

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE  
AGRONOMIA

Arthur Falchetti  
Henrique Grasel Zimmermann

**TOXICIDADE E EFETIVIDADE DE BIOPESTICIDAS PARA O MANEJO DE**  
*Frankliniella williamsi* **EM MILHO**

São Miguel do Oeste – SC (2025)

Arthur Falchetti  
Henrique Grasel Zimmermann

**TOXICIDADE E EFETIVIDADE DE BIOPESTICIDAS PARA O MANEJO DE**  
*Frankliniella williamsi* **EM MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Bacharelado em Agronomia do  
Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto  
Federal de Santa Catarina como requisito  
parcial à obtenção do título de **Engenheiro**  
**Agrônomo**

Orientador:

Prof. Dr. Odimar Zanuzo Zanardi

Coorientadora:

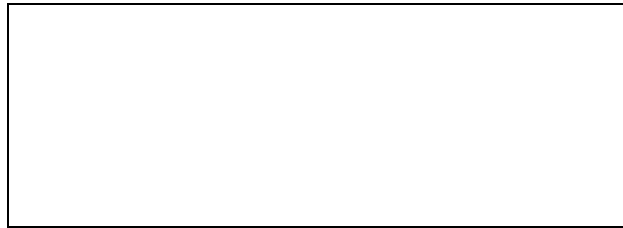
Prof. Dra. Aquidauana Miqueloto Zanardi

São Miguel do Oeste

Arthur Falchetti  
Henrique Grasel Zimmermann

**TOXICIDADE E EFETIVIDADE DE BIOPESTICIDAS PARA O MANEJO DE**  
*Frankliniella williamsi* **EM MILHO**

Este trabalho foi aprovado pela Banca examinadora composta por (Odimar Zanuzo Zanardi, Douglas Antonio Rogeri e Francieli Lima Cardoso) na data (13/08/2025), cujas notas e assinaturas constam em Ata de Defesa. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.



Prof. Dr. Odimar Zanuzo Zanardi  
Instituto Federal Santa Catarina - Câmpus São Miguel do Oeste

## RESUMO

O tripses-do-milho *Frankliniella williamsi* Hood (Thysanoptera: Thripidae) tem sido uma das pragas iniciais mais importantes na cultura do milho, devido aos danos diretos (raspagem das células epidérmicas e ingestão do conteúdo celular extravasado) e indiretos (vetor do vírus *Maize chlorotic mottle virus* – MCMV) que afetam o normal crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura. O manejo deste inseto tem sido realizado basicamente com pulverizações de inseticidas sintéticos de amplo espectro, resultando em problemas de contaminação do homem e do ambiente, mortalidade dos inimigos naturais, surtos de pragas secundárias e seleção de populações resistentes, o que aumenta os custos de produção e reduz a eficiência da técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema. Neste sentido, biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram podem constituir importantes alternativas para o manejo de *F. williamsi* nos sistemas de produção de milho. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a toxicidade aguda, a persistência biológica e a bioefetividade dos biopesticidas à base de oximatrine (Matrine® 0.2 SL) e espinetoram (Exalt® 120 SC) para o manejo populacional de *F. williamsi* na cultura do milho. Para isso, testes de toxicidade aguda foram realizados em condições laboratoriais usando adultos de *F. williamsi* expostos ao contato residual de seis concentrações dos biopesticidas aplicados sobre a face abaxial de discos (3,5 cm de diâmetro) de folhas de milho. Além disso, testes de persistência biológica e de eficácia dos biopesticidas foram realizados em casa de vegetação e em lavoura comercial de milho, respectivamente. Para esses testes, os biopesticidas foram testados na CL<sub>90</sub> estimada nos testes de toxicidade aguda e comparados com o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno™ S – controle positivo). Em todos os testes, água destilada foi utilizada como controle negativo. Os resultados mostraram que os biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram proporcionaram alta toxicidade aguda (CL<sub>90</sub> = 6,3 mg L<sup>-1</sup> de oximatrine e CL<sub>90</sub> = 19,6 mg L<sup>-1</sup> de espinetoram) para adultos de *F. williamsi*, 96 horas após exposição residual dos insetos aos produtos. Apesar da alta toxicidade aguda, o biopesticida à base de oximatrine apresentou menor persistência biológica (mortalidade > 25% até 3 dias após a aplicação – DAA) quando comparado ao biopesticida à base de espinetoram (mortalidade >45% aos 7DAA) e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (mortalidade >52% aos 7DAA). No entanto, em campo, os biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram apresentaram eficácia similar ao inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina. Portanto, os biopesticidas à base de oximatrine (Matrine® 0.2 SL) e espinetoram (Exalt® 120 SC) constituem importantes alternativas para o manejo de *F. williamsi* nos cultivos de milho.

**Palavras-chave:** Tripses; toxicidade aguda; persistência biológica; eficácia de controle; manejo integrado de pragas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	5
2. OBJETIVOS .....	6
2.1. Objetivo geral.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
4.1. Insetos .....	11
4.2. Caracterização dos biopesticidas .....	11
4.3. Bioensaios .....	12
4.4. Toxicidade aguda dos biopesticidas sobre adultos de <i>F. williamsi</i> .....	12
4.5. Persistência biológica de biopesticidas sobre adultos de <i>F. williamsi</i> .....	13
4.6. Eficácia de biopesticidas para o manejo de <i>F. williamsi</i> em milho .....	14
4.7. Delineamento experimental e análise dos dados.....	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
6. CONCLUSÕES.....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o milho [*Zea mays* L. (Poales: Poaceae)] emergiu como a principal cultura agrícola global, alcançando a posição de destaque por ser a única cultura a ultrapassar 1,22 bilhão de toneladas de grãos produzidos na safra 2024/2025 (USDA, 2025). No Brasil, o milho representa um dos principais cereais cultivados em mais de dois milhões de propriedades agropecuárias. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento, na safra 2024/2025, o Brasil produziu 128,2 milhões de toneladas de milho em uma área de aproximadamente 21,1 milhões de hectares (CONAB, 2025). Apesar da importância e do grande potencial produtivo, projeções iniciais apontam uma diminuição na produção mundial de milho. Tal característica é atribuída principalmente à redução na produção brasileira em função da desvalorização dessa commodity no mercado internacional e dos preços praticados no mercado interno, da diminuição dos investimentos na cultura, das condições ambientais desfavoráveis e da incidência de doenças e pragas que impactam o crescimento, desenvolvimento e a produtividade da cultura (GIEHL, 2024). Entre as pragas, o tripes-do-milho [*Frankliniella williamsi* Hood (Thysanoptera: Thripidae)] tem sido uma das mais frequentes, abundantes e prejudiciais às plântulas/plantas de milho, causando danos diretos (raspagem das células epidérmicas das folhas durante a alimentação, despigmentação, prateamento, formação de pontos escuros de excrementos e deformações foliares) e indiretos (vetor de vírus, especialmente *Maize chlorotic mottle virus* – MCMV) às plantas de milho (WORDELL-FILHO et al., 2016; CASTRO, 2020). Os maiores níveis populacionais deste inseto têm sido observados nos períodos mais secos ou na ocorrência de estiagens, o que requer medidas de manejo para reduzir os níveis populacionais e os danos causados pela praga às plantas de milho (CASTRO, 2020).

No Brasil, o manejo populacional deste inseto tem sido realizado basicamente com a aplicação isolada ou em mistura de inseticidas sintéticos sistêmicos/contato em cobertura. No entanto, a eficácia desses inseticidas tem sido bastante variável devido a escolha inadequada do produto, a forma de aplicação, o modo e o mecanismo de ação dos ingredientes ativos, os níveis de infestação da praga, as condições ambientais e a tecnologia de aplicação dos produtos utilizadas pelos produtores (ALBUQUERQUE et al., 2006a; ÁVILA, 2007) Apesar de ser a ferramenta mais utilizada pelos produtores, o uso desses produtos tem causado problemas de contaminação dos aplicadores e do ambiente, mortalidade dos inimigos naturais que atuam no controle biológico do tripes e de outras pragas que atacam a cultura do milho (DESNEUX et

al., 2007). Além disso, o constante uso desses inseticidas pode favorecer a ocorrência de surtos de pragas secundárias (DUTCHER, 2007; GUEDES et al., 2016) e acelerar o processo de seleção de população do tripses resistentes aos principais ingredientes ativos utilizados para seu controle (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977), os quais aumentam os custos de produção e reduzem a eficácia da técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema (CROFT, 1999; ZANARDI et al., 2015).

Diante deste cenário e da crescente demanda da sociedade por produtos produzidos em ambientes mais sustentáveis, o uso de derivados botânicos e/ou de metabólitos secundários de microrganismos de solo (biopesticidas) tem sido uma alternativa importante para o manejo racional de pragas nos agroecossistemas (MARANGONI et al., 2012; ISMAN, 2020; SAMADA; TAMBUNAN, 2020). Entre os biopesticidas, oximatrine [um alcaloide quinolizidínico abundantemente encontrados em plantas de *Sophora flavescens* (Kushen) (Fabales: Fabaceae)] e espinetoram [uma espinosina derivada da actinobactéria de solo *Saccharopolyspora spinosa* (Pseudonocardiales: Pseudonocardiaceae)] têm demonstrado alta atividade inseticida contra pragas agrícolas (YANG; ZHAO, 2006; MAO; HENDERSON, 2007; WATSON et al., 2010; ZANARDI et al., 2015; ALI et al., 2017; ANDRADE et al., 2019; ANDRADE et al., 2020; SAVI et al., 2021) e baixa toxicidade contra organismos não alvo (ZHANG et al., 2019; TENGFEI et al., 2022). Apesar do grande potencial inseticida desses biopesticidas, não há estudos que reportam os níveis de toxicidade e de efetividade dessas formulações comerciais sobre *F. williamsi*, um dos principais insetos praga que infestam as lavouras de milho no Brasil.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a toxicidade e a efetividade de biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram para o manejo do tripses *F. williamsi* na cultura do milho.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar, em condições laboratoriais, os níveis de toxicidade aguda dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram sobre adultos do tripses *F. williamsi*.

- Verificar, em condições semicampo, a persistência biológica dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram sobre adultos do tripses *F. williamsi*.
- Verificar, em condições de campo, a efetividade dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram nos níveis populacionais do tripses *F. williamsi*.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

No decorrer das últimas décadas, o milho [*Zea mays* L. (Poales: Poaceae)] alcançou a posição de destaque como a única cultura a atingir a marca de 1,22 bilhão de toneladas de grãos produzidos na safra 2024/2025, ultrapassando o arroz e o trigo (USDA, 2025). Concomitantemente à sua importância em termos de produção, o milho é utilizado como matéria prima parcial ou total de 3.500 produtos e subprodutos destinados a alimentação humana e animal, produção de energia (biocombustíveis), bebidas, polímeros etc. (MIRANDA, 2018). No Brasil, o milho é um dos principais cereais cultivados em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários de todas as regiões do país (CONTINI et al., 2019). No entanto, nas últimas décadas, a cultura passou por profundas transformações, com destaque para a redução da cultura de subsistência em pequenas propriedades agrícolas para o aumento do seu papel em uma agricultura comercial eficiente, com deslocamento geográfico e temporal da produção. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, na safra 2024/2025, o Brasil produziu 128,2 milhões de toneladas de milho em uma área de aproximadamente 21,1 milhões de hectares (CONAB, 2025), colocando o país como o terceiro maior produtor mundial deste cereal, atrás apenas dos Estados Unidos (produção de 377,6 milhões de toneladas) e da China (produção de 294,9 milhões de toneladas) (USDA, 2025).

Além da expressiva produção, na safra 2022/2023, o Brasil foi considerado um dos principais exportadores deste cereal (55.000 toneladas), enquanto as importações foram substancialmente menores (cerca de 1.700 toneladas) (USDA, 2024). Contudo, estimativas iniciais indicam uma redução na produção global de milho devido, principalmente, a menor produção brasileira ocasionada pela redução acentuada dos preços pagos aos produtores (USITC, 2016), redução dos investimentos na cultura, condições ambientais regionais desfavoráveis e ocorrência de doenças e pragas que limitam o normal crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura (GIEHL, 2024). Dentre as pragas, o besouro [*Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae)], o complexo de lagartas incluindo

a lagarta-do-cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)], a lagarta-da-espiga [*Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae)], a lagarta-do-velho-mundo [*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)], a lagarta-elasma [*Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)] e a lagarta-rosca [*Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae)] e de insetos sugadores como os percevejos-barrigas-verdes [*Diceraeus furcatus* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Diceraeus melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae)], o percevejo-marrom [*Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae)], o pulgão-do-milho [*Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Hemiptera: Aphididae)], a cigarrinha-do-milho [*Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae)] e os tripses [*Anaplothrips obscurus* (Muller), *Frankliniella fusca* (Hinds), *Frankliniella tenuicornis* (Uzel) e *Frankliniella williamsi* Hood (Thysanoptera: Thripidae)] tem sido as mais frequentes, abundantes e as que causam os maiores prejuízos nos sistemas de produção de milho (WORDELL-FILHO et al., 2016; CASTRO, 2020).

Das espécies de tripses que infestam as plantas de milho, o tripses-do-milho *F. williamsi* era considerado uma espécie de ocorrência esporádica e de importância secundária para a cultura. No entanto, nos últimos anos, a incidência desse inseto tem aumentado consideravelmente, exigindo a adoção de medidas de controle para reduzir os níveis populacionais e os prejuízos causados às plantas de milho nas principais regiões produtoras do Brasil (CASTRO, 2020). O tripses-do-milho caracteriza-se por apresentar tamanho pequeno (cerca de 2 mm de comprimento), de cor amarelada, ápteros (fase jovem) e com asas franjadas (adultos), aparelho bucal sugador labial triquetra (MOUND; MORRIS, 2007; ÁVILA, 2015) com ampla distribuição nas Américas e Austrália (CRUZ et al., 2012; O'DONNELL1; MOUND, 2016). As fêmeas de *F. williamsi* depositam seus ovos endofiticamente nos tecidos das plantas. O ciclo biológico (ovo-adulto) do inseto é de aproximadamente 16,4 dias com períodos de incubação, ninfal, “pré-pupa” e “pupa” de 5,1, 8,6, 1,0 e 4,4 dias, respectivamente (GRANADOS-REYNAUD, 1970). No Brasil, *F. williamsi* ocorre preferencialmente nas plantas de milho durante os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, mantendo-se por no máximo até o estágio fenológico V8 (plantas de milho com oito folhas completamente desenvolvidas), onde se observa inicialmente uma raspagem das células epidérmicas das folhas decorrentes do processo de alimentação do inseto que, posteriormente, resulta em uma clorose prateada ou esbranquiçada com pontos pardo-enegrecidos (deposição de excreções fecais) e deformações foliares (ALBUQUERQUE et al., 2006a; ALBUQUERQUE et al., 2006b). Em plantas desenvolvidas, a injúria do inseto se concentra na base do limbo foliar, sem efeito

aparente sobre o rendimento de grãos (ALBUQUERQUE et al., 2006a). Além dos danos diretos, *F. williamsi* pode atuar como vetor do vírus *Maize chlorotic mottle virus* – MCMV, causando clorose e prejuízos a cultura do milho (CABANAS et al., 2013). No Brasil, os maiores níveis populacionais e prejuízos causados pelo inseto são observados nos períodos mais secos ou de estiagem, onde prevalecem as condições de baixa umidade relativa e temperaturas mais elevadas (CRUZ et al., 2012; ÁVILA, 2015).

No Brasil, o manejo de *F. williamsi* em milho tem sido realizado com base na diversificação vegetal (consórcio de plantas) visando o aumento/manutenção dos inimigos naturais nas áreas de cultivo (MANANDHAR; WRIGHT, 2016; FONSECA et al., 2017), semeaduras concentradas e dentro do período ideal de semeadura, rotação de culturas e, principalmente, com a utilização de inseticidas sintéticos sistêmicos [em especial aqueles pertencentes aos grupos dos neonicotinoides (imidacloprido, tiametoxan e clotianidina) e antranilamida (ciantraniliprole)] em tratamento de sementes (CRUZ et al., 2012) e/ou pulverizações pós-emergentes de neonicotinoides de forma isolada e/ou em associação com piretroides (lambda-cialotrina e bifentrina) ou metilcarbamato de oxima (tiodicarbe) (ÁVILA, 2015; AGROFIT, 2025). Embora o controle químico seja a principal tática de manejo adotadas pelos produtores para supressão populacional da praga no Brasil, a efetividade desses inseticidas tem sido bastante variável, dependendo da molécula, da modalidade de aplicação, do modo e do mecanismo de ação dos ingredientes ativos, dos níveis de infestação da praga, das condições edafoclimáticas no momento da aplicação e da tecnologia de aplicação utilizada pelos produtores (ALBUQUERQUE et al., 2006b; ÁVILA, 2007). Além disso, o sucessivo uso de inseticidas tem resultado em falhas no manejo da praga em função da menor efetividade dos inimigos naturais que atuam no controle biológico do tripes e de outras pragas que infestam as plantas de milho (DESNEUX et al., 2007), da ocorrência de surtos populacionais de pragas secundárias (DUTCHER, 2007; GUEDES et al., 2016) e da pressão de seleção que estimula a sobrevivência/reprodução de espécimes resistentes aos principais ingredientes ativos utilizados para o manejo da praga (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977), o que aumenta os custos de produção e reduz a eficácia da técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema (CROFT, 1990; ZANARDI et al., 2015).

Diante deste cenário e da crescente demanda da sociedade por produtos produzidos em ambientes mais sustentáveis, o uso de extratos brutos, frações e/ou formulações comerciais de pesticidas de origem botânica e/ou de metabólitos secundários de microrganismos (também conhecidos como biopesticidas) tem sido uma ferramenta importante para o manejo

populacional de artrópodes praga de diferentes hábitos alimentares e sistemas de cultivo (MARANGONI et al., 2012; ISMAN, 2020; SAMADA; TAMBUNAN, 2020), incluindo aqueles de base ecológica onde tecnologias efetivas de controle são escassas e o uso de inseticidas sintéticos não são permitidos (ZANARDI et al., 2015). Dentre os biopesticidas disponíveis no mercado brasileiro, produtos à base de matrine/oximatrine e espinetoram apresentam potencial para serem utilizados como alternativa no manejo do *F. williamsi* e de outras pragas que infestam as lavouras de milho. Matrine e oximatrine são alcaloides quinolizidínicos abundantemente encontrados em plantas de *Sophora flavescens* (Kushen) (Fabales: Fabaceae) com alta atividade contra insetos, ácaros, bactérias e fungos de importância agrícola (YUAN, 2004). Esses compostos podem ser utilizados isoladamente ou em mistura com outros extratos botânicos e pesticidas sintéticos para o manejo de pragas e de fitopatógenos que causam doenças em cultivos de chás, hortaliças, flores e fruteiras (YANG; ZHAO, 2006; MAO; HENDERSON, 2007; ZANARDI et al., 2015; ALI et al., 2017; ANDRADE et al., 2019; ANDRADE et al., 2020; SAVI et al., 2021). Atualmente, no Brasil, há duas formulações comerciais à base de oximatrine (Kingbo<sup>®</sup> e Matrine<sup>®</sup>, Dinagro Agropecuária Ltda., Ribeirão Preto, SP) registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e com recomendação de uso para o manejo de pragas nos agroecossistemas (AGROFIT, 2025). Além da toxicidade aguda, matrine e/ou oximatrine também possuem efeito deterrente de alimentação de artrópodes praga (MAO; HENDERSON, 2007; AL-KHAZRAJI et al., 2019), o que contribui para a redução dos danos e dos níveis populacionais do inseto nos mais distintos e diversificados sistemas de produção agrícola.

Além dos alcaloides matrine e oximatrine, biopesticidas à base de espinetoram, uma espinosina derivada da actinobactéria de solo *Saccharopolyspora spinosa* (Pseudonocardiales: Pseudonocardiaceae) que atua nos receptores nicotínicos da acetilcolina e nos canais iônicos controlados pelo ácido gama aminobutírico (GABA) do sistema nervoso dos insetos (WATSON et al., 2010) também tem demonstrado alta efetividade no controle de insetos pragas nos ambientes agrícolas. Este biopesticida caracteriza-se por apresentar baixa toxicidade aos seres humanos (ZHANG et al., 2019) e inimigos naturais (TENGFEI et al., 2022) devido, principalmente, a sua rápida degradabilidade na presença de luz (fotólise) e ação microbiana, formando moléculas de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e óxidos de nitrogênio com baixo impacto sobre os organismos não alvos (ZHAO et al., 2015; TENGFEI et al., 2022).

Apesar do grande potencial inseticida dos biopesticidas à base de espinetoram e oximatrine para o manejo de artrópodes praga nos cultivos agrícolas, não há estudos que

reportam os níveis de toxicidade e de efetividade dessas formulações comerciais sobre *F. williamsi*, um dos principais insetos praga que infestam as plântulas/plantas de milho no Brasil. Portanto, estudos que avaliam os níveis de toxicidade aguda e de efetividade dos biopesticidas à base de espinetoram e oximatrine são fundamentais para verificar o potencial desses compostos como ferramenta para ser incorporadas nos sistemas de rotação de inseticidas ou como tática de manejo de *F. williamsi* nos sistemas de produção de milho.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Insetos**

Para estabelecimento da colônia, espécimes (ninfas e adultos) de *F. williamsi* foram coletados em plantas de milho no estágio fenológico V4 (plantas com quatro folhas completamente desenvolvidas) de uma lavoura comercial localizada no município de São João do Oeste, Santa Catarina, sem aplicação de pesticidas por mais de 45 dias. Os insetos foram criados sobre plantas de milho cultivadas em vasos (0,3 L) com solo em gaiolas plásticas (80 × 40 × 50 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) em casa de vegetação. Na parte superior das gaiolas foi realizada uma abertura (25 cm de diâmetro) com tampa circular (30 cm de diâmetro) fixada com parafusos e porcas de nylon para facilitar o manejo dos insetos na criação. Entre a tampa e a parte superior do recipiente foi colocado uma faixa de espuma densa (~ 3 mm de espessura) para evitar a fuga dos insetos conforme proposto por Lopes e Alves (2000). Para garantir a troca contínua de ar do exterior com o interior das gaiolas, cinco orifícios (2,5 cm de diâmetro) foram realizados na parte superior de dois lados opostos da gaiola. Esses orifícios foram protegidos com tecido tipo voile para permitir a eliminação do excesso de umidade e evitar a fuga dos insetos. As plantas de milho altamente infestadas e danificadas pelo inseto foram substituídas sempre que necessário.

### **4.2. Caracterização dos biopesticidas**

Para esse estudo foram utilizados os biopesticidas comerciais à base de oximatrine (Matrine<sup>®</sup>, Dinagro Agropecuária Ltda., Ribeirão Preto, São Paulo) e espinetoram (Exalt<sup>®</sup>, CVTA Proteção de Cultivos Ltda., Barueri, São Paulo). O biopesticida à base de oximatrine

está disponível na formulação concentrado solúvel (SL) contendo 190,5 g L<sup>-1</sup> de extrato etanólico de *S. flavescens* com 2,0 g L<sup>-1</sup> do equivalente em oximatine. Ambos biopesticidas estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (AGROFIT, 2024) para o manejo de pragas de importância agrícola. Além disso, o biopesticida à base de oximatine está autorizado para uso no sistema de produção orgânica, o que aumenta o potencial de uso desse composto nos sistemas de produção agrícola onde insumos químicos não podem ser utilizados (IBD CERTIFICAÇÕES, 2021). Por sua vez, o biopesticida à base de espinetoram está disponível na formulação suspensão concentrada (SC) na concentração de 120 g L<sup>-1</sup> (AGROFIT, 2025).

### 4.3. Bioensaios

Os bioensaios de toxicidade aguda foram realizados no Laboratório de Fitossanidade e Fisiologia Vegetal (LAFIV) do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus São Miguel do Oeste (IFSC-SMO). Por sua vez, os bioensaios de persistência biológica e de efetividade de biopesticida na redução populacional da praga foram realizados em casa de vegetação e em lavoura comercial de milho.

### 4.4. Toxicidade aguda dos biopesticidas sobre adultos de *F. williamsi*

A toxicidade aguda dos biopesticidas à base de oximatine e espinetoram foi avaliada sobre adultos de *F. williamsi* utilizando bioensaio de contato residual. Para isso, discos (4 cm de diâmetro) de folhas de milho foram obtidos de plantas de milho cultivadas em vasos de 3 L de capacidade contendo uma mistura de solo e substrato à base de vermiculita, casca de *Pinnus/Eucalyptus*, cinzas, fibra de coco e casca de arroz na proporção de 1:1 em casa de vegetação. Os discos foliares foram pulverizados com 2 mL de solução de uma das seis concentrações (0,3907; 0,7813; 0,5625; 3,125; 6,25 e 12,5 mg L<sup>-1</sup> de oximatine e 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 19,2 e 38,4 mg L<sup>-1</sup> de espinetoram) dos biopesticidas e água destilada (controle) usando um pulverizador estacionário acoplado a uma bomba pneumática ajustada para fornecer uma pressão de 0,7 kg cm<sup>-2</sup>, resultando na deposição de 1,8 ± 0,1 mg cm<sup>-2</sup> de resíduo fresco sobre a superfície foliar. As concentrações dos biopesticidas foram definidas usando a escala logarítmica proposta por Finney (1971). Após a pulverização, os discos foliares foram mantidos em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C e UR de 65 ± 10%) por duas horas para secagem

dos resíduos. Após a secagem, os discos foliares foram colocados com a face adaxial voltada para cima sobre uma camada não geleificada de ágar-água a 2,5% em placas plásticas (5 cm de diâmetro), que serviu de barreira para evitar a fuga dos insetos e preservar o turgor dos discos foliares (RAIS et al., 2013). Feito isso, 10 adultos de *F. williamsi* foram transferidos para cada unidade experimental. Para cada tratamento foram utilizadas 10 unidades experimentais (repetições). As unidades experimentais foram mantidas em sala climatizada para avaliação da mortalidade a cada 24 horas por quatro dias. Adultos que não reagiram ao toque de um pincel fino foram considerados mortos. Com base nos dados de mortalidade, as concentrações letais (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>) com seus respectivos intervalos de confiança foram estimadas para cada biopesticida.

#### **4.5. Persistência biológica de biopesticidas sobre adultos de *F. williamsi***

A persistência biológica dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram sobre adultos de *F. williamsi* foi avaliada em condições de semicampo (casa de vegetação) utilizando plantas de milho com sete folhas completamente desenvolvidas (estádio V7) cultivadas em vasos (3 L) com uma mistura de terra e substrato conforme descrito no item 4.4. As plantas foram pulverizadas até o ponto de escorrimento com CL<sub>90</sub> (6,3 mg L<sup>-1</sup> de oximatrine e 19,6 mg L<sup>-1</sup> de espinetoram) dos biopesticidas estimadas no bioensaio de toxicidade aguda aos quatro dias após a exposição dos insetos utilizando um pulverizador costal modelo Jacto<sup>®</sup> PJH (Jacto do Brasil S.A., Pompeia, São Paulo, Brasil) equipado com bico cônico FL-5VS (Teejet Technologies Co., São Paulo, Brasil). Água destilada (solvente utilizado para dissolução dos biopesticidas) e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno<sup>®</sup> S 141 + 106 g L<sup>-1</sup>, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo, São Paulo) na concentração de 176 + 132 mg L<sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina foram utilizados como controles negativo e positivo, respectivamente. O inseticida sintético está registrado no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o manejo de *F. williamsi* e de outras pragas que infestam as plantas de milho na fase inicial de desenvolvimento da cultura (AGROFIT, 2025). Para cada tratamento, foram utilizadas 10 plantas (repetições). Após 7, 3 e 1 dia e 3 horas (tempo 0) da pulverização dos tratamentos, uma folha de milho foi removida de cada planta tratada e transportada ao laboratório para preparação das unidades experimentais seguindo o mesmo procedimento descrito no item 4.4. Feito isso, as unidades experimentais

foram infestadas com 10 adultos de *F. williamsi* e mantidas em sala climatizada para avaliação da mortalidade quatro dias após a liberação dos insetos.

#### 4.6. Eficácia de biopesticidas para o manejo de *F. williamsi* em milho

A eficácia dos biopesticidas à base de oximatrine e espinoteram no manejo populacional de *F. williamsi* foi avaliada em uma lavoura comercial de milho híbrido duplo MG593 (LongPing High-Tech Citi Group, Laranjeiras do Sul, Paraná) cultivado em parcelas de 20 m × 20 m (400 m<sup>2</sup>) no espaçamento de 50 cm entre linha × 25 cm entre plantas (densidade correspondente a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>) com alta adaptação às condições edafoclimáticas da propriedade e com infestação natural da praga. Antes da pulverização dos tratamentos, uma pré-amostragem foi realizada, inspecionando-se aleatoriamente 10 plantas milho localizadas na área central de cada parcela para verificar a presença de insetos vivos e caracterizar os níveis de infestação da praga nas unidades experimentais. Feito isso, as unidades experimentais foram pulverizadas até o ponto de escorrimento com a CL<sub>90</sub> (6,3 mg L<sup>-1</sup> de oximatrine e 19,6 mg L<sup>-1</sup> de espinoteram) dos biopesticidas estimada no bioensaio de toxicidade aguda (item 4.4) utilizando o mesmo equipamento de pulverização descrito no item 4.5. Água da chuva capturada e filtrada e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno<sup>®</sup> S 141 + 106 g L<sup>-1</sup> ZC) na concentração de 176 + 132 mg L<sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina foram utilizados como controles negativo e positivo, respectivamente. Para cada tratamento foram utilizadas cinco parcelas (repetições). A avaliação foi realizada quatro dias após a aplicação dos tratamentos. Para isso, 10 plantas milho foram aleatoriamente selecionadas na área central de cada parcela, vistoriando as plantas quanto a presença de insetos vivos. A eficácia (*E*) dos biopesticidas foi calculada com base no número médio de insetos vivos registrados na avaliação realizada quatro dias após a aplicação dos tratamentos em relação ao número de insetos vivos observados na pré-amostragem utilizando a fórmula  $E_{(\%) = \{1 - [(C_i \times T_f) / (C_f \times T_i)] \times 100\}$  proposta por Henderson e Tilton (1955), onde: *C<sub>i</sub>* e *C<sub>f</sub>* representam o número médio de insetos vivos no controle negativo antes e após a pulverização e *T<sub>i</sub>* e *T<sub>f</sub>* representam o número médio de insetos vivos no tratamento (biopesticidas ou inseticida sintético) antes e após a pulverização, respectivamente. Além disso, foi estimada a taxa instantânea de crescimento populacional (*ri*) utilizando a fórmula  $ri = \ln(N_f/N_i)/\Delta_t$  proposta por Stark e Banks (2003), onde: *N<sub>f</sub>* é o número de tripes vivos na avaliação realizada quatro dias após a aplicação dos tratamentos, *N<sub>i</sub>* é o número de tripes vivos na pré-amostragem, e  $\Delta_t$  é o

tempo (dias) entre a avaliação realizada quatro dias após a aplicação dos tratamentos e a pré-amostragem. Valores positivos e negativos de  $ri$  indicam um aumento e diminuição na população de tripes, respectivamente, enquanto valores de  $ri = 0$  indicam que a população se manteve estável durante o período de avaliação.

#### 4.7. Delineamento experimental e análise dos dados

Todos os bioensaios foram realizados no delineamento inteiramente aleatorizado. A estimativa das concentrações letais ( $CL_{50}$  e  $CL_{90}$ ) foi realizada seguindo o modelo binomial com função de ligação complemento log-log (modelo de gompit) e utilizando o *Probit Procedure* do software SAS versão 9.2 (SAS INSTITUTE, 2011).

Os dados de persistência biológica foram submetidos a uma análise de medidas repetidas no tempo usando modelos lineares generalizados mistos (GLMM) do pacote “*lme4*” (BATES et al., 2015) com distribuição binomial. Para isso, os efeitos das variáveis explanatórias tratamento [biopesticidas, controles negativo (água da chuva) e positivo (inseticida sintético)] e tempo (dias após a aplicação) foram considerados fatores fixos, enquanto as medidas repetidas em cada planta (unidade experimental) no tempo foram consideradas aleatórias. Os efeitos do tratamento e do tempo foram analisados por testes de razão de verossimilhança ( $P < 0,05$ ) entre um modelo completo e um reduzido. O mesmo teste foi utilizado para verificar a significância da interação do tratamento com o tempo, comparando dois modelos: um com interação e outro sem interação. Além disso, para cada tempo residual, modelos lineares generalizados (GLM) (NELDER; WEDDERBURN, 1972), com distribuição quase-binomial, quase-Poisson e Gaussiana foram utilizados para analisar os dados de proporção de mortalidade em cada tempo residual (bioensaio de persistência biológica), de eficácia dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram e do inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (contagem de tripes no bioensaio em campo) e da taxa instantânea de crescimento populacional do inseto (bioensaio em campo), respectivamente. A qualidade do ajuste foi analisada por meio de um gráfico meio-normal de probabilidade com envelope de simulação usando o pacote “*hnp*” (DEMÉTRIO et al., 2014). Em caso de diferenças significativas entre os tratamentos, comparações múltiplas com o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) foram realizadas utilizando a função “*glht*” do pacote “*multcomp*”, com ajustes nos valores de  $P$  (HOTHORN et al., 2008). Todas essas análises foram realizadas no software estatístico “*R*”, versão 4.3.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2023).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciam o potencial inseticida dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram para o manejo do tripes-do-milho *F. williamsi*, uma importante praga de plântulas/plantas de milho no Brasil. Os resultados desse estudo também reforçam o potencial de uso dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram no manejo de *F. williamsi* em plantas de milho cultivados nos mais diversos e diversificados sistemas de produção da cultura. Vale ressaltar ainda, que esses biopesticidas constituem importantes ferramentas para os programas de rotação de ingredientes ativos com diferentes mecanismos de ação para reduzir os níveis populacionais e os riscos de evolução da resistência da praga aos tradicionais inseticidas sintéticos utilizados para seu controle.

Os bioensaios de toxicidade aguda revelaram que os biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram proporcionaram alta mortalidade residual de adultos de *F. williamsi*, de maneira dependente da concentração e do tempo de exposição dos insetos ao contato residual dos biopesticidas (Tabela 1). Resultados similares também foram reportados por Gholami et al. (2015) que demonstram alta mortalidade de adultos de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) tratados com o biopesticida à base de oximatrine (Kingbo<sup>®</sup> 0.6 AS). Da mesma forma, Walter et al. (2018) reportaram que o biopesticida à base de espinetoram (Winner<sup>®</sup> 6 SC) proporcionou alta toxicidade aguda contra adultos de *Corynothrips stenopterus* Williams (Thysanoptera: Thripidae) e *Selenothrips rubrocinctus* Giard (Thysanoptera: Thripidae). Além dos tripes, MA et al. (2020) observaram altos níveis de suscetibilidade dos pulgões *Myzus persicae* Sulzer, *Aphis craccivora* Koch, *Macrosiphum avenae* Fabricius, *Aphis citricola* van der Goot, *Macrosiphum rosivorum* Zhang, *Aphis* sp. e *Brevicoryne brassicae* (L.) tratados com extrato bruto de *Sophora alopecuroides* L. (Fabales: Fabaceae) contendo os alcaloides aloperina, matrine, sofocarpina, soforidina, citisina, nicotina e oximatrine.

A atividade entomotóxica dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram contra insetos sugadores está associada, entre outros fatores, a ação desses fitoquímicos na inibição das enzimas acetilcolinesterase/adenosina trifosfatase/fenol oxidase e da ativação dos canais de sódio/bloqueio dos receptores nicotínicos da acetilcolina, causando um acúmulo de acetilcolina nas sinapses colinérgicas e nos receptores dos neurônios pós-sinápticos, que resultam na redução das funções intracelulares responsáveis pela sensibilidade dos insetos aos xenobióticos, paralisia e morte dos insetos alvos (RABEA et al., 2010; WATSON et al., 2010; EL-MAGEED;

SHALABY, 2011; IRAC, 2025). Portanto, esses resultados demonstram as propriedades bioativas e as potencialidades dessas formulações comerciais para supressão populacional de insetos sugadores que infestam as culturas agrícolas nos agroecossistemas.

Diante da pronunciada atividade inseticida dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram evidenciada nos testes de toxicidade aguda, a persistência biológica dos biopesticidas foi avaliada sobre adultos de *F. williamsi* usando plantas de milho cultivadas em vaso em casa de vegetação. Os resultados demonstraram uma interação significativa entre as características explanatórias tratamento e tempo ( $\chi^2 = 65,46$ ; *g.l.* = 1;  $P < 0,0001$ ), indicando que os níveis de toxicidade dos biopesticidas variam com o tempo residual (Figura 1). Neste estudo, o biopesticida à base de oximatrine proporcionou menor persistência biológica, com taxas de mortalidade de adultos de *F. williamsi* superiores a 25% até 3 dias após a aplicação (DAA) em relação ao biopesticida à base de espinetoram (mortalidade > 45% até 7DAA) e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (mortalidade >52% até 7DAA). Esses resultados estão em consonância com os encontrados por Zanardi et al. (2024) que também relataram uma baixa persistência biológica (mortalidade ~65%, 3DAA) de uma formulação comercial à base de oximatrine para adultos de *B. brassicae* residualmente expostos ao biopesticida. Da mesma forma, Muthukrishnan et al. (2013) demonstraram que o uso do biopesticida comercial à base de espinetoram proporcionou mortalidade de *Leucinodes orbonalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae) superior a 40% até 7 DAA.

A menor persistência biológica dos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram é atribuída à alta degradação dessas formulações pelos fatores biológicos e edafoclimáticos predominantes nos agroecossistemas onde são aplicados. Kim et al. (2015) estudando a degradação de biopesticidas à base de matrine/oximatrine revelaram que, em solo seco, a meia-vida das formulações variou de 5,4 a 8,6 dias. Além disso, Raheem et al. (2019) e Andrade et al. (2019) reportaram uma rápida degradação de oximatrine pelos microrganismos de solo e fatores ambientais [temperatura, umidade, precipitação e radiação ultravioleta (UV) e visível (Vis)], respectivamente. Zhao et al. (2015) demonstraram que as meias-vidas de espinetoram na água de arroz irrigado, solo e palha de arroz foram de 0,35, 6,8 e 1,1 dias, respectivamente. Diante da baixa persistência biológica registrada no presente estudo e da rápida degradação dos biopesticidas reportada em estudos prévios, o desenvolvimento de nanoformulações poderia auxiliar na proteção dos xenobióticos contra a degradação dos fatores ambientais (AYILARA et al., 2023) e aumentar a persistência biológica e o período de proteção das plantas pelas formulações (YADAV et al., 2020).

**Tabela 1.** Estimativa das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> (em mg L<sup>-1</sup>) e do intervalo de confiança dos biopesticidas à base de oximatrine (Matrine<sup>®</sup>, contendo 19,05% de extrato de *Sophora flavescens* com 0,2% do equivalente em oximatrine) e espinetoram (Exalt<sup>®</sup> SC, 120 g L<sup>-1</sup>) sobre o tripes-do-milho *Frankliniella williamsi*.

Biopesticida	Tempo de exposição residual (h)	N <sup>a</sup>	Coefficiente angular ± EP (valor de <i>P</i> )	CL <sub>50</sub> (IC) <sup>b</sup>	CL <sub>90</sub> (IC) <sup>b</sup>	χ <sup>2c</sup> (g.l. <sup>d</sup> = 4)	h <sup>e</sup>
Oximatrine	24	781	1,21 ± 0,14 ( <i>P</i> < 0,0001)	10,7 (8,0 – 15,7)	122,1 (63,7 – 331,0)	1,51	0,38
	48	779	1,32 ± 0,12 ( <i>P</i> < 0,0001)	5,8 (4,7 – 7,5)	54,2 (33,9 – 105,3)	2,80	0,70
	72	777	1,68 ± 0,15 ( <i>P</i> < 0,0001)	3,0 (2,4 – 3,6)	17,2 (12,9 – 25,3)	4,11	1,03
	96	775	2,18 ± 0,33 ( <i>P</i> < 0,0001)	1,6 (0,9 – 2,4)	6,3 (4,1 – 14,1)	3,30	0,82
Espinetoram	24	742	1,29 ± 0,16 ( <i>P</i> < 0,0001)	23,4 (17,1 – 35,6)	493,7 (223,2 – 1727,0)	2,58	0,64
	48	738	1,20 ± 0,14 ( <i>P</i> < 0,0001)	15,0 (11,3 – 21,2)	321,4 (156,6 – 985,4)	5,03	1,26
	72	733	1,46 ± 0,13 ( <i>P</i> < 0,0001)	6,3 (5,1 – 7,7)	47,8 (34,7 – 73,6)	5,83	1,46
	96	729	1,76 ± 0,15 ( <i>P</i> < 0,0001)	3,7 (3,0 – 4,4)	19,6 (15,5 – 26,5)	3,34	0,83

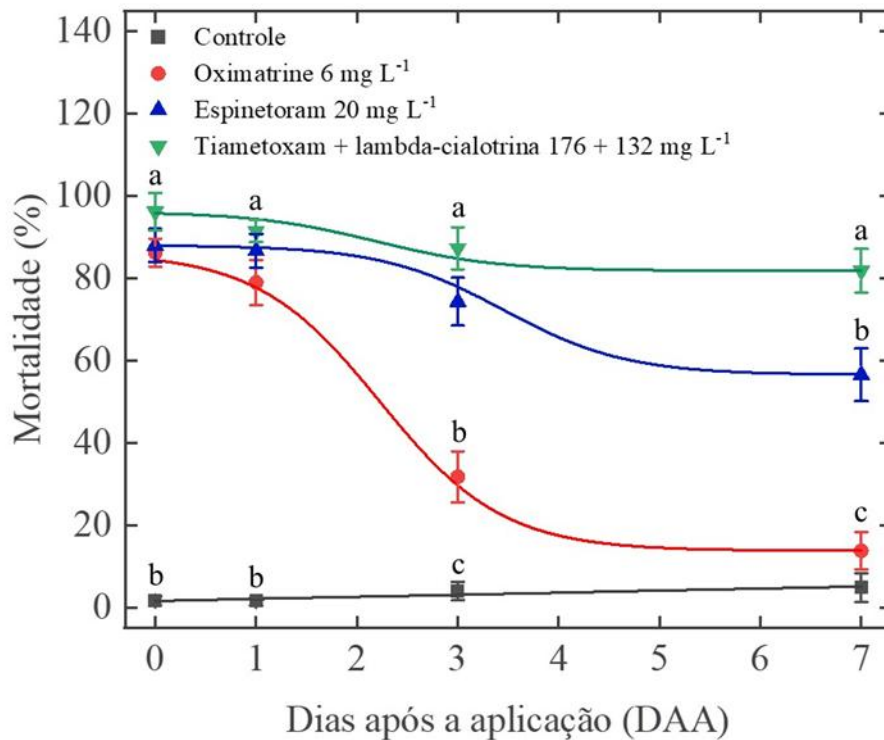
<sup>a</sup>N: número de insetos testado;

<sup>b</sup>IC: intervalo de confiança de 95% de probabilidade de erro;

<sup>c</sup>χ<sup>2</sup>: valor do qui-quadrado de Pearson;

<sup>d</sup>g.l.: graus de liberdade;

<sup>e</sup>h: fator de heterogeneidade.



**Figura 1** – Mortalidade de adultos de tripes-do-milho *Frankliniella williamsi* em diferentes tempos residuais dos biopesticidas à base de oximatrine [Matrine<sup>®</sup>, contendo 19,05% de extrato de *Sophora flavescens* com 0,2% do equivalente em oximatrine –  $y = 13,8 + 72,5/1 + 10^{(-1,6 + 0,7x)}$ ;  $R^2 = 0,9975$ ;  $F = 1241,0$  e  $P < 0,0001$ ] e espinetoram [Exalt<sup>®</sup> 120 g L<sup>-1</sup> –  $y = 56,6 + 31,4/1 + 10^{(-2,5 + 0,7x)}$ ;  $R^2 = 0,9786$ ;  $F = 2000,2$  e  $P < 0,0001$ ] em comparação ao inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina [Engeo Pleno<sup>TM</sup> S, 141 g L<sup>-1</sup> de tiametoxam + 106 g L<sup>-1</sup> de lambda-cialotrina –  $y = 81,7 + 14,5/1 + 10^{(-1,5 + 0,7x)}$ ;  $R^2 = 0,8663$ ;  $F = 2663,3$  e  $P < 0,0001$ ] e água destilada usados como controles positivo e negativo, respectivamente. Para cada tempo residual, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente [GLM com distribuição quase-binomial seguido por *post hoc* do teste de Tukey,  $P < 0,05$ ). Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Embora a baixa persistência biológica das formulações comerciais à base de oximatrine e espinetoram possa ser considerada, num primeiro momento, uma desvantagem devido à necessidade de reaplicação mais frequente dos biopesticidas para proteção das plantas contra reinfestação da praga, essa característica reduz a pressão de seleção e os riscos de seleção de populações de *F. williamsi* resistentes aos fitoquímicos presentes na formulação (SIEGWART et al., 2015). A baixa persistência biológica também reduz o impacto sobre os agentes de controle biológico presentes nas áreas de produção devido ao menor período de ação dos componentes da formulação sobre organismos não alvos, permitindo uma rápida recolonização desses agentes nos agroecossistemas. Além disso, produtos com baixa persistência biológica

possibilitam a liberação inoculativa ou inundativa de inimigos naturais para o controle de *F. williamsi* e de outros artrópodes praga logo após a aplicação dos xenobióticos. Essa possibilidade tem sido evidenciada em estudos prévios. Hwang et al. (2009) avaliando a toxicidade de um extrato vegetal a base de azadiractina e matrine (outro alcaloide quinolizidínico) em diferentes espécies de predadores e parasitoides verificaram baixa toxicidade da formulação para esses agentes de controle biológico. Da mesma forma, Andrade et al. (2020) e Zanardi et al. (2024) relataram baixo ou nenhum impacto de biopesticidas à base de oximatre sobre a população de predadores e/ou parasitoides em pomares cítricos e em áreas de produção de repolho tratadas com o biopesticida. Srivastava et al. (2008) verificaram alta compatibilidade do biopesticida à base de espinetoram com o predador dos tripses *Frankliniella tritici* (Ficht) (Thysanoptera: Thripidae) e *Frankliniella bispinosa* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). Mesmo assim, a atividade biológica e comportamental dos biopesticidas à base de oximatre e espinetoram sobre agentes de controle biológico de *F. williamsi* e de outras pragas que atacam as plantas de milho deverá ser considerada em estudos futuros para verificar a compatibilidade de uso desses fitoquímicos nos programas de manejo integrado de pragas na cultura do milho.

Em lavoura comercial de milho com infestação natural de *F. williamsi*, os resultados mostraram que os biopesticidas à base de oximatre e espinetoram proporcionaram alta redução (> 82%) nos níveis populacionais da praga após 96 horas da pulverização dos produtos (Tabela 2). No entanto, os níveis de eficácia do biopesticida à base de oximatre foi levemente inferior ao biopesticida à base de espinetoram e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (Tabela 2). Níveis de eficácia de biopesticidas à base de oximatre e espinetoram comparáveis com pesticidas sintéticos tem sido amplamente reportados na literatura. Por exemplo, Zanardi et al. (2015) reportaram que uma formulação pré-comercial à base de matrine proporcionou eficácia similar ao acaricida sintético espirodiclofeno (Envidor<sup>®</sup> 240 SC) para o controle do ácaro-purpúreo em plantas cítricas. Andrade et al. (2010) relataram que o biopesticida à base de oximatre (Kingbo<sup>®</sup> 0,2 SL) foi igualmente efetivo ao acaricida sintético à base de espirodiclofeno (Envidor<sup>®</sup> 240 SC) para manejo populacional do ácaro vetor do vírus da leprose dos citros *Brevipalpus yotersi* Back (Acari: Tenuipalpidae). Da mesma forma, Zanardi et al. (2024) demonstraram que o biopesticida à base de oximatre (Matrine<sup>®</sup> 0,2 SL) foi altamente eficiente no controle populacional do pulgão-da-couve *B. brassicae*, com níveis de eficácia comparável ao inseticida sintético à base de deltametrina (Decis<sup>®</sup> 25 EC). Por fim, Renkema et al. (2020) também verificaram alta bioefetividade do biopesticida à base de

**Tabela 2** – Eficiência de controle dos biopesticidas à base de oximatrine [Matrine<sup>®</sup>, contendo 19,05% de extrato de *Sophora flavescens* com 0,2% do equivalente em oximatrine] e espinetoram (Exalt<sup>®</sup> SC, 120 g L<sup>-1</sup>) sobre o trips do milho *Frankliniella williamsi* em comparação ao inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno<sup>™</sup> S, 141 g L<sup>-1</sup> de tiametoxam + 106 g L<sup>-1</sup> de lambda-cialotrina) e água destilada usados como controles positivo e negativo, respectivamente.

Tratamento	Concentração (mg L <sup>-1</sup> )	Número médio de insetos nas plantas <sup>1</sup>		Eficiência de controle <sup>2</sup> (%)	Taxa instantânea de crescimento <sup>3</sup> ( <i>ri</i> )
		Pré-amostragem	Pós-aplicação (96 h)		
Biopesticida à base de oximatrine	6,0	39,6 ± 1,34 a	7,0 ± 0,38 b	82,5	-0,434 ± 0,0179 b
Biopesticida à base de espinetoram	20,0	44,5 ± 1,23 a	3,5 ± 0,40 c	92,1	-0,633 ± 0,0209 c
Inseticida à base de tiametoxam + lambda-cialotrina	176,2 + 132,5	40,7 ± 1,11 a	2,2 ± 0,25 c	94,7	-0,732 ± 0,0205 c
Controle	-	42,2 ± 1,20 a	42,4 ± 0,24 a	-	0,002 ± 0,0209 a
<i>F</i> <sub>3, 196</sub>		2,097	948,400		42,110
Valor de <i>P</i>		0,2800	<0,0001		<0,0001

<sup>1</sup>Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente [GLM com distribuição quase-Poisson seguido de *post hoc* do teste de Tukey ( $P<0,05$ )].

<sup>2</sup>Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

<sup>3</sup>Dados (média ± EP) seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente [GLM com distribuição Gaussiana seguido de *post hoc* do teste de Tukey ( $P<0,05$ )].

espinetoram (Radiant<sup>®</sup> SC) similar aos inseticidas sintéticos à base de ciantraniliprole (Exirel<sup>®</sup>) e ciantraniliprole + abamectina (Minecto Pro<sup>®</sup>) contra tripes no gênero *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) em morangueiros.

Portando, os resultados do presente estudo indicam que os biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram possuem alta atividade inseticida para adultos de *F. williamsi* e alto potencial para serem usados nos programas de manejo integrado de pragas na cultura do milho. Entretanto, a escolha do biopesticida deve levar em consideração o sistema de produção utilizado pelos produtores, a finalidade do manejo e os requisitos necessários para uso dessas moléculas nos cultivos agrícolas. Em milho cultivado no sistema convencional, ambos biopesticidas testados aqui podem ser utilizados em rotação ou em substituição aos tradicionais inseticidas sintéticos para supressão populacional da praga e redução dos riscos de seleção de populações resistentes aos xenobióticos usados para seu controle. Porém, em sistema de manejo mais racional e sustentável, o biopesticida à base de oximatrine constitui uma importante ferramenta de controle de *F. williamsi* e de outras pragas que acometem a cultura do milho, uma vez que o biopesticida está recomendado para uso em sistemas orgânicos de cultivo. Além disso, o biopesticida à base de oximatrine possui baixa persistência biológica, o que o torna uma ferramenta versátil e compatível com outros métodos de controle dentro de um programa de manejo integrado de pragas na cultura do milho.

## 6. CONCLUSÕES

- Os biopesticidas à base de oximatrine (Matrine<sup>®</sup> 0,2 SL) e espinetoram (Exalt<sup>®</sup> 120 SC) apresentam alta toxicidade aguda para adultos do tripes-do-milho *F. williamsi*;
- Os níveis de mortalidade de adultos de *F. williamsi* pelos biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram são dependentes da concentração e do tempo de exposição dos adultos do tripes-do-milho *F. williamsi* aos resíduos dos produtos;
- Os biopesticidas à base de oximatrine apresenta menor persistência biológica em relação ao biopesticida à base de espinetoram e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina para o manejo populacional do tripes-do-milho *F. williamsi*;
- Os biopesticidas à base de oximatrine apresenta alta efetividade no controle populacional do tripes-do-milho *F. williamsi*, com níveis de eficácia levemente inferior ao biopesticida à base

de espinetoram e o inseticida sintético à base de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno® S);

- Os biopesticidas à base de oximatrine e espinetoram constituem uma importante ferramenta de manejo de *F. williamsi* nos sistemas de produção de milho, em especial naqueles de base ecológica onde ferramentas de controle são escassas e medidas eficazes precisam ser incorporadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT - **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil, 2025. Disponível em:

<[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ALBUQUERQUE, F.A.; BORGES, L.M.; IACONO, T.D.O.; CRUBELATI, N.C.D.S.; SINGER, A.D.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**, v. 5, p. 15-25, 2006b.

ALBUQUERQUE, F.A.; CROCOMO, W.B.; SCAPIM, C.A. Influência de sistemas de plantio e armadilha adesiva na incidência de *Frankliniella williamsi* Hood na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, p. 393-397, 2006a.

ALI, S.; ZHANG, C.; WANG, Z.; WANG, X.; WU, J.; CUTHBERTSON, A.G.S.; SHAO, Z.; QIU, B. Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matrine against *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Scientific Reports**, v. 7, p. 1–13, 2017.

AL-KHAZRAJI, H.I.; GAYM, N.N.; RESAN, A.M. Effect of oxymatrine 2.4% in some biological aspects of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal for Science and Technology**, v. 2, p. 1-9, 2019.

ANDRADE, D.J.; RIBEIRO, E.B.; MORAIS, M.R.; ZANARDI, O.Z. Bioactivity of an oxymatrine-based commercial formulation against *Brevipalpus yothersi* Baker and its effects on predatory mites in citrus groves. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 176, p. 339-345, 2019.

ANDRADE, D.J.; ROCHA, C.M.; MATOS, S.T.S.; ZANARDI, O.Z. Oxymatrine-based bioacaricide as a management tool against *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) in coffee. **Crop Protection**, v. 134, p. 105182, 2020.

ÁVILA, C.J. Manejo integrado das principais pragas que atacam a cultura do milho no país. **Visão Agrícola**, v. 13, p. 102-106, 2015.

- ÁVILA, C.J. **Tecnologias para o manejo de pragas iniciais em milho safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. p. 182-192.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; AWALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using *lme4*. **Journal of Statistical Software**, v. 67, p. 1–48, 2015.
- CABANAS, D.; WATANABE, S.; HIGASHI, C.H.V.; BRESSAN, A. Dissecting the mode of Maize chlorotic mottle virus transmission (Tombusviridae: Machlomovirus) by *Frankliniella williamsi* (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 16–24. 2013.
- CASTRO, A.L.G.D. **Monitoramento de tripes (*Frankliniella williamsi* e *Selenothrips rubrocinctus*) e cigarrinha (*Dalbulus maidis*) utilizando armadilhas adesivas no milho em monocultivo e consorciado**. 2020. 52 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos, 2025**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- CONTINI, E.; MOTA, M.M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R.D.; SILVA, A.F.; SILVA, D.D.; MACHADO, J.R.A.; COTA, L.V.; COSTA, R.V.; MENDES, S.M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: Embrapa, 2019. 45p. (DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO, 2).
- CROFT, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley, 1990. 723p.
- CRUZ, I.; MENDES, S.M.; VIANA, P.A. **Importância econômica e manejo de insetos sugadores associados à parte aérea de plantas de milho *Bt***. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 14p. (CIRCULAR TÉCNICA, 175).
- DEMÉTRIO, C.G.B.; HINDE, J.; MORAL, R.A. Models for overdispersed data in entomology. In: FERREIRA, C.P.; GODOY, W.A.C. (Eds.). **Ecological modelling applied to entomology**. Springer: Switzerland, 2014. p. 219–259.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J-M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81–106, 2007.
- DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In.: CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (Eds.). **General concepts in integrated pest and disease management**. Amsterdam: Springer, 2007. p. 27-43.
- FINNEY, D.J. **Probit analysis**. Cambridge University Press: Cambridge, 1971. p. 31.
- FONSECA, M.M.; LIMA, E.; LEMOS, F.; VENZON, M.; JANSSEN, A. Non-crop plant to attract and conserve an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae) in tomato. **Biological Control**, v. 115, p. 129-134, 2017.
- GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 70, p. 653-658, 1977.

GIEHL, A.L.; PADRÃO, G.A.; ELIAS, H.T.; ALVES, J.R.; GUGEL, J.T.; MARCONDES, T. **Boletim agropecuário**. Florianópolis: CEPA/EPAGRI, 2024. n.1, 51p.

GRANADOS-REYNAUD, G. **Sources of corn, *Zea mays* L.; resistance to thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Frankliniella williamsi* Hood, in Mexico**. 1970. 169 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Kansas State University, Manhattan.

GUEDES, R.N.C.; SMAGGHE, G.; STARK, J.D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, v. 61, p. 43-62, 2016.

HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, v. 48, p. 157–161, 1995.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, p. 346–363, 2008.

IBD – Instituto Biodinâmico (2021). **Declaração de conformidade**. Disponível em: <<https://www.dinagro.com.br/wp-content/uploads/arquivos/matrine/certificacao-ibd.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

ISMAN, M.B. Botanical insecticides in the twenty-first century – fulfilling their promise?. **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 233-249, 2020.

MANANDHAR, R.; WRIGHT, M.G. Effects of interplanting flowering plants on the biological control of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae) in sweet corn. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, p. 113–119, 2016.

MAO, L.; HENDERSON, G. Antifeedant activity and acute and residual toxicity of alkaloids from *Sophora flavescens* (Leguminosae) against *Formosan subterranean* termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 866-870, 2007.

MARANGONI, C.; MOURA, N.F.; GARCIA, F.R.M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, p. 92-112, 2012.

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

MOUND, L.A.; MORRIS, D.C. The insect order Thysanoptera: classification versus systematics. **Zootaxa**, v. 1668, p. 395-441, 2007.

MUTHUKRISHNAN, N.; VISNUPRIYA, M.; BABYRANI, W.; MUTHIAH, C. Persistence toxicity and field evaluation of spinetoram 12 SC against shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* Guenee in brinjal. **Madras Agricultural Journal**, v. 100, p. 605-608, 2013.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

O'DONNELL, C.A.; MOUND, L.A. The confused identity of *Frankliniella williamsi* (Thysanoptera: Thripidae). **Florida Entomologist**, v. 99, p. 683-685, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R foundation for statistical computing**, Vienna, Austria. 2023. 1710p.

RAIS, D.S.; SATO, M.E.; SILVA, M.Z.D. Detecção e monitoramento da resistência do trips *Frankliniella occidentalis* ao inseticida espinosade. **Bragantia**, v. 72, p. 35-40, 2013.

SAMADA, L.H.; TAMBUNAN, U.S.F. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: a review of their current and future status. **OnLine Journal of Biological Sciences**, v. 20, p. 66-76, 2020.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system: getting started with the SAS learning**. Version 9.2. Cary, 2011.

SAVI, P.J.; MARTINS, M.B.; MORAES, G.J.; HOUNTONDJI, F.C.C.; ANDRADE, D.J. Bioactivity of oxymatrine and azadirachtin against *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) and their compatibility with the predator *Phytoseiulus longipes* (Acari: Phytoseiidae) on tomato. **Systematic and Applied Acarology**, v. 26, p. 1264-1279, 2021.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505-519, 2003.

TENGFELI, X.; NANDA, S.; FENGLIANG, J.; QINGSHENG, L.; XIA, F. Control efficiency and mechanism of spinetoram seed-pelleting against the striped flea beetle *Phyllotreta striolata*. **Scientific Reports**, v. 12, p. 9524, 2022.

THRONE, J.E.; WEAVER, D.K.; CHEW, V.B.; JAMES, E. Probit analysis of correlated data: multiple observations over time at one concentration. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 1510–1512, 1995.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **U.S. corn exports shift destinations as Brazil captures China market**, 2025. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2025.

USITC - UNITED STATES INTERNATIONAL TRADE COMMISSION. **Brazil: competitive factors in Brazil affecting U.S. and Brazilian agricultural sales in selected third-country markets**, 2016. Disponível em: <<https://www.usitc.gov/publications/332/pub4310.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2024.

WATSON, G.B.; CHOUINARD, S.W.; COOK, K.R.; GENG, C.; GIFFORD, J.M.; GUSTAFSON, G.D.; HASLER, J.M.; LARRINUA, I.M.; LETHERER, T.J.; MITCHELL, J.C.; PAK, W.L.; SALGADO, V.L.; SPARKS, T.C.; STILWELL, G.E. A spinosyn-sensitive *Drosophila melanogaster* nicotinic acetylcholine receptor identified through chemical induced target site resistance, resistance gene identification, and heterologous expression. **Insect Biochemistry Molecular Biology**, v. 40, p. 376–384, 2010.

WORDELL-FILHO, J.A.; CHIARADIA, L.A. (Org.) **A cultura do milho em Santa Catarina**. 3. ed. Florianópolis: Epagri, 2016. 398p.

YANG, X.Y.; ZHAO, B.G. Antifungal activities of matrine and oxymatrine and their synergetic effects with chlorothalonil. **Journal of Forestry Research**, v. 17, p. 323–325 2006.

YUAN, J. Biological activity of alkaloids from *Sophora favesces* Ait to pests. **Pesticides**, v. 16, p. 284–287, 2004.

ZANARDI, O.Z.; RIBEIRO, L.P.; ANSANTE, T.F.; SANTOS, M.S.; BORDINI, G.P.; YAMAMOTO, P.T.; VENDRAMIM, J.D. Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. **Crop Protection**, v. 67, p. 160–167, 2015.

ZHANG, Y.; GUO, W.; CHEN, H.; GAO, J.; XU, Z.; TAO, L.; XU, W. Spinetoram confers its cytotoxic effects by inducing AMPK/mTOR-mediated autophagy and oxidative DNA damage. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 183, p. 109480, 2019.

ZHAO, L.; CHEN, G.; ZHAO, J.; ZHANG, Y.; ZHU, Y.; YANG, T.; WU, Y.L. Degradation kinetics of the insecticide spinetoram in a rice field ecosystem. **Chemosphere**, v. 119, p. 1185-1191, 2015.