15 plantas por parcela. Em relação à severidade de enfezamento, as avaliações foram feitas através da contagem total de folhas em cada planta e folhas com sintomas. O cálculo da porcentagem de severidade de enfezamento para cada planta foi feito através da fórmula:

$$\text{Severidade (\%)} = \frac{\text{nº de folhas com sintomas na planta}}{\text{nº total de folhas na planta}} \times 100$$

Para a avaliação de incidência dos enfezamentos, também foi realizada vistoria de 15 plantas aleatórias por parcela, verificando quais dessas apresentavam sintomas de enfezamento. O cálculo da porcentagem de incidência de enfezamento para cada parcela foi feito da seguinte maneira:

$$\text{Incidência (\%)} = \frac{\text{nº de plantas com sintomas de enfezamento}}{\text{nº total de plantas}} \times 100$$

Em relação ao vírus da risca, as avaliações ocorreram a partir do estágio fenológico V8, quando surgiram os primeiros sintomas visíveis nas plantas. A incidência e severidade foram avaliadas da mesma maneira que o enfezamento, com a contagem do número de folhas e de plantas com sintomas, utilizando as mesmas fórmulas mencionadas anteriormente.

5.3.3 Aferição da Altura de Plantas, Número de Espigas por Planta e Circunferência de Colmo

As avaliações, de altura de plantas, circunferência do colmo e número de espigas por planta ocorreram no estágio fenológico R3, utilizando paquímetro digital (It Blue®) e trena, avaliando 15 plantas por parcela.

A altura de plantas foi determinada medindo-se a distância do nível do solo até a inserção da última folha completamente expandida, próximo ao pendão. O número de espigas por planta foi realizado através de contagem visual das espigas a campo. O diâmetro de colmo foi determinado realizando duas medidas, a primeira do diâmetro maior e a segunda do diâmetro menor, considerando que o formato do colmo é uma elipse, foi calculado a circunferência do colmo utilizando a fórmula de Ramanujan (Ramanujan, 1914):

$$h = \frac{(a-b)^2}{(a+b)^2}$$

$$P \approx \pi (a+b) \left[1 + \frac{3h}{10 + \sqrt{4-3h}} \right]$$

5.3.4 Avaliações de Espigas

O comprimento, diâmetro e peso de espigas, número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga foram medidos com auxílio de régua milimetrada, balança digital de precisão e novamente o paquímetro digital, após a colheita da área útil de cada parcela, correspondendo a 10 metros de comprimento das 2 linhas centrais, descontando a bordadura. A colheita ocorreu no dia 16 de julho de 2025 em Ponta Grossa e no dia 01 de agosto de 2025 em Londrina.

As espigas foram colhidas a mão e armazenadas em sacarias de rafia, com sua respectiva identificação de bloco e tratamento. Após isso, foram selecionadas aleatoriamente 15 espigas por tratamento para submeter às avaliações e estimativas mencionadas anteriormente.

5.3.5 Estimativa de Produtividade e Massa de Mil Grãos

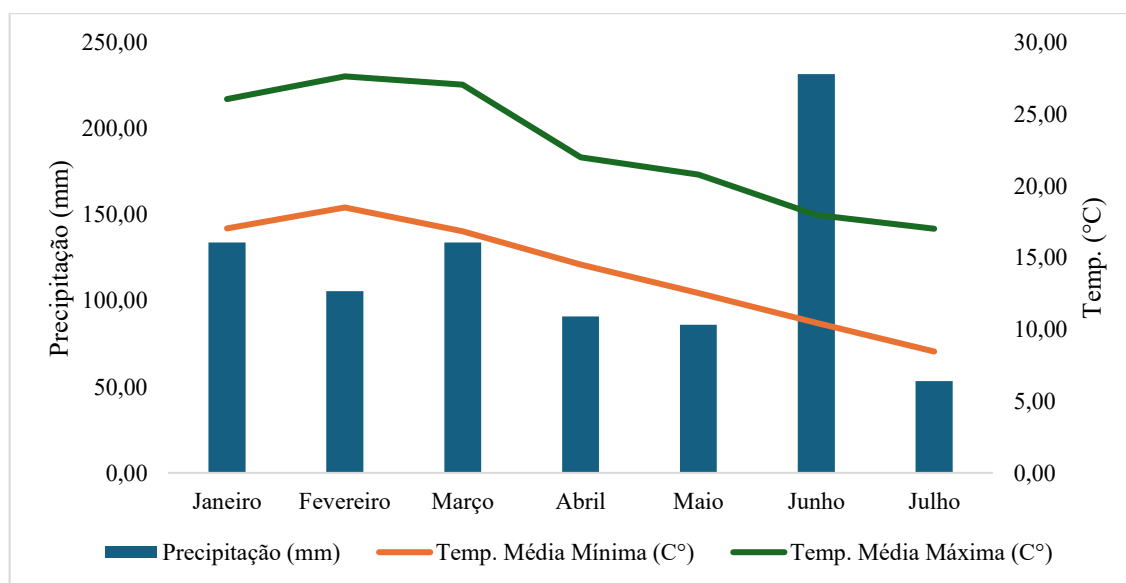
A colheita de ambas as áreas ocorreu no estágio mais avançado de maturação, entretanto com uma porcentagem de umidade em cerca de 20%, sendo realizada a correção para 13% para estimativa de produtividade e massa de mil grãos.

A partir do peso de espigas obtido, a produtividade por tratamento foi estimada considerando uma área de 9 m² (10 m x 0,90 m) realizando a equivalência para 1 hectare. A massa de mil grãos foi determinada pela contagem e pesagem com auxílio de balança digital, de 2 repetições de 100 grãos de 15 espigas debulhadas manualmente, misturadas dentro de cada parcela, extrapolando o peso obtido para o equivalente a 1000 grãos.

5.4 DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO AVALIADO

No município de Ponta Grossa houve maior precipitação pluvial nos meses de janeiro, março e especialmente em junho, onde registrou-se o maior volume de chuva em todo período avaliado. Nos meses de abril, maio e julho, foram registradas as menores precipitações acumuladas (Figura 3).

Figura 3: Dados climáticos do município de Ponta Grossa, 2025.



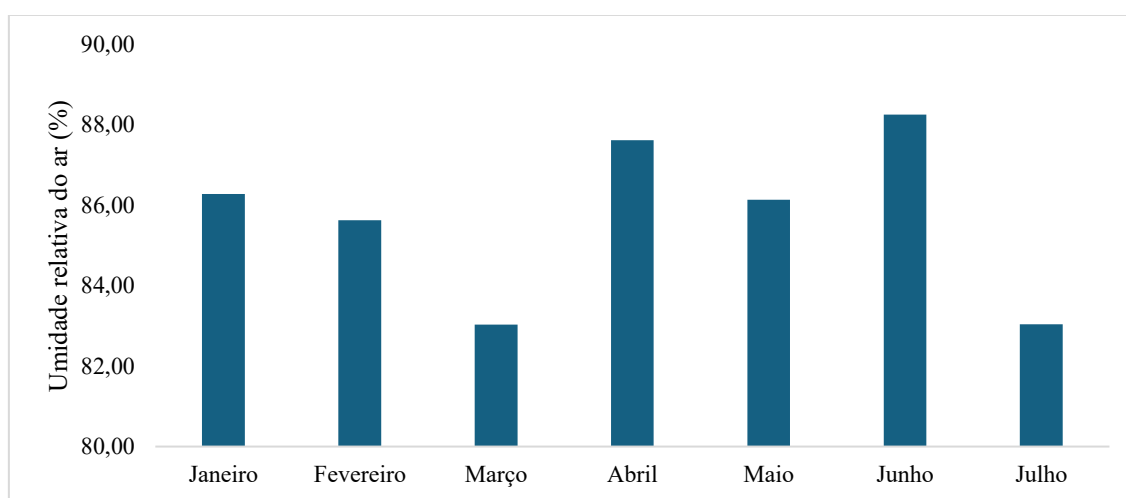
Fonte: Adaptado de dados meteorológicos da Estação Experimental da BASF.

Com relação as temperaturas, observa-se uma redução nas temperaturas médias mínimas e máximas, a partir do mês de fevereiro, o que caracteriza a transição das estações do

ano, do verão para o inverno. As temperaturas médias máximas variaram entre 28 C° no mês de fevereiro, e 18 C° no mês de julho; as temperaturas médias mínimas, reduziram de 15 C° para 8 C° no mesmo período avaliado.

Observa-se que a umidade relativa se manteve elevada ao longo de todo o período avaliado, sendo os valores médios observados superiores a 80%. As médias mais elevadas foram registradas nos meses de abril, maio e junho, com destaque para o mês de junho, com maiores médias do período. As médias de umidade relativa do ar mais baixas, foram observadas nos meses de março e julho, ainda sim, permaneceram acima de 80% (Figura 4).

Figura 4: Dados de umidade relativa do ar (%) no município de Ponta Grossa, 2025.

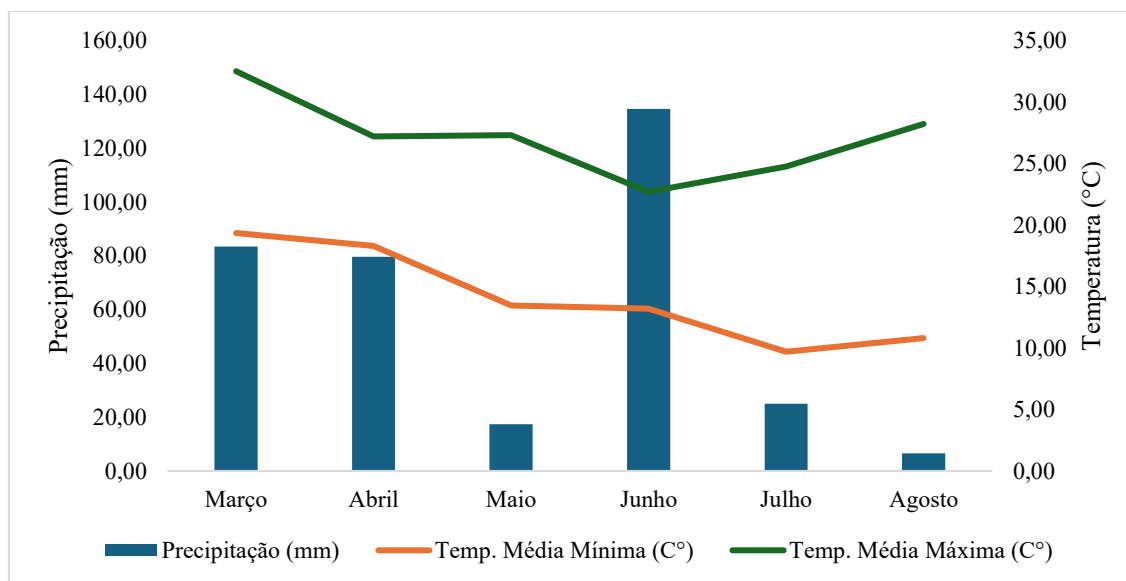


Fonte: Adaptado de dados meteorológicos da Estação Experimental da BASF.

Observa-se que a umidade relativa se manteve elevada ao longo de todo o período avaliado, sendo os valores médios observados superiores a 80%. As médias mais elevadas foram registradas nos meses de abril, maio e junho, com destaque para o mês de junho, com maiores médias do período. As médias de umidade relativa do ar mais baixas, foram observadas nos meses de março e julho, ainda sim, permaneceram acima de 80% (Figura 4).

Em Londrina maior quantidade de precipitação ocorreu nos meses de março e abril, com médias de aproximadamente 80 mm mensais, com pico de precipitação observado em junho, com valores próximos a 135 mm, contrastando ao observado nos meses de maio, julho e agosto, onde a precipitação mensal não superou 25 mm (Figura 5).

Figura 5: Dados climáticos do município de Londrina, 2025.

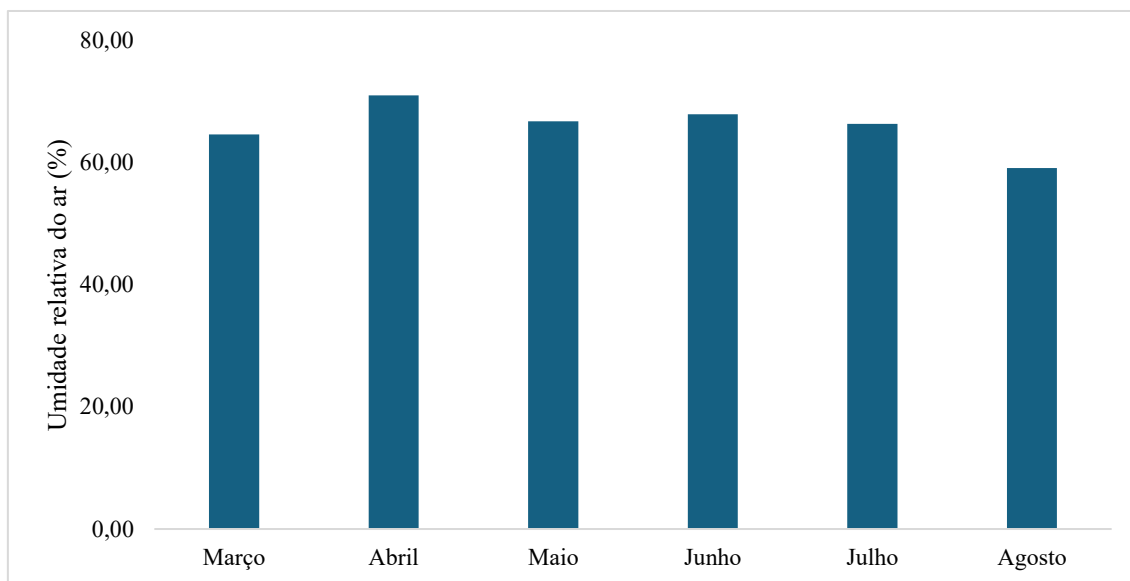


Fonte: Adaptado de dados meteorológicos da Estação Experimental da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina.

Com relação as temperaturas registradas no período, a temperatura média máxima foi maior em março (32°C) e menor em junho (24°C). No período do mês de julho, foi registrado uma geada intensa na região, ocasionando danos foliares as plantas de milho. Em síntese, o período avaliado apresentou baixa precipitação e temperaturas mais amenas, principalmente entre os meses de maio e agosto.

A umidade relativa do ar (Figura 6), verificada no mesmo período, manteve-se estável, com médias entre 60% e 70%, com variações pontuais ao longo dos meses. Em maio, pode ser observada uma leve redução para aproximadamente 66%, seguida de um novo aumento nos meses de junho e julho, com valores próximos a 68% e 67% respectivamente. O mês de agosto apresentou a menor média de umidade relativa, com valores de aproximadamente 59%, o que caracteriza um período mais seco.

Figura 6: Umidade relativa do ar (%) no município de Londrina, 2025.



Fonte: Adaptado de dados meteorológicos da Estação Experimental da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina.

A redução da umidade relativa observada em agosto, está ligada à baixa precipitação registrada no mesmo período, característica típica de final de inverno. De modo geral, embora não tenham sido verificadas variações extremas, observa-se uma tendência de condições mais secas, principalmente ao final do período avaliado, associado também a redução das temperaturas mínimas e precipitação.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, através do software estatístico RStudio®. Para população de cigarrinhas, os dados foram submetidos ao Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição de Poisson. Para análise complementar dos dados de produtividade, foi realizada regressão simples, bem como Análise de Componentes Principais (PCA) e matriz de correlação de Pearson.

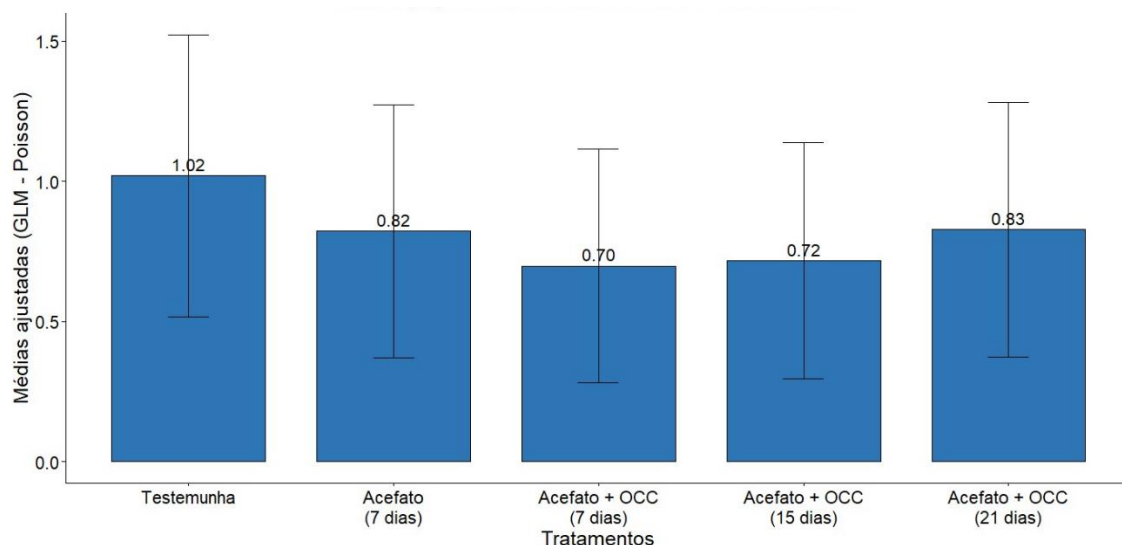
6 RESULTADOS

6.1 MONITORAMENTO DE POPULAÇÃO DE *D. maidis*

Embora plantas que receberam aplicação de acefato, isolado ou associado à nanotecnologia OCC[®], apresentaram menores médias ajustadas de população de cigarrinha-do-milho (0,70 a 0,83) em comparação à testemunha (1,02), não foi possível constatar diferenças significativas (Figura 7).

Quando associado ao OCC[®], verificou-se tendência de redução mais pronunciada nas médias populacionais, especialmente no intervalo de aplicação semanal (0,70), seguido pelo intervalo de 15 dias (0,72), enquanto a aplicação a cada 21 dias apresentou média de 0,83. Esses resultados indicam que a associação do inseticida à nanotecnologia pode contribuir para maior supressão populacional da praga, particularmente em menores intervalos de aplicação.

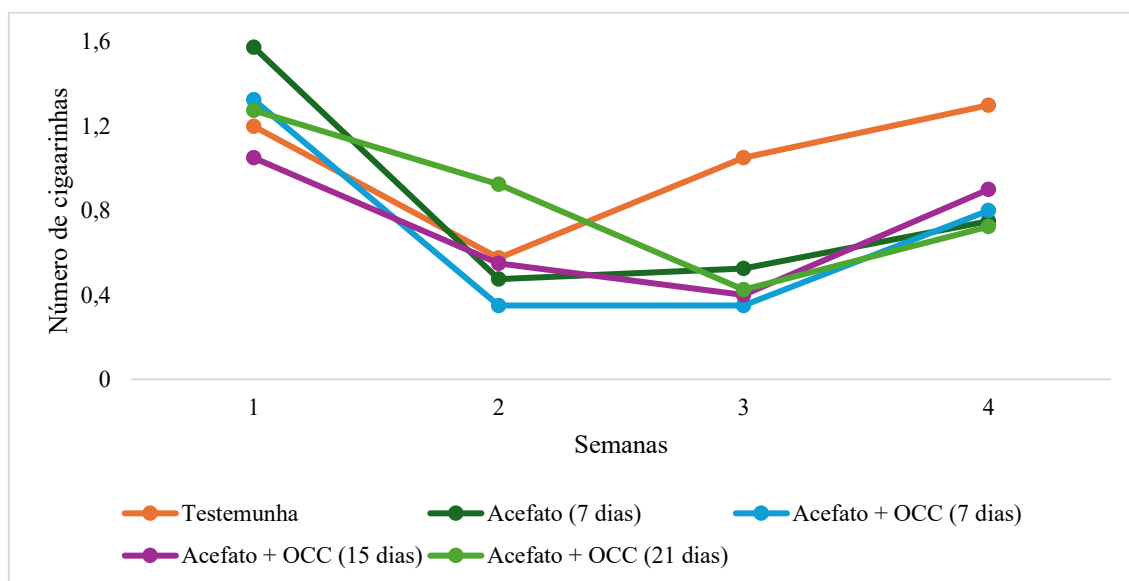
Figura 7: População média de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.



Fonte: O autor (2026).

Em relação a dinâmica populacional de insetos ao longo das semanas (Figura 8) entre os tratamentos avaliados, a testemunha apresentou tendência de aumento no número médio de cigarrinhas-do-milho a partir da terceira semana, indicando crescimento populacional na ausência de controle químico.

Figura 8: Dinâmica populacional de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC), ao longo das semanas de avaliação. Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025

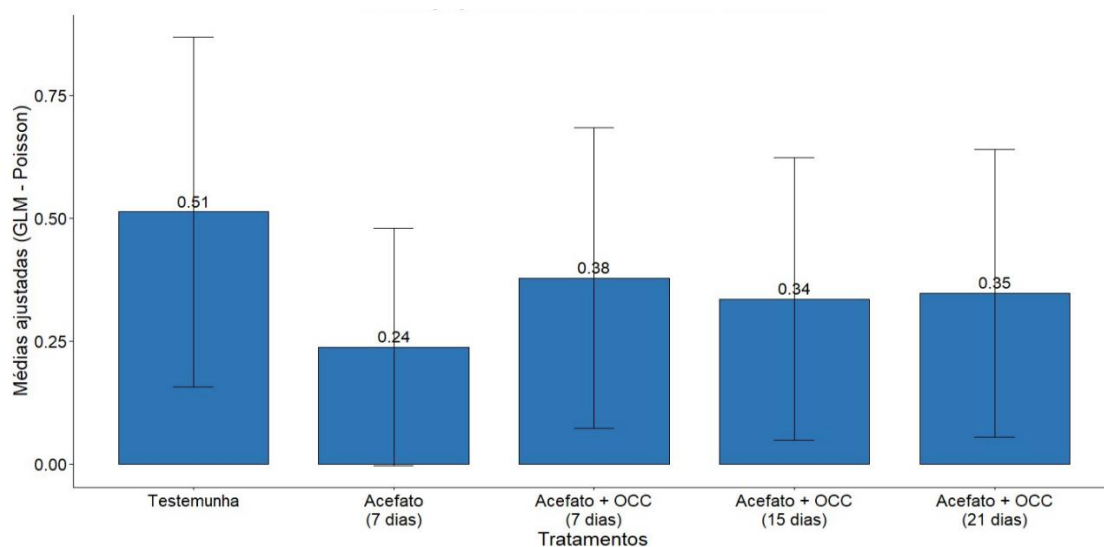


Fonte: O autor (2026).

O tratamento com acefato aplicado isoladamente promoveu redução inicial da população, seguida de pequeno acréscimo nas avaliações subsequentes. Por outro lado, os tratamentos com associação do inseticida à nanotecnologia OCC[®] apresentaram, de modo geral, menores médias populacionais ao longo do período avaliado, especialmente nos intervalos de aplicação de 15 e 21 dias, onde se realizou um menor número de aplicações, sugerindo efeito mais consistente na supressão da população da praga.

Em Londrina, observa-se que todos os tratamentos com aplicação de acefato, isolado ou associado à nanotecnologia OCC[®], reduziram as médias populacionais em comparação à testemunha, que apresentou média de 0,51 indivíduos (Figura 9). O acefato aplicado isoladamente resultou na menor média populacional (0,24), indicando maior efeito imediato de supressão da praga.

Figura 9: População média de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

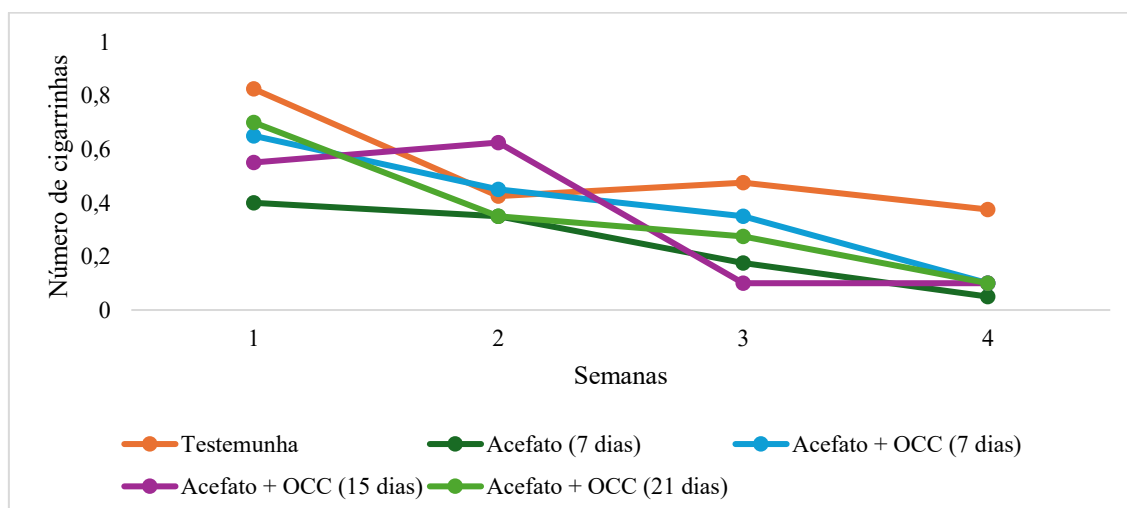


Fonte: O autor (2026).

Nos tratamentos com associação ao OCC®, as médias observadas foram de 0,38 na aplicação semanal, 0,34 no intervalo de 15 dias e 0,35 no intervalo de 21 dias, demonstrando redução populacional consistente em relação ao controle, embora ligeiramente superiores ao acefato isolado. Esses resultados indicam que a associação com a nanotecnologia manteve níveis reduzidos da população ao longo dos intervalos avaliados.

Em relação a dinâmica populacional do inseto ao longo das semanas em Londrina (Figura 10), a testemunha apresentou, de modo geral, maiores valores médios de população de cigarrinhas, evidenciando aumento populacional na ausência de controle químico.

Figura 10: Dinâmica populacional de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC), ao longo das semanas de avaliação. Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

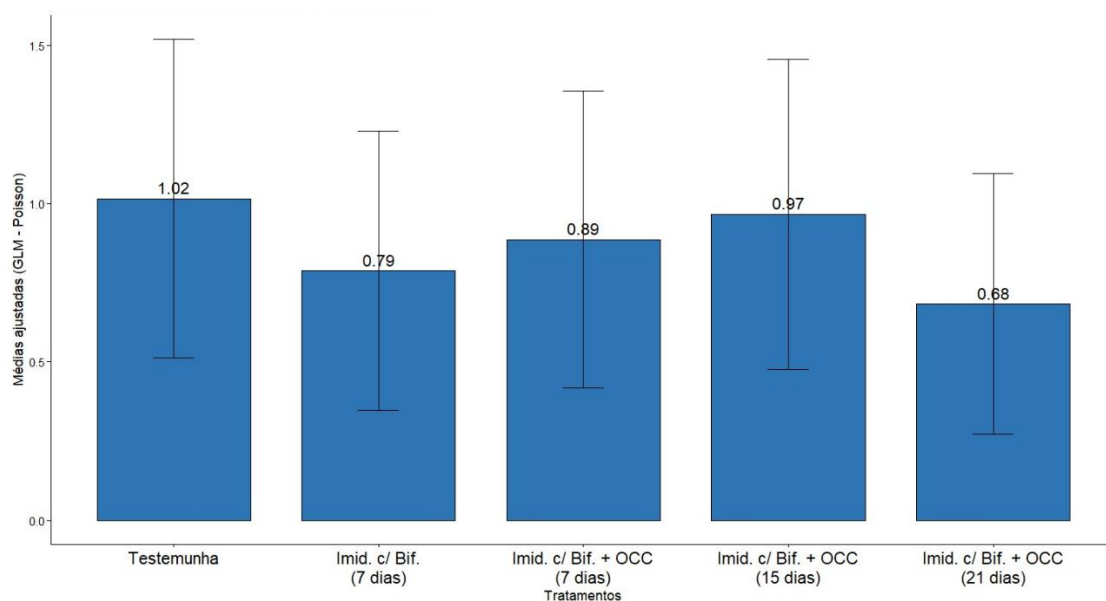


Fonte: O autor (2026).

O tratamento com acefato aplicado isoladamente apresentou redução gradual da população ao longo do período, atingindo os menores valores na última semana de avaliação. De forma semelhante, o tratamento com acefato associado ao OCC® no intervalo de 21 dias também demonstrou tendência contínua de redução populacional, indicando efeito persistente sobre a praga. Os demais tratamentos com associação ao nanoencapsulador apresentaram oscilações intermediárias, porém mantiveram níveis populacionais inferiores à testemunha durante o período avaliado.

Avaliando o efeito dos tratamentos com imidacloprido e bifentrina, observa-se que os manejos isolados ou associados à nanotecnologia OCC®, apresentaram, de modo geral, menores médias de população de cigarrinha-do-milho em comparação à testemunha (1,02 indivíduos) (Figura 11). O tratamento com imidacloprido e bifentrina aplicado semanalmente apresentou média de 0,79, enquanto a associação com OCC® no intervalo de 21 dias apresentou a menor média observada (0,68), indicando tendência de maior supressão populacional neste intervalo de aplicação.

Figura 11: População média de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

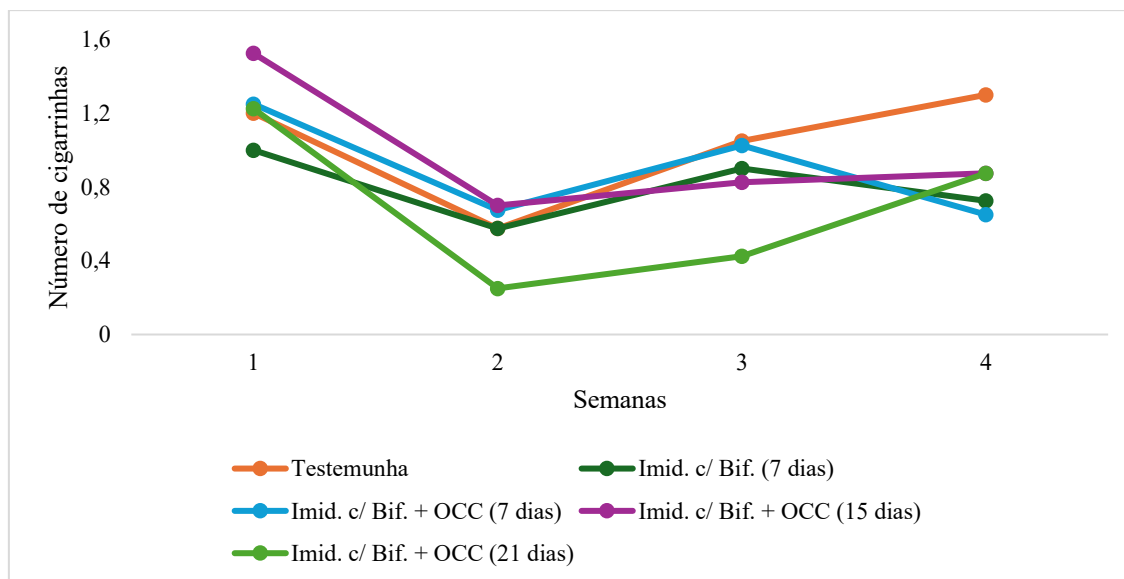


Fonte: O autor (2026).

Por outro lado, o tratamento associado ao OCC® com intervalo de 15 dias apresentou média de 0,97, valor próximo ao da testemunha, sugerindo menor eficiência nesse intervalo específico. De maneira abrangente, os resultados indicam que a associação do inseticida à nanotecnologia pode contribuir para redução da população da praga, mantendo seu residual, com destaque para intervalos mais longos de aplicação.

Em relação a dinâmica populacional de cigarrinha-do-milho ao longo das semanas para este ativo, evidenciou variações entre os tratamentos avaliados (Figura 12). A testemunha apresentou tendência de aumento na população ao longo do período experimental, com maiores valores observados na terceira e quarta semana.

Figura 12: Dinâmica populacional de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC), ao longo das semanas de avaliação. Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

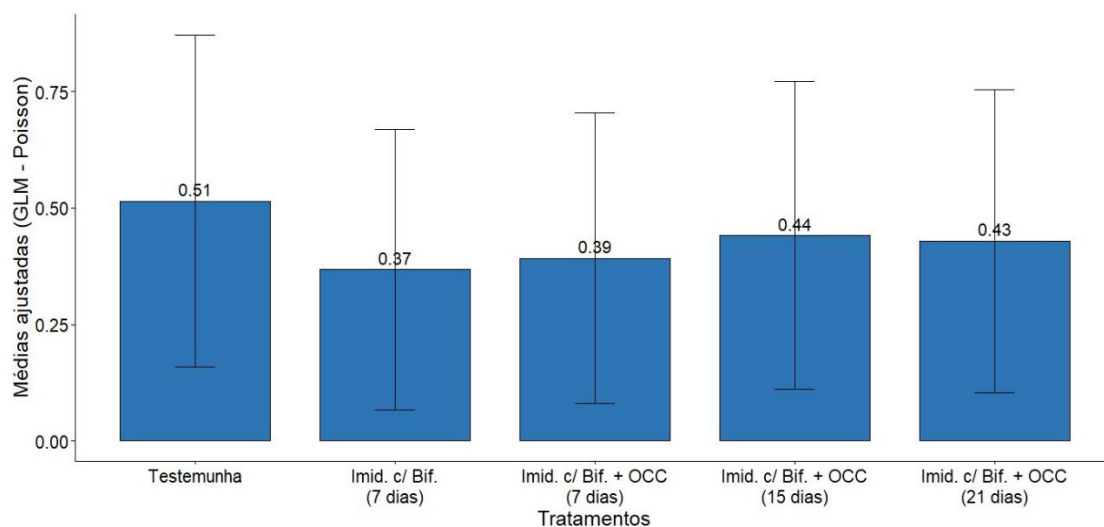


Fonte: O autor (2026).

O tratamento com imidacloprido e bifentrina aplicado isoladamente apresentou redução inicial na população, seguida de oscilações nas avaliações seguintes. Em contraste, os tratamentos associados ao OCC® apresentaram menores médias populacionais ao longo do período avaliado, com destaque para o intervalo de aplicação de 21 dias, que apresentou os menores valores principalmente na segunda e terceira semanas, sugerindo maior estabilidade no controle populacional da praga.

Em Londrina, todos os tratamentos com imidacloprido e bifentrina, isolado ou associado ao OCC®, apresentaram médias populacionais inferiores à testemunha, que registrou média de 0,51 indivíduos (Figura 13). O tratamento com aplicação semanal do inseticida isolado apresentou a menor média (0,37), indicando maior controle populacional sob intervalo mais curto de aplicação.

Figura 13: População média de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

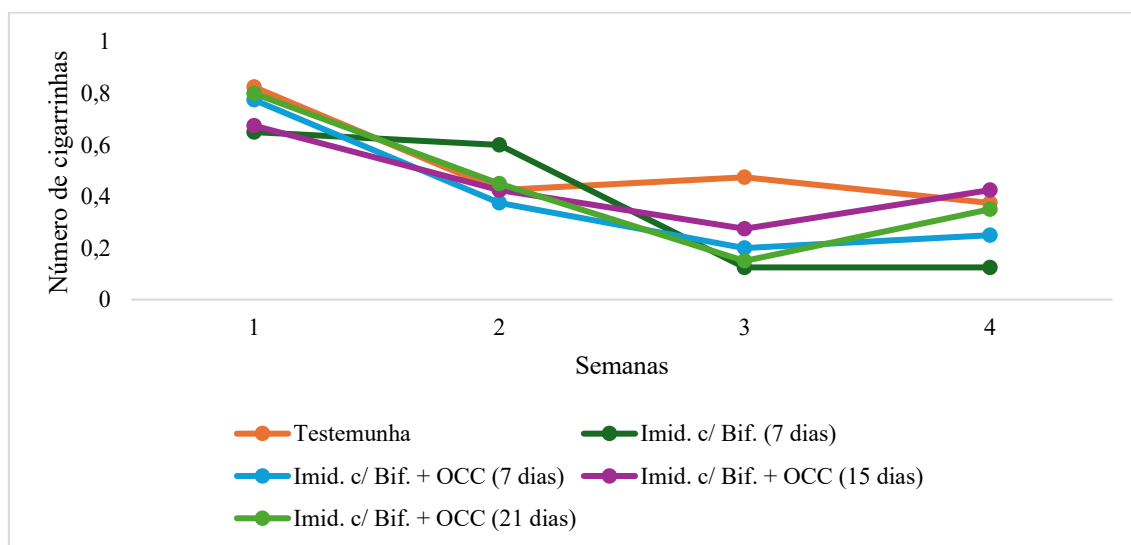


Fonte: O autor (2026).

Os tratamentos associados ao OCC[®] apresentaram médias de 0,39, 0,44 e 0,43 para os intervalos de 7, 15 e 21 dias, respectivamente, apresentando estabilidade do manejo populacional mesmo com maiores intervalos entre aplicações, o que sugere potencial contribuição da nanotecnologia para manter o efeito do inseticida ao longo do período avaliado.

Na avaliação ao longo do tempo, observa-se que na primeira semana os tratamentos apresentaram valores próximos, com discreta superioridade da testemunha (Figura 14). A partir da segunda semana, verificou-se redução populacional de cigarrinhas nos tratamentos com imidacloprido e bifentrina isolado e na associação com OCC[®] no intervalo de 21 dias, indicando resposta inicial ao controle químico.

Figura 14: Dinâmica populacional de *D. maidis* em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC), ao longo das semanas de avaliação. Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.



Fonte: O autor (2026).

Os tratamentos com associação ao OCC[®] mantiveram níveis populacionais reduzidos ao longo das avaliações, especialmente na terceira semana, em que a testemunha apresentou aumento populacional comparado aos demais tratamentos. Isto evidencia estabilidade no controle da população ao longo do tempo quando comparado à testemunha.

6.2 AVALIAÇÕES DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTO

A incidência de enfezamento foi baixa em todos os tratamentos (Tabelas 3 e 4), atingindo a maior porcentagem próxima a 2% nos manejos com acefato, isolado e em mistura ao OCC[®] em intervalo de 7 dias e imidacloprido e bifentrina isolado. Os demais tratamentos não apresentaram plantas com sintomas. Isto sugere ocorrência limitada do enfezamento ao longo do ciclo da cultura, não permitindo verificar diferenças entre os tratamentos.

Tabela 3: Incidência de enfezamento (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Incidência de enfezamento (%)
Testemunha	0,00 ns
Acefato (7 dias)	1,67
Acefato + OCC (7 dias)	1,67
Acefato + OCC (15 dias)	0,00
Acefato + OCC (21 dias)	0,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 4: Incidência de enfezamento (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Incidência de enfezamento (%)
Testemunha	0,00 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	1,67
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	0,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	0,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	0,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Por consequência, isto refletiu na severidade de enfezamento, a qual foi baixa para todos os tratamentos, apresentando porcentagens de 0,51, 0,26 e 0,39% para os tratamentos de acefato isolado, acefato em conjunto com OCC[®] e imidacloprido e bifentrina isolado, respectivamente (Tabelas 5 e 6). Nos demais tratamentos, a porcentagem foi igual a zero, ou seja, a partir da baixa quantidade de plantas que desenvolveram a doença, poucas folhas apresentaram seus sintomas e os tratamentos não diferiram entre si estatisticamente.

Tabela 5: Severidade de enfezamento (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Severidade de enfezamento (%)
Testemunha	0,00 ns
Acefato (7 dias)	0,51
Acefato + OCC (7 dias)	0,39
Acefato + OCC (15 dias)	0,00
Acefato + OCC (21 dias)	0,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 6: Severidade de enfezamento (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Severidade de enfezamento (%)
Testemunha	0,00 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	0,26
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	0,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	0,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	0,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Em relação a incidência de vírus da risca, os tratamentos com o manejo de acefato diferiram significativamente entre si (Tabela 7). Acefato em conjunto com OCC® a cada 7 dias apresentou a menor porcentagem de incidência, sendo aproximadamente 5%.

Tabela 7: Incidência de vírus da risca (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Incidência de vírus da risca (%)
Testemunha	16,67 a
Acefato (7 dias)	18,33 a
Acefato + OCC (7 dias)	5,00 b
Acefato + OCC (15 dias)	15,00 ab
Acefato + OCC (21 dias)	20,00 a

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

A testemunha, acefato isolado e acefato em mistura com OCC® no intervalo de 21 dias apresentaram as maiores porcentagens de incidência, sendo estas, 16,67, 18,33 e 20%, respectivamente. Enquanto o manejo de acefato com OCC® a cada 15 dias apresentou incidência de 15%, sendo intermediária entre os tratamentos. Isto sugere que a associação da nanotecnologia ao acefato em um menor intervalo de aplicação, pode contribuir para redução de incidência de vírus da risca.

Para os tratamentos envolvendo imidacloprido e bifentrina, observou-se elevada porcentagem de incidência em todos os manejos, com os valores variando de 15 a 23,33% (Tabela 8). Entretanto, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que o uso do inseticida, isolado ou associado ao OCC®, não promoveu redução significativa na incidência do vírus da risca.

Tabela 8: Incidência de vírus da risca (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Incidência de vírus da risca (%)
Testemunha	16,67 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	23,33
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	18,33
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	15,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	16,67

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Assim como observado para a incidência, os tratamentos com acefato apresentaram diferenças significativas para a severidade do vírus da risca (Tabela 9). O tratamento acefato +

OCC[®] com intervalo de aplicação de 7 dias apresentou a menor severidade, com média de 1,80%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Tabela 9: Severidade de vírus da risca (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Severidade de vírus da risca (%)
Testemunha	5,90 a
Acefato (7 dias)	7,18 a
Acefato + OCC (7 dias)	1,80 b
Acefato + OCC (15 dias)	5,64 ab
Acefato + OCC (21 dias)	7,57 a

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

A testemunha, acefato isolado e em mistura ao OCC[®] a cada 21 dias apresentaram as maiores severidades, com valores de 5,90, 7,18, 7,57%, respectivamente. Enquanto o manejo a cada 15 dias indicou uma severidade intermediária entre os tratamentos, de 5,64%. Esse resultado reforça o auxílio da nanotecnologia quando associada ao inseticida em intervalos curtos de aplicação, podendo contribuir para a redução da severidade de vírus da risca.

Os tratamentos com o uso de imidacloprido e bifentrina, não apresentaram diferença estatística entre si, com os valores de severidade variando de 5,90 a 8,21% (Tabela 10). O maior valor observado foi referente ao tratamento com o inseticida aplicado isoladamente, enquanto a testemunha e o tratamento em associação ao OCC[®] com intervalo de 15 dias apresentaram as menores médias. De modo geral, os tratamentos apresentaram valores semelhantes de severidade ao longo do período avaliado.

Tabela 10: Severidade de vírus da risca (%) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Severidade de vírus da risca (%)
Testemunha	5,90 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	8,21
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	6,92
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	5,90
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	6,16

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

As avaliações de incidência e severidade de enfezamentos e vírus da risca no município de Londrina, não foram possíveis de serem realizadas devido a uma geada intensa que ocorreu no período das avaliações, ocasionando em necrose foliar das plantas.

6.3 AVALIAÇÕES DE VARIÁVEIS FITOMÉTRICAS

Para a variável de altura de plantas, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, tanto para os manejos com acefato quanto para aqueles com imidacloprido e bifentrina (Tabelas 11 e 12). As médias variaram de aproximadamente 2,08 a 2,18 m, indicando que os diferentes manejos fitossanitários, isolados ou associados ao OCC[®], não influenciaram o crescimento vegetativo das plantas ao longo do período avaliado.

Tabela 11: Altura de plantas (m) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Altura de plantas (m)
Testemunha	2,13 ns
Acefato (7 dias)	2,15
Acefato + OCC (7 dias)	2,15
Acefato + OCC (15 dias)	2,18
Acefato + OCC (21 dias)	2,15

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 12: Altura de plantas (m) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Altura de plantas (m)
Testemunha	2,13 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	2,14
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	2,08
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	2,16
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	2,16

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Em Londrina, a altura de plantas variou entre 2,56 m e 2,70 m entre os tratamentos avaliados, não sendo observadas diferenças estatísticas significativas entre eles (Tabelas 13 e 14). De modo geral, verificou-se comportamento semelhante entre os manejos, tanto com aplicação de acefato quanto de imidacloprido e bifentrina, isolados ou associados à nanotecnologia OCC[®], independentemente do intervalo de aplicação.

Tabela 13: Altura de plantas (m) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Altura de plantas (m)
Testemunha	2,58 ns
Acefato (7 dias)	2,56
Acefato + OCC (7 dias)	2,67
Acefato + OCC (15 dias)	2,66
Acefato + OCC (21 dias)	2,70

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 14: Altura de plantas (m) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Altura de plantas (m)
Testemunha	2,58 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	2,64
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	2,60
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	2,57
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	2,69

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

A circunferência de colmo não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos avaliados, indicando comportamento semelhante entre os manejos testados (Tabelas 15 e 16). As médias variaram de aproximadamente 75,40 a 80,78 mm nos tratamentos com acefato e de 75,40 a 80,57 mm nos tratamentos com imidacloprido e bifentrina. De modo geral, os resultados indicam que os manejos com inseticidas, associados ou não ao OCC[®], não influenciaram significativamente a circunferência de colmo.

Tabela 15: Circunferência de colmo (mm) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Circunferência de colmo (mm)
Testemunha	75,40 ns
Acefato (7 dias)	80,78
Acefato + OCC (7 dias)	80,71
Acefato + OCC (15 dias)	80,54
Acefato + OCC (21 dias)	78,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 16: Circunferência de colmo (mm) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Circunferência de colmo (mm)
Testemunha	75,40 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	80,57
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	76,50
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	79,22
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	79,93

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o parâmetro circunferência de colmo em Londrina, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos avaliados (Tabelas 17 e 18). As médias variaram de 66,98 a 71,63 mm nos tratamentos com imidacloprido e bifentrina, e de 68,95 a 70,96 mm nos tratamentos com acefato. De modo geral, observou-se que a circunferência de colmo se manteve semelhante entre os manejos, indicando que a aplicação dos inseticidas, isolados ou associados ao OCC®, não influenciou significativamente esse parâmetro.

Tabela 17: Circunferência de colmo (mm) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Circunferência de colmo (mm)
Testemunha	70,96 ns
Acefato (7 dias)	68,95
Acefato + OCC (7 dias)	70,93
Acefato + OCC (15 dias)	69,72
Acefato + OCC (21 dias)	69,42

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 18: Circunferência de colmo (mm) em plantas sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Circunferência de colmo (mm)
Testemunha	70,96 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	66,98
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	71,63
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	68,27
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	69,99

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para os resultados referentes ao número de espigas, observa-se tendência de maiores médias nos tratamentos com associação ao OCC[®], especialmente nos intervalos de 15 e 21 dias para acefato (1,07 e 1,08, respectivamente) e nos intervalos de 7 e 21 dias para imidacloprido e bifentrina (1,07) (Tabelas 19 e 20). Entretanto, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos avaliados.

Tabela 19: Número de espigas por planta em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Número de espigas por planta
Testemunha	1,03 ns
Acefato (7 dias)	1,02
Acefato + OCC (7 dias)	1,03
Acefato + OCC (15 dias)	1,07
Acefato + OCC (21 dias)	1,08

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 20: Número de espigas por planta em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Número de espigas por planta
Testemunha	1,03 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	1,03
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	1,07
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	1,05
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	1,07

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Em relação ao número de espigas por planta em Londrina, não foram observadas variações entre os tratamentos avaliados, tanto para os manejos de acefato quanto para imidacloprido e bifentrina, com média de uma espiga por planta em todas as parcelas experimentais (Tabelas 21 e 22). Dessa forma, não houve diferença estatística significativa para este parâmetro, indicando que os manejos adotados não influenciaram a emissão de espigas.

Tabela 21: Número de espigas por planta em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Número de espigas por planta
Testemunha	1,00 ns
Acefato (7 dias)	1,00
Acefato + OCC (7 dias)	1,00
Acefato + OCC (15 dias)	1,00
Acefato + OCC (21 dias)	1,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 22: Número de espigas por planta em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Número de espigas por planta
Testemunha	1,00 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	1,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	1,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	1,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	1,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

6.4 AVALIAÇÕES DE COMPONENTES DE RENDIMENTO

Para o componente de peso de espigas, observa-se que o uso de acefato em associação ao OCC[®], evidenciou tendência de incremento no peso das espigas (Tabela 23). Em relação ao acefato aplicado isoladamente (220,94 g), o tratamento Acefato + OCC[®] aos 7 dias apresentou aumento aproximado de 3,0%, enquanto os intervalos de 15 e 21 dias resultaram em incrementos de 7,0% e 8,1%, respectivamente. Esses resultados sugerem que a associação a nanotecnologia pode favorecer o desempenho do inseticida sobre esse componente produtivo, embora sem efeito estatisticamente significativo nas condições do presente estudo.

Tabela 23: Peso de espigas (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Peso de espiga (g)
Testemunha	228,18 ns
Acefato (7 dias)	220,94
Acefato + OCC (7 dias)	227,62
Acefato + OCC (15 dias)	236,48
Acefato + OCC (21 dias)	238,77

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Em relação aos tratamentos utilizando imidacloprido e bifentrina, o mesmo pode se observar em relação ao uso do OCC[®], ou seja, uma tendência de gerar incremento no parâmetro avaliado (Tabela 24). Quando se compara o manejo isolado (216,02 g) com manejo em conjunto a nanotecnologia, observam-se aumentos de aproximadamente 7,7% e 8,4% nos intervalos de 7 e 15 dias, respectivamente, enquanto no intervalo de 21 dias o incremento foi de 3,7%. Esses resultados indicam possível efeito positivo da associação com OCC[®] sobre esse componente produtivo, embora sem diferença estatística nas condições experimentais avaliadas.

Tabela 24: Peso de espigas (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Peso de espigas (g)
Testemunha	228,18 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	216,02
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	232,64
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	234,25
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	224,00

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o ensaio conduzido em Londrina, o peso de espigas variou de 130,90 a 132,68 g entre os tratamentos com o uso de acefato, não sendo observadas diferenças estatísticas significativas (Tabelas 25 e 26). Enquanto para os manejos com o uso de imidacloprido e bifentrina, a associação ao OCC[®] no intervalo de 7 dias apresentou média de 133,37 g, representando incremento de aproximadamente 4,2% em relação ao inseticida isolado (127,95 g), enquanto o intervalo de 15 dias apresentou média de 132,97 g, com aumento de cerca de 3,9%. Entretanto, os tratamentos não demonstraram diferença estatística significativa.

Tabela 25: Peso de espigas (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Peso de espiga (g)
Testemunha	131,50 ns
Acefato (7 dias)	131,53
Acefato + OCC (7 dias)	130,90
Acefato + OCC (15 dias)	132,08
Acefato + OCC (21 dias)	132,68

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 26: Peso de espigas (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Peso de espigas (g)
Testemunha	131,50 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	127,95
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	133,37
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	132,97
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	127,25

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

O comprimento de espigas entre os tratamentos utilizando acefato variaram entre 15,56 a 16,91 cm (Tabela 27). O tratamento com acefato isolado apresentou média de 15,56 cm, enquanto a associação com OCC[®] promoveu aumentos de 1,9%, 6,6% e 8,7% nos intervalos de aplicação de 7, 15 e 21 dias, respectivamente. Esses resultados indicam tendência de maior comprimento de espigas com a associação do inseticida à nanotecnologia, especialmente em maiores intervalos de aplicação, embora sem significância estatística.

Tabela 27: Comprimento de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Comprimento de espiga (cm)
Testemunha	16,85 ns
Acefato (7 dias)	15,56
Acefato + OCC (7 dias)	15,85
Acefato + OCC (15 dias)	16,59
Acefato + OCC (21 dias)	16,91

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para os tratamentos envolvendo imidacloprido e bifentrina, os valores variaram de 15,61 a 16,85 cm (Tabela 28). O tratamento com aplicação isolada apresentou média de 15,70

cm, enquanto a associação ao OCC[®] resultou em incrementos de 3,1% e 3,4% nos intervalos de 7 e 15 dias, respectivamente. Por outro lado, no intervalo de 21 dias, observou-se uma pequena redução de 0,6% em relação ao tratamento isolado, com média de 15,61 cm. De modo geral, os resultados indicam comportamento semelhante entre os manejos, não apresentando diferença estatística.

Tabela 28: Comprimento de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Comprimento de espiga (cm)
Testemunha	16,85 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	15,70
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	16,18
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	16,24
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	15,61

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

O tratamento com acefato isolado no ensaio em Londrina apresentou média de 12,76 cm, valor semelhante ao observado na associação com OCC[®] no intervalo de 7 dias (Tabela 29). Entretanto, observa-se tendência de incremento com o aumento do intervalo de aplicação quando associado à nanotecnologia, com acréscimos de 1,5% e 14,3% nos intervalos de 15 e 21 dias, respectivamente, atingindo média máxima de 14,58 cm. Apesar destas variações, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre tratamentos avaliados.

Tabela 29: Comprimento de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Comprimento de espiga (cm)
Testemunha	13,03 ns
Acefato (7 dias)	12,76
Acefato + OCC (7 dias)	12,76
Acefato + OCC (15 dias)	12,95
Acefato + OCC (21 dias)	14,58

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o comprimento de espigas nos tratamentos com imidacloprido e bifentrina em Londrina, foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 30). A testemunha apresentou a maior média (13,03 cm), diferindo estatisticamente do tratamento de inseticida associado ao OCC[®] no intervalo de 21 dias, que apresentou o menor comprimento (12,03 cm). O tratamento com inseticida aplicado isoladamente apresentou média de 12,63 cm, enquanto as associações com OCC[®] nos intervalos de 7 e 15 dias resultaram em médias de 12,53 e 12,50

cm, respectivamente. Em suma, os tratamentos associados ao OCC[®] nestas condições experimentais não promoveram incremento no comprimento de espigas.

Tabela 30: Comprimento de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Comprimento de espiga (cm)
Testemunha	13,03 a
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	12,63 ab
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	12,53 ab
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	12,50 ab
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	12,03 b

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Na avaliação do diâmetro de espigas, ao comparar o uso isolado dos inseticidas com sua associação à nanotecnologia OCC[®], observa-se um incremento para este componente (Tabelas 31 e 32). Para o manejo a base de acefato isolado (4,91 cm), quando comparado a sua mistura com OCC[®], verifica-se aumentos de aproximadamente 1,02% e 1,63% nos intervalos de 15 e 21 dias, respectivamente, enquanto no intervalo semanal não houve variação. De forma semelhante, para o tratamento com imidacloprido e bifentrina aplicado isoladamente (4,85 cm), a associação a nanotecnologia promoveu incrementos de aproximadamente 3,09%, 1,65% e 1,24% nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, respectivamente. Contudo, os tratamentos não diferiram significativamente entre si.

Tabela 31: Diâmetro de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Diâmetro de espigas (cm)
Testemunha	4,97 ns
Acefato (7 dias)	4,91
Acefato + OCC (7 dias)	4,91
Acefato + OCC (15 dias)	4,96
Acefato + OCC (21 dias)	4,99

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 32: Diâmetro de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Diâmetro de espiga (cm)
Testemunha	4,97 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	4,85
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	5,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	4,93
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	4,91

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

No experimento conduzido em Londrina, constata-se no manejo de acefato, que a associação com OCC[®] no intervalo de 7 dias promoveu incremento de aproximadamente 1,13% no diâmetro de espigas em relação à aplicação isolada, enquanto nos intervalos de 15 e 21 dias foram observadas reduções de 1,37% e 0,84%, respectivamente (Tabelas 33 e 34). Enquanto o tratamento com imidacloprido e bifentrina, a associação com OCC[®] resultou em aumento de 1,69%, 1,17% e 1,96% nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, respectivamente, quando comparado ao uso isolado do inseticida. Apesar disto, a ausência de diferença estatística indica que a associação com OCC[®] não promoveu efeito sobre o diâmetro de espigas.

Tabela 33: Diâmetro de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Diâmetro de espiga (cm)
Testemunha	4,51 ns
Acefato (7 dias)	4,52
Acefato + OCC (7 dias)	4,57
Acefato + OCC (15 dias)	4,49
Acefato + OCC (21 dias)	4,48

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 34: Diâmetro de espigas (cm) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Diâmetro de espiga (cm)
Testemunha	4,51 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	4,45
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	4,53
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	4,50
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	4,54

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o parâmetro de diâmetro de espigas, para o manejo com acefato, os valores variaram de 13,76 a 14,78 (Tabela 35). O tratamento de acefato associado ao OCC a cada 15 dias apresentou a menor média para este componente (13,76), seguido pelo manejo a 7 (14,35) e 21 dias (14,41), testemunha (14,67) e acefato isolado (14,78). Os tratamentos não diferiram significativamente entre si.

Tabela 35: Número de fileiras por espiga em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Número de fileiras por espiga
Testemunha	14,67 ns
Acefato (7 dias)	14,78
Acefato + OCC (7 dias)	14,35
Acefato + OCC (15 dias)	13,76
Acefato + OCC (21 dias)	14,47

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o tratamento com imidacloprido e bifentrina, a associação ao OCC[®] aos 7 dias (14,37) promoveu incremento de cerca de 6,7% no número de fileiras por espiga em comparação ao uso isolado (13,47), enquanto no intervalo de 15 dias houve aumento de aproximadamente 1,8% (13,71), e aos 21 dias incremento mais expressivo de 8,2% (14,57) (Tabela 36). De modo geral, apesar das variações observadas, os tratamentos não apresentaram diferença estatística, indicando que a associação com OCC[®] não influenciou significativamente este componente produtivo.

Tabela 36: Número de fileiras por espiga em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Número de fileiras por espiga
Testemunha	14,67 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	13,47
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	14,37
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	13,71
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	14,57

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Na avaliação do número de fileiras por espiga no ensaio conduzido em Londrina, observou-se diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 37). Considerando o uso de acefato isolado (15,87), a associação com OCC[®] no intervalo de 7 dias resultou em incremento de aproximadamente 2,1% (16,20), enquanto no intervalo de 15 dias observou-se aumento de 5,4% (16,72), representando o maior valor obtido para este ativo. Por outro lado, a aplicação a cada 21 dias apresentou redução de aproximadamente 5,3% (15,03) em relação ao uso isolado. Isto indica que a associação do acefato ao OCC[®], especialmente no intervalo de 15 dias, apresentou tendência de aumento no número de fileiras por espiga.

Tabela 37: Número de fileiras por espiga em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Número de fileiras por espiga
Testemunha	15,83 ab
Acefato (7 dias)	15,87 ab
Acefato + OCC (7 dias)	16,20 ab
Acefato + OCC (15 dias)	16,72 a
Acefato + OCC (21 dias)	15,03 b

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Enquanto os tratamentos com imidacloprido e bifentrina, variaram de 14,53 a 16,37, constatando uma redução no número de fileiras por espiga em todos os intervalos com OCC[®] (Tabela 38). Em suma observa-se tendência de redução em relação ao uso isolado, embora os tratamentos para este ativo não tenham apresentado diferença estatística.

Tabela 38: Número de fileiras por espiga em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Número de fileiras por espiga
Testemunha	15,83 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	16,37
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	15,30
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	15,20
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	14,53

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Em relação ao componente de grãos por fileira, é possível observar um incremento em alguns manejos com a associação de OCC[®]. Para o acefato, a associação a nanotecnologia no intervalo de 7 dias resultou em aumento de aproximadamente 1,6% no número de grãos por fileira (31,18) em relação à aplicação isolada (30,70) (Tabela 39). Já nos intervalos de 15 e 21 dias, os incrementos foram de aproximadamente 2,8% e 2,9%, respectivamente, quando comparados ao acefato isolado.

Tabela 39: Número de grãos por fileira em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Número de grãos por fileira
Testemunha	31,11 ns
Acefato (7 dias)	30,70
Acefato + OCC (7 dias)	31,18
Acefato + OCC (15 dias)	31,57
Acefato + OCC (21 dias)	31,60

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Enquanto para o tratamento com imidacloprido e bifentrina, a associação ao OCC[®] no intervalo de 7 dias (30,58) promoveu incremento de aproximadamente 3,2% em relação ao uso isolado (29,62), enquanto no intervalo de 15 dias o aumento foi mais expressivo, de aproximadamente 8,8% (32,22) (Tabela 40). Por outro lado, no intervalo de 21 dias o incremento foi menor, de cerca de 0,7% em relação ao tratamento isolado. Embora os tratamentos não tenham demonstrado diferença estatística, constata-se tendência de aumento no número de grãos por fileira com a associação da nanotecnologia, sugerindo possível efeito positivo sobre este componente.

Tabela 40: Número de grãos por fileira em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Número de grãos por fileira
Testemunha	31,11 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	29,62
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	30,58
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	32,22
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	29,83

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Em Londrina, os valores variaram de 29,93 a 31,97 no conjunto dos tratamentos avaliados. Apesar de não terem sido observadas diferenças estatísticas significativas, a Testemunha (29,93) apresentou o menor valor para este parâmetro, sendo observado incremento em todos os tratamentos avaliados.

O tratamento com acefato aplicado semanalmente apresentou média de 31,27 grãos por fileira, correspondendo a incremento de aproximadamente 4,5% em relação à testemunha (Tabela 41). Quando associado ao OCC[®], nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, apresentou médias de 30,88, 30,57 e 30,82 grãos por fileira, representando incrementos de 3,2%, 2,1% e 3,0%, respectivamente, em comparação à testemunha.

Tabela 41: Número de grãos por fileira em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Número de grãos por fileira
Testemunha	29,93 ns
Acefato (7 dias)	31,27
Acefato + OCC (7 dias)	30,88
Acefato + OCC (15 dias)	30,57
Acefato + OCC (21 dias)	30,82

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o tratamento com imidacloprido e bifentrina aplicado semanalmente, observou-se média de 31,10 grãos por fileira, correspondendo a incremento de aproximadamente 4,0% em relação à testemunha (Tabela 42). Quando associado ao OCC[®], nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, as médias foram de 31,97, 30,60 e 30,45 grãos por fileira, representando incrementos de 6,8%, 2,2% e 1,7%, respectivamente. Embora os incrementos observados indiquem tendência de aumento no número de grãos por fileira com o uso dos inseticidas, isolados ou associados à nanotecnologia, os tratamentos não apresentaram diferença estatística.

Tabela 42: Número de grãos por fileira em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Número de grãos por fileira
Testemunha	29,93 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	31,10
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	31,97
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	30,60
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	30,45

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o parâmetro peso de mil grãos (PMG), observou-se variação numérica entre os tratamentos avaliados, com valores variando de 360,00 a 397,50 g. Para o acefato, a aplicação isolada apresentou média de 360,00 g, enquanto a associação com OCC[®] resultou em incrementos de aproximadamente 2,4%, 3,5% e 8,0% nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, respectivamente, com médias de 368,75, 372,50 e 388,75 g (Tabelas 43 e 44). Enquanto para o tratamento com imidacloprido e bifentrina, a aplicação isolada apresentou média de 393,75 g. Quando associado ao OCC[®], observou-se incremento de aproximadamente 1,0% no intervalo de 7 dias (397,50 g). Contudo, não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos sobre este componente.

Tabela 43: Peso de mil grãos (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Peso de mil grãos (g)
Testemunha	382,50 ns
Acefato (7 dias)	360,00
Acefato + OCC (7 dias)	368,75
Acefato + OCC (15 dias)	372,50
Acefato + OCC (21 dias)	388,75

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Tabela 44: Peso de mil grãos (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Peso de mil grãos (g)
Testemunha	382,50 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	393,75
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	397,50
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	381,25
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	386,25

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

No que se refere ao peso de mil grãos em Londrina, observou-se variação entre os tratamentos. Para o tratamento com acefato, constatou-se que o manejo associado com OCC[®] a cada 15 dias (257,50 g) apresentou um incremento de cerca de 3,5% em relação ao uso isolado (248,75 g) (Tabela 45). Enquanto no manejo a cada 7 e 21 dias em conjunto com a nanotecnologia, verificou-se valores de 203,75 e 242,50 g, respectivamente.

Tabela 45: Peso de mil grãos (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Peso de mil grãos (g)
Testemunha	247,50 a
Acefato (7 dias)	248,75 a
Acefato + OCC (7 dias)	203,75 b
Acefato + OCC (15 dias)	257,50 a
Acefato + OCC (21 dias)	242,50 ab

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o tratamento com imidacloprido e bifentrina, o uso isolado apresentou média de 251,25 g, sendo superior às associações com OCC[®] em todos os intervalos avaliados (Tabela 46). A associação com OCC[®] resultou em médias de 245, 231,25 e 237,50 g nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, respectivamente. Em geral, para este ativo, não foram apresentadas diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Tabela 46: Peso de mil grãos (g) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Peso de mil grãos (g)
Testemunha	247,50 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	251,25
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	245,00
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	231,25
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	237,50

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para o componente de produtividade, observou-se que os valores variaram entre 9654,58 e 10825,52 kg ha⁻¹ entre os tratamentos avaliados. O tratamento com acefato aplicado isoladamente apresentou produtividade de 10529,36 kg ha⁻¹, representando incremento de aproximadamente 9,0% em relação à testemunha (9654,58 kg ha⁻¹) (Tabela 47). Quando associado ao OCC[®], observou-se comportamento variável conforme o intervalo de aplicação. A associação semanal apresentou produtividade de 9773,04 kg ha⁻¹, enquanto a cada 15 e 21 dias, apresentaram produtividade de 10479,25 kg ha⁻¹ e 9987,18 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 47: Produtividade (kg ha⁻¹) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	9654,58 ns
Acefato (7 dias)	10529,36
Acefato + OCC (7 dias)	9773,04
Acefato + OCC (15 dias)	10479,25
Acefato + OCC (21 dias)	9987,18

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Para os tratamentos envolvendo imidacloprido e bifentrina, o manejo isolado apresentou produtividade de 9886,94 kg ha⁻¹, correspondendo a incremento de aproximadamente 2,4% em relação à testemunha (Tabela 48). Quando associado ao OCC[®], a aplicação semanal apresentou produtividade de 9.754,81 kg ha⁻¹.

Tabela 48: Produtividade (kg ha^{-1}) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Ponta Grossa, 2025.

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})
Testemunha	9654,58 b
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	9886,94 ab
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	9754,81 ab
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	10606,82 ab
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	10825,52 a

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

Porém, observou-se aumento da produtividade nos maiores intervalos de aplicação. O tratamento com OCC[®] a cada 15 dias apresentou produtividade de 10606,82 kg ha^{-1} , correspondendo a incremento de aproximadamente 7,3% em relação ao manejo sem OCC[®], enquanto a aplicação a cada 21 dias apresentou o maior valor observado, 10825,52 kg ha^{-1} , representando incremento de aproximadamente 9,5% em relação ao tratamento isolado e 12,1% em relação à testemunha, apresentando diferença significativa. Esses resultados indicam que a associação do inseticida à nanotecnologia, especialmente em intervalos maiores, pode favorecer o desempenho produtivo da cultura.

A produtividade variou entre os manejos avaliados em relação à testemunha, com incrementos distintos entre os tratamentos (Tabela 49). O maior ganho produtivo foi observado no tratamento imidacloprido e bifentrina associado ao OCC[®] no intervalo de 21 dias, com incremento de 1170,94 kg ha^{-1} (12,13%) e maior retorno econômico estimado (R\$ 1249,00 ha^{-1}).

Tabela 49: Incremento de produtividade de diferentes manejos em relação a Testemunha em ensaio de manejo de *D. maidis* milho 1ª safra 2025 em Ponta Grossa.

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	Incremento (kg)	Incremento (%)	Incremento (R\$)
Testemunha	9654,58	-	-	-
Acefato (7 dias)	10529,36	874,79	9,06	933,11
Imid. e Bif. (7 dias)	9886,94	232,37	2,41	247,86
Acefato + OCC® (7 dias)	9773,04	118,46	1,23	126,36
Acefato + OCC® (15 dias)	10479,25	824,67	8,54	879,65
Acefato + OCC® (21 dias)	9987,18	332,60	3,45	354,78
Imid. e Bif. + OCC® (7 dias)	9754,81	100,24	1,04	106,92
Imid. e Bif. + OCC® (15 dias)	10606,82	952,24	9,86	1015,73
Imid. e Bif. + OCC® (21 dias)	10825,52	1170,94	12,13	1249,00

Obs.: Saca considerando média de 64 reais no período avaliado (julho 2025).

Fonte: O autor (2026).

Os tratamentos imidacloprido e bifentrina + OCC® (15 dias), acefato (7 dias) e acefato + OCC® (15 dias) também apresentaram incrementos expressivos, de 952,24 kg ha⁻¹ (9,86%), 874,79 kg ha⁻¹ (9,06%) e 824,67 kg ha⁻¹ (8,54%), respectivamente.

Os demais tratamentos apresentaram incrementos menores, variando de 100,24 a 332,60 kg ha⁻¹, correspondendo a aumentos entre 1,04% e 3,45%. Isto ressalta os efeitos positivos dos tratamentos quando associados a nanotecnologia para este componente.

Para Londrina, observa-se que a produtividade apresentou variação entre 6565,98 e 7010,36 kg ha⁻¹ entre os tratamentos avaliados. Nos tratamentos envolvendo acefato, verifica-se que a aplicação isolada resultou em produtividade de 6949,60 kg ha⁻¹, enquanto a associação com OCC® nos intervalos de 7, 15 e 21 dias apresentou valores de 6916,13, 6978,66 e 7010,36 kg ha⁻¹, respectivamente, indicando um pequeno incremento produtivo (Tabela 50).

Tabela 50: Produtividade (kg ha⁻¹) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Acefato, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	6565,98 ns
Acefato (7 dias)	6949,60
Acefato + OCC (7 dias)	6916,13
Acefato + OCC (15 dias)	6978,66
Acefato + OCC (21 dias)	7010,36

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

De forma semelhante, para os tratamentos com imidacloprido e bifentrina, a aplicação isolada apresentou produtividade de 6760,27 kg ha⁻¹, enquanto a associação com OCC[®] resultou em produtividades de 7046,46, 7025,33 e 6723,29 kg ha⁻¹ nos intervalos de 7, 15 e 21 dias, respectivamente, com destaque para o intervalo de 7 dias que apresentou o maior valor observado para este conjunto de tratamentos (Tabela 51). Embora as diferenças não tenham sido significativas, observa-se tendência de maiores produtividades nos tratamentos com associação à nanotecnologia OCC[®], mostrando efeito positivo sobre este parâmetro.

Tabela 51: Produtividade (kg ha⁻¹) em experimento sem aplicação de inseticidas (testemunha) e com aplicação de Imidacloprido e Bifentrina, isolado ou em combinação com nanopartículas (OCC). Valores entre parênteses indicam o intervalo entre aplicações de inseticidas. Londrina, 2025.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	6565,98 ns
Imidacloprido e Bifentrina (7 dias)	6760,27
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (7 dias)	7046,46
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (15 dias)	7025,33
Imidacloprido e Bifentrina + OCC (21 dias)	6723,29

Fonte: O autor (2026). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$). ns = não significativo.

A análise do incremento de produtividade em relação à testemunha evidenciou que todos os manejos avaliados apresentaram ganhos produtivos, variando de 157,31 a 480,48 kg ha⁻¹, correspondendo a incrementos de 2,40 a 7,32% (Tabela 52). Entre os tratamentos com acefato, o maior incremento foi observado na associação com OCC[®] no intervalo de 21 dias, com aumento de 444,38 kg ha⁻¹ (6,77%), seguido pelo intervalo de 15 dias com incremento de 412,68 kg ha⁻¹ (6,29%). O acefato aplicado isoladamente apresentou incremento de 383,62 kg ha⁻¹ (5,84%) em relação à testemunha.

Tabela 52: Incremento de produtividade de diferentes manejos em relação a Testemunha em ensaio de manejo de *D. maidis* 2ª safra 2025 em Londrina.

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	Incremento (kg)	Incremento (%)	Incremento (R\$)
Testemunha	6565,98	-	-	-
Acefato (7 dias)	6949,60	383,62	5,84	409,19
Imid. c/ Bif. (7 dias)	6760,27	194,29	2,96	207,25
Acefato + OCC® (7 dias)	6916,13	350,16	5,33	373,50
Acefato + OCC® (15 dias)	6978,66	412,68	6,29	440,19
Acefato + OCC® (21 dias)	7010,36	444,38	6,77	474,01
Imid. c/ Bif. + OCC® (7 dias)	7046,46	480,48	7,32	512,52
Imid. c/ Bif. + OCC® (15 dias)	7025,33	459,35	7,00	489,97
Imid. c/ Bif. + OCC® (21 dias)	6723,29	157,31	2,40	167,80

Obs.: Saca considerando média de 64 reais no período avaliado (agosto 2025).

Fonte: O autor (2026).

Para os tratamentos com imidacloprido e bifentrina, a maior resposta foi obtida com a associação ao OCC® no intervalo de 7 dias, com incremento de 480,48 kg ha⁻¹ (7,32%), seguido do intervalo de 15 dias com 459,35 kg ha⁻¹ (7,00%). O tratamento aplicado isoladamente apresentou incremento de 194,29 kg ha⁻¹ (2,96%), enquanto a associação com OCC® no intervalo de 21 dias apresentou o menor ganho entre os tratamentos com este ativo, com incremento de 157,31 kg ha⁻¹ (2,40%). O maior retorno financeiro foi apresentado pelo manejo de imidacloprido e bifentrina com OCC® a cada 7 dias (512,52) comparado a testemunha, reforçando o efeito positivo da nanotecnologia ao manejo.

6.5 ANÁLISES COMPLEMENTARES

Os parâmetros de regressão linear realizada para os tratamentos com acefato (Tabela 53) indicaram que, o peso de espigas ($p = 0,036$) e o diâmetro de espigas ($p = 0,029$) apresentaram efeito significativo sobre a produtividade. As variáveis representaram 22 e 24% da variação da produtividade, reforçando que, a produtividade esteve diretamente associada a variáveis relacionadas a massa de espigas.

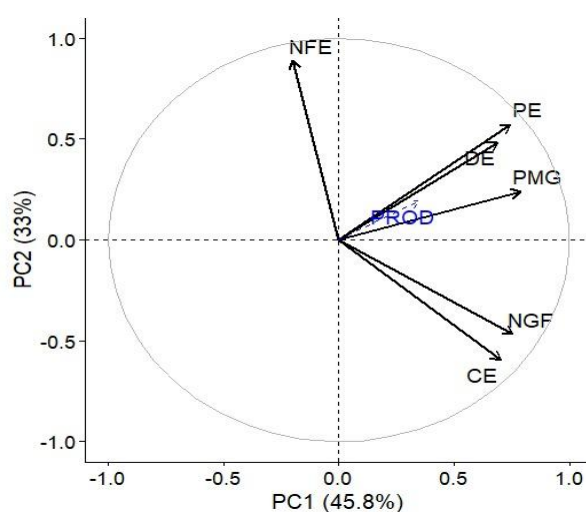
Tabela 53: Parâmetros de regressões lineares simples (p-valor e R^2) para produtividade de plantas que receberam aplicações de acefato em Ponta Grossa (2025).

Variável	p-valor	R^2
Peso de espiga (g)	0,036*	0,223
Diâmetro de espiga (cm)	0,029*	0,239
Comprimento de espiga (cm)	0,929	0,000
Número de fileiras por espiga	0,800	0,004
Número de grãos por fileira	0,428	0,035
Peso de mil grãos (g)	0,554	0,020

Fonte: O autor (2026).

Na análise de componentes principais (Figura 15) é possível verificar que, a produção estava relacionada com peso de espiga (PE), diâmetro de espiga (DE), em menor graus com o número de grãos por fileira (NGF) e comprimento de espiga (CE). Os dois primeiros componentes explicaram 78,8 % da variância, sendo 45% do PC1 e 33% do PC2

Figura 15: Análise de Componentes Principais (PCA) entre produtividade e componentes da espiga das plantas que receberam aplicações de acefato em Ponta Grossa (2025).



Fonte: O autor (2026).

Na matriz de correlação realizada nos tratamentos com a utilização de acefato (Anexo 1), destaca-se a relação dos componentes de rendimento com a produtividade. As correlações entre produtividade e diâmetro de espigas (0,68) e peso de espigas (0,60) foram consideradas de moderadas a fortes, sugerindo que os tratamentos contribuíram para melhora na estrutura da espiga, refletindo na produtividade final da cultura.

Já nos resultados de regressão simples, observa-se uma relação positiva entre produtividade e peso de espigas [Anexo 2 (a)], diâmetro de espigas [Anexo 2 (b)] e número de grãos por fileira [Anexo 2 (e)] refletindo a forte relação entre os parâmetros com a produtividade final. Os parâmetros número de fileiras por espiga [Anexo 2 (d)] e comprimento de espiga

[Anexo 2 (f)], não apresentaram relação evidente com a produtividade. De modo geral, a produtividade esteve mais ligada a características relacionadas ao desenvolvimento de espigas, indicando que o uso do ativo acefato contribuiu para manutenção do potencial produtivo da cultura.

Os parâmetros de regressão linear realizada para os tratamentos com imidacloprido e bifentrina (Tabela 54) indicou que, dentre os componentes de rendimento avaliados, apenas peso de espiga apresentou efeito significativo ($p = 0,015$). O valor de R^2 indica que aproximadamente 28% da variação observada nessa variável, pode ser explicada pelo manejo com o inseticida, demonstrando que o manejo químico com imidacloprido e bifentrina, influenciou diretamente na massa final das espigas.

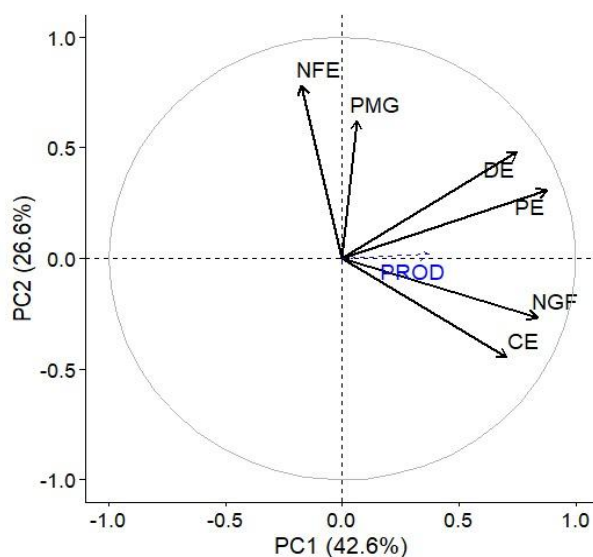
Tabela 54: Parâmetros de regressões lineares simples (p-valor e R^2) para produtividade de plantas que receberam aplicações de imidacloprido e bifentrina em Ponta Grossa (2025).

Variável	p-valor	R^2
Peso de espiga (g)	0,015*	0,287
Diâmetro de espiga (cm)	0,596	0,016
Comprimento de espiga (cm)	0,587	0,017
Número de fileiras por espiga	0,274	0,066
Número de grãos por fileira	0,211	0,085
Peso de mil grãos (g)	0,347	0,049

Fonte: O autor (2026).

A PCA realizada para avaliar a relação dos componentes de rendimento com a produtividade, sugere que o PC1 esteve fortemente associado a variáveis de desenvolvimento, apresentando relação positiva entre DE, PE, CE e NGF, com a produtividade, indicando que, esses componentes de rendimento contribuíram diretamente para o aumento da produtividade do milho (Figura 16). A PC2 foi fortemente influenciada pelo NFE e por PMG, demonstrando que esses atributos apresentam comportamento independente das variáveis ligadas a produtividade, o que reforça que tais variáveis são menos sensíveis ao tratamento aplicado.

Figura 16: Análise de Componentes Principais (PCA) entre produtividade e componentes da espiga das plantas que receberam aplicações de imidacloprido e bifentrina em Ponta Grossa (2025).



Fonte: O autor (2026).

De modo geral a PCA indicou que os resultados das análises aplicadas, indica que, o manejo químico imidacloprido e bifentrina para controle da cigarrinha-do-milho influenciou mais os atributos relacionados a massa e a estrutura da espiga, os quais contribuem para o componente de produtividade.

A matriz de correlação de Pearson (Anexo 3), evidenciou relações entre produtividade com alguns componentes de rendimento, como peso de espiga, que apresentou correlação positiva moderada com a produtividade (0,54), sugerindo que o aumento da massa de espiga contribuiu para o incremento de rendimento. Das variáveis associadas a população e enfezamentos, em sua maioria apresentaram apenas correlações negativas com os componentes produtivos, indicando que nesse caso, que a população de cigarrinhas não interferiu diretamente nos componentes de rendimento da cultura. Os resultados da correlação reforçam que o manejo com imidacloprido e bifentrina contribuíram para os componentes estruturais da espiga principalmente PE e DE (0,71).

As regressões simples realizada entre os componentes de rendimento e a produtividade reforçam que os tratamentos com imidacloprido e bifentrina, independente da associação com OCC®, promoveram incremento na produtividade. A regressão entre peso de espiga com a produtividade [Anexo 4 (a)], apresentou relação positiva, o que sugere que espigas mais pesadas resultam em maior produtividade. Diâmetro de espiga [Anexo 4 (b)] apresentou relação fraca com a produtividade, sugerindo que o parâmetro isoladamente não determina a produtividade quando o controle químico é eficiente. Comprimento de espiga [Anexo 4 (c)] apresentou relação

positiva discreta, indicando que, o componente responde na produtividade com menor peso em relação a outras variáveis.

Já o parâmetro número de fileiras por espiga [Anexo 4 (d)] apresentou relação negativa com a produtividade, demonstrando que o parâmetro é mais influenciado pela genética do híbrido, do que propriamente a fatores de manejo. Diferentemente do observado para NFE, números de grãos por fileira [Anexo 4 (e)] apresentou relação positiva com a produtividade assim como PMG [Anexo 4 (f)].

Os parâmetros de regressão para os tratamentos com acefato em Londrina (Tabela 55) indicam que a produtividade esteve diretamente relacionada com o peso de espigas ($R^2 = 0,625$) e a diâmetro de espiga ($R^2 = 0,208$), enquanto os demais componentes de rendimento foram complementares, o que corrobora com os resultados da correlação e da análise de componentes principais.

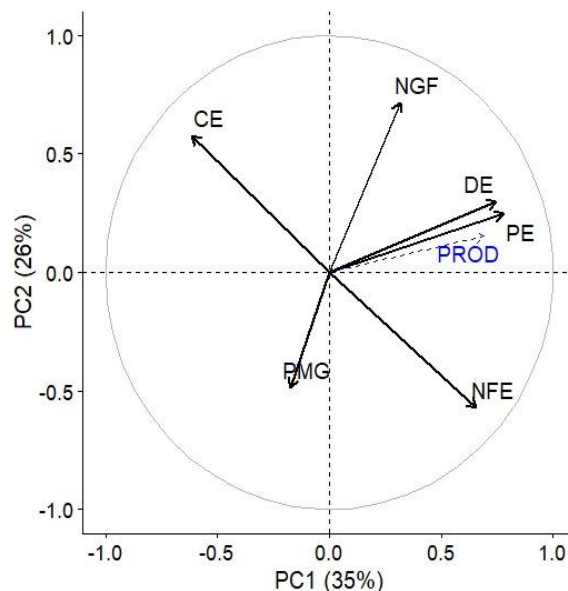
Tabela 55: Parâmetros de regressões lineares simples (p-valor e R^2) para produtividade de plantas que receberam aplicações de acefato em Londrina (2025).

Variável	p-valor	R^2
Peso de espiga (g)	0,000*	0,645
Diâmetro de espiga (cm)	0,043*	0,208
Comprimento de espiga (cm)	0,283	0,064
Número de fileiras por espiga	0,136	0,119
Número de grãos por fileira	0,090	0,151
Peso de mil grãos (g)	0,802	0,004

Fonte: O autor (2026).

A análise de componentes principais realizada para os tratamentos com acefato, indica que, os dois primeiros componentes explicam 61% da variância total, sendo 35% da PC1 e 26% da PC2 (Figura 17). A PC1 indica que o aumento da produtividade está diretamente relacionado com peso de espiga e diâmetro de espiga, cujo vetores apresentaram alinhamento. Para PC2 número de grãos por fileira apresentou baixa contribuição, porém relevante, e número de fileiras por espiga, apresentou vetor em sentido oposto, ou seja, indicando efeito de compensação entre as variáveis.

Figura 17: Análise de Componentes Principais (PCA) entre produtividade e componentes da espiga das plantas que receberam aplicações de acefato em Londrina (2025).



Fonte: O autor (2026).

A matriz de correlação (Anexo 5) para os tratamentos com acefato em Londrina, indicou alta correlação com peso de espiga (0,80) e diâmetro de espigas (0,46) reforçando que, as características relacionadas a desenvolvimento da espiga, foram mais importantes para produtividade final.

As regressões simples para os tratamentos a base de acefato demonstram que, peso de espiga e produtividade apresentam [Anexo 6 (a)] relação positiva, assim como diâmetro de espigas [Anexo 6 (b)]. Já o parâmetro comprimento de espigas [Anexo 6 (c)] apresentou tendência negativa com a produtividade, o que indica que, o parâmetro isoladamente não contribui diretamente para produtividade final, assim como observado para peso de mil grãos [Anexo 6 (f)]. Número de fileiras por espiga [Anexo 6 (d)] e número de grãos por fileira [Anexo 6 (e)] apresentaram relação positiva, indicando contribuição para o resultado da produtividade final.

Os parâmetros de regressão linear indicaram que o peso de espiga e o número de grãos por fileira apresentaram efeito altamente significativo sobre a produtividade ($p < 0,001$), com maior porcentagem de variação ($R^2 = 0,701$ e $0,678$, respectivamente) (Tabela 56). O diâmetro de espiga também apresentou efeito significativo ($p < 0,05$), porém, com menor porcentagem ($R^2 = 0,270$), indicando contribuição secundária para a produtividade. Os resultados reforçam a eficiência do manejo com imidacloprido e bifentrina na expressão do potencial produtivo da cultura.

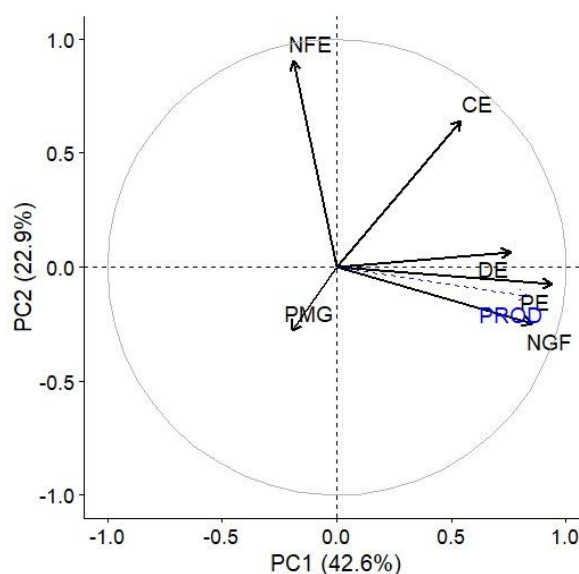
Tabela 56: Parâmetros de regressões lineares simples (p-valor e R^2) para produtividade de plantas que receberam aplicações de imidacloprido e bifentrina em Londrina (2025).

Variável	p-valor	R^2
Peso de espiga (g)	0,000*	0,701
Diâmetro de espiga (cm)	0,019*	0,270
Comprimento de espiga (cm)	0,127	0,124
Número de fileiras por espiga	0,341	0,051
Número de grãos por fileira	0,000*	0,678
Peso de mil grãos (g)	0,621	0,014

Fonte: O autor (2026).

A análise de componentes principais nos tratamentos com imidacloprido e bifentrina evidenciou que, os dois primeiros componentes explicaram 65,5% da variância total, sendo 42,6% atribuídos ao PC1 e 22,9% ao PC2 (Figura 18). O PC1 apresentou relação forte entre produtividade (PROD), peso de espiga (PE), diâmetro de espiga (DE) e número de grãos por fileira (NGF), reforçando os resultados da regressão que indicam relação direta da produtividade com parâmetros de enchimento da de espiga. Os componentes de rendimento ligados ao PC2 foram número de fileiras por espiga (NFE) e pelo comprimento de espiga (CE), considerados componentes secundários para a produtividade final, pois seus vetores apresentaram orientação contrária a produtividade.

Figura 18: Análise de Componentes Principais (PCA) entre produtividade e componentes da espiga das plantas que receberam aplicações de imidacloprido e bifentrina em Londrina (2025).



Fonte: O autor (2026).

A matriz de correlação (Anexo 7) realizada para os tratamentos com imidacloprido e bifentrina em Londrina, indicam que a produtividade apresentou forte correlação com peso de espiga (PE) (0,84) e com o número de grãos por fileira (NGF) (0,82), evidenciando que, no manejo com este ativo o rendimento foi associado principalmente ao enchimento de grãos. O diâmetro de espiga (DE) também apresentou correlação positiva moderada com a produtividade (0,52).

Os gráficos de regressões simples indicam que, nos tratamentos com imidacloprido e bifentrina, o parâmetro que mais influenciou na produtividade final foi peso de espigas [Anexo 8 (a)] e número de grãos por fileira [Anexo 8 (e)] enquanto os demais parâmetros apresentaram influência secundária na produtividade.

7 DISCUSSÃO

7.1 DINÂMICA POPULACIONAL DE *D. maidis*

Os resultados obtidos em Ponta Grossa demonstraram que a população de *D. maidis* manteve-se baixa ao longo do período avaliado. Observou-se ainda redução populacional gradual no tempo, independentemente do manejo adotado. Esse resultado indica o efeito dos inseticidas utilizados no manejo da praga.

A associação da nanotecnologia OCC[®] aos inseticidas demonstrou potencial efeito de aumento de residual nas condições do presente experimento, embora o inseto estivesse em baixa população, mesmo nos manejos com intervalos maiores (15 e 21 dias) (número de aplicações reduzido) a população se manteve estável. Chen *et al.*, (2025) reforçou esse efeito da nanotecnologia em seu estudo, destacando que as principais vantagens de uso atrelado a nanopartículas, são o aumento da solubilidade, maior estabilidade no ambiente, redução na dosagem e aumento residual de ativos.

Outro fator atrelado a dinâmica populacional de cigarrinha-do-milho, foi o ambiente (temperatura, precipitação e umidade), enquanto os manejos químicos e a nanotecnologia mostraram efeitos mais evidentes em parâmetros produtivos e em tendência de supressão populacional, mas sob baixa pressão da praga. As temperaturas mais elevadas registradas neste período foram de 18 e 27°C, ou seja, relativamente abaixo do ideal para o desenvolvimento do inseto, somado a níveis altos de precipitação no período avaliado, podem afetar a sua sobrevivência e longevidade, reduzindo a taxa de crescimento populacional da espécie, assim como descrito por Chen *et al.*, (2019) e Rodrigues (2004).

Os resultados obtidos para o município de Londrina indicam que a população de *D. maidis* manteve-se baixa ao longo de todo o período experimental, com médias variando entre 0,24 e 0,52 indivíduos entre os tratamentos, sem diferenças estatísticas significativas entre os manejos avaliados. Esse comportamento populacional, sugere baixa pressão da praga na área experimental, condição que tende a reduzir a capacidade de discriminação da eficiência relativa entre diferentes estratégias de manejo químico.

No experimento conduzido em Londrina observa-se uma população mais alta na primeira semana, coincidindo com as temperaturas mais altas registradas no período, de 19 a 32°C. Posteriormente, com a queda de temperatura nesse período, houve também a redução da população do inseto, transformando o cenário similar ao encontrado em Ponta Grossa, porém não sendo possível inferir sobre efeito manejo e sim dinâmica populacional do inseto e ambiente.

As condições edafoclimáticas distintas entre as regiões, refletem no desenvolvimento e sobrevivência do inseto, uma vez que fatores como temperatura, umidade, precipitação, vento e luz solar influenciam no comportamento e fisiologia do inseto (Ramniwas *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2025).

Sobre o município de Londrina, a baixa densidade inicial da praga, também pode ter afetado na ausência de diferenças significativas entre os tratamentos. A baixa quantidade de indivíduos na fase inicial do experimento, é uma das condições descritas na literatura como fator limitante para avaliação de eficiência de produtos químicos. Em situações de baixa infestação, a resposta populacional tende a ser semelhante entre tratamentos e testemunha, uma vez que a mortalidade natural, inimigos naturais e fungos entomopatogênicos deixam o ambiente em equilíbrio (Janssen; van Rijn, 2021).

Leach, Gomez e Kaplan (2025) afirmam que, o manejo integrado baseado em densidade populacional para tomada de decisão, de controle ou não controle, comparado ao manejo calendarizado, traz benefícios como diminuição da toxidez no ambiente, conservando inimigos naturais e não afetando eficiência de controle, pois se uma população de insetos não atingiu o Nível de Controle (NC), não há necessidade de aplicação. No caso, do presente estudo, apesar da cigarrinha-do-milho ser um inseto vetor e não possuir NC, baixas populações mascararam efeitos de tratamentos, independentemente do número de aplicações.

Outro ponto a destacar, que afeta no desenvolvimento da população de *D. maidis*, é a temperatura. De acordo com Teixeira *et al.*, (2024), a temperatura apresenta correlação positiva com a população de *D. maidis*, sendo que temperaturas superiores a 26 °C, especialmente durante o período noturno, favorecem o desenvolvimento do inseto. No presente experimento, as temperaturas médias registradas não atingiram valores considerados favoráveis ao desenvolvimento da cigarrinha-do-milho em ambos os locais avaliados, o que contribui para explicar a baixa pressão populacional observada ao longo do período experimental, em ambos os locais avaliados.

Van Nieuwenhove, Frías e Virla (2016), ao avaliarem o efeito da temperatura no desenvolvimento de *D. maidis*, observaram que a maior performance de oviposição do inseto ocorreu na faixa de 25 a 40 °C, com média aproximada de cinco ovos por fêmea por dia. Esses resultados indicam que temperaturas mais elevadas favorecem a atividade reprodutiva da espécie. Dessa forma, considerando que no presente ensaio as temperaturas registradas permaneceram abaixo dessa faixa ótima, é possível inferir que tenha ocorrido redução na taxa de oviposição, o que pode ter contribuído para a menor densidade populacional observada.

Outro fator relevante, é a umidade relativa do ar no período de avaliação, onde foram registradas médias acima de 83% em Ponta Grossa. A umidade influencia diretamente o crescimento populacional dos insetos, visto que, a faixa ideal para seu desenvolvimento pleno é entre 40 e 80% (Rodrigues, 2004; Giri; Nagloo; Enjin, 2024).

Os estudos realizados por Carmo *et al.*, (2025) reforçam que a umidade relativa do ar e a precipitação pluvial exercem efeito negativo sobre a densidade populacional de *D. maidis*, sendo observadas médias de 85,50% para a umidade relativa e de 16,08 mm dia⁻¹ para a precipitação. Segundo Silva *et al.*, (2025), populações de insetos sofrem um efeito negativo em condições de chuvas mais intensas, pois o impacto mecânico das gotas de chuva sobre os insetos pode causar sua dispersão, interrupção do acasalamento, mortalidade direta ou ainda a umidade gerada promover mortalidade através de infecções por fungos entomopatogênicos.

Embora não tenham sido verificadas diferenças significativas entre os tratamentos com relação a densidade populacional do inseto, o fato da testemunha apresentar um aumento da densidade populacional a partir da 2ª semana, que se estende até a última semana avaliada, destaca o efeito dos manejos sobre a população de *D. maidis*. Este resultado corrobora com o estudo realizado por Martins *et al.*, (2008), os autores destacam a eficiência dos tratamentos a base de neonicotinóides e piretróides via TS e aplicação 10 DAE, onde testou imidacloprido no TS e cipermetrina + tiametoxam via foliar, alcançando a 14, 20, 28 e 40 dias após a aplicação a eficiência de 83, 71, 74 e 72% e 81, 64, 62 e 61%, mantendo a população de insetos baixa.

Resultados semelhantes foram encontrados por Mitidieri e Ferreira (2024), onde concluíram que o uso de organofosforados, neonicotinóides e piretróides em mistura proporcionaram reduções populacionais de cigarrinha-do-milho de 53,2, 58 e 49,7%, respectivamente. Esses resultados reforçam a importância do controle químico como componente do manejo integrado de pragas, especialmente nos estágios iniciais de desenvolvimento do milho, quando a cultura é mais suscetível aos danos causados pela cigarrinha-do-milho (Moritz *et al.*, 2025).

A menor pressão de população também resultou na baixa incidência e severidade de enfezamentos e viroses observadas nas plantas de milho ao longo do experimento, indicando que a área esteve sob condição de baixa pressão de doença, possivelmente em função da reduzida população da cigarrinha-do-milho durante o período avaliado. Nessas condições, a taxa de disseminação dos patógenos tende a ser limitada, o que reduz a expressão dos sintomas e, conseqüentemente, dificulta a detecção de diferenças entre estratégias de manejo químico (Sabato; Teixeira, 2015).

7.2 RELAÇÃO DOS COMPLEXOS DE ENFEZAMENTO E A DENSIDADE POPULACIONAL

De modo geral, observou-se baixa incidência e severidade de enfezamentos e viroses nas plantas de milho ao longo do período experimental, independentemente dos tratamentos avaliados. O comportamento observado reflete um cenário de baixa pressão epidemiológica ao longo do ciclo da cultura. Esse padrão é coerente com os baixos níveis populacionais de *D. maidis* registrados durante o período de avaliação, uma vez que a intensidade das doenças associadas a esse vetor depende diretamente da densidade de insetos virulíferos presentes na lavoura (Sabato; Teixeira, 2015).

Os resultados referentes à incidência e severidade do complexo de enfezamento não permitiram estabelecer conclusões consistentes quanto ao impacto dos tratamentos avaliados. No município de Londrina, as avaliações não puderam ser realizadas em razão do forte impacto da geada durante o período experimental, o que inviabilizou a identificação de folhas com sintomas característicos de enfezamentos e viroses.

Um dos fatores a serem considerados para a ausência de sintomas nas plantas, é o desempenho do híbrido e do ambiente cultivado, apresentando efeito direto na manifestação de sintomas do enfezamento, fato este reforçado por da Luz *et al.*, (2024), onde foi avaliado a resposta de 63 híbridos de milho ao complexo de enfezamento em três épocas de semeadura. O autor destaca que híbridos semeados tardiamente, apresentaram maior severidade de sintomas, e que híbridos com tecnologia Bt são mais atrativas a *D. maidis*, devido à baixa competição com lagartas por alimento. Coll-Araóz *et al.*, (2020) relata que híbridos de ciclo curto e originários de climas temperados, tendem a ser mais sensíveis aos enfezamentos e vírus comparado aos de ciclo longo e originários de clima tropical, como os híbridos utilizados no presente estudo.

Ferreira *et al.*, (2026) cita em seu estudo que a densidade populacional do inseto, bem como o nível de infecção dos patógenos que ele transmite, pode variar ao longo do tempo e entre diferentes regiões. Os autores relatam maior presença do vírus da risca em semeaduras mais tardias, o que corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho, em que a incidência de vírus foi maior em relação aos enfezamentos. A influência da altitude na quantidade de *D. maidis* infectadas com fitoplasma a campo, a qual diminui conforme a altitude aumenta (Ferreira *et al.*, 2026). Esse fator juntamente com a temperatura, também pode ter afetado os resultados encontrados, visto que Ponta Grossa está a 975 metros de altitude.

Temperaturas amenas e plantas de milho voluntário favorecem a aquisição e transmissão do vírus da risca (Ferreira *et al.*, 2026). Gorayeb *et al.*, (2025) encontraram resultados distintos do estudo conduzido, verificando maior presença de enfezamento do que vírus, sugerindo uma variação de populações de *D. maidis* entre safras sendo influenciadas por condições climáticas, épocas de semeadura e picos populacionais em relação ao estágio fenológico do milho.

No presente trabalho destaca-se o desempenho do acefato + OCC® a cada 7 dias, o qual reduziu significativamente a incidência e severidade do vírus da risca. Segundo Oliveira *et al.*, (2007) e Ferreira *et al.*, (2026), as aplicações de inseticidas podem interferir na transmissão dos patógenos do complexo de enfezamento, pois limitam o estabelecimento de populações de cigarrinhas portadoras de mollicutes e virulíferas, como são capazes de retardar a sua disseminação ao reduzir a progênie de *D. maidis* durante o ciclo da cultura. O resultado encontrado no presente trabalho é semelhante ao encontrado por Carraschi (2024) ao testar a eficiência de inseticidas no manejo da cigarrinha do milho, observando uma redução de 63% de plantas com sintomas de enfezamento em relação a testemunha.

Por outro lado, Silveira (2019) em seu estudo onde avaliou eficácia de inseticidas na redução de transmissão de enfezamento por *D. maidis*, verificou um baixo desempenho do ingrediente ativo clorpirifós, também um organofosforado, quando comparado ao metomil, um carbamato e tiametoxan + lambda-cialotrina, neonicotinóide com piretróide.

Em Ponta Grossa, o tratamento imidacloprido e bifentrina + OCC® a cada 7 dias apresentou melhores resultados em relação a diâmetro de espigas, tendo destaque sobre o manejo com o mesmo ingrediente ativo sem o OCC®. Em relação ao peso de mil grãos, conferindo mais massa em relação ao manejo com acefato a cada 7 dias. Machado *et al.*, (2024) constataram que o uso isolado de neonicotinóide e piretróide não apresenta altas porcentagens de mortalidade de *D. maidis*, porém a associação de ambos, mais especificamente imidacloprido e bifentrina, potencializa o manejo, aumento a eficiência, refletindo consequentemente na sanidade e produtividade da lavoura.

Redoan *et al.*, (2025) avaliaram a eficácia de inseticidas no tratamento de sementes sob cigarrinhas-do-milho infectadas com mollicutes e não infectadas, simulando infestações nos estádios fenológicos de V2 a V6, e observaram comprimento de espigas e altura de plantas como componentes de rendimento e desenvolvimento, concluindo que, quanto mais cedo a infestação ocorrer com a infecção do patógeno, maior serão as perdas e diminuição destes componentes relacionados a produtividade.

Em Londrina, o tratamento à base de imidacloprido com bifentrina + OCC[®] no intervalo de 7 dias, apresentou maior circunferência de colmo quando comparado ao mesmo manejo sem a nanotecnologia, porém quando analisado o comprimento de espigas, o manejo a base de acefato + OCC[®] a cada 21 dias ganha destaque sobre todos os manejos de imidacloprido e bifentrina e OCC[®].

Outro componente de rendimento a ganhar destaque com o manejo de acefato + OCC[®], porém a cada 15 dias, é o número de fileiras por espiga, superando o tratamento imidacloprido + bifentrina + OCC[®] a cada 21 dias. Carraschi (2024) em seu estudo de eficiência de inseticidas no manejo de *D. maidis*, avaliando a produtividade, massa de mil grãos, número de espigas/m² e peso de espigas, onde o manejo com acefato teve destaque por apresentar os maiores valores nos componentes avaliados, tanto de forma isolada quanto em mistura com outros ativos, no entanto o autor não encontrou diferença significativa entre os tratamentos.

De acordo com Machado *et al.*, (2024), populações de cigarrinha provenientes de diferentes regiões podem apresentar respostas distintas aos inseticidas utilizados em seu manejo, com destaque para a maior eficiência do acefato na região do Paraná. Esse resultado reforça a necessidade de que experimentações com inseticidas sejam conduzidas em diferentes regiões, a fim de permitir uma avaliação mais representativa da eficiência dos produtos em distintas regiões edafoclimáticas. No presente estudo, embora as diferenças observadas entre Ponta Grossa e Londrina não tenham sido expressivas em função da baixa pressão populacional do inseto, os resultados ainda devem ser considerados relevantes.

Destaca-se que a nanotecnologia avaliada proporcionou diferenças significativas em alguns componentes de rendimento, evidenciando um comportamento diferenciado entre as regiões. Esse efeito demonstra um diferencial importante na interpretação dos resultados, indicando o potencial promissor da tecnologia para aplicações futuras no manejo da cultura, especialmente quando considerada a variabilidade ambiental e biológica que pode influenciar a resposta aos inseticidas.

7.3 Contribuição da nanotecnologia para o manejo integrado

Destaca-se a contribuição da nanotecnologia na associação com os inseticidas avaliados, a qual sugere aumento do efeito residual dos produtos, uma vez que a densidade populacional de *D. maidis* permaneceu baixa mesmo com menor número de aplicações e em diferentes intervalos. Cardoso e Bufalo (2025) e Paradva e Kalla (2023) ressaltam o elevado potencial dos nanopesticidas, especialmente os formulados à base de lipídios, quanto à eficiência de encapsulamento do ingrediente ativo e à liberação controlada, favorecendo a prolongação do efeito residual.

Um estudo conduzido por Thabet *et al.*, (2021) avaliou os efeitos de nanopesticidas a base de sílica sobre população de pragas e predadores na cultura da soja e feijão-fava. Entre as pragas avaliadas, estavam os pulgões, insetos sugadores, em que os autores destacam uma redução de 80% em sua população.

Fowsiya *et al.*, (2023) realizaram um estudo onde testaram o efeito de um composto natural chamado cariofileno, que possui atividade inseticida, sob estrutura de nanopartículas compostas por Ag₂O e ZnO e alguns surfactantes para ter efeitos de emulsão. O experimento avaliou taxa de mortalidade em três pragas da cultura do arroz, *Cnaphalocrocis medinalis*, *Scirpophaga incertulas* e *Spodoptera mauritia* nos estádios larvais e em adultos, sob diferentes concentrações do nanocomposto. Os autores encontraram porcentagens de mortalidade maiores que 80% para todas as pragas em ambos os estádios, com concentrações de 500 µL tanto para nanopartículas de Ag₂O quanto para as de ZnO.

Embora não tenham sido observadas diferenças expressivas na população de cigarrinhas entre os tratamentos, os tratamentos que utilizaram a associação de inseticidas com OCC[®] apresentaram desempenho superior em parâmetros produtivos, como peso e diâmetro de espigas, circunferência de colmo e número de fileiras por espiga. Esses resultados sugerem que o uso da nanotecnologia pode contribuir para maior eficiência do manejo, possivelmente em função do aumento residual e melhor distribuição do ingrediente ativo sobre a superfície foliar (Liu; Zhou; Zhou, 2021).

Além disso, os manejos em associação ao OCC[®] apresentaram incremento para componentes de rendimento da cultura, como peso de espigas, comprimento de espigas, PMG e produtividade e componentes de desenvolvimento, como circunferência de colmo, seja para os manejos com acefato quanto para os manejos com imidacloprido e bifentrina.

Os parâmetros de regressão e a análise de componentes principais (PCA) reforçam que os componentes de peso de espigas, diâmetro de espigas e número de grãos por fileira influenciaram significativamente a produtividade de ambos os manejos em ambos os locais. Estas relações entre tais fatores são fortemente correlacionadas com a produtividade, conforme relatado por Ma *et al.*, (2022). No presente estudo a produtividade sob o manejo de acefato em associação ao OCC[®] foi superior ao seu tratamento isolado, em intervalos de aplicações maiores, de 15 e 21 dias, atingindo aproximadamente 10,5 ton ha⁻¹ em Ponta Grossa. O mesmo foi possível observar no manejo com imidacloprido e bifentrina, onde em Ponta Grossa, aos 21 dias, atingiu 10,8 ton ha⁻¹ e em Londrina, aos 15 dias, 7 ton ha⁻¹.

A utilização de nanotecnologia na agricultura tem sido apontada como uma estratégia promissora para aumentar a eficiência de defensivos agrícolas, reduzindo perdas por

volatilização, fotodegradação e lavagem pela chuva (Mondéjar-López *et al.*, 2024). Estudos recentes destacam que nanoformulações podem proporcionar liberação controlada do ingrediente ativo, prolongando seu efeito e reduzindo a necessidade de reaplicações frequentes (Liu; Zhou; Zhou, 2021).

Apesar dos resultados promissores, a baixa pressão populacional observada no período experimental limita inferências mais conclusivas sobre a eficiência dos tratamentos no controle direto da cigarrinha. Estudos futuros, conduzidos sob maior pressão da praga e em diferentes épocas de cultivo, são necessários para confirmar os benefícios do uso de nanotecnologia no manejo de *D. maidis*.

8 CONCLUSÃO

De maneira geral a baixa pressão populacional do inseto nas duas regiões, diferenças entre os tratamentos. Ainda assim, para alguns componentes de rendimento avaliados, destaca-se que, a utilização conjunta de inseticidas e nanoencapsuladores, refletiram em efeito positivo sobre o residual dos produtos.

Pode-se destacar os tratamentos acefato e imidacloprido e bifentrina, ambos associados ao OCC[®], apresentaram resultados promissores com relação ao peso e diâmetro de espigas, componentes essenciais para o rendimento da cultura. Esses resultados foram observados em ambos os municípios, demonstrando que, independentemente da região, a utilização do OCC[®] mostrou-se uma nanotecnologia de elevado potencial.

A produtividade final também apresentou incremento, no manejo de acefato em Londrina, observou-se um aumento de 412 e 444 kg, para intervalos de 15 e 21 dias, respectivamente, e para o manejo de imidacloprido e bifentrina em Ponta Grossa, onde observou-se um aumento de 952 e 1170 kg, para intervalos de 15 e 21 dias, ambos ativos associados ao nanoencapsulador OCC[®]. Esse resultado demonstra o potencial de uso da nanotecnologia no aumento do residual dos ativos, aumentando a produtividade e reduzindo a reentradas de aplicação.

REFERÊNCIAS

- ABUBAKAR, Y.; et al. Pesticides, History, and Classification. In: EGBUNA, C.; SAWICKA, B. **Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control**. Academic Press, 2020. p. 29–40.
- ARONIADOU-ANDERJASKA, V.; et al. Mechanisms of organophosphate toxicity and the role of acetylcholinesterase inhibition. **Toxics**, v. 11, p. 866, 2023.
- ÁVILA, C. J.; et al. A cigarrinha *Dalbulus maidis* e os enfezamentos do milho no Brasil. **Revista Plantio Direto**, ed. 182, p. 18-25, 2021.
- ÁVILA, C. J.; et al. Cigarrinha-do-milho: desafios ao manejo de enfezamentos e viroses na cultura do milho. Embrapa Agropecuária Oeste – **Circular Técnica**, 37 p., 2022.
- AZEVEDO, F. R. de; FREIRE, F. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Embrapa Agroindústria Tropical**, p. 1-48, 2006.
- BARZMAN, M.; et al. Eight principles of integrated pest management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 1199–1215, 2015.
- BOLZAN, F. T.; et al. Biological pest control in maize crop in Brazil: a review. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 187–196, 2019.
- BRUMATTI, L. M.; PIRES, G. F.; SANTOS, A. B. Challenges to the adaptation of double cropping agricultural systems in Brazil under changes in climate and land cover. **Atmosphere**, v. 11, p. 1310, 2020.
- CARDOSO E BUFALO, T.; et al. Nanopesticides in Brazilian Crops: Classes, Mechanisms, Efficacy, Risks, and Photocatalytic Remediation. **Plants**, v. 14, p. 2880, 2025.
- CARMO, D. das G. do; et al. The first standardised sampling plan designed to scout *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) adults in corn crops using yellow sticky traps. **Journal of Applied Entomology**, v. 149, p. 111–120, 2025.
- CARRASCHI, I. V. T. Efeito de associações de inseticidas com buprofezina no controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho. **Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2024.
- CHEN, C.; et al. Rain downpours affect survival and development of insect herbivores: the specter of climate change? **Ecology**, v. 100, n. 11, e02819, 2019.
- CHEN, F.; et al. Nanoherbicides for efficient, safe, and sustainable weed management: A review. **Nanomaterials**, v. 15, p. 1-24, 2025.
- COLL-ARÁOZ, M. V.; et al. Modern maize hybrids have lost volatile bottom-up and top-down control of *Dalbulus maidis*, a specialist herbivore. **Journal of Chemical Ecology**, v. 46, p. 906–915, 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 12º Levantamento – Safra 2024/25. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/12o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 18 jan. 2026.

CONTINI, E.; et al. Milho – Caracterização e desafios tecnológicos. **Série Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT2)**. Embrapa, 2019.

CUNHA, T. G.; et al. Distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae) and incidence of maize rayado fino virus and Candidatus Phytoplasma asteris in corn succession planting systems. **Pest Management Science**, v. 79, p. 2325–2337, 2023.

DARA, S. K. The new integrated pest management paradigm for the modern age. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2019.

DAVIS, R. E.; et al. Complete genome sequence of *Spiroplasma kunkelii* strain CR2-3x, causal agent of corn stunt disease in *Zea mays* L. **Genome Announcements**, v. 3, n. 5, e01216-15, 2015.

DIAS, G. S.; et al. Bifenthrin resistance in *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae): inheritance, cross-resistance, and stability. **Pest Management Science**, v. 81, p. 4810–4820, 2025.

DUDEK, G.; et al. Understanding maize genotype behavior under stunt complex pressure. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 48, p. 1-14, 2024.

ERENSTEIN, O.; et al. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. **Food Security**, v. 14, p. 1295–1319, 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Maize. Disponível em: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/maize/en/>. Acesso em: 14 out. 2025.

FARIS, A. M.; et al. First report of *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) in Oklahoma. **Insects**, v. 15, p. 778, 2024.

FERREIRA, J.; et al. *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) spatio-temporal dynamics and infection prevalence with the corn stunt mollicutes and virus in Santa Catarina, Brazil. **Crop Protection**, v. 202, p. 107510, 2026.

FORESTI, J.; et al. Spatial–temporal distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and factors affecting its abundance in Brazil corn. **Pest Management Science**, v. 78, p. 2196–2203, 2022.

FOWSIYA, J.; et al. Promising insecticidal effect of *Carissa edulis* phytochemical loaded nanoemulsion using Ag₂O and ZnO NPs: A synergistic combination by ultra-sonication against crop damaging insects. **South African Journal of Botany**, v. 157, p. 566–578, 2023.

GALLO, D.; et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 6ª ed., 920 p., 2002.

GIRI, G.; NAGLOO, N.; ENJIN, A. A dynamic humidity arena to explore humidity-related behaviours in insects. **Journal of Experimental Biology**, v. 227, p. 1-12, 2024.

GORAYEB, E. S.; et al. Genetic variability of *Dalbulus maidis* populations from Brazil and their infectivity with pathogens of corn stunt complex. **Neotropical Entomology**, v. 54, p. 44, 2025.

GORAYEB, E. S.; et al. Nucleic acid extraction and multiplex analysis for simultaneous detection of the corn stunt complex pathogens in plant and insect tissues. **Tropical Plant Pathology**, v. 48, p. 97–103, 2023.

GRILLI, S.; GALIZI, R.; TAXIARCHI, C. Genetic technologies for sustainable management of insect pests and disease vectors. **Sustainability**, v. 13, n. 5653, p.1-19, 2021.

IRAC. Insecticide Resistance Action Committee. Classificação do modo de ação de inseticidas. Disponível em: <https://irac-online.org/documents/classificacao-do-modo-de-acao/>. Acesso em: 18 set. 2025.

ISLAM, W.; et al. Insect-fungal interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenesis to combat insects' pests. **Microbial Pathogenesis**, v. 159, p. 1-16, 2021.

JANSSEN, A.; VAN RIJN, P. C. J. Pesticides do not significantly reduce arthropod pest densities in the presence of natural enemies. **Ecology Letters**, v. 24, p. 2010–2024, 2021.

JONES, T.-K. L.; MEDINA, R. F. Corn stunt disease: An ideal insect–microbial–plant pathosystem for comprehensive studies of vector-borne plant diseases of corn. **Plants**, v. 9, p. 747, 2020.

JOSHI, G.; BHATTA, K. P.; THAKURATHI, B. Farmers survey to assess of yield loss due to insect pests in maize and their management strategies adopted by farmers of Baitadi district of Nepal. **Journal of Agriculture and Resource Management**, v. 1, p. 94–103, 2024.

KAH, M.; HOFMANN, T. Nanopesticide research: Current trends and future priorities. **Environment International**, v. 63, p. 224–235, 2014.

KUMAR, S.; et al. Nano-based smart pesticide formulations: Emerging opportunities for agriculture. **Journal of Controlled Release**, v. 304, p. 131–153, 2019.

LAGOS-KUTZ, D. M.; et al. First report of corn leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) in the USA midwest suction trap network. **Insecta Mundi**, n. 1110, p. 1–10, 2025.

LANDAU, E. C.; MAGALHAES, P. C.; GUIMARAES, D. P. Relações com o clima. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/relacoes-com-o-clima>>. Acesso em: 22 jul. 2024.

LEE, I.-M.; et al. ‘Candidatus Phytoplasma asteris’, a novel phytoplasma taxon associated with aster yellows and related diseases. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 54, p. 1037–1048, 2004.

LI, F.; et al. Neonicotinoid insecticides in non-target organisms: occurrence, exposure, toxicity, and human health risks. **Journal of Environmental Management**, v. 383, p. 125492, 2025.

LIU, C.; ZHOU, H.; ZHOU, J. The Applications of Nanotechnology in Crop Production. **Molecules**, v. 26, p. 7070, 2021.

LUZ, G. R. da.; et al. Susceptibility of corn hybrids to corn stunt complex transmitted by the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) in Brazil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 7, p. 1–26, 2024.

MACHADO, E. P.; et al. Is insecticide resistance a factor contributing to the increasing problems with *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazil? **Pest Management Science**, v. 80, p. 5120–5130, 2024.

MAGALHÃES, P. C.; et al. Fisiologia do milho. Embrapa Milho e Sorgo - **Circular Técnica**, v. 22, 23 p., 2002.

MAIA, P. T. N.; et al. Sustainable control of *Dalbulus maidis*: A field study with entomopathogenic fungi. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 173, p. 1156–1164, 2025.

MARTINS, G. M.; et al. Eficiência de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 196–200, 2008.

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, p. 177, 2016.

MATOS, D.; et al. Challenges in maize production: A review on late wilt disease control strategies. **Fungal Biology Reviews**, v. 50, p. 100396, 2024.

MELHORANÇA, A. L. et al. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo - **Sistema de Produção**, 9ª ed., v. 1, 2015.

MITIDIERI, E. A.; FERREIRA, C. S. Uso de drone na aplicação de diferentes inseticidas no controle da cigarrinha do milho *Dalbulus maidis*. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 6, n. 2, p. 51–69, 2024.

MLOTSHWA, S.; et al. Engineering Maize rayado fino virus for virus-induced gene silencing. **Plant Direct**, p. 1–15, 2020.

MONDÉJAR-LÓPEZ, M.; et al. A review on the encapsulation of “eco-friendly” compounds in natural polymer-based nanoparticles as next generation nano-agrochemicals for sustainable agriculture and crop management. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 260, p. 130630, 2024.

MORITZ, E. O.; et al. Dynamics of expenditure on insecticides in the management and control of corn leafhoppers (*Dalbulus maidis*). **Pest Management Science**, v. 81, p. 7077–7089, 2025.

MOYA-RAYGOZA, G.; et al. Temporal resource continuity for egg parasitoids of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) during winter on irrigated maize crops and edge grasses. **Journal of Insect Science**, v. 24, n. 4, p. 1-10, 2024.

MOYA-RAYGOZA, G.; LUFT ALBARRACÍN, E.; VIRLA, E. G. Diversity of egg parasitoids attacking *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) populations at low and high elevation sites in Mexico and Argentina. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 1, p. 105–112, 2012.

NUTRISTRABL. Soluções em nanotecnologia para agricultura de precisão. **Nutristrahl**, 2024. Disponível em: < <https://nutristrahl.com/> > Acesso em: 09 set. 2024.

OLESZCZUK, J. D.; et al. Characterization of components of resistance to Stunt disease. **Plos One**, v. 15, n. 10, p. 1-17, 2020.

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

OLIVEIRA, C. M.; et al. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50–54, 2014.

OLIVEIRA, C. M.; et al. Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What we know and what we need to know. **Neotropical Entomology**, v. 51, p. 1–17, 2022.

OLIVEIRA, C. M.; FARIA, M.; LOPES, R. B. Does *Beauveria bassiana* infection in *Dalbulus maidis* reduce the transmission of phytoplasmas and spiroplasmas and the severity of corn stunt diseases? **Crop Protection**, v. 197, p. 107361, 2025.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, E. Overwintering plants for *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) adults during the maize off-season in central Brazil. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, p. 1105–1111, 2020.

ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. O. Action on the surface: Entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. **Insects**, v. 4, p. 357–374, 2013.

OSMAN, M. M. A.; et al. Pathogenic fungal pathogens and diseases: a mini review of effects on maize production. **Acta Agraria Debreceniensis**, p. 93–102, 2025.

ÖZBEK, E.; et al. Infection and replication sites of *Spiroplasma kunkelii* (Class: Mollicutes) in midgut and Malpighian tubules of the leafhopper *Dalbulus maidis*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 82, p. 167–175, 2003.

PARADVA, K. C.; KALLA, S. Nanopesticides: A Review on Current Research and Future Perspective. **ChemistrySelect**, v. 8, p. e202300756, 2023.

PARANÁ. **Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR)**. Portaria nº 133, de 09 de maio de 2023. Dispõe sobre as ações e medidas fitossanitárias que visam o manejo e o controle de plantas voluntárias de milho no Estado do Paraná, como medida auxiliar ao controle do complexo dos enfezamentos na cultura do milho. 2023.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. Sistemas diferenciais de cultivo. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo>> Acesso em: 22 jul. 2024.

PONTA GROSSA. **Plano diretor participativo – município de Ponta Grossa**. Ponta Grossa: Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, 2015, p. 357-409. Disponível em: <https://iplan.pontagrossa.pr.gov.br/downloads/planodiretor/Y_apendice_1.2_aspectos_ambientais.pdf> Acesso em 30 jul. 2024.

POZEBON, J.; STÜRMER, G. R.; AMEMANN, J. A. Corn stunt pathosystem and its leafhopper vector in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 1817–1833, 2022.

QI, X.; et al. Maize yield and quality response to *Lepidoptera* pest control in different periods in South China. **Agronomy**, v. 14, p. 2938, 2024.

RADONS, S. Z.; et al. Weather conditions favorable for agricultural spraying in Rio Grande do Sul State. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 36–43, 2022.

RAMANUJAN, S. Modular equations and approximations to π . Quarterly **Journal of Mathematics**, v. 45, p. 350–372, 1914.

RAMNIWAS, S.; et al. Editorial: Abiotic stress and physiological adaptive strategies of insects. **Frontiers in Physiology**, v. 14, p. 1210052, 2023.

RAMOS, A.; et al. Maize bushy stunt phytoplasma favors its spread by changing host preference of the insect vector. **Insects**, v. 11, p. 600, 2020.

RATHNAYAKE, L. K.; NORTHRUP, S. H. Structure and mode of action of organophosphate pesticides: A computational study. **Computational and Theoretical Chemistry**, v. 1088, p. 9–23, 2016.

REDOAN, A. C. M.; et al. What is the relationship between efficacy of seed treatment with insecticides against *Dalbulus maidis* (Delong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) healthy and infected with spiroplasm in the corn stunt control? **Insects**, v. 16, p. 713, 2025.

RIBEIRO, L. P.; et al. Insecticides for corn leafhopper management versus entomopathogenic fungal isolates: In vitro compatibility, physical-chemical interactions, and on-farm assessments. **Crop Protection**, v. 174, p. 106417, 2023.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1–4, 2004.

SABATO, E. de O.; LANDAU, E. C.; OLIVEIRA, C. M. de. Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminadas por insetos-vetores. Embrapa Milho e Sorgo - **Circular Técnica**, v. 205, 15 p., 2014.

SABATO, E. de O.; TEIXEIRA, F. F. Processos para avaliação da resistência genética de genótipos de milho aos enfezamentos causados por molicutes. Embrapa Milho e Sorgo - **Circular Técnica**, v. 210, p. 1-8, 2015.

SABATO, E. O; FERNANDES, F. T. **Doenças do milho (*Zea mays* L.)**. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, p. 1-26, 2014.

SANTOS, H. G. dos; et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 531 p., 2018.

SARKAR, M. R.; et al. Recent advances in nanomaterials based sustainable agriculture: An overview. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 18, p. 100687, 2022.

SHAFER, T. J.; et al. Developmental neurotoxicity of pyrethroid insecticides: critical review and future research needs. **Environmental Health Perspectives**, v. 113, n. 2, p. 123–136, 2005.

SHARMA, S.; et al. Recent developments in smart nano-agrochemicals: A promise for revolutionizing present-day agriculture. **Materials Today: Proceedings**, v. 69, p. 530–534, 2022.

SHIMADA, B. S.; et al. Problems of chemical control in agriculture: A social perspective. **Journal of Scientific Research & Reports**, v. 27, n. 9, p. 49–55, 2021.

SILVA, D. F.; et al. 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, e12310313172, 2021.

SILVA, L. R. S.; et al. Maize bushy stunt phytoplasma changes the emission of maize volatiles and the chemotaxis of non-infected *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 19, p. 35, 2025.

SILVA, R. G.; et al. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 921–928, 2003.

SILVEIRA, C. H. Eficácia de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho. **Universidade de São Paulo**, Piracicaba, 2019.

SOUSA, V. F.; ZONTA, J. B. Cultivo do milho-verde irrigado na Baixada Maranhense. **Documentos 264**. Embrapa Cocais, 2020.

SOUZA, D. A.; et al. First report on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in populations of the leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae): Pathogen identifications and their incidence in maize crops. **Fungal Biology**, v. 125, p. 980–988, 2021.

SPARKS, T. C.; LORSBACH, B. A. Insecticide Discovery - “Chance favors the prepared mind”. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 192, p. 1-11, 2023.

STITZER, M. C.; ROSS-IBARRA, J. Maize domestication and gene interaction. **New Phytologist**, v. 220, p. 395–408, 2018.

SUBEDI, B.; POUDEL, A.; ARYAL, S. The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 14, p. 1-17, 2023.

SUN, Y.; et al. Nano-pesticides: A great challenge for biodiversity? **Nano Today**, v. 28, p. 1-4, 2019.

THABET, A. F.; et al. Silica nanoparticles as pesticide against insects of different feeding types and their non-target attraction of predators. **Scientific Reports**, v. 11, p. 1-13, 2021.

THANY, S. H. The mode of action of neonicotinoids and related compounds on insect neuronal nicotinic acetylcholine receptors highlights complex intracellular calcium mechanisms. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 213, p. 106532, 2025.

TOLOY, R. S.; et al. Exploring natural infection in alternative hosts of corn stunt spiroplasma and tracking the temporal dynamics of corn stunt disease in the Brazilian Cerrado biome. **Agronomy**, v. 14, p. 2341, 2024.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Production – Corn**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/0440000>. Acesso em: 14 out. 2025.

UWAIFO, F.; JOHN-OHIMAI, F. Dangers of organophosphate pesticide exposure to human health. **Matrix Science Medica**, v. 4, n. 2, p. 27–31, 2020.

VAN NIEUWENHOVE, G. A.; FRÍAS, E. A.; VIRLA, E. G. Effects of temperature on the development and reproduction of the corn leafhopper *Dalbulus maidis*. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 18, p. 1–10, 2016.

VEGA, F. E.; et al. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, v. 2, p. 149–159, 2009.

VILANOVA, E. S.; et al. First report of a mastrevirus (Geminiviridae) transmitted by the corn leafhopper. **Plant Disease**, v. 106, n. 5, p. 1330–1333, 2022.

VIRLA, E. G.; COLL ARAZÓ, M. V.; LUFT ALBARRACÍN, E. L. Estimation of direct damage to maize seedlings by the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), under different watering regimes. **Bulletin of Entomological Research**, p. 1-7, 2021.

WAQUIL, J. M. **Manejo integrado de pragas: revisão histórica e perspectivas**. Embrapa Milho e Sorgo, 11 p., 2002.

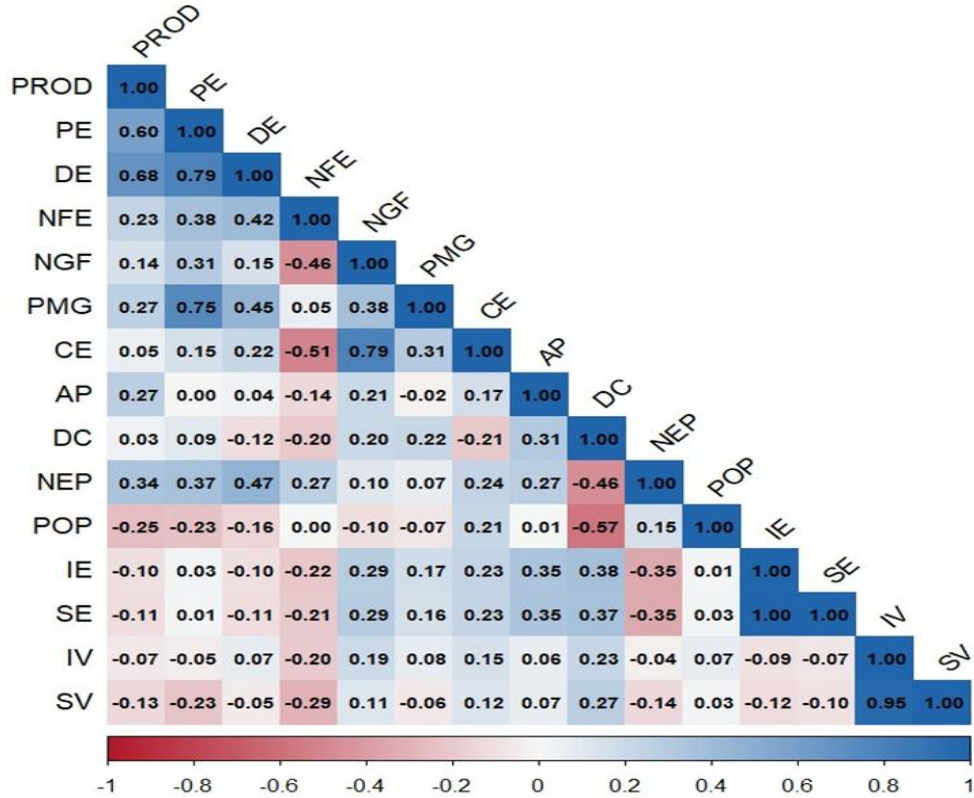
WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I. Manejo integrado de pragas (MIP). Embrapa Milho e Sorgo, **Sistema de Produção – Cultivo do Milho**, p. 1-6, 2000.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I. Manejo integrado de pragas. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/pragas-e-doencas/pragas/manejo-integrado-de-pragas>> Acesso em: 22 jul. 2024.

ZAINAB, R.; et al. Prospects and challenges of nanopesticides in advancing pest management within sustainable agricultural and environmental service. **Environmental Research**, p. 1-20, 2024.

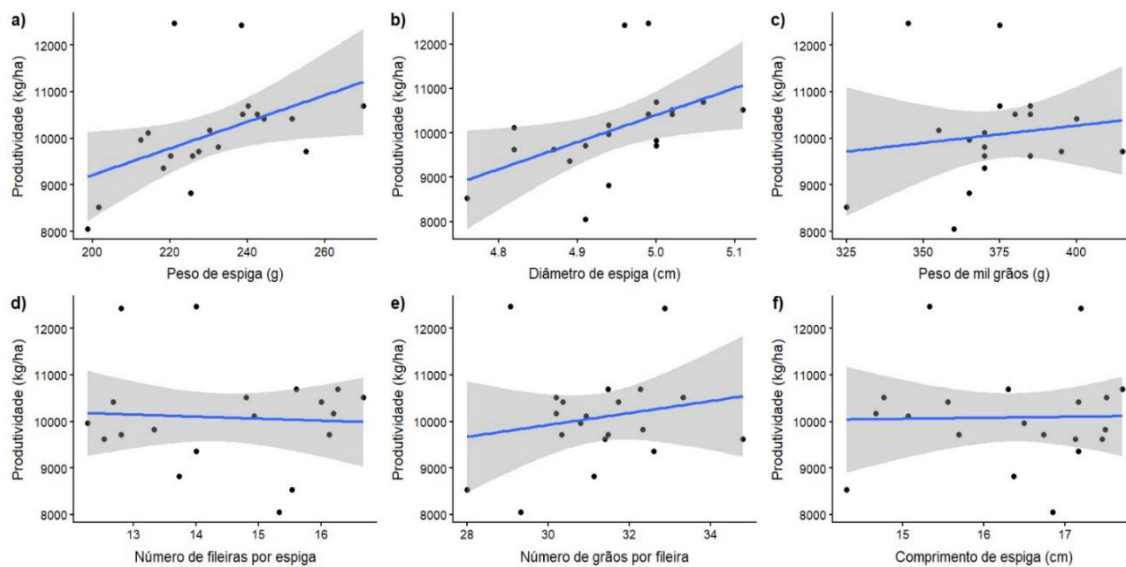
ANEXOS

ANEXO A - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS E BIÓTICAS EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (ACEFATO) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE *DE D. maidis* EM PONTA GROSSA, MILHO 1ª SAFRA 2025.



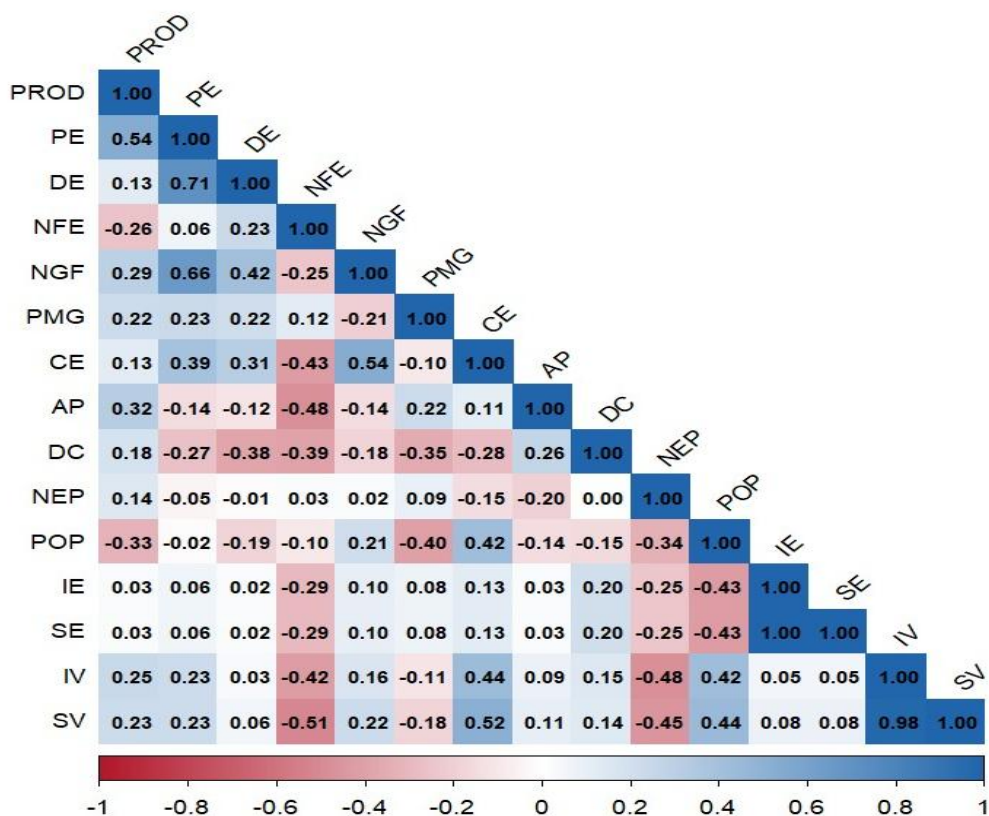
Fonte: O autor

ANEXO B - REGRESSÕES SIMPLES ENTRE PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DA ESPIGA EM MILHO EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (ACEFATO) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE DE *D. maidis* EM PONTA GROSSA, MILHO 1ª SAFRA 2025.



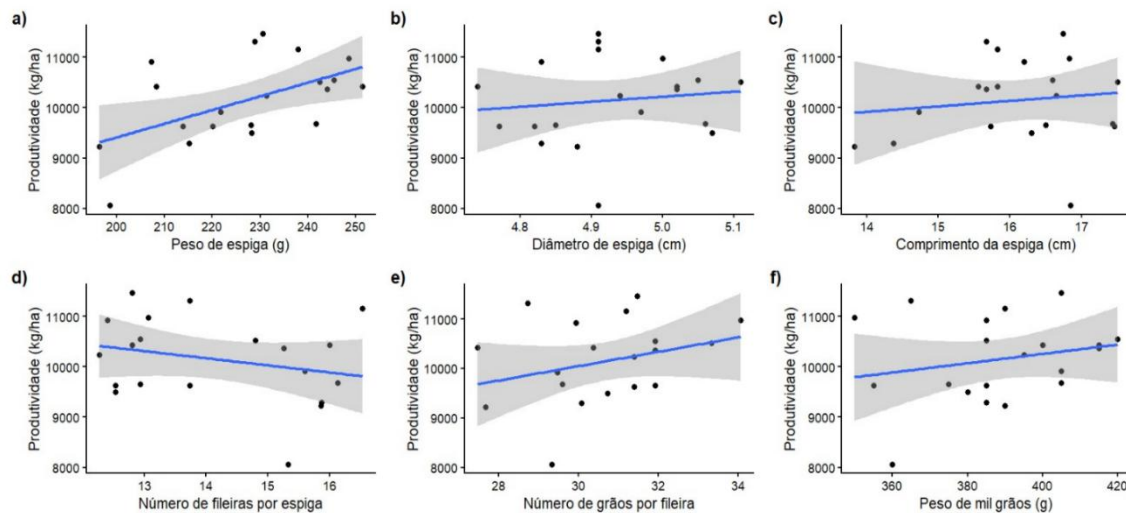
Fonte: O autor

ANEXO C - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS E BIÓTICAS EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (IMIDACLOPRIDO E BIFENTRINA) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE DE *D. maidis* EM PONTA GROSSA, MILHO 1ª SAFRA 2025.



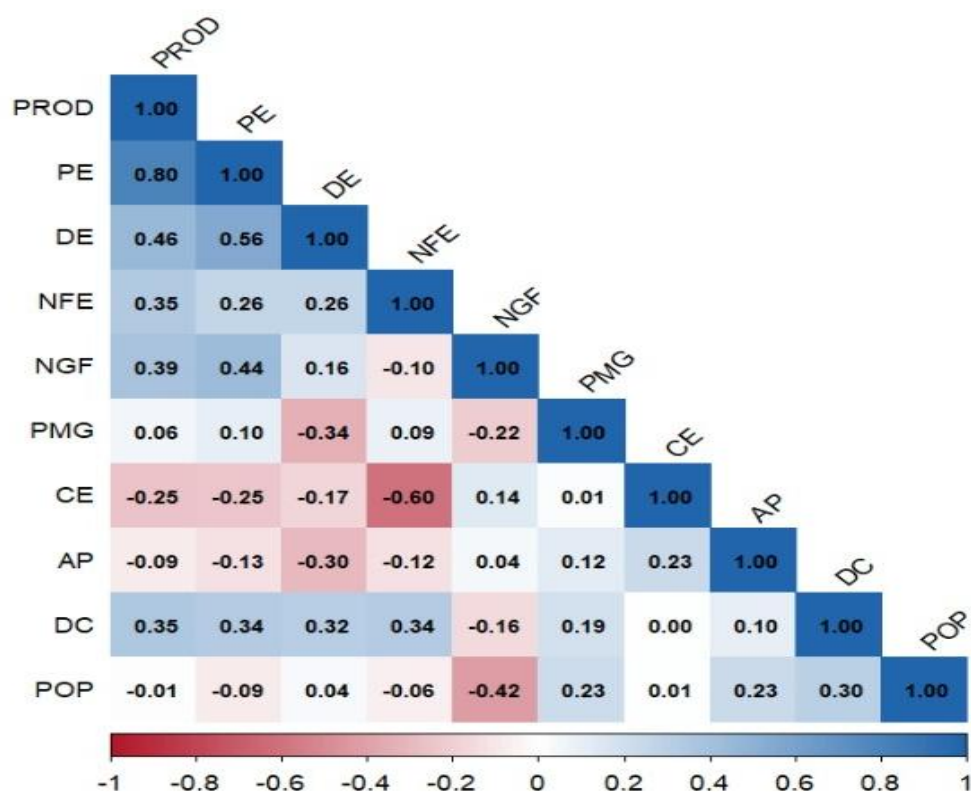
Fonte: O autor

ANEXO D - REGRESSÕES SIMPLES ENTRE PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DA ESPIGA EM MILHO EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (IMIDACLOPRIDO E BIFENTRINA) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE *DE D. maidis* EM PONTA GROSSA, MILHO 1ª SAFRA 2025.



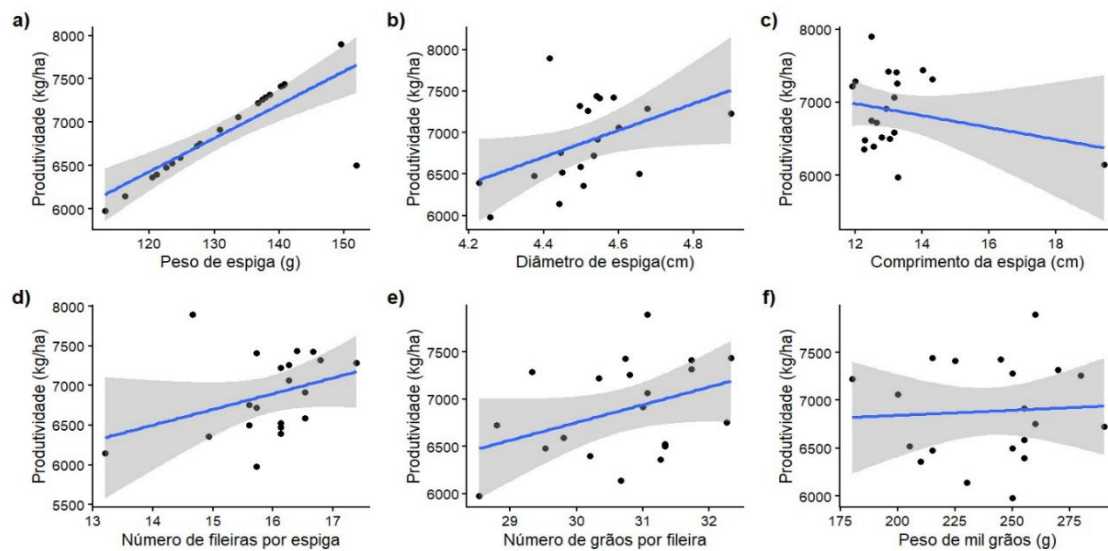
Fonte: O autor

ANEXO E - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS E BIÓTICAS EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (ACEFATO) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE *DE D. maidis* EM LONDRINA, MILHO 2ª SAFRA 2025.



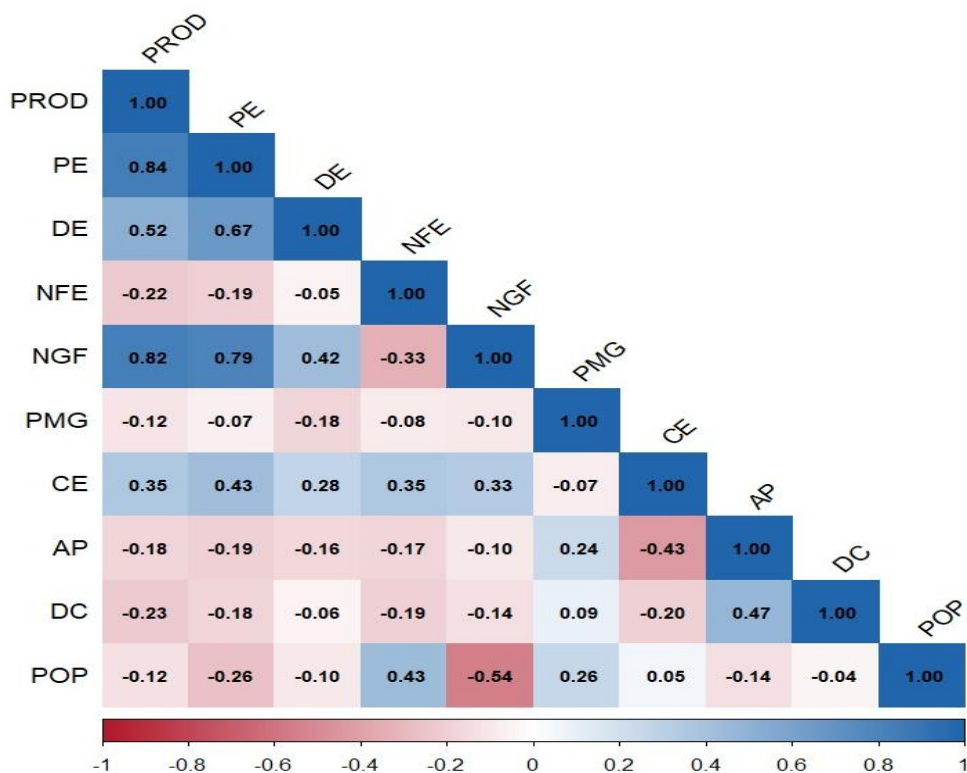
Fonte: O autor

ANEXO F - REGRESSÕES SIMPLES ENTRE PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DA ESPIGA EM MILHO EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (ACEFATO) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE DE *D. maidis* EM LONDRINA, MILHO 2ª SAFRA 2025.



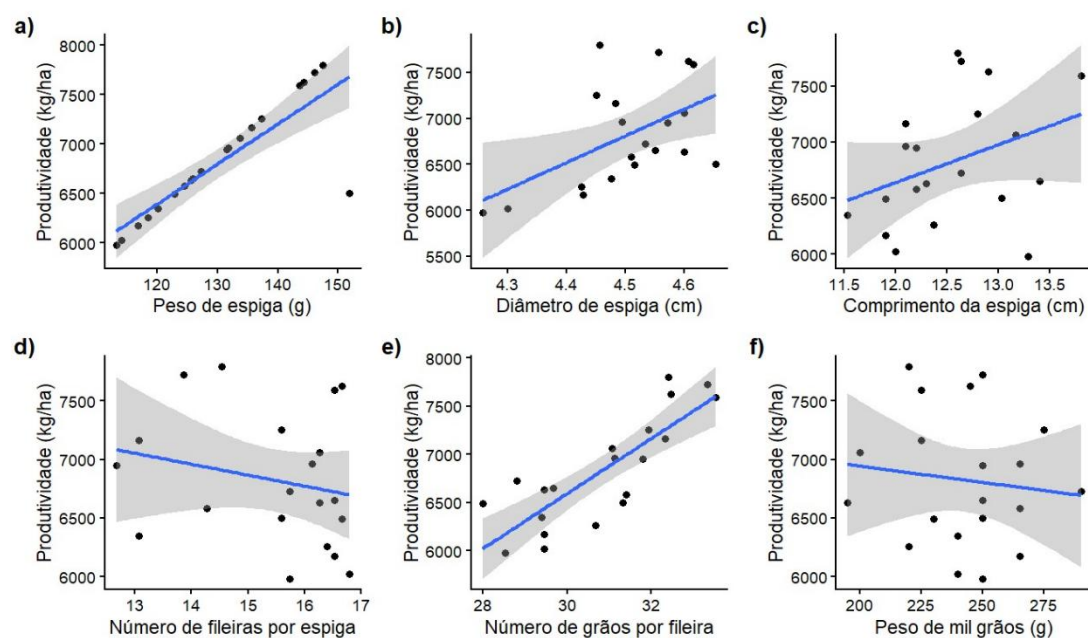
Fonte: O autor

ANEXO G - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS E BIÓTICAS EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (IMIDACLOPRIDO E BIFENTRINA) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE DE *D. maidis* EM LONDRINA, MILHO 2ª SAFRA 2025.



Fonte: O autor

ANEXO H - REGRESSÕES SIMPLES ENTRE PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DA ESPIGA EM MILHO EM EXPERIMENTO PARA AUMENTO DE RESIDUAL DE INSETICIDAS (IMIDACLOPRIDO E BIFENTRINA) EM ASSOCIAÇÃO A NANOTECNOLOGIA PARA CONTROLE *DE D. maidis* EM LONDRINA, MILHO 2ª SAFRA 2025.



Fonte: O autor