

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA E PRODUÇÃO VEGETAL E ANIMAL -
DBPVA

STÉFANY LAUREN MENDONÇA

**EFEITO RESIDUAL DE INSETICIDAS APLICADOS
VIA TRATAMENTO DE SEMENTES NO CONTROLE
DE *Dalbulus maidis***

ARARAS
2025

STÉFANY LAUREN MENDONÇA

**EFEITO RESIDUAL DE INSETICIDAS APLICADOS VIA TRATAMENTO DE SEMENTES
NO CONTROLE DE *Dalbulus maidis***

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques

Araras
2025

Mendonça, Stéfany Lauren

Efeito residual de inseticidas aplicados via tratamento de sementes no controle de *Dalbulus maidis* / Stéfany Lauren Mendonça -- 2025.
52f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Rodrigo Neves Marques

Banca Examinadora: Flavia de Moura Manoel Bento,
Nathália Gama Tavares

Bibliografia

1. Inseticidas sistêmicos. 2. Enfezamento do milho. 3. Cigarrinha-do-milho. I. Mendonça, Stéfany Lauren. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083

RESUMO

A cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923), é um dos principais desafios fitossanitários da cultura, especialmente por transmitir mollicutes e vírus responsáveis pelos enfezamentos. O aumento da incidência da praga está diretamente relacionado à intensificação produtiva, à persistência de plantas voluntárias e à disponibilidade contínua de hospedeiros. Neste contexto, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos constitui uma ferramenta importante para proteger plantas de milho nos estágios iniciais, embora seu efeito residual possa apresentar variações. O presente estudo avaliou a mortalidade de *D. maidis* em plantas oriundas de sementes tratadas com tiametoxam e tiametoxam + lambda-cialotrina ao longo de três períodos consecutivos de exposição, totalizando doze dias de avaliação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e laboratório, empregando gaiolas individuais, dez repetições por tratamento e substituição periódica dos insetos a cada 96 horas. As avaliações de mortalidade foram realizadas em 24, 48, 72 e 96 horas em cada período, sendo os dados analisados por modelos lineares generalizados com distribuição binomial e a mortalidade corrigida. Os resultados demonstraram que ambos inseticidas proporcionaram elevada mortalidade apenas no primeiro período, com redução superior a 45% após 72 e 96 horas, enquanto nos períodos seguintes não foi observada diferença estatística em relação ao controle. A queda acentuada da mortalidade nos períodos subsequentes evidenciou a rápida redução da atividade residual, associada tanto à dinâmica fisiológica das plantas quanto às limitações inerentes ao modo de ação dos inseticidas sistêmicos. Assim, conclui-se que a persistência limitada dos produtos exige estratégias complementares e planejadas, sobretudo em regiões com histórico de enfezamentos, e que a compreensão dessa dinâmica temporal é fundamental para decisões agronômicas mais precisas e para a redução dos riscos epidemiológicos associados à cigarrinha-do-milho.

Palavras-chave: inseticidas sistêmicos; enfezamento do milho; manejo integrado de pragas; cigarrinha-do-milho.

ABSTRACT

RESIDUAL EFFECT OF INSECTICIDES APPLIED BY SEED TREATMENT ON *Dalbulus maidis* CONTROL

The corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923), is one of the most critical phytosanitary challenges in maize production, particularly due to its ability to transmit mollicutes and viruses associated with the maize stunt complex. The increase in its incidence is closely linked to intensified cropping systems, the persistence of volunteer plants, and the continuous availability of suitable hosts. In this context, seed treatment with systemic insecticides represents an important strategy to protect maize during the early growth stages, although the persistence of its protective effect remains poorly understood. This study evaluated the mortality of *D. maidis* on maize plants originating from seeds treated with thiamethoxam and thiamethoxam + lambda-cyhalothrin across three consecutive exposure periods, totaling twelve days of assessment. The experiment was conducted under greenhouse and laboratory conditions, using individual confinement cages, ten replicates per treatment, and periodic replacement of insects every 96 hours. Mortality was recorded at 24, 48, 72, and 96 hours within each period, and data were analyzed using generalized linear models with a binomial distribution, along with mortality correction. The results showed that both insecticides caused high mortality only during the first period, with reductions exceeding 45% after 72 and 96 hours, whereas no statistical differences from the control were observed in the subsequent periods. The sharp decline in mortality across later periods revealed the rapid reduction of residual activity, associated with plant physiological dynamics and inherent limitations of systemic insecticides. Thus, the limited persistence of these products highlights the need for complementary and well-planned management strategies, particularly in regions with a history of maize stunt diseases and reinforces the importance of understanding this temporal dynamic to support more precise agronomic decision-making and reduce the epidemiological risks associated with the corn leafhopper.

Keyword: systemic insecticides; maize stunt complex; integrated pest management; corn leafhopper.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estádios fenológicos da planta de milho	11
Figura 2 – Adulto de <i>D. maidis</i> . Inseto de coloração amarelo-palha com manchas escuras circulares na cabeça	12
Figura 3 - Vista dorsal de um adulto de <i>D. maidis</i> , destacando a morfologia do tórax e as fileiras de espinhos nas tíbias posteriores (indicadas pelas setas)	13
Figura 4 - Estádios de desenvolvimento de <i>D. maidis</i> : primeiro instar (A); segundo instar (B); terceiro instar (C); quarto instar (D) e quinto instar (E).	14
Figura 5 - Sintomas de enfezamento vermelho (A) e enfezamento pálido (B) em folhas de milho.....	15
Figura 6 - Sintomas de <i>Maize rayado fino virus</i> em folhas de milho	15
Figura 7 - Casa de vegetação com plantas da criação de <i>D. maidis</i>	23
Figura 8 - Gaiolas entomológicas no Laboratório de Manejo de Pragas.....	24
Figura 9 - Tubos utilizados para tratamento das sementes com inseticida	26
Figura 10 - Material utilizado para semeadura	27
Figura 11 - Deposição de duas sementes por vaso	28
Figura 12 - Plântulas de milho em emergência	28
Figura 13 - Gaiolas entomológicas confeccionadas com garrafas PET	29
Figura 14 - Montagem do ensaio com plântulas selecionadas.....	30
Figura 15 - Mortalidade acumulada de <i>D. maidis</i> do quarto ao sétimo DAE	33
Figura 16 - Mortalidade acumulada de <i>D. maidis</i> do oitavo a décimo primeiro DAE.	34
Figura 17 - Mortalidade acumulada de <i>D. maidis</i> do décimo segundo a décimo quinto DAE.....	34
Figura 18 – Eficiência acumulada dos dois inseticidas de 0 a 12 dias de avaliação (substituição de insetos indicada pelas setas)	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MILHO.....	10
2.2 BIOECOLOGIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CIGARRINHA-DO-MILHO	12
2.3 DINÂMICA PRODUTIVA DO MILHO: FATORES ASSOCIADOS AO AUMENTO DA IMPORTÂNCIA DE <i>D. maidis</i>	16
2.4 CONTROLE E MANEJO DA CIGARRINHA-DO-MILHO.....	17
2.4.1 Controle cultural	17
2.4.2 Controle biológico	18
2.4.3 Controle varietal	19
2.4.4 Controle químico	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 MANUTENÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE <i>D. maidis</i>	23
3.2 TRATAMENTO DE SEMENTES E SEMEADURA	24
3.3 ENSAIO DE CONFINAMENTO E AVALIAÇÕES.....	29
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
4 RESULTADOS	33
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas de maior relevância econômica e social no Brasil, desempenhando papel central na alimentação humana, na nutrição animal e como matéria-prima para a crescente produção de biocombustíveis (Florêncio; Melo, 2022; Wander; Cunha, 2022). A expressiva expansão da cultura reflete sua adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e sua integração estratégica aos sistemas produtivos nacionais, especialmente na sucessão soja–milho, amplamente consolidada na agricultura brasileira (Petter *et al.*, 2015).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), a produção total de milho no Brasil para a safra 2024/2025 atingiu 141,1 milhões de toneladas, representando um recorde histórico para o país. Esse resultado reflete o aumento da área cultivada, que alcançou 21,8 milhões de hectares, e a alta produtividade observada, especialmente na segunda safra, já consolidada como a principal responsável pela expansão do grão no território nacional.

A expansão da cultura é acompanhada por um crescimento expressivo na demanda interna, que contribuiu para elevar o consumo nacional a 90,6 milhões de toneladas em 2025, um aumento de 7,8% em relação ao ciclo anterior (CONAB, 2025; Florêncio; Melo, 2022; Wander; Cunha, 2022). Paralelamente, as exportações atingiram 40 milhões de toneladas, favorecidas pela competitividade do milho brasileiro no mercado internacional diante das tensões comerciais entre grandes exportadores (CONAB, 2025).

Com o avanço da cultura e o aumento da intensidade produtiva, surgem também desafios fitossanitários que comprometem o potencial produtivo das lavouras (Lopes; Oliveira, 2004). Entre eles, destaca-se a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae), inseto vetor de importantes patógenos como o vírus do raiado fino do milho (*Maize rayado fino virus*) e os mollicutes *Spiroplasma kunkelii* e *Maize bushy stunt phytoplasma*, agentes causadores dos enfezamentos pálido e vermelho (Oliveira; Frizzas, 2021; Nault, 1998).

A biologia e ecologia de *D. maidis* favorecem sua sobrevivência e disseminação em regiões tropicais e subtropicais, como as principais áreas produtoras de milho no Brasil (Silva *et al.*, 2019; Santana *et al.*, 2019). O inseto apresenta reprodução

contínua e elevada mobilidade, sendo capaz de migrar entre talhões, o que mantém fluxo constante de inóculo entre safras (Sabato *et al.*, 2020; Foresti *et al.*, 2022). O cultivo sucessivo de milho, especialmente o sistema soja–milho safrinha, e a presença de plantas voluntárias (“tiguerras”) ampliam a disponibilidade de plantas durante o ano todo, configurando condições ideais para a manutenção populacional do inseto e a perpetuação dos patógenos no ambiente agrícola (Oliveira; Frizzas, 2021).

Diversos estudos têm relatado os impactos econômicos e produtivos associados à incidência de *D. maidis* e às doenças por ela transmitidas, com registros de infestações severas em que as perdas de rendimento podem atingir até 90% da produtividade potencial (Santana *et al.*, 2019). A presença do inseto em estágios iniciais da cultura agrava os danos, pois aumenta significativamente o risco de infecção sistêmica, resultando em sintomas mais intensos e perdas irreversíveis em produtividade (Silva *et al.*, 2019; Nault, 1998).

Diante disso, proteger as plantas no estágio inicial de desenvolvimento é essencial em regiões de alta incidência da cigarrinha-do-milho, sobretudo quando há histórico de enfezamentos (Albuquerque *et al.*, 2006). O controle químico, por meio do tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos, tem sido amplamente utilizado como medida preventiva, com dezenas de produtos registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e disponíveis para consulta na plataforma AGROFIT (Brasil, 2025). Entretanto, a persistência do efeito inseticida tende a ser limitada, exigindo aplicações complementares via foliar poucos dias após a emergência (Oliveira *et al.*, 2008).

Embora existam estudos avaliando a eficácia inicial de inseticidas sistêmicos aplicados via sementes, ainda há escassez de pesquisas que quantifiquem, de forma contínua e temporal, a persistência da mortalidade de *D. maidis* ao longo de vários dias de exposição, especialmente integrando múltiplos ciclos de confinamento de insetos, o que permitiria estimar a queda gradativa da atividade residual dos produtos à medida que as plantas se desenvolvem.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade e a eficácia do controle químico de *D. maidis* por meio do tratamento de sementes ao longo dos dias que sucedem a emergência das plântulas ao determinar o tempo de efeito residual dos inseticidas, uma informação essencial para o manejo integrado da praga e mitigar os impactos econômicos e ambientais da cultura do milho no Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sabe-se que alterações estruturais no sistema produtivo, combinadas à alta capacidade reprodutiva, mobilidade e especificidade alimentar de *D. maidis*, propiciaram condições favoráveis ao aumento populacional dessa espécie nas últimas safras. A cigarrinha-do-milho deixou de ser considerada uma praga secundária para se consolidar como um dos principais desafios fitossanitários da cultura, não apenas pelos danos diretos decorrentes da sucção de seiva, mas, sobretudo, pelo seu papel como vetor altamente eficiente de mollicutes e vírus.

Esta seção apresenta informações fundamentais sobre a cultura do milho, as características bioecológicas da cigarrinha-do-milho e as principais estratégias de manejo químico atualmente empregadas, buscando integrar os aspectos da interação planta-inseto que sustentam a dinâmica desse complexo fitossanitário.

2.1 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MILHO

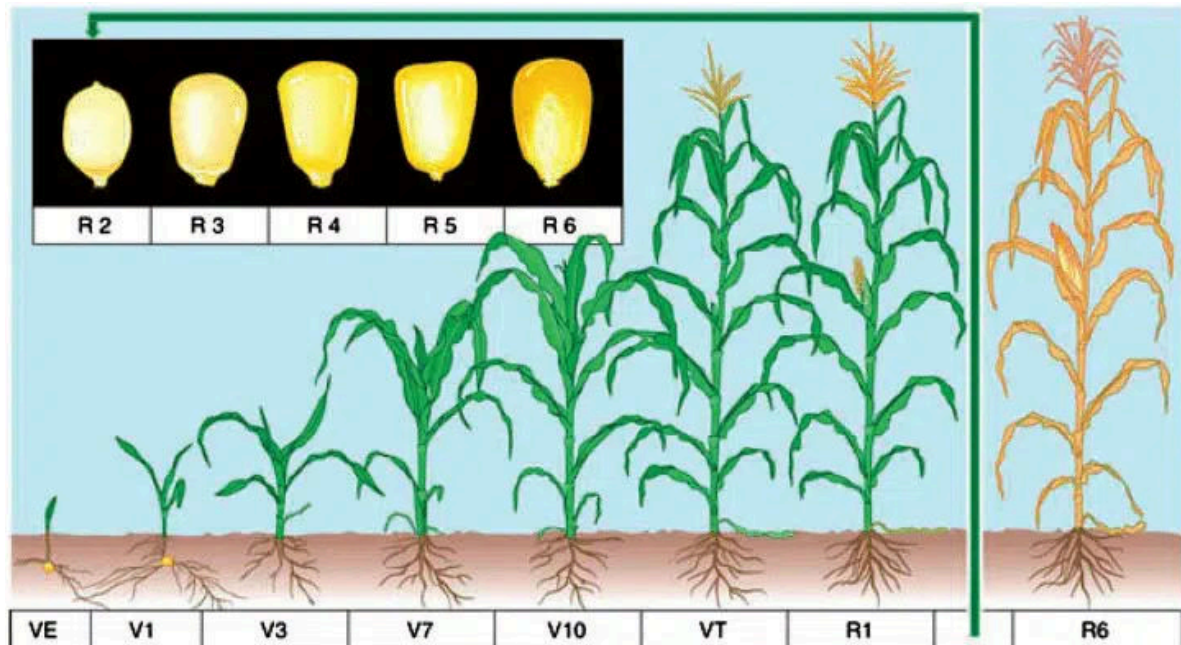
O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies agrícolas de maior relevância econômica e social no mundo, sendo nativo das Américas e pertencente à família Poaceae (Fornasier Filho, 1992). Trata-se de uma planta herbácea, monocotiledônea e anual, cujo ciclo biológico dura, em média, de quatro a cinco meses, variando conforme o genótipo e as condições edafoclimáticas (Souza *et al.*, 2020). O México é amplamente reconhecido como o centro de origem e diversidade genética da espécie, a partir de onde se deu sua dispersão para outras regiões do continente americano e, posteriormente, para o restante do mundo (Fornasier Filho, 1992; Fernandes, 2022).

Morfológicamente, o milho apresenta caule do tipo colmo, sistema radicular fasciculado e raízes adventícias, que conferem sustentação à planta e ampliam a absorção de água e nutrientes (Magalhães; Durães, 2006). É uma espécie monoica, possuindo inflorescências femininas (espigas laterais) e masculinas (panículas apicais) (Souza *et al.*, 2020).

O ciclo fenológico da cultura divide-se em dois estádios principais: o vegetativo (V) e o reprodutivo (R) (Magalhães; Durães, 2006) (Figura 1). O primeiro abrange desde a emergência (VE) até o pendoamento (VT), sendo cada estádio caracterizado pela emissão de uma nova folha completamente expandida com o colar visível. Já o estádio reprodutivo compreende R1 a R6, correspondendo às fases de formação,

enchimento e maturação fisiológica dos grãos (Magalhães; Durães, 2006; Silva *et al.*, 2021).

Figura 1 - Estádios fenológicos da planta de milho



Fonte: Magalhães; Durães (2006).

A cultura do milho possui ampla importância econômica e estratégica, sendo uma das bases do agronegócio brasileiro. Sua versatilidade decorre da multiplicidade de usos industriais e alimentares, abrangendo desde a formulação de rações para nutrição animal até a produção de etanol, amidos, óleos e alimentos processados. Além disso, o milho tem aplicações relevantes nas indústrias química, farmacêutica, têxtil e de papel (Florêncio; Melo, 2022; CONAB, 2025). O grão é reconhecido por seu elevado valor energético, devido ao alto teor de carboidratos e lipídios, e constitui insumo essencial para cadeias produtivas intensivas, como a avicultura e a suinocultura (Souza *et al.*, 2020; CONAB, 2025).

No cenário nacional, o milho figura entre os principais produtos agrícolas em valor de produção e volume de exportação. Em 2024, o Brasil consolidou-se entre os maiores produtores e exportadores mundiais do cereal, com receitas superiores a oito bilhões de dólares (Brasil, 2023). Esse desempenho resulta da intensificação do cultivo em múltiplas safras, especialmente pela ampliação da segunda safra ("safrinha"), responsável pela maior parte da produção nacional (CONAB, 2025).

2.2 BIOECOLOGIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CIGARRINHA-DO-MILHO

A cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae), é uma praga inicial associada aos cultivos de milho no Brasil e em outras regiões da América Latina (Fornasieri Filho, 1992; Albuquerque *et al.*, 2006). A espécie ocorre amplamente na região neotropical e apresenta desenvolvimento favorecido por temperaturas elevadas e disponibilidade contínua de plantas hospedeiras (Waquil, 2004; Foresti *et al.*, 2022).

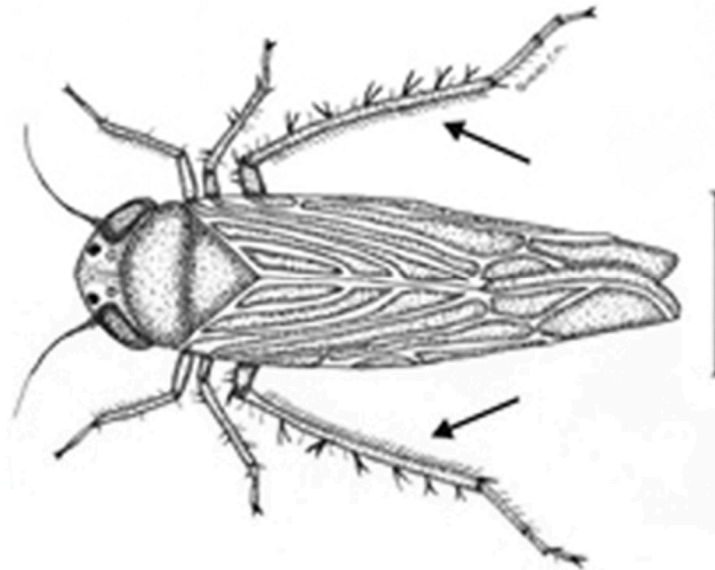
D. maidis é uma espécie oligófaga, alimentando-se de um grupo restrito de plantas hospedeiras do gênero *Zea*. Assim, além do milho (seu hospedeiro de preferência), o inseto pode se desenvolver em espécies silvestres relacionadas, como os teosintos (Oliveira; Frizzas; Oliveira, 2020). Os adultos apresentam coloração amarelo-palha, com duas manchas escuras circulares na cabeça (Figura 2), e possuem quatro fileiras de espinhos de diferentes tamanhos e densidades nas tíbias das pernas posteriores (Figura 3), característica diagnóstica da espécie (Triplehorn; Nault, 1985). O comprimento corporal varia de 3,7 a 4,3 mm, sendo as fêmeas, em geral, maiores e mais longevas que os machos (Davis, 1966).

Figura 2 – Adulto de *D. maidis*. Inseto de coloração amarelo-palha com manchas escuras circulares na cabeça



Fonte: Oliveira; Sabato (2017).

Figura 3 - Vista dorsal de um adulto de *D. maidis*, destacando a morfologia do tórax e as fileiras de espinhos nas tíbias posteriores (indicadas pelas setas)

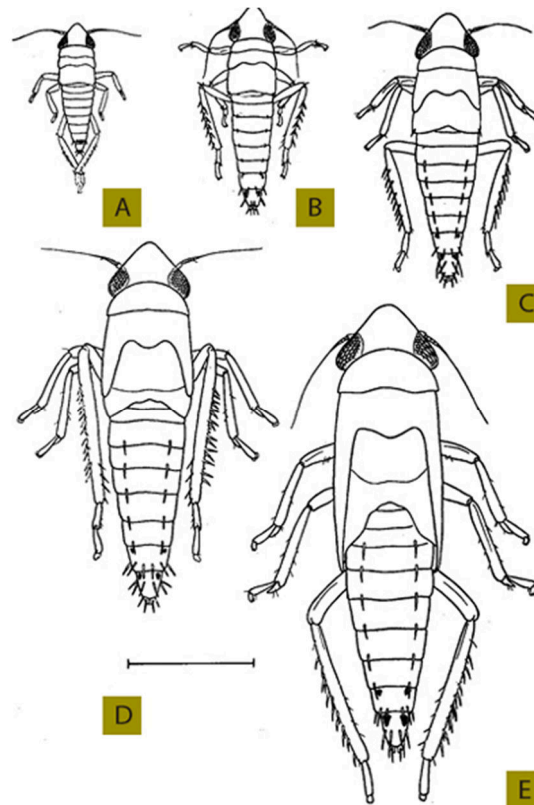


Fonte: Oliveira; Sabato (2017).

A cigarrinha-do-milho apresenta hemimetabolía (metamorfose incompleta), com duração média de 26 dias sob condições favoráveis (Tsai, 1988). Os ovos, de coloração esbranquiçada e córion transparente, medem cerca de 1,3 mm de comprimento e são depositados de forma endofítica, geralmente sob a epiderme ou na nervura central das folhas de milho (Heady; Nault, 1984). O período embrionário médio é de aproximadamente oito dias a 23,4 °C e umidade relativa de 83% (Davis, 1966).

As ninfas passam por cinco ínstaes, cuja duração total é de cerca de 20 dias a 26,7 °C (Figura 4) (Tsai, 1988). A longevidade dos adultos varia de 26 a 51 dias, sendo as fêmeas mais longevas (Davis, 1966). A capacidade reprodutiva é elevada: uma fêmea pode ovipositar de 15 a 37 ovos por dia, totalizando entre 150 e 600 ovos ao longo da vida, dependendo das condições ambientais e da disponibilidade de hospedeiros (Waquil, 2004; Becerra-Chiron; Moya-Raygoza; Muñoz-Urias, 2020).

Figura 4 - Estádios de desenvolvimento de *D. maidis*: primeiro instar (A); segundo instar (B); terceiro instar (C); quarto instar (D) e quinto instar (E).



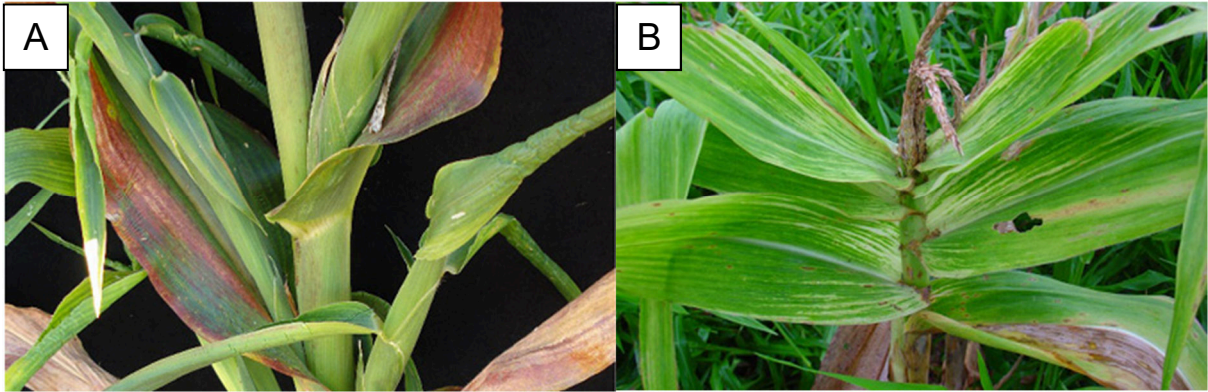
Fonte: Barnes (1954, *apud* Oliveira; Sabato, 2017)

Os danos provocados por *D. maidis* podem ser classificados em diretos e indiretos. Os danos diretos resultam da sucção de seiva do floema, da injeção de toxinas salivares e das posturas endofíticas, que ocasionam alterações fisiológicas, murchamento, atrofiamento e estresse hídrico nas plantas (Faria *et al.*, 2022; Jones; Medina; Bernal, 2022). Além disso, os insetos excretam uma substância açucarada denominada “honeydew”, que favorece o desenvolvimento de fungos na superfície foliar, a conhecida “fumagina”, reduzindo a taxa fotossintética e, conseqüentemente, o rendimento da cultura (Jones; Medina; Bernal, 2022).

Os danos indiretos são os mais expressivos economicamente, pois estão associados à transmissão de fitopatógenos que compõem o complexo dos enfezamentos do milho. A cigarrinha é vetor de dois mollicutes: *Maize bushy stunt phytoplasma* (MBSP) e *Spiroplasma kunkelii* (Figura 5); e do vírus *Maize rayado fino virus* (MRFV) (Figura 6), todos capazes de provocar severas reduções de produtividade (Oliveira; Sabato, 2017; Sánchez-Reinoso *et al.*, 2021). O MBSP está relacionado ao enfezamento vermelho, que se manifesta por avermelhamento

generalizado das folhas, nanismo, perfilhamento anormal e proliferação de espigas; já *S. kunkelii* causa o enfezamento pálido, caracterizado por clorose e enfraquecimento das plantas (Oliveira *et al.*, 2002).

Figura 5 - Sintomas de enfezamento vermelho (A) e enfezamento pálido (B) em folhas de milho



Fonte: Oliveira; Sabato (2017).

Figura 6 - Sintomas de *Maize rayado fino virus* em folhas de milho



Fonte: Oliveira; Sabato (2017).

A transmissão desses patógenos é do tipo persistente e propagativa, o que significa que os agentes se multiplicam no interior do corpo do inseto, tornando-o infectivo por toda a vida após um período de latência médio de quatro semanas (Nault, 1997; Oliveira *et al.*, 2002). Uma vez infectada, a cigarrinha dissemina os mollicutes e o vírus para plantas saudáveis durante a alimentação, promovendo a propagação dos enfezamentos e o aumento da incidência das doenças em escala regional.

2.3 DINÂMICA PRODUTIVA DO MILHO: FATORES ASSOCIADOS AO AUMENTO DA IMPORTÂNCIA DE *D. maidis*

Nas últimas décadas, *D. maidis* consolidou-se como uma das principais pragas do milho no Brasil, alcançando níveis de importância econômica sem precedentes. Embora sua ocorrência em áreas produtoras seja conhecida desde meados do século XX, a intensificação dos sistemas produtivos e as transformações tecnológicas no cultivo do milho alteraram significativamente o equilíbrio ecológico da cultura, favorecendo a multiplicação e disseminação do vetor e dos patógenos associados ao complexo dos enfezamentos (Waquil, 2004; Foresti *et al.*, 2022).

A modernização do agronegócio brasileiro e a busca por maior eficiência produtiva impulsionaram a expansão do cultivo de milho em sistemas de sucessão e rotação com a soja, resultando na prática de duas ou até três safras anuais. Essa dinâmica favoreceu a presença contínua da cultura no campo, fenômeno conhecido como “ponte verde”, que assegura alimento e abrigo constantes para diversas pragas e fitopatógenos ao longo de todo o ano (Oliveira; Frizzas; Oliveira, 2020). Embora esse modelo tenha elevado os índices de produtividade e consolidado o Brasil como uma potência agrícola global, também comprometeu o equilíbrio fitossanitário, criando condições ideais para a sobrevivência e reprodução contínua de *D. maidis* (Foresti *et al.*, 2022).

A sobreposição de lavouras em diferentes estádios fenológicos permite que as cigarrinhas migrem de áreas mais velhas (frequentemente infectadas) para novas áreas recém-semeadas, promovendo a disseminação constante de patógenos. Além disso, a perda de grãos e espigas durante a colheita mecanizada favorece o surgimento de plantas voluntárias de milho (também denominadas milho tiguera, resteva ou guaxa), que atuam como reservatórios de hospedeiros e inóculo, mantendo as populações de cigarrinhas e molícutes durante o período de entressafra (Adegás; Gazziero; Voll, 2014; Silva *et al.*, 2019).

O manejo dessas plantas voluntárias tornou-se ainda mais complexo com a adoção de cultivares geneticamente modificadas resistentes a herbicidas, como o milho Roundup Ready® (RR®), tolerante ao glifosato (Barry *et al.*, 1997; Davis; Marquardt; Johnson, 2008). Em sistemas sucessivos com soja RR® (*Glycine max* GTS 40-3-2), o uso intensivo desse herbicida deixa de ser eficaz no controle de plantas remanescentes de milho, permitindo sua persistência como plantas invasoras

perenes. Essas plantas passam a servir de abrigo para *D. maidis*, perpetuando o ciclo de transmissão dos patógenos (Barry *et al.*, 1997; Foresti *et al.*, 2022; Marquardt; Terry; Johnson, 2013).

Outro fator associado ao aumento populacional de *D. maidis* é o avanço de tecnologias de manejo de pragas. A ampla adoção de híbridos transgênicos Bt, resistentes a lepidópteros, reduziu significativamente o número de pulverizações com inseticidas de amplo espectro (Fischhoff; Perlak; Adang, 1993; Faria *et al.*, 2022). Embora ambientalmente vantajosa, essa redução diminuiu a pressão de controle sobre insetos não alvo, como a cigarrinha-do-milho, favorecendo sua multiplicação (Foresti *et al.*, 2022).

Além disso, a expansão de sistemas irrigados e de produção contínua, que permitem até três safras anuais, garante a disponibilidade de hospedeiros mesmo durante o inverno (Oliveira; Frizzas; Oliveira, 2020). Essa oferta constante de plantas de milho, somada a condições microclimáticas favoráveis, assegura a sobrevivência do vetor durante períodos de adversidade ambiental, portanto o monitoramento fitossanitário contínuo tornou-se essencial para orientar decisões de manejo (Sabato *et al.*, 2020).

2.4 CONTROLE E MANEJO DA CIGARRINHA-DO-MILHO

O manejo de *D. maidis* constitui um dos principais desafios fitossanitários da cultura do milho no Brasil, especialmente em virtude da intensificação dos sistemas produtivos contínuos e do cultivo sucessivo de milho em diferentes épocas do ano. Dada a complexidade da interação entre o inseto, o ambiente e os patógenos que transmite, estratégias de controle isoladas têm se mostrado insuficientes (Silva *et al.*, 2019). Assim, o controle efetivo de *D. maidis* depende da adoção de práticas integradas, contemplando o uso racional de inseticidas, manejo cultural, utilização de cultivares resistentes e controle biológico; em conformidade com os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Souza *et al.*, 2021).

2.4.1 Controle cultural

O controle cultural é uma das estratégias mais eficazes e sustentáveis no manejo de *D. maidis*. Entre as principais medidas recomendadas destacam-se a

eliminação de plantas voluntárias (“milho tiguera”), a interrupção dos plantios consecutivos, a rotação de culturas e a adequação da época de semeadura, evitando-se a sobreposição de safras (Oliveira *et al.*, 2002; Foresti *et al.*, 2022). Essas práticas reduzem a “ponte verde”, responsável pela sobrevivência contínua da praga e dos patógenos durante o período de entressafra.

Nesse sentido, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri - SC) desenvolveu o aplicativo Epagri MOB, que reúne informações ambientais e dados de pragas agrícolas no estado, incluindo o módulo Monitora Milho SC, destinado ao acompanhamento das populações de cigarrinha-dormilho e à detecção de sua infectividade pelos patógenos dos enfezamentos e viroses. Essa ferramenta tecnológica oferece acesso em tempo real a informações regionais, auxiliando na tomada de decisão e contribuindo para o manejo integrado da praga (Epagri, 2025).

Adicionalmente, o uso de cultivares com resistência genética à cigarrinha-dormilho e aos enfezamentos representa uma alternativa promissora no médio e longo prazo para o manejo integrado. Embora a resistência completa ainda não esteja disponível comercialmente, há relatos de híbridos com menor atratividade para oviposição, redução na multiplicação dos mollicutes e menor expressão sintomatológica das doenças (Souza, 2023; Haider *et al.*, 2021; Waquil, 2004).

2.4.2 Controle biológico

O controle biológico de *D. maidis* ainda se encontra em fase de consolidação e, até o momento, apresenta limitações importantes quanto à sua eficácia quando empregado de forma isolada. Estudos recentes têm investigado o uso de fungos entomopatogênicos como alternativa ou complemento ao controle químico, com destaque para espécies dos gêneros *Beauveria*, *Metarhizium* e *Cordyceps*, amplamente utilizadas em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Souza *et al.*, 2021; Lopes; Faria; Oliveira, 2024).

Apesar do potencial desses agentes, os resultados obtidos especificamente para *D. maidis* têm sido, em geral, modestos. Avaliações experimentais envolvendo diferentes isolados de fungos entomopatogênicos indicam taxas de mortalidade inferiores a 35%, mesmo sob condições controladas e com altas concentrações de conídios, tanto em aplicações diretas sobre os adultos quanto em exposição indireta

via superfícies contaminadas ou plantas tratadas (Lopes; Faria; Oliveira, 2024). Esses resultados evidenciam a baixa suscetibilidade do inseto à infecção fúngica, independentemente da forma de aplicação.

Avanços recentes na compreensão dessa baixa eficiência apontam que *D. maidis* possui mecanismos morfológicos e comportamentais altamente eficientes de proteção contra a colonização por fungos entomopatogênicos. Um dos principais fatores envolvidos é a presença dos brocossomos, microestruturas lipoproteicas produzidas por glândulas especializadas e distribuídas sobre o tegumento e, principalmente, sobre as asas dos insetos (Rakitov, 2002). Esses brocossomos conferem propriedades hidrofóbicas à superfície corporal, dificultando a adesão de gotículas contendo conídios e, conseqüentemente, a germinação dos fungos sobre a cutícula (Rakitov, 2002; Lopes; Faria; Oliveira, 2024).

Além disso, *D. maidis* apresenta comportamento sistemático e frequente de autolimpeza, capaz de remover mecanicamente grande parte dos conídios depositados no corpo do inseto, tanto na forma de suspensão aquosa quanto em pó seco (Rakitov, 2002). Estudos demonstram que, mesmo quando os conídios conseguem aderir à superfície cuticular, a combinação entre o revestimento por brocossomos e a autolimpeza reduz significativamente o tempo de contato necessário para a infecção, atuando como uma barreira eficiente à invasão fúngica (Lopes; Faria; Oliveira, 2024).

Esses mecanismos ajudam a explicar a limitada eficácia do controle biológico por fungos entomopatogênicos contra *D. maidis* e reforçam que, embora promissor, esse método dificilmente alcança níveis de controle satisfatórios quando utilizado isoladamente (Lopes; Faria; Oliveira, 2024). Dessa forma, o controle biológico deve ser considerado como uma estratégia complementar dentro do MIP, associado a outras táticas, como o controle químico racional, o manejo cultural e o uso de cultivares menos suscetíveis, visando à redução da pressão populacional da praga e ao manejo sustentável dos enfezamentos do milho.

2.4.3 Controle varietal

O controle varietal tem se consolidado como uma estratégia relevante no Manejo Integrado de Pragas, uma vez que as plantas podem apresentar diferentes graus de resistência aos insetos, decorrentes da expressão de características

genéticas específicas (Panda; Khush, 1995). A resistência vegetal é tradicionalmente entendida como o conjunto de atributos capazes de reduzir a colonização, sobrevivência ou reprodução da praga; um fator economicamente vantajoso, já que não adiciona custos além da aquisição das sementes, diferentemente de manejos posteriores específicos para o controle de pragas (Baldin *et al.*, 2019; Smith, 2005).

Esses mecanismos incluem antixenose (não-preferência), antibiose e tolerância (Smith, 2005). A antixenose ocorre quando fatores morfológicos ou químicos tornam a planta menos atrativa para alimentação, oviposição ou abrigo (Panda; Khush, 1995; Smith, 2005). Já a antibiose envolve efeitos diretos na biologia do inseto, resultando em redução de sobrevivência, desempenho ou fecundidade (Painter, 1951, *apud* Souza, 2023, p. 7). A tolerância, por sua vez, expressa a capacidade da planta de suportar danos sem prejuízo significativo à produtividade (Lara, 1991).

Grande parte das investigações recentes sobre resistência varietal inclui não apenas cultivares comerciais, mas também as chamadas “variedades crioulas”, que possuem manejo tradicional desenvolvido por povos indígenas, quilombolas, ribeirinhos e agricultores familiares, preservando características adaptadas às condições ambientais e culturais de cada região (Limão *et al.*, 2019). Por essa razão, tais materiais apresentam maior diversidade genética e podem expressar mecanismos de resistência que não estão presentes em híbridos comerciais amplamente difundidos.

Um estudo conduzido por Souza (2023) investigou atributos de resistência em diferentes materiais genéticos, incluindo tanto variedades comerciais quanto crioulas. Os achados demonstram diferenças marcantes entre genótipos de milho quanto à atratividade para *D. maidis*. Em testes de antixenose para alimentação e abrigo, a variedade crioula “Pipoca Roxo Kika” apresentou menor preferência pelos insetos em comparação às demais, indicando a presença de características capazes de interferir no processo de escolha do hospedeiro, em consonância com o conceito de antixenose descrito por Panda e Khush (1995).

Já em condições de oviposição sem chance de escolha, outra variedade crioula, “Amarelo Astecão”, exibiu menor média de ovos em comparação à variedade comercial AL Bandeirante (CATI, 2025), reforçando a possibilidade de que compostos presentes nos tecidos vegetais ou diferenças estruturais afetem o comportamento reprodutivo da cigarrinha (Souza, 2023).

Além da não-preferência, Souza (2023) também identificou efeitos de antibiose, impactando diretamente o desenvolvimento de *D. maidis*. Insetos criados sobre determinadas variedades apresentaram maior período ninfal e maior duração total do desenvolvimento quando comparados às demais. Esses resultados se alinham aos princípios de antibiose definidos por Painter (1951, *apud* Souza, 2023, p. 7), segundo os quais alterações fisiológicas induzidas pela planta hospedeira podem comprometer a sobrevivência, o crescimento e a fecundidade do inseto. Assim, genótipos capazes de prolongar o ciclo de vida da cigarrinha reduzem a velocidade de crescimento populacional, contribuindo indiretamente para diminuir a pressão de infestação.

2.4.4 Controle químico

O controle químico de *D. maidis* permanece como a principal ferramenta de manejo empregada pelos produtores de milho no Brasil, especialmente em regiões onde a incidência da praga e dos enfezamentos é elevada (Brasil, 2025; Oliveira; Sabato, 2017). Embora proporcione resultados imediatos na redução da população de insetos adultos, a literatura destaca que essa prática, isoladamente, não garante a supressão da transmissão dos patógenos, uma vez que a cigarrinha pode realizar a inoculação mesmo durante o período que antecede sua morte, ainda que a taxa de alimentação seja reduzida com o início da intoxicação (Oliveira; Sabato, 2017; Ruegger, 2019).

Assim, a velocidade de ação do inseticida e o comportamento alimentar do inseto após o contato com o produto são fatores determinantes para a eficácia no bloqueio da transmissão de fitoplasmas e espiroplasmas (Oliveira *et al.*, 2007).

De acordo com o sistema AGROFIT (Brasil, 2025), existem atualmente dezenas de produtos registrados para o controle de *D. maidis*, pertencentes principalmente aos grupos neonicotinoides, piretroides, organofosforados e carbamatos. Os neonicotinoides, como imidacloprido, tiametoxam e clotianidina, destacam-se por sua ação sistêmica e efeito residual, conferindo proteção às plantas nas fases iniciais de desenvolvimento (Oliveira *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2008). Entretanto, sua eficácia pode ser influenciada por condições ambientais, densidade populacional da praga e persistência do produto no solo e nos tecidos vegetais (Oliveira; Sabato, 2017).

O controle químico deve, portanto, ser entendido como componente de um manejo integrado, baseado em monitoramento populacional e uso criterioso dos produtos registrados, de forma a evitar a seleção de indivíduos resistentes e minimizar impactos sobre inimigos naturais e polinizadores (Haider *et al.*, 2021; Oliveira; Frizzas, 2021). Diversos autores apontam a integração entre medidas culturais, biológicas e químicas como a estratégia mais eficaz e sustentável para reduzir os prejuízos econômicos causados pela cigarrinha-do-milho (Foresti *et al.*, 2022).

Entre as modalidades de aplicação, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos tem se destacado por proteger as plântulas nas fases iniciais de desenvolvimento (período mais crítico para a infecção pelos mollicutes transmitidos pela cigarrinha) e por reduzir a exposição de organismos não alvo (Oliveira *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2008).

Essa técnica consiste na aplicação direta do produto sobre as sementes antes do plantio, podendo ser realizada de forma industrial (Tratamento de Sementes Industrial - TSI) ou diretamente pelo produtor (*on farm*), desde que conduzida com acompanhamento técnico e equipamentos adequados (Machado *et al.*, 2006). Os inseticidas aplicados via semente são absorvidos pelas raízes e translocados pelo xilema, proporcionando proteção sistêmica e homogênea nas fases iniciais, mas com efeito residual limitado, geralmente restrito às primeiras semanas após a emergência (Oliveira; Sabato, 2017).

Estudos clássicos de Oliveira *et al.* (2008) demonstraram que os inseticidas tiametoxam e imidacloprido, aplicados em tratamento de sementes, reduzem significativamente a incidência de cigarrinhas em viveiros telados e retardam o aparecimento dos sintomas dos enfezamentos, ainda que o efeito diminua com o tempo. Essa limitação reforça a importância de pesquisas voltadas à avaliação da persistência e eficácia de diferentes moléculas, bem como à viabilidade de complementação com aplicações foliares em estádios posteriores da cultura (Oliveira; Sabato, 2017; Ruegger, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação e no Laboratório de Manejo de Pragas, localizados no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Araras-SP (Figura 7).

Figura 7 - Casa de vegetação com plantas da criação de *D. maidis*



Fonte: elaboração própria (2025).

3.1 MANUTENÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE *D. maidis*

Os insetos utilizados no experimento foram provenientes de criação previamente estabelecida no Laboratório de Manejo de Pragas. A criação foi mantida em plantas de milho cultivadas em vasos plásticos de 415 mL, renovadas regularmente para garantir oferta contínua de material vegetal adequado. Quando as plantas atingiam os estádios V4–V5, eram transferidas para gaiolas entomológicas (45 × 45 × 55 cm), onde permaneciam agrupadas por idade e mantidas sob condições ambientais controladas (Figura 8).

Figura 8 - Gaiolas entomológicas no Laboratório de Manejo de Pragas



Fonte: elaboração própria (2025).

A temperatura média nos ambientes de criação e experimentação foi de 26 ± 2 °C, com umidade relativa aproximada de 75% e fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro. A iluminação artificial era fornecida por lâmpadas fluorescentes tubulares.

3.2 TRATAMENTO DE SEMENTES E SEMEADURA

Foram utilizadas sementes da variedade AL Bandeirante (CATI, 2025), a mesma que se emprega na criação do laboratório em razão da elevada suscetibilidade a *D. maidis*. Os tratamentos experimentais foram definidos pela separação de três pequenos lotes com quantidade suficiente para o número de repetições adotadas e eventuais perdas que exigissem reposição ou substituição de plântulas.

Dois lotes de sementes foram submetidos ao tratamento de sementes (TS) com inseticidas, enquanto um lote permaneceu sem TS (Quadro 1).

Quadro 1 – Tratamentos experimentais

Tratamento	Descrição	Ingrediente ativo
T1	Controle	-
T2	TS com Cruiser® 600 FS	Tiametoxam
T3	TS com Cruiser® Opti	Tiametoxam + lambda-cialotrina

Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: com base nas informações técnicas das bulas oficiais disponibilizadas pela fabricante (Syngenta, 2025a; Syngenta, 2025b).

As principais características dos produtos Cruiser® 600 FS e Cruiser® Opti encontram-se sintetizadas no Quadro 2, com base nas informações técnicas das bulas oficiais disponibilizadas pela fabricante (Syngenta, 2025a; Syngenta, 2025b).

Quadro 2 - Características e composição dos produtos utilizados

Produto	Cruiser® 600 FS	Cruiser® Opti
Classe	Inseticida sistêmico	Inseticida sistêmico e de contato
Grupo químico	Neonicotinoide (tiametoxam)	Piretroide (lambda-cialotrina) e neonicotinoide (tiametoxam)
Formulação	Suspensão concentrada para tratamento de sementes (FS)	Suspensão concentrada para tratamento de sementes (FS)
Composição	600 g/L Tiametoxam	37,5 g/L Lambda-cialotrina 210 g/L Tiametoxam

Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: com base nas informações técnicas das bulas oficiais disponibilizadas pela fabricante (Syngenta, 2025a; Syngenta, 2025b).

A escolha do tiametoxam e da mistura tiametoxam + lambda-cialotrina para tratamento de sementes foi fundamentada na necessidade de proteção precoce contra *D. maidis*, vetor que se alimenta de seiva floemática e inocula fitopatógenos diretamente no floema (Tomizawa; Casida, 2005; Castilhos; Canale, 2025).

Ademais, evidências experimentais indicam que o tiametoxam pode ser translocado eficientemente tanto via xilema quanto via floema, uma característica de

destaque em relação a outros neonicotinoides e desejável para pragas associadas a tecidos-dreno e regiões jovens da planta (Torres; Rigitano, 2012). Além disso, estudos comparativos com diferentes ingredientes ativos em TS apontam o tiametoxam entre os compostos de maior eficiência no controle de *D. maidis* (Biazotti, 2024; Redoan et al., 2025; Castilhos; Canale, 2025). A associação com lambda-cialotrina (Cruiser® Opti) é coerente por combinar um neonicotinoide sistêmico com um piretroide de ação por contato, potencialmente ampliando o impacto inicial sobre o vetor, fase em que o risco epidemiológico dos enfezamentos é mais crítico (Oliveira et al., 2002; Redoan et al., 2025).

As sementes foram separadas em porções de 20 g após constatado que a quantidade em número de sementes era mais do que suficiente para a semeadura de todas as repetições empregadas. Em seguida, foram acondicionadas em frascos plásticos com tampa (Figura 9).

Figura 9 - Tubos utilizados para tratamento das sementes com inseticida



Fonte: elaboração própria (2025).

A aplicação dos inseticidas foi feita conforme as recomendações de Cruiser® 600 FS e Cruiser® Opti para tratamento de sementes de milho no controle de *D. maidis*, conforme as respectivas bulas (Tabela 1). Utilizou-se micropipeta para dosagem precisa em virtude da pequena quantidade de produto requerida. Os frascos foram agitados vigorosamente para assegurar a cobertura uniforme das sementes e, posteriormente, seu conteúdo foi colocado à sombra por aproximadamente uma hora, permitindo a secagem e a fixação do produto.

Tabela 1 - Dose recomendada de produto comercial e volume de calda para tratamento de sementes

Produto	Cruiser® 600 FS	Cruiser® Opti
Dose máxima (p/ 100 kg de sementes)	230 mL	1000mL
Volume de calda (p/ 100 kg de sementes)	500 mL	800 mL
Dose ajustada (p/ 20 g de sementes)	0,046 mL	0,200 mL
Volume de calda ajustado (p/ 20 g de sementes)	0,100 mL	Utilizou-se o produto sem diluição

Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: com base nas informações técnicas das bulas oficiais disponibilizadas pela fabricante (Syngenta, 2025a; Syngenta, 2025b).

A semeadura foi realizada em casa de vegetação no dia 29 de outubro de 2025 em vasos plásticos de 415 mL, contendo substrato à base de composto orgânico e casca de pinus; sendo enriquecido com fertilizante NPK 10-10-10 no momento do plantio (Figura 10).

Figura 10 - Material utilizado para semeadura



Fonte: elaboração própria (2025).

O substrato apresentava características adequadas para o cultivo inicial de milho em vasos. Foram depositadas duas sementes por vaso, a aproximadamente 5 cm de profundidade e, logo em seguida, os vasos foram molhados manualmente com mangueira (Figura 11).

Figura 11 - Deposição de duas sementes por vaso



Fonte: elaboração própria (2025).

No período pós-semeadura, os vasos continuaram a receber água pela irrigação manual diária da mesma forma. A emergência ocorreu cerca de cinco dias após a semeadura (Figura 12).

Figura 12 - Plântulas de milho em emergência



Fonte: elaboração própria (2025).

Visando a maior uniformidade de tamanho possível entre as repetições, realizou-se a seleção de vasos e de plântulas para o ensaio: dez vasos por tratamento, totalizando 30 vasos. Devido à boa taxa de germinação do lote, quase todos os vasos apresentaram duas plântulas, portanto foi realizada remoção e descarte da planta desconsiderada, mantendo apenas uma planta por vaso.

3.3 ENSAIO DE CONFINAMENTO E AVALIAÇÕES

Os vasos de plantas foram individualmente encaixados em gaiolas confeccionadas a partir de garrafas PET transparentes de 2 L, sem tampa e com o fundo recortado (Figura 13). As laterais e a abertura superior foram revestidas com tecido *voil* para permitir ventilação adequada, e o fundo da garrafa foi adaptado para encaixe no vaso, conforme metodologia adaptada de Lopes e Oliveira (2004). Esse tipo de gaiola foi escolhido por permitir boa ventilação, visibilidade e facilidade de manuseio, além de baixo custo e eficiência no confinamento de pequenos insetos.

Figura 13 - Gaiolas entomológicas confeccionadas com garrafas PET



Fonte: elaboração própria (2025).

O confinamento iniciou-se no Laboratório de Manejo de Pragas no dia 6 de novembro (8 DAS), quando as plântulas estavam com três dias após a emergência (3 DAE) (Figura 14).

Figura 14 - Montagem do ensaio com plântulas selecionadas



Fonte: elaboração própria (2025).

Em cada gaiola, foram liberados três adultos de *D. maidis*, totalizando dez repetições por tratamento e 30 adultos no total. Os insetos utilizados nos ensaios experimentais eram adultos emergidos cerca de sete dias antes do início do confinamento, provenientes da criação mencionada e sem distinção de sexo, mantidos em plantas saudáveis de milho até o momento da utilização.

As avaliações de mortalidade foram realizadas 24, 48, 72 e 96 horas após o início do confinamento, registrando-se o número de insetos mortos por repetição. Ao final de 96 horas, todos os insetos (vivos e mortos) foram removidos e substituídos por um novo lote de três adultos, o que deu início ao segundo ciclo de avaliação. O procedimento foi repetido após o oitavo dia do confinamento, totalizando três períodos experimentais consecutivos (Tabela 2)

Tabela 2 – Períodos de avaliação

Período	Dias após emergência	Dias após confinamento
P1	4 a 7 DAE	1 a 4
P2	8 a 11 DAE	5 a 8
P3	12 a 15 DAE.	9 a 12

Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: com base nas informações técnicas das bulas oficiais disponibilizadas pela fabricante (Syngenta, 2025a; Syngenta, 2025b).

Esse delineamento permitiu avaliar a persistência temporal do efeito inseticida à medida que as plantas se desenvolviam, durante 12 dias consecutivos.

Posteriormente, determinou-se a eficiência dos inseticidas em cada ciclo de avaliação pela mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925) para compensar eventuais perdas naturais (Equação 1).

$$M_a = \frac{(M_t - M_c)}{(100 - M_c)} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

M_a é a mortalidade corrigida (eficiência);

M_t é a mortalidade observada no grupo tratado com o inseticida;

M_c é a mortalidade observada no grupo de controle (sem tratamento).

A eficiência dos tratamentos foi avaliada segundo a interpretação biológica de Khun *et al.* (2020); em que os níveis de eficiência de um fungo entomopatogênico foram classificados como baixos ou insuficientes quando <60%, moderados entre 60 e 80% e superiores ou satisfatórios quando >80%. Esse critério, embora não específico para controle químico de *D. maidis*, é amplamente utilizado por refletir a necessidade de níveis elevados de mortalidade para suprimir populações de insetos de ciclo curto e elevada taxa reprodutiva. Portanto, a eficiência dos inseticidas neste trabalho foi classificada em três faixas: < 60% (controle insuficiente), 60–80% (controle intermediário) e > 80% (controle satisfatório).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises foram realizadas com auxílio do software R versão 4.4.0 (R Core Team, 2024), por meio de rotinas de GLM. A variável de resposta considerada foi a mortalidade observada de *D. maidis* em plantas de milho provenientes de sementes tratadas com inseticidas. Em cada combinação de tratamento, período de avaliação e horário (24, 48, 72 e 96 horas), calculou-se a mortalidade acumulada a partir do número total de insetos mortos em 10 repetições, com três adultos por repetição, resultando em 30 insetos avaliados por tratamento em cada período.

A eficiência dos inseticidas foi expressa pela mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925), tomando-se como referência a mortalidade registrada no tratamento

controle (sementes sem inseticida), conforme descrito na Equação 1. A mortalidade corrigida foi calculada para os tratamentos com tiametoxam e tiametoxam + lambda-cialotrina em cada período e horário de avaliação, de forma a compensar a mortalidade natural observada no controle.

Para avaliar estatisticamente o efeito dos tratamentos sobre a mortalidade de *D. maidis* ao longo do tempo, foi ajustado, para cada período experimental, um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição binomial e função de ligação *logit* (*Logistic regression*). Foi selecionada essa função de ligação porque a variável resposta é uma proporção binária (mortos/vivos), cuja distribuição natural é a binomial. Para esse tipo de dado, a ligação *logit* é a forma canônica no GLM, garantindo previsões entre 0 e 1 e permitindo a interpretação correta dos efeitos (Nelder; Wedderburn, 1972). Em cada período, a proporção de insetos mortos foi modelada de acordo com a Equação 2.

$$p_{ijk} = \frac{m_{ijk}}{n_{ijk}} \quad (2)$$

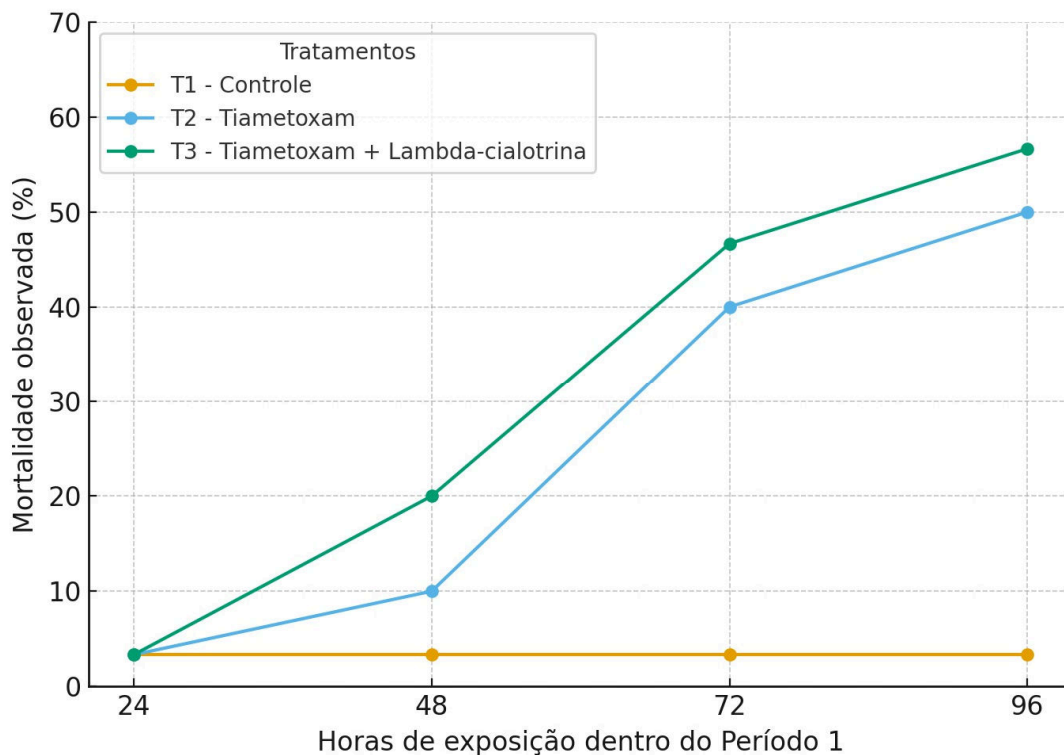
Em que m_{ijk} corresponde ao número de insetos mortos e n_{ijk} ao número total de insetos avaliados (30), para o tratamento i , horário de avaliação j e período k . O modelo incluiu como efeitos fixos os fatores tratamento (T1 - controle; T2 - tiametoxam; T3 - tiametoxam + lambda-cialotrina) e horário de avaliação (24, 48, 72 e 96 h).

A significância dos efeitos foi verificada por testes de razão de verossimilhança, comparando-se modelos completos e reduzidos: (I) um modelo contendo apenas o efeito de horário foi comparado a um modelo com horário + tratamento, para testar a hipótese nula de ausência de efeito de tratamento; e (II) um modelo com apenas tratamento foi comparado a um modelo com tratamento + horário, para testar o efeito do tempo de exposição. Em todas as análises, adotou-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Valores de mortalidade e eficiência de controle foram apresentados em forma de gráfico para ilustrar o padrão temporal de resposta de *D. maidis* nos três períodos de avaliação.

4 RESULTADOS

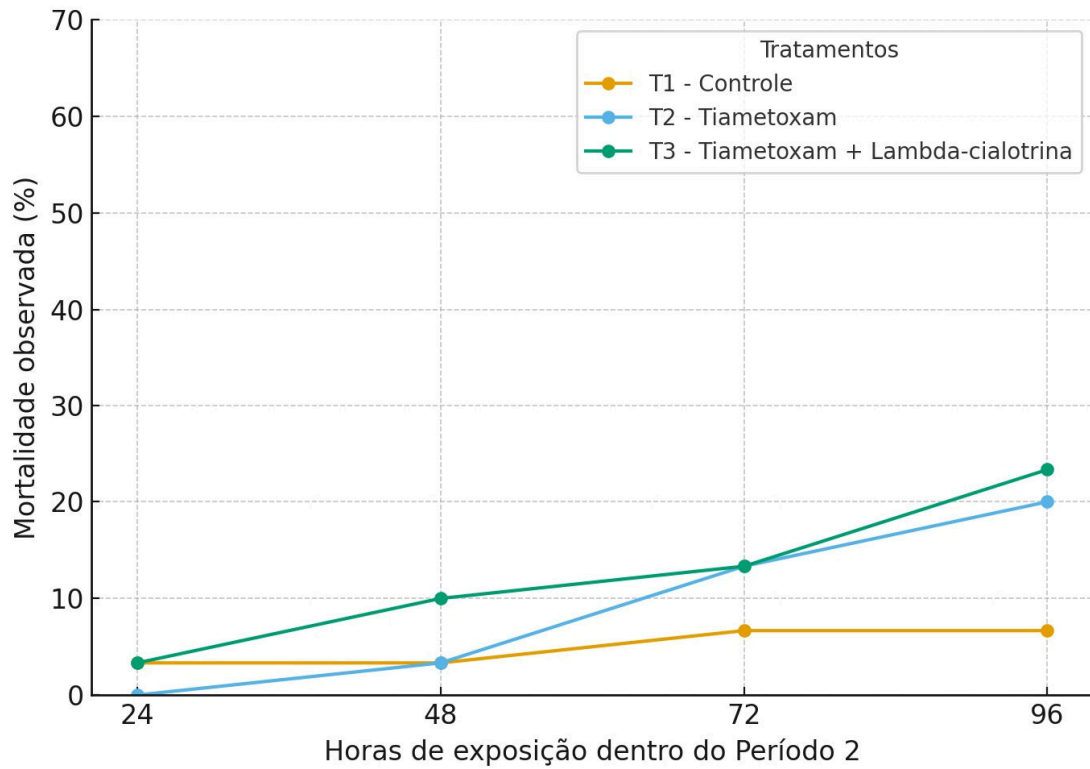
O comportamento da mortalidade ao longo das horas em cada período é apresentado nas Figuras 15 a 17. A mortalidade observada de *Dalbulus maidis* variou de acordo com o tratamento das sementes, o tempo de exposição e o período experimental. A mortalidade natural no tratamento controle (T1 - sementes sem inseticida) manteve-se baixa em todos os períodos, oscilando entre 3,33% e 6,67%, o que valida o uso da fórmula de Abbott para determinação da eficiência dos inseticidas (Figura 18).

Figura 15 - Mortalidade acumulada de *D. maidis* do quarto ao sétimo DAE



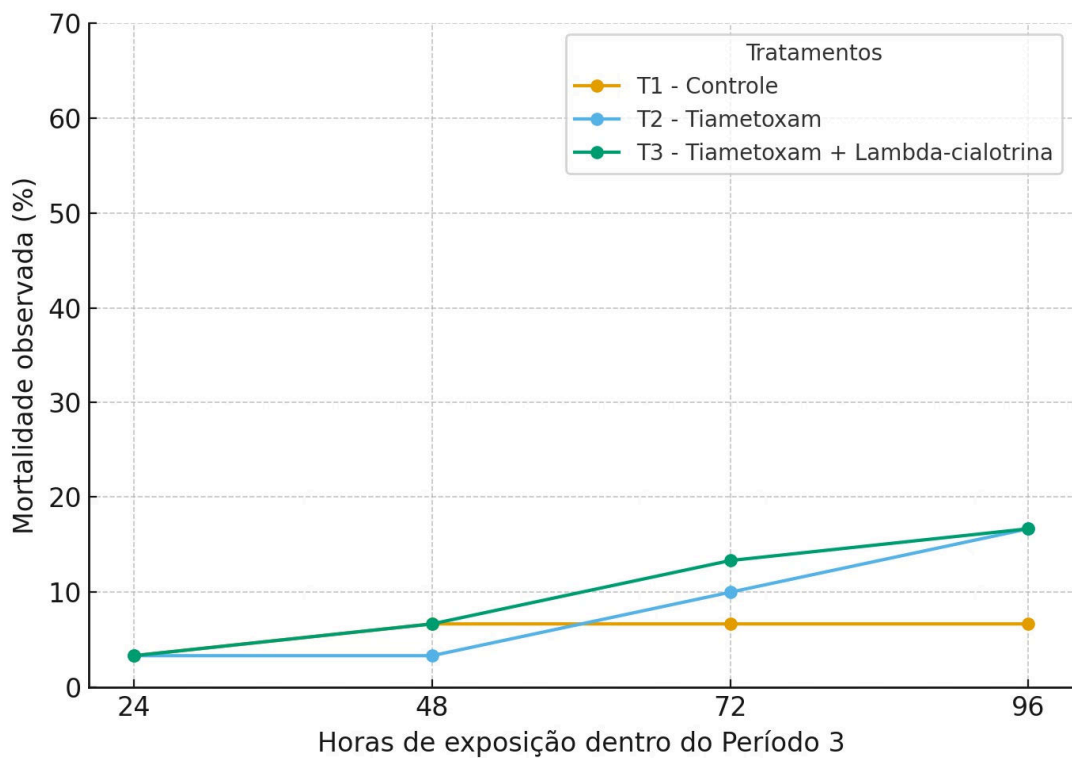
Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 16 - Mortalidade acumulada de *D. maidis* do oitavo a décimo primeiro DAE



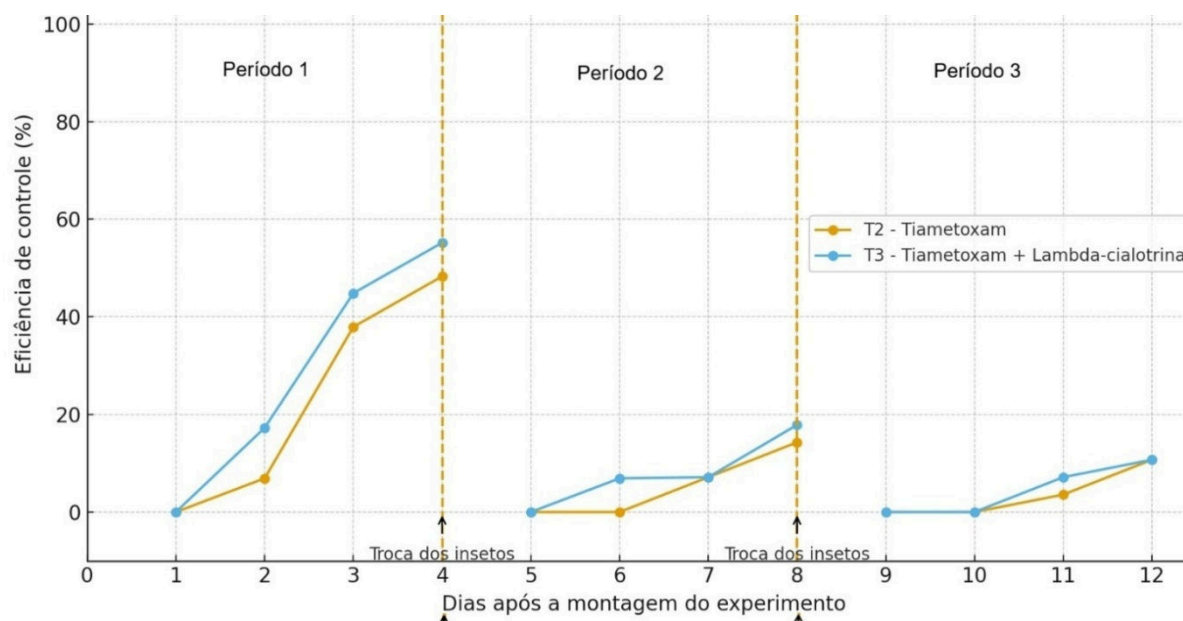
Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 17 - Mortalidade acumulada de *D. maidis* do décimo segundo a décimo quinto DAE



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 18 – Eficiência acumulada dos dois inseticidas de 0 a 12 dias de avaliação (substituição de insetos indicada pelas setas)



Fonte: elaboração própria (2025).

No primeiro período, as curvas tiametoxam se distanciam claramente do controle, com inclinações mais acentuadas e mortalidade final superior a 50%. Nos períodos 2 e 3, as curvas aproximam-se do controle, com eficiência baixa e diferença estatisticamente não detectável, indicando rápida redução da atividade residual dos inseticidas ao longo dos 12 dias de avaliação.

No Período 1 (quarto ao sétimo DAE), a mortalidade acumulada no controle permaneceu constante em 3,33% ao longo das 96 horas (Figura 15). Em contraste, nos tratamentos das sementes com inseticidas, a mortalidade aumentou de forma acentuada com o tempo de exposição. Com 96 horas, a mortalidade acumulada atingiu 50,0% para tiametoxam e 56,67% para tiametoxam + lambda-cialotrina, T2 e T3, respectivamente. A eficiência de controle variou, nesse período, de aproximadamente 38% a 48% para tiametoxam e de 45% a 56% para tiametoxam + lambda-cialotrina entre 72 e 96 horas, evidenciando elevada eficiência inseticida nas primeiras 96 horas após o início da exposição (Figura 18).

O GLM binomial ajustado para o Período 1 indicou efeito altamente significativo dos tratamentos sobre a mortalidade de *D. maidis* ($\chi^2_2 = 45,43$; $p < 0,0001$). O fator horário também foi significativo ($\chi^2_3 = 50,12$; $p < 0,0001$), confirmando o aumento progressivo da mortalidade ao longo das 96 horas.

No Período 2 (oitavo a décimo primeiro DAE), observou-se redução na

magnitude da mortalidade. Com 96 horas, a mortalidade acumulada foi de 6,67% no controle, 20,0% em tiametoxam e 23,33% em tiametoxam + lambda-cialotrina (Figura 16). A eficiência nesse período foi consideravelmente menor que no Período 1, atingindo valores máximos próximos de 14% para tiametoxam e 18% para tiametoxam + lambda-cialotrina em 96 horas (Figura 18). Embora a mortalidade ainda tenha aumentado com o tempo de exposição, o GLM indicou que o efeito de tratamento deixou de ser estatisticamente significativo quando comparado ao controle ($\chi^2_2 = 4,54$; $p = 0,10$), enquanto o efeito do horário permaneceu significativo ($\chi^2_3 = 14,44$; $p = 0,002$).

No Período 3 (décimo segundo a décimo quinto DAE), a diferença entre tratamentos foi ainda menos pronunciada. Às 96 horas, a mortalidade acumulada foi de 6,67% no controle e 16,67% nos dois tratamentos com inseticida (Figura 17). A eficiência dada pela mortalidade corrigida permaneceu baixa, com valores máximos em torno de 10–11%, indicando pouca ou nenhuma relevância prática da ação residual dos produtos nesse estágio (Figura 18). De acordo com o GLM, nem o efeito de tratamento ($\chi^2_2 = 1,49$; $p = 0,47$), nem o efeito de horário ($\chi^2_3 = 7,60$; $p = 0,055$) foram estatisticamente significativos no Período 3.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o tratamento de sementes com os inseticidas sistêmicos Cruiser® 600 FS (tiametoxam) e Cruiser® Opti (tiametoxam + lambda-cialotrina) promoveu aumento expressivo da mortalidade de *Dalbulus maidis* apenas no primeiro período de avaliação (quarto ao sétimo DAE), com eficiência superior a 45% após 96 horas de exposição. Nos períodos subsequentes (oitavo a décimo quinto DAE), a mortalidade dos insetos nos tratamentos não diferiu estatisticamente do controle, indicando queda acentuada da atividade residual dos produtos à medida que as plantas se desenvolveram.

Esse padrão é coerente com o comportamento esperado de inseticidas neonicotinoides aplicados via tratamento de sementes, cuja ação inicial é favorecida pela absorção radicular e translocação pelo xilema, mas cuja concentração nos tecidos tende a diminuir com o crescimento da planta e com processos de diluição e metabolização (Castilhos; Canale, 2025; Tomizawa; Casida, 2005; Oliveira; Sabato, 2017). Em trabalhos conduzidos com tiametoxam e outros neonicotinoides em milho, observa-se, de modo geral, alta eficácia inicial contra insetos sugadores, seguida de redução gradativa da mortalidade com o tempo de exposição e com o avanço do estágio fenológico (Oliveira *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2008; Albuquerque *et al.*, 2006; Castilhos; Canale, 2025).

A diluição dos inseticidas ocorre por conta do próprio crescimento da planta e é caracterizada pela redução da concentração do inseticida por aumento da biomassa e do volume de tecidos vegetais, propiciando ao inseto sugador menor ingestão de substâncias tóxicas, muitas vezes inferior à dose letal. Enquanto a metabolização do composto pela planta resulta em compostos diferentes, sem ação inseticida, o que diminui a fração do ingrediente ativo na forma biologicamente mais disponível para o inseto (Tomizawa; Casida, 2005; Oliveira; Sabato, 2017).

No presente trabalho, a maior mortalidade de *D. maidis* foi registrada no primeiro período, especialmente nos tratamentos contendo tiametoxam + lambda-cialotrina, o que corrobora o potencial desses produtos em proteger as plantas nos estádios iniciais da cultura, momento em que a infecção pelos mollicutes e vírus transmitidos pela cigarrinha é mais crítica (Oliveira; Sabato, 2017; Oliveira; Frizzas, 2021). A ligeira superioridade observada para o tratamento com piretroide associado

pode estar relacionada ao efeito de contato adicional da lambda-cialotrina, embora essa vantagem desapareça rapidamente, uma vez que piretroides apresentam baixa persistência em tecido vegetal (Syngenta, 2025b; Brasil, 2025).

Entretanto, mesmo no período em que os inseticidas apresentaram melhor desempenho, os valores de eficiência corrigida permaneceram abaixo do limiar considerado satisfatório com base nos princípios básicos de populações de insetos-praga. Esses tradicionalmente adotam a taxa de 80% como adequada para garantir a estabilidade da população de insetos-praga de ciclo curto e elevada taxa reprodutiva em cinco gerações seguidas (Knipling, 1979).

Seguindo a interpretação biológica de Khun *et al.* (2020), detalhada na subseção 3.3, apesar da diferença estatística observada no primeiro período, a eficiência inferior a 60% indica que o controle proporcionado pelos tratamentos, embora real, não atingiu o patamar considerado biologicamente adequado para proteção efetiva da planta. Essa interpretação reforça que a mortalidade obtida neste estudo deve ser entendida como parcial, insuficiente para evitar a recuperação populacional da cigarrinha ou a manutenção do potencial de transmissão dos patógenos.

Estudos em condições de viveiro e campo indicam que, mesmo quando o tratamento de sementes reduz a densidade de cigarrinhas e atrasa a manifestação de sintomas, a proteção raramente se estende por todo o período de suscetibilidade da cultura, tornando necessária a adoção de medidas complementares, como pulverizações foliares em momentos de maior risco ou a utilização de cultivares com algum nível de resistência (Oliveira *et al.*, 2008; Albuquerque *et al.*, 2006; Souza, 2023; Faria *et al.*, 2022).

Outro aspecto importante é que o controle químico, isoladamente, não garante a supressão da transmissão de mollicutes e vírus, uma vez que *D. maidis* pode realizar a inoculação mesmo durante o período que antecede sua morte, ainda que a alimentação seja parcialmente reduzida após o contato com o inseticida (Oliveira; Sabato, 2017; Ruegger, 2019). Assim, mesmo mortalidade relativamente elevadas, como observada no primeiro período deste estudo, não assegura, por si só, a prevenção de enfezamentos, caso o manejo não esteja inserido em um contexto de Manejo Integrado de Pragas (MIP) que inclua o controle de plantas voluntárias de milho, a redução da ponte verde, a escolha adequada da época de semeadura e o uso de genótipos menos suscetíveis (Oliveira; Frizzas; Oliveira, 2020; Foresti *et al.*,

2022; Souza, 2023).

Deve-se considerar, ainda, que a condição fisiológica das plantas durante o experimento pode ter influenciado parte dos resultados, pois, a partir do oitavo dia de confinamento (décimo primeiro DAE), observaram-se sintomas de desenvolvimento inadequado nas plantas, com folhas murchas e presença de fungos na base do colmo, situação atribuída à baixa ventilação interna das gaiolas e à ausência de luz natural no interior do laboratório. Essas condições podem ter alterado tanto a qualidade do hospedeiro quanto o microclima das gaiolas, afetando o comportamento alimentar da cigarrinha e, possivelmente, aumentando a mortalidade natural dos insetos (Ruegger, 2019). Assim, a ausência de diferença significativa entre tratamentos nos períodos 2 e 3 pode refletir não apenas a queda da concentração de inseticida nos tecidos vegetais, mas também esse estresse abiótico e biótico sobre as plantas.

Além dos fatores fisiológicos da planta e das características inerentes ao modo de ação dos inseticidas, aspectos relacionados ao comportamento ambiental do tiametoxam também podem ter contribuído para a menor eficiência observada. De acordo com Radolinski *et al.* (2019), o tiametoxam apresenta mobilidade muito alta no perfil do solo, deslocando-se tanto vertical quanto lateralmente, o que confere à molécula elevado potencial de lixiviação. Dessa forma, perdas do ingrediente ativo podem ter ocorrido em função da irrigação logo após a semeadura e nos períodos subsequentes, reduzindo a quantidade de inseticida disponível para absorção radicular pelas plantas.

Embora esses processos estejam bem documentados em solos agrícolas, ainda há escassez de informações específicas sobre o comportamento do tiametoxam em substratos, como o utilizado no presente estudo, o que dificulta a extrapolação direta desses resultados. Adicionalmente, Li *et al.* (2018) demonstraram que a degradação do tiametoxam no solo é lenta, com meia-vida variando entre 65 e 170 dias e pode ser intensificada em condições de maior teor de matéria orgânica, elevada umidade e pH mais alcalino. Portanto, a natureza e composição do próprio substrato é altamente favorável à degradação da molécula, reforçando que processos de redistribuição e dissipação ambiental da molécula podem influenciar diretamente a fixação e disponibilidade do ingrediente ativo para controle de insetos sugadores ao longo do tempo.

Apesar dessas limitações, os resultados são consistentes com a literatura ao indicar que a janela de proteção efetiva conferida pelo tratamento de sementes contra

D. maidis é relativamente curta, situando-se nos primeiros dias após a emergência, quando a planta ainda é jovem e a concentração de inseticida nos tecidos é mais elevada (Oliveira *et al.*, 2008; Oliveira; Sabato, 2017). Na prática, isso significa que, em áreas com histórico de alta pressão de cigarrinha e enfezamentos, o produtor não deve contar exclusivamente com o tratamento de sementes, mas sim planejar intervenções complementares (como pulverizações foliares direcionadas, manejo de plantas voluntárias e uso de híbridos mais tolerantes) dentro de um programa integrado de manejo (Silva *et al.*, 2019; Foresti *et al.*, 2022; Souza, 2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados aqui apresentados contribuem para refinar a compreensão sobre a persistência temporal de tiametoxam e lambda-cialotrina aplicados via semente em condições controladas, mostrando que a eficácia significativa no controle de *D. maidis* se restringe a até sete dias após o a emergência, com queda acentuada no período subsequente, confirmando que o efeito residual dos inseticidas tem uma rápida diminuição com o passar dos dias. Estudos futuros em condições de campo, com diferentes híbridos, densidades de infestação e condições ambientais, poderão complementar esses achados e auxiliar na definição de estratégias de manejo mais robustas, que combinem o tratamento de sementes com outras táticas de MIP para mitigar os impactos da cigarrinha-do-milho e dos enfezamentos na cultura do milho.

7 CONCLUSÕES

O tratamento de sementes apresentou ação inseticida relevante apenas nos quatro primeiros dias de avaliação;

Nos dias subsequentes, não foi constatada diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha;

Os dois inseticidas utilizados apresentaram eficiência similar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Mason, v. 18, n. 7, p. 265-267, 1925. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/2/265/785683>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- ADEGÁS, F. S.; GAZZIERO, D. L.; VOLL, E. **Interferência da infestação de plantas voluntárias no sistema de produção com a sucessão soja e milho safrinha**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Kr5WHX7yyzbf5XQrzjhXpKJ/?lang=pt>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- ALBUQUERQUE, F. A.; BORGES, L. M.; IACONOT, T. O.; CRUBELATI, N. C. S.; SINGER, A. C. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 15–25, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290952582_Eficiencia_de_Inseticidas_Aplicados_em_Tratamento_de_Sementes_e_em_Pulverizacao_no_Controle_de_Pragas_Iniciais_do_Milho. Acesso em: 21 nov. 2025.
- BALDIN, E. L. L.; MARCHI-WERLE, L.; PANNUTI, L. E. R.; LOURENÇÃO, A. L.; HENG MOSS, T. M.; HUNT, T. E. Evaluating categories of resistance in soybean genotypes from the United States and Brazil to *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae). **Florida Entomologist**, v.99, n.3. p. 487-495, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308869520_Evaluating_Categories_of_Resistance_in_Soybean_Genotypes_from_the_United_States_and_Brazil_to_Aphis_glycines_Hemiptera_Aphididae. Acesso em: 07 dez. 2025.
- BARRY, G. F.; KISHORE, G. M.; PADGETTE, S. R.; TAYLOR, M. L.; KOLACZ, K. H.; FINCHER, K. R.; HALLAS, L. E. **Glyphosate-tolerant 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthases**. Depositante: Monsanto Technology LLC. US n. 5,633,435. Depósito: 22 abr. 1993. Concessão: 27 maio 1997. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US5633435A>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- BECERRA-CHIRON, I. M.; MOYA-RAYGOZA, G.; MUÑOZ-URIAS, A. Effect of the oviposition period and age of the females of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in the emergence of egg parasitoids. **Florida Entomologist**, v. 103, n. 2, p. 210–217, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342849870_Effect_of_the_Oviposition_Period_and_Age_of_the_Females_of_Dalbulus_maidis_Hemiptera_Cicadellidae_in_the_Emergence_of_Egg_Parasitoids. Acesso em: 21 nov. 2025.
- BIAZOTTI, L. G. **Poder residual do tratamento de sementes de milho com neonicotinoides para controle de *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott)**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/20872>. Acesso em: 10 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitário**. DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2025. Disponível

em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 21 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC. **Exportação e importação municípios**. 2023. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/municipio/140489>. Acesso em: 21 nov. 2025.

CASTILHOS, R. V.; CANALE, M. C. Insecticides in maize seed treatment against *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae): greenhouse and field assessments. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 45, p. 2133–2141, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42690-025-01581-w>. Acesso em: 16 dez. 2025.

CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Milho variedade AL Bandeirante: características e recomendações técnicas**. Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes, Campinas, SP, 2025. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/cati-sm/nucleos-de-producao-de-sementes>. Acesso em: 21 nov. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 13, safra 2025/26, n. 2, segundo levantamento, nov. 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 21 nov. 2025.

DAVIS, R. Biology of the leafhopper *Dalbulus maidis* at selected temperatures. **Journal of Economic Entomology**, v. 59, n. 3, p. 759–766, 1966. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/59/3/766/2208449?redirectedFrom=full-text>. Acesso em: 21 nov. 2025.

DAVIS, V. M.; MARQUARDT, P. T.; JOHNSON, W. J. Volunteer corn in northern Indiana soybean correlates to glyphosate-resistant corn adoption. **Crop Management**, v. 7, n. 1, p. 1–2, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277375022_Volunteer_Corn_in_Northern_Indiana_Soybean_Correlates_to_Glyphosate-Resistant_Corn_Adoption. Acesso em: 21 nov. 2025.

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Epagri MOB: informações ambientais e monitoramento da cigarrinha-do-milho (Monitona Milho SC)**. Florianópolis: Epagri, 2025. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/solucoes/epagri-mob/>. Acesso em: 21 nov. 2025.

FARIA, R. D.; FANELA, T. L. M.; SARTORI, M. M. P.; LOPES, J. R. S.; LOURENÇÃO, A. L.; BALDIN, E. L. L. Evaluation of resistance of Bt and non-Bt maize genotypes to *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and associated mollicutes. **Phytoparasitica**, v. 50, n. 5, p. 997–1009, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12600-022-00999-z>. Acesso em: 21 nov. 2025.

FERNANDES, G. Conservación dinámica del maíz criollo por familias campesinas en Minas Gerais, Brasil. **Agrociencia Uruguay**, v. 26, n. 3, p. 1–12, 2022. Disponível em: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2730-50662022000503312&script=sci_abstract. Acesso em: 21 nov. 2025.

FISCHHOFF, D. A.; PERLAK, F. J.; ADANG, M. J. **Insect-resistant transgenic plants**. Depositante: Monsanto Company. WO1993/011331 A1. Depósito: 18 dez. 1991. Concessão: 10 jun. 1993. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/WO1993011331A1>. Acesso em: 21 nov. 2025.

FLORÊNCIO, M. C. F. L.; MELO, A. S. Exportações de milho do Brasil: o papel da taxa de câmbio. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 1–17, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360376245_Exportacoes_de_milho_do_Brasil_o_papel_da_taxa_de_cambio. Acesso em: 21 nov. 2025.

FORESTI, J.; PEREIRA, R. R.; SANTANA JR., P. A.; NEVES, T. N. C.; SILVA, P. R.; ROSSETO, J.; ISTCHUK, A. N.; ISHIZUKA, T. K.; HARTER, W.; SCHWERTNER, M. H.; PICANÇO, M. Spatial–temporal distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and factors affecting its abundance in Brazil corn. **Pest Management Science**, v. 78, n. 6, p. 2196–2203, 2022. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.6842>. Acesso em: 21 nov. 2025.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

HAIDER, I.; SUFYAN, M.; AKHTAR, M.; JALAL, M.; SAHI, S. T.; AKHTER, N.; NOMAN, A.; QASIM, M. Assessment of antixenosis and antibiosis levels in rice genotypes against *Sogatella furcifera* (Hemiptera: delphacidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 80, n. 2, p. 2-11, 2021. Disponível em: <https://www.re-dalyc.org/journal/3220/322066981002/html/>. Acesso em: 21 nov. 2025.

HEADY, S. E.; NAULT, L. R. Leafhopper egg microfilaments (Homoptera: Cicadellidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 77, p. 610–615, 1984. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233691508_Leafhopper_Egg_Microfilaments_Homoptera_Cicadellidae. Acesso em: 21 nov. 2025.

JONES, T. K. L.; MEDINA, R. F.; BERNAL, J. S. Effects of phloem-feeding pest *Dalbulus maidis* on morphological expression of drought-tolerant traits in maize. **Stresses**, v. 2, p. 322–335, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363226636_Effects_of_Phloem-Feeding_Pest_Dalbulus_maidis_on_Morphological_Expression_of_Drought-Tolerant_Traits_in_Maize. Acesso em: 21 nov. 2025.

KHUN, K. K.; WILSON, B.; STEVENS, M.; HUWER, R.; ASH, G. Integration of entomopathogenic fungi into IPM programs: studies involving weevils (Coleoptera: Curculionoidea) affecting horticultural crops. **Insects**, Basel, v. 11, n. 10, p. 659, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344394091_Integration_of_Entomopathogenic_Fungi_into_IPM_Programs_Studies_Involving>Weevils_Coleoptera_Curculionoidea_Affecting_Horticultural_Crops. Acesso em: 22 nov. 2025.

KNIPLING, E. F. 1979. **The basic principles of insect population suppression management**. U.S.D.A. Agric. Handbook No. 512. 659 pp. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uiug.30112019255980&seq=1>. Acesso em: 08 dez. 2025.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991.

LI, Y.; SU, P.; LI, Y.; WEN, K.; BI, G.; COX, M. Adsorption-desorption and degradation of insecticides clothianidin and thiamethoxam in agricultural soils. *Chemosphere*, v. 207, p. 708-714, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.139>. Acesso em: 16 dez. 2025.

LIMÃO, M. A. R.; LOPES, K. P.; VIEIRA, H.; LINS, M.V.; SANTOS, A. S. Importância da preservação das sementes crioulas de Milho (*Zea mays* L.) e a importância atrelada aos atributos de qualidade de sementes. *Meio Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 034-041, 2019. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/announcement/view/16>. Acesso em: 07 dez. 2025.

LOPES, R. B.; FARIA, M.; OLIVEIRA, C. M. Susceptibility of *Dalbulus maidis* to insect-pathogenic fungi: unveiling the protective role of brochosomes and self-cleaning behavior. *Journal of Pest Science*, v. 98, p. 759–768, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/382880718_Susceptibility_of_Dalbulus_maidis_to_insect-pathogenic_fungi_unveiling_the_protective_role_of_brochosomes_and_self-cleaning_behavior. Acesso em: 21 nov. 2025.

LOPES, J. R. S.; OLIVEIRA, C. M. Vetores de vírus e mollicutes em milho em milho. *In: Oliveira, E.; Oliveira, C. M. Doenças em milho: mollicutes, vírus, vetores, mancha por Phaeosphaeria*. Embrapa Milho e Sorgo, p. 35-60, 2004. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1069468/1/Doencas-em-milho-insetos-vetores-e-mollicutes>. Acesso em: 01 nov. 2025.

MACHADO, J. da C.; WAQUIL, J. M.; SANTOS, J. P. dos; REICHENBACH, J. W. **Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 76-87, maio/jun. 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/489541/tratamento-de-sementes-no-controle-de-fitopatogenos-e-pragas>. Acesso em: 21 nov. 2025.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/490408/fisiologia-da-producao-de-milho>. Acesso em: 21 nov. 2025.

MARQUARDT, P. T.; TERRY, M. R.; JOHNSON, W. G. The impact of volunteer corn on crop yields and insect resistance management strategies. *Agronomy*, v. 3, p. 488–496, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269513787_The_Impact_of_Volunteer_Corn_on_Crop_Yields_and_Insect_Resistance_Management_Strategies. Acesso em: 22 out. 2025

MENTEN, J.O.M. Tratamento de sementes com inseticidas. *In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PATOLOGIA DE SEMENTES*, 2. 1991. Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba: ESALQ/USP, p. 278-279, 1991. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000811306>. Acesso em: 22 out. 2025.

NAULT, L. R. Arthropod Transmission of Plant Viruses: a New Synthesis, *Annals of the Entomological Society of America*, v. 90, n. 5, 1997, p. 521–541. Disponível em: <https://academic.oup.com/aesa/article-abstract/90/5/521/32971?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 28 out. 2025.

NAULT, L. R. *Dalbulus maidis* identification, biology, ecology and pest status. In: CASELA, C.; RENFRO, R.; KRATTIGER, A. F. (org.). **Diagnosing Maize Diseases in Latin America**. Ithaca, NY; Brasília: ISAAA Briefs, 1998. p. 18–21. Disponível em: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/09/default.html>. Acesso em: 21 nov. 2025.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2344614>. Acesso em 08 dez. 2025.

OLIVEIRA, E. de; CARVALHO, R.V.; DUARTE, A.P.; ANDRADE, R.A.; RESENDE, R.O.; OLIVEIRA, C.M. de; RECCO, P.C. Molicutes e vírus em milho na safrinha e na safra de verão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.38-46, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237480538_Molicutes_e_Virus_em_Milho_na_Safrinha_e_na_Safra_de_Verao. Acesso em: 21 nov. 2025.

OLIVEIRA, C. M. De; OLIVEIRA, E.; CANUTO, M.; CRUZ, I. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por molicutes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 42, n. 3, p.2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/zqgfQVsR5C8MRQtkWLCXBdD/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 18 de nov. 2025.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazil: what we know and what we need to know. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 1, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-021-00932-9>. Acesso em: 21 nov. 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, n. 4, p. 1105–1111, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341676368_Overwintering_plants_for_Dalbulus_maidis_DeLong_and_Wolcott_Hemiptera_Cicadellidae_adults_during_the_maize_off-season_in_central_Brazil. Acesso em: 21 nov. 2025.

OLIVEIRA, C. M. de; SABATO, E. de O. (Ed.). **Doenças em milho: insetos-vetores, molicutes e vírus**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 278 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069468/doencas-em-milho-insetos-vetores-molicutes-e-virus>. Acesso em: 21 nov. 2025.

OLIVEIRA, C. M.; OLIVEIRA, E.; CANUTO, M.; CRUZ, I. Eficiência de inseticidas em tratamento de sementes de milho no controle da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) em viveiro telado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 231–235, fev. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/FqZ8Q7BmmBF9MjZ3Yv9nKzD/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 13 out. 2025.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M.; SOUZA, I. R. P.; MAGALHÃES, P. C.; CRUZ, I. Enfezamentos em milho: expressão de sintomas foliares, detecção dos mollicutes e interação com genótipos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 1, p. 53–62, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237598586_Enfezamentos_em_Milho_Expressao_de_Sintomas_Foliares_Deteccao_dos_Mollicutes_e_Interacoes_com_Genotipos. Acesso em: 13 out. 2025.

PANDA, N.; KHUSH, G.S. **Host plant resistance to insects**. CAB internacional, Wallingford. Oxon: CAB Internacional, 1995. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65ddc6e70f3e94b9e5c4a04d>. Acesso em: 07 dez. 2025.

PETTER, F. A.; SIMA, V. M.; FRAPORTI, M. B.; PEREIRA, C. S.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. F. Volunteer RR® corn management in Roundup Ready® soybean–corn succession system. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 119–128, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/ZzqY7KVzD5mg3dHL68x5pnN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 out. 2025.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2024. Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 13 out. 2025.

RADOLINSKI, J.; WU, J.; XIA, K.; HESSION, W. C.; STEWART, R. D. Plants mediate precipitation-driven transport of a neonicotinoid pesticide. **Chemosphere**, v. 222, p.445-452, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519301663?via%3Dihub>. Acesso em: 16 dez. 2025

RAKITOV, Roman. What are brochosomes for? An enigma of leafhoppers (Hemiptera, Cicadellidae). **Denisia**, Linz, v. 4, p. 411–432, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286232445_What_are_brochosomes_for_An_enigma_of_leafhoppers_Hemiptera_Cicadellidae. Acesso em: 13 dez. 2025.

REDOAN, A. C. M.; MARQUES, V. M.; PEREIRA, P. S.; de OLIVEIRA, I.R.; SILVA-ARAÚJO, D.D.; COTA, L.V.; FADINI, M. A. M.; OLIVEIRA, C. M.; RAFAEL, D. D.; MENDES, S. What's the Relationship Between Efficacy of Seed Treatment with Insecticides Against *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) Healthy and Infected with Spiroplasma in the Corn Stunt Control? **Insects**, 2025, 16, 713. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects16070713>. Acesso em: 12 nov. 2025.

RUEGGER, D. G. **Efeito de inseticidas sobre duas populações da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/003171602>. Acesso em: 13 out. 2025.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; BARROS, B. A.; OLIVEIRA, C. M. Differential transmission of phytoplasma and spiroplasma to maize caused by variation in the environmental temperature in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 157, n. 1, p.

163–171, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341221041_Differential_transmission_of_phytoplasma_and_spiroplasma_to_maize_caused_by_variation_in_the_environmental_temperature_in_Brazil. Acesso em: 13 out. 2025.

SÁNCHEZ-REINOSO, I.; JARAMILLO-BARRIOS, C. I.; MONJE-ANDRADE, B.; RAMÍREZ-GODOY, A.; BERDUGO, A. M. V. Morphological variations and abundance of populations of the leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae) from the corn-producing region of Huila, Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 3, p. 343–354, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360660835_Morphological_variations_and_abundance_of_populations_of_the_leafhopper_Dalbulus_maidis_DeLong_Hemiptera_Cicadellidae_from_the_corn-producing_region_of_Huila_Colombia. Acesso em: 21 nov. 2025.

SANTANA, P.A.; KUMAR, L.; da SILVA, R.S.; PEREIRA, J.L.; PICANÇO, M.C. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. **Pest Management Science**, v. 75, n. 10, p. 2706–2715, 2019. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.5379>. Acesso em: 13 out. 2025.

SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; MEIRELLES, W. F.; SOUZA, I. R. P. de; AGUIAR, F. M.; OLIVEIRA, I. R. de; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. **Problemas fitossanitários ocorridos em lavouras de milho na região de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Paraná, na safra 2018/2019 e safrinha 2019**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 23 p. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1110070>. Acesso em: 21 nov. 2025.

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 1–9, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349928037_Caracteristicas_morfologicas_melhoramento_genetico_e_densidade_de_plantio_das_culturas_do_sorgo_e_do_milho_uma_revisao. Acesso em: 13 out. 2025.

SMITH, C. M. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Springer Science & Business Media, Manhattan: Springer Dordrecht, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287234503_Plant_Resistance_to_Arthropods_Molecular_and_Conventional_Approaches. Acesso em: 07 dez. 2025.

SOUZA, Ruana Regina Negrão de. **Avaliação da resistência de variedades de milho a *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Câmpus Araras, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/19120>. Acesso em: 13 set. 2025.

SOUZA, W. C. L.; SILVA, L. G.; SILVA, L. E. B.; SILVA, R. L. V.; LIMA, R. L. L. C.; BRITO, D. R. Aspectos comparativos entre milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum*

bicolor L. Moench): diferenças e semelhanças. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2337-2357, 2020. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/891. Acesso em: 20 nov. 2025.

SOUZA, D. A.; OLIVEIRA, C.M.; TAMAI, M.A.; FARIA, M.; LOPES, R.B. First report on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in populations of the leafhopper *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae): pathogen identifications and their incidence in maize crops. **Fungal Biology**, v. 125, n. 12, p. 980–988, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354061228_First_report_on_the_natural_occurrence_of_entomopathogenic_fungi_in_populations_of_the_leafhopper_Dalbulus_maidis_Homoptera_Cicadellidae_Pathogen_identifications_and_their_incidence_in_maize_crops. Acesso em: 20 nov. 2025.

SYNGENTA. **Cruiser® 600 FS**: inseticida sistêmico para tratamento de sementes. Syngenta Proteção de Cultivos, 2025a. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/cruiser-600-fs>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SYNGENTA. **Cruiser® Opti**: inseticida para tratamento de sementes de milho e soja. Syngenta Proteção de Cultivos, 2025b. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/inseticida/cruiser-opti>. Acesso em: 20 nov. 2025.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, v. 45, p. 247-268, 2005. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.pharmtox.45.120403.095930>. Acesso em: 21 nov. 2025.

TOOKER, J.F., PEARSONS, K.A., 2021. Newer characters, same story: neonicotinoid insecticides disrupt food webs through direct and indirect effects. **Current Opinion in Insect Science**. 46, 50–56. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214574521000213?via%3Dihub>. Acesso em: 21 nov. 2025.

TORRES, F. Z. V.; RIGITANO, R. L. de O. Translocação do inseticida tiametoxam no floema de mamoneiras, utilizadas como plantas-modelo. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 22, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/30797>. Acesso em: 16 dez. 2025.

TSAI, J. H. Bionomics of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott), a vector of mollicutes and virus (Homoptera: Cicadellidae). In: MARAMOROSCH, K.; RAYCHAUDHURI, S. P. (org.). **Mycoplasma Diseases of Crops: Basic and Applied Aspects**. New York: Springer-Verlag, 1988. p. 209–221. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-3808-9_12. Acesso em: 21 nov. 2025.

TRIPLEHORN, B. W.; NAULT, L. R. Phylogenetic classification of the genus *Dalbulus* (Homoptera: Cicadellidae), and notes on the phylogeny of the Macrostelini. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 78, n. 3, p. 291–315, 1985. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233544635_Phylogenetic_Classification_of_the_Genus_Dalbulus_Homoptera_Cicadellidae_and_Notes_on_the_Phylogeny_of_the_Macrostelini. Acesso em: 21 nov. 2025.

WANDER, A. E.; CUNHA, G. H. de. A concentração no mercado mundial de milho: evidências empíricas. Revista Baru: **Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 8, p. 9, 2022. Disponível em: <https://revistabaru.ufg.br/index.php/revista-baru/article/view/119>. Acesso em: 21 nov. 2025.

WAQUIL, J. M. **Cigarrinha-do-milho**: vetor de mollicutes e vírus. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 6 p. (Circular Técnica, 41). Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767891/cigarrinha-do-milho-vetor-de-mollicutes-e-virus.pdf/17d847e1-e4f1-4000-9d4f-7b7a0c720fd0>. Acesso em: 21 nov. 2025.