

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

Luis Eduardo Curioletti

**INTEGRAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS E
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DE LAGARTAS DA
SOJA**

**Santa Maria, RS
2021**

Luis Eduardo Curioletti

**INTEGRAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS E TECNOLOGIA DE
APLICAÇÃO NO CONTROLE DE LAGARTAS DA SOJA**

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

Orientador: Prof. Dr. Jerson Carús Guedes

**Santa Maria, RS
2021**

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

CURIOLETTI, LUIS EDUARDO
INTEGRAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS E
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DE LAGARTAS DA SOJA
/ LUIS EDUARDO CURIOLETTI.- 2022.
84 p.; 30 cm

Orientador: JERSON VANDERLEI CARUS GUEDES
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2022

1. BACULOVIRUS 2. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS 3.
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS 4. CONTROLE
BIOLÓGICO I. CARUS GUEDES, JERSON VANDERLEI 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.

Declaro, LUIS EDUARDO CURIOLETTI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) 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.

Luis Eduardo Curioletti

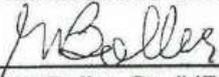
**INTEGRAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS E TECNOLOGIA DE
APLICAÇÃO NO CONTROLE DE LAGARTAS DA SOJA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado
do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, da Universidade
Federal de Santa Maria, como requisito
parcial para obtenção do grau de **Doutor
em Engenharia Agrícola.**

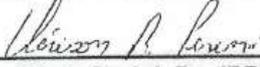
Aprovado em, 23 de dezembro de 2021.



Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



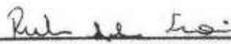
Walter Boller, Dr. (UFSM)



Clérison Régis Perini, Dr. (PROTEPLAN)



Deivid Araújo Magano, Dr. (UNIJUÍ)



Rubens Alex Florin, Dr. (SUMITOMO CHEMICAL)

**Santa Maria, RS, Brasil
2021**

DEDICATÓRIA

“La mia famiglia, la dedico”

ΕΠÍΓΡΑΦΕ

"Life is a journey not a destination"

Ralph Waldo Emerson

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria e ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste curso.

A coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior - CAPES pela concessão de bolsa de doutorado.

Ao caro amigo, conselheiro e orientador professor Jerson Vanderlei Carús Guedes pela orientação, amizade, conselhos, incentivos, paciência e ensinamentos desde 2010 na graduação em Agronomia, Mestrado e agora Doutorado. Destaco a fala do empreendedor Jack Ma no World Economic Forum de 2018 que disse “when you are 20 to 30 years old, find a mentor that teaches you to outcome, when you are 30 to 40 years old, if you want to do something yourself, just do it. You still can afford to lose, to fail, when you’re 40 to 50 years old, my suggestion is you should do things you are good at, from 50 to 60, work to orientate the young and from the 60 and on, spend time with your grandchildren”. Assim tem sido minha vida e aqui deixo minha gratidão a você.

A minha mãe Lindamara e meu pai Alcides, esteios, exemplos de trabalho, ética e perseverança, obrigado pela educação cidadã, pelo incentivo ao estudo, por permitirem que eu seguisse meu coração correndo indo atrás das “gauchadas da vida” e por todo esforço em meio a dificuldades para que o essencial não faltasse na busca pelos meus sonhos. Quando abençoado for com a paternidade, que eu tenha sabedoria para seguir seus exemplos.

A minha irmã Claudia, por todo incentivo, pela paciência, preocupação e zelo quando o medo, a dúvida, a dor, o desconhecido e a tristeza cercavam minha existência.

A minha irmã Regina, por todos os anos de amizade e carinho, pelo exemplo de coragem, alegria de viver e determinação pela luta pela vida que vale a pena ser vivida.

A minha namorada e companheira de todas as horas Lueni Terra, pelo carinho, dedicação e auxílio durante esta caminhada da minha vida. Gratidão por todo amor, incentivo e apoio nas horas difíceis. Que nossa estrelinha seja brilho para iluminar nossos caminhos.

Ao caro mestre e brilhante professor Walter Boller pela companhia de jornada e pelo incentivo e orientação na condução dos trabalhos da etapa final do estudo.

Ao caro professor Claudio Franco e sua equipe pela generosidade e presteza no fornecimento de insumos para esta pesquisa, sem este apoio, este trabalho não seria possível.

Aos colegas de pós graduação do laboratório de manejo integrado de pragas (LabMIP), Clérison Perini, Thiago Strahl, Lucas Cavallin, Lucas Drebes, Thiago Colpo, Régis Stacke, Gustavo Ugalde e demais membros desse grupo.

Aos tantos estudantes de graduação do LabMIP que contribuíram com o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

A Universidade do Arkansas, ao professor Gus Lorenz e sua equipe, Ben Trash, Nick Bateman, Jodi Blackard, Andrew Plumer, Kevin McPerson and Nicky Taillon da Universidade do Arkansas pela oportunidade e acolhida durante o Doutorado Sanduíche.

A AgBiTech e equipe, em especial a Paula Marson, Anthony Hewes, Marcelo Lima e Gustavo Shiomi pelo amparo e parceria com esta pesquisa.

A Fundação ABC Pesquisa e Desenvolvimento Agrário, em especial ao Elderson Ruthes pelo suporte no desenvolvimento de experimentos conduzidos durante o Doutorado.

A estação Experimental AGRUM Agrotecnologias Integradas e sua equipe pelo suporte e na condução dos experimentos.

Aos produtores Renato Rossi, Tarcisio Rossato, Eduardo Garmatz, Angelo Bonotto, Edimar Ceolin, Dirceu Stefanello, João Paulo Webber, Luciano Henck, Rafael Bressa e Paulo Faleiro por gentilmente oportunizaram a condução de experimentos em suas lavouras.

A banca examinadora do projeto de qualificação, Professores Jerson Guedes, Adriano Arrué Mello, Jonas Arnemann e Daniel Ardisson e ao amigo Rubens Fiorin.

A banca examinadora deste documento, professores Jerson Guedes, Walter Boller, Ervandil Costa, Marcia Smaniotto e Deivid Magano e aos pesquisadores Clérison Perini e Rubens Fiorin.

A todos que anonimamente contribuíram para essa conquista, o meu muito obrigado.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

INTEGRAÇÃO DE INSETICIDAS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DE LAGARTAS DA SOJA

AUTOR: LUIS EDUARDO CURIOLETTI

ORIENTADOR: JERSON CARÚS GUEDES

Local e data da defesa: Santa Maria, 23 de dezembro de 2021.

O objetivo dessa tese são propor novas estratégias no controle de lagartas na cultura da soja, integrando manejo químico e biológico e aliando os aspectos da tecnologia de aplicação. Essa tese é composta por três artigos científicos. O primeiro intitulado “Uso de ChinNPV e HaNPV no controle de *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) e *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidae) em soja no Estado do Rio Grande do Sul”, que avalia o efeito e a eficácia de baculovírus sobre populações de lagartas comparando com inseticidas químicos. Foram conduzidos 7 experimentos em lavouras comerciais em distintos municípios do RS, na safra 2016/17. Os resultados permitem concluir a eficácia e ação prolongada de ChinNPV e HaNPV no controle das lagartas e a proteção da cultura. No segundo artigo, intitulado “Estratégias de manejo no controle de *Chrysodeixis includens* na cultura da soja” objetivou quantificar o efeito de inseticidas microbiológicos a base de baculovírus, ChinNPV, SfNPV e HaNPV, e base de Btk pulverizados de forma calendarizada em diferentes combinações e sequencia de aplicação comparados a inseticidas químicos, padrão do produtor e a testemunha. Os resultados permitem concluir que o manejo de *C. includens* foi satisfatório, porém, para o complexo de lagartas da soja faz-se indispensável o emprego de estratégias de monitoramento para definição da combinação dos inseticidas microbiológicos e o momento de aplicação. No terceiro artigo, “Interação entre mecanismos auxiliares a barra de pulverização e horários de aplicação na persistência e eficácia de baculovírus ChinNPV no controle de *C. includens* na cultura da soja”, o objetivo do estudo foi quantificar os benefícios dos sistemas auxiliares da barra de pulverização “canopy opener” e sistema Vortex® em comparação ao sistema tradicional em quatro horários distintos, as 9:30, 11:30, 14:30 e 17:30. Os resultados indicam que a deposição de calda no dossel da cultura é modificado em razão do horário de pulverização e que o sistema de pulverização Vortex® foi o mais eficiente com incremento da deposição de gotas no segmento inferior da cultura, juntamente com o sistema *Canopy opener*, os sistemas auxiliares de barra de pulverização proporcionaram incremento na eficiência de ChiNPV no controle de *C. includens* na cultura da soja.

Palavras chaves: Controle biológico, Baculovirus, *Bacillus thuringiensis*, *C. includens*

ABSTRACT

Doctoral thesis

Graduate Program in Agricultural Engineering

Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

INTEGRATION OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL INSECTICIDES AND SPRAY TECHNOLOGY ON SOYBEAN CATERPILARS CONTROL

AUTHOR: LUIS EDUARDO CURIOLETTI

ADVISOR: JERSON CARÚS GUEDES

Santa Maria December 23th 2021.

ABSTRACT: The purposes of this thesis are to propose new strategies for the control of caterpillars in soybean crops, integrating chemical and biological management, combining aspects of application technology. This document comprises three scientific articles. The first one entitled "Use of ChinNPV and HaNPV in the control of *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) and *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidae) in soybeans in Rio Grande do Sul", aims to evaluate the effect and efficiency of baculoviruses on caterpillar populations compared to chemical insecticides. Seven experiments were carried out in commercial crops in different municipalities of RS, in the 2016/17 season. The results allow us to conclude the effectiveness and prolonged action of ChinNPV and HaNPV in the control of caterpillars and crop protection. The second article, entitled "Use of different management strategies in the control of *Chrysodeixis includens* in soybean crops" aimed to quantify the effect of microbiological insecticides based on baculovirus, ChinNPV, SfNPV and HaNPV, and Btk-based sprayed on a scheduled basis in different combinations and application sequence compared to chemical program, producer standard and control. The results allow us to conclude that the management of *C. includens* was satisfactory, however, for the soybean caterpillar complex, it is essential to use monitoring strategies to define the combination of microbiological insecticides and the moment of application. In the third article, "Interaction between spray boom auxiliary mechanisms and application times on the persistence and efficacy of ChinNPV baculovirus in the control of *C. includens* in soybean crop", the aim of the study was to quantify the benefits of spray boom auxiliary systems "canopy opener" and Vortex® system compared to the traditional system in four different times, 9:30, 11:30, 14:30 and 17:30. The results indicate that the spray deposition spectrum in the crop canopy is modified due to the spraying time and that the Vortex® spray system was the most efficient in increasing the spray deposition in the lower segment of the crop and together with the use of the "canopy opener" and the auxiliary spray boom systems provided an increase in the efficiency of ChiNPV in the control of *C. includens* in the soybean crop.

Keywords: Biological control, Baculovirus, *Bacillus thuringiensis*, *C. includens*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 A SOJA.....	16
2.2 LEPIDÓPTEROS PRAGA QUE ATACAM A SOJA.....	16
2.3 CONTROLE QUÍMICO, BIOLÓGICO E RESISTENCIA.....	18
2.4 MECANISMOS DE AÇÃO DE VIRUS ENTOMOPATOGÊNICOS	20
2.5 USO DE VÍRUS ENTOMOPATOGÊNICOS NA AGRICULTURA.....	20
2.6 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS MICROBIANOS	21
ARTIGO 1- USO DE <i>ChinNPV</i> E <i>HaNPV</i> NO CONTROLE DE <i>Chrysodeixis includens</i> E <i>Helicoverpa armigera</i> EM SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	24
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1 LOCAIS DOS EXPERIMENTOS.....	28
2.2 TRATAMENTOS	28
2.3 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS	29
2.3.1 Densidade da praga.....	30
2.3.2 Avaliação da densidade populacional de insetos	30
2.3.4 Isolamento dos tratamentos.....	31
2.3.5 Análise estatística	31
3. RESULTADOS.....	32
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ARTIGO 2 –DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO NO CONTROLE DE <i>Chrysodeixis includens</i> NA CULTURA DA SOJA.	42
1 INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4. CONCLUSÕES	51
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

ARTIGO 3 - INTERAÇÃO ENTRE MECANISMOS AUXILIARES A BARRA DE PULVERIZAÇÃO E HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA PERSISTÊNCIA E EFICÁCIA DE BACULOVÍRUS <i>ChinNPV</i> NO CONTROLE <i>Chrysodeixis includens</i> NA CULTURA DA SOJA.....	54
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS	58
2.1 COLETA DE FOLÍOLOS PARA ANÁLISE CROMATOGRÁFICA E DE MORTALIDADE DE LAGARTAS.	61
2.2 ESTIMATIVA DO DEPÓSITO DE TRAÇADOR.....	61
2.3 ESTIMATIVA DA EFICÁCIA BIOLÓGICA DE SURTIVO SOJA® EM RESPOSTA AOS SISTEMAS E HORÁRIOS DE PULVERIZAÇÃO.....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
CONCLUSÕES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
DISCUSSÃO GERAL.....	75
CONCLUSÃO GERAL	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO

A agricultura mundial está em constante evolução, inovando por meio de novas tecnologias e aprimorando técnicas e manejos consagrados, buscando atingir melhores índices de produção e produtividade, o que tem por propósito garantir a sustentabilidade de toda cadeia produtiva. Segundo estimativas da Food and Agriculture Organization (FAO, 2015), até 2050, o planeta terá uma população de 9,5 bilhões de pessoas, o que exige que as ações no setor agrícola ocorram de forma planejada e organizada para alimentar uma população crescente.

A agricultura pode ser vista como um sistema aberto, ou seja, um sistema que sofre influências de fatores bióticos e abióticos, exigindo dos profissionais que atuam no segmento, intervir sobre o meio, a fim de estabelecer as melhores estratégias para promover incrementos a produtividade (MOTTA, 2015). Neste contexto, para se atingir melhores rendimentos, faz-se necessário o controle das pragas agrícolas, dentre as quais estão as plantas daninhas, insetos e doenças, sendo consideradas os mais importantes fatores bióticos que promovem a redução da produtividade das culturas, e que na ausência ou falhas no controle, podem causar prejuízos econômicos relevantes (OERKE, DHENE, 2004).

Uma das principais estratégias de controle empregada pelos produtores é o controle químico (ALTOÉ et al., 2012), que é realizado em área total, quando a população, na média da lavoura, atinge o nível de controle (KOGAN et al., 1977; CORRÊA-FERREIRA et al., 2010). No entanto, um dos grandes impasses no controle químico em área total é que geralmente os inseticidas empregados no controle desses organismos são produtos de amplo espectro de ação, na maioria das vezes neurotóxicos e com alta toxicidade a inimigos naturais (BUENO et al., 2007; CARMO et al., 2010), que são potencialmente prejudiciais ao agroecossistema, promovendo desequilíbrios.

O Manejo Integrado de Pragas - MIP é um conjunto de técnicas que utilizadas harmonicamente permite a condução da lavoura por meio de táticas sustentáveis de controle de pragas (que inclui o uso racional de inseticidas), que são aplicadas apenas quando necessárias e economicamente viáveis (CHANDLER; FAUST, 1998; KOGAN, 1998; FAO, 1966). No Brasil, o MIP foi aplicado com eficiência e sucesso inegáveis e consolidou-se na cultura da soja durante a década de 1980, contribuindo drasticamente na redução do número de aplicações de inseticidas, com consequente

queda nos custos do controle fitossanitário e na diminuição de impactos ambientais da atividade agrícola, tendo como carro chefe no controle de lagarta, o *Baculovirus anticarsia* (AVILA; SANTOS, 2018). Com um suporte da EMBRAPA, iniciou-se um sistema de coleta e armazenamento de lagartas conduzido pelo próprio produtor, que por muito tempo proporcionou uma grande economia substituindo a aplicação de produtos sintéticos em lavouras (GAZZONI, 1994).

No século XX um dos grandes marcos no controle biológico de pragas, foi consagrado através do emprego da bactéria *Bacillus thuringiensis*. Algumas cepas produzem toxinas que são letais para insetos praga e passaram a ser comercializadas como inseticida biológico ou introduzidas geneticamente em plantas modificadas resistentes a insetos (BROBOWSKY et al.; 2003). Em virtude da especificidade da toxina para o hospedeiro, essa tecnologia é considerada ambientalmente amigável. Outro exemplo importante de inseticida biológico é a cepa K84 de *Agrobacterium radiobacter* registrada no final do século XX como agente de controle biológico de galhas cultivadas causada por *Agrobacterium tumefaciens*, um patógeno transmitido pelo solo que afeta um amplo espectro de cultivos. *A. radiobacter* cepa K84 libera uma toxina que altera a capacidade de reprodução do patógeno (LOPEZ et al; 1989).

Apesar das principais descobertas científicas que se tornaram sucessos comerciais, os produtos biológicos foram adotados em nichos de mercado onde os produtos químicos sintéticos não eram registrados, não eram eficazes, não eram econômicos ou não podem ser aplicados (FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020). Assim, a descoberta de novos produtos defensivos biológicos permaneceu marginal devido à ampla adoção de produtos químicos sintéticos de baixo custo. Atualmente, as tendências de redução da eficácia dos agroquímicos, o aumento do seu custo e sua escassez de oferta oportunizaram o uso associativo ou substitutivos de produtos de base microbiológica, que hoje apresentam maiores opções pelo número e diversidade de produtos registrados, alta tecnologia na produção e controle de qualidade (AGROFIT, 2021; CROPLIFE, 2021; FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020).

Nos últimos anos, o mercado consumidor promoveu um aumento da demanda de alimentos e produtos alimentícios orgânicos em nível global. De acordo com o Serviço Nacional de Estatísticas Agrícolas do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, 2016), as fazendas dos EUA produziram e venderam US\$ 7,6 bilhões em commodities orgânicas certificadas, um incremento de aproximadamente, 23% em

relação ao ano de 2015. Essa mudança, proporcionou um aumento no número de fazendas orgânicas e um aumento na área total em torno de 15%. Segundo o escritório europeu de estatísticas EUROSTAT, a superfície agrícola dedicada aos cultivos biológicos na UE aumentou 21% em cinco anos, e praticamente todos os países da UE expandiram suas áreas de cultivo bio, à exceção de dois deles: Reino Unido com 495.929 hectares, 29% a menos que em 2010 e Holanda, com 44.402 hectares de cultivo bio, uma redução de 4%.

A tecnologia de aplicação é um fator crucial sendo que ela é extremamente importante quando se trata de controle biológico microbiano em virtude das especificidades que ela deve ter. Deve-se observar fatores como a fotodegradação, formulação, velocidade de deslocamento e do vento, horário de aplicação, qualidade da água, potencial hidrogeniônico (pH), que interferem na eficácia dos tratamentos (BOTELHO; MONTEIRO, 2011; ALVES; LECUONA, 1998).

Diante dessa realidade, o objetivo dessa tese é propor novas estratégias no controle de lagartas na cultura da soja, integrando manejo químico e biológico aliando aspectos da tecnologia de aplicação. A tese é composta por três artigos científicos. O primeiro intitulado "Uso de ChinNPV e HaNPV no controle de *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) e *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidae) em soja no Estado do Rio Grande Do Sul", que visa avaliar o efeito e a eficiência de baculovírus sobre populações de lagartas comparando com inseticidas químicos. No segundo artigo, intitulado "Estratégias de manejo no controle de *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) na cultura da soja" objetivou quantificar o efeito de inseticidas microbiológicos a base de baculovírus, ChinNPV, SfNPV e HaNPV, e base de Btk pulverizados em diferentes combinações e sequencia de aplicação comparados a programa químico, padrão do produtor e testemunha. No terceiro artigo, "Interação entre mecanismos auxiliares a barra de pulverização e horários de aplicação na persistência e eficácia de baculovírus ChinNPV no controle *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) na cultura da soja", o objetivo do estudo foi quantificar os benefícios dos sistemas auxiliares da barra de pulverização "canopy opener" e sistema Vortex® em comparação ao sistema tradicional em quatro horários distintos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A SOJA

A soja é um produto agrícola que responde por aproximadamente 13% do volume total de exportações no Brasil. Ao País é atribuída a posição de primeiro produtor de soja em nível mundial. No entanto, existe ainda a necessidade de melhorar os índices de produtividade, diante de um quadro de crise econômica mundial, onde a demanda por alimentos de uma população que deverá chegar a 9,5 bilhões até 2050, impõe às lideranças globais o desafio de aumentar a produção agrícola de maneira sustentável. A cultura da soja no Brasil ocupa uma área de aproximadamente 38 milhões de hectares, correspondendo a aproximadamente um quarto da área mundial plantada (CONAB,2021).

Estimativas indicam um aumento substancial na produção de soja no país, sendo projetada para a safra 2021/2022 a produção de 129,7 milhões de toneladas (IBGE, 2021). No entanto, vislumbra-se que a expansão da produção da cultura se dará não somente pelo aumento da área cultivada, mas também com o incremento da produtividade, exigindo que os sojicultores empreguem recursos e tecnologias que propiciem a maximização de resultados e evitem perdas durante o processo produtivo.

Dentre as ameaças às altas produtividades de soja está a incidência de insetos-praga, que podem ocorrer desde a germinação até a colheita (VIVAN; DEGRANDE, 2011). No período vegetativo da cultura, as lagartas desfolhadoras *Anticarsia gemmatalis* (Hubner 1818) (Lepidoptera: Erebidae), *Chrysodeixes includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) e *Spodoptera* sp., que ocorrem em quase todas as regiões produtoras do Brasil. Na ausência de controle podem proporcionar níveis de desfolha de até 100%, acarretando sérios prejuízos econômicos (HOFFMAN-CAMPO et al., 2000). No período reprodutivo, a recente introdução da *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidae), em 2013, associada a um complexo de percevejos vem causando preocupações a produtores e pesquisadores (GUEDES et al., 2012; GUEDES et al., 2014).

2.2 LEPIDÓPTEROS PRAGA QUE ATACAM A SOJA

A intensidade dos danos causados pelas lagartas da soja é bastante variável e dependem do potencial de dano de cada espécie, da sua densidade populacional e do estágio de desenvolvimento das plantas (DEGRANDE; VIVAN, 2007). Os danos causados pelas lagartas, devido ao consumo de área foliar, acarretam em redução na taxa de fotossíntese das plantas, comprometendo, conseqüentemente, a produção.

A planta de soja apresenta excepcional capacidade de recuperação durante o período vegetativo e reprodutivo (SOSA-GOMEZ et al., 1993). Porém, a ocorrência dessas lagartas no período de surgimento de vagens pode causar grande prejuízo. Na fase reprodutiva, a soja é mais sensível ao desfolhamento, pois neste período ocorre o deslocamento de carboidratos das folhas para formação das vagens e desenvolvimento dos grãos (GAZZONI; MOSCARDI, 1998). Conseqüentemente, os danos causados na fase reprodutiva apresenta maior efeito na produção quando comparado aos danos ocasionados na fase anterior (DEGRANDE; VIVAN, 2007).

Dentre o complexo de lagartas que ocorrem na cultura, a lagarta-da-soja (*A. gemmatalis*) é a maior causadora de desfolha sendo capaz de consumir cerca de 110 cm² de folhas (WALKER et al., 2000). A lagarta da soja possui quatro pares de falsas pernas abdominais com coloração verde ou preta e mais um par anal, sendo uma lagarta mais sensível ao toque, retorcendo-se rapidamente quando o mesmo ocorre, além de possuir o hábito de consumir toda a superfície das folhas (GAZZONI; YORINIORI, 1995).

O inseto adulto é uma mariposa de coloração variada e hábito noturno, de cor pardo acinzentada que mede em torno de 40 mm de envergadura (SCHMIDT et al., 2001) e pousa com as asas abertas. Quando em repouso, as asas anteriores cobrem todo o seu corpo, notando-se perfeitamente uma listra transversal escura unindo as pontas das asas (GAZZONI; YORINIORI, 1995). Essas mariposas são frequentemente encontradas durante o dia em locais sombreados, principalmente na base das plantas, no entanto todo o processo reprodutivo ocorre durante o período noturno (SCHMIDT et al., 2001).

A lagarta falsa-medideira, *C. includens*, é a espécie predominante nos cultivos de soja não Bt, impondo sérias dificuldades de controle em decorrência da sua tolerância natural aos inseticidas e aos casos de resistência (STACKE et al., 2018). A lagarta de *C. includens* apresenta coloração verde claro com linhas brancas longitudinais espalhadas sobre o dorso. Apresentam dois pares de pernas abdominais, fazendo com que no seu deslocamento ocorra intenso movimento do corpo (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). A falsa-medideira é uma espécie com ampla distribuição geográfica, podendo ocorrer do extremo norte dos Estados Unidos da América (EUA) até o extremo sul da América do Sul

(ALFORD; HAMMOND JUNIOR, 1982; ALEXANDRE, 2010), e é popularmente chamada de lagarta falsa-medideira, causa severos danos à cultura e pode ser encontrada em todas as áreas cultivadas com soja. *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) é outra espécie da subfamília Plusiinae, citada com frequência na cultura da soja. Essa é denominada vulgarmente por lagarta do girassol, visto que foi considerada a principal desfolhadora dessa Linaceae (*Linum* sp.), ocorrendo em várias regiões do Rio Grande do Sul (STECICA et al., 2008).

A *H. armigera* é considerada uma praga polífaga, ou seja, ela se alimenta de várias culturas, portanto, sendo mais difíceis de serem controladas, já que é abundante a oferta de alimentos durante todo o ano (LIU et. al., 2010). A identificação dessa lagarta requer conhecimentos muito específicos de suas estruturas reprodutivas. Uma característica marcante dessa lagarta é sua preferência pela parte proteica da planta, causando danos diretos à cultura da soja (PATANKAR et al., 2011, GUEDES et al., 2014). De acordo com estudo de Stacke et al. (2018), os danos ocasionados pela convivência de *H. armigera* durante o período reprodutivo da cultura da soja são variáveis, sendo de 106 kg/ha e 77,2 kg/ha a redução da produtividade da soja para 1 larva de *H. armigera* convivendo com a cultura da soja nos estágios R 5.1 e R2, respectivamente. Estes danos são severos e justificam maior atenção ao monitoramento para este alvo durante esta fase de desenvolvimento da cultura, bem como, a tomada de decisão para o manejo acontece com baixos níveis populacionais de *H. armigera*.

2.3 CONTROLE QUÍMICO, RESISTÊNCIA E CONTROLE BIOLÓGICO

A principal estratégia de supressão populacional destas pragas é baseada no controle químico (ALTOÉ et al., 2012; SOSA-GÓMEZ et al., 2003), com a aplicação de inseticidas. O notável sucesso alcançado pelo uso de pesticidas tem dificultado o estudo dos inimigos naturais das pragas (VAN DEN BOSCH; STERN, 1962).

Entretanto, o fato mais preocupante sobre o consumo de agrotóxicos, é que muitas vezes esses produtos são aplicados indiscriminadamente e indevidamente, sem a adoção de monitoramento, com contagem e identificação das pragas, inobservância dos níveis populacionais destas pragas nas lavouras, aplicação de agrotóxicos sem registro e desconhecimento sobre a seletividade destes produtos fitossanitários a inimigos naturais (BUENO et al., 2017; CARMO et al., 2010).

Sendo assim, a aplicação de inseticidas seletivos, que, permitam a sobrevivência dos agentes de controle biológico, desponta como uma importante ferramenta corroborando como estratégia inserida no plano de Manejo Integrado de Pragas (MIP) para a cultura da soja. O controle biológico não suplanta o químico, no entanto, ambos atuando em conjunto de maneira harmoniosa, contribuem minimizando os impactos negativos causados pelos agrotóxicos (BATISTELA et al., 2011; STERN et al., 1959).

Para conter os prejuízos causados por essas pragas, estratégias amigas do ambiente, passaram a ser estudadas culminando no desenvolvimento de técnicas e tecnologias de utilização e aplicação de agrotóxicos biológicos, que consiste no uso de micróbios ou produtos microbianos benéficos para o controle de pragas, melhoram a saúde do solo e da cultura e tem sido implantada de forma ampla devido ao seu baixo impacto ambiental. Por exemplo, um dos muitos benefícios é que a resistência não pode se desenvolver contra os microrganismos.

A premissa básica do controle biológico é controlar as pragas agrícolas e os insetos transmissores de doenças a partir do uso de seus inimigos naturais, que podem ser outros insetos benéficos, predadores, parasitoides, e microrganismos, como fungos, vírus e bactérias. Trata-se de um método de controle racional e ambientalmente amigável, que tem como objetivo final utilizar esses inimigos naturais que não deixam resíduos nos alimentos e são inofensivos ao meio ambiente e à saúde da população.

Esse crescente interesse pelos produtos biológicos por parte dos produtores indica preocupações, não apenas visando a redução dos custos de produção, mas também, atendendo aos apelos da sociedade por uma agricultura mais sustentável, substituindo parcial ou totalmente os agrotóxicos, prática que ainda predomina nos controles fitossanitários. O uso de organismos como o *Bacillus thuringiensis* e o Baculovírus são uma das principais opções de inseticidas biológicos para o controle de lagartas na cultura da soja (BEAS-CATENA et al., 2014; DO NASCIMENTO et al., 2022; DOS SANTOS et al., 2021; MOSCARDI, 2011; SANCHES et al., 2021). Avaliando a eficiência de diferentes inseticidas químicos e biológicos registrados para a cultura da soja, no controle de *H. armigera*, Kuss et al. (2016) observaram resultados satisfatórios com o uso de *B. thuringiensis* e de Baculovírus no controle da lagarta.

2.4 MECANISMO DE AÇÃO DE VÍRUS ENTOMOPATOGÊNICOS

Os baculovírus são vírus que apresentam em seu DNA dupla-fita circular habilitadas a infectar, por via oral, o estágio larval de insetos das ordens Lepidoptera (mariposas e borboletas), e outras ordens de insetos. Baculovírus etimologicamente báculo, significa bastão, por apresentar formato do nucleocapsídeo viral (ROHRMANN, 2013). Ao longo de um ciclo infectivo completo, os vírus originam dois fenótipos: o primeiro (i) o vírion derivado de oclusão (ODV) sendo encarregado pela infecção oral e está ocluído em um corpo cristalino proteico nomeado de corpo de oclusão (OB) e o segundo (ii) o vírion brotado (BV) responsável pela disseminação da infecção no corpo do inseto hospedeiro (CLEM; PASSARELLI, 2013).

A principal rota de infecção desse entomopatógeno é pela ingestão de alimento contaminado, com posterior liberação nas células epiteliais do intestino médio por partículas virais (RIBEIRO et al., 1999). A ingestão dos poliedros pelos insetos causa o dissolvimento da matriz proteica no intestino médio, efeito do pH fortemente alcalino. Com a liberação dos vírions no lúmen digestivo além de as partículas infecciosas invadirem as células epiteliais do intestino médio, promovida por receptores específicos. Os nucleocapsídeos são levados ao núcleo, onde libera o seu DNA, dando início ao processo de replicação viral. Os demais tecidos são infectados pela forma não oclusa do vírus produzida pela replicação do vírus. Somente nos estágios finais da infecção viral que a forma oclusa é formada, onde os vírions são “envelopados”, originando os poliedros. Nos últimos estágios ocorre a ruptura das células e diante disso a liberação dos poliedros. É onde ocorre a morte do inseto mediante a liquefação dos tecidos (ALVES et al., 1998; FEDERICI, 1997, 1999).

O início da fase larval mais suscetível à infecção, onde o inseto pode ser contaminado através dos ovos, inimigos naturais, espiráculos, ou mais habitualmente pela via oral. A manifestação dos sintomas e a morte dependem de vários fatores, como condições climáticas, idade do inseto e virulência do isolado (VALICENTE; CRUZ, 1991).

2.5 USO DE VÍRUS ENTOMOPATOGÊNICOS NA AGRICULTURA

Os vírus entomopatogênicos têm sido largamente utilizados em vários países em busca de seletividade, especificidade e longevidade de ação no controle de lagartas, o que possibilita a formulação de produtos com tecnologia de aplicação simples e segura quando comparados aos inseticidas sintéticos (ALVES et al., 2008; SANCHES et al., 2021). Segundo Martignoni e Iwai (1986), mais de 20 grupos de vírus são patogênicos aos insetos. Dentre estes, o grupo dos baculovírus compreende o grupo mais estudado, com elevado potencial para serem utilizados como agente de controle biológico de pragas em larga escala.

Em 1975 nos EUA, foi registrado o VPN de *Heliothis* spp. pela Sandoz Inc., com a marca comercial Elcar, para utilizar na cultura do algodão, onde futuramente, foi registrado para controle de *Helicoverpa punctigera* e *H. armigera* na Austrália, exibindo eficiência no controle de *Heliothis* em milho, soja, sorgo e tomate (IGNOFFO; COUCH, 1981). Outros bioinseticidas a base de baculovírus para *H. armigera* tem demonstrado boa eficiência no seu controle em vários países da Europa e Ásia (BUERGER et al., 2007; MOSCARDI, 1999; SUN et al., 2004).

No Brasil, o uso de vírus no controle de representou o maior programa mundial de utilização de vírus para controle pragas, o programa do uso do VPN da lagarta-da-soja, codinome *Anticarsia gemmatalis* MNPV (AgMNPV), criado a partir de 1977 através do Centro Nacional de Pesquisa da Soja (CNPSo/Embrapa, Londrina-Pr) (ALVES et al., 1998). Segundo Moscardi et al. (2004), houve um rápido crescimento na área tratada de soja utilizando esse vírus no Brasil, cerca de 12% da área cultivada de soja no Brasil, corroborando o sucesso deste método de controle biológico. Esses autores destacam que, este foi o maior programa em nível mundial utilizando vírus de insetos, em termos de área atingida.

A partir dos primeiros relatos da ocorrência da lagarta *H. armigera* no Brasil em 2013, o Ministério da Agricultura do Brasil liberou o uso emergencial de inseticidas com ação sobre o alvo e neste ato, o uso de baculovírus na agricultura brasileira retomou relevância (CZEPACK et al., 2013). Desde então, novos inseticidas microbiológicos foram desenvolvidos, validados e registrados para uso no controle de lagartas das espécies *C. includens*, *S. frugiperda*, *S. eridania* que igualmente ocorrem na cultura da soja podendo impactar negativamente na produtividade da cultura (AGROFIT, 2021).

2.6 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS MICROBIOLÓGICOS

A crescente adoção e uso de produtos biológicos na agricultura brasileira de larga escala evidencia a necessidade de estudar os sistemas de aplicação para melhor aproveitar seus potenciais tecnológicos. É necessário compreender as limitações dos produtos microbiológicos formulados a partir de vírus, fungos, bactérias e seus metabólitos, na agricultura. Se por um lado a sua natureza biológica lhes conferem características desejáveis como seletividade, baixo risco ao consumidor, prolongado efeito residual, sua natureza biológica os tornam mais dependentes de condições do ambiente para garantia da estabilidade de eficiência quando comparados a produtos de síntese química (BLACK et al 2017; KUMAR et al., 2011). Desta forma, produtos biológicos, a exemplo dos baculovírus exigem maior atenção e condições especiais de aplicação em relação a cultura, fatores climáticos e alvo biológico (CORY; EVANS, 2007).

Os inseticidas biológicos à base de baculovírus e *B. thuringiensis* somente apresentam modo de transferência por ingestão, portanto, sua eficácia depende de boa deposição e cobertura nas superfícies vegetais e permanecerem viáveis por período suficiente para que as lagartas consumam alimento suficiente para atingirem a dose letal do inseticida (BRAVO et al., 2007; VALICENTE, 2019c). De modo geral, para baculovírus e *B. thuringiensis*, os fatores que reduzem a viabilidade destes no ambiente são temperaturas extremas, baixa umidade relativa e radiação solar ultra violeta (TAZZO et al, 2008). Estas condições são observadas principalmente nas horas mais quentes do dia e sobretudo no estrato superior do dossel da cultura, local onde são depositados o maior volume de gotas e produtos pelos sistemas tradicionais de pulverização (AZEVEDO, 2003; BOLLER et al., 2011)

A tecnologia de aplicação estuda diferentes combinações de pontas de pulverização, pressão de trabalho, altura de barra, volume de calda, adjuvantes e formulações de produtos, características da água de aplicação, forma de preparo da calda, horário de aplicação, estágio de desenvolvimento da cultura, condições ambientais e mecanismos auxiliares da barra de pulverização (ANTUNIASI; BOLLER, 2019; AZEVEDO, 2006). Todos estes fatores, produzem uma infinidade de resultados da aplicação em termos de; cobertura, distribuição e penetração no dossel, deposição na face superior e inferior das folhas, perdas por deriva, evaporação, escorrimento, fitotoxicidade, incompatibilidades físicas e químicas no tanque de pulverização.

Para maximizar a eficácia de Bvs e Bts, é imprescindível conhecer a influência de cada um desses fatores e buscar proporcionar as melhores condições para maximizar o efeito dos bioinseticidas ou para mitigar os efeitos ambientais adversos irreversíveis (CORY; EVANS, 2007; IGNOFFO et al., 1989; 1997). Dentre os efeitos ambientais, destacam-se as altas temperaturas e radiação e baixa umidade relativa da atmosfera que predominam durante os períodos em que são aplicados os baculovírus e *B. thuringiensis* na cultura da soja.

ARTIGO 1- USO DE CHINNPV E HANPV NO CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* E *Helicoverpa armigera* EM SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Resumo: O uso de baculovírus no manejo integrado de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Erebidæ) e *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidæ) em soja pode ser uma tática importante para cobrir as falhas de controle de falsa-medideira com uso de inseticidas químicos. Foram conduzidos experimentos com baculovírus em sete locais do Rio Grande do Sul, nas três microrregiões sojícolas do estado (101, 102 e 103), durante a safra 2016/17. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador e vazão de 110 litros/ha. A primeira aplicação ocorreu quando a densidade de larvas de *C. includens* e *H. armigera* atingiu o nível 0,5 larvas por metro. As avaliações foram realizadas aos 0 (prévia), 5, 10, dias após a primeira aplicação e aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a segunda aplicação, utilizando pano de batida vertical com calha. As lagartas foram identificadas e separadas em pequenas <0,5 cm, médias $\geq 0,5$ e $\leq 1,5$ cm e grandes >1,5 cm. Os dados foram analisados utilizando modelos lineares mistos. Os resultados indicam que ChinNPV + HaNPV reduzem o número de larvas de *C. includens* a níveis mais baixos do que os tratamentos padrão químico (Ampligo) e padrão do produtor, que utilizaram apenas inseticidas químicos. A aplicação de Ampligo após a aplicação de ChinNPV + HaNPV resultou em um efeito sinérgico de controle, aos 7 e 14 DAB, e efeito antagônico nas avaliações subsequentes. Tanto uma quanto duas aplicações de baculovírus proporcionaram a disseminação e infecção de *C. includens* com baculovírus em decorrência do estabelecimento da epizootia nos sucessivos fluxos populacionais da praga, que consequente resultou em um longo efeito residual observado até 35 DAB. O efeito de ChinNPV + HaNPV na população de *C. includens* foi observado na diminuição do número de larvas médias e grandes, o que assegura uma menor injúria nas folhas de soja. Assim, o baculovírus ChinNPV + HaNPV é eficiente no controle de *C. includens* em soja e pode ser usado no manejo integrado dessa praga de difícil controle pelos inseticidas químicos.

Palavras-chave: *Glycine max.* Falsa-medideira. Manejo Integrado de Pragas. Controle Biológico. Baculovírus.

USE OF CHINNPV AND HANPV IN THE CONTROL OF

Chrysodeixis includens AND *Helicoverpa armigera* IN SOYBEAN IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: The use of baculoviruses in the integrated management of *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Erebidiae) and *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidiae) in soybeans can be an important tactic to cover the flaws in the control of the soybean looper mouth with the use of insecticides chemicals. Experiments with baculovirus were conducted in seven locations in Rio Grande do Sul, in the three soybean micro-regions in the state (101, 102 and 103), during the 2016/17 harvest. The treatments were applied with spray and flow rate of 110 liters / ha. The first application occurred when the density of larvae of *C. includens* and *H. armigera* reached the level of 0.5 larvae per meter. The evaluations were performed at 0 (previous), 5, 10, days after the first application and at 7, 14, 21, 28 and 35 days after the second application, using a vertical tapping cloth with gutter. The caterpillars were identified and separated into small <0.5 cm, medium ≥ 0.5 and ≤ 1.5 cm and large > 1.5 cm. The data were analyzed using mixed linear models. The results indicate that ChinNPV + HaNPV reduced the number of *C. includens* larvae to lower levels than the standard chemical (Ampligo) and producer standard treatments, which used only chemical insecticides. The application of Ampligo after the application of ChinNPV + HaNPV resulted in a synergistic control effect, at 7 and 14 DAB, and an antagonistic effect in subsequent evaluations. Both one and two applications of baculovirus provided the dissemination and infection of *C. includens* with baculovirus as a result of the establishment of the epizooty in the successive population flows of the pest, which consequently resulted in a long residual effect observed up to 35 DAB. The effect of ChinNPV + HaNPV on the population of *C. includens* was observed in the decrease in the number of medium and large larvae, which ensures less injury to soybean leaves. Thus, the ChinNPV + HaNPV baculovirus is efficient in the control of *C. includens* in soybeans and can be used in the integrated management of this pest that is difficult to control by chemical insecticides.

Keywords: *Glycine max.* Soybean looper. Integrated Pest Management. Biological control. Baculovirus.

1. INTRODUÇÃO

A lagarta falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) é considerada uma das principais lagartas desfolhadoras da soja no Brasil. As lagartas de *C. includens* alimentam-se apenas do limbo foliar, deixando uma injúria rendilhada nas folhas de soja. Nos últimos anos a proporção de *C. includens* aumentou em relação as demais lagartas desfolhadoras, principalmente sobre a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Erebidae), por uma série de acontecimentos e, devido aos manejos adotados pelos produtores (GUEDES et al., 2015).

Um dos fatores citados é a maior tolerância a doses de inseticidas comumente usadas para o controle de *A. gemmatalis* que não controlam larvas de *C. includens*. Nesse contexto, a maior tolerância dessa espécie e relatos recentes de falhas de controle com inseticidas químicos no Brasil, fizeram com que o programa de manejo biológico de lagartas com baculovírus fosse preterido ao uso de inseticidas sintéticos (HAASE et al., 2015), por ser uma tática eficiente e com baixo impacto ao meio ambiente.

Um dos casos de sucesso no manejo integrado de pragas da soja no Brasil ocorreu nos anos 80, visando o controle de *A. gemmatalis* com o baculovírus AgNPV desenvolvido pela EMBRAPA (MOSCARDI, 1989). Mais recentemente, com a invasão de *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805) (Lepidoptera: Erebidae) no Brasil (SOSA-GÓMEZ et al., 2016) o controle biológico voltou a ser repensado e ganhou novamente um espaço importante na cultura da soja. Ações emergenciais do MAPA, como a liberação de inseticidas biológicos, foram necessárias para o manejo de *H. armigera* no Brasil, os quais foram confirmados serem eficientes e, com custo-benefício equiparado a inseticidas químicos (PERINI et al., 2016).

A diversidade e evolução dos vírus estão estritamente relacionadas com o hospedeiro que eles infectam em um processo chamado de evolução dependente de hospedeiro (ROHRMANN, 2008). Por esse motivo que os baculovírus apresentam ação específica em uma espécie, podendo também ter ação em outras espécies do mesmo gênero ou família, como o caso recente de uso de *Helicoverpa zea* Nucleopoliedrovirus (HzNPV) para o controle de *H. armigera* no Brasil. Embora que a especificidade possa ser uma desvantagem dos vírus, existem alguns baculovírus de amplo espectro, como de *Autografa californica*, *Anagrafa falcifera* e *Mamestra*

brassicae (OECD, 2002). Nesse sentido, a mistura de diferentes baculoviroses pode ser uma alternativa para o manejo de mais uma espécie-praga.

A eficiência de controle do baculovírus no campo é o resultado da capacidade infectiva dos corpos de oclusão (OBs), da dose utilizada, da dispersão para novos hospedeiros e de alguns cuidados técnicos no momento da aplicação. A capacidade de infecção está estritamente relacionada a especificidade com o hospedeiro, que após a ingestão dos OBs, o aparecimento dos sintomas e a morte da mesma, leva em torno de 3 a 7 dias (CASTRO et al., 1999; GEORGIEVSKA et al., 2010). Porém, isso é muito dependente da dose pulverizada.

Em menores doses de baculovírus, por eventos estocásticos no processo de infecção no organismo, a resposta na mortalidade das lagartas é variada. Segundo Georgievska et al. (2010), quanto maior a dose de OBs aplicados por larva, maior é a mortalidade com menor tempo de sobrevivência. Contudo, levando em consideração a transmissão natural do baculovírus no campo, os mesmos autores citam que as maiores doses, que ocasionam mortalidade rápida e resultam em menor produção de OBs por larva infectada. Assim, segundo Muñoz e Caballero (2000) e Sun et al. (2005), a menor produção de OBs resulta em reduzida transmissão do baculovírus para novos hospedeiros.

Inseticidas biológicos à base de baculovírus possuem potencial no manejo integrado de pragas de difícil controle, como no caso de *C. includens* no Brasil. Além de apresentarem um controle eficiente e um residual prolongado com a infecção de novos hospedeiros, o baculovírus é seletivo aos inimigos naturais, que podem contribuir ainda mais para manter a praga em densidades populacionais mais baixas. Entretanto, é necessário que sejam realizados estudos detalhados para avaliar o efeito e a eficiência de baculovírus sobre populações de *C. includens* comparando com inseticidas químicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Visando analisar a eficiência de ChinNPV e HaNPV no controle de *C. includens* e *H. armigera*, foram conduzidos sete experimentos em soja na safra 2016/17, no estado do Rio Grande do Sul.

2.1 LOCAIS DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos foram conduzidos nas três microrregiões sojícolas do Rio Grande do Sul (CNPSO, 2011), sendo, dois experimentos na microrregião 101, no município Santa Maria – RS, nos distritos de Palma (29° 43' S, 53° 33' O, altitude 104 m) e no distrito de Pains (29° 43' S, 53° 43' O, altitude 95 m), utilizando a cultivar Nidera 5909 RR e em Santiago (28° 59' S, 54° 43' O, altitude 345m) com a cultivar Brasmax Tornado RR. Na microrregião 102, os experimentos foram conduzidos nos municípios de Itaara (29° 33' S, 53° 46' O, altitude 483 m), com cultivar Nidera 5909 RR, em Ibirubá (28° 39' S, 53° 06' O, altitude 450 m), com cultivar TMG 7262 RR – INOX, e em Sarandi (27° 57' S, 54° 47' O, altitude 510 m) utilizando cultivar Nidera 6209 RR. Na microrregião 103, foi conduzido um experimento em Lagoa Vermelha (28° 08' S, 51° 29' O, altitude 705 m) com a cultivar Nidera 6209 RR.

2.2 TRATAMENTOS

Os tratamentos testados do protocolo experimental, os inseticidas, as doses e os momentos da aplicação estão descritos na Tabela 1. O manejo do produtor está descrito na tabela 2. A escolha dos inseticidas, doses e momentos das aplicações do tratamento manejo do produtor não sofreu influência ou recomendações da equipe responsável pelos experimentos.

Tabela 1. Inseticidas, doses e momentos das aplicações para o controle de *C. includens*.

Tratamentos	Marca Comercial	Dose do p.c. ¹ mL/ha	Dose i.a. ² poliedros ou g/ha	Momento da aplicação
1. Testemunha	-	-	-	-
2. ChinNPV+ HaNPV	ChinNPV + Armigem	100 + 100	7.5 x 10 ¹¹ + 7.5 x 10 ¹¹	A
3. ChinNPV+ HaNPV	ChinNPV + Armigem	100 + 100	7.5 x 10 ¹¹ + 7.5 x 10 ¹¹	A+B
4. ChinNPV+ HaNPV	ChinNPV + Armigem	100 + 100	7.5 x 10 ¹¹ + 7.5 x 10 ¹¹	A
5. Clorantranilprole + Lambdacialotrina	Ampligo® SC	100	10 + 5	B
6. Manejo do Produtor	-	-	-	-

¹produto comercial; ²ingrediente ativo *10 dias após a aplicação A

Tabela 2: Local do experimento, data da aplicação, inseticidas, dose utilizada e momento da aplicação do tratamento manejo do produtor.

Experimento	Data da aplicação	Inseticidas	Dose i.a./ha	Produto Comercial	Dias em relação a 1° aplicação*
-------------	-------------------	-------------	--------------	-------------------	---------------------------------

Santa Maria	26dez2016	Diflubenzuron	57,6	Dimax	-8
	14jan2017	Flubendiamida	57,6	Belt	+11
	01fev2017	Diflubenzuron + acefato	57,6 + 750	Dimax + Orthene	+29
	13fev2017	Diflubenzuron + acefato	57,6 + 750	Dimax + Orthene	+41
Lagoa Vermelha	04jan2017	Bifentrina	15	Talstar	-15
	09fev2017	Lambdacialotrina + flubendiamida + (imidacloprido+betaciflutrina)	5 + 24 + (80+10)	Trinca Caps + Belt + Connect	+22
	17fev2017	(Tiametoxam + lambdacialotrina)	35,2 + 26,5	Engeo Pleno	+29
	03mar2017	(Imidacloprido + bifentrina)	75 + 15	Galil	+43
Santa Maria	20jan2017	Novalurom	8	Rimom	0
	08fev2017	Novalurom	10	Rimom	+19
	24fev2017	Novalurom + acefato	10 + 970	Rimom + Perito	+35
	03mar2017	(Imidacloprido + betaciflutrina)	(100+12,5)	Connect	+47
Itaara	19jan2017	Triflumurom + clorantraniliprole + (imidacloprido + bifentrina)	38,4 + 10 + (75 + 15)	Certero + Premio + Galil	-1
	04fev2017	Triflumurom + clorantraniliprole + (imidacloprido + bifentrina)	38,4 + 10 + (75 + 15)	Certero + Premio + Galil	+15
	22fev2017	Clorfenapir + (imidacloprido + bifentrina)	240 + (100 + 20)	Pirate + Galil	+33
Santiago	13jan2017	Cipermetrina	50	Cyprin	-11
	15fev2017	Flubendiamida	33,6	Belt	+22
	01mar2017	Clorfenapir + (imidacloprido + betaciflutrina)	240 + (100 + 12,5)	Pirate + Connect	+36
	18mar2017	Acefato	970	Perito	+53
Ibirubá	15jan2017	Clorantraniliprole	10	Premio	-37
	07fev2017	Clorantraniliprole + acefato	10 + 970	Premio + Perito	-14
	26fev2017	Tiametoxam + lambdacialotrina +	(32,5 + 26,5)	Engeo Pleno	+5
Sarandi	10fev2017	Bifentrina	50	Talstar	-15
	26fev2017	Teflubenzurom + bifentrina	22,5 + 50	Nomolt+Talstar	+1
	12mar2017	(Imidacloprido + bifentrina)	(75 + 15)	Galil	+15
	28mar2017	Acefato	970	Perito	+31

*Dias em relação a 1º aplicação dos tratamentos previstos no protocolo experimental.

2.3 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal motorizado, barra lateral de 4,0 metros, pontas de jatos planos da série XR 110 010 e volume de 110 litros/ha, realizadas ao final da tarde após o pôr do sol, respeitando-se o limite máximo de temperatura de 30°C e o limite mínimo de umidade relativa atmosférica de 60% (SILVA; MOSCARDI, 2002). Visando evitar a degradação dos poliedros em decorrência do pH da calda de pulverização, na calda de pulverização, foi utilizada água com pH entre 6,0 e 7,0 (IGNOFO; GARCIA, 1966).

2.3.1 Densidade da praga

Os campos experimentais foram monitorados semanalmente e a primeira pulverização dos tratamentos ocorreu sempre que a densidade populacional de larvas de *C. includens* somadas as larvas de *H. armigera* atingiu o nível de controle - NC de 0,5 larvas/m (Tabela 3). A segunda pulverização foi realizada 10 dias após a primeira pulverização.

Tabela 3. Local do experimento, data das aplicações, estágio da cultura e densidade populacional de larvas de *C. includens* no momento das aplicações.

Experimento	1° aplicação	Estágio da cultura	Densidade populacional	2° aplicação	Estágio da cultura
Santa Maria	03 jan 2017	V9*	0,63**	13 jan 2017	R1
Lagoa Vermelha	19 jan 2017	V10	1,15	29 jan 2017	R2
Santa Maria	20 jan 2017	R1	0,56	30 jan 2017	R3
Itaara	20 jan 2017	R1	0,40	30 jan 2017	R3
Santiago	13 fev 2017	R2	1,6	03 fev 2017	R5
Ibirubá	21 fev 2017	R5.5	0,86	03 mar 2017	R5.5
Sarandi	23 fev 2017	R3	1,36	07 mar 2017	R5.1

* Escala de Fehr e Caviness 1977.

** Número médio de larvas/m no tratamento testemunha.

2.3.2 Avaliação da densidade populacional de insetos

As avaliações da densidade populacional de insetos nos experimentos, foram realizadas aos 0 (prévia), 5 e 10 Dias Após a Primeira Aplicação - DAA, aos 7, 14, 21, 28, e 35 Dias Após a Segunda Aplicação - DAB, exceto no experimento de Ibirubá que foi avaliado somente até 7 DAB. Utilizou-se a metodologia do pano de batida vertical com calha (GUEDES, 2006), sendo realizadas 10 sub amostragens de 1,0 m de linha de soja em cada tratamento. As lagartas coletadas foram separadas, identificadas e quantificados de acordo com a espécie e fase de desenvolvimento, sendo as larvas

de *C. includens* e *H. armigera* classificadas em: larvas pequenas <0,5 cm, larvas médias $\geq 0,5$ e $\leq 1,5$ cm, larvas grandes >1,5 cm.

2.3.4 Isolamento dos tratamentos

Para mitigar a disseminação horizontal e contaminação entre parcelas com baculovírus, foram tomadas ações preventivas durante a condução do experimento. Na pré-pulverização, as parcelas foram alocadas de modo que os tratamentos sem aplicação de baculovírus ficassem localizados na região de origem da direção predominante do vento e foi mantida uma bordadura de 1 metro, roçada e sem plantas, no entorno das parcelas. Durante a pulverização, foram aplicados primeiramente os tratamentos contendo unicamente inseticidas químicos e após cada pulverização, o equipamento de pulverização e de proteção do aplicador foram lavados e secos a pleno sol para descontaminação. Nas avaliações, foram avaliados inicialmente os tratamentos testemunha, manejo do produtor e padrão químico, sendo atribuídos panos de batidas para uso exclusivo nas parcelas com e sem baculovírus. Após as avaliações, os panos-de-batida eram deixados a pleno sol para secagem e descontaminação, bem como, o vestuário dos avaliadores substituído e lavado.

2.3.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas para as quatro variáveis (lagartas pequenas, médias, grandes e total) em cada avaliação, separadamente. As variáveis foram analisadas utilizando modelos lineares mistos, dados por

$$Y = a_i + b_j + ab_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Onde Y é o número de lagartas, a_i é o efeito fixo de tratamentos, b_j é o efeito aleatório dos ambientes, ab_{ij} é o efeito aleatório dos ambientes “dentro” dos tratamentos e ε_{ij} é o erro experimental. Para verificar a significância dos tratamentos, a hipótese $H_0: a_i = 0$ foi testada através do teste de Wald. Por fim, foram realizados contrastes entre as médias dos sete tratamentos (duas a duas). Em todas as análises foi adotado um erro de 5%, e a interpretação foi realizada com base nos p-valores (valores menores que 0.05 indicam significância estatística). Todas as estatísticas foram realizadas com auxílio do software R (R CORE TEAM, 2017). O modelo misto foi ajustado utilizando a função *lme* do pacote *nlme* (PINHEIRO et al., 2017), o teste

de Wald foi obtido pela função *anova* e os contrastes foram realizados com auxílio da função *glht* do pacote *multcomp* (HOTHORN et al., 2008).

3. RESULTADOS

Os dados de lagartas pequenas, médias e grandes de todos os locais, separados por avaliação, foram analisados de forma conjunta pelos modelos mistos, excluindo-se os efeitos ambientais locais de cada experimento, bem como o erro experimental, para facilitar o entendimento da dinâmica de infecção e controle de ChinNPV + HaNPV em comparação aos demais tratamentos testados em *C. includens*. A análise da variância do efeito dos tratamentos sobre as médias populacionais de *C. includens* foi significativa ($P < 0.05$) para o número de larvas grandes aos 10 DAA e 28 DAB e para o número total de larvas, aos 5 DAA, 7 DAB e 35 DAB (Tabela 4).

Tabela 4. *P*-valores do teste de Wald para efeito dos tratamentos sobre lagartas pequenas (P), médias (M), grandes (G) e totais (T = P+M+G) nas datas de avaliações realizadas após a primeira (DAA) e a segunda aplicação (DAB).

Avaliações	Lagartas			
	P	M	G	T
05DAA	0.64	0.19	0.08	0.02*
10DAA	0.43	0.88	0.05*	0.39
07DAB	0.33	0.83	0.26	0.05*
14DAB	0.78	0.88	0.10	0.12
21DAB	0.59	0.78	0.40	0.64
28DAB	0.93	0.30	0.05*	0.31
35DAB	0.24	0.52	0.09	0.02*

*Diferença entre os tratamentos é significativa a 5% de probabilidade de erro.

Na avaliação aos 5 DAA, a menor densidade populacional foi observada no tratamento padrão do produtor (T6), 1,71 larvas/m², diferindo do tratamento testemunha (T1) (Tabela 5). Essa diferença foi atribuída as aplicações prévias a implantação dos experimentos, como mencionado na Tabela 2 em dias negativos em relação a 1° aplicação. Aos 10 DAA, a ação do tratamento ChinNPV + HaNPV 1x (T2) apresentou redução de lagartas grandes, com 0,63 larvas/m², diferindo do tratamento testemunha (T1), apresentando eficiência de controle superior ao tratamento químico Ampligo (T5). Nessa avaliação é possível verificar o tempo de ação do baculovírus que leva em torno de 3 a 7 dias para a morte das lagartas (CASTRO et al., 1999; GEORGIEVSKA et al., 2010).

O efeito da segunda aplicação dos tratamentos, realizada 10 dias após a primeira, demonstrou que a segunda aplicação do baculovírus resultou em incremento de controle pela contaminação dos novos fluxos populacionais do hospedeiro mesmo nas parcelas que tiveram apenas uma aplicação de ChinNPV + HaNPV. Aos 7 DAB, aplicação de ChinNPV + HaNPV + Ampligo (T4), diferiu do tratamento padrão do produtor (T6), para o número total de larvas em decorrência da redução do número larvas médias e grandes. O tratamento padrão do produtor (T6), apresentou as maiores médias de larvas médias e grandes. Embora que não tenha apresentado diferença significativa, o tratamento com duas aplicações de ChinNPV + HaNPV (T3) reduziu o número de larvas pequenas e grandes de *C. includens*, em comparação ao tratamento com somente uma aplicação de ChinNPV + HaNPV (T2). Ou seja, a segunda aplicação de ChinNPV + HaNPV proporcionou uma nova contaminação das lagartas que morreram logo em seguida.

Na avaliação aos 14 DAB, as médias populacionais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, porém, para larvas grandes, os tratamentos com duas aplicações de ChinNPV + HaNPV (T3), ChinNPV + HaNPV + Ampligo (T4) e duas aplicações de Ampligo (T5), apresentaram as menores médias e eficiência de controle entre 36,3% e 49,5%. As duas aplicações de ChinNPV + HaNPV continuaram contaminando e inibindo o desenvolvimento das lagartas de tamanho médio para grande. Esse resultado é desejado pois evita que maiores injúrias sejam ocasionadas por lagartas grandes de *C. includens*.

Não houve diferença de controle de larvas pequenas, médias, grandes e total aos 21 DAB. Na penúltima avaliação (28 DAB), foi observado os efeitos da epizootia decorrentes da aplicação de ChinNPV + HaNPV, em que, a menor média de larvas de tamanho médio e grande foi observada no tratamento com uma aplicação de ChinNPV + HaNPV (T2), diferindo do tratamento manejo do produtor (T6). Isso é resultado da permanência do baculovírus no ambiente dessas parcelas e da contaminação de novas larvas de *C. includens* hospedando o vírus. No tratamento ChinNPV + HaNPV + Ampligo (T4), o número de larvas médias e grandes foi superior em relação aos tratamentos com uma ou duas aplicações de ChinNPV + HaNPV (T2) e (T3).

Nesta avaliação foi possível perceber uma redução do número de larvas pequenas no tratamento com duas aplicações de ChinNPV + HaNPV (T3), o que se refletiu na avaliação subsequente, aos 35 DAB, em que esses mesmos tratamentos (T2 e T3) apresentaram as menores médias do número total de larvas. O tratamento padrão do produtor (T6), apresentou as maiores médias de lagartas pequenas, médias e grandes, indicando que as aplicações de inseticidas químicos sem o amparo do monitoramento de pragas da soja, resultou em falhas de controle com a presença de lagartas de tamanho médio e grande e proporcionou o desenvolvimento de uma nova geração com a presença de lagartas pequenas.

4. DISCUSSÃO

Os tratamentos com ChinNPV + HaNPV mostraram-se eficientes e com longo período residual na área de soja. Mesmo com uma única aplicação, ChinNPV + HaNPV reduziu o número de *C. includens* até 35 DAB. Esse efeito é característico de inseticidas à base de baculovírus, pois a epizootia provocada na população hospedeira e a constante liberação de poliedros no ambiente, decorrentes do rompimento do integumento de larvas mortas pela infecção com baculovírus, resulta em aumento da concentração do inseticida no ambiente e mantém os níveis letais por longos períodos (MOSCARDI, 1983). Os cadáveres de larvas resultantes da infecção por baculovírus, servem aos poliedros como proteção aos efeitos da radiação ultravioleta, do vento e da lavagem pela chuva, fatores rapidamente diminuem a concentração de vírus no ambiente (JAQUES, 1977). Assim, além da manutenção da sobrevivência do baculovírus no ambiente, os cadáveres das larvas infectadas servem como fonte para gradual liberação de poliedros no ambiente para a contaminação das sucessivas gerações da praga hospedeira (CORY; EVANS, 2007).

A dinâmica do baculovírus e hospedeiro no ambiente de cultivo, permite a manutenção em níveis toleráveis da densidade populacional da praga, sem a ocorrência de picos populacionais e abaixo do limiar de dano econômico. Neste trabalho, essa informação é confirmada pela análise de forma individualizada de cada experimento, onde no tratamento padrão do produtor foram contabilizadas populações de até 16 larvas de *C. includens*/m². Já nos tratamentos pulverizados unicamente com baculovírus, a população não ultrapassou o índice de 8 larvas/m², o que não resulta danos econômicos à cultura. Além disso, foram observadas larvas com a sintomatologia da contaminação do baculovírus a distâncias superiores a 100 metros do local da pulverização. Isso indica a capacidade do baculovírus em dispersar-se no ambiente a longas distâncias (BLACK, 2017). A capacidade de dispersão do baculovírus é fundamental para a disseminação dos poliedros no dossel da cultura e, com isso, o aumento das chances das larvas se contaminarem (CORY; EVANS, 2007).

A ação do baculovírus ChinNPV + HaNPV foi observada especialmente na redução do número de lagartas médias e grandes, em decorrência da contaminação das larvas no início da alimentação, ou seja, após o terceiro ínstar as larvas de *C. includens* aumentam o consumo das folhas (REID; GREENE, 1973) e tem maior chance de se contaminarem. As lagartas pequenas de primeiro e segundo instar apenas raspam a parte abaxial da folha (MOSCARDI et al., 2007) diminuindo a probabilidade de contaminação com o baculovírus. No entanto, larvas pequenas apresentam maior suscetibilidade ao efeito do baculovírus e a dose letal de poliedros é menor (KUMAR et al., 2011). A redução do número de lagartas médias e grandes é desejável pois reduz a injúria nas folhas de soja. No entanto, não foi possível ver claramente a diferença de desfolha nas parcelas pela interferência de outras espécies de lagartas.

As médias populacionais mais elevadas de *C. includens*, especialmente para lagartas médias e grandes, foram observadas no tratamento padrão do produtor. Esse resultado foi consequência da pulverização de inseticidas seguindo um calendário de datas, utilizando inseticidas não seletivos e não levando em consideração dados do monitoramento de pragas com o pano-de-batida, visando a identificação da espécie ocorrente, a densidade populacional, o estágio de desenvolvimento da praga e sua distribuição na lavoura. Dessa forma, a pulverização é realizada com o inseticida, dose e momento inadequado para a(s) espécie(s) ocorrente(s) e respectiva densidade

populacional e estágio de desenvolvimento da praga, gerando um desequilíbrio, especialmente em inimigos naturais (PANIZZI, 2006; FERNANDES; ROGGIA, 2016).

Da mesma forma, o inseticida Ampligo utilizado como padrão químico no experimento, apresentou médias populacionais de lagartas superiores a observada no tratamento testemunha (T1) a partir dos 21 DAB, sem efeitos aparentes no controle de larvas pequenas, médias e grandes. O inseticida Ampligo é constituído da combinação dos inseticidas Clorraniliprole do grupo químico das diamidas, seletivo a inimigos naturais e altamente específico para lepidópteros, e o inseticida Lambda-cialotrina do grupo químico dos piretroides, não seletivo a inimigos naturais e de amplo espectro de ação (STECCA et al., 2014; BUENO et al., 2017). Segundo Pereira et al. (2018), os inimigos naturais são responsáveis por grande parte da mortalidade natural de *C. includens* no campo. Assim, a eliminação desses inimigos naturais pode comprometer a eficiência de um programa de manejo integrado de pragas.

A aplicação de Ampligo após ChinNPV + HaNPV, demonstrou um aumento da eficiência de controle aos 7 e 14 DAB em relação a aplicação de vírus + vírus, bem como, Ampligo mais Ampligo. Esse fenômeno caracterizou um efeito sinérgico da aplicação de ChinNPV + HaNPV e Ampligo. O sinergismo da aplicação combinada ou em pulverização sequencial de baculovírus e outros inseticidas químicos, também foi observado em outros trabalhos que detectaram efeitos de aumento da mortalidade, redução da progênie e danos a cultura (HELALY; BENDARY, 2015; LUTTRELL et al., 1979; MCCUTCHEN et al., 1997). Porém, nas avaliações subsequentes, após o fim do efeito residual do inseticida químico, não foi observado o efeito de controle do baculovírus e o número de larvas neste tratamento aumentou atingindo níveis similares ao tratamento pulverizado unicamente com Ampligo e a níveis superiores aos observados tratamentos pulverizadas unicamente com baculovírus. A este resultado, pode ser atribuído o efeito do clorraniliprole que atua no receptor de rianodina (RyR) e modula a passagem de Ca^{2+} pelo canal no sistema muscular dos insetos provocando paralisia e conseqüentemente a sua morte (NAUEN, 2006). Em concentrações sub letais clorraniliprole, o inseticida pode provocar a interrupção ou a redução da intensidade de alimentação e impedindo a ingestão da concentração letal de ChinNPV + HaNPV (ARAKAWA et al., 2011; LEI GUO et al., 2013; ZHANG et al., 2013).

Por outro lado, esse fenômeno pode ser consequência do efeito letal da aplicação de Ampligo em larvas pequenas e médias, que são mais facilmente

controladas com o inseticida, conforme observado nos resultados do experimento. Essa redução ocasionou uma estratificação etária das larvas de *C. includens*, com predominância de larvas maiores, e conseqüentemente provocando uma interrupção no processo de epizootia pela diminuição de indivíduos hospedeiros mais jovens (CORY; EVANS, 2007; IL'INYKH, 2007).

Os resultados obtidos nestes experimentos, amparam o desenvolvimento de estratégias e táticas de manejo sustentáveis de *C. includens*. Futuros trabalhos deverão elucidar os fatores envolvidos nos processos de persistência, disseminação e contaminação de insetos com baculovírus, bem como, a compatibilidade do uso de baculovírus com inseticidas químicos em aplicações concomitantes e de forma sequencial.

5. CONCLUSÕES

Com este estudo, é possível observar que a aplicação de ChinNPV + HaNPV reduziu a densidade populacional de *Chrysodeixis includens* na soja em níveis mais baixos do que o tratamento padrão químico e padrão do produtor, que utilizaram apenas inseticidas químicos. A aplicação de Ampligo após a aplicação de ChinNPV + HaNPV resultou em um efeito sinérgico de controle aos 7 e 14 DAB, e efeito contrário nas avaliações subsequentes.

Ao final, os tratamentos com ChinNPV + HaNPV apresentam as menores médias de lagartas médias e grandes em relação aos demais tratamentos com inseticidas químicos, garantindo os menores índices de injúrias à cultura.

A pulverização de baculovírus, tanto uma quanto duas aplicações, proporcionaram uma carga viral no ambiente suficiente para a infecção primária e estabelecimento da epizootia que conseqüentemente resultou em um longo efeito residual decorrente da disseminação e infecção de ChinNPV + HaNPV nos sucessivos fluxos populacionais das larvas hospedeiras.

6. REFERÊNCIAS

ARAKAWA, T.; NAMBA, O.; TATEISHI, K. Effects of coadministration of chemical insecticides with nucleopolyhedrovirus SpltNPV on the dietary intake of the common cutworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Erebidæ). **Applied Entomology Zoology**, v. 46, p. 399-405, 2011.

BUENO, A. F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C.; SOSA-GÓMEZ, D. G.; SILVA, D. M. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v.47, p. 1-10, 2007.

BOBROWSKI, V. L., et al. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**. v. 33, n. 5 p. 843-850, 2003.

CASTRO, M. E. B. et al. Biologia molecular de baculovirus e seu uso no controle biológico de pragas no brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1733-1761, 1999.

CORY, J. S.; HAILS, R. S.; SAIT, S. M. **The Viruses: The Baculovirus - Ecology**. England. cap. 12, 1977. 301-339 p.

CORY, J. S.; EVANS, H. F. **Viruses**. In: Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Springer, Dordrecht, 2007. p. 149-174.

EL-HELALY, A. A.; EL-BENDARY, H. M. Field Study to Evaluate the Joint Action of Certain Insecticides, IGR's and Baculoviruses Against *Spodoptera littoralis* (Bosid.). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 3(6), p. 289-293, 2015.

FERNANDES, J. B.; ROGGIA, S. Condução do manejo integrado de pragas na cultura da soja. In: XI JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 1., 2016, Londrina/PR. **Anais XI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, Londrina/PR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016. p. 96-103.

FONTES, E.M.G.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Controle biológico de pragas da agricultura** / FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. editoras técnicas. – Brasília, DF: Embrapa, 2020. 510 p.

HELALY, A. A.; BENDARY, H. M. Field study to evaluate the joint action of certain insecticides, IGR's and baculoviruses against *Spodoptera littoralis* (Bosid.). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 3, n. 6, p. 289-293, 2015.

GEORGIEVSKA, L. et al. Dose dependency of time to death in single and mixed infections with a wildtype and egt deletion strain of *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 104, p. 44-50, 2010.

GUEDES, J. V. C.; FARIAS, J. R.; GUARESCHI, A.; ROGGIA, S.; LORENTZ, L. H. Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de insetos-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1299-1302, 2006.

GUEDES, J. V. C. et al. Lagartas da soja: das lições do passado ao manejo do futuro. **Revista Plantio Direto**, v. 144, p. 6-18, 2015.

HAASE, S.; SCIOCCO-CAP, A.; ROMANOWSKI, V. Baculovirus Insecticides in Latin America: Historical Overview, Current Status and Future Perspectives. **Viruses**, v. 7, p. 2230-2267, 2015.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous Inference in General Parametric Models. **Biometrical Journal**, v. 50, p. 346-363, 2008.

IGNOFFO, C.M.; GARCIA, C. The relation of pH to the activity of inclusion bodies of a *Heliothis* nuclear polyhedrosis. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 8, 426-427, 1966.

JAQUES, R.P. Stability of entomopathogenic viruses. In: IGNOFFO, C. M.; HOSTETTER D. L., Environmental stability of microbial insecticides. **Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America**, v. 10, p. 99-116, 1977.

KUMAR, C. S. et al. Isolation and Characterization of Baculoviruses from Three Major Lepidopteran Pests in the Semi-Arid Tropics of India. **Indian Journal of Virology**, v. 22, p. 29-36, 2011.

LEI, G. Sublethal and transgenerational effects of chlorantraniliprole on biological traits of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. **Crop Protection**, v. 48, p. 29-34, 2013.

LUTTRELL, R. G.; YEARIAN, W. C.; YOUNG, S. Y. Insecticide-Elcar (*Baculovirus heliothis*) Combinations Against *Heliothis* Spp. **Journal of Economic Entomology**, v. 72, p. 57-60, 1979.

MOSCARDI, F. et al. **A nucleopolyhedrovirus for control of the velvetbean caterpillar in Brazilian soybeans**. Biological control: a global perspective, p. 344-352, 2007.

MOTTA, F. C. P. A teoria geral dos sistemas na teoria das organizações. Revista de Administração de Empresas [online]. 1971, v. 11, n. 1 [Acessado 15 Novembro 2021], pp. 17-33. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-75901971000100003>>. Epub 28 Maio 2015. ISSN 2178-938X. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901971000100003>.

MCCUTCHEN, B. F.; HOOVER, K.; PREISLER, H. K.; BETANA, M. D.; HEERRMANN, R.; ROBERTSON, L. L.; HAMMOCK, B. D. Interactions of Recombinant and Wild-Type Baculoviruses with Classical Insecticides and Pyrethroid-Resistant Tobacco Budworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p. 1170-1180, 1997.

MOSCARDI, F. Use of viruses for pest control in Brazil: the case of the nuclear polyhedrosis virus of the soybean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 84, p. 51-56, 1989.

MUÑOZ, D.; CABALLERO, P. Persistence and effects of parasitic genotypes in a mixed population of the *Spodoptera exigua* nucleopolyhedrovirus. **Biological Control**, v. 19, p. 259-264, 2000.

OECD. **Consensus document on information used in the assesement of environmental applications involving Baculovirus**. Organisation for Economic Cooperation and Development. Paris: N° 20, 2002. 90 p.

PANIZZI, A. R. Importância histórica e perspectivas do Manejo Integrado de Pragas (MIP) em soja. In: O MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP): O NECESSÁRIO REVIGORAMENTO DE UMA TECNOLOGIA QUE DEU CERTO, 1., 2006, Londrina/PR. **Anais IV Congresso Brasileiro de Soja**, Londrina/PR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. p. 121-126.

PEREIRA, R. R. et al. Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. **Bulletin of entomological research**, v. 108, n. 6, p. 831-842, 2018.

PERINI, C. R. et al. How to control *Helicoverpa armigera* on soybean in Brazil? What we have learned since its detection. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 1426-1432, 2016.

PINHEIRO, J. et al. “nlme”: **Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**. Version 3, p. 1-131, 2017.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Austria, 2017. Version 3.4.1.

REID, J. C.; GREENE, G. L. The soybean looper: pupal weight, development time, and consumption of soybean foliage. **Florida Entomologist**, p. 203-206, 1973.

ROHRMANN, G. F. **Baculovirus molecular biology**. Bethesda: National Center for Biotechnology Information. 1. ed., 2008.

SILVA, M. T. B.; MOSCARDI, F. Field Efficacy of the Nucleopolyhedrovirus of *Anticarsia gemmatalis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of Formulations, Water pH, Volume and Time of Application, and Type of Spray Nozzle. **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 075-083, 2002.

STECOA, C. S. et al. Insecticide selectivity for *Doru lineare* (DERMAPTERA: FORFICULIDAE). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, p. 107-115, 2014.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliothinae) in Brazil. **Revista Brasileira de entomologia**, v. 60, 2016.

SUN, X. L. et al. Production of polyhedral inclusion bodies from *Helicoverpa armigera* larvae infected with wild-type and recombinant HaSNPV. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, p. 353-366, 2005.

ZHANG, R. M. et al. The Sublethal Effects of Chlorantraniliprole on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12(3), p. 457-466, 2013.

ARTIGO 2 – ESTRATÉGIAS DE MANEJO NO CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) NA CULTURA DA SOJA.

RESUMO: O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, que é cultura agrícola de maior importância para o PIB agropecuário brasileiro. A ocorrência de pragas como as lagartas desfolhadoras da espécie *C. includens* imputam em custos e complexidade elevada de manejo e de seu insucesso decorrem injúrias que impactam significativamente na produtividade da cultura. O objetivo desse estudo foi avaliar o emprego cinco estratégias de manejo baseadas em tres pulverizações de inseticidas microbiológicos a base de *Bacillus thuringiensis*, baculovírus ChinNPV, SfNPV e HaNPV aplicados de forma isolada, combinada e sequencial, comparadas a um programa químico, a um “padrão do produtor” e uma testemunha sem aplicação de inseticidas para o controle de lagartas na cultura da soja não Bt. O delineamento experimental foi montado em parcelas de 20 X 50 m (largura X comprimento), com 10 repetições (pontos amostrais), e as aplicações foram realizadas empregando um pulverizador costal motorizado com barra lateral de 4,0 m com 8 pontas jatos conicos vazios da série MGA 9015 e volume de aplicação de 120 L/ha. As variáveis avaliadas foram a identificação da espécie, fase de desenvolvimento e densidade de lagartas, estimativa da injúria ocasionada por desfolhamento e quantificação da produtividade. A dinâmica do baculovírus em populações de lagartas, promoveu máxima eficiência de controle do inseticida à medida que os níveis populacionais da praga cresciam nos tratamentos padrão do produtor e testemunha. Os baculovírus apresentaram longo efeito residual pois utilizam o hospedeiro *in loco* para a sua multiplicação e disseminação, promovendo redução do número de lagartas ao longo do tempo. O manejo com inseticidas químicos promoveu as maiores produtividades e apresentou as menores injúrias à cultura da soja.

Palavras-chave: Controle biológico, MIP, Controle químico, Falsa-medideira

MANAGEMENT STRATEGIES IN THE CONTROL OF *Chrysodeixis includens*
(Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) **IN SOYBEAN CROP**

ABSTRACT: Brazil is the world's largest producer and exporter of soybean crop, the most important crop to the Brazilian agricultural GDP. The occurrence of pests such as the defoliating caterpillars of the species *C. includens* are responsible for high management costs and complexity, and their failure results in injuries that significantly impact the crop's productivity. The aim of this study was to evaluate the use of 5 management strategies based on 3 sprays of microbiological insecticides based on *Bacillus thuringiensis*, Baculovirus ChinNPV, SfNPV and HaNPV applied in isolation, combined and sequentially, compared to a chemical program, to a "standard farm program" and a control without insecticide application for the control of caterpillars in the non-Bt soybean crop. The experimental design was set up in 20 X 50 m plots (width X length), with 10 repetitions (sampling points), and the applications were carried out using a motorized back sprayer with a 4,0 m sidebar with 8 hollowcone tips serial tipe MGA 9015, flow rate of 120 L/ha. The variables evaluated were: specie identification, development stage and caterpillar density, estimation of injuries caused by defoliation and productivity quantification. The baculovirus dynamics in caterpillar populations promoted maximum efficiency of insecticide control as pest population levels increased in the standard treatments of the producer and control. Baculoviruses had a long residual effect as they use the host *in loco* for their multiplication and dissemination, promoting a reduction in the number of caterpillars over time. Management with chemical insecticides promoted the highest yields and presented the lowest defoliation rates.

Keywords: Biologic control, IPM, Chemical control, Soybean looper

1. INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de lagartas que atacam a soja, destaca-se a espécie *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) pela maior abundância e constância (VÁZQUEZ, 1988). Nos últimos anos, *C. includens* vêm ganhando importância com o aumento de sua densidade populacional e maior dificuldade de controle quando comparada à lagarta-da-soja (GUEDES et al., 2011). Esta espécie ocasiona injúria às plantas pelo consumo do limbo foliar, preservando as nervuras da folha, deixando-a com um aspecto rendilhado. Esse dano é bastante severo, uma vez que reduz a eficiência de operação do fotossistema II na folha em uma área ao redor da injúria (TANG et al., 2006), acarretando em perdas de produtividade.

O manejo de *C. includens* em soja no Brasil é realizado essencialmente com pulverizações de inseticidas químicos os quais vem apresentando eficiência de controle baixa a moderada, segundo estudos de eficácia de campo. Estes resultados decorrem da maior tolerância da espécie a inseticidas (DOWD; SPARKS, 1986), seu comportamento de distribuição na planta, predominantemente nos terços medianos e inferiores (GUEDES, et al 2014; PAPA; CELOTO, 2007) e a resistência a inseticidas químicos (PERINI, 2020; STACKE et al., 2019).

Inseticidas a base de baculovírus são excelentes opções para o controle de lagartas em cultivos agrícolas, apresentando alta eficiência, longa persistência e transmissibilidade no ambiente, segurança ao usuário e ao consumidor final e seletividade aos organismos não alvo (MOSCARDI; SOSA-GÓMEZ, 1992; MOSCARDI, 1998; RODRIGUEZ et al., 2012; THEILMANN et al., 2005). Para o sucesso no estabelecimento do processo de epizootia na população de lagartas, fenômeno que proporciona prolongada eficiência de controle pela transmissão horizontal (BLACK, 2017; CORY; EVANS, 2007) é fundamental que as aplicações, inoculações do vírus no ambiente sejam realizadas quando as lagartas encontram-se no estágio de desenvolvimento e densidade populacional ideal para a aplicação (KUMAR et al., 2011).

Por outro lado, a adoção de inseticidas a base de *Bacillus thuringiensis* é uma prática consolidada na agricultura brasileira, contando hoje com 31 inseticidas registrados (AGROFIT, 2022). Estes inseticidas são formulados a partir de esporos, células bacterianas dormentes contendo material genético, citoplasma e todas as substâncias necessárias para a sobrevivência da bactéria encapsulados no interior de

cristais, que facilitam a infecção dos insetos hospedeiros. Pulverizados sobre as folhas da cultura agrícola, os cristais são ingeridos pelo inseto alvo e se dissolvem, liberando proteínas tóxicas que destroem a membrana do mesêntero e permitem a proliferação das células bacterianas. Microorganismos oportunistas somam-se à infecção inicial, levando o inseto à morte por um processo de infecção generalizada denominado sepsse ou septicemia. Ao final da infecção, quando o corpo em decomposição do inseto torna-se inabitável, as bactérias entram novamente em fase de esporulação, reiniciando o ciclo de infecção em um novo hospedeiro.

O uso de inseticidas a base de baculovírus e *B. thuringiensis* são alternativas eficazes ao manejo da *C. includnes*, que deve ser repensado com novas estratégias para aumentar a eficiência de controle dos inseticidas comumente utilizados e para o manejo de insetos resistentes a inseticidas químicos. O objetivo desse artigo foi avaliar o emprego de estratégias de manejo no controle da lagarta falsa-medideira na cultura da soja com inseticidas químicos e biológicos associados e em sucessão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados no município de Santa Maria- RS, localizado na metade sul do estado em uma região cercada por morros, na posição geográfica 29° 41' 02" S" 53 ° 48 '25 "W, altitude média de 113 m acima do nível do mar, temperatura média anual 19,5°C, clima subtropical úmido, precipitação média de 1800 mm, segundo a classificação de Köppen usada como "Cfa" (MORENO, 1961).

O delineamento experimental foi montado em parcela de 20 x 50 m (largura X comprimento), com 10 repetições (pontos amostrais), e as aplicações foram realizadas empregando um pulverizador costal motorizado com barra lateral de 4,0 m com 8 pontas jatos cone vazio da série Magno MGA 9015, com volume de 120 L/ha. Para mitigar a possibilidade de contaminação, as parcelas experimentais foram dispostas no experimento de acordo com a orientação da direção do vento. As parcelas tratadas com baculovírus estavam dispostas lado a lado, separadas entre si por uma faixa de 2,0 m não vegetada (soja roçada). Os tratamentos foram alocados em blocos, sendo os tratamentos Testemunha e Tratamento Padrão Químico (T1 e T2) dispostos em dois blocos distando 50 metros das parcelas tratadas com baculovírus, conforme Figura 1.

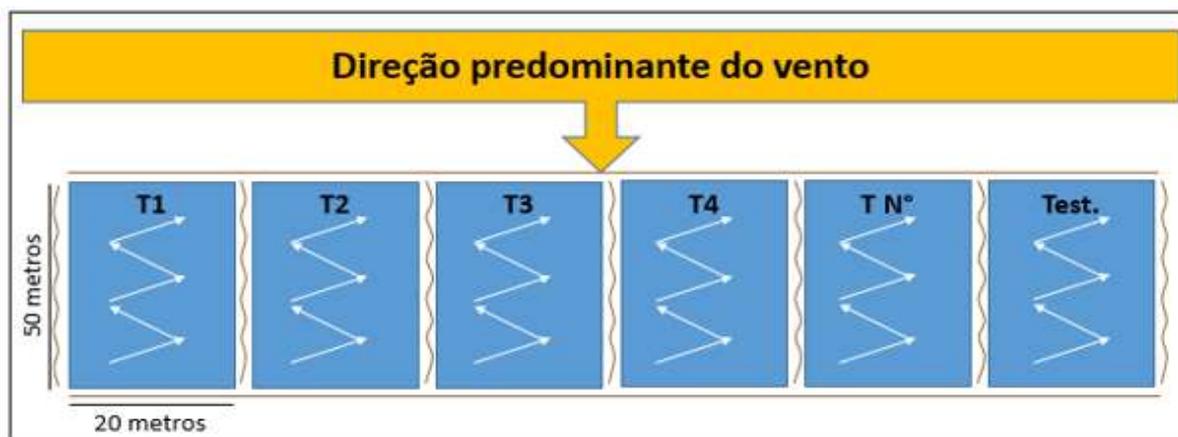


Figura 1. Croqui do arranjo experimental montado em campo.

Os tratamentos analisados no experimento foram executados conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Inseticidas, momento de pulverização e dose dos produtos pulverizados em cada manejo para o controle de *Chrysodeixis includens* na cultura da soja. Santa Maria, RS, 2021

Tratamentos	Ingrediente ativo	Aplicação e momento da aplicação	Dose p.c. L/ha
1. Testemunha	-	-	-
2. Belt [®]	Flubendiamida	A – V7	0,07
Premio [®]	Clorantraniliprole	B – R1	0,07
Avatar [®]	Indoxacarbe	C – R4	0,30
3. Bt Control [®]	(Cry1Aa;Ab;Ac,Cry2A;B)	A – V7	0,50
VirControl Ci [®]	ChinNPV	B – R1	0,05
VirControl Sf [®] + BtControl [®]	SfNPV+(Cry1Aa;Ab;Ac,Cry2A;B)	C – R4	0,05 + 0,50
4. Bt Control [®]	(Cry1Aa;Ab;Ac,Cry2A;B))	A – V7	0,50
VirControl Ci [®]	ChinNPV	B – R1	0,05
Bt Control [®] + Armigen [®]	Bt Control + HaNPV	C – R4	0,50 + 0,10
5. BtControl [®]	(Cry1Aa;Ab;Ac,Cry2A;B)	A – V7	0,50
VirContro Ci [®] + Armigen [®]	ChinNPV + HaNPV	B – R1	0,05 + 0,10
VirContro Ci [®] + VirContro Sf [®]	ChinNPV + SfNPV	C – R4	0,05 + 0,05
6. BtControl [®]	(Cry1Aa;Ab;Ac,Cry2A;B)	A – V7	0,50
VirControl Ci [®]	ChinNPV	B – R1	0,10
BtControl [®] + VirControl Sf [®]	(Cry1Aa;Ab;Ac,Cry2A;B) + SfNPV	C – R4	0,05 + 0,50
7. Padrão Produtor	-	C – R4	-

Foram monitoradas e anotadas o número de lagartas por ponto de amostra, de em lagartas grandes >1,5 cm, lagartas médias >0,5cm <1,5 cm e lagartas pequenas <0,5 cm, usando pano-de-batida vertical com calha. As amostras foram tomadas em formato zigue-zague dentro da parcela em 10 pontos. A frequência das amostras consistiu de uma coleta prévia, aos 03, 07 e 14 DAA, 07 e 14 DAB, 07, 14 e 21 DAC.

Aos 21 DAC, foi realizada a coleta aleatória de 30 plantas por tratamento e realizada a estimativa do percentual de desfolha de cada planta. Foi realizada concomitantemente, a avaliação visual do % de desfolha em 10 pontos de cada parcela na prévia, aos 03, 07 e 14 DAA, 07 e 14 DAB, 07, 14 e 21 DAC. Após a colheita foi executada a amostragem de legumes e aferida a produtividade.

Os gráficos e análises estatísticas foram realizadas no software GraphPad Prism 9.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é possível acessar os dados referentes ao controle proporcionado pelos princípios ativos. Nas primeiras avaliações, até o 14 DA1^aA, não houve diferença estatística entre os tratamentos para as médias populacionais de *C. includens*. Porém, durante este período, foi observado um significativo crescimento populacional das lagartas de *C. includens*. A primeira aplicação foi calendarizada, sendo aplicada juntamente com a aplicação de fungicidas, e visando o controle de *A. gemmatilis*, *H. armigera* e *Spodoptera* spp., que tem ocorrência no final da fase vegetativa e início da reprodutiva. Entretanto, quando o ensaio foi instalado e durante as avaliações até 14 DA1^aA, não foram coletados níveis significativos destas espécies, não sendo possível tirar uma conclusão precisa sobre tais alvos.

Tabela 2. Número de lagartas pequenas, médias e grandes em resposta aos diferentes manejos e nas referidas épocas de aplicação, Santa Maria, RS, 2020.

Tratamentos	3 DAA ¹	7 DAA	14 DAA	7 DAB	14 DAB	7 DAC	14 DAC	21 DAC	Média
Lagartas pequenas (<0,5 cm) de <i>C. includens</i>									
Testemunha	0,20	2,00	0,80	0,30	1,50	0,70	1,00	0,00	
2	0,00	0,90	0,10	0,20	1,30	0,50	1,10	0,30	0,55
3	0,80	2,00	1,00	0,30	1,20	0,70	0,40	0,10	0,81
4	0,80	1,90	1,00	0,20	0,20	1,00	1,20	0,00	0,79
5	0,80	2,50	1,00	0,30	1,20	1,20	0,90	0,00	0,99
6	0,70	2,20	0,70	0,20	0,70	0,70	0,80	0,00	0,75
7	0,70	0,20	0,10	0,20	0,30	0,40	3,00	0,10	0,63
Lagartas médias (<0,5 e >1,5 cm) de <i>C. includens</i>									
Testemunha	0,30	0,50	0,70	0,90	0,90	1,30	0,90	0,90	
2	0,30	0,40	0,50	0,40	2,40	1,30	1,20	3,50	1,25
3	0,40	0,60	0,50	1,40	2,20	2,20	1,40	1,20	1,24
4	0,20	0,70	0,20	2,30	2,30	2,30	1,10	0,40	1,19

5	0,20	0,40	0,30	1,50	1,90	1,60	1,20	0,70	0,98
6	0,70	1,40	0,60	1,70	1,30	1,30	1,60	1,10	1,21
7	0,70	0,00	0,20	0,20	0,20	0,30	1,40	0,10	0,39
Lagartas grandes (<1,5 cm) de <i>C. includens</i>									
Testemunha	1,50	1,20	1,10	1,30	1,80	4,10	2,90	6,90	
2	0,40	0,40	1,20	0,90	1,50	1,50	4,10	6,10	2,01
3	1,30	0,80	1,60	1,50	2,60	4,20	2,90	2,30	2,15
4	1,50	0,60	0,40	1,00	2,90	5,20	2,90	2,60	2,14
5	0,70	0,80	1,00	2,60	2,00	3,90	2,80	3,20	2,13
6	0,60	0,50	0,50	1,60	1,60	3,90	3,00	4,30	2,00
7	1,10	0,10	0,30	0,00	0,20	0,20	0,20	0,50	0,33

¹Dias após a aplicação A, B e C, respectivamente.

A segunda aplicação foi realizada com produtos à base de baculovírus visando principalmente o controle de *C. includens*, que foram aplicados juntamente com o manejo de fungicidas. Aos 7 DA2^aA, não houve diferença estatística entre os manejos e a população de lagartas de *C. includens* aumentou em relação as avaliações anteriores. Em relação a eficiência de controle, os manejos 4, 5 e 6 apresentaram uma redução na população de lagartas, obtendo 26,5%, 22,1% e 20,6% de eficiência respectivamente, sendo superiores ao manejo adotado pelo produtor. Os manejos 2 (químico) e 3 não apresentaram eficiência de controle. Na avaliação aos 14 DA2^aA, as maiores médias de lagartas foram encontradas nos manejos 3, 4, e 5 que manteve uma alta densidade de lagartas. Após a 3^a aplicação dos manejos, aos 7 DA3^aA, a população de *C. includens*, a população aumentou em relação as avaliações anteriores, atingindo as maiores médias no manejo testemunha, e manejo produtor. Alguns dos experimentos apresentaram controle nos manejos aplicados com baculovírus, 3, 4 e 5, sendo que nesta data faz 21 dias após a aplicação dos baculovírus. Aos 14 DA3^aA foi encontrado um grande número de larvas de *C. includens* mortas, com sintomas característicos de contaminação por vírus, principalmente nos tratamentos onde foram aplicados baculovírus. As maiores médias foram encontradas nos manejos 2, Testemunha e Manejo do produtor. Os tratamentos aplicados com baculovírus há 28 dias apresentaram uma redução significativa no número de lagartas. Aos 21 DA3^aA, foram encontradas um número de lagartas mortas com sintoma típico de contaminação por vírus em todos os tratamentos dos ensaios, evidenciando a contaminação das parcelas, inclusive as que não foram aplicadas com baculovírus. Esse resultado reproduz a dinâmica do baculovírus em populações de lagartas, onde a máxima eficiência de controle do inseticida é expressada à medida

que os níveis populacionais da praga aumentam, bem como, estes produtos apresentam longo efeito residual pois utilizam o hospedeiro in loco para a sua multiplicação e disseminação.

Isso pode ser observado nas avaliações aos 14 DA3ªA e 21 DA3ªA, onde foram apresentados uma alta eficiência de controle nos manejos 4 e 5, em relação ao manejo químico, este apresentou a maior média de lagartas, sendo maior inclusive a testemunha, esses números refletem o desequilíbrio causado por estes inseticidas químicos, onde foram controlados os indivíduos mais suscetíveis, restando os mais tolerantes aos inseticidas.

No gráfico 1, é possível verificar o efeito dos tratamentos na redução do percentual de desfolha. O manejo realizado com os inseticidas sintéticos resultou no menor percentual de desfolha (tratamento 2). Avatar® é um inseticida pertencente ao grupo químico oxadiazina, que atua no sistema nervoso dos insetos, bloqueando os canais de sódio, apresentando um efeito de choque, em condições normais, o sódio entra na célula para desencadear a transmissão de impulso nervoso. No caso do indoxacarbe, há uma entrada permanente de sódio na célula, causando impulsos repetitivos e levando à exaustão e à morte. No caso de Belt® e Premio® são diamida do ácido ftálico e diamida antranílica. As diamidas são capazes de ativar os receptores de rianodina, induzindo uma contração muscular ininterrupta que rapidamente leva o inseto à morte.

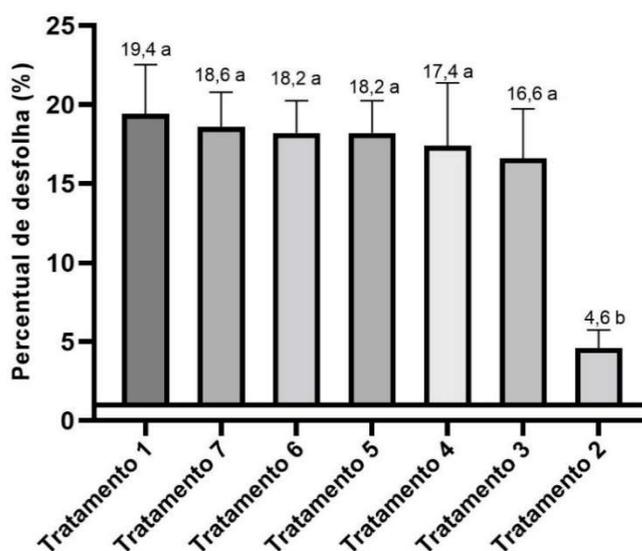


Gráfico 1: Percentual de desfolha em resposta aos manejos aplicados a soja. Santa Maria, 2017.

É importante ressaltar que o produtor de soja não será remunerado pela aparência das plantas de soja e sim pela produção de grãos, o que comprovadamente não tem sido afetada por desfolhas de até 30% no período vegetativo ou de até 15% no período reprodutivo, que são os níveis de ação sugeridos para iniciar o controle de desfolhadores na cultura (BUENO et al., 2010; COSTA et al., 2003; GAZZONI; MOSCARDI, 1998; REICHERT; COSTA, 2003; PARCIANELLO et al., 2004).

A estimativa de redução da produtividade. Apesar de não apresentar diferença estatística entre os diferentes tratamentos, a diferença entre o manejo químico e a testemunha, a perda de produtividade chegou a 11,59% por hectare (Gráfico 2). Esse prejuízo é relevante e seu impacto econômico também.

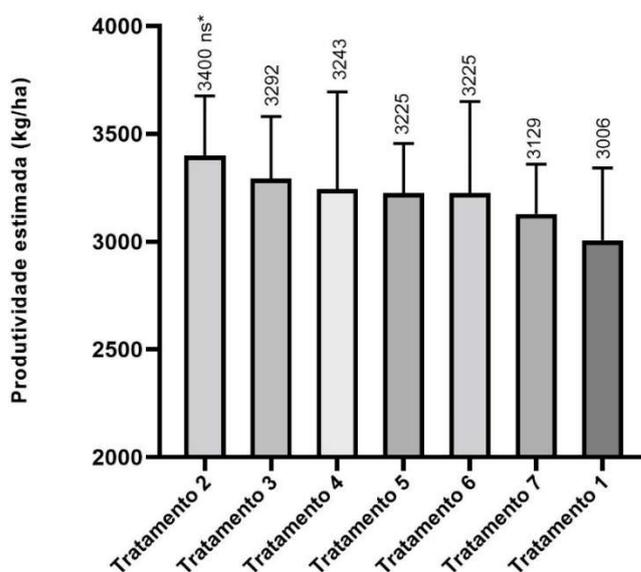


Gráfico 2: Produtividade da cultura da soja em resposta aos manejos empregados no controle de *C. includens*. Santa Maria, 2017.

Esse trabalho reforça a necessidade urgente de atender os princípios do MIP, realizando a integração de métodos de controle, a fim de suprir as necessidades de manejo e exigências do mercado. A retomada da adoção do MIP-soja, baseada na tomada de decisão de controle apenas quando a população atingir os níveis de ação preconizados pela pesquisa, é a única maneira para o sojicultor manter-se competitivo no mercado com redução dos custos e maximização da produtividade, associado a preservação do agroecossistema e produção de alimentos mais seguros.

4. CONCLUSÕES

A dinâmica do baculovírus em populações de lagartas, se maximiza quando a máxima eficiência de controle do inseticida é expressada à medida que os níveis populacionais da praga aumentam; O baculovírus apresentou efeito residual de 49 dias utilizando o hospedeiro in loco para a sua multiplicação e disseminação. A integração de manejos químicos e biológicos é fundamental para garantir os melhores índices de produtividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDI, O. et al. **Manejo da Resistência de Insetos a Plantas Bt**. Edição. PROMIP–Manejo Integrado de Pragas, Engenheiro Coelho, SP, Brasil, 2016.

BERNARDI, O. et al. Resistência de insetos-praga a plantas geneticamente modificadas. In: Borém, A.; Almeida, GD de. **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Visconde de Rio Branco: Suprema, p. 179-204, 2011.

BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BUENO, R. C. O. F. Controle de pragas apenas com o MIP. **A granja**, Porto Alegre, RS, v. 1, n. 733, p. 76-79. jan. 2010.

BUENO, R.C.O.A.; PARRA, J.R.P., BUENO, A.F; MOSCARDI; F., DE OLIVEIRA, J.R.G., CAMILLO, M.F. (2007) Sem barreira. **Cultivar**, n. 93, p. 12-15.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; GOULART, M.M.P, CARNEIRO, T.R. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, n. 77, p. 283-290, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento 3º levantamento – Safra 2021/22, Boletim de grãos. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 09 de dez. 2021.

COSTA, M. A. G.; BALARDIN, R. S.; COSTA, E. C.; GRUTZMACHER, A. D.; SILVA, M. T. B. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 33, n. 5, p. 813-819, set./out. 2003.

FAO. Food and Agriculture Organization. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **FAO no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p.

GAZZONI, D. L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 411-424, 1998.

GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in arthropods. In: **Pest resistance to pesticides**. Springer, Boston, MA, p. 769-792. 1983.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Disponível em : <https://www.gov.br/pt-br/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-de-2021-esta-estimado-em-r-1-113-trilhao>. Acesso em: 09 de dez. 2021.

MORAES, R.R de; LOECK A.E.; BELARMINO, L.C (1991b) Inimigos naturais de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) e de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. **Pesq. Agropec. Bras.** 26: 57-64.1991.

MORENO, J. A. **Clima do Rio grande do Sul**. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 11, p. 49-83, 1961.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004.

PEDIGO, L. P. Economic threshold and economic injury levels. In: RADCLIFFE, E. B.; HUTCHISON, W. D.; CANCELADO R. E. (Ed.). **Randcliffe's IPM world textbook**. St. Paul, MN: University of Minnesota, 2015. Disponível em: <<https://ipmworld.umn.edu/pedigo>> Acesso em: 5 abr. 2018.

PEDIGO, L. P.; HIGLEY, L. G. The economic injury level concept and environmental quality- a new perspective. **American Entomologist**, v. 38, n. 1, p. 12-21, 1992.

REICHERT, J. L.; COSTA, E. C. Desfolhamentos contínuos e sequenciais simulando danos de pragas sobre o cultivar de soja BRS 137. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n.1, p. 1-6, 2003.

SAATH, K. C. DE OLIVEIRA; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural.**, v. 56, n. 2, pp. 195-212, 2018.

VIVAN L. M., DEGRANDE, P.E. Pragas da soja. **Boletim de Pesquisa da Soja** n. 15: p. 239-297. 2011.

CAPITULO III: INTERAÇÃO ENTRE MECANISMOS AUXILIARES A BARRA DE PULVERIZAÇÃO E HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA PERSISTÊNCIA E EFICÁCIA DE BACULOVÍRUS ChinNPV NO CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) NA CULTURA DA SOJA

RESUMO: O uso de baculovírus no controle de lagartas em soja é uma estratégia de controle comprovadamente eficaz e proporciona resultados de controle que satisfazem as necessidades técnicas, econômicas e ambientais da atividade agrícola. Os objetivos do trabalho foram verificar diferenças no perfil de deposição da calda de pulverização nos extratos superior e inferior do dossel da soja em decorrência do uso de diferentes mecanismos auxiliares de barra de pulverização e horários de aplicação e seus efeitos na manutenção da viabilidade em campo do inseticida a base de baculovírus ChinNPV (Surtivo Soja®) na eficiência de controle de *C. includens*. Foram avaliados os mecanismos auxiliares a barra de pulverização, sistema “canopy opener” e Vortex® comparados ao sistema de barra tradicional, em diferentes horários, 08:30h; 11:30h; 14:30h e 17:30h em cultura de soja cultivar NA 5909 RR, no estágio de desenvolvimento de R 5.4, índice de área foliar 3,05. O inseticida utilizado foi o ChinNPV (Surtivo Soja®) na dose de 100 mL/ha, associado a corante traçador azul de brilhante. A deposição do produto no dossel foi quantificada coletando-se folhas de soja nos segmentos superior e inferior do dossel, posteriormente removendo o traçador com água desmineralizada e realizando à análise cromatográfica para quantificação do traçador. Para avaliação do efeito dos tratamentos na eficácia do inseticida ChinNPV, foram coletadas folha de soja 24 e 48 horas após a aplicação, procedendo-se para à avaliação da resposta biológica de controle em lagartas de *C. includens* em estágio de 2° instar. Os resultados permitem concluir que ambos os mecanismos auxiliares da barra de pulverização, especialmente a cortina de ar assistida Vortex®, incrementam a deposição de calda no segmento inferior da cultura proporcionaram incremento na eficiência de ChiNPV no controle de *C. includens* na cultura da soja.

PALAVRAS CHAVE: Canopy opener, Vortex®, Controle biológico, Deposição de gotas

Interaction between spray boom mechanisms and spraying times on the persistence and efficacy of ChinNPV baculovirus in the control of *Chrysodeixis includens* (Hubner, 1858) (Lepidoptera: Erebidae) in soybean crop.

ABSTRACT: The use of baculovirus in the control of caterpillars in soybean is a proven effective control strategy and provides control results that satisfy the technical, economic and environmental needs of agricultural activity. The objectives of this work were to verify differences in the spray solution deposition profile in the upper and lower extracts of the soybean canopy due to the use of different auxiliary mechanisms of spray boom and application schedules and their effects on the maintenance of field viability of the soybean. ChinNPV baculovirus-based insecticide (Surtivo Soja®) in the control efficiency of *C. includens*. Auxiliary mechanisms were evaluated: spray boom, canopy opener system and Vortex® compared to the traditional boom system, at different times, 08:30h; 11:30 am; 14:30h and 17:30h in soybean cultivar NA 5909 RR, in the development stage of R 5.4, leaf area index 3.05. The insecticide used was ChinNPV (Surtivo Soja®) at a dose of 100 mL/ha, associated with brilliant blue tracer dye. Product deposition in the canopy was quantified by collecting soybean leaves in the upper and lower segments of the canopy, later removing the tracer with demineralized water and performing chromatographic analysis to quantify the tracer. To evaluate the effect of treatments on the effectiveness of ChinNPV insecticide, soybean leaves were collected 24 and 48 hours after application, proceeding to evaluate the biological control response in 2nd instar larvae of *C. includens*. The results allow us to conclude that both auxiliary mechanisms of the spray bar, especially the Vortex® assisted air curtain, increase the spray deposition in the lower segment of the crop, providing an increase in the efficiency of ChiNPV in the control of *C. includens* in the soybean crop.

KEYWORDS: Canopy opener, Vortex®, Biological control, Droplet deposition.

1. INTRODUÇÃO

Inseticidas a base de baculovírus são excelentes opções para o controle de lagartas em cultivos agrícolas, apresentando alta eficiência, longa persistência e transmissibilidade no ambiente, segurança ao usuário e ao consumidor final e seletividade aos organismos não alvo (MOSCARDI; SOSA-GÓMEZ, 1992; MOSCARDI, 1998; RODRIGUEZ et al., 2012; THEILMANN et al., 2005). Para o sucesso no estabelecimento do processo de epizootia na população de lagartas, fenômeno que proporciona prolongada eficiência de controle pela transmissão horizontal (BLACK, 2017; CORY; EVANS, 2007) é fundamental que as aplicações, inoculações do vírus no ambiente sejam realizadas quando as lagartas encontram-se no estágio de desenvolvimento e densidade populacional ideal para a aplicação (KUMAR et al., 2011). Porém, a manutenção e a viabilidade do vírus pulverizado por tempo suficiente para que as lagartas consumam quantidade suficiente de baculovírus para iniciar a epizootia são cruciais para o resultado final do manejo.

As células virais são envoltas e encapsuladas em poliedros, estruturas proteicas constituídas majoritariamente pela proteína poliedrina, com finalidade de proporcionar maior resistência aos fatores de ambiente e longevidade as partículas virais nele contidas. Os baculovírus são susceptíveis as intempéries do ambiente, como por exemplo temperaturas elevadas e radiação solar direta com raios UV.

O estrato superior do dossel da cultura, recebe os maiores níveis de radiação ultra violeta (RUV), onde a temperatura (°C) atinge os maiores níveis e a umidade relativa (UR%) é menor (TAZZO et al, 2008; MULLER, 2017). Por outro lado, nos estratos medianos e inferiores do dossel, as condições ambientais extremas são amenizadas pelo microclima criado pela cultura (MULLER, 2017) e tendem a ser mais adequadas para a manutenção da viabilidade dos poliedros virais, proporcionando maior período para exposição e ingestão em maior quantidade, fatores cruciais para o estabelecimento da epizootia (GRZYWACZ, 2017; IGNOFFO et al 1989 e 1997). Além disso, é nos terços medianos e inferiores que as larvas da espécie *C. includens* estão predominantemente alojadas (GUEDES, et al 2014).

A aplicação de agrotóxicos enfrenta desafios tecnológicos e ambientais, que geram perdas por evaporação, deriva, má distribuição das gotas formadas no dossel da cultura, ficando depositadas majoritariamente no dossel superior (AZEVEDO, 2003, BOLLER et al., 2011; MOURA, 2015). Este fenômeno decorre principalmente

da interação entre a arquitetura das plantas de soja e os mecanismos de pulverização. O processo de pulverização de defensivos está pautado em princípios da mecânica e da hidráulica, e a redução de perdas e o aumento da cobertura são dependentes do número e tamanho de gotas geradas e interagindo instantaneamente com as condições do ambiente. Essas variáveis são modificadas na prática pela vazão, pressão de trabalho e modelo de ponta utilizado (AZEVEDO; FREIRE, 2006). Embora as diferentes combinações possíveis de volume de calda, pressão de trabalho e modelo da ponta proporcionam infinitas condições de aplicação, a deposição e cobertura nos dosséis medianos e inferiores em culturas como a soja em estágio avançado de desenvolvimento tem apresentado resultados insatisfatórios (ZHU et al., 2008).

As cultivares modernas de soja, com hábito de crescimento predominantemente indeterminado, apresentam crescimento contínuo, com elevado índice de área foliar - IAF que pode atingir até 12:1 (ZANON et al, 2015), e inclinação do limbo foliar variando ao longo do dia em resposta a presença e posição solar (EHLERINGER & FORSETH, 1980). Sistemas auxiliares a barra de pulverização foram desenvolvidos para mitigar essas limitações, e o mais difundido, o sistema Vortex®®, gera uma cortina de ar em sentido descendente e paralelo ao jato de aplicação (BAUER; RAETANO, 2000; COOKE et al., 1990). A cortina de ar tem a finalidade de movimentar as folhas da cultura, sobretudo do dossel superior e projetar as gotas para as camadas inferiores da cultura, proporcionando melhor distribuição das mesmas no dossel (LEONARD et al., 2000; PANNETON et al., 2000; SCUDELER; RAETANO, 2004; VENEGAS, 2002). Outro mecanismo estudado trata-se do “*canopy opener*”, construído com uma barra horizontal localizada em frente à barra do pulverizador, que exerce sua ação inclinando a extremidade superior das plantas na direção do deslocamento do pulverizador e com isso ocorre uma abertura no dossel foliar, permitindo a passagem de gotas da pulverização para os estratos inferiores. Em estudo conduzido por Prado et al. (2011) e Prado (2012) foi constatada a eficácia do *canopy opener* ao observar que o mesmo promoveu o incremento dos depósitos de pulverização na parte média da soja.

Os objetivos do trabalho foram verificar diferenças no perfil de deposição da calda de pulverização nos extratos superiores e inferiores do dossel da soja em decorrência do uso de diferentes mecanismos auxiliares de barra de pulverização e horários de aplicação e seus efeitos na manutenção da viabilidade em campo do

inseticida a base de baculovírus ChinNPV – Surtivo Soja® na eficiência de controle de *C. includens*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido lavoura comercial de soja no município de Santa Maria-RS. A área está situada a uma altitude de 109 metros, latitude 29° 41' 50,14 S e Longitude 53° 36' 35,39 O, utilizou-se soja cultivar Nidera 5909 RR de ciclo médio, hábito de crescimento indeterminado, grupo de maturação 6.2, com arquitetura favorável ao manejo fitossanitário, semeada em 10 de dezembro 2020, no espaçamento entre linhas de 0,45 m e densidade 27 plantas estabelecidas/m². A adubação e os tratamentos fitossanitários para o controle de plantas daninhas e doenças foram realizados seguindo-se as indicações técnicas para a cultura da soja. Não foram realizadas pulverizações de inseticidas previamente à aplicação dos tratamentos.

Para a aplicação dos tratamentos foi utilizado um pulverizador, marca Jacto®, modelo Falcon Vortex® com depósito de 600 L e barra de 15 m, com assistência de ar, acoplado a um trator, que se deslocou lateralmente às parcelas. A barra desse pulverizador é dividida em cinco segmentos (um central e dois laterais de cada lado). Foi utilizado somente o primeiro segmento à esquerda do centro, sendo que o espaçamento entre os bicos foi de 0,50m e a sua altura até o topo das plantas de soja foi mantida em 0,60m. As pontas de pulverização utilizadas foram de jatos cônicos vazios da série Magnojet® MAG 1,5 (ângulo de abertura do jato de 80°) operadas à pressão de 3,14bar (313,71 kPa), o conjunto trator/pulverizador se deslocou à velocidade de 6 km/h e com isso a máquina foi calibrada para distribuir 120 L/ha de calda inseticida, gerando gotas de categoria fina (ASABE, 2019).

Os tratamentos consistiram das combinações entre três configurações da barra de pulverização (1- convencional, ou seja barra sem assistência; 2 – barra assistida por uma cortina de ar – Sistema Vortex®, (Figura 1); 3 – barra assistida por uma cortina de correntes (WITT et al., 2009; WITT et al., 2010; WITT, 2013), (Figura 2) e quatro horários de aplicação (08:30h; 11:30h; 14:30h e 17:30h). Em cada horário foram monitoradas e registradas (Tabela 1) as condições do ar (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento), com auxílio de um termohigroanemômetro (Kestrel® 3000).

Tabela 1. Condições do ar nos diferentes momentos de pulverização dos tratamentos com baculovirus em soja cultivar Nidera 5909 RR. UFSM, Santa Maria-RS, 2021.

Horário	Condições do Ar		
	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Velocidade vento (km/h)
08:30 - 09:00	21,15	78,0	3,0
11:30 - 12:00	23,00	75,9	4,0
14:30 - 15:00	25,80	63,8	1,6
17:30 - 18:00	22,90	63,3	1,1



Figura 1 – Pulverizador Jacto Falcon Vortex® utilizado para aplicar os tratamentos

A cortina de ar foi posicionada na vertical e a velocidade do ar proporcionado pela mesma foi mantida entre 15 km h^{-1} e 18 km h^{-1} , quando medida à $0,50\text{ m}$ de distância vertical da saída do ar.



Figura 2 – Cortina de correntes pendentes adaptada a uma barra de pulverização

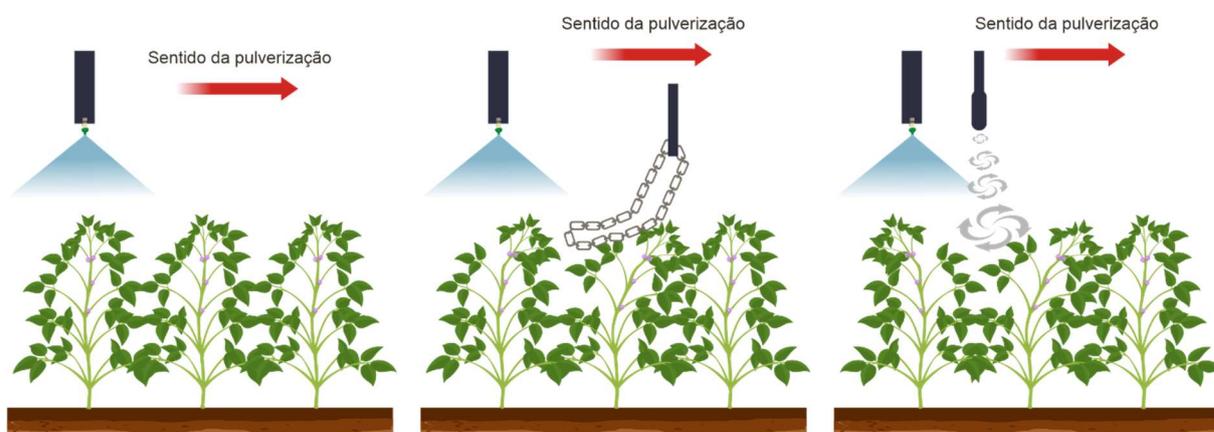


Figura 3 – Representação do sistema de aplicação barra convencional, canopy opener e vórtex

Nos tratamentos em que a barra do pulverizador foi equipada com a cortina de correntes pendentes, denominado “*Canopy opener*”, esta foi posicionada 0,50m à frente dos bicos e com a barra a 60 cm acima do topo das plantas, mantendo as correntes em contato com os 0,20 m superficiais das plantas, de modo que o movimento da barra do pulverizador resultou na inclinação das plantas para frente para oportunizar a deposição de gotas nos estratos médio e inferior das plantas.

O inseticida utilizado no experimento foi o ChinNPV (Surtivo Soja®) (Agbitech, Texas EUA) a base de baculovírus, pulverizado na dose de 100 ml/ha junto com o traçador (corante alimentício Azul Brilhante - FD&C Blue n. 1) na concentração de 2,0 g L⁻¹. No momento da aplicação, a cultura da soja encontrava-se no estágio de desenvolvimento R 5.5 (FEHR; CAVINESS, 1977) apresentando índice de área foliar – IAF de 3,05, estando segmentado em 1,35 no dossel superior e 1,70 no dossel inferior.

As parcelas experimentais, com seis fileiras de plantas distantes 0,45m entre si e comprimento de 20,0m, totalizaram uma área de 54 m². Para fins de amostragem, a primeira e a sexta fileira foram consideradas bordaduras, coletando-se plantas nas fileiras dois a cinco.

2.1 COLETA DE FOLÍOLOS PARA ANÁLISE CROMATOGRÁFICA E DE MORTALIDADE DE LAGARTAS.

Após a aplicação dos tratamentos, em cada horário, coletou-se cinco repetições de cinco plantas da segunda até a quinta fileiras para amostragem de folíolos da metade superior e da metade inferior das plantas. De cada planta, foram retirados cinco folíolos centrais do extrato superior do dossel e cinco folíolos centrais do extrato inferior do dossel. Também foram coletados folíolos de soja dos segmentos superiores e inferiores do dossel para avaliação da eficácia biológica de controle de lagartas. Os folíolos foram coletados as 24 e 48 horas após a aplicação de cada tratamento e acondicionados ao abrigo de luz e temperaturas extremas até o fornecimento aos insetos.

2.2 ESTIMATIVA DO DEPÓSITO DE TRAÇADOR

Os folíolos coletados na metade superior e na metade inferior das plantas de soja foram acondicionados em garrafas PET de água mineral (500mL), das quais por meio de agitação vigorosa durante 30 s, foram lavados com uma quantidade conhecida de água desmineralizada (200mL) e foi medida a sua superfície (cm^2). A calda resultante foi mantida nas garrafas e armazenada em local ao abrigo da luz, no LABMIP, até o momento da análise.

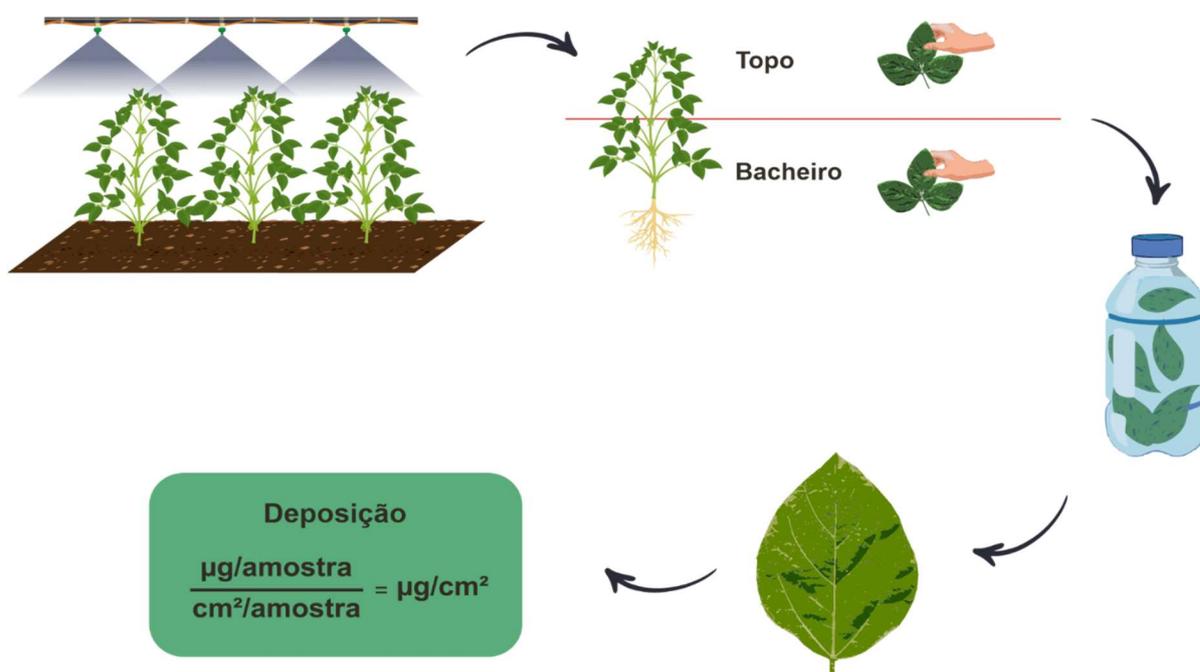


Figura 4 – Representação das etapas de coleta e triagem dos folíolos de soja para determinação da concentração do corante azul brilhante.

A metodologia analítica para a determinação do corante azul brilhante é descrita resumidamente abaixo. As amostras filtradas foram analisadas em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência Nexera-XR (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) composto por bombas LC-20AXR, amostrador automático SIL-20XR, forno de coluna CTO-20A e detector de arranjo de diodos SPD-M20A usado para cromatografia. Software LabSolution (Shimadzu, Kyoto, Japão) usado para aquisição de dados e análise. O método foi desenvolvido em uma coluna de fase reversa XBridge™ C18 (3,5 µm 4,6mm d.i. × 50 mm; Waters, Milford, EUA), utilizando-se gradiente binário de eluição constituído pelos solventes: solução de acetato de amônio 10 mM: acetonitrila, 95:5 (v/v) como solução A e acetato de amônio 10 mM: acetonitrila, 50:50 como solução B, previamente filtradas em filtro de ésteres de celulose de 47 nm de diâmetro com porosidade de 0,45 µm (Milipore, EUA) e degaseificadas em banho de ultrassom (USC-1400, Unique, São Paulo). Utilizou-se gradiente linear de eluição de 10% a 60% de B em 11 minutos, seguido de estabilização do gradiente a 10% até 13 minutos, e esta proporção se manteve até 15 minutos. Utilizou-se 10 µL de volume de injeção, com vazão de fase móvel constante de 1,0 mL/min, temperatura do forno da coluna de 30°C, detector monitorando em comprimento de onda de 629 nm, e com temperatura de 30°C, com tempo total de análise de 15 minutos. As determinações do corante azul de brilhante foram obtidas pela correlação entre as áreas dos cromatogramas e curva padrão previamente determinadas para a molécula, com a faixa linear utilizada de 10 a 100 µg/mL, sendo que o comprimento de onda de 629 nm para o corante azul de brilhante permite suas determinações até a faixa de ppm com uma linearidade de $R^2 > 0,999$. Então, através da interpolação das áreas integradas do pico correspondente ao corante azul brilhante na curva analítica obtida através da regressão linear do padrão analítico, obteve-se a concentração do respectivo analito nas amostras, sendo o resultado expresso em µg/mL.

A concentração do traçador nas amostras foi multiplicada por 200mL, o que permitiu estimar o depósito (µg) nos folíolos coletados. Dividindo-se o depósito de traçador (µg) pela área dos folíolos, estimou-se o depósito normalizado de traçador azul brilhante em µg/cm² de área foliar de cada amostra.

2.3 ESTIMATIVA DA EFICÁCIA BIOLÓGICA DE SURTIVO SOJA® EM RESPOSTA AOS SISTEMAS E HORÁRIOS DE PULVERIZAÇÃO.

Os folíolos coletados às 24 e 48 horas após cada aplicação, foram fornecidos a lagartas da *C. includens* de 2º instar provenientes da criação do LabMIP para avaliação da mortalidade decorrente da manutenção de ChinNPV sobre as folhas de soja seguindo a metodologia proposta por Luttrell et al. (1979). As lagartas foram agrupadas em cinco repetições de 10 lagartas acondicionadas individualmente em copos plásticos com de 50 mL para cada tratamento. As lagartas foram mantidas em câmara climatizada a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa $60 \pm 10\%$ e fotofase 14 h e submetidas a processo de adaptação à alimentação com folhas de soja, 48 horas antes da aplicação. Durante a adaptação, as lagartas foram alimentadas com discos extraídos do limbo foliar de plantas cultivadas sem aplicação de inseticidas com diâmetro de 15,5 mm, durante as primeiras 24 horas, após, as lagartas ficaram em jejum de 24 horas até completarem a aplicação dos tratamentos. Para implantação do experimento foram selecionadas as lagartas sobreviventes, e que consumiram porção mínima de 20% da fração fornecida.



Figura 5 – Representação das etapas de coleta e fornecimento dos folíolos de soja para determinação mortalidade de *C. includens*.

Os tratamentos foram discos, com diâmetro de 25mm extraídos das folhas de soja pulverizadas, coletadas no experimento de campo a cada 24 horas por duas vezes, após, as lagartas foram mantidas por 8 dias em alimentação com folhas de soja livre de tratamentos inseticidas. A avaliação da mortalidade das larvas de *C. includens* foi realizada em intervalos de 24 horas, contabilizando o número de lagartas vivas e mortas, as 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 e 196 horas após a aplicação dos tratamentos. Foram consideradas lagartas mortas aquelas que não apresentaram movimento aparente após leve toque com pincel.

A análise estatística dos dados foi realizada submetendo-se os números da contagem populacional de lagartas vivas ao teste F e comparação de médias a nível

de significância de 5% no software Sasm-Agri. A eficiência de controle foi estimada a partir da fórmula de Abbott (1925).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados sob diferentes formas interpretativas os resultados da concentração de corante traçador azul brilhante, aplicado em associação ao inseticida microbiológico ChinNPV, em diferentes horários e com distintos sistemas de pulverização. A associação do corante traçador com o inseticida foi parâmetro válido para a definição da quantidade de calda recuperada na aplicação e para identificação do padrão de distribuição da calda nos extratos do dossel da soja.

Tabela 2: Concentração de corante no extrato inferior, superior e total do dossel da cultura obtida em análise cromatográfica em resposta aos aplicação dos tratamentos nos diferentes horários. Santa Maria – RS, 2021.

Horário	Extrato do dossel					
	Inferior		Superior		Total	
	µg/mL		µg/mL		µg/mL	
09:30	1,606	b ¹	3,073	a	4,670	b
11:30	2,087	a	3,238	a	5,324	a
14:30	1,784	b	2,948	b	4,731	b
17:30	1,690	b	3,537	a	5,227	a
Cv² (%)	23,80		26,84		29,91	

¹Dados seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si para o teste de comparação de médias de Skott Knott a nível de significância de 5%. ²Coefficiente de variação.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados sob a análise do perfil de deposição levando em consideração horário de aplicação, resumindo-se o efeito gerado pelos diferentes sistemas de aplicação. Os resultados apontaram diferença significativa com média superior aos demais para a deposição no extrato inferior da cultura para a aplicação realizada as 11:30. Este resultado pode ser consequência do fenômeno do heliotropismo, que nas plantas orienta a posição e inclinação das folhas para melhor aproveitar a radiação solar potencializando a fotossíntese e acúmulo de carboidratos (MULLER et al., 2018). Neste horário e no período do ano e local onde foi conduzido o experimento, os folíolos estão inclinados reduzindo o efeito “guarda chuva” da sobreposição do extrato inferior do dossel pelo superior (MOURA et al.,

2015). Nos demais horários avaliados, não foram observadas diferenças significativas para a deposição no dossel inferior.

No segmento superior do dossel, o efeito dos horários de aplicação apresentou efeito negativo para o horário das 14:30, em que o volume de calda recuperado foi significativamente inferior aos demais horários estudados. As 14:30 na data da implantação do experimento, a temperatura ambiente atingiu o maior valor do dia. A temperatura do ambiente é um dos fatores que associado a baixa umidade relativa do ambiente aceleram o processo de perda de gotas por evaporação (AZEVEDO, 2006). Observando o efeito de cada sistema de pulverização neste horário, Tabela 4, o sistema “Canopy opener” diferiu dos demais tratamentos apresentando a menor média de calda recuperada.

Uma das preocupações e tema de estudo sobre sistemas auxiliares de barra de pulverização são seus ajustes de modo o aumento de gotas atingindo o extrato inferior do dossel não gere perdas de calda para gotas caídas ao solo. Para isso, sistemas como o Vortex® e o “Canopy opener” apresentarão respostas distintas quanto submetidas a distintas condições ambientais de temperatura, umidade relativa atmosférica e velocidade do vento e também as diferentes respostas da cultura para estas variáveis ambientais (BAUER; RAETANO, 2000). Futuros estudos com escopos similares ao deste trabalho precisarão prever e buscar identificar e quantificar o efeito destes fenômenos, bem como, quantificar o volume de calda perdidos para o solo.

Quando comparados entre si, os sistemas convencional, “canopy opener” e Vortex®, é evidente a maior efetividade do “canopy opener” na deposição de calda no extrato inferior da cultura. Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que o volume de calda total recuperado na comparação dos três sistemas não diferiu, porém, os mecanismos de funcionamento do “canopy opener” direcionaram parte da calda do extrato superior para o extrato inferior (PRADO et al., 2011; PRADO, 2012). Futuros estudos com este sistema precisam evidenciar melhor a qualidade do recobrimento e a distribuição da calda nas diferentes estruturas da planta como, hastes, pecíolos, legumes e as distintas faces dos folíolos. A sugestão está baseada na percepção observada durante o funcionamento do sistema, que com o peso das correntes desloca a planta para frente, que retorna a sua posição ereta imediatamente após a passagem das correntes. Quando bem regulado, na posição da passagem do jato de pulverização as plantas ainda encontram-se perpendiculares ao solo com as estruturas como hastes e legumes expostas o que poderia aumentar a eficácia de

inseticidas para o controle de pragas como a *H. armigera* com preferência para alimentação em estruturas reprodutivas.

Tabela 3: Concentração de corante no extrato inferior, superior e total do dossel da cultura obtida em análise cromatográfica em resposta aos sistemas de aplicação. Santa Maria – RS, 2021.

Sistema de aplicação	Extrato do dossel					
	Inferior		Superior		Total	
	µg/mL		µg/mL		µg/mL	
Canopy Opener	2,035	a	2,861	b	4,896	a
Convencional	1,663	b	3,258	a	4,922	a
Vortex®	1,677	b	3,478	a	5,148	a
Cv (%)	28,76		19,58		29,15	

¹Dados seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si para o teste de comparação de médias de Skott Knott a nível de significância de 5%.

²Coefficiente de variação

Tabela 4: Concentração de produto pulverizado na cultura da soja em resposta a aplicação dos tratamentos em diferentes horários e com diferentes sistemas de pulverização. Santa Maria – RS, 2021.

Sistema	Horário 9:30		Horário 11:30		Horário 14:30		Horário 17:30									
	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior								
	$\mu\text{g/mL}^1$	$\mu\text{g/mL}$														
Canopy opener	1,231	b ²	3,043	a	1,312	c	3,697	a	2,030	a	2,237	b	1,425	b	3,054	b
Convencional	1,781	a	3,313	a	2,903	a	2,838	a	1,874	a	3,264	a	2,236	a	3,030	b
Vortex®	1,779	a	2,864	a	2,045	b	3,177	a	1,447	b	3,341	a	1,409	b	4,528	a
Cv³(%)	11,47		11,76		13,47		13,04		18,10		6,14		9,40		6,14	

¹Dados médios equivalente a microgramas/mL de água deionizada utilizada na lavagem dos folíolos coletados a campo.

²Dados seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si para o teste de comparação de médias de Skott Knott a nível de significância de 5%.

³Coefficiente de variação.

Tabela 5: Número médio de lagartas e eficácia de controle de ChinNPV em *C. includens* em resposta a sistemas de aplicação no dossel vegetativo da soja. Santa Maria – RS, 2021.

Sistema de barra	Tratamentos	Coleta das folhas em horas após a aplicação						
		Extrato do dossel	24 horas		48 horas			
			Nº lagartas	E(%)	Nº lagartas	E(%)		
Testemunha		48,00	a ¹	-		44,25	a	-
Canopy opener	Inferior	40,25	bc	16,1		39,75	b	10,2
	Superior	41,00	bc	14,6		39,50	b	10,7
Convencional	Inferior	41,25	bc	14,1		39,00	b	11,9
	Superior	43,50	ab	9,4		38,50	b	13,0
Vortex®	Inferior	42,00	bc	12,5		38,75	b	12,4
	Superior	37,50	c	21,9		36,75	b	16,9
Cv²(%)		5,61				4,45		

¹Dados seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si para o teste de comparação de médias de Tukey a nível de significância de 5%.

²Coefficiente de variação

Na Tabela 5 são apresentados os resultados e as análises de mortalidade e eficiência de controle de ChinNPV sobre *C. includens*. A partir da observação dos resultados, conclui-se que as estruturas virais, poliedros, sobreviveram sobre a superfície vegetal pelo período mínimo de 48 horas, pois em ambas avaliações foi observada diferença significativa na mortalidade de lagartas quando estas foram submetidas a alimentação com as folhas tratadas com ChinNPV coletadas em campo. Este resultado tem implicações no sucesso do manejo pois lagartas como a *C. includens* apresentam hábito de localização predominante nos segmentos medianos e inferiores da cultura (GUEDES et al., 2014), onde a concentração de inseticida é menor, sendo necessário maior tempo para as larvas consumirem Bvs suficiente para atingir a dose letal (BURDEN, et al., 2003; McLEOD et al., 1982)

A análise da eficiência dos sistemas de pulverização para a primeira coleta, 24 horas após a aplicação, revelou que os maiores índices de mortalidade foram observados para o tratamento Vortex® extrato superior. Este resultado corrobora com a análise cromatográfica que apontou para maior deposição no dossel superior neste tratamento (IGNOFFO et al., 1989; LUTTRELL et al., 1983). O segmento superior da soja, apesar de receber maiores índices de radiação, quando o Bv é pulverizado com auxílio do sistema Vortex®, a cortina de ar auxilia na movimentação das folhas possibilitando que as gotas geradas possam atingir também a face abaxial dos folíolos, menos exposta a radiação direta e por conseguinte contribuindo para o aumento da vida útil do tratamento (BAUER; RAETANO, 2000). Já no sistema convencional, os níveis de mortalidade nessa avaliação no extrato superior da cultura, não diferiram do tratamento testemunha, ou seja, foram menores as eficácias de controle. A justificativa para esta resposta está nas características de aplicação deste sistema, dependente exclusivamente do movimento da gota gerada para atingir os extratos inferiores e a face inferior da folha (BAUER; RAETANO, 2003; BOLLER et al., 2011). No momento da aplicação dos tratamentos, o IAF da cultura foi estimado em 3,04, que aponta sobreposição de camadas foliares, resultando não apenas maior deposição de calda no extrato superior, como sobre a face adaxial dos folíolos, mais exposta a radiação solar UV e condições extremas do ambiente desfavoráveis a viabilidade dos Bvs no ambiente (IGNOFFO et al., 1989).

Embora o percentual médio de lagartas que foram contaminadas em nível letal tenha resultados percentuais baixos, variando entre 9,4% e 21,9% em ambas avaliações, não é possível descartar que este nível de contaminação possa impedir

um processo de estabelecimento de epizootia. Efeitos subletais de baculovírus podem ser cumulativos e resultar em efeitos favoráveis ao manejo, como menor número de descendentes viáveis, maior susceptibilidade a aplicações sequenciais de inseticidas químicos ou biológicos, menor nível de alimentação e conseqüentemente de injúrias (CORY et al., 1997; GOULSON; GORY, 1995; SAIT et al., 1994). Quando comparadas as médias dos tratamentos das coletas de 24 horas e 48 horas após a aplicação, a mortalidade em resposta aos tratamentos foi similar, o que sugere que a manutenção do vírus no ambiente, em concentrações capazes de proporcionar índices de mortalidade observados no experimento, estendem-se por mais do que 48 horas. Em experimento realizado por McLeod e colaboradores (1982), observou-se a manutenção no ambiente de partículas virais decorrentes de pulverização de baculovirus por até três anos no solo e nas folhas por 72 horas em concentrações letais, porém com eficiência inferior a observada nas primeiras horas após a aplicação do Bv.

A comparação de mortalidade de *C. includens* expostas às folhas coletadas no extrato superior e inferior da cultura sugerem que a manutenção do vírus nas superfícies foliares nos diferentes extratos da cultura foi similar. Entretanto, nas seções anteriores foram apresentados o perfil de deposição de calda na planta em conseqüência ao uso de diferentes mecanismos auxiliares da barra de pulverização. Os resultados demonstraram que o volume de calda e conseqüentemente a dose de inseticida depositados no extrato superior do dossel foi significativamente superior, em níveis médios, na ordem de 2:1 para os sistemas e Vortex® e 1,4:1 no sistema "Canopy opener". Com isso, pode-se inferir que sistemas de aplicação voltados ao aumento da deposição de inseticidas microbiológicos no extrato inferior da cultura, ao abrigo da radiação solar e condições ambientais extremas favorecem a manutenção destes no ambiente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que o sistema de pulverização cortina de ar assistida Vortex® foi o mais eficiente no incremento de deposição de calda no segmento inferior da cultura da soja e modificação do perfil de distribuição de gotas no dossel gerado pelos sistemas auxiliares de barra de pulverização proporcionam incremento na eficácia ChiNPV no controle de *C. includens* e sua persistência na cultura da soja.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, Walter S. et al. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **J. econ. Entomol**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011. p.221-229.

ASAE. **AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING**. In: Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, S572, p.389-91. 2000.

ASABE. **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra**; ASABE: St. Joseph, MI, USA, 2018.

AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**/ Francisco Roberto de Azevedo, - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006.

AZEVEDO, L. A. S. **Fundamentos para o uso racional**. In: Qualidade da aplicação de fungicidas protetores. Campinas: Emopi, 2003. p.121-32.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar e perdas na deposição de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, v.57, p.271-276, 2000.

BLACK, J. L. **Horizontal Transmission of *Helicoverpa armigera* Nucleopolyhedrovirus (HearNPV) in soybean fields infested with *Helicoverpa zea* (Boddie)**. Theses and Dissertations (Master of Science in Entomology)-University of Arkansas, Fayetteville, AR, 2017.

BOLLER, W.; FERREIRA, C. M.; COSTA, I. D. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. **Revista plantio direto**, Passo Fundo. n.121, p 33., 2011.

BURDEN, J. P.; NIXON, C. P.; POSSEE, R. D.; SAIT, S. M.; KING, L. A.; HAILS, R. A. Covert infections as a mechanism for long-term persistence of baculoviruses. **Ecology Letters**. Volume6, Issue6: 524-531. 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00459.x>

COOKE, B. K.; HISLOP, E. C.; HERRINGTON, P. J.; WESTERN, N. M.; HUMPHERSON-JONES, F. Air-assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. **Crop Protection**, v.9, p.303-311, 1990.

CORY, J. S.; HAILS, R. S.; SAIT, S. M. **The Viruses: The Baculovirus** - Ecology. England. cap. 12, 301-339 p. 1997.

CORY, J. S.; EVANS, H. F. **Viruses**. In: Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Springer, Dordrecht, 2007. p. 149-174.

DOWD, P. F.; SPARKS, T. C. Characterization of a trans-permethrin hydrolyzing enzyme from the midgut of the soybean looper, *Pseudoplusia includes*. **Pest. Biochem. Physiol.** 25: 73–8, 1986.

EHLERINGER, J. R.; FORSETH, I. N. Solar tracking by plants. **Science, Hawthorn.** n.210. p.1094-1098. 1980.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Cooperative Extension Service-Iowa, State University, 11p. 1977.

GRZYWACZ, D. Basic and Applied Research: Baculovirus. **Microbial Control of Insect and Mite Pests**. Pages 27-46. 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803527-6.00003-2>

GOULSON, D.; GORY, J. S. Sublethal Effects of Baculovirus in the Cabbage Moth, *Mamestra brassicae*, **Biological Control**, Volume 5, Issue 3, 1995. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1042>.

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J. A.; PERINI, C. R.; ARRUE, A.; ROHRIG, A.; STACKE, R. F.; MACHADO, M. R.. *Helicoverpa armigera*: da invasão ao manejo na soja. **Revista Plantio Direto**, v. 1, p. 24-35, 2014.

IGNOFFO, C. M.; GARCIA, C.; SAATHOFF, S. G. Sunlight Stability and Rain-Fastness of Formulations of Baculovirus heliothis **Environmental Entomology**, Volume 26, Issue 6, 1 December 1997, Pages 1470–1474, <https://doi.org/10.1093/ee/26.6.1470>

IGNOFFO, C. M.; RICE, W. C.; MCINTOSH, A. H. Inactivation of Nonoccluded and Occluded Baculoviruses and Baculovirus-DNA Exposed to Simulated Sunlight. **Environmental Entomology**, Volume 18, Issue 1, 1 February 1989, Pages 177–183, <https://doi.org/10.1093/ee/18.1.177>

LEONARD, R.; RICE, B.; DOWLEY, L. J.; WARD, S. The effect of air assistance on spray deposition and biological effect in the control *Phytophthora infestans* in potatoes. **Aspects of Applied Biology**, v.57, p.243-249, 2000

LUTTRELL, R. G., YEARIAN, W. C., AND YOUNG, S. Y. Effect of spray adjuvants on *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus efficacy. **J. Econ. Entomol.** 79, 162–167. 1983.

LUTTRELL, R. G.; YEARIAN, W. C.; YOUNG, S. Y. Insecticide-Elcar (*Baculovirus heliothis*) Combinations Against *Heliothis* Spp. **Journal of Economic Entomology**, v. 72, p. 57-60, 1979.

MCLEOD, P. J.; YOUNG, S. Y.; YEARIAN, W. C. Application of a Baculovirus of *Pseudoplusia includens* to Soybean: Efficacy and Seasonal Persistence, **Environmental Entomology**, Volume 11, Issue 2, 1, Pages 412–416, 1982. <https://doi.org/10.1093/ee/11.2.412>

MOSCARDI, F. **Utilização de vírus entomopatogênicos em campo**. In: ALVES, S. B. (Ed.). Controle microbiano de insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 509-533, 1998.

MOSCARDI, F.; SOSA-GOMEZ, D. R. **Use of viruses against soybean caterpillars in Brazil**. Pest Management in Soybean. Heidelberg: Springer, p. 98-109, 1992

MOURA, B. **Deposição de fungicida em cultivares de soja com diferentes hábitos de crescimento, controle e sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas**. 2015. 134f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Passo Fundo, FAMV/UPF, Passo Fundo, 2015.

MULLER, M. **Arquitetura de plantas de soja: Interceptação de radiação solar, deposição de produtos fitossanitários e produtividade**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Passo Fundo, Pós-Graduação em Agronomia. 2017.

MÜLLER, M.; RAKOCEVIC, M.; CAVERZAN, A.; BOLLER, W.; CHAVARRIA, G. Architectural Characteristics and Heliotropism May Improve Spray Droplet Deposition in the Middle and Low Canopy Layers in Soybean. **CROP SCIENCE**, v. 58, p. 2029-2041, 2018.

PANNETON, B.; PHILION, H.; THERIALT, R.; KHELIFI, M. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on potato plants. **Transactions of ASAE**, v.43, p.529-534, 2000.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. **Lagartas na soja**. Ilha Solteira, São Paulo, Cultura agrônômica, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2007.

PERINI, C. R., TABULOC, C. A., CHIU, J. C. et al. Transcriptome analysis of pyrethroid-resistant *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) reveals overexpression of metabolic detoxification genes. **Journal of Economic Entomology**. 2020b. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa233>.

PERINI, C. R. et al. How to control *Helicoverpa armigera* on soybean in Brazil? What we have learned since its detection. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 1426-1432, 2016.

PRADO, E. P. “**Canopy Opener**” e assistência de ar no controle da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu 2012.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, v. 62, p. 329-334, 2003.

RICHTER, G. L.; ZANON, A. J.; STRECK, N. A. ; GUEDES, J. V. C.; KRÄULICH, B.; ROCHA, T. S. M.; WINCK, J. E. M.; CERA, J. C.. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**. v. 73, p. 416-425, 2014

RODRÍGUEZ, V. A. et al. Isolation and Characterization of a Nucleopolyhedrovirus from *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal of Virology and Molecular Biology**, v. 1, p. 28-34, 2012.

SAIT, S.M., M. BEGON, AND D.J. THOMPSON. The Effects of a Sublethal Baculovirus Infection in the Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella*. **Journal of Animal Ecology** 63, no. 3: 541–50, 1994. <https://doi.org/10.2307/5220>.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G. **Assistência de ar e angulação da barra pulverizadora na deposição e perdas da pulverização na cultura da batata**. Botucatu: FCA/UNESP, 2004. 35p.

STACKE, R. F.; GIACOMELLI, T.; BRONZATTO, E. S.; HALBERSTADT, S. A.; GARLET, C. P.; MURARO, D. S.; GUEDES, J. V. C.; BERNARDI, O. Susceptibility of Brazilian Populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to Selected Insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Volume 112, Issue 3, Pages 1378–1387, 2019. <https://doi.org/10.1093/jee/toz031>

TANG, J. Y. et al. The differential effects of herbivory by first and fourth instars of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) on photosynthesis in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 3, p. 527-536, 2006.

THEILMANN, D. A., et al. Baculoviridae. In: FAUQUET, C. X. et al. (eds.) *Virus Taxonomy – Classification and Nomenclature of Viruses*, 8th Report of the International Committee on Viruses. Amsterdam: Elsevier, p. 177–185, 2005.

VÁSQUEZ, J; ZEDDAM, J. L.; TRESIERRA-AYALA, Á. Control biológico del “cogollero del maíz” *Spodoptera frugiperda*, (Lepidoptera; Noctuidae) CON EL BACULOVIRUS SfVFN, en iquitos-peru. **Folia Amazónica**, v. 13, n. 1-2, p. 25-39, 2002.

VENEGAS, F.; RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Assistência de ar em barra de pulverização, deposição da calda e controle da pinta preta na cultura da batata. **Summa Phytopathologica**, v.29, p.323-329, 2003.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C. 2015. Branches contribution and leaf area index evolution in modern cultivars of soybean. **Bragantia** 74:279–290. doi:10.1590/1678-4499.0463

ZHU, H., DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies: Part 2. Opener design with field experiments. **Trans. ASAE** 51:1913–1922. 2008. doi:10.13031/2013.25390

DISCUSSÃO GERAL

O controle de lagartas em soja ao longo dos anos passou por transformações decorrentes da dinâmica populacional de lagartas e a importância de cada espécie de lagartas na sua composição. Nos últimos anos, a predominância de lagartas da espécie *C. includens* e o surgimento da *H. armigera* em cultivo de soja não Bt tornou o manejo de lagartas em soja mais complexo, por serem espécies de difícil controle e de alto potencial de dano, respectivamente. Nos dias de hoje, com a ampla adoção pelos produtores e predominância da semeadura de cultivares de soja que expressem a toxina Bt a importância destas lagartas diminuiu no contexto geral da cultura, porém, para as áreas de refúgio e áreas não Bt, estas espécies mantiveram sua importância.

Especialmente na última década, os resultados de eficácia de controle e surgimento de resistência aos inseticidas químicos principalmente para a espécie *C. includens*, sugerem a adoção de estratégias combinadas de manejo com biotecnologias, inseticidas químicos e biológicos. Nos experimentos conduzidos neste trabalho, observou-se a eficiência e a longevidade do efeito dos inseticidas à base de Baculovirus para o controle das espécies *C. includens* e *H. armigera*, mantendo os níveis populacionais, as injúrias e os danos abaixo do nível de dano econômico. Este resultado é de suma importância pois os principais desafios que o produtor enfrenta no manejo desta espécie, são as escaladas populacionais, nas quais as médias populacionais de lagartas crescem exponencialmente acarretando em danos à cultura e inferindo maior complexidade ao manejo pelo número de espécimes e predominância de larvas grandes.

Os tratamentos avaliados neste estudo foram aplicados em campo em condições ambientais favoráveis e de aplicação adequadas. Estas condições não se repetem na íntegra em campo e por isso, pode-se esperar resultados menos estáveis aos aqui apresentados. Dessa forma, é imprescindível a continuidade de estudos sobre os efeitos combinados destes inseticidas com diferentes estratégias de pulverização, para aprimoramento das recomendações técnicas quanto para o desenvolvimento e calibração de equipamentos especializados para a sua aplicação. Outra possibilidade é a combinação de inseticidas microbiológicos com inseticidas químicos para somar os ganhos proporcionados por cada produto, efeito de choque e efeito residual, maior espectro de controle e manejo de resistência.

A especificidade de espécie alvo de inseticidas microbiológicos, especialmente os baculovírus, conferem a estes vantagens como a seletividade a organismos não alvo, ao aplicador e ao consumidor. Entretanto, neste estudo evidenciou-se a ocorrência de lagartas praga da cultura não alvo inseticida Surtivo (ChinNPV e HaNPV), especialmente a lagarta da soja *A. gemmatalis*, que resultou em significativa desfolha da cultura. Para os programas pautados em aplicações de Bvs sem ação sobre *A. gemmatalis* os resultados mostraram a necessidade da associação de inseticidas biológicos ou químicos com eficácia sobre o alvo. O uso de Bts pode ser uma alternativa, porém, a aplicação calendarizada de acordo com estágio de desenvolvimento da cultura no campo e proposto no modelo de estudo do experimento II não contribuiu para o controle, pois a ocorrência da espécie não teve sincronia com as pulverizações. Com isso, se destaca a importância do monitoramento, com frequência semanal e o rigor na amostragem e identificação da espécie, da fase de desenvolvimento e da densidade populacional, para assim definir o produto e a dose a ser utilizados.

A associação de inseticidas microbiológicos à base de Bvs e Bts com inseticidas químicos em mistura em tanque e/ou aplicações sequenciais pode gerar resultados de controle aditivos e/ou sinérgicos, aumento do espectro de controle e ação de choque associada com efeito residual. Porém, estas combinações precisam ser estudadas previamente para caracterização e previsão dos efeitos resultantes. No estudo, se observou que o uso sequencial de inseticida químico à base de clortraniliprole + lambdacialotrina apresentou efeito aditivo nos primeiros 15 dias dos ensaios e deletério a longo prazo, pois reduziu os níveis de epizootia resultando em incremento da população de lagartas. Todavia, o resultado global dessa aplicação em sucessão dos inseticidas apresentou efeitos favoráveis na proteção das folhas e estruturas reprodutivas na cultura da soja, quando comparado ao efeito desses produtos isolados. Dessa forma, propõe-se a continuidade dos estudos de validação em campo de aplicações sequenciais, alternando-se a ordem do momento de aplicação do inseticida químico e microbiológico, bem como, a caracterização do efeito associativo (mistura em tanque dos mesmos) na dinâmica populacional de lepidópteros e nas injúrias, danos e produtividade da soja.

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas tem muito a contribuir para aumentar a estabilidade de controle e mitigar os efeitos adversos do ambiente sobre as estruturas microbianas de inseticidas a base de Bv e Bt. No experimento do capítulo

3, os dados observados demonstraram que os sistemas auxiliares da barra de pulverização foram eficientes no incremento da deposição do inseticida no dossel inferior da cultura e também face abaxial dos folíolos, locais onde predominam a ocorrência das espécies de lagartas aqui estudadas, bem como, extrato do dossel com microclima mais favorável a sobrevivência dos Bvs e Bts em decorrência da menor incidência de radiação UV, temperatura mais amena e umidade atmosférica mais elevada.

O sistema auxiliar a barra de pulverização “canopy opener” apresenta as vantagens da sua fabricação, regulação simples e custo baixo. Por outro lado, as limitações evidentes são o significativo incremento da massa da barra de pulverização, projetada para suportar cargas leves. Também, o dispositivo ainda carece de ajustes para facilitar o seu pronto uso, sendo hoje acionado e removido manualmente gerando paradas, fadiga e baixo rendimento operacional. Futuros estudos precisarão avaliar o efeito deste sistema em condições de operação a velocidades mais elevadas que a aqui estudada, 6 km/h, avaliando a persistência da eficiência e os impactos sobre a cultura (danos mecânicos) bem como sobre o equipamento. O sistema Vortex®, por sua vez apresenta como vantagens a ampla possibilidade de ajustes de funcionamento da cortina de ar para compensar as demandas e condições da cultura e ambientais. A tecnologia já em nível comercial prevê o uso associado ao pulverizador, de operação simples e não resultando em maiores inconvenientes logísticos ao aplicador. Todavia, esta tecnologia apresenta elevado custo de aquisição, manutenção e operação, elevando o consumo de combustível e demandando potência do propulsor superior ao sistema tradicional. Futuros estudos precisam elucidar e apresentar maiores dados em relação a velocidade da cortina de ar produzida interagindo com a velocidade de deslocamento e de temperatura e vento no incremento e manutenção da eficácia dos inseticidas microbiológicos.

Para finalizar, novos estudos podem caracterizar o efeito de programas de controle de lepidópteros baseados em inseticidas microbiológicos à base de Bvs e Bts na manutenção dos inimigos naturais no ambiente e seus impactos na população de outras espécies pragas da cultura como o percevejo-marrom *Euschistus heros*, os ácaros tetranychideos, coleópteros crisomelideos e tripses.

CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir a eficácia e ação prolongada da aplicação de ChinNPV e HaNPV em uma ou duas aplicações no controle das lagartas e proteção da cultura, em níveis superiores a programa químico com duas aplicações de Clorraniliprole + Lambdacialotrina a programas calendarizados do produtor. A aplicação de do inseticida Clorraniliprole + Lambdacialotrina de forma sequencial a aplicação de ChinNPV e HaNPV reduz significativamente o efeito de epizootia e a manutenção do baculovírus na população de lagartas. Em programas calendarizados de aplicação de inseticidas microbiológicos à base baculovírus e *Bacillus thuringiensis* é indispensável o emprego de estratégias de monitoramento para definição da combinação dos inseticidas microbiológicos e o momento de aplicação. Os sistemas auxiliares da barra de pulverização “canopy opener” e sistema Vortex®, em comparação ao sistema tradicional, modificam positivamente o espectro de deposição de calda no dossel da cultura e seu efeito na resposta biológica de controle do inseticida ChinNPV sobre *C. includens* são promissores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT - Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Available from: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Visita em 10 de Dezembro de 2021.

ALTOÉ, T. S. et al. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) Eggs Under Different Temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 1, p. 82-89, 2012.

ALVES, S. B.; LECUONA, R. E. **Controle microbiano de insetos: epizootiologia aplicada ao controle microbiano**. 2. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, p. 97-170, 1998.

AVILA, C. J.; SANTOS, V. **Manejo integrado de pragas (MIP) na cultura da soja: um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais**. Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados MS. 43p. 2018.

AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas/** Francisco Roberto de Azevedo, - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006.

AZEVEDO, L. A. S. **Fundamentos para o uso racional**. In: Qualidade da aplicação de fungicidas protetores. Campinas: Emopi, 2003. p.121-32.

BATISTELA, M. J. Níveis de desfolha e táticas de manejo de pragas na cultura da soja. **Embrapa Soja-Teses/dissertações (ALICE)**, 2011.

BEAS-CATENA, A. et al. Baculovirus biopesticides: an overview. **J. Anim. Plant Sci**, v. 24, n. 2, p. 362-373, 2014.

BLACK, J. L. **Horizontal Transmission of *Helicoverpa armigera* Nucleopolyhedrovirus (HearNPV) in soybean fields infested with *Helicoverpa zea* (Boddie)**. Theses and Dissertations (Master of Science in Entomology)-University of Arkansas, Fayetteville, AR, 2017

BOLLER, W.; FERREIRA, C. M.; COSTA, I. D. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. **Revista plantio direto**, Passo Fundo. n.121, p 33., 2011.

BOTELHO, A. A. A.; MONTEIRO, A. C. **Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar.** *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p. 361- 369, 2011.

BUENO, R.C.O.A.; PARRA, J.R.P., BUENO, A.F; MOSCARDI; F., DE OLIVEIRA, J.R.G., CAMILLO, M.F. (2007) Sem barreira. **Cultivar**, n. 93, p. 12-15.

BURDEN, J. P.; NIXON, C. P.; POSSEE, R. D.; SAIT, S. M.; KING, L. A.; HAILS, R. A. Covert infections as a mechanism for long-term persistence of baculoviruses. **Ecology Letters**. Volume6, Issue6: 524-531. 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00459.x>

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; GOULART, M.M.P, CARNEIRO, T.R. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, n. 77, p. 283-290, 2010.

CLEM, R. J.; PASSARELLI, A. Lorena. Baculoviruses: sophisticated pathogens of insects. **PLoS pathogens**, v. 9, n. 11, p. e1003729, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento 3º levantamento – Safra 2021/22, Boletim de grãos. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 09 de dez. 2021.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. et al. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura.** Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2010.

CROPLIFEBRASIL. **NOTÍCIAS.** São Paulo, 2021. Disponível em:<<https://croplifebrasil.org/noticias/cresce-a-adocao-de-produtos-biologicos-pelos-agricultores-brasileiros/>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CZEPAK, Cecília et al. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 110-113, 2013.

DALL'AGNOL, A.; LAZAROTTO, J. j.; HIRAKURI, M. H. **Desenvolvimento, mercado, rentabilidade da soja brasileira.** Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2010.

DEGRANDE, P. et al. **Pragas da soja. Tecnologia e produção:** soja e milho, v. 2011, p. 155-206, 2010.

DO NASCIMENTO, J., GONCALVES, K. C., DIAS, N. P., DE OLIVEIRA, J. L., BRAVO, A., & POLANCZYK, R. A. Adoption of *Bacillus thuringiensis*-based biopesticides in agricultural systems and new approaches to improve their use in Brazil. **Biological Control**, v. 165, p. 104792, 2022.

DOS SANTOS, C. A. M., DO NASCIMENTO, J., GONÇALVES, K. C., SMANIOTTO, G., DE FREITAS ZECHIN, L., DA COSTA FERREIRA, M., & POLANCZYK, R. A. Compatibility of Bt biopesticides and adjuvants for *Spodoptera frugiperda* control. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2021.

FAO. **FAO Symposium of Integrated Pest Control Rome**, Oct. 11-15, 1965. Rome Italy, FAO-UN, Part 1, 91p., Part 2, 186p., Part 3, 129p. 1966.

FAO. Food and Agriculture Organization. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **FAO no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **FAO no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

FONTES, E.M.G.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Controle biológico de pragas da agricultura** / FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. editoras técnicas. – Brasília, DF: Embrapa, 2020. 510 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920 p.

GAZZONI, D. L. **Efeito associado de cultivar e inseticida no controle de percevejos** (Heteroptera: Pentatomidae) **que atacam a soja**. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina, v. 22, n. 1, p. 105-114, 1995.

GAZZONI, D. L. **Manejo de pragas da soja: uma abordagem historica**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 1994.

GEORGHIOU, George P. Management of resistance in arthropods. In: **Pest resistance to pesticides**. Springer, Boston, MA, 1983. p. 769-792.

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J. A.; PERINI, C. R.; ARRUE, A.; ROHRIG, A.; STACKE, R. F.; MACHADO, M. R.. *Helicoverpa armigera*: da invasão ao manejo na soja. **Revista Plantio Direto**, v. 1, p. 24-35, 2014

GUEDES, J. V. C.; ARNEMANN, J.A.; BIGOLIN, M.; PERINI, C.R.; PERINI, CLÉRISON R.; CAGLIARI, D.; STACKE, R.F. Revisão necessária. **Cultivar Grandes Culturas**, v. XIV, p. 22-24, 2012.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. et al. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa soja, 2000.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. < <https://www.ibge.gov.br/>> Acesso em 10 de dez de 2021

IGNOFFO, C. M.; COUCH, T. L. nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species as a microbial insecticide. **Microbial control of pests and plant diseases**, 1970-1980, 1981.

KOGAN, M. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. **Ann. Rev. Entomol.** 43:243-270. 1998.

KOGAN, M.; TURNIPSEED, S. E., Ecology and management of soybean arthropods. **Annu. Rev. Entomol.**, 32, 507–38, 1987.

KUKAN, B. Vertical transmission of nucleopolyhedrovirus in insects. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 74, n. 2, p. 103-111, 1999.

KUMAR, C. S. et al. Isolation and Characterization of Baculoviruses from Three Major Lepidopteran Pests in the Semi-Arid Tropics of India. **Indian Journal of Virology**, v. 22, p. 29–36, 2011.

KUSS, C. C. et al. Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 527-536, 2016.

LIU, Y. K. et al. Using a fed-batch culture strategy to enhance rAAV production in the baculovirus/insect cell system. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 110, n. 2, p. 187-193, 2010.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Disponível em : <https://www.gov.br/pt-br/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-de-2021-esta-estimado-em-r-1-113-trilhao>. Acesso em: 09 de dez. 2021.

MONNERAT, R., et al 2018. Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* para uso na agricultura. – Brasília - DF : **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. 2018.

MORAES, R.R de; LOECK A.E.; BELARMINO, L.C (1991b) Inimigos naturais de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) e de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. **Pesq. Agropec. Bras.** 26: 57-64.1991.

MOSCARDI, F. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. **Annual review of entomology**, v. 44, n. 1, p. 257-289, 1999.

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

MOTTA, F. C. P. A teoria geral dos sistemas na teoria das organizações. *Revista de Administração de Empresas* [online]. 1971, v. 11, n. 1 [Acessado 15 Novembro 2021], pp. 17-33. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-75901971000100003>>. Epub 28 Maio 2015. ISSN 2178-938X. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901971000100003>.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004.

PEDIGO, L. P. Economic threshold and economic injury levels. In: RADCLIFFE, E. B.; HUTCHISON, W. D.; CANCELADO R. E. (Ed.). **Randcliffe's IPM world textbook**. St. Paul, MN: University of Minnesota, 2015. Disponível em: <<https://ipmworld.umn.edu/pedigo>> Acesso em: 5 abr. 2018.

PEDIGO, L. P.; HIGLEY, L. G. The economic injury level concept and environmental quality- a new perspective. **American Entomologist**, v. 38, n. 1, p. 12-21, 1992.

REICHERT, J. L.; COSTA, E. C. Desfolhamentos contínuos e sequenciais simulando danos de pragas sobre o cultivar de soja BRS 137. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n.1, p. 1-6, 2003.

ROHRMANN, G.F. **Baculovirus Molecular Biology**: Third Edition (Internet). Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US). 2013

SAATH, K. C. DE OLIVEIRA; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural.**, v. 56, n. 2, pp. 195-212, 2018.

SANCHES, M. M. et al. Successful co-infection of two different baculovirus species in the same cell line reveals a potential strategy for large in vitro production. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 4, p. 1835-1843, 2021.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. **Pragas da soja e seu controle**. Cultura da soja nos cerrados, 1993.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson epizootics and on populations of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 287-291, 2003.

STACKE, R. F. et al. Damage assessment of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean reproductive stages. **Crop Protection**, v. 112, p. 10-17, 2018.

STERN, V. M. R. F. et al. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. **Hilgardia**, v. 29, n. 2, p. 81-101, 1959.

SUN, X. L. et al. Production of polyhedral inclusion bodies from *Helicoverpa armigera* larvae infected with wild-type and recombinant HaSNPV. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, p. 353-366, 2005.

TAKATSUKA, Jun. Characterization of a nucleopolyhedrovirus of *Epinotia granitalis* (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of invertebrate pathology**, v. 96, n. 3, p. 265-269, 2007.

VALICENTE, F. H.; CRUZ, I. **Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovirus spodoptera**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1991.

VAN DEN BOSCH, R.; STERN, V. M. The integration of chemical and biological control of arthropod pests. **Annual review of entomology**, v. 7, n. 1, p. 367-386, 1962.

VIVAN L. M., DEGRANDE, P.E. Pragas da soja. **Boletim de Pesquisa da Soja** n. 15: p. 239-297. 2011.