

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Natalie Moraes Feltrin

**MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM
MILHO PIPOCA, COM INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS
DE PULVERIZAÇÃO**

Santa Maria, RS

2022

Natalie Moraes Feltrin

**MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO
PIPOCA, COM INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE
PULVERIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller

Santa Maria, RS

2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Feltrin, Natalie Moraes

MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO PIPOCA, COM INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO / Natalie Moraes Feltrin. - 2022.84 p.; 30 cm

Orientador: Walter Boller

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2022

- 1.A IMPORTANCIA DO MILHO-PIPOCA *Zea mays* 1. Everta
- 2.ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DA LAGARTA *Spodoptera frugiperda*
- 3.CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda*
- 4.TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO I. Boller, Walter II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Eu, NATALIE MORAES FELTRIN, declaro para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Natalie Moraes Feltrin

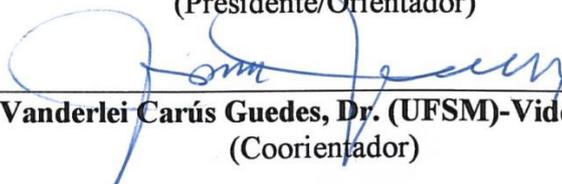
**MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO
PIPOCA, COM INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE
PULVERIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado em 30 de março de 2022:



Walter Boller, Dr. (UFSM)-Videoconferência
(Presidente/Orientador)



Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr. (UFSM)-Videoconferência
(Coorientador)



Clérison Régis Perini, Dr. (PROTEPLAN)-Videoconferência

Santa Maria, RS

2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida.

À minha mãe Lídia Feltrin e meu pai Valdocir Feltrin, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa.

Às minhas queridas avós Rosalina e Teresinha (in memoriam), que sempre vibraram com as minhas vitórias.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Walter Boller pela orientação, colaboração e dedicação durante este período de trabalho.

Ao professor Jerson Vanderlei Carús Guedes pelos ensinamentos, conselhos e pela confiança durante todo processo de desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao senhor meu Deus, que me mantém persistente nessa jornada da vida.

Aos meus pais Lidia e Valdocir Feltrin, pelo apoio e amor incondicional. À minha irmã Juliane Feltrin, pela amizade, carinho e apoio durante a minha caminhada.

Ao Evandro de Medeiros por toda paciência, amor e companheirismo.

Aos amigos e colegas de pós-graduação pela troca de experiências e companheirismo.

Aos colegas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP), que de alguma forma, puderam contribuir para que esse trabalho se concretizasse. Um agradecimento em especial ao Eduardo Brum e Matheus Ceolin por toda a colaboração durante a execução dos experimentos.

À Agrícola Ferrari e sua equipe pela generosidade e presteza no fornecimento de semente para esta pesquisa.

Aos amigos, que de alguma forma puderam contribuir e se fazer presente durante essa etapa.

EPÍGRAFE

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho”.
(Abraham Lincoln)

RESUMO

MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO PIPOCA, COM INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

AUTORA: Natalie Moraes Feltrin

ORIENTADOR: Walter Boller

A cultura de milho-pipoca é uma variedade apreciada no Brasil, considerada de alto valor econômico, com maior susceptibilidade a pragas e doenças, e tem como principal praga a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Esta praga é uma espécie polífaga e seu ataque ocorre em todas as fases de crescimento da cultura, podendo causar danos limitantes à produção. O controle o mais utilizado ainda é o controle químico. Entre as estratégias do manejo integrado de pragas (MIP), o uso de inseticidas biológicos tem demonstrado eficiência, sendo fundamental para a manutenção da produção sustentável com menores custos. Os objetivos dessa dissertação foram avaliar a eficácia da aplicação de inseticidas via sulco e tratamento de sementes, as combinações de inseticidas e a tecnologia de aplicação no controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) em milho pipoca. A dissertação é composta por três artigos científicos. O primeiro intitulado “Manejo de *Spodoptera frugiperda* em milho pipoca com a aplicação de inseticidas via sulco e tratamento de sementes”, que tem como objetivo avaliar a eficácia do tratamento de sementes e de aplicações de inseticidas em sulco no controle da *S. frugiperda* em milho-pipoca. Concluiu-se que os inseticidas Fortenza® e Dermacor®, aplicados via tratamento de sementes e Prêmio® via sulco contribuem para o controle de *S. frugiperda*. O segundo artigo, intitulado “Manejo de *Spodoptera frugiperda* em milho pipoca com associações de inseticidas químicos e biológicos” teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes manejos, associando inseticidas químicos e biológicos, no controle de *S. frugiperda*, sob infestação natural em milho-pipoca. Concluiu-se que o manejo com a associação de inseticidas químicos e biológicos à base de *Baculovirus spodoptera* demonstra eficácia na redução dos danos do inseto-praga. No terceiro artigo, “Manejo de *Spodoptera frugiperda* em milho pipoca com a associação de aplicações de inseticidas, volumes de calda e pontas de pulverização”, o objetivo do estudo foi avaliar a relação da eficácia de inseticidas, volumes de calda e pontas de pulverização no controle de *S. frugiperda* em milho-pipoca. Os resultados indicam que a ponta leque associada aos volumes de calda de 75, 100 e 150 L ha⁻¹ proporcionam maior eficácia de controle de *S. frugiperda* e maior produtividade do milho-pipoca. O número de impactos de gotas por centímetro quadrado, a cobertura e o depósito nos alvos e o diâmetro mediano volumétrico foram influenciados pelas pontas de pulverização e pelos volumes de calda. Concluiu-se que a utilização de inseticidas via sementes ou via sulco, a associação de inseticidas químicos e biológicos na parte aérea e as aplicações de inseticidas com pontas de jatos planos e volumes de 75 a 150 L ha⁻¹ contribuem para reduzir os danos causados pela *S. frugiperda* e aumentar o rendimento de grãos em milho-pipoca.

Palavras-chave: Lagarta-do-cartucho. Tratamento de sementes. Inseticidas químicos. Inseticidas biológicos. Tecnologia de aplicação

ABSTRACT

MANAGEMENT OF *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN POPCORN MAIZE, WITH THE ASSOCIATION OF INSECTICIDE APPLICATIONS, SPRAY VOLUMES AND NOZZLES

AUTHOR: Natalie Moraes Feltrin

ADVISOR: Walter Boller

The popcorn maize crop is a appreciated variety in Brazil, considered of high economic value, with greater susceptibility to pests and diseases, and its main pest is the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). This pest is a polyphagous species and its attack occurs at all stages of crop growth, which can cause limiting damage to production. The most used control is still chemical control. Among the integrated pest management (IPM) strategies, the use of biological insecticides has demonstrated efficiency, being essential for the maintenance of sustainable production with lower costs. The objectives of this dissertation were to evaluate the effectiveness of insecticide application of furrow application and seed treatment, insecticide combinations, and application technology in the control of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in popcorn maize. The dissertation consists of three scientific articles. The first is entitled "Management of *Spodoptera frugiperda* in popcorn maize with the application of insecticides via furrow and seed treatment", which aims to evaluate the effectiveness of seed treatment and insecticide applications in furrow in the control of *S. frugiperda* in popcorn maize. It was concluded that the insecticides Fortenza® and Dermacor®, applied via seed treatment and Premium® via furrow, contribute to the control of *S. frugiperda*. The second article, entitled "Management of *Spodoptera frugiperda* in popcorn maize with associations of chemical and biological insecticides" aimed to evaluate the effect of different managements, combining chemical and biological insecticides, in the control of *S. frugiperda*, under natural infestation in corn. popcorn. It was concluded that the management with the association of chemical and biological insecticides based on Baculovirus *spodoptera* demonstrates effectiveness in reducing insect pest damage. In the third article, "Management of *Spodoptera frugiperda* in popcorn maize with the association of insecticide applications, spray volumes and spray tips", the objective of the study was to evaluate the relationship of insecticide effectiveness, spray volumes and spray tips in the control of *S. frugiperda* in popcorn. The results indicate that the fan tip associated with spray volumes of 75, 100 and 150 L ha⁻¹ provides greater effectiveness in controlling *S. frugiperda* and greater productivity of popcorn maize. The number of droplet impacts per square centimeter, the coverage and deposit on the targets and the volumetric median diameter was influenced by spray nozzles and spray volumes. It was concluded that the use of insecticides via seeds or furrows, the association of chemical and biological insecticides on the shoots and the applications of insecticides with flat jet tips and volumes of 75 to 150 L ha⁻¹ contribute to reducing the damage caused by *S. frugiperda* and increase grain yield in popcorn maize.

Keywords: Fall armyworm. Seed treatment. Chemical insecticides. Biological insecticides. Application technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Notas de dano em plantas de milho-pipoca, em resposta a diferentes inseticidas aplicados via sementes ou via sulco para controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> . Santa Maria - RS, 2022.	38
Figura 2: Percentual de plantas de milho-pipoca com classificação de danos ≥ 3 (escala Davis) em resposta a aplicações de inseticidas para controle de <i>S. frugiperda</i> via sementes (TS) ou via líquido no sulco (LS). Santa Maria – RS, 2022.....	39
Figura 3: Plantas de milho pipoca com danos de <i>S. frugiperda</i> . (a) parcela tratada com inseticida e (b) parcela sem inseticida (testemunha). Santa Maria - RS, 2022.....	49
Figura 4: Notas de danos causados por <i>S. frugiperda</i> em plantas de milho-pipoca, tratadas com diferentes programas de inseticidas químicos e biológicos. Santa Maria-RS, 2022.	55
Figura 5: Percentual de plantas de milho pipoca com classificação de danos $\geq 3,0$ (escala Davis) sob diferentes programas de inseticidas (P) contra a <i>Spodoptera frugiperda</i> . Santa Maria-RS, 2022.	56
Figura 6: Resultados das interações para notas de danos da lagarta <i>S. frugiperda</i> em milho-pipoca nos dias de avaliação 4DA2P E 4DA4P. Santa Maria-RS, 2022.....	71
Figura 7: Produtividade de milho-pipoca (Kg ha^{-1}) em resposta a aplicação de dois inseticidas com quatro volumes de calda para o controle de <i>S. frugiperda</i> . Santa Maria-RS, 2022.....	74
Figura 8: Área coberta (%) em alvos artificiais, na pulverização do inseticida espinetoram com dois tipos de pontas e quatro volumes de aplicação. Santa Maria-RS, 2022.	74
Figura 9: Número de impactos de gotas cm^{-2} em alvos artificiais, na pulverização do inseticida espinetoram em função do volume de calda com diferentes pontas de pulverização. Santa Maria-RS, 2022.	75
Figura 10: Diâmetro mediano volumétrico (DMV – μm) dos impactos de gotas da pulverização do inseticida espinetoram com dois tipos de pontas e quatro volumes de aplicação. Santa Maria-RS, 2022.	76
Figura 11: Depósito de traçador azul brilhante ($\mu\text{g/cm}^2$) em folhas de milho-pipoca) em função do volume de calda com diferentes pontas de pulverização. Santa Maria-RS, 2022.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos com inseticidas utilizados para o controle de <i>S. frugiperda</i> em milho-pipoca.....	34
Tabela 2: Notas de danos pela Escala de Davis obtidas entre oito e 46 dias após a emergência da cultura do milho pipoca em resposta a aplicações de inseticidas para controle de <i>S. frugiperda</i> via tratamento de sementes e via sulco de semeadura. Santa Maria – RS, 2022.	37
Tabela 3: Área abaixo da curva de progresso de dano das lagartas (AACPD), redução de danos (controle - %) e produtividade de milho-pipoca (kg ha^{-1}), como resposta a aplicações de inseticidas para controle de <i>S. frugiperda</i> via sementes e via sulco. Santa Maria – RS, 2022.	38
Tabela 4: Inseticidas, concentrações e doses de produto comercial recomendadas para o controle de <i>S. frugiperda</i> em milho-pipoca. Santa Maria-RS, 2022. Erro! Indicador não definido.	
Tabela 5: Inseticidas utilizados para compor os programas de manejo* da lagarta-do-cartucho do milho (<i>Spodoptera frugiperda</i>) em Milho- Pipoca. Santa Maria-RS, 2022.	48
Tabela 6: Notas de dano de <i>S. frugiperda</i> pela Escala de Davis, na cultura do Milho-Pipoca, em diferentes tempos (dias) após a aplicação de programas de inseticidas. PPGEA/UFSM, Santa Maria – RS, 2022.....	53
Tabela 7: Área abaixo da curva de progresso de dano das lagartas (AACPD), redução de danos (controle - %) e produtividade de milho-pipoca (kg ha^{-1}) como resposta à programas com aplicações de inseticidas químicos e biológicos para controle de <i>S. frugiperda</i> . Santa Maria - RS, 2022.	54
Tabela 8: Pontas de pulverização, espectro de gotas e condições operacionais de pressão e velocidade de deslocamento utilizadas nas aplicações de inseticidas para o controle da <i>Spodoptera frugiperda</i> . Santa Maria-RS, 2022.....	67
Tabela 9: Dados meteorológicos, no momento de cada aplicação. Santa Maria-RS, 2022.	68
Tabela 10: Danos causados em milho-pipoca pela <i>S. frugiperda</i> em resposta a aplicações de dois inseticidas em diferentes momentos de avaliação. Santa Maria-RS, 2022.....	72
Tabela 12. Médias de AACPD, redução de danos, percentual de plantas com danos ≥ 3 e em função dos inseticidas, das pontas de pulverização e dos volumes de calda. Erro! Indicador não definido.	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	A IMPORTÂNCIA DO MILHO-PIPOCA <i>Zea mays</i> l. Everta.....	17
3.2	ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DA LAGARTA <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
3.3	CONTROLE DE <i>Spodoptera frugiperda</i>	19
3.4	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.....	20
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
	ARTIGO 1 - MANEJO DE <i>Spodoptera frugiperda</i> EM MILHO PIPOCA COM A APLICAÇÃO DE INSETICIDAS VIA SULCO E TRATAMENTO DE SEMENTES	30
5	INTRODUÇÃO	32
6	MATERIAIS E MÉTODOS	34
7	RESULTADOS	36
8	DISCUSSÃO	40
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ARTIGO 2 - MANEJO DE <i>Spodoptera frugiperda</i> EM MILHO PIPOCA COM ASSOCIAÇÕES DE INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	44
10	INTRODUÇÃO	46
11	MATERIAIS E MÉTODOS	47
12	RESULTADOS	51
13	DISCUSSÃO	57
14	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ARTIGO 3 - MANEJO DE <i>Spodoptera frugiperda</i> EM MILHO PIPOCA COM A ASSOCIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	63
15	INTRODUÇÃO	65
16	MATERIAIS E MÉTODOS	67

17	RESULTADOS.....	71
17.1	CONTROLE DE <i>Spodoptera frugiperda</i> E PRODUTIVIDADE DE MILHO-PIPOCA.....	71
17.2	ANÁLISE DO ESPECTRO DE GOTAS E DA DEPOSIÇÃO	74
18	DISCUSSÃO	77
19	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
20	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

1 INTRODUÇÃO

A estimativa para a safra de milho comum em 2021/2022 indica um volume de produção de 115,6 milhões de toneladas em 21,24 milhões de hectares (CONAB, 2022). Atualmente a produção de milhos especiais tornou-se bastante atraente devido ao valor agregado, destinado principalmente à alimentação humana (BRANDÃO, 2018). Dentre esses tipos, o milho-pipoca, que é uma variedade muito apreciada no Brasil e apresenta valor comercial superior ao do milho comum (FREIRE et al., 2020). Segundo a CONAB (2021), estima-se que a área de milho pipoca representa menos de 0,5 % da área total de milho comum.

As plantas de milho-pipoca, quando comparadas ao milho comum são mais precoces, apresentam uma maior suscetibilidade à doenças e pragas e uma menor produtividade de grãos, devido a diversos fatores tecnológicos, climáticos e fitossanitários (NUNES et al., 2003; PEREIRA FILHO et al., 2010).

Isto influi diretamente na produtividade da cultura, uma vez que o ataque de pragas ocasiona perdas relevantes da mesma. A incidência destes agentes sobre a cultura do milho-pipoca, pode determinar prejuízos à produção (FERNANDES et al., 2003). Dentre as espécies, merece destaque a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae) (J.E. SMITH, 1797), especialmente pela dificuldade de controle e devido aos danos provocados à cultura (CRUBELATI, 2010).

No Brasil, a lagarta-do-cartucho, é o principal inseto-praga da cultura do milho, por sua ampla distribuição geográfica e incidência durante todo o ano (MENDES et al., 2011; WAQUIL; BOREGAS; MENDES, 2008). Por ser um inseto-praga que ataca a planta ainda em estágio de plântula, é extremamente prejudicial à cultura do milho. Seu ataque ocorre em todas as fases de crescimento da cultura, se estendendo até a fase de maturação fisiológica quando ataca os grãos em desenvolvimento (AFONSO-ROSA; BARCELOS, 2012; FIGUEIREDO et al., 2006).

A ocorrência de *S. frugiperda* na fase inicial, pode causar danos limitantes à produção e, por consequência, as perdas podem chegar a 73% da produção (GRÜTZMACHER et al., 2000; ARIAS et al., 2011), dependendo do estado fenológico da planta, período de infestação e intensidade da infestação da praga (CRUZ et al., 1999).

A *S. frugiperda* apresenta um comportamento alimentar polífago, devido a sua diversidade alimentar, que vem acompanhada de condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento de plantas que constam em sua dieta (MONNERAT et al., 2006; CRUZ, 1995). Isto é facilitado pelo fato da *S. frugiperda* apresentar mais de 100 espécies de plantas

hospedeiras capazes de favorecer tanto o estabelecimento como o aumento de sua densidade populacional no campo (RODRIGUES et al., 2015).

A alta taxa de infestação de *S. frugiperda* e as perdas econômicas causadas levaram a aplicações intensivas de inseticidas químicos para o seu controle (CARVALHO et al., 2013). Contudo, quando aplicados de maneira indiscriminada, os inseticidas acabam por aumentar os níveis de resistência de insetos, uma vez que ocorre a seleção da população de insetos resistentes (DIEZ-RODRÍGUEZ; OMOTO, 2001).

Entretanto, tem aumentado significativamente o uso de alternativas ao controle químico, como a utilização de bioinseticidas viáveis para o controle de insetos na agricultura. Dentre estes, destacam-se o *Baculovirus spodoptera* e o *Bacillus thuringiensis (Bt)*, que atuam no combate à praga de forma sustentável e ambientalmente correta (CUNHA; OKURA, 2018; MONNERAT et al., 2006).

Em vista disso, visando ampliar a eficiência no controle de pragas, torna-se necessário utilizar tecnologias capazes de atingir o alvo na quantidade necessária, obtendo o máximo de eficiência (MATUO, 1990; SOARES, 2014). Dentre os fatores envolvidos na relação entre impacto e retenção das gotas no alvo, estão a pressão utilizada na pulverização e condições micrometeorológicas que afetam a qualidade da aplicação (CONTIERO et al., 2018).

Em milho-pipoca, o processo de produção e comercialização é pouco estudado, faltando informações para o controle da lagarta-do-cartucho. Nesse contexto, surge a necessidade de maiores pesquisas brasileiras relativas ao cultivo do milho-pipoca, com uma ampliação das formas de controle da *S. frugiperda*, através do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Estas informações são de grande relevância, tendo em consideração o avanço do mercado de milhos especiais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia do tratamento de sementes, de combinações de inseticidas e da tecnologia de aplicação no controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) em milho pipoca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar a eficácia do tratamento de sementes e de aplicações de inseticidas em sulco de semeadura no controle da *S. frugiperda* em milho-pipoca;
- ✓ Avaliar o efeito de programas de manejo, associando inseticidas químicos e biológicos, no controle de *S. frugiperda*, sob infestação natural em milho-pipoca;
- ✓ Avaliar a eficácia de inseticidas x volumes de calda x pontas de pulverização no controle de *S. frugiperda* em milho-pipoca.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A IMPORTÂNCIA DO MILHO-PIPOCA *Zea mays* L. Everta

O milho-pipoca (*Zea mays* L. Everta), pertencente a ordem Poales e família das Poaceae, que apresenta um tipo especializado de milho. Sua diferenciação frente ao milho comum se dá devido ao milho-pipoca possuir uma fina cápsula que envolve o endosperma do grão (SILVA, 2017). A principal característica das espigas de milho-pipoca são grãos pequenos, que, ao serem submetidos a aquecimento, estouram e formam flocos (OLIVEIRA et al., 2016; REGITANO-D'ARCE et al., 2015).

Atualmente o Brasil desponta como o segundo maior produtor de milho-pipoca no mundo, uma vez que é uma cultura de alta rentabilidade e de alto valor econômico. Exemplo disso é a produção da safra de milho-pipoca, que se aproxima de 80 mil toneladas anuais (MIRANDA et al., 2011; SILVA et al., 2009). No Brasil, há um crescimento no consumo de pipoca sendo destacado em estudos, que o valor econômico da pipoca é de três vezes o do milho convencional. Outro aspecto que limita a produção brasileira é o fato de que o produto nacional apresenta qualidade inferior ao importado, o que afeta o interesse do setor produtivo (MOTERLE et al., 2012).

Zinsly e Machado (1987) ressaltam que genótipos com maiores índices de capacidade de expansão têm maior valor comercial, uma vez que apresentam maior textura e, em consonância a isto, proporcionam a maciez da pipoca. Desta forma, utiliza-se como parâmetro de avaliação de qualidade do milho-pipoca o índice de capacidade de expansão (ICE), este índice é obtido a partir da relação entre o volume da flor de pipoca obtido com determinado volume ou massa de grãos, estabelecendo uma relação direta com a maciez da pipoca (SAWAZAKI, 2010). Para este índice, uma boa população de milho-pipoca deve apresentar ICE acima de 21 mL. mL⁻¹, já índices acima de 26 mL. mL⁻¹ são considerados como excelentes (GALVÃO et al., 2000).

Contudo, há uma dificuldade de encontrar no mercado cultivares que reúnam boas características agronômicas e alto índice de capacidade de expansão do milho-pipoca (SEIFERT et al., 2006). Entretanto, os caracteres agronômicos do milho-pipoca são negativamente correlacionados com os caracteres de qualidade da pipoca – pós-embalada (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002).

Neste contexto, é necessário investimentos em pesquisa, com o melhoramento de populações para o desenvolvimento de cultivares de elevado padrão agronômico, devido a

ocorrência de pragas ser um fator limitante a produção do milho-pipoca (REIS; MIRANDA FILHO, 2003, GASSEN, 1996).

3.2 ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DA LAGARTA *Spodoptera frugiperda*

Uma das principais pragas da cultura do milho é a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797), pertencente à ordem Lepidoptera, é considerada uma espécie endêmica no hemisfério ocidental, possui grande capacidade de dispersão, é polífaga e apresenta voracidade pelas suas hospedeiras (PERUCA, 2015). Entre seus hospedeiros preferidos, para além do milho, estão inclusas culturas economicamente importantes, como sorgo, arroz, trigo, batata, soja, algodão e a cana-de-açúcar (GOERGEN et al., 2016). Desse modo, práticas eficazes de manejo da *S. frugiperda* devem levar em conta um componente essencial, a presença de plantas hospedeiras dentro e ao redor das áreas de cultivo (MONTEZANO et al., 2018).

A lagarta-do-cartucho, embora tenha preferência por cartuchos das plantas jovens, a mesma se alimenta da planta em todos os estágios de desenvolvimento da cultura, como os estigmas e as espigas (GALLO et al., 2002). Atualmente, tem-se dificuldade de controle com o uso de métodos tradicionais, diante de sua frequência de ocorrência, bem como, pelos danos causados à cultura (CUNHA, 2017; MORAES et al., 2015).

As características necessárias para essa elevada ocorrência são observadas em sua biologia, hábitos alimentares, resistência a inseticidas e falta de critérios no manejo com inseticidas para controle da *Spodoptera frugiperda*, além do uso de doses não recomendadas, podem levar à perdas na produção de até 100 % (JUNIOR, 2020; BLANCO et al., 2016). A taxa de desenvolvimento larval da lagarta do cartucho geralmente dura de 14 a 21 dias, visto que no sexto ínstar, as lagartas podem atingir 4,5 cm de comprimento, sendo caracterizadas por uma forma de Y invertido na cabeça, e quatro manchas pretas dispostas em um quadrado no último segmento abdominal (RWOMUSHANA, 2019).

Seu ataque inicial ocorre desde a fase mais sensível da planta, a partir da eclosão das neonatas, onde estas penetram na planta hospedeira e se desenvolvem sob condições protegidas, inicialmente raspam a superfície foliar e deixam uma membrana translúcida (GOERGEN et al., 2016; MOREIRA & ARAGÃO, 2009). Assim como, ao longo de todo período de desenvolvimento, as lagartas maiores atuam cortando inteiramente a base do caule devido a sua mandíbula conter arestas cortantes e serrilhadas, e resultam em folhas esqueléticas e verticilos vitrificados (POGUE, 2002).

Entre os danos ocasionados pela *S. frugiperda*, as injúrias foliares no período de desenvolvimento da planta e o ataque do pendão e da espiga durante todo o estágio reprodutivo, reduzem a capacidade fotossintética da planta e a redução da produtividade da cultura (GALLO et al., 2002).

Frente a isso, a *S. frugiperda* pode promover uma grande dependência do uso de inseticidas químicos, devido a sua alta densidade populacional e danos que ocasiona, que demandam um alto investimento para o seu controle (OLIVEIRA et al., 2018; CUNHA, 2017).

3.3 CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda*

Na cultura do milho, a lagarta-do-cartucho promove perdas significativas na produção, pela voracidade das lagartas e pela ocorrência ao longo do ciclo da cultura, com reduções na produtividade que variam em torno de 34% a 40%, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta (CRUZ; GONÇALVES; FIGUEIREDO, 2002). O ataque da praga é mais comum no período vegetativo da planta quando provoca injúrias foliares, no entanto, tem sido observado o ataque do pendão e da espiga durante o estágio reprodutivo (OTA et al., 2011).

Historicamente, a estratégia de controle utilizada para o combate da lagarta-do-cartucho é a pulverização de produtos fitossanitários (CAMPOS, 2013). O controle pode ser realizado de diversos modos, mas o mais utilizado ainda é o controle químico (HELLWIG et al., 2017). No entanto, entre as estratégias do manejo integrado de pragas (MIP), o uso de inseticidas biológicos tem demonstrado eficiência, sendo fundamental para a manutenção da produção sustentável com menores custos.

Diferentes grupos químicos de inseticidas têm sido utilizados para o controle, como as diamidas, piretróides e organofosforados que têm demonstrado eficiência (GARAVAZO, et al., 2020). Entretanto, de modo a manejar a evolução da resistência aos inseticidas tem-se como principal estratégia de manejo, a rotação de ingredientes ativos com diferentes modos de ação (SUDO et al., 2017; BARBOSA, 2019).

Dentre os principais inseticidas biológicos, o *Baculovirus Spodoptera*, vírus da poliedrose nuclear (VPN), apresenta alta eficiência no controle do inseto-praga, devido a não degradação da epiderme do inseto, além de ser específico no controle da espécie alvo, responsável pela infecção do mesêntero dos insetos (DORNELES JUNIOR, 2020).

Todavia, os inseticidas pertencentes ao gênero *Bacillus* são um dos pesticidas mais usados, com destaque para o *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) (Bacillales: Bacillaceae), uma vez que produz cristais, que causam a destruição das células epiteliais que revestem o

intestino do inseto (SZEWCZYK et al., 2006; RAYMOND et al., 2010). Assim, esse método de controle deve fazer parte de um conjunto de medidas, como associação com produtos fitossanitários, para que as populações permaneçam abaixo do nível de dano econômico (WAGUIL; VIANA; CRUZ, 2020).

O tratamento das sementes com inseticidas é considerado o método mais eficiente no controle de pragas durante o desenvolvimento inicial das culturas (CASTRO et al., 2008), fornecendo à planta um adequado período de proteção contra insetos, a fim de aumentar a produtividade e diminuir os custos de insumos (SILVA, 1998; MELO; FAGIOLI; SUSSTRUNK, 2010). Da mesma forma, o uso de inseticidas em sulcos de semeadura apesar de ser pouco difundido no Brasil demonstra ser uma alternativa promissora no controle de pragas iniciais com aplicação de inseticidas líquidos e granulados, com maior persistência na proteção das plantas (POSSEBON, 2011).

Contudo, uma das maiores dificuldades de controle da lagarta-do-cartucho, no que concerne ao milho-pipoca, encontra-se em atingi-la durante a aplicação. Isto ocorre devido ao hábito desta espécie se alojar no cartucho da planta, além de migrarem pela planta. Isto dificulta o controle da *S. frugiperda*, pois impossibilita o inseticida de atingir o alvo com eficácia (CARVALHO et al., 2013).

3.4 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia de aplicação é um fator de extrema importância para obter sucesso na aplicação de inseticidas, que deverá garantir a deposição do produto no alvo, de forma econômica e eficiente, com o mínimo de contaminação ao ambiente (CUNHA, 2008; MATTHEWS, 2002). Diante da finalidade de obter máxima eficiência nas pulverizações é necessário realizar as operações com precisão, devido o transporte de um ingrediente ativo iniciar-se com o preparo da solução, seguido pela pulverização, e sucede durante a trajetória e o impacto das gotas na superfície da folha, onde poderão ser absorvidas através da cutícula (WIRTH et al., 1991).

Conforme Antuniassi e Boller (2019), no controle de insetos, a localização do alvo biológico e o comportamento da praga, a obtenção de gotas de tamanho adequado e o modo de ação dos produtos químicos são aspectos fundamentais para a seleção de pontas de pulverização, visto que influenciam na qualidade de deposição do produto no alvo (RODRIGUES et al., 2012). Nesse aspecto, a escolha correta da ponta de pulverização pode

contribuir para o aumento da penetração e depósito dos produtos nos terços médio e inferior das culturas (COSTA; POLANCZYK, 2019).

A qualidade da cobertura e a eficácia biológica das aplicações são dependentes do diâmetro das gotas, visto que quanto menor o tamanho das gotas produzidas pelo jato, maior será o número de gotas que atingirão a superfície desejada na aplicação (NUYTTENS et al., 2007; ANTUNIASSI et al., 2017).

Assim, entende-se que a uniformidade de distribuição volumétrica das gotas é diretamente alterada pelo espaçamento entre pontas, pressão de trabalho, altura da barra em relação ao alvo e ângulo de abertura do jato das pontas de pulverização, e tem como parâmetros de maior importância para a determinação da população de gotas, o diâmetro mediano volumétrico (DMV), a amplitude relativa (AR) e a porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 μm (VIANA *et al.*, 2010).

As gotas pequenas são mais adequadas para a penetração entre as folhas da planta, com uma maior eficácia no combate a pragas e doenças, porém aumentam o risco de deriva em virtude da diminuição do tamanho das gotas geradas (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; LEITE; SERRA, 2013). A utilização de gotas finas é recomendada quando é necessária uma maior cobertura e penetração no dossel das plantas, especialmente em monocotiledôneas e para a aplicação de produtos não sistêmicos (COSTA; POLANCZYK, 2019; CHECHETTO et al., 2014). Contudo, a pulverização de gotas maiores propicia menor cobertura do alvo, pois devido ao peso, com uma maior velocidade, normalmente não se aderem à superfície das folhas (NUYTTENS et al., 2009; CUNHA, 2003).

Nesse sentido a aplicação eficiente de agrotóxicos só é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição uniforme, espectro de gotas homogêneo e de tamanho adequado (CUNHA, 2003). Bem como, está condicionada ao tamanho e posição do alvo, pela velocidade da gota e direção do fluxo de ar e à influência dos fatores meteorológicos e biológicos (RUFER, 2011).

A ação dos agrotóxicos é influenciada, dentre os fatores meteorológicos, pela temperatura e umidade relativa do ar por serem determinantes no tempo de vida de uma gota no percurso até o alvo (ALVARENGA, 2012). As gotas menores que 100 μm são mais suscetíveis às condições meteorológicas, devido às gotas evaporarem em condições de baixa umidade relativa, temperatura elevada, alta velocidade de vento e serem levadas pela corrente de ar (RUEDELL, 2002; RUFER, 2011).

Da mesma forma, a taxa de aplicação é um importante parâmetro que interfere diretamente na cobertura e depósito da pulverização. O aumento na taxa de aplicação, assim

como a redução do tamanho de gotas, em teoria, proporcionam melhoria no nível de cobertura em função do maior número de gotas pulverizadas até o alvo, no entanto, existe uma tendência a reduzir a taxa de aplicação, devido à autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores terrestres e aéreos, reduzindo os custos de aplicação e aumentando a eficiência operacional das pulverizações (MARTINS, 2019).

A redução do volume de calda requer um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada, para manter qualidade e eficiência das aplicações, o que torna a seleção das pontas de pulverização bastante criteriosa e importante (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006; CHECHETTO et al., 2014).

Contudo, a baixa eficiência do controle químico da praga está associada a escolha dos inseticidas químicos e doses a serem utilizadas (FIGUEIREDO; CRUZ; DELLA LUCIA, 1999, CRUZ et al., 2008). Outro problema encontrado ao controle por inseticida é a incompatibilidade entre o posicionamento dos bicos com a linha de semeadura na pulverização de inseticidas em área total, onde, parte da calda não atinge o alvo (CAMPOS, 2013).

Uma forma para melhorar a qualidade da aplicação, é a adição de adjuvantes à calda, devido alterarem as características físico-químicas das soluções da calda de pulverização, incluindo tensão superficial, viscosidade, pH e condutividade elétrica minimizando os efeitos do ambiente, essas substâncias podem ajudar a reduzir a taxa de aplicação (SOARES, 2014; CARBONARI et al., 2005; AZEVEDO; CASTELANI, 2019; IOST; RAETANO, 2010).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO-ROSA, A. P. S.; BARCELOS, H. T. **Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho**. Pelotas: Embrapa clima temperado, 2012. (Documentos, 344).

ALVARENGA, C. B. **Automatização de um pulverizador hidropneumático visando o controle do espectro de gotas em função do déficit de pressão de vapor d'água do ar**. 2012. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ANTUNIASSI, U. R. *et al.* Pontas de pulverização hidráulicas. *In*: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. rev., amp. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 87-88.

ANTUNIASSI, U. R. *et al.* Tecnologia de aplicação: definição e princípios básicos. *In*: ANTUNIASSI, U. R. *et al.* (Orgs.). **Entendendo a tecnologia de aplicação**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2017. p. 9-11.

ARIAS, R. S. *et al.* First microsatellite from *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their potential use for population genetics. **Annals of the Entomological Society of America**, [S. l.], v. 104, n. 3, p. 576-587, 2011.

AZEVEDO, L.; CASTELANI, P. **Agricultural adjuvants for crop protection**. Rio de Janeiro: Imos Gráfica, 2019.

BARBOSA, M. G. **Estratégias no manejo de resistência de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) e de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): rotação de inseticidas e controle biológico com parasitoide**. 2019. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

BLANCO, C. A. *et al.* Current situation of pests targeted by Bt crops in Latin America. **Current Opinion in Insect Science**, [S. l.], v. 15, p. 131-138, jun. 2016.

BRANDÃO, L. M. **Análise agroeconômica de milhos especiais**. 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, 2018.

CAMPOS, H. B. N. **Pulverização conjugada à fertilização para controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes híbridos de milho, em função do volume de calda e ponta de pulverização**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

CARBONARI, C. A. *et al.* Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. *et al.* Correlações entre caracteres quantitativos em milho-pipoca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 551-554, 2002.

CARVALHO, R. A. *et al.* Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PLoS One**, [S. l.], v. 8, n. 4, 2013.

CASTRO, G. S. *et al.* Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1311-1318, 2008.

CECCON, G. *et al.* Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 227-237, 2004.

CHECHETTO, R. G. *et al.* Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado do Mato Grosso. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 89-97, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2021/22, n. 1 primeiro levantamento. Brasília: CONAB, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 out. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2021/22, n. 7 sétimo levantamento. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 11 maio 2022.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de aplicação. *In*: BRANDÃO FILHO, J. U. T. *et al.* (Coord.). **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 401-449.

COSTA, L. L.; POLANCZYK, R. A. **Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias**. Jaboticabal: Funep, 2019.

CRUBELATI, N. C. S. **Avaliação da resistência de híbridos simples de milho pipoca à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/475779>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CRUZ, I.; GONÇALVES, E. P.; FIGUEIREDO, M. L. C. Effect of a nuclear polyhedrosis virus on *Spodoptera frugiperda* (Smith) larvae, its damage and yield of maize crop. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, p. 20-27, 2002.

CRUZ, J. C. *et al.* **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

CRUZ, I. *et al.* Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, n. 4, p. 293-296, 1999.

CUNHA, I. C. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda***: eficiência do uso do *Baculovirus spodoptera* e outras técnicas. 2017. 34 f. Dissertação (Mestrado em Inovação Tecnológica) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2017.

CUNHA, I. C.; OKURA, M. H. Controle Biológico de *Spodoptera frugiperda*: eficiência do uso de *Baculovirus spodoptera* e outras técnicas. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, Uberaba, v. 3, n. 1, p. 32-47, out. 2018.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. **Tecnologia de aplicação do Chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro**. 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja 495 em função de ponta de pulverização e volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p.1360-1366, 2006.

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-cialotrina. **Neotropical Entomology**, [S. l.], v. 30, p. 311-316, 2001.

\DORNELES JUNIOR, J. **Características físico-químicas de *Baculovirus spodoptera* e a compatibilidade com produtos fitossanitários para o manejo integrado de *spodoptera frugiperda* (j. e. smith, 1797) (lepidoptera: noctuidae)**. 2020. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.

FERNANDES, O. D. *et al.* Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 25-35, 2003.

FIGUEIREDO, M. L. C.; CRUZ, I.; LUCIA, T. M. C. D. Controle integrado de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott) utilizando-se o parasitóide *Telenomus remus nixon*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 34, n. 11, p. 1975-1982, 1999.

FIGUEIREDO, M. L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C.; CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus Nixon* (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses upon release in a maize field. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, p. 12-19, 2002.

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

FREIRE, A. I. *et al.* Amylose content and micromorphology of popcorn progenies with different popping expansion volumes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 2, p. 1-8, 2020.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GALVÃO, J. C. C. *et al.* Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra. **Revista Ceres**, Minas Gerais, v. 47, p. 201-218, 2000.

GARAVAZO, F. *et al.* Comparativo do controle biológico e químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Ensaios Pioneiros**, Bragança Paulista, v. 4, n. 1, p. 89-98, 2020.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996.

GASSEN, D. N. **Pragas iniciais em milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 49). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co49.htm. Acesso em: 12 jan. 2022.

GOERGEN, G. *et al.* First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. **PLoS One**, [S. l.], v. 11, n. 10, 2016.

GRÜTZMACHER, A. D. *et al.* Insetos-pragas das culturas do milho e sorgo no agroecossistema de várzea. *In*: PARFITT, J. M. B. **Produção de milho e sorgo na várzea**. Pelotas: Embrapa de Clima Temperado, 2000. p. 87-101.

HELLWIG, L. *et al.* Efeito do aumento da densidade de larvas de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 337-350, 2017.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 670-680, jul./ago. 2010.

LEITE, M. F.; SERRA, J. C. V. Evaluation of environmental impacts in the application of pesticides. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 3, p. 675-682, 2013.

MARTINS, P. H. A. **Uso de sensor multiespectral para estimativa da taxa de aplicação na pulverização agrícola da cultura do algodoeiro**. 2019. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2019.

MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. *In*: WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. (Orgs.). **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p. 345-353.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990.

MELO, L. F.; FAGIOLI, M.; SUSSTRUNK, T. F. Tratamento de sementes de milho com fipronil e thiamethoxam e sua influência fisiológica nas sementes. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 31, n. 2, p. 49-56, 2010.

MENDES, S. M. *et al.* Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 239-244, 2011.

MIRANDA, D. S. *et al.* Avaliação da qualidade do milho-pipoca. **Revista Tecnológica**, Chapecó, p. 13-20, 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/277171789_Avaliacao_da_qualidade_do_milho-pipoca. Acesso em: 22 out. 2021.

MONNERAT, R. *et al.* Genetic variability of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) populations from Latin America is associated with variations in susceptibility to *Bacillus thuringiensis* Cry toxins. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v. 72, n. 11, p. 7029-7035, 2006.

MONTEZANO, D. G. *et al.* Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v. 26, n. 2, p. 286-300, 2018.

MORAES, A. R. A.; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 1, p. 50-57, 2015.

MOREIRA, H. J. C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas do milho**. Campinas: IAC, 2009.

MOTERLE, L. M. *et al.* Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. **Euphytica**, [S. l.], v. 185, p. 337-347, 2012.

NUNES, H. V. *et al.* Comportamento de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 290, p. 445-460, 2003.

NUYTTENS, D. *et al.* Droplet size and velocity characteristics of Agricultural Sprays. **American Society of Agricultural Engineers**, [S. l.], v. 53, n. 4, p. 1471-1480, 2009.

NUYTTENS, D. *et al.* Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, [S. l.], v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

OLIVEIRA, E. R. *et al.* Toxicity of *Cymbopogon flexuosus* essential oil and citral for *Spodoptera frugiperda*. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 4, p. 408-419, aug. 2018.

OLIVEIRA, F. J. V. *et al.* Avaliação de diferentes dosagens de esterco caprino na cultura do milho pipoca (*Zea Mays* L.) na região do submédio do Vale do São Francisco. **Revista A Barriguda**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 323-331, 2016.

OTA, E. C. Desempenho de cultivares de milho em relação à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 850-859, 2011.

PEREIRA FILHO, I. A. *et al.* **A cultura do milho-pipoca**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

PERUCA, R. D. **Consumo alimentar e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Noctuidae) alimentada com folhas de soja, submetidas à herbivoria prévia**. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2015.

POGUE, M. G. **A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée: (Lepidoptera: Noctuidae)**. Philadelphia: American Entomological Society, 2002.

POSSEBON, S. B. **Desempenho de uma semeadora-adubadora e métodos de aplicação de inseticidas no sulco em plantio direto**. 2011. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

RAYMOND, B. *et al.* *Bacillus thuringiensis*: an impotent pathogen? **Trends in Microbiology**, [S. l.], v. 18, n. 5, p. 189-94, 2010.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. *et al.* Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. **Visão Agrícola**, São Paulo, n. 13, p. 138-140, 2015.

REIS, A. J. S.; MIRANDA FILHO, J. B. Autocorrelação espacial na avaliação de compostos de milho para resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 65-72, 2003.

RODRIGUES, G. J.; TEIXEIRA, M. M.; ALVARENGA, C. B. Desempenho operacional e pontas hidráulicas na determinação de parâmetros da pulverização hidropneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 8-15, jan./fev. 2012.

RODRIGUES, S. M. M. *et al.* Ocorrência de *Spodoptera frugiperda* em lavouras de milho safrinha em Rio Verde, GO e SINOP, MT. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2015.

RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Plantio Direto**, Brasília, v. 19, n. 6, p. 9-11, 2002.

RUVER, A. **Transposição de calda de pulverização através da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) utilizando diferentes pontas de pulverização**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

RWOMUSHANA, I. *Spodoptera frugiperda* (**lagarta-do-cartucho**): compêndio de espécies invasoras. Wallingford: CABI, 2019.

SANCHES, R. E. **Avaliação da resistência de genótipos de milho pipoca à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*)**. 2014. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

SAWAZAKI, E. Milho pipoca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: ABMS, 2010.

SEIFERT, A. L. *et al.* Análise combinatória de populações de milho pipoca em topcrosses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 771-778, 2006.

SILVA, M. T. B. Inseticidas na proteção de sementes e plantas. **Seed News**, Pelotas, n. 5, p. 26-27, maio/jun. 1998.

SILVA, S. G. **Classificação e análise de grãos e sementes de milho pipoca**. 2017. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SILVA, V. Q. R. *et al.* Capacidade combinatória entre linhagens de milho-pipoca. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO PLANTAS*, 5., 2009, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SBMP, 2009.

SOARES, A. M. L. **Horários de aplicação localizada ou em área total e uso de adjuvantes para o controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) na cultura do milho.** 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

SUDO, M. *et al.* Optimal management strategy of insecticide resistance under various insect life histories: Heterogeneous timing of selection and interpatch dispersal. **Evolutionary Applications**, [S. l.], v. 11, p. 271-283, 2017.

SZEWCZYK, B.; HOYOS-CARVAJAL, L.; PALUSZEK, M. Baculoviruses-re-emerging biopesticides. **Biotechnology Advances**, [S. l.], v. 24, p. 143-160, 2006.

TEODORO, A. V. *et al.* ***Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): novas pragas de cultivos da Região Nordeste.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 131).

VIANA, R. G. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

WAGUIL, J. M.; BOREGAS, K. G. B.; MENDES, S. M. **Viabilidade do uso de hospedeiros alternativos como área de refúgio para o manejo da resistência da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no cultivo do milho-Bt.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 160).

WAGUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I. Manejo integrado de pragas (MIP). **Embrapa**, Brasília, 2020. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_70_16820051120.html. Acesso em: 21 out. 2021.

WIRTH, W.; STORP, S.; JACOBSEN, W. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. **Pesticides Science**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 411-420, 1991.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho-pipoca. *In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Eds.). Melhoramento e produção do milho.* Campinas: Fundação Cargill, 1987.

RESUMO

ARTIGO 1 - MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* EM MILHO PIPOCA COM A APLICAÇÃO DE INSETICIDAS VIA SULCO E TRATAMENTO DE SEMENTES

AUTORA: Natalie Moraes Feltrin
ORIENTADOR: Walter Boller

A cultura de milho-pipoca é considerada de alto valor econômico, com maior susceptibilidade a pragas e doenças, quando comparado ao milho comum, e tem como principal praga a lagarta-do-cartucho. A aplicação de inseticidas via sulco e tratamento de sementes são importantes alternativas para o manejo integrado de pragas, visando o controle de pragas iniciais, e evitam perdas de produtividade. O experimento foi conduzido em Santa Maria, Rio Grande do Sul, durante a safra 2020/21. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. O experimento foi composto por cinco inseticidas químicos, sendo três inseticidas aplicados via tratamento de sementes, e dois aplicados via sulco. As avaliações foram realizadas a cada quatro dias a partir do início da emergência até 28 dias após a emergência (DAE), de acordo com a Escala de Davis (1992), utilizando a escala de dano de 0-9. As avaliações de dano foliar foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso dos danos da lagarta (AACPD). Após o término do ciclo da cultura, procederam-se as avaliações para análise de produtividade. Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos a análise estatística pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do *software R*[®]. Os resultados demonstram que clorraniliprole e ciantraniliprole aplicados via tratamento de sementes e clorraniliprole via sulco, contribuem para maior controle de *S. frugiperda* e maior produtividade do milho-pipoca.

Palavras-chave: Lagarta-do-cartucho. Manejo Integrado de Pragas. Inseticidas químicos

ABSTRACT**ARTICLE 1 - MANAGEMENT OF *Spodoptera frugiperda* IN POPCORN MAIZE WITH THE APPLICATION OF INSECTICIDES VIA FURROW AND SEED TREATMENT**

AUTHOR: Natalie Moraes Feltrin

ADVISOR: Walter Boller

The popcorn maize crop is considered of high economic value. It has a greater susceptibility to pests and diseases as well as its main pest is the fall armyworm. The application of insecticides via furrow and seed treatment is an important alternative for integrated pest management, aiming at the control of initial pests, and avoiding productivity losses. The experiment was conducted in Santa Maria, Rio Grande do Sul, during the 2020/21 harvest. The experimental design was random blocks with four repetitions. The experiment was composed of five chemical insecticides, three insecticides applied via seed treatment and two insecticides applied via furrow. Evaluations were conducted every four days from the beginning of the emergency until 28 days after the emergency (DAE), according to the Davis Scale (1992), using the damage scale of 0-9. Leaf damage assessments were integrated as an area below the track damage progress curve (AACPD). After the end of the crop cycle, the evaluations were conducted for productivity analysis. After data collection, they were submitted to statistical analysis by F-Test at 5% probability of error. The means were compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). The analysis was performed with the R® Software. The results demonstrate that cloranthraniliprole and cyanotraneliprole applied via seed treatment and chloranthraniliprole via furrow can contribute to the control of *S. frugiperda*. and greater productivity of popcorn.

Keywords: Fall armyworm. Integrated Pest Management. Chemical insecticides

5 INTRODUÇÃO

O milho-pipoca é considerado de alto valor econômico, com maior susceptibilidade a pragas e doenças e caracteriza-se por apresentar uma fina cápsula que envolve o endosperma do grão (CRUBELATI, 2010; SILVA et al., 2009). Um dos problemas enfrentados na cultura é um menor número de cultivares com boas características agronômicas (SEIFERT et al., 2006).

A lagarta-do-cartucho (Lepidoptera: Noctuidae) é uma importante praga agrícola e um dos insetos mais destrutivos do milho pipoca. As lagartas se alimentam de muitas espécies de plantas, mas atacam preferencialmente as gramíneas (HARDKE et al., 2015). As lagartas jovens desfolham as folhas de milho e em instares larvais tardios criam buracos e folhas espirais irregulares, de modo que danos à espiga podem levar a aflatoxinas, perda da qualidade do grão e redução na produtividade (RWOMUSHANA, 2019).

A alta população da praga devido à dificuldade de controle pelo seu comportamento larval e a aplicação intensiva de inseticidas tem elevado os casos de resistência a diferentes classes de inseticidas (CARVALHO et al., 2013; BURDET et al., 2017). Entre os inseticidas, as diamidas antranílicas atualmente são indicadas para uso em tratamento de sementes, devido às características físico-químicas, importantes para a translocação do ingrediente ativo na planta (SELBY et al., 2016).

Dentre os métodos para o controle da *S. frugiperda*, o controle químico é o mais utilizado. O tratamento de sementes surgiu como uma importante alternativa para o manejo integrado de pragas, visando o controle de pragas iniciais, com a proteção de plântulas em até três semanas após a semeadura e evitam perdas de produtividade (GRÜTZMACHER et al., 2000; CRUZ et al., 1999).

Assim como, no Brasil o uso de inseticidas em sulcos de semeadura tem demonstrado um potencial de desenvolvimento, como uma alternativa vantajosa e tem como benefício aplicar de forma mais precisa (GASSEN, 2000). A aplicação via sulco possibilita uma distribuição do inseticida em um maior número de pontos ou linhas, com influência na cobertura do solo, permitindo uma maior proteção das plantas expostas às pragas de solo (GUEDES e PERINI, 2019).

Apesar da importância do milho-pipoca, o seu processo de produção é pouco estudado, as informações envolvendo o controle da lagarta do cartucho são escassas. Nesse contexto, surge a necessidade de pesquisas à busca de métodos alternativos de manejos da *Spodoptera frugiperda*, com a ampliação das formas de controle, através do manejo integrado de pragas

(MIP). O objetivo deste trabalho foi avaliar eficácia da aplicação de inseticidas via sulco e tratamento de sementes no controle da *S. frugiperda* em milho-pipoca.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

O cultivo das plantas de milho-pipoca foi realizado em campo no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil (29°43'28 "S e 53°33'34" O), durante a safra de 2020/2021. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e cada parcela foi composta por seis fileiras de milho (espaçadas 0,50 m entre linhas) com 5,0 m de comprimento. O experimento para avaliar a eficácia do tratamento de sementes (TS) e aplicação no sulco de semeadura foi composto por cinco inseticidas químicos e uma testemunha (sem tratamento) (Tabela 1).

Tabela 1: Tratamentos com inseticidas utilizados para o controle de *S. frugiperda* em milho-pipoca.

Inseticida	Concentração	Dose e modo de aplicação
T1- Fortenza® - Ciantraniliprole - TS	600 g/L	250 mL / 60.000 sementes (TS)
T2 - Dermacor® - Clorantraniliprole - TS	625 g/L	72 mL / 60.000 sementes (TS)
T3 - Cropstar ® - Imidacloprid + tiodicarbe - TS	150 g/L + 450 g/L	350 mL / 60.000 sementes (TS)
T4 - Prêmio® - Clorantraniliprole - Sulco	200 g/L	200 mL / ha (via sulco)
T5 - Benevia® - Ciantraniliprole - Sulco	100 g/L	600 mL / ha (via sulco)
T6 - Testemunha	---	---

(TS) = Nos tratamentos T1, T2 e T3, os inseticidas foram aplicados via tratamento de sementes
(Via sulco) = Nos tratamentos T4 e T5, os inseticidas foram aplicados nos sulcos de semeadura

Em pré-semeadura, para o controle de plantas daninhas, foi utilizado o herbicida glifosato (1620 g i.a. ha⁻¹) e a semeadura foi realizada em 28 de outubro de 2020, com densidade de 4,0 sementes por metro. Em tratamento de sementes para cada inseticida, foi utilizado 0,5 kg de sementes, que foram colocadas em sacos de plástico transparentes com capacidade de dois quilogramas e realizada a homogeneização. Nas parcelas com aplicação de inseticidas nos sulcos, os mecanismos cobridores de sementes da semeadora foram regulados para mantê-los abertos. Para aplicar os inseticidas foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com uma ponta de pulverização de jato cônico vazio da série Jacto JA-2 montada no bico sem o difusor, distribuindo-se 75 L ha⁻¹. Posteriormente as sementes foram cobertas manualmente, com auxílio de uma enxada.

A adubação de reposição, realizada no sulco de semeadura, foi com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante composto N-P₂O₅-K₂O (5-20-20) e, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, nos estádios V4 e V8, respectivamente.

Aos 14 dias após a emergência das plantas de milho pipoca, na presença de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, aplicou-se o herbicida atrazina na dose de 2,0 L ha⁻¹, com volume de calda de 150 L ha⁻¹. As avaliações foram realizadas a cada quatro dias a partir do início da emergência até 28 dias após a emergência (DAE) utilizando a escala de dano de 1-9 (DAVIS; WILLIAMS, 1992).

A partir dos 30 dias após a emergência do milho pipoca, foram realizadas aplicações semanais do inseticida Exalt® (espinetoram - 100 mL p.c. ha⁻¹), com volume de calda de 150 L ha⁻¹, visando o manejo das pragas e preservar efeito dos tratamentos iniciais.

Todas as avaliações foram integralizadas para obter um indicador que expressasse os efeitos de cada tratamento ao longo do ciclo da cultura, utilizando-se a equação para o cálculo da área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD), segundo Campbell & Madden (1990), muito utilizada em fitopatologia. Para tanto, as avaliações de dano foliar foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso dos danos da lagarta (AACPDL), adaptada de Campbell & Madden (1990), através da equação: $AACPDL = \sum [(y_1 + y_2)/2] \times (t_2 - t_1)$, onde: y_1 e y_2 são, respectivamente, as leituras de dano foliar, nos tempos t_1 e t_2 , que são as datas de duas leituras de danos consecutivas.

Comparando-se o valor da AACPDL obtido em cada parcela com a média da AACPDL na testemunha sem aplicação de inseticidas, calculou-se a percentagem de redução de dano causado pela praga às plantas de milho pipoca em cada tratamento.

Ao final do ciclo da cultura, colheu-se as espigas nas plantas de duas fileiras centrais para estimar a produtividade. As espigas foram debulhadas manualmente e os grãos pesados e determinado seu teor de umidade. A produtividade foi expressa em kg ha⁻¹, com o teor de umidade ajustado para 15%.

Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos à análise estatística (ANOVA FATORIAL) pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do *software* R®.

7 RESULTADOS

Os dados apresentados na Tabela 02 correspondem às notas atribuídas à severidade das injúrias causadas pelo inseto, de acordo com a escala de notas proposta por Davis e Williams (1992), efetuadas entre oito até 46 dias após emergência (DAE). Somente aos oito, 12, 29 e 46 DAE das plantas de milho pipoca houve diferença significativa entre os tratamentos.

Nos primeiros 29 dias, os inseticidas controlaram satisfatoriamente a lagarta. Não houve diferença significativa para os tratamentos em 17, 21, 25, 34, 38 e 42 DAE. O coeficiente de variação variou entre 11,7% e 23,8%, pois a variável se trata de notas, justificando valores mais elevados. Verifica-se que na testemunha sem inseticida (Figura 1), ocorreu a presença da lagarta em todos os períodos de avaliação, sendo que a maior incidência de danos ocorreu aos 29 DAE. Ainda, a partir de 34 DAE, observou-se uma redução nos danos em todos os tratamentos.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2) aos 8, 12, 29 e 46 dias após a emergência (DAE). Aos 8 e 32 DAE, os inseticidas Cropstar® (1,27), Fortenza® (1,57) e Dermacor® (1,62) foram os tratamentos mais eficazes no controle de *S. frugiperda*, sem diferir entre si. Aos 12, 17, 21, 25 e 34 DAE, os inseticidas Fortenza® (4,23), Dermacor® (4,33) e Cropstar® (4,65) foram mais efetivos no controle de *S. frugiperda* em relação aos demais tratamentos. Aos 29 DAE, os inseticidas Fortenza® (5,30), Prêmio (5,32), Dermacor® (5,59), Benevia® (5,82) e Cropstar® (6,05) diferiram significativamente em relação à testemunha. Aos 42 e 46 DAE, os inseticidas Dermacor® (2,31), Fortenza® (3,07) e Cropstar® (3,51) obtiveram as melhores médias no controle de *S. frugiperda*.

Os tratamentos com os inseticidas Fortenza® e Dermacor® aplicados via tratamento de sementes apresentaram o menor percentual de notas ≥ 3 , com 60% e 52 % respectivamente (Figura 3), não diferindo dos demais tratamentos Prêmio®, Cropstar® e Benevia®. A testemunha apresentou um percentual de 87,50% de plantas atacadas com dano ≥ 3 . Com base nos resultados da utilização da equação da AACPD (Tabela 3), os tratamentos que resultaram nas maiores reduções dos danos foram os inseticidas Fortenza® (29,2%) e Dermacor® (27,7%), via sementes e Prêmio® via sulco (27,6%).

Os valores para a variável produtividade de grãos (Tabela 3) variaram de 2495 kg ha⁻¹ para o tratamento testemunha diferindo estatisticamente dos tratamentos Dermacor®, Fortenza®, Prêmio®, Cropstar® e Benevia®, que produziram 4530 kg ha⁻¹, 4288 kg ha⁻¹, 4134 kg ha⁻¹, 3621 kg ha⁻¹ 3607 kg ha⁻¹, respectivamente, com um coeficiente de variação de 5,54%. Este fato evidencia a importância da utilização do tratamento de sementes, que protege a produtividade de grãos na cultura do milho pipoca.

Tabela 2: Notas de danos pela Escala de Davis obtidas entre oito e 46 dias após a emergência da cultura do milho pipoca em resposta a aplicações de inseticidas para controle de *S. frugiperda* via tratamento de sementes e via sulco de semeadura. Santa Maria – RS, 2022.

INSETICIDA	DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)									
	8	12	17	21	25	29	34	38	42	46
Fortenza®	1,57±0,26b	3,12±1,16b	3,50±1,00 ^{ns}	4,77±1,28 ^{ns}	5,12±0,80 ^{ns}	5,30±0,47b	3,62±1,25 ^{ns}	3,55±1,00 ^{ns}	3,85±0,40 ^{ns}	2,30±0,32b
Dermacor®	1,62±0,74b	2,80±0,50b	3,62±1,03	4,87±0,76	5,32±0,78	5,59±0,42b	3,82±0,39	3,42±0,68	2,80±0,82	1,82±0,62b
Cropstar®	1,27±0,19b	2,40±0,83b	4,15±1,03	5,50±0,81	5,77±1,00	6,05±0,34b	4,07±1,28	3,22±0,95	3,72±0,17	3,30±0,18a
Prêmio®	2,25±0,41a	3,22±0,71b	3,67±1,30	5,10±0,84	4,70±1,27	5,32±1,19b	3,41±1,09	3,92±0,58	3,02±0,39	2,72±0,50b
Benevia®	1,97±0,26a	4,22±0,43a	4,90±0,51	5,12±0,66	5,12±1,26	5,82±1,05b	4,05±0,26	2,37±0,88	3,2±1,60	2,32±0,95b
Testemunha	2,60±0,50a	4,52±0,45a	5,15±1,01	6,22±0,40	6,82±0,22	6,97±0,36a	5,65±0,72	4,77±0,88	4,60±1,13	4,00±0,47a
C.V (%)	21,02	16,84	20,14	13,16	16,44	11,77	23,74	18,92	23,88	20,08

^{ns} = Não significativo pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si no Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 1: Notas de dano em plantas de milho-pipoca, em resposta a diferentes inseticidas aplicados via sementes ou via sulco para controle de *Spodoptera frugiperda*. Santa Maria - RS, 2022.

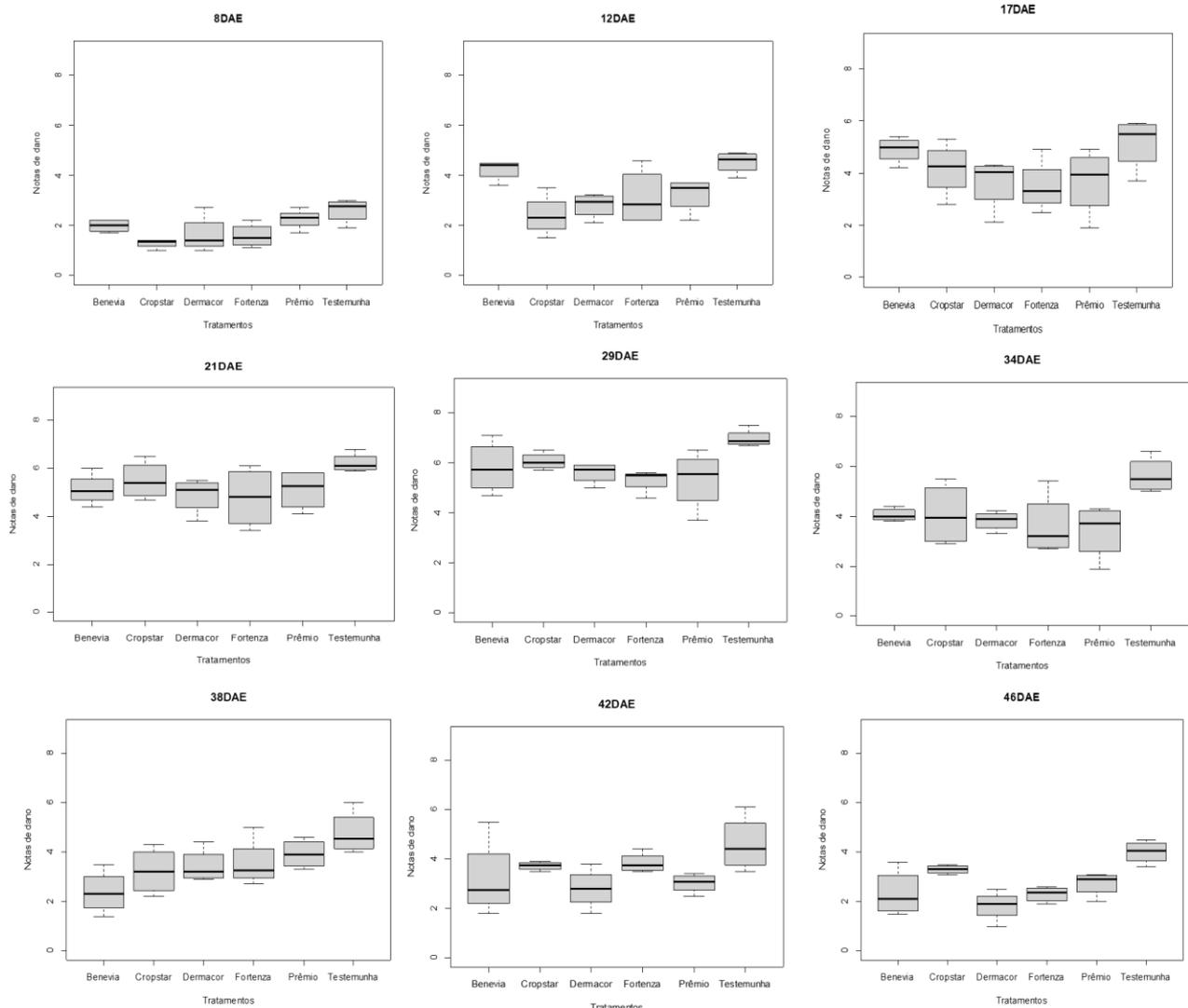
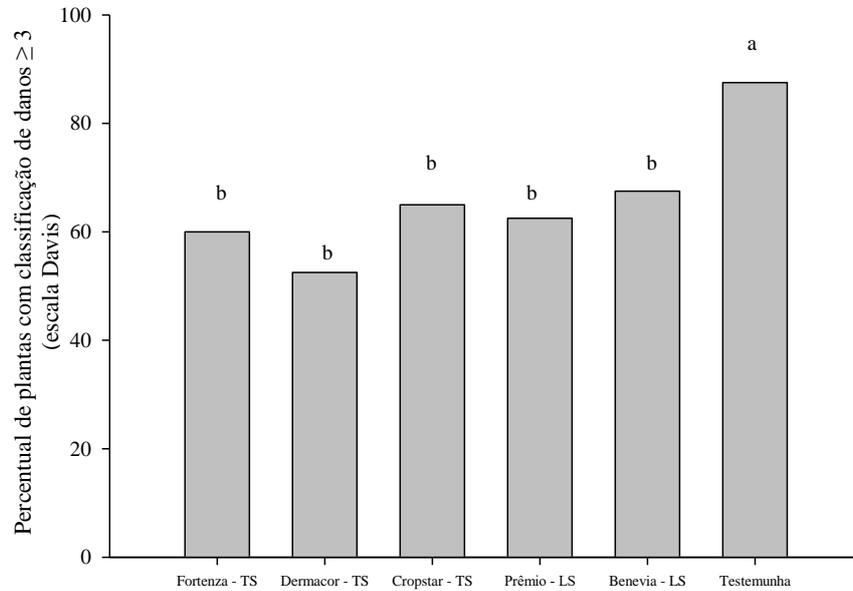


Tabela 3: Área abaixo da curva de progresso de dano das lagartas (AACPD), redução de danos (controle - %) e produtividade de milho-pipoca (kg ha^{-1}), como resposta a aplicações de inseticidas para controle de *S. frugiperda* via sementes e via sulco. Santa Maria – RS, 2022.

INSETICIDA	AACPD	Controle (%)	Produtividade (kg ha^{-1})
1 - Fortenza® - Ciantraniliprole - TS	146,93 c	27,71 a	4288±61 b
2 - Dermacor® - Clorantraniliprole - TS	143,89 c	29,21 a	4530±110 a
3 - Cropstar® - Imidacloprid + tiodicarbe - TS	157,09 b	22,71 b	3621±114 c
4 - Prêmio® - Clorantraniliprole - Sulco	147,26 c	27,55 a	4134±478 b
5 - Benevia® - Ciantraniliprole - Sulco	157,40 b	22,56 b	3607±216 c
6 - Testemunha	203,25 a	0,00 c	2495±222 d
CV (%)	4,92	18,12	5,54

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si no Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 2: Percentual de plantas de milho-pipoca com classificação de danos ≥ 3 (escala Davis) em resposta a aplicações de inseticidas para controle de *S. frugiperda* via sementes (TS) ou via líquido no sulco (LS). Santa Maria – RS, 2022.



Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

8 DISCUSSÃO

Esse experimento de campo foi conduzido com milho pipoca, uma cultura com maior suscetibilidade a ocorrência de pragas, e apresenta um maior risco de infestação da praga, o que pode ter influenciado a estimativa da eficácia de tratamentos de sementes contra uma infestação precoce da lagarta. Em estudos, é relatado que a proteção limitada do tratamento de sementes contra as infestações iniciais de pragas pode ocorrer devido as diferenças na absorção e translocação dos inseticidas (STAMM et al., 2016).

Dentre as alternativas de controle de *S. frugiperda*, inseticidas aplicados via tratamento de sementes mostrou-se eficiente, com controle superior principalmente de 8 até 17 DAE, com destaque para os inseticidas clorraniliprole (Dermacor[®]) e ciantraniliprole (Fortenza[®]), que apresentaram bons resultados no controle da praga, entretanto, não foi suficiente para atrasar ou reduzir as aplicações de inseticidas na parte aérea. Esses tratamentos são importantes ferramentas de manejo para diminuir as perdas de área foliar contra danos de lagarta no desenvolvimento inicial da cultura.

Os inseticidas clorraniliprole e ciantraniliprole pertencem ao grupo das diamidas antranílicas, que são potentes ativadores do receptor de rianodina, que tem como principal característica alta atividade inseticida e baixa toxicidade para mamíferos (LAHM et al., 2007). Em estudos de Pes et al. (2020), os inseticidas clorraniliprole e o ciantraniliprole aplicados em tratamento de semente apresentaram mortalidade das lagartas até o estágio V6 das plantas de milho. Também, em estudos, demonstra que em tratamentos com o inseticida clorraniliprole em comparação com a testemunha, o número de danos foi baixo e proporcionou maior produtividade (CARSCALLEN et al., 2019; SILVA, 2021).

Os resultados demonstraram que no período de oito e de 12 dias após a emergência (DAE), o tratamento de sementes com imidacloprid + tiodicarbe reduziram os danos da praga. Essas observações estão de acordo com os estudos de Muraro et al., (2020), que relataram controle das infestações da *S. frugiperda* nos estágios iniciais de crescimento do milho, ao utilizar o tratamento de sementes com imidacloprid + tiodicarbe ou clorraniliprole. Contudo, no presente experimento, após 17 DAE o tratamento com imidacloprid + tiodicarbe, não reduziu os danos, apresentando uma proteção limitada, fato este também já constatado por Ceccon et al., (2004). É importante destacar que o tratamento com inseticida Cropstar, obteve o menor estande inicial entre os tratamentos, que afetou a população de plantas e pode ter comprometido o rendimento de grãos.

Conforme a AACPDL, na estimativa de redução de danos (controle - %), o inseticida Prêmio[®] diferiu significativamente do Benevia. Quando aplicado via sulco, o inseticida clorantraniliprole (Prêmio[®]) proporcionou um maior percentual de redução de danos da lagarta-do-cartucho em relação ao inseticida ciantraniliprole (Benevia[®]). O efeito do inseticida ciantraniliprole foi maior na alternativa tratamento de sementes, comparado a aplicação de líquidos no sulco de semeadura. Em trabalhos de Bellettini et al., (2012), inseticidas aplicados via sulco apresentaram eficiência superior a 80% no controle da lagarta do cartucho. Assim como, em trabalhos de Possebon (2011), demonstra que em arroz irrigado no controle de *O. Oryzae*, a aplicação de inseticidas líquidos e granulados no sulco de semeadura apresentaram-se eficientes no controle deste inseto-praga.

Da mesma forma, Ávila et al., (2014) verificaram que, no controle de coró (*Liogenys fusca*), o inseticida clorpirifós (720 g. ha⁻¹), aplicado no sulco de semeadura, afetou o desenvolvimento das larvas, garantindo melhor desenvolvimento inicial das plantas e proporcionou maior rendimento de grãos de soja. O rendimento de grãos para o milho pipoca apresentou diferenças estatísticas entre as alternativas de aplicação de inseticidas, exceto para o inseticida Fortenza (TS) que não diferiu significativamente do inseticida Prêmio (LS).

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; SANTOS, V. Control of the White Grub *Liogenys fusca* (Blanchard) (Coleoptera: Melolontidae) using insecticides on seeds and in soybean (*Glycine max*) Sowing Furrow. **BioAssay**, [S. l.], 9, p. 1-7, 2014.
- BELLETTINI, S. *et al.* Eficiência de inseticidas sob duas formas de aplicação no controle da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABMS, 2012.
- BURTET, L. M. *et al.* Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 73, n. 12, p. 2569-2577, 2017.
- CARVALHO, R. A. *et al.* Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PLoS One**, [S. l.], v. 8, n. 4, 2013.
- CARSCALLEN, G. E.; KHER, S. V.; EVENDEN, M. L. Efficacy of chlorantraniliprole seed treatments against armyworm (*Mythimna unipuncta* [Lepidoptera: Noctuidae]) Larvae on Corn (*Zea mays*). **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 112, p. 188-195, 2019.
- CECCON, G. *et al.* Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 227-237, 2004.
- CRUBELATI, N. C. S. **Avaliação da resistência de híbridos simples de milho pipoca à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.
- CRUZ, I. *et al.* Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, n. 4, p. 293-296, 1999.
- GASSEN, D. N. **Pragas iniciais em milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 49). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co49.htm. Acesso em: 12 jan. 2022.
- GRÜTZMACHER, A. D. *et al.* Insetos-pragas das culturas do milho e sorgo no agroecossistema de várzea. In: PARFITT, J. M. B. **Produção de milho e sorgo na várzea**. Pelotas: Embrapa de Clima Temperado, 2000. p. 87-101.
- GUEDES, J. C.; PERINI, C. R. Tecnologia de aplicação de inseticidas em culturas anuais. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais 2**. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2019. p. 303-315.
- HARDKE, J. T.; LORENZ III, G. M.; LEONARD, B. R. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) ecology in southeastern cotton. **Journal of Integrated Pest Management**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 10-18, 2015.

LAHM, G. P. *et al.* Rynaxypyr™: Um novo antranilicdiamida inseticida que atua como um potente e seletivo ativador do receptor de rianodina. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, Oxford, v. 17, n. 22, p. 6274-6279, 2007.

MURARO, D. S. *et al.* Performance of seed treatments applied on Bt and non-Bt maize against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, [S. l.], v. 49, n. 5, p. 1137-1144, 2020.

PES, M. P. *et al.* Translocation of chlorantraniliprole and cyantraniliprole applied to corn as seed treatment and foliar spraying to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **PLoS One**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. e0229151, 2020.

POSSEBON, S. B. **Desempenho de uma semeadora-adubadora e métodos de aplicação de inseticidas no sulco em plantio direto**. 2011. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SELBY, T. P.; LAHM, G. P.; STEVENSON, T. M. Um olhar retrospectivo sobre inseticidas antranílicos de diamida: descoberta e otimização de chumbo para clorantraniliprole e ciantraniliprole. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 73, p. 658-665, 2016.

SILVA, I. G. *et al.* Tratamento de sementes de milho para controle da lagarta-do-cartucho. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2021, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Confea, 2021.

STAMM, M. D. *et al.* Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 72, n. 6, p. 1099-1109, 2016.

RESUMO

ARTIGO 2 - MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* EM MILHO PIPOCA COM ASSOCIAÇÕES DE INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS.

AUTORA: Natalie Moraes Feltrin
ORIENTADOR: Walter Boller

A cultura de milho-pipoca é um tipo de milho especial considerado de alto valor econômico, com maior susceptibilidade a pragas e doenças, e tem como praga-chave a lagarta-do-cartucho. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de programas de manejo, associando inseticidas químicos e biológicos, no controle de *S. frugiperda*, sob infestação natural em milho pipoca. O cultivo das plantas de milho-pipoca foi realizado em condições de campo em Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil durante a primeira safra de 2020/2021. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. O experimento foi composto por nove inseticidas químicos e dois inseticidas biológicos. Os inseticidas foram testados em forma de programas (aplicações sequenciais com associações de inseticidas químicos e biológicos). A aplicação dos inseticidas foi realizada, com auxílio de um pulverizador portátil pressurizado com CO₂, calibrado para distribuir 150 L de calda por hectare. Os efeitos dos tratamentos na população de *S. frugiperda* foram avaliados, de forma indireta, a cada quatro dias. Para isso, avaliou-se 10 plantas nas duas fileiras centrais de cada parcela. Foi registrado o dano foliar provocado pela lagarta-do-cartucho, usando a escala visual de notas de zero a 9,0 (zero = nenhum dano e 9,0 = dano grave) proposta por Davis (1992). Foi utilizada a totalidade das avaliações de danos para realizar uma integração dos resultados, utilizando a equação utilizada para o cálculo da área abaixo da curva de progresso de doenças. Ao final do ciclo da cultura, procederam as avaliações para análise de produtividade. Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos a análise estatística pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do *software* R[®]. Os tratamentos mais eficientes, com capacidade de reduzir os danos, foram os programas P6 e P2 (associação do espinetoram aos inseticidas metomil e ao clorpirifós), P4 (espinetoram + metomil + baculovírus, clorantraniliprole + baculovírus e espinetoram + clorpirifós + baculovírus) e P3 (clorantraniliprole + metomil + baculovírus, espinetoram + baculovírus e clorantraniliprole + clorpirifós + baculovírus). A associação de inseticidas químicos e biológicos a base de *Baculovirus spodoptera* demonstra boa eficácia no controle da praga. Destaca-se que os tratamentos P2 e P4 (4714 kg ha⁻¹, 4702 kg ha⁻¹), obtiveram as maiores produtividades.

Palavras-chave: Lagarta-do-cartucho. Manejo Integrado de Pragas. Controle Biológico. Baculovírus. Controle químico

ABSTRACT**ARTICLE 2 - MANAGEMENT OF *Spodoptera frugiperda* IN POPCORN MAIZE WITH CHEMICAL AND BIOLOGICAL INSECTICIDE ASSOCIATIONS**

AUTHOR: Natalie Moraes Feltrin

ADVISOR: Walter Boller

The popcorn maize crop is a special type of corn considered of high economic value, with greater susceptibility to pests and diseases, and has as a key pest the fall armyworm. The cultivation of popcorn maize plants was carried out under field conditions in Santa Maria, state of Rio Grande do Sul, Brazil, during the first harvest of 2020/2021. The experimental design was random blocks with four repetitions. The experiment consisted of nine chemical insecticides and two biological insecticides. The insecticides were tested in the form of programs. The application of insecticides was performed with the aid of a portable sprayer pressurized with CO₂, calibrated to distribute 150 L of spray per hectare. Treatment effects in the population of *S. frugiperda* were evaluated every four days. For this, we evaluated 10 plants in the two central rows of each plot. Leaf damage caused by the fall armyworm was recorded, using the visual scale of notes from zero to 9.0 (zero = no damage and 9.0 = severe damage) proposed by Davis (1992). The totality of the evaluations was used to perform an integration of the results, using the equation to calculate the area below the disease progress curve (AACPD). After the end of the crop cycle, the evaluations were carried out for productivity analysis. After data collection, they were submitted to statistical analysis by F-Test at 5% probability of error. The means were compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). The analyses were performed with the R® Software. The most efficient treatments, in the cultivation harvest, with the ability to reduce damage, were the programs P6 and P2 (association of spinetoram with methomyl and chlorpyrifos insecticides), P4 (spinetoram + methomyl + baculovirus, chlorantraniliprole + baculovirus and spinetoram + chlorpyrifos + baculovirus) e P3 (chlorantraniliprole + methomyl + baculovirus, spinetoram + baculovirus and chlorantraniliprole + chlorpyrifos + baculovirus). The association of chemical and biological insecticides based on *Baculovirus spodoptera* demonstrated good efficacy in pest control. It should be noted that the P2 and P4 treatments (4714 kg ha⁻¹, 4702 kg ha⁻¹) obtained the highest productivity averages.

Keywords: Fall armyworm. Integrated Pest Management. Biological Control. *Baculovirus*. Chemical Control

10 INTRODUÇÃO

O milho pipoca é um tipo de milho especial que apresenta maior susceptibilidade a pragas e doenças, cuja principal característica é a capacidade dos seus grãos expandirem, quando submetidos ao aquecimento, originando a pipoca (CRUBELATI, 2010; EMATNÉ, 2011).

A lagarta do cartucho é uma praga-chave da cultura do milho pipoca, considerada uma espécie polífaga, cujos danos se estendem por todo o período de desenvolvimento reduzindo a área fotossinteticamente ativa da cultura, principalmente nos primeiros estágios, com maior incidência de danos quando ocorre o ataque em plantas com 8 a 10 folhas expandidas (OTA et al., 2011; BARCELOS e ANGELINI, 2018; EICHOLZ, 2020). As lagartas quando perfuram a base da planta, causam uma condição conhecida como “coração morto”, devido atingirem o ponto de crescimento da planta, e impedem a formação de grãos quando atacam as espigas (WANGEN et al., 2015).

Entre os métodos para o controle da *S. frugiperda*, o uso de inseticidas sintéticos é o mais utilizado atualmente. Diversos grupos químicos de inseticidas têm sido usados para reduzir as populações de lagarta-do-cartucho no campo. No entanto, a aplicação intensiva de inseticidas contribuiu para o desenvolvimento da resistência a várias classes, incluindo organofosforados, carbamatos e piretróides (CARVALHO et al., 2013).

O impacto dos inseticidas sobre a mortalidade de pragas agrícolas está relacionado com os seus modos de ação, absorção pelos insetos, e a quantidade do ingrediente ativo do inseticida depositada sobre a folha (CESSA et al., 2013). Para os inseticidas químicos, a forma mais eficiente de translocação nas plantas é através do movimento do xilema, que possibilita uma distribuição uniforme pelas folhas da planta (BOER e SATCHIVI., 2014).

Entre as formas de manejo, no controle biológico apresenta maior ocorrência o vírus do gênero Baculovirus, o nucleopoliedrovírus múltiplo (SfMNPV), específico para *Spodoptera frugiperda*, sendo utilizado em combinação com outros métodos como o químico, visto que, são de grande importância no manejo integrado de pragas, devido a produção sustentável no cenário econômico e ambiental, com o aumento da eficiência de controle da lagarta (GÓMEZ et al., 2013; GARAVAZI et al., 2020). Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de programas de controle, associando inseticidas químicos e biológicos, no controle da lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*), sob infestação natural na cultura do milho-pipoca.

11 MATERIAIS E MÉTODOS

O cultivo das plantas de milho-pipoca foi realizado em condições de campo no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil (29°43'28 "S e 53°33'34" O), durante a primeira safra de 2020/2021. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e cada parcela foi composta por seis fileiras de milho (espaçadas em 0,50 m) x 5,0 m de comprimento.

O experimento foi composto por nove inseticidas químicos e dois inseticidas biológicos. Na Tabela 4 encontram-se os inseticidas e as doses utilizadas. Os inseticidas testados em forma de programas de manejo (Tabela 5) são usualmente utilizados pelos produtores para o controle da lagarta do cartucho no milho pipoca, na região de Campo Novo do Parecis (MT). O programa de manejo utilizado é composto por uma sequência de inseticidas químicos e biológicos, isolados ou em mistura. Para a aplicação de tratamento de sementes (TS) foi utilizado o clorraniliprole (Dermacor[®]) na dose de 72 mL/60.000 sementes, em todos os tratamentos (exceto na testemunha).

Tabela 4: Inseticidas, concentrações e doses de produto comercial recomendadas para o controle de *S. frugiperda* em milho-pipoca. Santa Maria-RS, 2022.

Inseticida	Concentração (i. a.)	Dose utilizada
1. Exalt [®] - Espinetoram	120 g/L	100 mL ha ⁻¹
2. Pirate [®] - Clorfenapir	240 g/L	750 mL ha ⁻¹
3. Belt [®] - Flubendiamida	480 g/L	100 mL ha ⁻¹
4. Benevia [®] - Ciantraniliprole	100 g/L	100 mL ha ⁻¹
5. Lannate [®] - Metomil	440 g/L	1,50 L ha ⁻¹
6. Prêmio [®] - Clorraniliprole	200 g/L	100 mL ha ⁻¹
7. Avatar [®] - Indoxacarbe	150 g/L	400 mL ha ⁻¹
8. Orthene [®] - Acefato	750 g/kg	1,00 kg ha ⁻¹
9. Prêmio [®] + Pirate [®]	200 g/L + 240 g/L	100 mL ha ⁻¹ + 750 mL ha ⁻¹
10. Crystal [®] - <i>Bacillus thuringiensis</i>	6,4 g/kg	1,0 L ha ⁻¹
11. Cartugen [®] - SfMNPV	404 g/L	200 mL ha ⁻¹
12. Ampligo [®] - Lambda cialotrina + Clorraniliprole	50 g/L + 100 g/L	150 mL ha ⁻¹

Em pré-semeadura, para o controle de plantas daninhas, foi utilizado o herbicida glifosato (1620 g i.a. ha⁻¹). A semeadura, no sistema plantio direto, foi realizada em 28 de outubro de 2020, distribuindo-se 4,0 sementes por metro, com espaçamento de 0,50m entre linhas. A adubação de reposição, realizada nos sulcos de semeadura, foi com 300 kg ha⁻¹ do

fertilizante composto N-P₂O₅-K₂O (5-20-20) e, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, nos estádios V4 e V8, respectivamente.

Tabela 5: Inseticidas utilizados para compor os programas de manejo* da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*) em Milho-Pipoca. Santa Maria-RS, 2022.

Programas	1ª aplicação	2ª aplicação	3ª aplicação	4ª aplicação	5ª aplicação
P1	Espinetoram	Clorantraniliprole + Metomil	Espinetoram	Clorantraniliprole + Clorpirifós	Clorfenapir
P2	Clorantraniliprole	Espinetoram + Metomil	Clorantraniliprole	Espinetoram + Clorpirifós	Clorfenapir
P3	Espinetoram	Clorantraniliprole + Metomil + Baculovírus	Espinetoram + Baculovírus	Clorantraniliprole + Clorpirifós + Baculovírus	Clorfenapir + Baculovírus
P4	Clorantraniliprole	Espinetoram + Metomil + Baculovírus	Clorantraniliprole + Baculovírus	Espinetoram + Clorpirifós + Baculovírus	Clorfenapir
P5	Flubendiamida	Espinetoram + Metomil	Flubendiamida	Espinetoram + Clorpirifós	Clorfenapir
P6	Ciantraniliprole	Espinetoram + Metomil	Ciantraniliprole	Espinetoram + Clorpirifós	Clorfenapir
P7	Metomil	Clorantraniliprole + Clorpirifós	Metomil	Espinetoram + Clorpirifós	Clorfenapir
P8	Clorfenapir	Clorantraniliprole + Clorpirifós	Clorfenapir	Flubendiamida + Metomil	Espinetoram + Clorpirifós
P9	Indoxacarbe	Flubendiamida + Clorpirifós	Indoxacarbe	Espinetoram + Metomil	Clorfenapir
P10	Clorantraniliprole+ Clorfenapir	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Baculovírus	Clorantraniliprole + Clorfenapir	Clorfenapir
P11	Acefato	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Baculovírus	Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole	Clorfenapir
P12	Testemunha	Testemunha	Testemunha	Testemunha	Testemunha

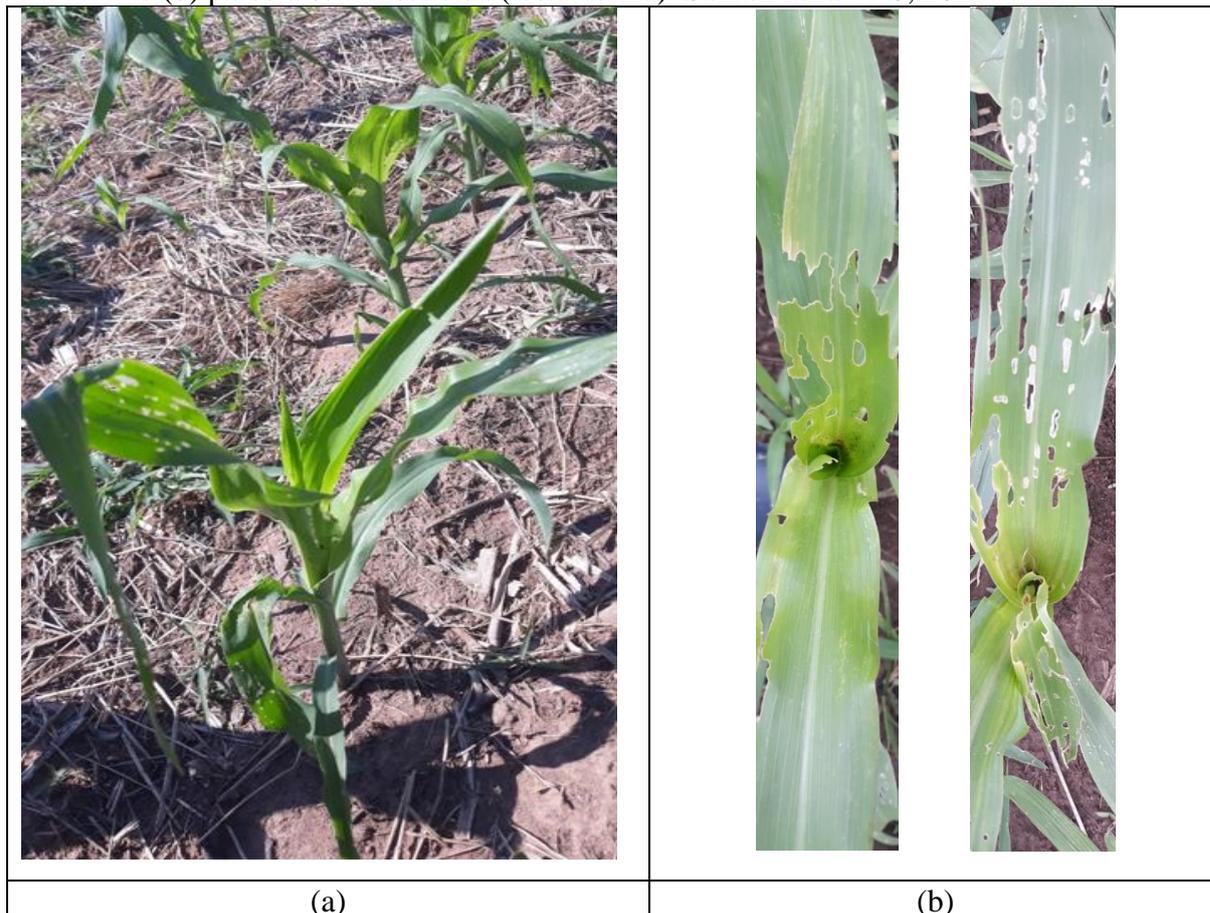
* Os grupos químicos de inseticidas utilizados nos programas de manejo para o controle de *S. frugiperda*, foram representados pelas diamidas (25%), organofosforados (17%), piretroides (8%), espinosinas (8%), metilcarbamatos (8%), oxadiazinas (8%), análogo de pirazol (8%) e inseticidas biológicos (17%).

Aos 14 dias após a emergência das plantas de milho pipoca, na presença de plantas daninhas mono e dicotiledôneas, aplicou-se o herbicida atrazina na dose de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$, com volume de calda de 150 L ha^{-1} .

A aplicação dos inseticidas foi realizada, com auxílio de um pulverizador portátil pressurizado com CO_2 , equipado com pontas de jatos planos da série Magnojet® AD 110015. O pulverizador foi operado com pressão de 2,5 bar (250 kPa) e calibrado para distribuir 150 L de calda por hectare. As aplicações dos tratamentos foram realizadas toda vez que foi atingido o nível de 10% de plantas atacadas com infestação natural. Na prática, os intervalos entre as aplicações variaram entre sete e 10 dias. Os efeitos dos tratamentos na população de *S. frugiperda* foram avaliados, de modo indireto, a cada quatro dias. Para isso, avaliou-se os danos em 10 plantas nas duas fileiras centrais de cada parcela.

Foi registrado o dano foliar (Figura 3) provocado pela lagarta-do-cartucho, utilizando a escala visual de notas de zero a 9,0 (zero = nenhum dano e 9,0 = dano grave) proposta por Davis e Williams (1992).

Figura 3: Plantas de milho pipoca com danos de *S. frugiperda*. (a) parcela tratada com inseticida e (b) parcela sem inseticida (testemunha). Santa Maria - RS, 2022



Com a totalidade das avaliações de danos, realizou-se uma integralização dos resultados, utilizando a equação para o cálculo da área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD), segundo Campbell & Madden (1990), muito utilizada em fitopatologia. As avaliações de dano foliar foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso dos danos da lagarta (AACPDL), através da seguinte equação, adaptada de Campbell & Madden (1990):

$$AACPDL = \sum [((y_1 + y_2) / 2) \times (t_2 - t_1)],$$
 onde: y_1 e y_2 são, respectivamente, as leituras de dano foliar, nos tempos t_1 e t_2 , que são as datas de duas leituras de danos consecutivas.

Comparando-se o valor da AACPDL obtido em cada parcela com a média da AACPDL na testemunha sem aplicação de inseticidas, calculou-se a percentagem de controle do dano, ou seja, a redução de dano causado pela praga às plantas de milho pipoca em cada tratamento.

Ao final do ciclo da cultura, foi realizada a colheita manual das espigas de 10 plantas escolhidas aleatoriamente em duas fileiras centrais da parcela. Para estimar a produtividade de grãos por hectare de cada tratamento, as espigas foram debulhadas e a umidade foi corrigida para 15%, considerando-se uma população de 60.000 espigas por hectare.

Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos a análise estatística (ANOVA-unifatorial) pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro. Havendo diferenças significativas entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do *software* R®.

12 RESULTADOS

Os dados apresentados na Tabela 06 correspondem as notas atribuídas a severidade do ataque do inseto de acordo com a escala de notas proposta por Davis e Williams (1992). Nas amostragens realizadas antes da aplicação dos inseticidas, a lagarta-do-cartucho estava presente de maneira uniforme em toda a área do experimento. É importante destacar que as condições meteorológicas (vide apêndices), de precipitação pluvial irregular na época em que foi conduzido o experimento, influenciaram negativamente no controle da lagarta, devido as infestações de *S. frugiperda* serem favorecidas em períodos de menores índices pluviométricos (GASSEN,1996).

Conforme as médias das avaliações (Figura 4), para 4DA1P (quatro dias após a primeira pulverização de inseticidas), pode-se observar que o tratamento testemunha (P12) diferiu significativamente de todos os programas, sendo o tratamento que resultou no maior dano, enquanto que os demais programas avaliados não diferiram entre si. Na avaliação aos 8DA1P (oito dias após a primeira pulverização de inseticidas) não foram observadas diferenças significativas nos danos entre os tratamentos.

Quando se avalia os danos aos quatro dias após a segunda aplicação (4DA2P), pode-se observar diferenciação entre os resultados das aplicações iniciais. Os programas P5, P8, P9, P11 e P12 foram os que permitiram maior dano, não diferindo entre si, porém distinguiram dos demais programas avaliados. Nessa mesma avaliação, os programas 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 10 não diferiram entre si, porém proporcionaram danos significativamente menores que os demais.

No quarto dia após a terceira aplicação (4DA3P) observou-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos, sendo os programas 5, 7, 8, 11 e 12 com as maiores notas de danos, e não diferem entre si, porém diferiram dos demais programas estudados. Os programas que resultaram em menores danos nessa data de avaliação foram P1, P2, P3, P4, P6, P9 e P10, não diferindo entre si.

Aos quatro dias após a quarta aplicação (4DA4P), pode-se observar os menores danos nos programas P1, P2, P3, P4, P5, e P7, que não diferiram entre si, e se diferenciaram dos programas P6, P8, P9, P10, P11 e P12, que obtiveram as maiores notas de danos e não se diferenciaram entre si, ou seja não se diferenciaram da testemunha (P12).

A avaliação em 8DA4P não propiciou diferenças significativas entres os programas, para a escala de danos adotada. Aos doze dias após à quarta aplicação (12DA4P) pode-se observar que o P1 propiciou uma escala de dano maior, juntamente com os programas P8, P9,

P10, P11 e P12, que não diferiram entre si. Os programas P2, P3, P4, P5, P6 e P7, obtiveram as menores notas de danos, não diferindo entre si, porém distinguiram dos demais programas.

Tabela 6: Notas de dano de *S. frugiperda* pela Escala de Davis, na cultura do Milho-Pipoca, em diferentes tempos (dias) após a aplicação de programas de inseticidas. PPGEA/UFSM, santa Maria – RS, 2022.

Programa	Dias após aplicação									
	0 DAP	4 DA1P	8 DA1P	4 DA2P	4 DA3P	4DA4P	8DA4P	12DA4P	4DA5P	8DA5P
P1	1,10±0,81b	2,45±0,79b	4,15±0,78 ^{ns}	4,80±1,11b	4,60±0,48b	3,95±0,95b	2,75±1,34 ^{ns}	3,15±0,38a	3,32±0,93b	2,75±0,80b
P2	1,12±0,09b	2,20±0,76b	3,47±0,98	4,27±1,08b	4,15±1,30b	4,02±1,53b	3,12±0,75	2,47±0,35b	1,52±0,41c	1,60±0,18c
P3	1,15±0,17b	2,15±1,04b	3,37±0,79	4,62±0,29b	4,22±1,30b	3,07±1,12b	2,20±1,78	2,20±1,19b	1,82±0,97c	1,17±0,62c
P4	1,17±0,22b	2,80±0,80b	3,82±0,53	4,35±1,38b	3,20±1,21b	2,82±1,32b	1,32±1,30	2,20±1,81b	2,20±1,35c	1,72±1,04c
P5	1,15±0,17b	3,15±0,44b	4,22±0,57	5,65±0,37a	5,30±0,72a	4,07±1,51b	2,70±1,14	2,40±0,82b	2,97±0,64b	2,67±0,75b
P6	1,05±0,10b	2,40±1,31b	3,65±1,51	3,95±2,17b	4,37±1,37b	3,25±0,54a	2,10±1,10	1,50±0,57b	1,70±0,70c	1,02±0,71c
P7	1,17±0,22b	2,12±0,78b	4,40±0,82	4,92±0,49b	5,25±0,56a	3,77±1,64b	3,20±0,98	2,32±1,36b	3,12±1,12b	2,77±1,08b
P8	1,20±0,14b	2,85±0,59b	4,65±0,70	5,42±1,03a	5,60±0,64a	4,97±1,03a	3,32±1,65	4,15±0,71a	4,35±0,19b	3,35±0,87b
P9	1,12±0,12b	2,72±0,66b	4,07±0,59	5,95±0,24a	6,00±0,48b	5,75±0,85a	2,65±0,92	3,87±1,12a	3,82±0,71b	3,05±0,24b
P10	1,25±0,19b	2,90±1,12b	3,72±0,85	4,12±1,08b	3,70±1,78b	4,65±1,43a	3,72±0,74	3,22±1,44a	4,10±1,28b	3,12±1,25b
P11	1,17±0,12b	2,67±0,79b	4,40±0,53	5,97±0,48a	5,87±0,62a	4,82±0,49a	3,35±1,23	3,32±1,68a	3,97±0,79b	3,02±1,24b
P12 Testemunha	1,55±0,10a	4,42±0,22a	5,40±0,42	6,47±0,15a	6,37±0,12a	6,02±0,62a	4,70±0,40	5,05±0,24a	5,52±0,29a	5,50±0,32a
CV (%)	13,18	28,78	17,88	18,67	19,36	26,76	40,84	35,42	27,45	32,55

^{ns} = Não significativo pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

* Médias seguidas da mesma letra minúscula, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Avaliando-se os danos aos quatro dias após à quinta aplicação (4DA5P), obteve-se três grupos, sendo que a testemunha (P12) apresentou o maior valor de dano. Os programas P1, P5 e P7, P8, P9, P10 e P11 apresentaram danos intermediários, e não diferiram entre si. Os programas com menores danos foram P6, (P2, P3 e P4), também sem distinguir-se entre si. Avaliando-se os danos nas plantas de milho-pipoca aos oito dias após a quinta aplicação (8DA5P), obteve os mesmos resultados que para quatro dias após a quinta aplicação (4DA5P), resultando nos mesmos três grupos pela escala de danos.

Com base na equação AACPD (Tabela 7) todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha.

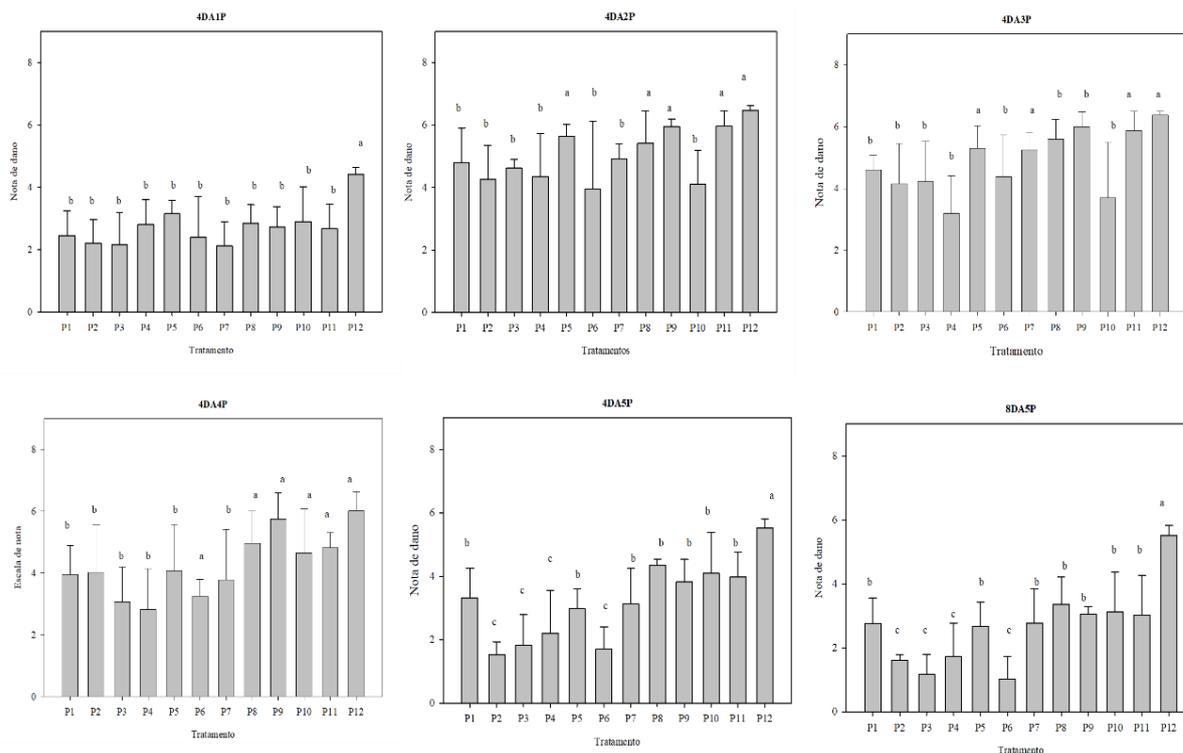
Tabela 7: Área abaixo da curva de progresso de dano das lagartas (AACPD), redução de danos (controle - %) e produtividade de milho-pipoca (kg ha^{-1}) como resposta à programas com aplicações de inseticidas químicos e biológicos para controle de *S. frugiperda*. Santa Maria - RS, 2022.

Programas	AACPD	Controle (%)	Produtividade (kg ha^{-1})
P1	124,40 d	34,15 b	4430±209 a
P2	106,45 c	45,33 a	4714±318 a
P3	99,35 d	46,32 a	4643±228 a
P4	96,70 b	47,55 a	4702±143 a
P5	129,55 b	31,18 b	4331±301 b
P6	96,65 c	50,43 a	4687±327 a
P7	124,40 c	34,18 b	4299±439 b
P8	150,40 d	20,62 c	4290±200 b
P9	147,75 b	22,31 c	3955±219 b
P10	129,35 c	33,20 c	4408±114 a
P11	146,00 d	23,08 b	4154±426 b
Testemunha	190,00 a	0,00 d	2902±189 c
CV (%)	15,98	32,69	5,75

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de cada coluna, não diferem entre si no Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro

Os melhores tratamentos (Tabela 7) foram os programas P6, P4, P3 e P2 com as percentagens de controle (redução de danos) de 50,43%, 47,55% e 46,32% e 45,33, respectivamente, diferindo de todos os demais tratamentos.

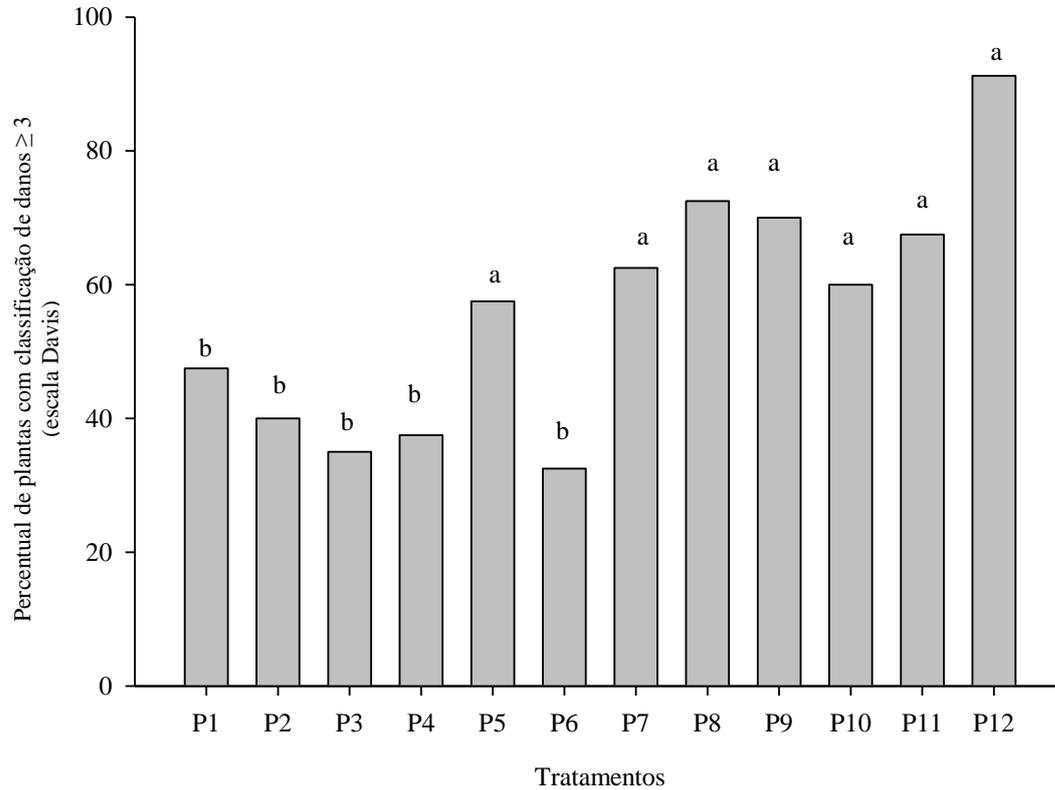
Figura 4: Notas de danos causados por *S. frugiperda* em plantas de milho-pipoca, tratadas com diferentes programas de inseticidas químicos e biológicos. Santa Maria-RS, 2022.



Os programas P1, P2, P3, P4 e P6 apresentaram o menor percentual de notas ≥ 3 (Figura 5), diferindo dos demais tratamentos. Nos tratamentos P1, P2, P4, P3 e P6, a porcentagem de plantas com classificação de dano ≥ 3 foi de 47,5 %, 40%, 37,5 %, 35% e 32,5% respectivamente. A testemunha apresentou um percentual de 91,25% de plantas atacadas com dano ≥ 3 . Nos tratamentos P5, P7, P8, P9, P10 e P11, a porcentagem de plantas com classificação de dano ≥ 3 foi de 57,5%,62,5%,72,5%, 70%,60% e 67,5%, respectivamente.

A produtividade de grãos (kg ha^{-1}) variou de 2902 a 4714 kg ha^{-1} (Tabela 7), sendo assim, classificaram-se três níveis de produtividade em função da estatística. O tratamento testemunha resultou na menor produtividade, diferindo estatisticamente de todos os outros tratamentos avaliados. Destacaram-se os tratamentos P2 e P4 (4714 kg ha^{-1} , 4702 kg ha^{-1}), com as maiores médias, entretanto não diferiram entre si e dos programas P1, P3, P6 e P10, mantendo-se no grupo de alta produtividade. Os programas P5, P7, P8, P9 e P11 obtiveram médias de produtividade intermediárias, não diferindo entre si, porém diferenciando-se do grupo de maior produtividade e da testemunha.

Figura 5: Percentual de plantas de milho pipoca com classificação de danos $\geq 3,0$ (escala Davis) sob diferentes programas de inseticidas (P) contra a *Spodoptera frugiperda*. Santa Maria-RS, 2022.



Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

13 DISCUSSÃO

Foram necessárias cinco aplicações de inseticidas para controlar *S. frugiperda*, no nível pré-estabelecido no planejamento. Os menores danos foram proporcionados pelos tratamentos (programas) P3, P4 e P6. Um aspecto que chamou a atenção foi que nos programas P3 e P4, em que houve a combinação entre inseticidas químicos e inseticidas biológicos à base de *Baculovirus spodoptera*, foram observados os menores danos às plantas de milho pipoca.

Nos programas P3 (clorantraniliprole + metomil + *Baculovirus spodoptera*) e P4 (espinetoram + metomil + *Baculovirus spodoptera*), após a segunda aplicação, ocorreu uma redução significativa nos danos ocasionados pela praga. Isso demonstra que os inseticidas microbianos podem ser aplicados em mistura com inseticidas sintéticos visando a ação sinérgica, para potencializar o controle eficiente da praga, conforme já constataram (ALVES, 1998; MOSCARDI et al., 2011). Da mesma forma, os relatos de Gonçalves (2020), indicam a viabilidade da alternativa de utilizar os bioinseticidas em mistura com as diamidas. No entanto, no trabalho de Dorneles (2020), não foi observado diferença significativa na produtividade quando houve a mistura de clorantraniliprole com o SfMNPV comparado ao tratamento sem essa mistura.

Nos programas P3, P4 e P6, após a quarta aplicação, ocorreu uma redução significativa de danos nas plantas de milho, visto que, foi associada a aplicação de clorpirifós ao *Baculovirus spodoptera*. Em trabalhos de Costa et al., (2005) ficou demonstrado que o clorpirifós apresentou eficiência de controle da *Spodoptera frugiperda* aos 10 dias após a aplicação. Em trabalho de Silva et al., (1995), foi constatado que a aplicação de vírus associado à subdosagens do inseticida clorpirifós, proporcionaram um controle rápido em parte da população de lagartas.

Em estudos de Hannig et al., (2009), os inseticidas de ação mais rápida para o controle de lepidópteros foram metomil e clorantraniliprole, ocasionando a interrupção da alimentação do inseto e uma menor ocorrência de danos às plantas atacadas. O clorantraniliprole é utilizado para o controle de lepidópteros, sendo assim considerado mais potente do que os inseticidas indoxacarbe e cipermetrina, contra várias pragas desta ordem de insetos (SELBY et al., 2016). No entanto, casos de resistência à diamidas foram relatados em populações de *S. frugiperda*, demonstrando assim o risco de rápida evolução da resistência em campo (BOLZAN et al., 2019).

O metomil é um carbamato que pertence ao grupo dos Inibidores de acetilcolinesterase que atua no sistema nervoso com efeito de choque, ocasionando a passagem contínua dos impulsos nervosos, promovendo tremores, intoxicação do inseto e morte (FUKUTO, 1990;

CESSA et al.,2013). Em trabalhos de Bellettini (2010) concluiu-se que o inseticida metomil aplicado às 6, 11 e 20 horas, apresentou eficiência igual ou superior a 85% no controle da lagarta-do-cartucho aos três e aos sete dias após a aplicação. Resultados semelhantes foram encontrados por Grigolli (2019), que relatou que o inseticida Prêmio® (125 mL ha⁻¹), e a associação de Lannate® + Prêmio® (1000 + 100 mL ha⁻¹), apresentaram eficácia de no mínimo 80 % no controle da *S. frugiperda*.

O programa P6 (primeira e terceira aplicações com o inseticida ciantraniliprole, do grupo químico das diamidas antranílicas) possibilitou bons resultados em relação as médias apresentadas nos demais tratamentos. No programa P10 e P11 a segunda aplicação foi com *Bacillus thuringiensis* e a terceira aplicação com *Baculovirus spodoptera*, ambos inseticidas biológicos. Contudo, os resultados demonstraram que não houve redução significativa de danos da lagarta, onde as plantas se encontravam no nível (4-5) de dano, em virtude da alta pressão de ocorrência de lagartas e podem ter sido afetados negativamente pela radiação ultravioleta, que reduz a eficiência no campo (POLANCZYK, 2004).

É importante destacar que o sucesso da aplicação de produtos biológicos depende da disposição desses produtos em relação à praga-alvo, que devem ser aplicados no início da infestação, visto que, para o controle da *Spodoptera frugiperda* com *baculovirus*, a lagartas devem ser neonatas e de até 10 mm de comprimento, e para o uso de *Bacillus thuringiensis* (Bt), a aplicação deve ser realizada quando as lagartas estiverem medindo até 0,5 mm (VALICENTE, 2020).

No programa P11, a combinação de inseticidas lambda-cialotrina + clorfaniliprole após a quarta aplicação obteve uma média de danos intermediária. Em contrapartida, os resultados de Soares et al., (2021), demonstram que a mistura de clorfaniliprole + lambda-cialotrina pode proporcionar controle eficaz de *S. frugiperda*, com a prevenção da emergência de lagartas, bem como, proporcionar elevada eficiência, com uma mortalidade de lagartas de 78% (WANGEN et al., 2015).

Nos programas P2, P3, P4 e P6 após a quinta aplicação (4DA5P e 8DA5P) ocorreu uma redução de danos ocasionados pela lagarta ao milho pipoca, devido a aplicação de clorfenapir isolado (P2 e P6) e associado ao *Baculovirus spodoptera* (P3 e P4). No trabalho de Burtet et al., (2017), o uso do inseticida clorfenapir reduziu os danos da lagarta e aumentou o rendimento de grãos de milho.

Embora esses tratamentos não possam controlar efetivamente os danos de *Spodoptera frugiperda*, as produtividades foram muito semelhantes e superiores ao tratamento testemunha, independentemente da ordem em que os inseticidas são aplicados. A combinação sinérgica de

inseticidas biológicos com inseticidas químicos oferece modos de ação distintos com sobreposição de espectro de ação, que pode beneficiar a adesão de inseticidas biológicos no MIP (BRANSCOME et al. 2015 b; GONÇALVES, 2020).

Nos últimos anos, a predominância de lagartas da espécie *S. frugiperda* tornou o manejo mais complexo, devido seu alto potencial de dano. Os resultados de eficácia de controle e resistência a inseticidas demonstram que devem ser adotadas estratégias de manejo com combinações de inseticidas químicos e biológicos, para proporcionar maior espectro de controle.

No experimento realizado observou-se que a associação de inseticidas a base de *Baculovirus spodoptera* com inseticidas químicos proporcionou resultados de controle sinérgicos, com menores danos à cultura, contribuindo para o controle da *S. frugiperda*.

Tendo em vista os relatos de Valicente (2020), posteriores ao planejamento e condução desse trabalho, pode-se sugerir um novo posicionamento dos inseticidas utilizados nos programas P10 e P11, que incluíram o bioinseticida a base de *Bacillus thuringiensis*. Possivelmente a utilização do bioinseticida à base de Bt na primeira aplicação (isolado ou em mistura), poderia proporcionar maior controle da praga alvo desse trabalho.

14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- BARCELOS, P. H. S.; ANGELINI, M. R. Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias bts (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n. 1, p. 35-40, jan./mar. 2018.
- BELLETTINI, S. *et al.* Controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) com inseticidas em diferentes horários de aplicação na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: ABMS, 2010. p. 294-299.
- BRANSCOME, D. *et al.* **Synergistic *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki and chlorantraniliprole mixtures for diamondback moth, beet armyworm, sugarcane borer, soybean looper and corn earworm control**. New York: Valent BioSciences LLC., 2015b.
- BOLZAN, A. *et al.* Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides. **Pest Management Science**, v. 75, n. 10, p. 2682-2689, 2019.
- BURTET, L. M. *et al.* Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 73, n. 12, p. 2569-2577, 2017.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. 1. ed. New York: Wiley-Interscience, 1990. 532 p.
- CARVALHO, R. A. *et al.* Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PLoS One**, [S. l.], v. 8, n. 4, 2013.
- CESSA, R. M. A.; MELO, E. P.; LIMA JUNIOR, I. S. Mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepdoptera: noctuidae) alimentadas com folhas de milho e feijoeiro imersas em soluções contendo inseticidas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 1, p. 85-92, abr. 2013.
- COSTA, M. A. G. *et al.* Eficácia de diferentes inseticidas e de volumes de calda no controle de *Spodoptera frugiperda* nas culturas do milho e sorgo cultivados em várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1234-1242, nov./dez. 2005.
- CRUBELATI, N. C. S. **Avaliação da resistência de híbridos simples de milho pipoca à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.
- DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage maize for resistance to fall armyworm. **Technical Bulletin**, [S. l.], n. 186, p. 1-9, 1992.

DORNELES JUNIOR, J. **Características físico-químicas de *Baculovirus spodoptera* e a compatibilidade com produtos fitossanitários para o manejo integrado de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2020. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.

EICHOLZ, E. *et al.* **Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020.

EMATNÉ, H. J. **Seleção recorrente intrapopulacional em milho pipoca**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FUKUTO, T. R. Mecanismo de ação dos inseticidas organofosforados e carbamatos. **Perspectivas de Saúde Ambiental**, Rockville, v. 87, p. 245-254, 1990.

GARAVAZO, F. *et al.* Comparativo do controle biológico e químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Ensaios Pioneiros**, Bragança Paulista, v. 4, n. 1, p. 89-98, 2020.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996.

GÓMEZ, J. *et al.* Microencapsulated *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus: insecticidal activity and effect on arthropod populations in maize. **Biocontrol Science and Technology**, [S. l.], v. 23, n. 7, p. 829-846, 2013.

GONÇALVES, K. C. **Compatibilidade, efeitos letais e subletais de misturas de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* e inseticidas em *Chrysodeixis includens***. 2020. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020.

GRIGOLLI, J. F. J.; GRIGOLLI, M. M. K. **Manejo e controle de pragas do milho safrinha**. Maracaju: Fundação MS, 2019. Disponível em: https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/354/354/5ebc46562b3e23b8b4cbb5fa16275a971d474ae699160_03-pragas-do-milho-safrinha-2019-somente-leitura-.pdf. Acesso em: 28 set. 2021.

HANNIG, G. T.; ZIEGLER, M.; MARCON, P. G. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 65, n. 9, p. 969-974, 2009.

MOSCARDI, F. *et al.* Baculovirus pesticides: present state and future perspectives. *In: MOSCARDI, F. et al. Microbes and microbial technology*. New York: Springer, 2011. p. 415-445.

OTA, E. C. Desempenho de cultivares de milho em relação à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 850-859, 2011.

POLANCZYK, R.A. **Estudos de *Bacillus thuringiensis* Berliner visando ao controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)**. Piracicaba, 2004. 158p. Tese (Doutorado)-Escola Superior, 2004.

SELBY, T. P.; LAHM, G. P.; STEVENSON, T. M. Um olhar retrospectivo sobre inseticidas antranílicos de diamida: descoberta e otimização de chumbo para clorantraniliprole e ciantraniliprole. **Pest Management Science**, [S. l.], v. 73, p. 658-665, 2016.

VALICENTE, F. H. **Posicionamento e tecnologia de aplicação de inseticidas biológicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 248).

WANGEN, D. R.; PEREIRA JÚNIOR, P.; SANTANA, W. Controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) na cultura do milho com inseticidas de diferentes grupos químicos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 801-808, 2015.

RESUMO

ARTIGO 3 - MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* EM MILHO PIPOCA COM A ASSOCIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS, VOLUMES DE CALDA E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

AUTORA: Natalie Moraes Feltrin

ORIENTADOR: Walter Boller

A cultura de milho-pipoca é um tipo de milho especial, que sofre perdas significativas em função do ataque de pragas, entre as quais a *Spodoptera frugiperda* é considerada a mais importante. O cultivo das plantas de milho-pipoca foi realizado em condições de campo em Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil durante a primeira safra de 2020/2021. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. O Experimento seguiu esquema trifatorial (A x B x C), em que “A” foi representado pelos volumes de calda utilizados (50, 75, 100 e 150 L ha⁻¹), “B” foi composto pelos inseticidas químicos espinetoram (100 mL p.c. ha⁻¹) e metomil (1,5 L ha⁻¹), e “C” por dois tipos de ponta de pulverização (jato cônico vazio e jato plano). Os efeitos dos tratamentos foram avaliados indiretamente a cada quatro dias. Para isso, avaliou-se os danos em 10 plantas nas duas linhas centrais de cada parcela. As aplicações dos tratamentos foram realizadas toda vez que foi atingido o nível de 10% de plantas atacadas com infestação natural. Foi registrado o dano foliar provocado pela lagarta-do-cartucho, com auxílio da escala visual de Davis (1992), com notas de 1,0 a 9,0 (1,0 = nenhum dano a 9,0 = dano grave). Foi realizada uma estimativa de depósito de um traçador nas folhas de milho, por meio de um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência, e avaliada a percentagem de cobertura em alvos artificiais. Ao final do ciclo da cultura, para estimar a produtividade foi realizada a colheita manual das espigas de 10 plantas escolhidas aleatoriamente em duas linhas centrais da parcela. O delineamento experimental adotado neste estudo foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial triplo (2 x 2 x 4 +1) e com 4 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância – ANOVA fatorial, foram complementados com os testes de comparações múltiplas, sendo utilizado Tukey (p<0,05), e quando significativo pela ANOVA a interação do fatorial com o controle foi utilizado o teste de Dunnett (p< 0,05). O inseticida espinetoram, as pontas de jatos planos e os volumes de 75, 100 e 150 L ha⁻¹ resultaram na maior eficácia de controle da praga. A produtividade foi maior onde os inseticidas foram aplicados com as pontas de jatos planos. Houveram interações significativas entre os inseticidas e os volumes de calda. Para o inseticida espinetoram, as maiores produtividades foram obtidas com os volumes de 100 e 150 L ha⁻¹. Com o inseticida metomil, os volumes de 75, 100 e 150 L ha⁻¹ resultaram em maior produtividade. Verificou-se que a ponta de jato cônico gerou gotas de menor tamanho, produziu maior número de impactos/cm² e promoveu maior cobertura e deposição sobre os alvos.

Palavras-chave: Controle químico. Tecnologia de aplicação. Lagarta-do-cartucho.

ABSTRACT

ARTICLE 3 - HANDLING OF *Spodoptera frugiperda* IN POPCORN MAIZE WITH THE ASSOCIATION OF INSECTICIDE APPLICATION, SPRAY VOLUMES AND NOZZLES

AUTHOR: Natalie Moraes Feltrin

ADVISOR: Walter Boller

The popcorn crop is a special type of maize, which suffers significant losses due to the attack of pests, among which *Spodoptera frugiperda* is considered the most important. The cultivation of popcorn maize plants was carried out under field conditions in Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, Brazil, during the first harvest of 2020/2021. The experimental design was randomized blocks with four repetitions. The experiment followed a three-factor scheme (A x B x C), in which “A” was represented by the spray volumes used (50, 75, 100 and 150 L ha⁻¹), “B” was composed of the chemical insecticides Espinetoram (100 mL p.c. ha⁻¹) and Metomil (1.5 L ha⁻¹), and “C” for two types of spray nozzles (Table 3) (empty conical jet and single plane jet). Treatment effects in the population of *S. frugiperda* were evaluated every four days. For this, we evaluated 10 plants in the two central lines of each plot. Treatments were applied every time the level of 10% of plants attacked by natural infestation was reached. Leaf damage caused by the fall armyworm was recorded, with the aid of the Davis visual scale (1992), with notes from 1.0 to 9.0 (1.0 = no damage to 9.0 = serious damage). A deposit estimate was made using a high-efficiency liquid chromatography system, and the percentage of coverage in the artificial targets was evaluated. At the end of the crop cycle, the manual harvesting of the ears of 10 randomly selected plants in two central lines of the plot was performed to estimate productivity. The experimental design adopted in this study was that of randomized blocks (DBC) in a triple factor scheme (2 x 2 x 4 +1) and with 4 repetitions. The data were submitted to analysis of variance - unifactorial ANOVA, were supplemented with tests of multiple comparisons, being used Tukey (p<0.05), and when significant by ANOVA the interaction of the factorial with the control was used the Dunnett test (p<0.05). The spinetoram insecticide, the flat spray nozzles and the volumes of 75, 100 and 150 L ha⁻¹ resulted in the highest pest control effectiveness. Productivity was higher where insecticides were applied with flat spray tips. There were significant interactions between insecticides and spray volumes. For the insecticide spinetoram, the highest yields were obtained with volumes of 100 and 150 L ha⁻¹. With the insecticide methomyl, the volumes of 75, 100 and 150 L ha⁻¹ resulted in higher productivity. It was verified that the conical jet tip generated smaller droplets, produced a greater number of impacts/cm² and promoted greater coverage, and deposition on the targets.

Keywords: Chemical Control. Application Technology. Fall armyworm.

15 INTRODUÇÃO

A cultura do milho-pipoca sofre perdas significativas em função do ataque de pragas, entre as quais a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a mais importante, causando danos limitantes a produção da cultura, que pode ultrapassar 50% de perdas na produção, dependendo da cultivar, estágio de desenvolvimento, grau de infestação e condições ambientais (CRUBELATI, 2010).

O ataque da *S. frugiperda* ocorre desde a fase de plântula, onde as lagartas pequenas raspam o limbo foliar das folhas mais novas e as folhas centrais da região do cartucho, que podem ser completamente destruídas, até as fases de pendoamento e espigamento (BUSATO, 2004). Em vista disso, o manejo mais utilizado para o controle da lagarta do cartucho é o uso de inseticidas químicos. No entanto, é essencial integrar o uso de inseticidas biológicos como uma estratégia de manejo integrado de pragas (MIP), associado à máxima eficiência nas aplicações.

Dessa forma, o controle de pragas é importante na produção agrícola para maximizar o potencial produtivo e a qualidade da cultura. A eficiência das aplicações requer o uso de pulverizações aprimoradas, que estão relacionadas à proporção do produto interceptado pelo alvo, que varia com o estágio de crescimento da planta, tipo de cultura e seleção de ponta de pulverização (ZABKIEWICZ, 2007).

A deposição é um dos fatores mais importantes durante a aplicação que pode ser afetada pelo tamanho de gota, tipo de ponta e pelo volume de calda (ARAUJO, 2016). Em vista disso, é importante estudar a população de gotas produzidas nas aplicações, a fim de obter uma boa qualidade na aplicação, assim como o uso de pontas de pulverização que garantam que gotas pulverizadas tenham tamanho homogêneo e distribuição uniforme (BUENO et al.,2011). Da mesma forma, a escolha da ponta ideal para uma aplicação está essencialmente relacionada com o tipo de cultura, em função do produto fitossanitário que se deseja aplicar, requisitos de cobertura e comportamento do alvo e do volume de calda necessário (LUCHESE, 2021; ANDEF, 2010).

Através das análises de um conjunto de parâmetros do espectro de gotas, como a Amplitude Relativa, o diâmetro mediano numérico (DMN) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV), é estabelecida a classificação conforme as normas técnicas (ASABE S572.2), que definem a classe de gotas usando pontas de pulverização (CHECHETTO et al.,2020).

O volume de calda é uma das variáveis que determinam a eficácia da aplicação, com influência significativa na porcentagem de cobertura dos alvos (WISE et al.,2010). O volume

de calda a ser utilizado depende do tipo de ponta utilizado e do alvo desejado, das condições climáticas, da arquitetura da planta e do tipo de produto a ser aplicado (ANDEF, 2004).

Tendo em vista a importância socioeconômica da cultura do milho pipoca e as perdas ocasionadas pela lagarta-do-cartucho, surge a necessidade de estudos para determinar a combinação de métodos de controle da praga associado a condição ideal de densidade e diâmetro de gotas, bem como volume de calda aplicado (NASCIMENTO et al., 2021). Dessa maneira, esse trabalho tem o objetivo de avaliar a eficácia de inseticidas associados com a tecnologia de aplicação no controle da *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho pipoca.

16 MATERIAIS E MÉTODOS

O cultivo das plantas de milho-pipoca foi realizado em condições de campo no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, Brasil (29°43'28 "S e 53°33'34" O), durante a primeira safra de 2020/2021. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi composta por seis fileiras de milho (espaçadas 0,50 m entre linhas) com 5,0 m de comprimento.

Em pré-semeadura, para o controle de plantas daninhas, foi utilizado o herbicida glifosato (1620 g i.a. ha⁻¹). A semeadura foi realizada em 28 de outubro de 2020, com densidade de 4,0 sementes por metro. A adubação de reposição, realizada nos sulcos de semeadura, foi com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante composto N-P₂O₅-K₂O (5-20-20) e, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, nos estádios V4 e V8, respectivamente.

O Experimento seguiu delineamento em blocos casualizados com arranjo de campo trifatorial (A x B x C), em que “A” foi representado pelos volumes de calda utilizados (50, 75, 100 e 150 L ha⁻¹), “B” foi composto pelos inseticidas químicos Espinetoram (100 mL p.c. ha⁻¹) e Metomil (1,5 L ha⁻¹) e “C” por dois tipos de ponta de pulverização (jato cônico vazio e jato plano simples) - Tabela 8.

Tabela 8: Pontas de pulverização, espectro de gotas e condições operacionais de pressão e velocidade de deslocamento utilizadas nas aplicações de inseticidas para o controle da *Spodoptera frugiperda*. Santa Maria-RS, 2022.

Pontas de jatos cônicos vazios (cone)				
Ponta	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Espectro de gotas*	Pressão (bar)	Velocidade (km/h)
KGF COAP 90005	50	Fina	3,0	4,8
KGF COAP 900067	75	Fina		4,3
KGF COAP 9001	100	Fina		4,8
KGF COAP 90015	150	Fina		4,7
Pontas de jatos planos simples (leque)				
Ponta	Volume de calda (L ha ⁻¹)	Espectro de gotas*	Pressão (bar)	Velocidade (km/h)
Magno BD 11001	50	Fina	1,0	5,5
Magno BD 11001	75	Fina		3,7
Magno AD 110015	100	Fina	2,5	6,5
Magno AD 110015	150	Fina		4,3

* A classificação do espectro de gotas internacional considera as categorias de gotas formadas como muito fina, fina, média, grossa, muito grossa, extremamente grossa e ultra grossa. Essa classificação segue padrões de cores das pontas de pulverização, em acordo com a norma ASAE (2013). Gotas de categoria fina apresentam diâmetro mediano volumétrico aproximado entre 106 e 235 µm.

As aplicações dos inseticidas foram realizadas com um pulverizador portátil pressurizado com CO₂, calibrado e operado para cada volume de calda aplicado, conforme consta na Tabela 8. No momento de cada aplicação as condições meteorológicas foram monitoradas com o auxílio de um termo higrômetro digital modelo Kestrel® 3000 e encontram-se registradas na Tabela 9. As informações (em apêndice) sobre as condições climáticas da região foram obtidas da estação meteorológica de Santa Maria, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os dados relativos ao período de novembro a dezembro de 2020.

Tabela 9: Dados meteorológicos, no momento de cada aplicação. Santa Maria-RS, 2022.

Aplicações - datas	UR (%)	Temperatura (°C)	Vento (km/h)
1ª - 12/11	55	26,3	3,0
2ª - 19/11	71	22,0	3,4
3ª - 01/12	61	29,8	4,6
4ª - 11/12	47	28,5	2,8
5ª - 18/12	52	27,2	3,2

Os efeitos dos tratamentos na população de *S. frugiperda* foram avaliados a cada quatro dias. Para isso, avaliou-se 10 plantas nas duas linhas centrais de cada parcela. As aplicações dos tratamentos foram realizadas toda vez que foi atingido o nível de 10% de plantas atacadas com infestação natural. Foi registrado o dano foliar provocado pela lagarta-do-cartucho, com auxílio da escala visual de notas de 1,0 a 9,0 (1,0 = nenhum dano a 9,0 = dano grave) proposta por Davis e Williams (1992).

As avaliações foram realizadas aos 4 DA1P (dias após a primeira aplicação), 8 DA1P, 4 DA2P (dias após a segunda aplicação), 8 DA2P, 4 DA3P (dias após a terceira aplicação), 8 DA3P, 4 DA4P (dias após a quarta aplicação), 8 DA4P, e 4 DA5P (quatro dias após a quinta aplicação).

Foi utilizada a totalidade das avaliações para realizar uma integração dos resultados, por meio da equação para o cálculo da área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD), segundo Campbell & Madden (1990). As avaliações de dano foliar foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso dos danos da lagarta (AACPDL), adaptada de Campbell & Madden (1990), através da equação: $AACPDL = \sum [((y_1 + y_2)/2) \times (t_2 - t_1)]$, onde: y_1 e y_2 são, respectivamente, as leituras de dano foliar, nos tempos t_1 e t_2 , que são as datas de duas leituras de danos consecutivas. Comparando-se o valor da AACPDL obtido em cada parcela com a

média da AACPDL na testemunha sem aplicação de inseticidas, calculou-se a percentagem de controle do dano, ou seja, a redução de dano causado pela praga às plantas de milho pipoca em cada tratamento.

Quando as plantas estavam na fase vegetativa V3-V4 (segunda aplicação de inseticidas) foi adicionado o traçador Azul Brilhante FCF – INS 133 (International Numbering System for Food Additives) à calda de um dos inseticidas. A calda aplicada foi composta pelo inseticida espinetoram (Exalt®) na dose de 100 mL ha⁻¹ diluídos em água, adicionando-se o traçador Azul Brilhante na concentração de 2,0 g L⁻¹.

Os tratamentos seguiram o esquema fatorial (A x B), em que A representou os volumes de calda (50, 75, 100 e 150 L ha⁻¹) e B se referiu aos dois modelos de pontas de pulverização (jato cônico vazio e jato plano simples), operadas conforme consta na Tabela 8.

Foram posicionadas etiquetas de papel hidrossensível (38 x 26 mm) em cada tratamento e realizada a coleta de plantas em três pontos amostrais. As condições do ar ocorridas durante a realização deste ensaio encontram-se na Tabela 9 (segunda aplicação).

Para a realização das análises, as amostras de folhas das plantas foram separadas manualmente e dispostas em recipientes plásticos onde foram lavadas com 200 mL de água, medindo-se a sua área foliar (cm²). Para a estimativa do depósito, as amostras de 200 mL, contendo o traçador foram analisadas em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) Nexera-XR (Shimadzu® Corporation, Kyoto, Japão).

Para avaliar a percentagem de cobertura nos alvos artificiais, estimar o número de impactos/cm², o tamanho dos impactos de gotas e a uniformidade do tamanho dos impactos de gotas foi utilizado o sistema Dropscope®, que digitaliza as imagens dos cartões sensíveis e estima a área coberta dos mesmos.

Ao final do ciclo da cultura, foi realizada a colheita manual das espigas de 10 plantas escolhidas aleatoriamente em duas linhas centrais da parcela. Para estimar o rendimento de grãos de cada tratamento, as espigas foram debulhadas e a umidade foi corrigida para 15%.

Os dados inicialmente foram submetidos a verificação da normalidade e homoscedasticidade das variâncias por meio do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Todos os dados seguiram a normalidade e foram submetidos a análise de variância – ANOVA e, havendo efeito significativo ($p < 0,05$) foram complementados com os testes de comparações múltiplas, sendo utilizado Tukey ($p < 0,05$) para comparações entre as médias dos tratamentos, e quando significativo pela ANOVA a interação do fatorial com o controle foi utilizado o Teste de Dunnett ($p < 0,05$).

As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* R[®] versão 4.1.2 (R Core Team, 2022), e para melhor compreensão dos resultados, gráficos no formato de figuras foram elaboradas utilizando o mesmo software. Os pacotes utilizados foram *fat3.ad.dbc*, *lmtest*, *rstatix*, *car*, *ExpDes*, *agricolae* e *ggplot2*.

17 RESULTADOS

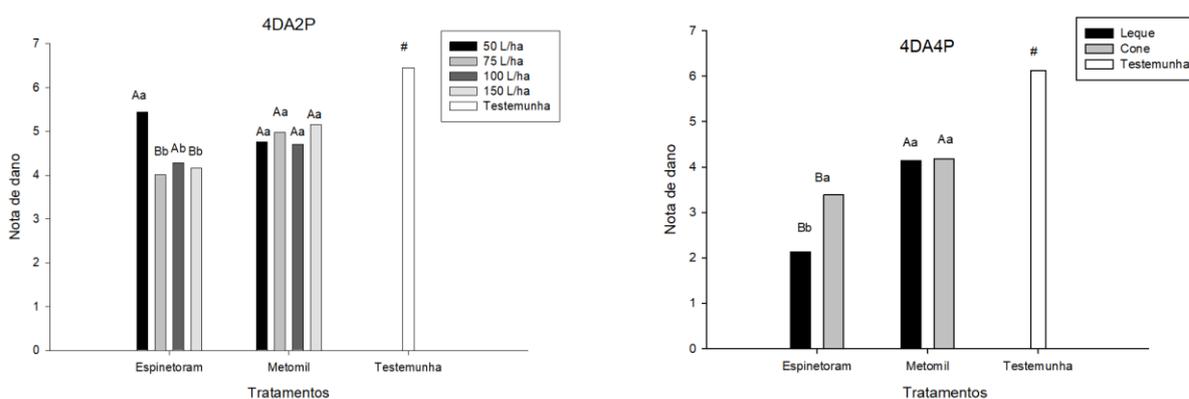
17.1 CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* E PRODUTIVIDADE DE MILHO-PIPOCA

Todos os tratamentos apresentaram danos significativos pela lagarta e necessitaram de cinco pulverizações de inseticidas para o seu controle. Foram detectadas interações significativas entre fatores aos 4DA2P (quatro dias após a segunda aplicação) e 4DA4P (quatro dias após a quarta aplicação), assim como para os valores da produtividade (Figuras 6 e 7).

Aos 4DA2P, assim como para a produtividade os fatores que apresentaram interações significativas foram os inseticidas x volumes de calda (Figura 6). Para os tratamentos com volume de calda de 50 L ha⁻¹ e de 100 L ha⁻¹, não houve diferenças significativas entre os inseticidas. Para os volumes de calda de 75 L ha⁻¹ e de 150 L ha⁻¹, a aplicação do inseticida espinetoram resultou em danos menores que o inseticida metomil.

Aos 4DA4P, as interações entre os inseticidas e as pontas de pulverização foram significativas. Os melhores tratamentos que obtiveram as menores notas de danos foram a combinação do inseticida espinetoram x ponta leque. Esses tratamentos diferiram de todos os demais. O inseticida espinetoram x ponta cone propiciou um valor de dano intermediário. Já, para o inseticida metomil, não houve diferença entre as pontas de pulverização. Ainda, os dados da Figura 6 mostram que todos os tratamentos com inseticidas foram eficazes em reduzir os danos causados pela praga, quando comparados à testemunha sem aplicação de inseticidas.

Figura 6: Resultados das interações para notas de danos da lagarta *S. frugiperda* em milho-pipoca nos dias de avaliação 4DA2P E 4DA4P. Santa Maria-RS, 2022.



Nas colunas, letras minúsculas comparam volumes de calda dentro do mesmo inseticida (4DA2P) ou comparam pontas dentro do mesmo inseticida (4DA4P). Letras maiúsculas comparam os dois inseticidas dentro do mesmo volume de calda (4DA4P) ou comparam os inseticidas dentro da mesma ponta (4DA4P). Colunas encimadas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Médias das testemunhas com # diferem dos demais tratamentos pelo teste de Dunnett com 5% de probabilidade de erro.

Além das interações entre os fatores (Figura 6), a testemunha diferiu dos tratamentos avaliados, pelo Teste de Dunnet com 5 % de significância.

Não houveram interações significativas entre os fatores analisados nos dias de avaliação danos: 4DA1P, 8DA1P, 4DA2P, 8DA2P, 4DA3P, 8DA3P, 8DA4P e 4DA5P, entretanto, para todas as avaliações a testemunha apresentou danos superiores aos tratamentos com inseticidas. As avaliações de danos realizadas nos dias 8DA2P, 4DA3P, 8DA3P, 8DA4P e 4DA5P apresentaram diferenças significativas entre os inseticidas (Tabela 10), sendo que o inseticida espinetoram proporcionou menores danos em todas as avaliações.

Tabela 10: Danos causados em milho-pipoca pela *S. frugiperda* em resposta a aplicações de dois inseticidas em diferentes momentos de avaliação. Santa Maria-RS, 2022.

Inseticida	4 DA1P	8 DA1P	8 DA2P	4DA3P	8DA3P	8DA4P	4DA5P
Espinetoram	3,05	4,58	4,45 b	4,03 b	3,02 b	2,49 b	2,17 b
Metomil	3,10	4,79	5,46 a	5,06 a	4,05 a	3,57 a	3,18 a
Testemunha	4,90 #	6,32 #	6,42 #	6,55 #	5,95 #	5,85 #	5,47 #
CV %	22,63	15,57	16,67	23,85	27,83	16,82	15,78

Médias seguidas por letras iguais, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Média da testemunha seguida de # difere dos demais tratamentos pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

Os volumes de calda (Tabela 11) não diferiram entre si nas avaliações realizadas aos 8DA1P, 8DA2P, 4DA3P, 8DA3P e 4DA4P. Nas avaliações de 8DA4P e 4DA5P os volumes de calda diferiram entre si. O volume de 100 L ha⁻¹ proporcionou danos intermediários, inferiores ao volume de 50 L ha⁻¹ e não diferiu de 75 L ha⁻¹. O volume 150 L/ha diferiu de todos os volumes e apresentou as menores médias de danos nas plantas de milho-pipoca.

Tabela 11: Danos causados em milho-pipoca pela *S. frugiperda* em resposta a aplicações de inseticidas com diferentes volumes de calda. Santa Maria-RS, 2022.

Volume de Calda	4 DA1P	8 DA1P	8 DA2P	4DA3P	8DA3P	4DA4P	8DA4P	4DA5P
50	3,29	5,03	5,17	4,50	3,70	3,63	3,53 a	3,20 a
75	2,71	4,44	4,93	4,59	3,99	3,69	3,30 ab	2,98 a
100	3,20	4,52	5,00	4,33	3,13	3,37	3,01 b	2,52 b
150	3,14	4,73	4,70	4,75	3,33	3,13	2,27 c	2,01 c
Testemunha	4,90 #	6,32 #	6,42 #	6,55 #	5,95 #	6,12 #	5,85 #	5,47 #
CV %	22,63	15,57	16,67	23,85	27,83	26,79	16,82	15,78

Médias seguidas por letras iguais, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Média da testemunha seguida de # difere dos demais tratamentos pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

Com base no cálculo da AACPDL que integraliza todas as notas de danos e considerando a redução de danos (%) e o percentual de plantas com notas de danos ≥ 3 , os melhores resultados (Tabela 12) foram obtidos com o inseticida espinetoram, as pontas de jatos planos (leque) e os volumes de calda de 75, 100 e 150 L ha⁻¹.

Tabela 12: Médias de AACPDL, redução de danos, percentual de plantas com danos ≥ 3 e em função dos inseticidas, das pontas de pulverização e dos volumes de calda.

Inseticida	AACPDL	Redução danos (%)	Percentual de plantas com danos ≥ 3
Espinetoram	109,9 b	42,47 a	57,50 b
Metomil	132,9 a	30,45 b	66,88 a
Ponta	AACPDL	Redução danos (%)	Percentual de plantas com danos ≥ 3
Jatos cônicos	128,4 a	32,83 b	70,10 a
Jatos planos	114,0 b	40,32 a	54,37 b
Volume (L ha⁻¹)	AACPDL	Redução danos (%)	Percentual de plantas com danos ≥ 3
50	135,1 a	29,3 b	75,00 a
75	120,3 b	37,1 a	63,12 b
100	116,9 b	38,9 a	57,50 b
150	113,5 b	40,6 a	53,12 b
CV (%)	10,71	18,65	20,14

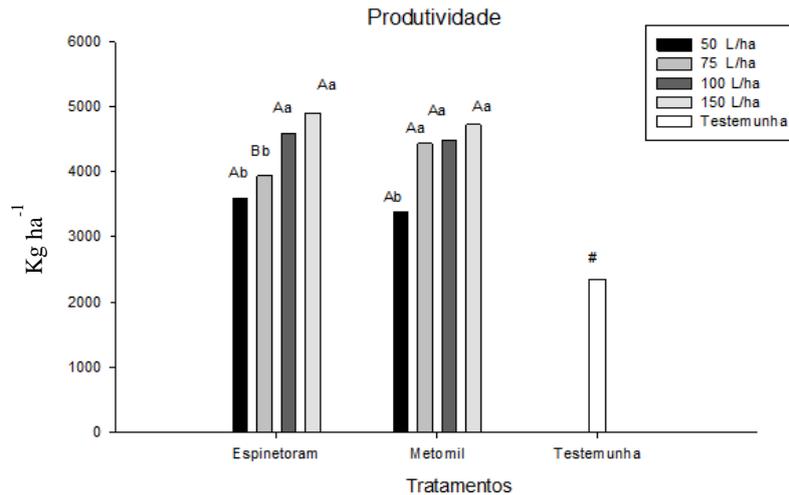
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os valores da produtividade de grãos (Figura 7) oscilaram entre 2352 kg ha⁻¹ para o tratamento testemunha (estatisticamente inferior a todos os tratamentos com inseticidas) e 4909 kg ha⁻¹. Houveram interações significativas entre os inseticidas e os volumes de calda.

Para o inseticida espinetoram, destacaram-se os volumes de 100 L ha⁻¹ e 150 L ha⁻¹, que produziram, respectivamente, 4726 kg ha⁻¹ e 4909 kg ha⁻¹. Com aplicação do inseticida metomil, as maiores produtividades foram obtidas quando se utilizou os volumes de 75, 100 e 150 L ha⁻¹ sendo, respectivamente, 4437 kg ha⁻¹, 4481 kg ha⁻¹ e 4586 kg ha⁻¹.

Não houveram interações significativas entre as pontas e os volumes de calda, nem entre as pontas e os inseticidas. A produção obtida onde os inseticidas foram aplicados com as pontas de jatos cônicos foi de 4140 kg ha⁻¹ e foi estatisticamente inferior a produção de 4381 kg ha⁻¹, obtida com as pontas de jatos planos. A produtividade não apresentou diferenças significativas entre os dois inseticidas.

Figura 7: Produtividade de milho-pipoca (Kg ha^{-1}) em resposta a aplicação de dois inseticidas com quatro volumes de calda para o controle de *S. frugiperda*. Santa Maria-RS, 2022.



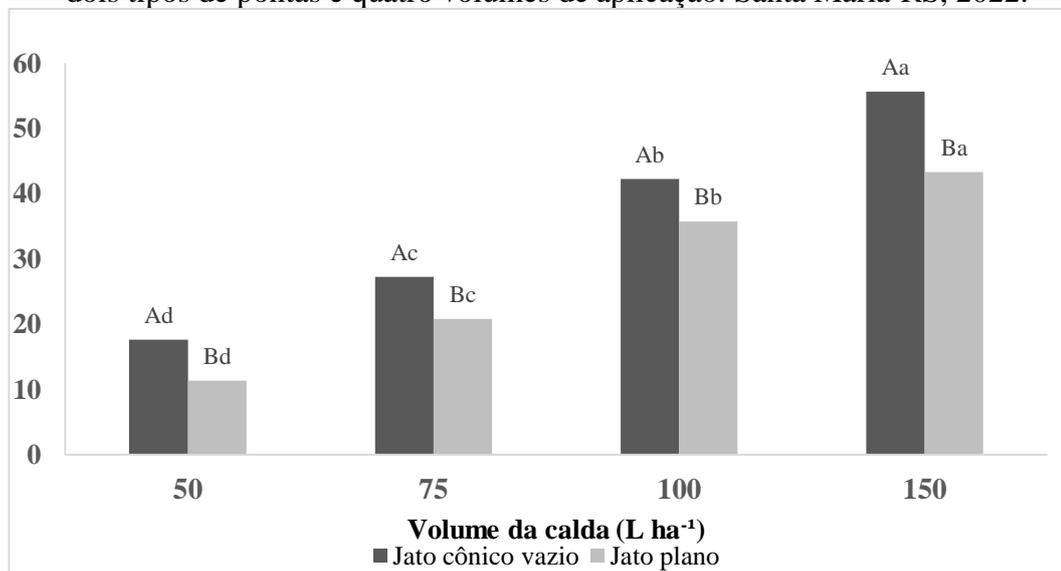
Nas colunas, letras minúsculas comparam volumes de calda dentro do mesmo inseticida e letras maiúsculas comparam os dois inseticidas dentro do mesmo volume de calda. Colunas encimadas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Média da testemunha difere dos demais tratamentos pelo teste de Dunnett com 5% de probabilidade de erro.

17.2 ANÁLISE DO ESPECTRO DE GOTAS E DA DEPOSIÇÃO

A partir da análise do espectro de gotas verificou-se que a cobertura de cartões sensíveis à água por impactos de gotas (Figura 8) foi crescente com os volumes de calda, para ambas as pontas (jato plano e jato cônico). Para todos volumes de calda as pontas de jato cônico vazio apresentaram cobertura superior, quando comparadas às pontas de jato plano.

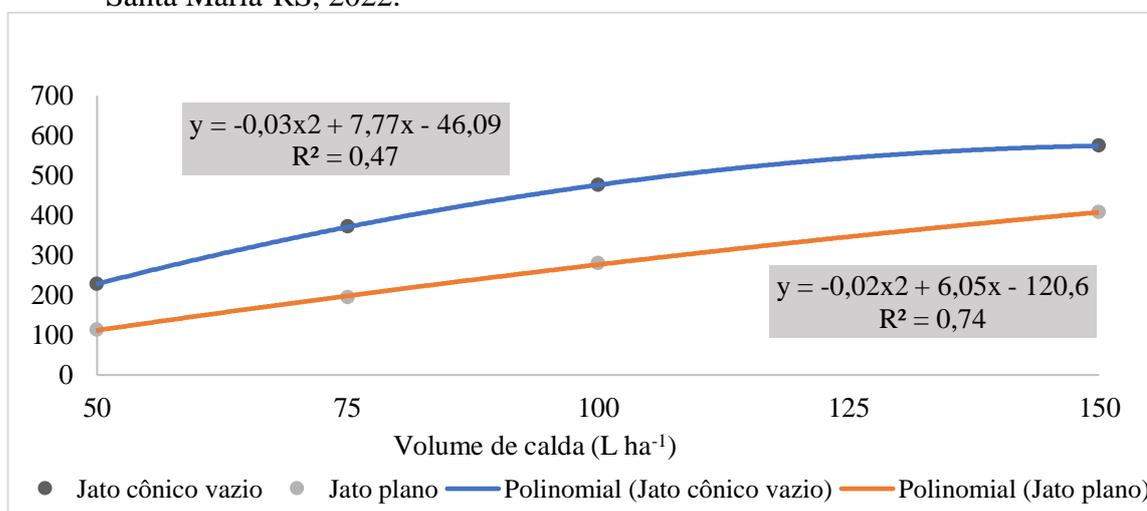
Figura 8: Área coberta (%) em alvos artificiais, na pulverização do inseticida espineteram com dois tipos de pontas e quatro volumes de aplicação. Santa Maria-RS, 2022.



Letras minúsculas comparam volumes dentro de cada ponta e maiúsculas comparam pontas dentro de cada volume. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise de variância mostrou diferenças significativas entre os volumes de calda e as pontas na densidade de impactos/cm² (Figura 9). As pontas de jatos cônicos proporcionaram, em média, 413 impactos/cm², superando as pontas de jatos planos com 249 impactos/cm².

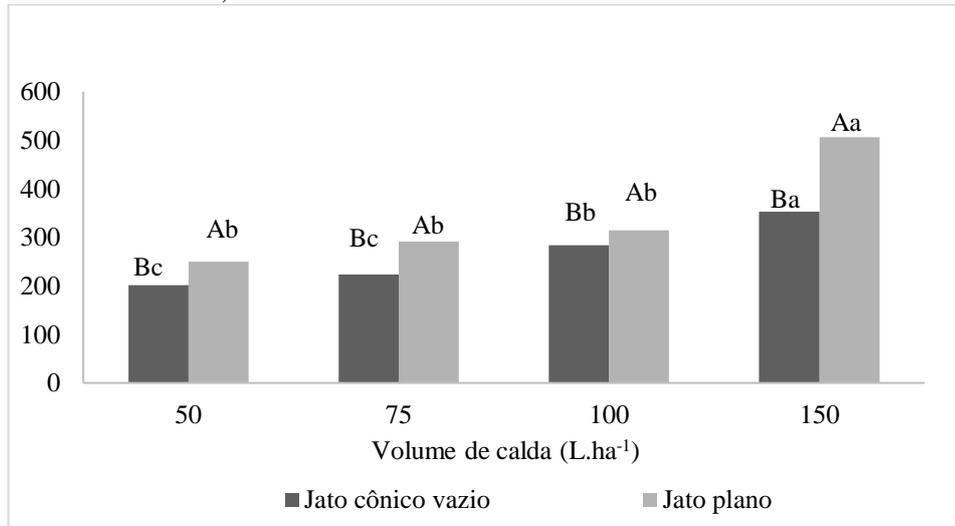
Figura 9: Número de impactos de gotas cm⁻² em alvos artificiais, na pulverização do inseticida espinetoram em função do volume de calda com diferentes pontas de pulverização. Santa Maria-RS, 2022.



Analisando o efeito dos volumes de calda sobre o tamanho dos impactos das gotas - DMV (Diâmetro mediano volumétrico), verificou-se que as pontas de jatos planos (leque) apresentaram DMV superior às pontas de jatos cônicos (Figura 10), em todos os volumes de calda utilizados. Com as pontas de jatos planos, o volume de aplicação 150 L ha⁻¹ apresentou um DMV superior aos demais volumes, que não diferiram entre si. Ao utilizar as pontas de jatos cônicos vazios, o volume de 150 L ha⁻¹ resultou em DMV de impactos maior que o volume de 100 L ha⁻¹, que por sua vez produziu DMV dos impactos de gotas maior que os volumes de 50 L ha⁻¹ e de 75 L ha⁻¹, os quais foram semelhantes entre si.

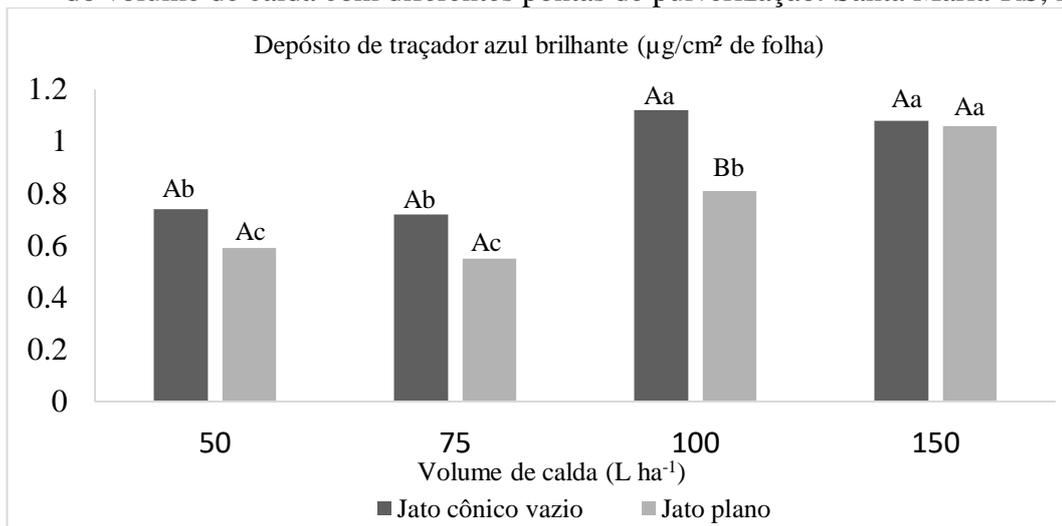
A análise do depósito de corante nas folhas de milho-pipoca revelou que, ao utilizar volumes de calda de 50 L ha⁻¹, 75 L ha⁻¹ e 150 L ha⁻¹, não houve diferenças significativas entre os modelos de pontas (Figura 11). Para o volume de 100 L ha⁻¹ as pontas de jatos cônicos promoveram depósito de 1,12 µL cm⁻², que foi significativamente maior que o depósito produzido pelas pontas de jatos planos (0,81 µL cm⁻²). Ainda, para as pontas de jatos cônicos vazios, os volumes de 100 L ha⁻¹ e de 150 L ha⁻¹ promoveram depósitos maiores do que os volumes de 50 e de 75 L ha⁻¹. Enquanto isso, com as pontas de jatos planos, o depósito foi maior com o volume de 150 L ha⁻¹, que superou 100 L ha⁻¹ e 50 L ha⁻¹ e 75 L ha⁻¹ foram inferiores a 100 L ha⁻¹ e não diferiram entre si.

Figura 10: Diâmetro mediano volumétrico (DMV – μm) dos impactos de gotas da pulverização do inseticida espinetoram com dois tipos de pontas e quatro volumes de aplicação. Santa Maria-RS, 2022.



Letras minúsculas comparam volumes dentro de cada ponta e maiúsculas comparam pontas dentro de cada volume. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Figura 11: Depósito de traçador azul brilhante ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em folhas de milho-pipoca) em função do volume de calda com diferentes pontas de pulverização. Santa Maria-RS, 2022



Letras minúsculas comparam volumes dentro de cada ponta e maiúsculas comparam pontas dentro de cada volume. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

18 DISCUSSÃO

Os menores valores de notas de danos de *S. frugiperda* em milho-pipoca como resposta das interações de inseticidas x volumes de calda aos 4DA2P foram encontrados nos tratamentos de inseticida espinetoram para os volumes de calda de 75 e 150 L/ha. O volume de calda de 100 L/ha com o uso do inseticida espinetoram propiciou um valor de nota mediano. É importante observar que nas primeiras aplicações, o milho por estar em um estágio inicial, apresenta porte de plantas muito baixo e pequena área foliar, dificultando ou reduzindo a captação de gotas de diâmetros pelo alvo.

As pontas de jatos cônicos e de jatos planos são as mais utilizadas em pulverizações. Com relação às diferentes pontas, observou-se que a pulverização dos inseticidas com as pontas de jatos planos proporcionou menores médias de danos. As pontas de jato plano emitem jatos em formato de leque, sendo capazes de produzir ângulos de abertura de 80 e 110 graus ou mais, que são indicadas principalmente para herbicidas, mas sua indicação tem sido ampliada para aplicações de inseticidas e fungicidas (ANDEF,2004). As pontas de jato plano apresentam um menor risco potencial de deriva sendo mais adequadas em condições meteorológicas não ideais, e podem promover uma uniformidade de distribuição volumétrica superior à das pontas de jato cônico (CUNHA, 2007).

As pontas de jato cônico vazio, normalmente são utilizadas para obter vazões menores e gotas de menor tamanho, de categoria fina a muito fina, que aumentam a deposição sobre os alvos, produzindo maior cobertura de pulverização, e conseqüentemente penetram mais facilmente no dossel da cultura, sendo ideais principalmente para aplicações de fungicidas (ANTUNIASSI e BOLLER, 2019; CUNHA et al., 2004). Trabalhos conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo, revelaram que a pulverização de inseticidas com pontas de jato cônico vazio apresentou baixa eficácia de controle da lagarta do cartucho do milho, devido à localização da praga no interior do cartucho (CRUZ et al.,1982).

Conforme a Tabela 12, observa-se que as pulverizações dos inseticidas com as pontas de jatos cônicos resultaram em valores de danos maiores, do que as pontas de jatos planos. Isso pode ter relação com a baixa umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura elevada no momento da quarta e da quinta aplicação. Existem relatos na literatura afirmando que a deposição de gotas proporcionada por pontas de jato cônico vazio é influenciada pelas condições meteorológicas, sendo que decresce significativamente, conforme a temperatura aumenta e a umidade relativa do ar diminui (MATTHEWS,1979).

Independentemente do tipo de ponta de pulverização utilizada, o inseticida metomil proporcionou as menores notas de danos, diferindo do espinetoram quando utilizada a ponta de jato plano.

O tratamento que proporcionou a melhor eficácia foi a combinação do inseticida espinetoram com a ponta de jato plano. Embora a ponta leque tenha promovido as menores médias de danos, a ponta cone para o mesmo inseticida proporcionou um valor intermediário. Levando em consideração ao histórico de recomendação de uso de pontas tipo cone, é necessário verificar a melhor combinação em função do objetivo da aplicação.

Os volumes de 75, 100 e 150 L/ha proporcionaram menores danos em plantas de milho pipoca. Acredita-se que esse fato tenha ocorrido em função da maior cobertura sobre o alvo. No entanto, em trabalhos de outros autores foi observado um controle de lagartas satisfatório com volumes de calda de 100 L ha⁻¹ e de 50 L ha⁻¹ (CUNHA e SILVA, 2010; CAMPOS, 2013).

Quanto ao depósito do traçador Azul Brilhante, com o volume de calda de 100 L ha⁻¹, as pontas de jatos cônicos apresentaram uma cobertura superior às pontas de jatos planos. Esse mesmo comportamento foi relatado por Stefanelo et al., (2014), que observou maior densidade de gotas com as pontas do tipo cone vazio, em comparação às pontas de jatos planos.

Pode-se observar que o aumento do volume de pulverização proporcionou o aumento da densidade de gotas/cm². A maior deposição promovida pelo ponta cone está associada à geração de gotas de menor tamanho, produzindo um maior número de impactos por área de alvo da pulverização.

19 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados trouxeram resultados de campo, demonstrando a atual situação de controle da *Spodoptera frugiperda* na cultura de milho-pipoca, com a associação de inseticidas, juntamente com a tecnologia de aplicação, que é uma das principais táticas do MIP. Considerada uma das pragas mais temidas do milho-pipoca atualmente, a *Spodoptera frugiperda* se destaca pela sua elevada capacidade em causar danos.

As aplicações via tratamento de sementes ou via sulco de semeadura são importantes métodos de manejo para diminuir os danos de *S. frugiperda* no desenvolvimento inicial na cultura de milho pipoca. Os resultados demonstram que clorantraniliprole e ciantraniliprole aplicados via tratamento de sementes e clorantraniliprole via sulco são os mais eficazes, contribuindo para a redução de danos causados por *S. frugiperda*. Os resultados demonstram também que, o tratamento de sementes com imidacloprid + tiodicarbe e a aplicação de ciantraniliprole via sulco reduzem os danos da praga, porém com uma menor eficácia.

No experimento de associações de inseticidas químicos e biológicos, o tratamento P6 e P2, com a associação do espinetoram ao inseticida metomil (segunda aplicação) e ao clorpirifós (quarta aplicação), o P4 (espinetoram + metomil + baculovírus (segunda aplicação), clorantraniliprole + baculovírus (terceira aplicação), espinetoram + clorpirifós + baculovírus (quarta aplicação) e P3 (clorantraniliprole + metomil + baculovírus (segunda aplicação), espinetoram + baculovírus (terceira aplicação) e clorantraniliprole + clorpirifós + baculovirus) (quarta aplicação) foram os mais eficazes, reduzindo os danos causados pela praga à cultura.

Devido aos principais desafios que o produtor enfrenta no manejo da *Spodoptera frugiperda* na cultura de milho-pipoca, a nota de dano 3,0 com 10 % de plantas atingidas, conforme a escala de Davis (1992), não demonstra ser adequada como um método de monitoramento para o início das aplicações de inseticidas em milho-pipoca, que apresenta alta suscetibilidade à lagarta-do-cartucho.

No experimento com associação de inseticidas, volumes de calda e pontas de pulverização, os resultados obtidos demonstram que, as aplicações dos inseticidas com pontas de jatos planos propiciam maior redução de danos pela *S. frugiperda* do que a utilização das pontas de jato cônico vazio de vazões semelhantes. As aplicações de inseticidas com os volumes de calda de 75 L ha⁻¹, 100 L ha⁻¹ e 150 L ha⁻¹ resultam em menores danos em plantas de milho-pipoca do que aplicações com 50 L ha⁻¹.

Também se observa que, o número de gotas por centímetro quadrado e o diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos impactos de gotas em alvos artificiais são influenciados pelas

pontas de pulverização. Verifica-se que as pontas de jatos cônicos vazios promovem maior número de impactos/cm² e maiores níveis de cobertura de alvos artificiais e maior deposição de um traçador em folhas de milho-pipoca, devido a geração de gotas de menor tamanho. As pontas de jatos planos promovem maior tamanho de gotas (DMV). Devido as ponta do tipo jato cônico sofrerem mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos, é importante considerar as características das pontas de pulverização e o seu potencial de deriva para a seleção apropriada.

Considerando a alta suscetibilidade da cultura de milho-pipoca à *Spodoptera frugiperda* e a dificuldade de realizar o controle da praga, é fundamental realizar monitoramento constante, desde os estágios iniciais e determinar intervalos de aplicação que promovam maior redução de danos, visando maior eficiência de controle. Destaca-se a necessidade de adoção de métodos alternativos de manejo de pragas, afim de proporcionar uma prática mais sustentável, com menores custos.

20 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. rev., amp. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019.

ANTUNIASSI, U. R. *et al.* Pontas de pulverização hidráulicas. *In*: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. rev., amp. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p. 87-88.

ARAÚJO, D. *et al.* Interference of spray volume, fruit growth and rainfall on spray deposits in citrus black spot control periods. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 5, p. 825-831, maio 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. São Paulo: ANDEF, 2010.

BUENO, M. R.; DA CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Estudo do espectro de gotas produzidas nas pulverizações aérea e terrestre na cultura da batata. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Manaus, v. 54, n. 3, p. 225-234, set./dez. 2011.

BUSATO, G. R. *et al.* Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1278-1283, nov./dez. 2004.

CAMPOS, H. B. N. **Pulverização conjugada à fertilização para controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes híbridos de milho, em função do volume de calda e ponta de pulverização**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

CHECHETTO, R. G. *et al.* Espectro e classes de tamanho de gotas: o que é preciso saber e como interpretar resultados. **Up. Herb**, Passo Fundo, 2020. Disponível em: <https://www.upherb.com.br/int/espectro-e-classes-de-tamanho-de-gotas-o-que-e-preciso-saber-e-como-interpretar-resultados>. Acesso em: 25 set. 2021.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. spe, p. 10-15, jan. 2007.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004.

CRUBELATI, N. C. S. **Avaliação da resistência de híbridos simples de milho pipoca à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

CRUZ, I.; DOS SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M. Controle químico da lagarta-do-cartucho em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 5, p. 677-681, 1982.

LUCHESE, E. **Pulverização eletrostática no controle de *Giberella zea* em trigo e *Spodoptera frugiperda* em milho**. 2021. 44 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

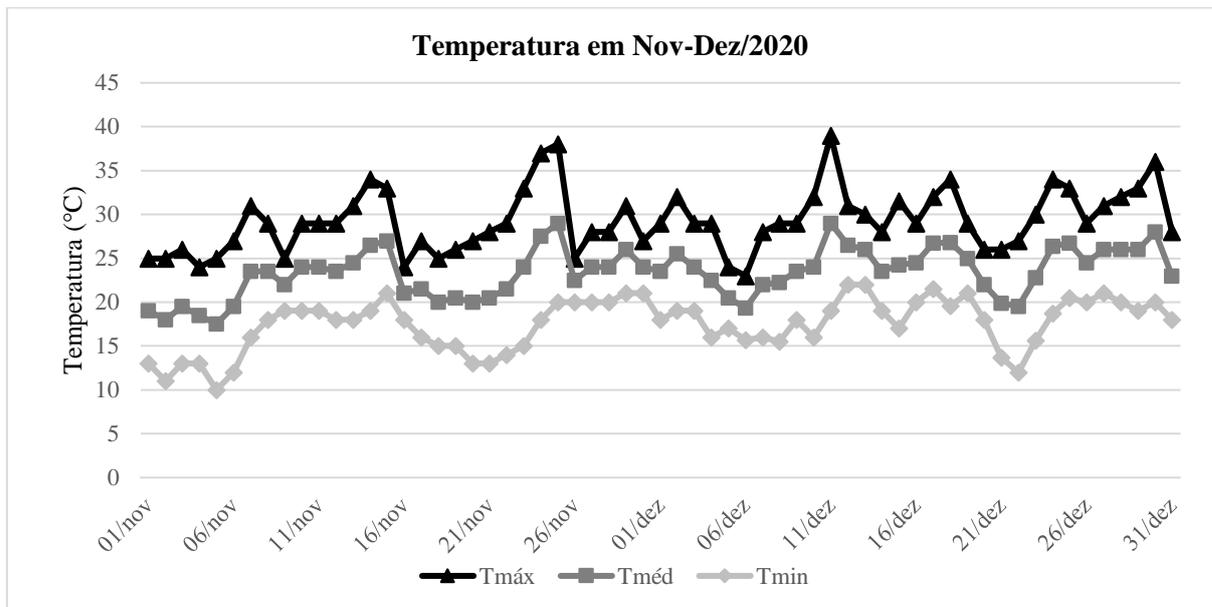
MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1979.

NASCIMENTO, R. S. M. *et al.* Spray mixture volume in the control of Asian soybean rust. **Crop Protection**, [S. l.], v. 146, aug. 2021.

WISE, J. C. *et al.* Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes. **Crop Protection**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 378-385, apr. 2010.

ZABKIEWICZ, J. A. Spray formulation efficacy-holistic and futuristic perspectives. **Crop Protection**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 312-319, 2007.

APÊNDICE A - TEMPERATURAS (OE) MÁXIMA, MÍNIMA E MÉDIA DO AR, OCORRIDO NOS MESES DE NOVEMBRO E DEZEMBRO DE 2020.



APÊNDICE B - VELOCIDADE DO VENTO (KM/H) OCORRIDO NOS MESES DE NOVEMBRO E DEZEMBRO DE 2020.

