

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 16/08/2025.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**ASSOCIAÇÃO DA PROTEÍNA Cry3Aa E PRODUTO BT COM
Chrysoperla rufilabris (BURMEISTER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE)
E *Ceraeochrysa cincta* (SCHNEIDER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE)
PARA CONTROLE DE *Leptinotarsa decemlineata* (SAY) (COL.:
CHRYSOMELIDAE) E *Plutella xylostella* (L.) (LEP.:
PLUTELLIDAE)**

Msc. Matheus Moreira Dantas Pinto

Agrônomo

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**ASSOCIAÇÃO DA PROTEÍNA Cry3Aa E PRODUTO BT COM
Chrysoperla rufilabris (BURMEISTER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE)
E *Ceraeochrysa cincta* (SCHNEIDER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE)
PARA CONTROLE DE *Leptinotarsa decemlineata* (SAY) (COL.:
CHRYSOMELIDAE) E *Plutella xylostella* (L.) (LEP.:
PLUTELLIDAE)**

Discente: Matheus Moreira Dantas Pinto

Orientador: Prof. Dr. Sergio Antonio De Bortoli

Co-orientador: Prof. Dr. Juan Luis Jurat-Fuentes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2024

P659a Pinto, Matheus Moreira Dantas

Associação da proteína Cry3Aa e produto Bt com *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) (Neur.: Chrysopidae) e *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neur.: Chrysopidae) para controle de *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col.: Chrysomelidae) e *Plutella xylostella* (L.) (Lep.: Plutellidae) / Matheus Moreira Dantas Pinto. -- Jaboticabal, 2024

71 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Sergio Antonio De Bortoli

Coorientador: Juan Luis Jurat-Fuentes

1. Entomologia. 2. Controle biológico. 3. Sustentabilidade. 4. MIP. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Registro de impacto

O presente estudo apresenta soluções sustentáveis para o manejo de pragas, que por sua vez, atende aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) na agenda 2030, com destaque para os objetivos: Fome zero; Consumo e produção sustentável; Vida na água; Vida terrestre.

Impact record

This study presents sustainable solutions for pest management, which in turn meets the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations (UN) in the 2030 agenda, with emphasis on the goals: Zero hunger; Responsible consumption and production; Life below water; Life on land.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ASSOCIAÇÃO DA PROTEÍNA Cry3Aa E PRODUTO BT COM *Chrysoperla rufilabris* (BURMEISTER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE) E *Ceraeochrysa cincta* (SCHNEIDER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE) PARA CONTROLE DE *Leptinotarsa decemlineata* (SAY) (COL.: CHRYSOMELIDAE) E *Plutella xylostella* (L.) (LEP.: PLUTELLIDAE)

AUTOR: MATHEUS MOREIRA DANTAS PINTO
ORIENTADOR: SERGIO ANTONIO DE BORTOLI
COORIENTADOR: JUAN LUIS JURAT-FUENTES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SERGIO ANTONIO DE BORTOLI (Participação Virtual)
 Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
SERGIO ANTONIO DE BORTOLI
 Data: 21/02/2024 12:43:12 -0300
 Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Profa. Dra. ALESSANDRA MARIELI VACARI (Participação Virtual)
 Departamento de Ciência Animal / Universidade de Franca (UNIFRAN) - Franca/SP



Documento assinado digitalmente
ALESSANDRA MARIELI VACARI
 Data: 16/02/2024 13:51:25 -0300
 Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof. Dr. FRANCISCO SOSA DUQUE (Participação Virtual)
 Departamento de Agronomia / Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - C.



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO JOSÉ SOSA DUQUE
 Data: 20/02/2024 09:39:27 -0300
 Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof. Dr. CALEB CALIFRE MARTINS (Participação Virtual)
 Departamento de Agronomia / Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) - Caxia



Documento assinado digitalmente
CALEB CALIFRE MARTINS
 Data: 15/02/2024 23:15:58 -0300
 Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO POLANCZYK (Participação Virtual)
 Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
RICARDO ANTONIO POLANCZYK
 Data: 20/02/2024 19:23:39 -0300
 Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Jaboticabal, 16 de fevereiro de 2024

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MATHEUS MOREIRA DANTAS PINTO – nascido em 21 de dezembro de 1994 em Capanema-PA, filho de Devancir da Silva Pinto e Silvane Moreira Dantas Pinto. Agrônomo formado em 2017 pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, onde atuou como estagiário no Laboratório de Zoologia Agrícola, obtendo experiência com Entomologia Agrícola em pesquisas de bioecologia de moscas-das-frutas e seus parasitoides sob a supervisão do Prof. Dr. Álvaro Remígio Ayres. Na graduação foi monitor bolsista nas disciplinas de Zoologia Agrícola e Genética. Em 2017 iniciou o curso de pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, recebendo bolsa do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq), onde obteve o título de Mestre em 2019 sob a orientação do Prof. Dr. Sergio Antonio De Bortoli, atuando no Laboratório de Biologia e Criação de Insetos – LBCI. Em 2019 iniciou o doutoramento pela mesma universidade e mesmo orientador, com bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), desenvolvendo trabalhos de pesquisa na linha de controle biológico de pragas com ênfase no grupo de predadores da família Chrysopidae, envolvendo biologia e criação de insetos pragas e diversos inimigos naturais. Em 2022 foi aprovado no processo seletivo pelo programa de internacionalização Capes-PrInt para realizar o “Doutorado Sanduíche” por um período de 1 ano na Universidade do Tennessee, nos Estados Unidos da América, sob a supervisão do Prof. Dr. Juan Luis Jurat-Fuentes, onde desenvolveu pesquisas com as proteínas Bt Vip4 e Cry3Aa, RNA interferente e *Chrysoperla rufilabris* para controle de *Leptinotarsa decemlineata*. Publicou artigos científicos em periódicos de elevado fator de impacto na área, participou de eventos científicos nacionais e internacionais, como o Simpósio de Controle Biológico e o ESA Meeting. Recebeu premiação de 2º melhor trabalho apresentado de forma oral na categoria pós-graduação/macro biológicos na competição de estudantes promovida pela Koppert no SICONBIOL 2023. Em dezembro de 2023 foi selecionado para uma bolsa do CNPq de Desenvolvimento Tecnológico Industrial – Nível A, na Embrapa Algodão.

A meus familiares, em especial meus pais, que nunca mediram esforços em me prover uma vida digna e sempre me apoiarem em meus objetivos e sonhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelos incentivos, conselhos e apoio desde os meus primeiros momentos de vida nesse mundo.

À minha companheira Maynumi Curralo Scarano, por ser minha fortaleza nos momentos difíceis e minha parceira nos momentos de alegria.

Ao Prof. Dr. Sergio Antonio De Bortoli, a qual leva a condição de orientador a outro patamar e tem dedicado e oferecido seu tempo para boas conversas e ótimos conselhos, não só para a vida acadêmica/profissional, mas também para a vida pessoal.

À grande amiga Dagmara Gomes Ramalho, pela amizade, apoio, conselhos e companhia desde minha chegada em Jaboticabal-SP.

Ao maravilhoso casal da Horta Viva Verde, Sr. Paulo e Sra. Silvia e toda sua família, pela inesperada e muito bem-vinda amizade.

Aos amigos Caroline Placidi De Bortoli e Rafael Ferreira dos Santos pela imprescindível ajuda durante meu processo de estabelecimento nos Estados Unidos.

Ao Prof. Dr. Juan Luis Jurat-Fuentes, pela reconfortante recepção durante todo o período em que estive sob sua supervisão em seu laboratório.

A equipe do Laboratório de Fisiologia e Resistência de Insetos pela amizade e orientações durante minha estadia na Universidade do Tennessee.

Aos queridos amigos Swati Mishra e Kirtan Davda por terem proporcionado meus melhores momentos do intercâmbio e pela amizade que durará a vida toda.

Ao colega Dawson Karnis, que abriu as portas da sua casa nos Estados Unidos para me hospedar quando foi necessário.

Ao professor Dr. Guilherme Duarte Rossi, por ter fornecido informações cruciais para eu poder realizar o intercâmbio.

À servidora Aline Cáceres Dutra da Silva, pelo apoio ímpar necessário para o intercâmbio ser possível e pelo excelente exemplo de como exercer sua profissão de forma profissional e empenho para atender as demandas.

Aos colegas do Laboratório de Biologia e Criação de Insetos, pelos momentos de trabalho e descontração.

Ao PPG de Entomologia Agrícola e seus docentes, pelas aulas e estrutura que foram de grande importância para meu processo de evolução na pós-graduação e realização dos trabalhos.

E a todos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Cultura da batata	3
2.2. <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	4
2.3. Cultura das brassicáceas	6
2.4. <i>Plutella xylostella</i>	6
2.5. Chrysopidae	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1. Insetos	10
2.1.1. <i>Chrysoperla rufilabris</i>	10
2.1.2. <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	11
2.1.3. <i>Ceraeochrysa cincta</i>	11
2.1.4. <i>Plutella xylostella</i>	12
2.2. Proteína Cry3Aa	12
2.3. Bioensaios	14
2.3.1. Parâmetros biológicos de <i>Chrysoperla rufilabris</i> exposta de forma direta e indireta a proteína Cry3Aa	14
2.3.2. Parâmetros biológicos de <i>Ceraeochrysa cincta</i> exposta de forma direta e indireta ao produto Bt Agree®	15
2.3.3. Resposta funcional de <i>Chrysoperla rufilabris</i> associada ou não a proteína Cry3Aa predando <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	16
2.3.4. Consumo médio de <i>Ceraeochrysa cincta</i> associado ou não ao produto Bt Agree® predando <i>Plutella xylostella</i>	18

2.3.5. Sobrevivência de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> expostas a proteína Cry3Aa associada a <i>Chrysoperla rufilabris</i>	18
2.3.6. Influência da associação de <i>Chrysoperla rufilabris</i> e da proteína Cry3Aa nos danos causados em folhas de batata por <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	19
3. RESULTADOS	19
3.1. Parâmetros biológicos de <i>Chrysoperla rufilabris</i> exposta de forma direta e indireta a proteína Cry3Aa.....	19
3.2. Parâmetros biológicos de <i>Ceraeochrysa cincta</i> exposta de forma direta e indireta ao produto Bt Agree®	22
3.3. Resposta funcional de <i>Chrysoperla rufilabris</i> associado ou não a proteína Cry3Aa predando <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	26
3.4. Consumo médio de <i>Ceraeochrysa cincta</i> associado ou não ao produto bt Agree® predando <i>Plutella xylostella</i>	28
3.5. Sobrevivência de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> exposta a proteína Cry3Aa associada a <i>Chysoperla rufilabris</i>	29
3.6. Influência da associação de <i>Chysoperla rufilabris</i> e da proteína Cry3Aa nos danos causados em folhas de batata por <i>Leptinotarsa decemlineata</i>	30
4. DISCUSSÃO	31
4.1. Efeitos nos parâmetros biológicos dos crisopídeos	31
4.2. Efeitos de Bt nos parâmetros predatórios dos crisopídeos.....	34
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
Juliano SA (2020) Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner SM, Gurevitch J (Eds.). Design and analysis of ecological experiments . Oxford: Academic Press. p. 159-182.	45

ASSOCIAÇÃO DA PROTEÍNA Cry3Aa E PRODUTO BT COM *Chrysoperla rufilabris* (BURMEISTER) (NEUR: CHRYSOPIDAE) E *Ceraeochysa cincta* (SCHNEIDER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE) PARA CONTROLE DE *Leptinotarsa decemlineata* (SAY) (COL: CHRYSOMELIDAE) E *Plutella xylostella* (L.) (LEP.: PLUTELLIDAE)

RESUMO – *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) são reconhecidas mundialmente como pragas-chave de plantas das famílias Solanaceae e Brassicaceae, respectivamente. Ambas as espécies já demonstraram resistência a maioria dos produtos registrados para seus controles, incluindo produtos à base de Bt (*Bacillus thuringiensis* Berliner). Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a compatibilidade da proteína purificada Cry3Aa e do produto a base de Bt Agree® com os predadores *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) e *Ceraeochysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). Para isso foram analisados os resultados da exposição direta e indireta dos predadores a proteína Cry3Aa e ao produto Agree®, avaliando-se parâmetros de biologia, além de tabela de vida de fertilidade e aspectos predatórios utilizando resposta funcional e preferência e sobrevivência dos predadores, bem como os danos de *L. decemlineata* exposta ou não a proteína Cry3Aa e a *C. rufilabris*. Não foram observadas alterações negativas nos parâmetros biológicos das duas espécies de predadores, exceto por um aumento nos parâmetros de vida de *Ce. cincta*, quando esta foi alimentada com ovos de *C. cephalonica* associados ao produto Agree. O que causou efeitos negativos foi a alimentação pelos estágios larvais das pragas. Nas condições em que as presas foram expostas a proteína Cry3Aa e ao Agree® os melhores desempenhos predatórios foram observados para os primeiros estágios larvais dos predadores, que apresentaram maiores taxas de predação quando as presas foram expostas aos produtos Bt. Foi observado efeito sinérgico e menores danos em folhas de batata quando ambas as ferramentas foram utilizadas associadas. Os resultados do presente estudo sinalizam para a compatibilidade dessas ferramentas de controle biológico, o que indica que seu uso conjunto pode ser uma alternativa para melhorar os programas de manejo integrado dessas duas importantes pragas-chave.

Palavras-chave: controle biológico, manejo, predadores, *Bacillus thuringiensis*.

ASSOCIATION OF Cry3Aa PROTEIN AND A BT-BASED PRODUCT WITH *Chrysoperla rufilabris* (BURMEISTER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE) AND *Ceraeochrysa cincta* (SCHNEIDER) (NEUR.: CHRYSOPIDAE) FOR CONTROL *Leptinotarsa decemlineata* (SAY) (COL.: CHRYSOMELIDAE) AND *Plutella xylostella* (L.) (LEP.: PLUTELLIDAE)

ABSTRACT - *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) are recognized worldwide as key pests of plants in the Solanaceae and Brassicaceae families, respectively. Both species have shown resistance to most of the products registered for their control, including products based on Bt(*Bacillus thuringiensis* Berliner). The aim of this study was to assess the compatibility of the purified Cry3Aa protein and the Bt-based product Agree® with the predators *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) and *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). To this end, the results of direct and indirect exposure of the predators to the Cry3Aa protein and the Agree® product were analyzed, evaluating biological parameters, as well as the fertility life table and predatory aspects using functional response and predator preference and survival, as well as the damage of *L. decemlineata* exposed or not to the Cry3Aa protein and to *C. rufilabris*. No negative changes were observed in the biological parameters of the two predator species, except for an increase in the life parameters of *Ce. cincta* when it was fed *C. cephalonica* eggs associated with the Agree product. What caused negative effects was feeding by the larval stages of the pests. In the conditions in which the prey was exposed to the Cry3Aa protein and Agree®, the best predatory performances were observed for the first larval stages of the predators, which showed higher predation rates when the prey was exposed to the Bt products. A synergistic effect and less damage to potato leaves was observed when both tools were used in combination. The results of this study point to the compatibility of these biological control tools, indicating that their joint use could be an alternative for improving integrated management programs for these two important key pests.

Keywords: biological control, management, predators, *Bacillus thuringiensis*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema do processo de produção e purificação da proteína Cry3Aa.....	13
Figura 2. Ilustração da arena utilizada para os testes de reposta funcional.....	17
Figura 3. Taxas de sobrevivência específica (lx) e fecundidade por idade (mx) estimadas para fêmeas de <i>Chrysoperla rufilabris</i> alimentadas com ovos de <i>Ephestia kuehniella</i> não associado (A) e associado (B) com a proteína Cry3Aa.....	22
Figura 4. Taxas de sobrevivência específica (lx) e fecundidade por idade (mx) estimadas para fêmeas de <i>Ceraeochrysa cincta</i> alimentadas com ovos de <i>Corcyra cephalonica</i> não associada (A) e associada (B) com o produto Agree® e lagartas de <i>Plutella xylostella</i> não tratadas (C) e tratadas (D) com o produto Agree®	25
Figura 5. Resposta funcional de larvas de 1º ínstar (A), 2º ínstar (B) e 3º ínstar (C) de <i>Chrysoperla rufilabris</i> alimentada com larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> tratadas ou não com a proteína Cry3Aa.....	27
Figura 6. Sobrevivência de larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> sem nenhum tipo de controle empregado (A), apenas com Cry3Aa (B), com larva de 3º ínstar de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (C) e com Cry3Aa + larva de 3º ínstar de <i>Ch. rufilabris</i> (D)	29
Figura 7. Danos causados por larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> sem nenhum tipo de controle empregado (A), apenas com Cry3Aa (B), com larva de 3º ínstar de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (C) e com Cry3Aa + larva de 3º ínstar de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (D)	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Períodos dos estágios imaturos de <i>Chrysoperla rufilabris</i> alimentados com ovos de <i>Ephestia khueniella</i> e larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , associados ou não a proteína Cry3Aa.....	20
Tabela 2. Fecundidade e fertilidade de <i>Chrysoperla rufilabris</i> alimentados com ovos de <i>Ephestia khueniella</i> e larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , associados ou não a proteína Cry3Aa.....	20
Tabela 3. Parâmetros da tabela de vida de fertilidade de <i>Chrysoperla rufilabris</i> alimentada com ovos de <i>Ephestia khueniella</i> e larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , associados ou não a proteína Cry3Aa.....	21
Tabela 4. Períodos dos estágios imaturos de <i>Ceraeochrysa cincta</i> alimentada com ovos de <i>Corcyra cephalonica</i> e larvas de <i>Plutella xylostella</i> , associados ou não ao produto Bt Agree®	23
Tabela 5. Fecundidade e fertilidade de <i>Ceraeochrysa cincta</i> alimentada com ovos de <i>Corcyra cephalonica</i> e larvas de <i>Plutella xylostella</i> , associados ou não ao produto Bt Agree®	23
Tabela 6. Parâmetros da tabela de vida de fertilidade de <i>Ceraeochrysa cincta</i> alimentada com ovos de <i>Corcyra cephalonica</i> e larvas de <i>Plutella xylostella</i> , associados ou não ao produto Bt Agree®	24
Tabela 7. Parâmetros estimados resultantes da análise de regressão logística polinomial da proporção de larvas de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> em folhas de batata, tratadas e não tratadas com Cry3Aa, predadas por <i>Chrysoperla rufilabris</i> durante 24 horas.....	26

Tabela 8. Taxa de ataque (a') (limites de confiança de 95%), tempo de manuseio (T_h) (limites de confiança de 95%) e número estimado de presas atacadas (limites de confiança de 95%) durante o período de observação ($T = 24 \text{ h}/T_h$) de *Chrysoperla rufilabris* predando larvas de *Leptinotarsa decemlineata* em folhas de batata, tratadas e não tratadas com Cry3Aa.....28

Tabela 9. Predação média de *Ceraeochrysa cincta* em larvas de *Plutella xylostella* associadas ou não com produto Bt Agree®28

1. INTRODUÇÃO

O controle de pragas consideradas pragas-chave sempre será um desafio, pois o estatus de praga-chave caracteriza espécies que normalmente apresentam alto grau de especificidade, adaptação e resiliência no ambiente, com o Besouro do colorado, *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae), e a Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), recebendo esse estatus para suas respectivas famílias botânicas-alvo (Weber, 2003; Rakow, 2004). *Leptinotarsa decemlineata* é praga-chave de espécies da família Solanaceae, com destaque para a cultura da batata, *Solanum tuberosum* (L.), enquanto *P. xylostella* é considerada de Brassicaceae, com destaque para a couve {*Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*}, brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) (Rakow, 2004; Alyokhin et al., 2008).

Tanto os adultos, como as larvas de *L. decemlineata*, alimentam-se principalmente de folhas, mas podem também atacar galhos e tubérculos expostos, que, sem controle, pode resultar na perda total das culturas de batata (Logan et al., 1985; Alyokhin, 2007). Com relação à *P. xylostella*, apenas a fase larval é responsável pelos danos diretos nas folhas e flores de brássicas (Sarfraz et al., 2011). Tal voracidade, em combinação com a elevada fertilidade e a ocorrência de resistência, coloca essas duas espécies como as principais preocupações para as áreas produtoras de batata e de brássicas (Casagrande, 1987; Talekar e Shelton, 1993; Maharijaya e Vosman, 2015; Banazeer et al., 2022).

Os problemas de resistência dessas pragas são devidos principalmente ao fato de que historicamente os inseticidas químicos perfazem o método mais utilizado na estratégia de controle de *L. decemlineata* e de *P. xylostella* (Zago et al., 2014; Ullah et al., 2022). A falta de alternativas trouxe alguns problemas, sendo essas duas pragas bem conhecidas pela elevada capacidade de desenvolver resistência aos inseticidas registrados e utilizados em seus manejos (Stankovic et al., 2012; Szendrei et al., 2012; Agboyi et al., 2016). Atualmente, *L. decemlineata* tem relato de resistência a 56 e *P. xylostella* a 95 princípios ativos, com tecnologias Bt {*Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Bacillales: Bacillaceae)} inclusas para ambas as espécies (Banazeer et al., 2022; Mota-Sanches e Wise, 2023). Devido a essas espécies terem desenvolvido resistência às principais classes de produtos químicos, houve

necessidade de buscar alternativas para o controle e atualmente as opções são mais variadas (Alyokhin, 2007; Maharijaya e Vosman, 2015; Kadoić Balaško et al., 2020).

Essas alternativas incluem práticas culturais, produtos químicos sinérgicos, RNAi e agentes de controle biológico (Sexson e Wyman, 2005; Cock et al., 2010; Kaleem Ullah et al., 2022; Liu et al., 2022). O controle biológico é uma das alternativas com grande potencial, dada a crescente procura de produtos agrícolas saudáveis e orgânicos, que exigem práticas de cultivo mais sustentáveis e menos agressivas ao homem e ao ambiente (van Lenteren et al., 2017). Entre as alternativas biológicas, a bactéria gram-positiva *B. thuringiensis* é promissora (Walker et al., 2003), em especial *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* que produz a proteína Cry3A, com resultados satisfatórios para o controle de coleópteros como *L. decemlineata* através de plantas de batata transgênica que expressam o gene Cry3A responsável por codificar a proteína Cry3Aa (Perlak et al., 1993; Park et al., 2009; Mi et al., 2015). Para *P. xylostella* alguns produtos formulados já estão disponíveis no mercado há algum tempo, por exemplo o Agree®, que utiliza *B. thuringiensis* var. *aizawai* GC-91 e var. *hurstaki* em sua composição. No entanto, apesar dos inseticidas à base de Bt serem considerados os mais bem sucedidos entre os bioinseticidas microbianos (Raymond e Federici, 2017), ambas as espécies já possuem registro de resistência a Bt (Banazeer et al., 2022; Mota-Sanches e Wise, 2023).

Uma alternativa de controle biológico também é a utilização de predadores (Hough-Goldstein et al., 1993), entre eles os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae). Dentre as espécies de Chrysopidae, *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister, 1839) tem grande importância na América do Norte, possuindo relatos de ocorrência em plantios de batata, e disponibilidade para venda, porém, há poucos registros da associação deste predador com pragas da família Chrysomelidae (Coleoptera), com grande escassez para *L. decemlineata* (Nordlund et al., 1991). Tratando-se da região Neotropical, *Ceraeochrysa cincta* (Schneider, 1851) (Neuroptera: Chrysopidae) possui grande destaque por ocorrer em vários agroecossistemas (Tauber e Teresa de León, 2001), e haver registros de sua associação com *P. xylostella* (De Oliveira Pimenta et al., 2020). Os adultos dessas duas espécies alimentam-se principalmente de pólen e néctar, mas as larvas são notórias pela sua voracidade contra as presas e com resultados bastante satisfatórios para grande variedade de artrópodes-praga (Principi e Canard, 1984). Essas larvas se alimentam normalmente de artrópodes de corpo mole, como pulgões, lagartas, moscas brancas e ácaros (Legaspi et al., 1994; Giles et al., 2000; Hassanpour et al., 2009; Hernández-Juárez et al., 2016).

Embora o uso de inimigos naturais seja uma alternativa importante para o manejo sustentável de *L. decemlineata* e de *P. xylostella*, isoladamente eles normalmente não são capazes de manter as densidades populacionais dessas pragas abaixo dos níveis de dano econômico (Ferro, 1994). Assim, como estratégia de Manejo Integrado de Pragas (MIP), o uso combinado de diferentes métodos de controle oferece vantagens em comparação com o uso desses métodos individualmente (Liu et al., 2014 b; Stenberg, 2017).

Um único método de controle pode criar forte pressão de seleção sobre as pragas, especialmente o químico com inseticidas sintéticos, na qual o uso combinado de diferentes métodos pode não apenas atrasar o desenvolvimento de resistência, mas também aumentar a eficiência de cada método empregado, como um efeito sinérgico (IRAC, 2018). No entanto, o fator mais importante a saber antes de selecionar quaisquer métodos é se eles são compatíveis para serem usados conjuntamente.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a compatibilidade e eficiência do uso combinado de *Ch. rufilabris* com a proteína Cry3Aa e de *Ce. cincta* com o produto Bt Agree[®], para o controle *L. decemlineata* e *P. xylostella*, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

- O presente estudo apresenta mais evidências da compatibilidade de dois bioagentes para melhorar o controle de *L. decemlineata* e *P. xylostella*.
- Isoladamente, tanto os bioinsumos a base de Bt, quanto as espécies de crisopídeos, podem apresentar resultados positivos contra *L. decemlineata* e *P. xylostella*.
- Sinergicamente, através de diferentes modos de ação, Cry3Aa diminui o tempo de manuseio e aumenta o número estimado de presas atacadas por *Ch. rufilabris*.
- O produto Agree® também auxiliou no aumento do consumo médio de larvas do predador *Ce. cincta* a de larvas de *P. xylostella*.

- As espécies de crisopídeos aqui estudadas, podem funcionar como uma segunda linha de defesa contra os sobreviventes aos derivados de Bt, o que contribui com a mitigação ou remoção de possíveis genótipos resistentes a proteínas Bt naquelas populações.
- É importante ressaltar que os experimentos aqui apresentados não consideram alguns fatores que podem influenciar o desempenho do predador no campo, como preferência por outras pragas, presença de outros inimigos naturais, diferentes estágios da praga e variações nos parâmetros abióticos.
- É de grande importância a realização de testes em condições de campo e/ou semi-campo para melhor compreender a ação conjunta de todos estes fatores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abro GH, Soomro RA, Syed TS (1992) Biology and behaviour of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Pakistan Journal of Zoology** 24:7-10.

Adams PA, Penny ND (1985) Neuroptera of the Amazon basin. Part 11a. Introduction and chrysopint. **Acta Amazonica** 15:413-480.

Agboyi LK, Ketoh GK, Martin T, Glitho, IA, Tamò M (2016) Pesticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations from Togo and Benin. **International Journal of Tropical Insect Science** 36:204–210.

Albuquerque GS (2009) Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) In: Panizzi AR, Parra JRP (Eds.). **A bioecologia e a nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa, p. 969-1022.

Ali I, Zhang S, Iqbal M, Ejaz S, Cui J-J (2017) Trypsinized Cry1Fa and Vip3Aa have no detrimental effects on the adult green lacewing *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). **Applied Entomology and Zoology** 52:321–327.

Ali I, Zhang S, Muhammad MS, Iqbal M, Cui J-J (2018) Bt proteins have no detrimental effects on larvae of the green lacewing, *Chrysopa pallens* (Rambur) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology** 47:336–343

- Almeida MF, Barros R, Gondim Júnior MGC, Freitas S, Bezerra AL (2009) Biologia de *Ceraeochrysa claveri* Navás (Neuroptera: Chrysopidae) predando *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Ciência Rural** 39:313-318.
- Alvarez JM, Srinivasan R, Cervantes FA (2013) Occurrence of the carabid beetle, *Pterostichus melanarius* (Illiger), in potato ecosystems of Idaho and its predatory potential on the Colorado potato beetle and aphids. **American Journal of Potato Research** 90:83-92.
- Alyokhin A (2007) Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology** 3:10-19.
- Alyokhin A, Baker M, Mota-Sanchez D, Grafius E (2008) Colorado Potato Beetle resistance to insecticides. **American Journal of Potato Research** 85:395–413
- Alyokhin A, Mota-Sanchez D, Baker M, Snyder WE, Menasha S, Whalon M, Dively G, Moarsi WF (2015) The Red Queen in a potato field: integrated pest management versus chemical dependency in Colorado potato beetle control. **Pest Management Science** 71:343-356.
- Amarasekare KG, Shearer PW (2013) Comparing effects of insecticides on two green lacewings species, *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Economic Entomology** 106:1126–1133.
- Andrivo D (2017) Potato facing global challenges: how, how much, how well? **Potato Research** 60:389–400.
- Ankersmit GW (1953) DDT-resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lep.) in Java. **Bulletin of Entomological Research** 44:421–425.
- Aspöck U (2002) Phylogeny of the Neuropterida (Insecta: Holometabola). **Zoologica Scripta** 31:51–55.
- Atay E, Efil L, Tatli M, Alaca B (2019) The first record for *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) in Çanakkale province of Turkey and external and genital morphology of the species. **Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences** 2:7–10.
- Awadalla SS, Bayoumy MH, El-Basuony AM (2023) Effect of single and mixed-resource diets of mealybug stages on developmental and reproductive performances of the green lacewing, *Chrysoperla carnea*. **Journal of Plant Protection and Pathology** 14:297–302.

Badano D, Aspöck U, Aspöck H, Cerretti (2017) Phylogeny of Myrmeleontiformia based on larval morphology (Neuropterida: Neuroptera). **Systematic Entomology** 42:94-117.

Bahar MH, Stanley JN, Gregg PC, Del Socorro AP (2012) Comparing the predatory performance of green lacewing on cotton bollworm on conventional and *Bt* cotton. **Journal of Applied Entomology** 136:263–270.

Banazeer A, Afzal MBS, Hassan S, Ijaz M, Shad SA, Serrão JE (2022) Status of insecticide resistance in *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) from 1997 to 2019: cross-resistance, genetics, biological costs, underlying mechanisms, and implications for management. **Phytoparasitica** 50:465–485.

Barros R, Vendramim JD (1999) Efeito de cultivares de repolho, utilizadas para criação de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 28:469–476.

Bestete LR, Torres JB, Henry CS (2019) Yellow mutant of the Neotropical green lacewing *Chrysoperla externa*: trait inheritance and predator performance. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 167:646–654.

Birch L (1948) The intrinsic rate of natural increase of an insect population. **The Journal of Animal Ecology** 17:15-26.

Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry** 72:248–254.

Bravo A, Hendrickx K, Jansens S, Peforoen M (1992) Immunocytochemical analysis of specific binding of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins to lepidopteran and coleopteran midgut membranes. **Journal of Invertebrate Pathology** 60:247–253.

Brito JP, Vacari AM, Thuler RT, De Bortoli SA (2021) Aspectos biológicos de *Orius insidiosus* (Say, 1832) predando ovos de *Plutella xylostella* (L., 1758) e *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **Arquivos do Instituto Biológico** 76:627–633.

Brooks SJ, Barnard PC (1990) The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Series** 59:117-286.

Bruce TJA (2014) Glucosinolates in oilseed rape: secondary metabolites that influence interactions with herbivores and their natural enemies. **Annals of Applied Biology** 164: 348–353.

Campos H, Ortiz O (2020) **The potato crop**: its agricultural, nutritional and social contribution to humankind. Cham: Springer International Publishing. 524p.

Campos WG, Schoereder JH, De Souza, OF (2006) Seasonality in neotropical populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera): resource availability and migration. **Population Ecology** 48:151–158.

Canard M (2010) Natural food and feeding habits of lacewings. In: McEwen PK, New TR, Whittington AE (Eds.) **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: University Press. p. 116-129.

Canard M, Volkovich TA (2001) Outlines of lacewing development. In: McEwen P, New TR, Whittington AE (Eds.). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: University Press. p. 130-153.

Casagrande RA (1987) The Colorado Potato Beetle: 125 years of mismanagement. **Bulletin of the Entomological Society of America** 33:142–150.

Castelo Branco M, Melo CA (2002) Resistência a abamectin e cartap em populações de traça-das-crucíferas. **Horticultura Brasileira** 20:541–543.

Cheng EY (1988) Problems of control of insecticide-resistant *Plutella xylostella*. **Pesticide Science** 23:177–188.

Cock MJW, van Lenteren JC, Brodeur J, Barratt BIP, Bigler F, Bolckmans K, Côté FL, Mason PG, Parra JRP (2010) Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? **BioControl** 55: 199–218.

Cordeiro EMG, Corrêa AS, Venzon M, Guedes RNC (2010) Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. **Chemosphere** 81:1352–1357.

- Costa RIF, Souza B, Freitas S (2010) Dinâmica espaço-temporal de taxocenoses de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em ecossistemas naturais. **Neotropical Entomology** 39:470- 475.
- Cruces L, de La Peña E, Livia C, De Clerk P (2023) Development, predation, and prey preference of *Chrysoperla externa* on *Liorhyssus hyalinus* and *Nysius simulans*, two emerging pests of Quinoa. **Neotropical Entomology** 52:273–282.
- Cuello EM, Andorno AV, Hernández CM, López SN (2019) Prey consumption and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic *Eucalyptus* pests. **Biocontrol Science and Technology** 29:1159–1171.
- da Cunha FM, Caetano FH, Wanderley-Teixeira V, Torres JB, Teixeira ÁA, Alves LC (2012) Ultra-structure and histochemistry of digestive cells of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) fed with prey reared on bt-cotton. **Micron** 43:245-250.
- Dami BG, Dos Santos JA, Barbosa EP, Rodriguez-Saona C, Vacari AM (2023) Functional response of 3 green lacewing species (Neuroptera: Chrysopidae) to *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of Insect Science** 23:15.
- Daquila BV; Moi DA, Scudeler EL, Oliveira JAS, Polanczyk RA, Conte H (2023) Selectivity of *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae) to the polyphagous predator *Ceraeochrysa claveri* (Navás, 1911) (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Applied Entomology** 147: 499–510.
- De Bortoli SA, Polanczyk RA, Vacari AM, De Bortoli CP, Duarte RT (2013) *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae): Tactics for integrated pest management in Brassicaceae. In: Solonesky S (Ed.). **Weed and pest control-conventional and new challenges**. Rijeka: IntechOpen, p. 31-51.
- De CLercq P, Coudron, TA, Riddick EW (2023) Production of heteropteran predators. In: Morales-Ramos JA, Rojas MG, Shapiro-Ilan DI (Orgs.). **Mass production of beneficial organisms**. New York: Academic Press, p. 37–69.
- De Oliveira Pimenta ICO, Nunes GS, Magalhães GO, Santos NA, Pinto MMD, De Bortoli SA (2020) Effects of a Bt-based insecticide on the functional response of *Ceraeochrysa cincta* preying on *Plutella xylostella*. **Ecotoxicology** 29:856-865.

Devaux A, Goffart JP, Kromann P, Andrade-Piedra J, Polar V, Hareau G (2021) The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. **Potato Research** 64:681-720.

Devaux A, Goffart JP, Petsakos A, Kromann P, Gatto M, Okello J, Suarez V, Hareau, G. (2020) Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. In: Campos H, Ortiz O (Eds.). In: Campos H, Ortiz O (Eds.). **The potato crop: its agricultural, nutritional and social contribution to humankind**. Cham: Springer. p. 3-35.

Dias DGS, Soares CMS, Monnerat RG (2004) Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor. **Horticultura Brasileira** 22:553–556.

Díaz MA, Avellaneda J, Rodríguez D (2020) Effect of diet, maintenance frequency, and environmental conditions on the rearing of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) in Neotropical highlands. **International Journal of Tropical Insect Science** 40:503–512.

Duelli P, Johnson JB (1992) Adaptive significance of the egg pedicel in green lacewings (Insecta: Neuroptera: Chrysopidae). In: Canard M, Aspöck H, Mansell MW (Eds.). **Current research in neuropterology: proceedings of the fourth international symposium on neuropterology**. Madison: Canard, p. 125-134.

Eigenbrode SD, Espelie KE, Shelton AM (1991) Behavior of neonate diamondback moth larvae [*Plutella xylostella* (L.)] on leaves and on extracted leaf waxes of resistant and susceptible cabbages. **Journal of Chemical Ecology** 17:1691–1704.

Eisner T, Attygalle AB, Conner WE, Eisner M, Macleod E, Meinwald J (1996) Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrysa smithi*). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 93:3280-3283.

Ertürk Ö, Yaman M, Aslan I (2008) Effects of four *Bacillus* spp. of soil origin on the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). **Entomological Research** 38:135-138.

Fabrick J, Oppert C, Lorenzen MD, Morris K, Oppert B, Jurat-Fuentes JL (2009) A novel *Tenebrio molitor* cadherin is a functional receptor for *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa toxin. **Journal of Biological Chemistry** 284:18401-18410.

Farias ES, Fernandes AF, Andrade ED, Picanço MC, Carvalho GA (2023) Comparative toxicity of coffee insecticides to the green lacewing *Chrysoperla externa* in laboratory and persistence trials. **Crop Protection** 172:106-336.

Ferro DN (1994) Biological control of the Colorado potato beetle. In: Powelson ML, Zehnder GW, Janson RK (Eds.). **Advances in potato pest biology and management**. St. Paul: APS Press. p. 357-375.

Ferro DN, Logan JA, Voss RH, Elkinton JS (1985) Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates. **Environmental Entomology** 14:343–348.

Ferro DN, Morzuch BJ, Margolies D (1983) Crop loss assessment of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potatoes in western Massachusetts. **Journal of Economic Entomology** 76:349-356.

Freitas S (2001) **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas**. Jaboticabal: Funep. 66p.

Freitas S (2002) O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (Eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, p. 209-224.

Freitas S, Penny ND (2001) The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. **Proceedings of the California Academy of Sciences** 52:245-395.

Furlong MJ, Zalucki MP (2010) Exploiting predators for pest management: the need for sound ecological assessment. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 135:225–236.

Genovart M, Negre N, Tavecchia G, Bistuer A, Parpal L, Oro D (2010) The young, the weak and the sick: evidence of natural selection by predation. **PLoS One** 5:e9774.

Georgievska L, Joosten N, Hoover K, Cory JS, Vlak JM, van der Werf W (2010) Effects of single and mixed infections with wild type and genetically modified *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus on movement behaviour of cotton bollworm larvae. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 135:56–67.

Gepp J (1984) Morphology and anatomy of the preimaginal stages of Chrysopidae: a short survey. In: Canard M, Séméria Y, New TR (Eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: W. Junk, p. 9-19.

Giles KL, Madden RD, Payton ME, Dillwith JW (2000) Survival and development of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) supplied with pea aphids (Homoptera: Aphididae) reared on alfalfa and faba bean. **Environmental Entomology** 29:304–311.

Gitirana Neto J, Carvalho CF, Souza B, Santa-Cecília LVC (2001) Flutuação populacional de espécies de *Ceraeochrysa* Adams, 1982 (Neuroptera: Chrysopidae) em citros, na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia** 25:550-559.

Golizadeh A, Kamali K, Fathipour Y, Abbasipour H (2007) Temperature-dependent development of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host plants. **Insect Science** 14:309–316.

Guan ZJ, Zhou QJ, Shi H, Tang ZX, Liu B, Wei W (2022) Effect of transgenic cotton expressing Bt Cry1Ac or Cry1Ab/Ac toxins on lacewing larvae mediated by herbivorous insect pests. **Plants** 11:2755.

Gupta RK, Gani M, Arora RK (2013) Prey infected with nucleopolyhedrovirus is preferred by the predatory stink bug *Eocanthecona furcellata* without altering its field fitness. **Biocontrol Science and Technology** 23:1442–1457.

Hare JD (1990) Ecology and management of the Colorado potato beetle. **Annual Review of Entomology** 35:81-100.

Hassanpour M, Ganbalani GN, Mohaghegh J (2009) Functional response of different larval instars of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Food, Agriculture & Environment** 7:424-428.

Hassanpour M, Mohaghegh J, Iranipour S, Nouri-Ganbalani G, Enkegaard A (2011) Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): effect of prey and predator stages. **Insect Science** 18:217-224.

Hernández-Juárez A, Aguirre-Uribe LA, González-Ruíz A, Chacón-Hernández JC, Landero-Flores J, Cerna-Chaves E, Flores-Dávila M, Harris MK (2016) Impact of endosulfan on the predatory efficiency of larval *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on the eggs of *Heliothis virescens* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **The Canadian Entomologist** 148:112–117.

Holling CS (1961) Principles of insect predation. **Annual Review of Entomology** 6:163-182.

Holling CS (1959) Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist** 91:385–398.

Horton DR, Chauvin RL, Hinojosa T, Larson D, Murphy C, Biever D (1997) Mechanisms of resistance to Colorado potato beetle in several potato lines and correlation with defoliation. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 82:239–246.

Hough-Goldstein JA, Heimpel GE, Bechmann HE, Mason CE (1993) Arthropod natural enemies of the Colorado potato beetle. **Crop Protection** 12:324–334.

House HL (1977) Nutrition of natural enemies. In: Ridgway RL, Vinson SB (Eds.). **Biological control by augmentation of natural enemies: insect and mite control with parasites and predators**. Boston: Springer, p. 151–182.

Ikeura H, Kobayashi F, Hayata Y (2010) How do *Pieris rapae* search for Brassicaceae host plants? **Biochemical Systematics and Ecology** 38:1199-1203.

IRAC - Comitê de Ação de Resistência a Inseticidas (2019) (ou 2018 como no texto?) **Manejo da resistência a inseticidas e a plantas Bt**. Disponível em: <https://www.irac-br.org/_files/ugd/6c1e70_d509bf58d94048358f3a3e6cb448f761.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2024.

Juliano SA (2020) Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner SM, Gurevitch J (Eds.). **Design and analysis of ecological experiments**. Oxford: Academic Press. p. 159-182.

Juric I, Salzburger W, Balmer O (2017) Spread and global population structure of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoids *Diadegma semiclausum* and *Diadegma fenestrale* (Hymenoptera: Ichneumonidae) based on mtDNA. **Bulletin of Entomological Research** 107:155–164.

- Justus KA, Mitchell BK (1966) Oviposition site selection by the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Insect Behavior** 9:887-898.
- Kadoić Balaško M, Mikac KM, Bažok R, Lemic D (2020) Modern techniques in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) control and resistance management: history review and future perspectives. **Insects** 11:581.
- Kaleem Ullah RM, Gökçe A, Bakhsh A, Wu H, Naqqsh NM (2022) Insights into the use of eco-friendly synergists in resistance management of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Insects** 13:846.
- Klowden MJ (2013) **Physiological systems in insects**. New York: Academic Press. 682p.
- Koch M, Naumann M, Pawelzik E, Gransee A (2019) The importance of nutrient management for potato production. Part I: plant nutrition and yield. **Potato Research** 63:97–119.
- Krebs CJ (1994) **Ecology**: the experimental analysis of distribution and abundance. Essex: Pearson Education. 646p.
- Lamunyon CW, Adams PA (1987) Use and effect of an anal defensive secretion in larval Chrysopidae (Neuroptera). **Annals of the Entomological Society of America** 80:804-808.
- Lawo NC, Wäckers FL, Romeis J (2010) Characterizing indirect prey-quality mediated effects of a Bt crop on predatory larvae of the green lacewing, *Chrysoperla carnea*. **Journal of Insect Physiology** 56:1702–1710.
- Lawrence SD, Novak NG, JU CJT, Cooke JEK (2008) Potato, *Solanum tuberosum*, defense against Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say): microarray gene expression profiling of potato by Colorado potato beetle regurgitant treatment of wounded leaves. **Journal of Chemical Ecology** 34:1013–1025.
- Lee MR (2006) The Solanaceae: foods and poisons. **Journal of Royal College of Physicians of Edinburgh** 36:162-169.
- Legaspi JC, Carruthers RI, Nordlund DA (1994) Life-history of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) provided sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and other food. **Biological Control** 4:178–184.

Leppla NC (2023) Concepts and methods of quality assurance for mass-reared parasitoids and predators. In: Morales-Ramos JA, Rojas MG, Shapiro-Ilan DI (Orgs.). **Mass production of beneficial organisms**. New York: Academic Press, p. 261–290.

Liu D, De Schutter K, Far J, Staes A, Dewettinck K, Quinton L, Gevaert K, Smagghe G (2022) RNAi of Mannosidase-Ia in the Colorado potato beetle and changes in the midgut and peritrophic membrane. **Pest Management Science** 78:5071–5079.

Liu TX, Stansly PA (1995) Deposition and bioassay of insecticides applied by leaf dip and spray tower against *Bemisia argentifolii* nymphs (Homoptera: Aleyrodidae). **Pesticide Science** 44:317-322.

Liu X, Ren D, Yang D (2014a) New transitional fossil snakeflies from China illuminate the early evolution of Raphidioptera. **BMC Evolutionary Biology** 14:1-15.

Liu X, Chen M, Collins HL, Onstad DW, Roush RT, Zhang Q, Earle ED, Shelton AM (2014b) Natural enemies delay insect resistance to Bt crops. **PLOS ONE** 9:e90366.

Logan PA, Casagrande RA, Faubert HH, Drummond F (1985) Temperature-dependent development and feeding of immature Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology** 14:275–283.

Maharajaya A, Vosman B (2015) Managing the Colorado potato beetle; the need for resistance breeding. **Euphytica** 204:487–501.

Maia ADH, Luiz AJ, Campanhola C (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology** 93:511-518.

Matthews D, Jones H, Gans P, Coates S, Smith LMJ (2005) Toxic secondary metabolite production in genetically modified potatoes in response to stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53:7766–7776.

McEwen P, New TR, Whittington AE (2001). **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press. 546p.

Memon AS, Omar D, Muhamad R, Sajap AS, Asib N, Gilal AA (2015) Functional responses of green lacewing *Chrysoperla nipponensis* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on natural and herb based artificial diet. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 3:80-83.

Mi X, Ji X, Yang J, Liang L, Si H, Wu J, Wang D (2015) Transgenic potato plants expressing cry3A gene confer resistance to Colorado potato beetle. **Comptes Rendus. Biologies** 338:443-450.

Mishra S, Dee J, Moar W, Dufner-Beattle J, Baum JA, Dias N, Alyokhin A, Buzzza A, Rondon SI, Clough M, Menasha S, Groves RL, Clements J, Ostile K, Felton G, Waters T, Snyder WE, Jurat-Fuentes JL (2021) Selection for high levels of resistance to double-stranded RNA (dsRNA) in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) using non-transgenic foliar delivery. **Scientific Reports** 11:6523.

Mishra S, Moar W, Jurat-Fuentes JL (2023) Larvae of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) resistant to double-stranded RNA (dsRNA) remain susceptible to small-molecule pesticides. **Pest Management Science**. Doi: 10.1002/ps.7825

Mota-Sanchez D, Wise JC (2023) The arthropod pesticide resistance database. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=141>>. Acesso em: 20 dez. 2023.

Muthoni J, Mbiyu MW, Nyamongo DO (2010) A review of potato seed systems and germplasm conservation in Kenya. **Journal of Agricultural & Food Information** 11:157–167.

Nauen R, Slater R, Sparks TC, Elbert A, Mccaffery A (2019) IRAC: insecticide resistance and mode-of-action classification of insecticides. In: Jeschke P, Witschel M, Krämer W, Schirmer U (Eds.). **Modern crop protection compounds**. Hoboken: John Wiley & Sons, p. 995–1012.

New TR (1969) Notes on the debris-carrying habit in larvae of British Chrysopidae (Neuroptera). **Entomologist's Gazette** 20:119-124.

New TR (1984) The need for taxonomic revision in Chrysopidae. In: Canard M, Séméria Y, New TR (Eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: W. Junk Publishers. p. 37–41.

Nordlund DA, Vacek DC, Ferro DN (1991) Predation of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs and larvae by *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae in the laboratory and field cages. **Journal of Entomological Science** 26:443-449.

Nunes GS, Dantas TAV, Figueiredo WRS, Souza MS (2018) Predation of diamondback moth larvae and pupae by *Euborellia annulipes*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 13:1–8.

Olaniyi OG, Andreason SA, Strickland TC, Simmons AM (2021) *Brassica carinata*: new reproductive host plant of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Entomological News** 129:500–511.

Oswald JD, Machado, RJP (2018) Biodiversity of the Neuropterida (Insecta: Neuroptera: Megaloptera, and Raphidioptera). In: Footitt RG, Adler PH (Eds.). **Insect biodiversity: science and society**. New York: John Wiley & Sons, p. 627-671.

Park Y, Abdullah MAF, Taylor MD, Rahman K, Adang MJ (2009) Enhancement of *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa and Cry3Bb toxicities to coleopteran larvae by a toxin-binding fragment of an insect cadherin. **Applied and Environmental Microbiology** 75:3086–3092.

Peferoen M, Huybrechts R, De Loof A (1981) Longevity and fecundity in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 29:321–329.

Perlak FJ, Stone TB, Muskopf Y, Petersen LJ, Parker GB, MsPherson SA, Wyman J, Love S, Reed G, Biever D (1993) Genetically improved potatoes: protection from damage by Colorado potato beetles. **Plant Molecular Biology** 22:313–321.

Pinto MMD, De Bortoli SA, Ramalho DG, Magalhães GO, Santos LC, Nunes GS (2022) Oviposition behavior and biological aspects of *Ceraeochrysa cincta* (Schneider, 1851) (Neuroptera: Chrysopidae) over successive generations. **International Journal of Tropical Insect Science** 42:3441–3446.

Ponce FS, Toledo CAL, De Oliveira MD, Seabra S Oliveira RC (2022) Cost and profitability of biological control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) using *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in kale and cabbage growth. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4157421>>. Acesso em: 03 jan. 24.

Praça LB, Ramos FR, Oliveira FW, Soares CM (2010) Suscetibilidade da traça-das-crucíferas a *Bacillus thuringiensis* em repolho no Distrito Federal. **Universitas Ciências da Saúde** 8:17–31.

Principi MM, Canard M (1984) Feeding habits. In: Canard M, Séméria Y, New TR (Eds.). **Biology of Chrysopidae**. The Hague: W. Junk Publishers. p. 76-92.

Radcliffe EB, Lagnaoui A (2007) Insect pests in potato: insects. In: Vreughenhil D, Bradshaw J, Gebhardt C, Govers F, Taylor MA, MacKerron DKL, Ross HA (Eds.). **Potato biology and biotechnology**: advances and perspectives. Amsterdam: Elsevier, p. 543–567.

Rakow G (2004) Species origin and economic importance of *Brassica*. In: Pua E-C, Douglas CJ (Orgs.). **Brassica**. Berlin: Springer, p. 3–11.

Raymond B, Federici BA (2017) In defense of *Bacillus thuringiensis*, the safest and most successful microbial insecticide available to humanity - a response to EFSA. **FEMS Microbiology Ecology** 93(7):fix084.

Raza A, Hafeez MB, Zahra N, Shaukat K, Umbreen S, Tabassum J, Charagh S, Khan RSA, Hasanuzzaman M (2020) The plant family Brassicaceae: introduction, biology, and importance. In: Hasanuzzaman M (Org.). **The plant family Brassicaceae**: biology and physiological responses to environmental stresses. Singapore: Springer, p. 1–43.

Reddy BJ, Mandal R, Chakroborty M, Hijam L, Dutta P (2018) A review on potato (*Solanum tuberosum* L.) and its genetic diversity. **International Journal of Genetics** 10:360-364.

Resende ALS, Souza B, Menezes ELA, Oliveira RJ, Campos MES (2014) Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistemas agroecológicos. **Arquivos do Instituto Biológico** 81:257-263.

Romeis J, Dutton A, Bigler F (2004) *Bacillus thuringiensis* toxin (Cry1Ab) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Insect Physiology** 50:175–183.

Rugno GR, Zanardi OZ, Parra JRP, Yamamoto P (2019) Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa Cubana*. **Neotropical Entomology** 48:162–170.

Sablon L, Haubruge E, Verheggen FJ (2013) Consumption of immature stages of Colorado potato beetle by *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae in the laboratory. **American Journal of Potato Research** 90:51–57.

Salama HS, El-Moursy A, Abdel-Rahman A (1999) Changes in the chemistry of the haemolymph of the corn borers *Chilo agamemnon* (Crambidae) and *Ostrinia nubilalis*

(Pyraustidae) after treatment with *Bacillus thuringiensis*. **Archives of Phytopathology and Plant Protection** 32:249–256.

Sarfraz M, Dosdall LM, Keddle BA (2006) Diamondback moth–host plant interactions: implications for pest management. **Crop Protection** 25:625–639.

Sarfraz RM, Dosdall LM, Keddle AB, Myers JH (2011) Larval survival, host plant preferences and developmental responses of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on wild brassicaceous species. **Entomological Science** 14:20–30.

SAS Institute (2015) SAS/IML® User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA

Sosa-Duque FJ, Tauber CA (2021) The neotropical green lacewing genus *Ceraeochrysa* Adams (Neuroptera: Chrysopidae)—New synonymies and combinations, a new species, and an updated key to species. **Zootaxa** 4970:1–52.

Schlick-Souza EC, Baldin ELL, Lourenção AL (2011) Variation in the host preferences and responses of *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) to cultivars of collard greens *Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*. **Journal of Pest Science** 84:429–436.

Scriber JM, Slansky Jr. F (1981) The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology** 26:183–211.

Scudeler EL, Garcia ASG, Padovani CR, Pinheiro PFF, Santos DC (2016) Are the biopesticide neem oil and the predator *Ceraeochrysa claveri* (Navás, 1911) compatible. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 4:340–346.

Sexson DL, Wyman JA (2005) Effect of crop rotation distance on populations of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): development of areawide Colorado potato beetle pest management strategies. **Journal of Economic Entomology** 98:716–724.

Shan Y-X, Zhu Y, Li J-J, Wang N-M, Yu Q-T, Xue C-B (2020) Acute lethal and sublethal effects of four insecticides on the lacewing (*Chrysoperla sinica* Tjeder). **Chemosphere** 250:126321.

Shelton AM, Nault BA (2004) Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Crop Protection** 23:497–503.

Shuvakhina EY (1985) The lacewing against the Colorado beetle. **Zashchita Rastenii** 7:40.

Shuvakhina EY (1975) The common chrysopid as a predator of the Colorado beetle and possibilities for its use on potato. **Zashchity Rastenii** 44:154-161.

Silveira Neto S, Nakano O, Barbin D, Villa Nova NA (1976) **Manual de ecologia dos insetos** São Paulo: Ceres. 419p.

Smith A, Snapp S, Chikowo R, Thorne P, Bekunda M, Glover JD (2017) Measuring sustainable intensification in smallholder agroecosystems: a review. **Global Food Security** 12:127–138.

Smith RC (1926) The trash-carrying habit of certain lacewing larvae. **The Scientific Monthly** 23:265-267.

Southwood TRE (1978) The construction, description and analysis of age-specific life-tables. In: Southwood TRE (Ed.). *Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations*. Dordrecht: Springer. p. 356-387.

Souza B (1999) **Estudos morfológicos do ovo e da larva de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e influência de fatores climáticos sobre a flutuação populacional de adultos em citros**. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Entomologia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Souza B, Carvalho CF (2002) Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in southern Brazil. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae** 48:301-310.

Squires SE, Hermanutz L, Dixon PL (2009) Agricultural insect pest compromises survival of two endemic *Braya* (Brassicaceae). **Biological Conservation** 142:203–211.

Stankovic S, Kostic MB, Sivicev I, Jankovic S (2012) Resistance of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to neonicotinoids, pyrethroids and nereistoxins in Serbia. **Romanian Biotechnological Letters** 17:7599-7609.

Stankovic S, Zabel A, Kostic MB, Manojlovic B, Rajkovic S (2004) Colorado potato beetle [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)] resistance to organophosphates and carbamates in Serbia. **Journal of Pest Science** 77:11–15.

Stenberg JA (2017) A conceptual framework for integrated pest management. **Trends in Plant Science** 22:759-769.

Svobodová Z, Burkness EC, Habušťová OS, Hutchison W (2017) Predator preference for Bt-Fed *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) prey: implications for insect resistance management in Bt maize seed blends. **Journal of Economic Entomology** 110:1317–1325.

Szendrei Z, Grafius E, Byrne A, Ziegler A (2012) Resistance to neonicotinoid insecticides in field populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). **Pest Management Science** 68:941–946.

Talekar NS, Shelton AM (1993) Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology** 38:275–301.

Tauber CA, Tauber MJ, Albuquerque GS (2014) Debris-carrying in larval Chrysopidae: unraveling its evolutionary history. **Annals of the Entomological Society of America** 107:295-314.

Tauber CA, De León T (2001) Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): larvae of *Ceraeochrysa* from Mexico. **Annals of the Entomological Society of America** 94:197–209.

Ullah KRM, Gökçe A, Bakhsh A, Salim M, Wu HY, Naqqash MN (2022) Insights into the use of eco-friendly synergists in resistance management of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Insects** 13:846.

Ulusoy MR, Ölmez-Bayhan S (2006) Effect of certain *Brassica* plants on biology of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* under laboratory conditions. **Phytoparasitica** 34:133–138.

van Lenteren JC, Bolckmans K, Köhl J, Ravensberg W (2017) Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl** 63:39–59.

Vasicek A, LaRossa F, Paglioni A, Fostel L (2003) Incremento poblacional de *Myzus persicae* (Sulzer) sobre tres crucíferas hortícolas en laboratorio. **Agricultura Técnica** 63:10-14.

Viana CLTP, De Bortoli SA, Thuler RT, Goulart RM, Thuler AMG, Lemos MVF, Ferraud AS (2009) Efeito de novos isolados de *Bacillus thuringiensis* Berliner em *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Científica** 37:22–31.

- Villas Bôas GL, Castelo Branco M, Medeiros, MAD, Monnerat RG, França FH (2004). Inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas e impactos sobre a população natural de parasitóides. **Horticultura Brasileira** 22:696-699.
- Walker KR, Mendelsohn M, Matten SR, Alphin M (2003) The role of microbial Bt products in U.S. crop protection. **Journal of New Seeds** 5:31–52.
- Wang L, Zhao Z, Walter GH, Furlong MJ (2023) Predicting the impacts of climate change on the biological control of *Plutella xylostella* by *Diadegma semiclausum*. **Agricultural and Forest Entomology** 25:251–260.
- Wang X, Wu Y (2012) High levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in field populations of *Plutella xylostella*. **Journal of Economic Entomology** 105:1019–1023.
- Wang Y, Li Y, Romeis J, Chen X, Zhang J, Chen H, Peng Y (2012) Consumption of Bt rice pollen expressing Cry2Aa does not cause adverse effects on adult *Chrysoperla sinica* Tjeder (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control** 61:246–251.
- Weber D (2003) Colorado beetle: pest on the move. **Pesticide Outlook** 14:256-259.
- Winterton SL, Hardy NB, Wiegmann BM (2010) On wings of lace: phylogeny and Bayesian divergence time estimates of Neuropterida (Insecta) based on morphological and molecular data. **Systematic Entomology** 35:349-378.
- Wustman R, Carnegie SF (2000) Assessment of new potato cultivars in Europe: a survey. **Potato Research** 43:97-106.
- Zalucki MP, Shabbir A, Silva R, Adamson DC, Liu S-S, Furlong MJ (2012) Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology** 105:1115–1129.
- Zhang H, Xu F, Wu Y, Hu H-H, Dai X-F (2017) Progress of potato staple food research and industry development in China. **Journal of Integrative Agriculture** 16:2924–2932.
- Zhou ZS, Song JB, Yang, ZM (2012) Genome-wide identification of *Brassica napus* microRNAs and their targets in response to cadmium. **Journal of Experimental Botany** 63:4597–4613.