

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade

Tese



**Efeitos letais e subletais de inseticidas utilizados na cultura do pessegueiro
sobre o predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera:
Chrysopidae) em condições de laboratório e semi-campo**

Franciele Silva De Armas

Pelotas, 2021.

Franciele Silva De Armas

**Efeitos letais e subletais de inseticidas utilizados na cultura do
pessegueiro sobre o predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)
(Neuroptera: Chrysopidae) em condições de laboratório e semi-campo**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (Área de conhecimento: Entomologia Agrícola).

Orientador: Dr. Anderson Dionei Grutzmacher

Coorientador: Dr. Dori Edson Nava

Pelotas, 2021.

Franciele Silva De Armas

**Efeitos letais e subletais de inseticidas utilizados na cultura do pessegueiro
sobre o predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera:
Chrysopidae) em condições de laboratório e semi-campo**

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências (Área de conhecimento: Entomologia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 26/03/202

Banca examinadora:

Anderson Dionei Grützmacher
Prof. Dr. Departamento de Fitossanidade, FAEM/UFPeI (Orientador)
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo, USP

Dori Edson Nava
Dr. Pesquisador Embrapa Clima Temperado (Coorientador)
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo, USP

Daniel Bernardi
Prof. Dr. Departamento de Fitossanidade, FAEM/UFPeI
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo, USP

Edison Zefa
Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Entomologia, PPento/UFPeI
Doutor em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP

Rafael Antônio Pasini
Prof. Dr. Centro de Ensino Superior Riograndense, CESURG
Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas, UFPeI

À minha família, meus pais Emir (*in memoriam*) e Geneci,
Aos meus irmãos Tatiara, Thielen e Daniela (*in memoriam*)
Dedico

Agradecimentos

Aos meus pais, Emir (*in memorian*) e Geneci, que sempre ofereceram todo o amor, ensinamentos e suporte necessário para a condução da minha vida pessoal e profissional.

Aos meus irmãos Thielen, Tatiara e Daniela (*in memorian*) pela convivência, apoio e suporte em toda a minha trajetória.

Ao meu namorado/marido Henrique Jorge ao longo destes quatro anos, por ter me dado todo o amor e apoio possível para alcançar conquistas pessoais e profissionais.

Aos meus sogros Eliédes Ribeiro e Sidnei Jorge Junior, e ao meu cunhado Felipe Jorge por ter auxiliado aqui na cidade de Pelotas diversas vezes, não medindo esforços para que eu me sentisse confortável e em família.

As minhas amigas Tâmara Foster e Izabel Nardello, que além dos anos de amizade, foram companheiras para muitos dias no campus Capão do Leão.

Aos amigos Larissa Fernandes, Camila Lazaretti e Marcelo Eslabão pela amizade e companhia indispensáveis aqui na cidade de Pelotas.

Ao professor titular Departamento de Fitossanidade (DFs), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Dr. Anderson Dionei Grützmacher, pela orientação, que foram imprescindíveis para realização deste trabalho e estímulo profissional ao longo destes anos.

Ao Pesquisador da Embrapa Clima Temperado Dr. Dori Edson Nava, por aceitar coorientar este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) da UFPel, por me oportunizar a realização do curso de Doutorado.

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

Aos membros da banca Dr. Dori Nava, Dr. Daniel Bernardi, Dr. Edison Zefa e Dr. Rafael Pasini por terem aceitado o convite para compor a banca desta avaliação.

A toda equipe de pesquisa do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP/UFPel), em especial aos pós-graduandos Matheus Rakes, Maíra Chagas, Mikael Boelke e Jéssica Abreu por todo o auxílio dispensado nesse período. Ao colega Ronaldo Zantedeschi pela parceria de estudo, condução de experimentos e amizade ao longo dos cursos de mestrado e doutorado. À estagiaria Lisandra Furtado pelo empenho, responsabilidade e auxílio na realização dos experimentos.

A propriedade “Vinhos Nardello” representada por Izabel Nardello, pela atenção dispensada no momento da solicitação de estacas de videira, para a execução dos experimentos de persistência biológica.

Ao professor titular da Universidade Federal de Lavras, Dr. Geraldo de Carvalho pelo envio material biológico para iniciar a criação de *Chrysoperla externa*.

“Faça o teu melhor,
na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores,
para fazer melhor ainda”.

Mario Sergio Cortella

Resumo

DE ARMAS, Franciele Silva. 2021. **Efeitos letais e subletais de inseticidas utilizados na cultura do pessegueiro sobre o predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em condições de laboratório e semi-campo.** 2021. 96f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Dentre as principais frutíferas cultivadas na região Sul do Brasil, destacam-se as de clima temperado como o pessegueiro, a ameixeira e a macieira. Nessas culturas, um dos principais problemas enfrentados, tem sido o manejo de artrópodes-praga, especialmente a *Anastrepha faterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e a *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae), e a principal forma de controle é a aplicação de inseticidas. Entretanto, a utilização de inseticidas como medida única para o controle, está em desacordo com o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que prevê a combinação dos controles químico e biológico. Nesse sentido, estudos de toxicidade de inseticidas a inimigos naturais, geram informações importantes para que a associação desses métodos, seja viabilizada. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a toxicidade dos inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenozaida sobre *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 (Neuroptera: Chrysopidae), utilizando a metodologia proposta pela “*International Organization for Biological and Integrated Control*” (IOBC), através de bioensaios em laboratório sobre ovos, larvas, pupas e adultos, além de testes de persistência biológica em casa-de-vegetação. Em ovos e pupas foi realizado a pulverização direta dos inseticidas, e larvas e adultos consistiram na exposição dos insetos a resíduos pulverizados sobre placas de vidro. Os bioensaios de persistência biológica (duração da atividade nociva) de inseticidas sobre larvas e adultos, foram através da exposição dos insetos a resíduos dos inseticidas pulverizados sobre extrato foliar e avaliados em diferentes

intervalos de tempo. Em condições de laboratório, todos os inseticidas testados foram inócuos (classe 1) a ovos do predador, e somente acetamiprido + etofenproxi foi considerado como levemente nocivo (classe 2) a fase de pupa. Os efeitos dos inseticidas causaram resultados semelhantes a fase larval e adulta de *C. externa* em laboratório, no qual os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe foram nocivos (classe 4) a ambos os estágios. No que diz respeito a persistência biológica de inseticidas, espinetoram e indoxacarbe foram moderadamente persistentes (classe 3) para larvas, e somente o espinetoram apresentou-se como levemente persistente (classe 2) a adultos, os demais inseticidas, acetamiprido + etofenproxi, indoxacarbe e metoxifenoazida foram classificados como inseticidas de vida curta (classe 1) nesta avaliação. Conforme os resultados dos bioensaios em laboratório e em casa de vegetação, é evidente a diferença de suscetibilidade entre as fases de larva e adulto de *C. externa*, devendo ser priorizado a utilização dos inseticidas acetamiprido + etofenproxi e metoxifenoazida, visto que não causaram efeitos deletérios na fase larval de *C. externa*, que é mais sensível aos inseticidas, favorecendo assim a viabilidade do controle biológico.

Palavras-chave: toxicidade de agrotóxicos, persistência biológica, controle químico, controle biológico, crisopídeo, frutíferas de clima temperado.

Abstract

DE ARMAS, Franciele Silva. 2021. **Lethal and sublethal effects of insecticides used in peach crop on the predator *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory and semi-field conditions.** 2021. 96f. Thesis (Doctor Degree) - Plant Protection Graduate Program. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Among the main fruits cultivate in the southern region of Brazil, they stand out as having a temperate climate such as peach, plum, and apple trees. In these crops, one of the main problems faced has been the management of pest arthropods, especially *Anastrepha faterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) and *Grapholita molesta* (Busck, 1916), and the main form of control is the application of pesticides. However, the use of insecticides as the only measure to control, this measure has disagreed with Integrated Pest Management (MIP), which provides for the combination of chemical and biological controls. These studies on the toxicity of pesticides to natural enemies generate important information so that the association of these methods is made possible. Thus, the objective of this work was to evaluate the toxicity of the pesticides acetamiprid + etofenprox, spinetoram, indoxacarb and methoxyfenozide on *Chrysoperla externa*, using a methodology proposed by the International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC), through laboratory bioassays on eggs, larvae, pupae and adults, in addition to biological persistence tests in the greenhouse. Eggs and pupae were conducted direct spraying of pesticides, and larvae and adults consisted of exposing the insects to waste sprayed on glass plates. The bioassays of biological persistence (duration of harmful activity) of the pesticides on larvae and adults, were through the exposure of insects to pesticides residues sprayed on leaf extract and evaluated at different time intervals. In the laboratory conditions, all pesticides tested were harmless (class 1) to predator eggs, and only acetamiprid + etofenprox was considered to be

slightly harmful (class 2) to the pupa stage. The effects of the pesticides caused results similar to the larval and adult stage of *C. externa* in the laboratory, in which the insecticides acetamiprid + etofenprox, espinetoram, indoxacarb were harmful (class 4) to both stages. Concerning the biological persistence of pesticides, spinetoram and indoxacarb were moderately persistent (class 3) to larvae, and the only spinetoram was slightly persistent (class 2) for adults, the other insecticides, acetamiprid + etofenprox, indoxacarb and methoxyfenozide were classified as short-lived insecticides (class 1) in this evaluation. According to the results of the bioassays in the laboratory and the greenhouse, the difference in susceptibility between the larvae and adult stages of *C. externa* is evident, and the use of the insecticides acetamiprid + etofenprox and methoxyfenozide should be prioritized, because these insecticides no deleterious effects caused in the larval stage of *C. externa*, which is more sensitive to insecticides than the adult stage, thus favoring the viability of biological control.

Palavras-chave: Toxicity of pesticide, biological persistence, chemical control, biological control, chrysopid, temperate regions fruit crops.

Lista de Figuras

Artigo 1: Toxicidade de quatro inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Figura 1 Viabilidade de ovos e pupas de *Chrysoperla externa* pulverizados com inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.....52

Figura 2 Mortalidade acumulada de machos e fêmeas, quando o estágio adulto de *Chrysoperla externa* foi exposto ao contato residual dos inseticidas utilizados.....53

Artigo 2: Ação residual de quatro inseticidas sobre larvas e adultos do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Figura 1 Probabilidade de mortalidade quando a fase de imatura de *Chrysoperla externa* foi exposta aos inseticidas em diferentes períodos de tempo (3, 10, 17, 24 31) (modelo logístico misto com interceptação aleatória)85

Figura 2 Probabilidade de mortalidade quando a fase adulta de *Chrysoperla externa* foi exposta aos inseticidas em diferentes períodos de tempo (3, 10, 17, 24 31) (modelo logístico misto com interceptação aleatória)85

Figura 3	Efeitos subletais na fecundidade e fertilidade de fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> sobreviventes exposição na fase larval de inseticidas.....	86
Figura 4	Efeitos subletais na fecundidade e fertilidade de fêmeas de <i>Chrysoperla externa</i> sobreviventes exposição na fase adulta de inseticidas.....	87

Lista de Tabelas

Artigo 1: Toxicidade de quatro inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Tabela 1 Inseticidas utilizados nos bioensaios de avaliação de toxicidade sobre ovos, pupa, larva e adultos de *Chrysoperla externa*.....48

Tabela 2 Efeito total e classificação da IOBC, após a exposição de ovos e pupas de *Chrysoperla externa* á resíduos secos de inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.....49

Tabela 3 Duração média $\pm$ EP (dias) dos ínstaes larvais, estágios de pré-pupa e pupa e duração do período larva-adulto de *Chrysoperla externa* quando o estágio larval foi exposto ao contato residual de inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.....50

Tabela 4 Fecundidade, fertilidade, efeito total e classificação da IOBC, após a exposição de larvas e adultos de *Chrysoperla externa* á resíduos secos de inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.....51

Artigo 2: Ação residual de quatro inseticidas sobre larvas e adultos do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Tabela 1	Inseticidas utilizados nos bioensaios de avaliação da atividade nociva e classificação de seletividade, conforme as normas da IOBC para <i>Chrysoperla externa</i>	81
----------	--	----

Tabela 2	Número de larvas mortas ($\pm$ EP), classificação de seletividade e persistência (duração da atividade nociva) de inseticidas a <i>Chrysoperla externa</i>	82
----------	---	----

Tabela 3	Duração em dias ($\pm$ EP) do período de desenvolvimento de larva a adulto, quando larvas de <i>Chrysoperla externa</i> foram expostas aos resíduos de inseticidas.	83
----------	---	----

Tabela 4	Número de adultos mortos ($\pm$ EP), classificação de seletividade e persistência (duração da atividade nociva) de inseticidas a <i>Chrysoperla externa</i>	84
----------	--	----

Material Suplementar

Tabela S1	Mortalidade acumulada de larvas (%), razão da fecundidade das fêmeas e fertilidade dos ovos e efeito total dos inseticidas aplicados sobre a fase de larva de <i>Chrysoperla externa</i>	88
-----------	--	----

Tabela S2	Mortalidade acumulada de adultos (%), razão da fecundidade das fêmeas e fertilidade dos ovos e efeito total dos inseticidas aplicados sobre a fase de adulta de <i>Chrysoperla externa</i>	89
-----------	--	----

Sumário

Introdução Geral.....	18
Artigo 1: Toxicidade de quatro inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento do predador <i>Chrysoperla externa</i> (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)	
1. Destaques.....	24
2. Resumo.....	25
3. Introdução	25
4. Material e Métodos.....	27
4.1 Insetos	27
4.2 Inseticidas testados	28
4.3 Bioensaios	28
4.3.1 Avaliação da toxicidade em ovos.....	28
4.3.2 Avaliação da toxicidade em pupas	28
4.3.3 Avaliação da toxicidade em larvas.....	29
4.3.4 Avaliação da toxicidade em adultos.....	29
4.3.5 Avaliação dos efeitos subletais em adultos sobreviventes	30
4.4 Classificação da seletividade	30
4.5 Análise estatística	31
5. Resultados	32
5.1 Toxicidade de inseticidas sobre ovo	32
5.2 Toxicidade de inseticidas sobre pupas	32
5.3 Duração do desenvolvimento larval e mortalidade de larvas	33

5.4 Toxicidade de inseticidas em adultos	34
6. Discussão	35
7. Agradecimentos	38
8. Contribuições dos autores:	38
9. Conformidade com os padrões éticos.....	39
9.1 Conflito de interesses:	39
9. 2. Comprovação de ética:	39
10. Referências	39

Artigo 2: Ação residual de quatro inseticidas sobre larvas e adultos do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

1. Resumo.....	56
2. Introdução	56
3. Material e Métodos.....	58
3.1 Insetos	58
3.2 Plantas.....	59
3.3 Inseticidas testados	59
3.4 Bioensaios	59
3.5 Exposição de larvas.....	60
3.6 Exposição de adultos.....	60
3.7 Avaliação dos efeitos subletais em adultos sobreviventes	61
3.8 Classificação da seletividade.....	62
3.9 Análise estatística	62
4. Resultados	63
4.1 Efeito residual em larvas.....	63
4.2 Efeito residual em adultos.....	64
4.3 Efeito subletais nos adultos sobreviventes	65
5. Discussão	67

6. Contribuições dos autores:	72
7. Conformidade com os padrões éticos.....	72
7.1 Conflito de interesses:	72
7. 2. Comprovação de ética:	72
8. Referências.....	72
Conclusões.....	90
Referências	92

Introdução Geral

No Brasil, a fruticultura tem grande destaque no setor do agronegócio, devido à grande diversidade de espécies cultivadas em todo o país e sob diferentes condições edafoclimáticas (ALMEIDA et al., 2019; ZACHARIAS et al., 2020). Dentro deste cenário, a fruticultura de clima temperado é uma opção viável aos agricultores, em especial aos pequenos, que buscam a diversificação de suas áreas, principalmente daqueles localizados na região Sul do país, proporcionando rentabilidade econômica e valor agregado, ao cultivo de frutíferas de caroço, como pessegueiro e ameixeira (ARIOLI et al., 2018). Por conseguinte, o cultivo dessas frutíferas de clima temperado que era praticado somente na região Sul, passou a ser realizado também em outras regiões, a exemplo do Sudeste brasileiro (PIO et al., 2019; LEIVAS et al., 2020).

Entretanto, um dos principais problemas referente a produção frutícola, é a presença de artrópodes-praga, com destaque para a mosca-das-frutas-sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e a grafolita *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae), presente em pomares de pêssago (CHAVES et al., 2014; LEIVAS et al., 2020), ameixeira (ANZANELLO et al., 2021) e macieira (ARIOLI et al., 2018; STUPP et al., 2021).

O controle químico com a pulverização de inseticidas sintéticos, é a forma mais utilizada pelos produtores para controle desses artrópodes-praga (ARIOLI et al., 2018; CASTILHOS et al., 2019; ANZANELLO et al., 2021; STUPP et al., 2021). Apesar da eficiência no controle, a utilização destes produtos está associada a diversos efeitos negativos, como seleção de populações de pragas resistentes, ressurgência de pragas, aparecimento de pragas secundárias e ou eliminação de populações de inimigos naturais (DESNEUX et al., 2007; CARVALHO et al., 2019). Outro ponto, é que o controle químico, realizado principalmente com inseticidas fosforados, além das restrições em relação à alta toxicidade, que ocasionam

desequilíbrios ambientais, apresentam um risco a saúde humana, devido ao potencial de deixar resíduos químicos nos frutos (CHAVES et al., 2014). Por isso, o aspecto qualitativo das frutas e o respeito ao ambiente, no qual o consumidor preza por um produto livre de contaminações químicas e que a sua produção não comprometa o ecossistema (ANDRIGUETO; KOSOSKI, 2005), podem levar à desvalorização e o boicote dos produtores que não seguem as diretrizes ambientais adequadas (CARVALHO, 2002).

Dessa forma, a utilização de inseticidas como medida principal de controle não se adequa aos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP), onde se recomenda a integração de métodos e a aplicação de estratégias de manejo de artrópodes-praga, tais como métodos físico, genético, biológico, cultural, comportamental e por último o químico para suprimir as populações de forma eficaz, econômica e ambientalmente sustentável (KOGAN, 1998). O controle biológico deve ser sempre priorizado, pois é uma das táticas mais importantes e utilizadas em programas de MIP. Uma estratégia necessária para a conservação de agentes biológicos em agroecossistemas é o uso de aplicações de inseticidas seletivos, ou seja, que suprimem os artrópodes-praga sem causar significativo impacto deletério aos inimigos naturais (BELOTI et al., 2015; CARVALHO et al., 2019).

Dentre os diferentes grupos de inimigos naturais com potencial para uso em programas de controle biológico no Brasil, os crisopídeos vêm se destacando, devido serem encontrados em diversos habitat, e alimentar-se de uma ampla gama de hospedeiros (CARVALHO et al., 2019; SUÁREZ-LÓPEZ et al., 2020). A espécie *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) apresenta grande potencial de predação a uma variedade de espécies de artrópodes-praga, como pequenas lagartas de lepidópteros, ácaros, pulgões, cochonilhas, moscas-branca, entre outros, possui alto potencial reprodutivo e tolerância a alguns inseticidas (FREITAS, 2002; CASTILHOS et al., 2019; PASINI et al., 2020). Além disso, predadores generalistas como *C. externa*, tem vantagens sobre inimigos naturais especialistas, como parasitóides, devido à polifagia, podendo sobreviver no agroecossistema sem as pragas alvo, evitando assim o ressurgimento (SYMONDSON et al., 2002; DE ARMAS et al., 2020). Também podem atuar diretamente sobre pragas secundárias, como por exemplo, o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae), o ácaro vermelho *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) e o pulgão *Brachycaudus*

persicae (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae), entre outros, que diversas vezes são favorecidos em cultivos que apresentam desequilíbrios ambientais, devido a elevada quantidade de aplicações de inseticidas, principalmente de organofosforados (SATO et al., 2011; CASTILHOS et al., 2019).

É importante ressaltar que a preservação de inimigos naturais nos pomares, principalmente predadores generalistas como *C. externa* é de suma importância para a implantação do MIP, principalmente em pessegueiro (DE ARMAS et al., 2020). Portanto, a compatibilização entre a aplicação de inseticidas e a presença dos inimigos naturais devem ser levados em conta, uma vez que a suspensão total de inseticidas não é possível em pomares, visto o difícil controle dos artrópodes-praga, principalmente *G. molesta* (CHAVES et al., 2014; CASTILHOS et al., 2019).

Os agentes do controle biológico devido algumas características fisiológicas e ou morfológicas, geralmente são mais sensíveis aos inseticidas quando comparados a artrópodes-praga (ASADI et al., 2019). A toxicidade aguda ou letal de um composto é uma característica útil para detectar os efeitos de diferentes compostos em insetos, incluindo inimigos naturais de artrópodes-praga, mas não leva em consideração os efeitos subletais. Portanto, pesquisas que busquem avaliar os efeitos subletais de diferentes compostos sobre esses inimigos naturais devem ser incentivadas (EBEID et al., 2017). Além disso, há diversos fatores que podem influenciar a toxicidade de um inseticida, como idade, estágio de desenvolvimento e linhagens destes insetos (PÉREZ-AGUILAR et al., 2018; QUESADA, SADO, 2020), e também fatores ligados ao modo de aplicação dos inseticidas e condições ambientais (MANSOOR et al., 2015; MORALES et al., 2019). Portanto, é imprescindível que os testes de toxicidade de inseticidas sejam feitos todas as fases de desenvolvimento do inseto, devido a diferença comportamental, em cada fase de desenvolvimento (AFZA et al., 2020), e também testes que englobem diversos cenários, como condições laboratoriais, casa-de-vegetação e campo, visto que a mortalidade dos insetos pode ser atenuada ou suavizada devido às condições do ambiente (MORALES et al., 2019).

Com o objetivo de unificar os estudos de seletividade de inseticidas a inimigos naturais, foi formado em 1974 o “*Working Group Pesticides and Beneficial Arthropods*” da “*International Organization for Biological Control (IOBC)*”, que padroniza metodologias de testes em laboratório, semi-campo e campo em diversos organismos benéficos, permitindo assim a troca de resultados entre países e

maximizando os recursos utilizados nas repetições de testes (HASSAN, ABDELGADER, 2001). A IOBC dividiu os testes de seletividade em uma sequência, que inicia em laboratório, semi-campo e campo. Em condições de laboratório classifica os agrotóxicos em classes de 1 (inócuo) até 4 (nocivo), em função do seu efeito sobre inimigos naturais (HASSAN, 1989). Em condições de semi-campo (casa-de-vegetação) e campo, a classificação destes agrotóxicos é em função do tempo de duração de atividade nociva (persistência biológica), que abrange a classe 1 (vida curta) até a classe 4 (persistente) (HASSAN, 1994). Estes testes permitem a determinação da seletividade de um inseticida, a fim de integrar o controle químico com o biológico, combinando assim as vantagens de cada um (GARZÓN et al., 2015).

Trabalhos envolvendo seletividade de agrotóxicos na cultura do pessegueiro foram realizados por Giolo et al. (2009), com o predador *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836), que é uma espécie padrão conforme a IOBC, que ocorre na Europa (FREITAS, 2002). No Brasil, pesquisas foram feitas na cultura do pessegueiro, com a fase larval e adulta de *C. externa* (CASTILHOS et al., 2013; CASTILHOS et al., 2017; DE ARMAS et al., 2020), e também sobre as fases de ovo e pupa deste predador (CASTILHOS et al., 2014; DE ARMAS et al., 2019), e a persistência de alguns agrotóxicos utilizado no Programa de Produção de Pêssego também foram testados (CASTILHOS et al., 2019). Porém, é importante frisar, que para o controle de *G. molesta* e *A. fraterculus* em pessegueiro e macieira, normalmente é realizado com inseticidas fosforados (CHAVES et al., 2014), e estes, estão sendo retirados do mercado, devido à alta toxicidade e sendo substituídos por inseticidas de menor impacto ao ambiente. Dessa forma, diferentes grupos químicos de inseticidas foram recentemente disponibilizados para o manejo destes insetos-praga, em especial para o manejo de *G. molesta*, com destaque para o neonicotinoide (acetamiprido), espinosina (espinetoram), antranilamida (clorantraniliprole), benzoilureia (novalurom), éter difenílico (etofenproxi) e oxidiazina (indoxacarbe) (CHAVES et al., 2014). Além disso, inseticidas que combinam dois princípios ativos são indicados para auxiliar no manejo de resistência de insetos (ABDEL-HAMID et al., 2016). Portanto, é imprescindível novas pesquisas que envolvem o efeito desses inseticidas sobre os inimigos naturais, visto que, novos inseticidas vêm sendo utilizados no controle, principalmente de *A. fraterculus* como espinosinas (STUPP et al., 2021).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais dos inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida, usados em pomares de fruticultura temperada para o controle de *A. fraterculus* e *G. molesta* sobre as fases de ovo, larva, pupa e adulto do predador *C. externa* em bioensaios no laboratório, além de avaliar também a persistência biológica (duração da atividade nociva), destes inseticidas sobre a fase larval e adulta de *C. externa* em casa-de-vegetação.

Artigo 1

(Conforme as normas do período “Chemosphere”)

Toxicidade de quatro inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Toxicity of four pesticides on different stages of development of the predator *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Franciele Silva De Armas^{1*}; Lisandra da Silva Furtado¹; Ronaldo Zantedeschi¹; Dori Edson Nava²; Anderson Dionei Grutzmacher¹.

Toxicidade de quatro inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Toxicity of four pesticides on different stages of development of the predator *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Franciele Silva De Armas^{1*}; Lisandra da Silva Furtado¹; Ronaldo Zantedeschi¹; Dori Edson Nava²; Anderson Dionei Grutzmacher¹.

¹Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), caixa postal 354, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

²Embrapa Clima Temperado, caixa postal 403, 96010-971, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Franciele Silva De Armas,

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), caixa postal 354, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: frandearmas@gmail.com

Telefone: +55 53 981370254

1. Destaques

1. Larvas e adultos são mais sensíveis aos inseticidas do que ovos e pupas em *C. externa*.

2. Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe são nocivos a larvas e adultos de *C. externa*.

3. O inseticida metoxifenoazida é inócuo a todas as fases de desenvolvimento de *C. externa*, portanto, é indicado para utilização no MIP.

2. Resumo: A espécie *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) é um importante agente de controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado. E o conhecimento a respeito do impacto de inseticidas sobre suas características bioecológicas é fundamental para viabilizar a permanência e uso desse predador. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a toxicidade dos inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida sobre as fases de ovo, larva, pupa e adulto de *C. externa*. Os bioensaios utilizaram as metodologias propostas pela *International Organization for Biological and Integrated Control* (IOBC). Ovos e pupas receberam a aplicação direta dos inseticidas, enquanto as larvas e os adultos foram expostos aos resíduos secos. Em ovos foi avaliado a viabilidade e redução na eclosão de larvas, em pupas além da redução na emergência dos adultos, foi avaliado os efeitos subletais na fecundidade das fêmeas e fertilidade dos ovos. Já com larvas foi avaliado a duração de cada fase de desenvolvimento e a mortalidade, e em adultos foi avaliado a mortalidade de machos e fêmeas após 24, 72 e 120 horas a exposição aos resíduos secos. Também foi avaliado o efeito subletal em adultos que sobreviveram as exposições nas fases de pupa, larva e adulta, sendo atribuídas as classes de toxicidade conforme a IOBC em todos os bioensaios. O inseticida metoxifenoazida foi inócuo (classe 1) em todas as fases de *C. externa*. Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe foram nocivos (classe 4) a fase larval e adulta do predador, devendo ser evitados em culturas que priorizem o Manejo Integrado de Pragas (MIP). Assim este trabalho demonstra a importância da seletividade, do efeito letal, e subletal dos inseticidas, para a obtenção de uma estimativa mais precisa da compatibilidade destes produtos com o MIP.

Palavras-chave: crisopídeo, seletividade de pesticidas, efeito letal e subletal de inseticidas, controle químico, controle biológico.

3. Introdução

Apesar de todos os avanços tecnológicos no controle de artrópodes-praga, inseticidas ainda são as principais ferramentas utilizadas para o seu manejo. Embora, seja comprovada a sua eficiência, a utilização destes produtos está associada a diversos efeitos negativos, como seleção de indivíduos resistentes, ressurgência de pragas secundárias, e redução ou eliminação de populações de inimigos naturais (Desneux et al. 2007; Guedes et al. 2017; Shan et al. 2020).

Dessa forma, a utilização de inseticidas como medida principal de controle, vai contra os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Carvalho et al. 2019; De Armas et al. 2020), que recomenda uma combinação de estratégias de controle para artrópodes-praga, tais como controle físico, genético e biológico, para manter a população abaixo do nível de controle de forma eficaz, econômica e ambientalmente saudável (Kogan 1998). O controle biológico deve ser sempre priorizado, quando viável, pois é uma das estratégias mais importantes utilizadas no MIP, para a manutenção das artrópodes-praga agrícolas abaixo do nível de dano econômico e reduzir das altas quantidades de agrotóxicos aplicados (Beloti et al. 2015; Carvalho et al. 2019).

Dentre os insetos predadores presente nos agroecossistemas brasileiro, a espécie *Chrysoperla externa*, (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) têm grande importância, por apresentar grande potencial de predação a uma variedade de espécies de artrópodes-praga, como larvas de lepidópteros, ácaros, pulgões, cochonilhas, moscas-branca, entre outros; a grande capacidade reprodutiva e de locomoção em fase larval, bem como a tolerância a inseticidas (Castilhos et al. 2014; Luna et al. 2018). Os crisopídeos são encontrados em diversos habitat, devido alimentar-se de uma ampla gama de hospedeiros (Carvalho et al. 2019; Suárez-López et al. 2020). No Brasil a espécie mais estudada é *C. externa*, por ocorrer em diversas culturas de importância econômica, como pessegueiro (Schuber et al. 2008), macieira (Lorenzato et al. 1986), entre outras frutíferas de clima temperado.

Assim, é crucial o conhecimento sobre o impacto de inseticidas sobre inimigos naturais para a integração dos métodos biológico e químico. Os agentes do controle biológico, devido a alguns aspectos fisiológicos e toxicológicos são comumente mais sensíveis aos agrotóxicos quando comparados a suas presas ou hospedeiros (Asadi et al. 2019). A toxicidade aguda de um composto é uma característica útil para detectar os efeitos de diferentes compostos em insetos, incluindo inimigos naturais de artrópodes-praga, mas só subestima os efeitos letais. Portanto, as pesquisas baseadas nos efeitos subletais são recomendados para investigar o efeito total de diferentes agrotóxicos sobre esses inimigos naturais (Ebeid et al. 2017).

Além disso, a seletividade de um composto, pode ser influenciada por vários fatores, como forma de exposição e idade do inseto (Bueno et al. 2017; Muller 2018), gerando diferentes efeitos quando a exposição ocorre nas fases de ovo, larva ou adulto (Pérez-Aguilar et al. 2018; Pasini et al. 2018). Também deve-se levar em consideração que as fases de ovo e pupa, por serem imóveis ficam expostas a pulverizações diretas nos pomares, podendo ocasionar efeitos letais e subletais as essas fases de desenvolvimento (Rugno et al. 2015).

Assim, é crucial a comparação e entendimento dos efeitos dos inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento do predador, visto que no campo, eles ocorrem simultaneamente.

Devido à importância de *C. externa* como agente de biocontrole, e à necessidade de estudos visando aprimorar as táticas de manejo, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais dos inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida, utilizados no controle de artrópodes-praga, em pomares de frutíferas de clima temperado, sobre os estágios de ovo, pupa, larva e adulto de *C. externa*, utilizando metodologia proposta pela *International Organization for Biological and Integrated Control* (IOBC).

4. Material e Métodos

4.1 Insetos

Os crisopídeos utilizados nos bioensaios, foram provenientes de uma criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, da Universidade Federal de Pelotas (LabMIP/ UFPel, RS, Brasil), em sala climatizada (temperatura $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa $70\pm 10\%$ e fotofase 14 horas).

Ovos do predador foram depositados em bandejas plásticas (43 cm x 27 cm x 13 cm), tampadas com um tecido tipo voile, até a eclosão. Larvas de *C. externa* foram individualizadas e mantidas em tubo de ensaio (12 cm de comprimento x 5 cm diâmetro), fechado com filme de PVC transparente e alimentadas *ad libitum*, com ovos do hospedeiro alternativo *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), mantidas conforme metodologia proposta por Parra (1997). Adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (15,5 cm de altura x 18,5 cm de diâmetro), fechadas com papel toalha, em ambas as extremidades, que servia de substrato para oviposição. Água destilada foi fornecida por capilaridade mediante um orifício na gaiola, e também uma dieta artificial composta de 15 mL de leite condensado, 2 gemas de ovo, 1 clara de ovo, 30 g de mel, 20 g de açúcar, 30 g de levedura de cerveja, 50 g de germe de trigo e 45 mL de água destilada (Vogt et al. 2000), a qual foi adicionada ao redor da gaiola, na altura do orifício de entrada da água. Duas vezes por semana, a água e a dieta foram substituídas, e o papel toalha com as posturas foram removidos, sendo os ovos mantidos nas bandejas até a eclosão das larvas.

4.2 Inseticidas testados

Os quatro inseticidas selecionados para os bioensaios (Tab. 1), são usados em diversas culturas de fruticultura de clima temperado, como pessegueiro, macieira e pereira. Todos os inseticidas avaliados são recomendados para pulverização foliar, e foram avaliados usando a máxima dosagem de campo recomendada (g ou mL.100 L⁻¹), com volume de aplicação recomendado de 1000L. ha⁻¹ (MAPA 2021).

4.3 Bioensaios

Os bioensaios foram conduzidos seguindo as metodologias da IOBC e adotadas por Medina et al. (2003), Castilhos et al. (2014) e Pasini et al. (2018) para avaliação da toxicidade em ovos e pupas, e por Schmuck et al. (2000) e Vogt et al. (2000) para larvas e adultos. A aplicação dos inseticidas nos bioensaios, ocorreu por meio de um pulverizador manual com capacidade de 500 mL (Guarany Ultrajet, Itu, SP, Brasil), com depósito de calda de $2 \pm 0,2$ mg cm⁻², medidos através de uma balança de precisão. Além disso um tratamento controle (água destilada), foi acrescentado em todos os bioensaios.

4.3.1 Avaliação da toxicidade em ovos

Foram utilizados ovos de *C. externa* com 24 horas de idade. A aplicação dos inseticidas foi realizada com pulverizador manual, conforme procedimento descrito em 4.3, diretamente sobre o papel toalha, retirado da gaiola de adultos. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com total de quatro repetições com 24 ovos cada, totalizando 96 ovos por tratamento. Após a secagem dos inseticidas, os ovos foram separados do pedicelo com auxílio de uma tesoura e um pincel, e individualizados em placas de cultura de celular com 96 poços (Kasvi Ltda., Pinhais, PR, Brasil), revestida com filme de PVC transparente, e transferidas para uma sala climatizada (temperatura 25 ± 1 ° C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase 14 h), onde a eclosão das larvas foi avaliada diariamente. A viabilidade dos ovos foi avaliada pelo número total de ovos eclodidos, e consequente redução na eclosão de larvas (R.E.L.) para cada tratamento.

4.3.2 Avaliação da toxicidade em pupas

Pupas de *C. externa* com 24 horas de idade, foram colocadas sobre placas de Petri, onde realizou-se a pulverização diretamente dos inseticidas (aplicação tópica), com pulverizador manual conforme descrito em 4.3. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Foram utilizadas quatro repetições com seis pupas cada, totalizando 24 pupas por tratamento. Após a secagem das caldas, as pupas foram individualizadas em placas de cultura celular com 24 poços (Kasvi Ltda., Pinhais, PR, Brasil), e avaliadas diariamente até a emergência de todos os adultos. As placas de cultura celular foram mantidas em sala climatizada (temperatura 25 ± 1 ° C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase 14 h). Após a emergência, a viabilidade das pupas foi determinada pela porcentagem de adultos emergidos, e a redução na emergência de adultos (R.E.A.) causada pelos inseticidas, foi determinada pela porcentagem de pupas que não geraram adultos.

4.3.3 Avaliação da toxicidade em larvas

O bioensaio constitui em expor larvas de *C. externa* à resíduos secos dos inseticidas, que foram previamente pulverizados sobre placas de vidro (50 cm × 41 cm), com um pulverizador manual (ver 4.3). Larvas de primeiro ínstar (1-2 dias de idade) foram adicionadas em arenas, com auxílio de pincel fino permanecendo em contato com os resíduos dos inseticidas até a emergência dos adultos, neste período foram alimentados diariamente *ad libitum* com ovos de *E. kuehniella*. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Cada tratamento consistiu em duas placas com 20 arenas cada, totalizando 40 insetos, e cada inseto foi considerada uma repetição, totalizando 40 larvas por experimental unidade. Mortalidade larval e a duração do estágio larval em dias (L1, L2, L3, pré-pupa, pupa e período total) foram avaliados diariamente. Os testes subletais foram realizados nos tratamentos nos quais a mortalidade acumulada foi $\leq 50\%$.

4.3.4 Avaliação da toxicidade em adultos

Adultos de *C. externa* foram expostos a resíduos dos inseticidas, que foram pulverizados em placas de vidro (14 cm x 14 cm), com auxílio de um pulverizador manual (ver 4.3). Após a secagem destes inseticidas, estas placas serviram de fundo e cobertura na confecção das gaiolas para exposição dos insetos. Cada gaiola era composta de um anel metacrilato (diâmetro de 10 cm; altura de 3 cm), com cinco orifícios (diâmetro de 1,3 cm), fechado com tecido tipo voile para permitir a ventilação. Um orifício foi conectado a uma

bomba de sucção para eliminar vapores tóxicos e outro orifício (diâmetro de 0,8) foi usado para fornecer água aos insetos. A dieta artificial foi fornecida na lateral da gaiola. Após a confecção das gaiolas, adultos com uma semana de idade, previamente separados por sexo, foram inseridos nas gaiolas. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Cada tratamento consistiu em quatro gaiolas, contendo quatro casais de *C. externa*. Cada gaiola foi considerada uma repetição, totalizando 16 insetos por unidade experimental. A mortalidade acumulada de machos e fêmeas foi avaliada após 24, 72 e 120 h de exposição a resíduos de inseticidas (Schmuck et al. 2000; Vogt et al. 2000). Testes subletais foram realizados nos tratamentos em que a mortalidade acumulada foi $\leq 50\%$.

4.3.5 Avaliação dos efeitos subletais em adultos sobreviventes

Além dos efeitos letais, os efeitos subletais na fecundidade e fertilidade foram avaliados em adultos que sobreviveram nos bioensaios de toxicidade em pupas, larvas e adultos. Apenas foram realizadas as avaliações nos tratamentos com taxa de mortalidade $\leq 50\%$. Para analisar parâmetros reprodutivos, cinco a sete casais de *C. externa* que sobreviveram aos bioensaios anteriores foram sedados com CO₂ e transferido, com auxílio de uma pinça para gaiolas de acrílico e foram mantidas nas mesmas condições climáticas da criação (ver 4.1). Após o terceiro dia da primeira postura, os ovos depositados no papel toalha, foram coletados diariamente, por cinco dias consecutivos. O número total de ovos de cada coleta foi mensurado e dividido pelo número de fêmeas na gaiola a fim de se determinar a fecundidade média (número de ovos por fêmea ao dia). Além disso, a cada coleta, os ovos foram removidos do papel toalha, com uma tesoura e um pincel, e incubado em placas de cultura celular com 96 poços (Kasvi Ltda., Pinhais, PR, Brasil), revestido com filme de PVC transparente, para evitar canibalismo e fuga, e foi avaliado diariamente quantidade de ovos eclodidos a fim de calcular a fertilidade dos ovos em cada tratamento.

4.4 Classificação da seletividade

Para a classificação de seletividade dos inseticidas aplicados nas fases de ovo e pupa, os valores de R.E.L. e R.E.A., foram corrigidas em função do tratamento testemunha pela fórmula de Schneider-Orelli (Püntener 1981). O efeito total de tratamento para pupas, foi calculado por meio da fórmula proposta por Vogt et al. (1992):

$$E = 100\% - (100\% - R.E.A.) \times R1 \times R2$$

onde: E = efeito total (%); R.E.A. = redução da emergência dos adultos corrigida em função da testemunha; R1 = razão entre a média diária de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada e R2 = razão entre a viabilidade média de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada.

A classificação da seletividade de larvas e adultos, levou em conta as porcentagens de mortalidade, que foram calculadas para cada tratamento e corrigidas também em função da testemunha pela fórmula de Schneider-Orelli (Püntener 1981), para os adultos a classificação final do inseticida foi atribuída as 120 horas após a exposição aos produtos fitossanitários (Schmuck et al. 2000; Vogt et al. 2000). O efeito total de tratamento foi calculado por meio da fórmula proposta por Vogt et al. (1992):

$$E = 100\% - (100\% - M\%) \times R1 \times R2$$

onde: E = efeito total (%); M% = mortalidade no tratamento corrigida em função da testemunha; R1 = razão entre a média diária de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada e R2 = razão entre a viabilidade média de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada.

Os inseticidas foram classificados quanto à seletividade aos ovos em função da R.E.L. e às pupas, larvas e adultos em função do efeito total, de acordo com as classes de toxicidade propostas pela IOBC: 1) inócuo (<30%); 2) levemente nocivo (30-79%); 3) moderadamente nocivo (80-99%); e 4) nocivo (>99%) (Sterk et al. 1999).

4.5 Análise estatística

Os dados referentes à viabilidade de ovos e pupas, a fecundidade e fertilidade foram submetidos à análise exploratória de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk e homocedasticidade pelo teste de Barlett e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Posteriormente esses dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). A viabilidade média de ovos e pupas de cada tratamento foi comparada com a testemunha pelo teste de Dunnett à 5% ($p \leq 0,05$), enquanto a comparação das médias de fecundidade e fertilidade, quando significativo, foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os valores obtidos referentes a duração de cada instar larval, por não atenderem os pressupostos da variância, foram submetidos ao teste de Wilcoxon ($p \leq 0,05$). Para a análise de mortalidade de adultos os dados foram submetidos a análise de Kruskal-Wallis para analisar a significância ($p \leq 0,05$) e posteriormente ao teste de média de Dunn, com correção de Bonferroni a 5% ($p \leq 0,05$). Para analisar a diferença de mortalidade de machos e fêmeas, por não atenderem os

pressupostos da normalidade foram submetidos também ao teste de Wilcoxon a 5% ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R versão 4.0.0. (R Development Core Team, 2021).

5. Resultados

5.1 Toxicidade de inseticidas sobre ovo

A viabilidade de ovos de *C. externa* após a exposição dos inseticidas, variou entre 86,35 e 92,92%. Acetamiprido + etofenproxi apresentou a menor viabilidade e metoxifenoazida a maior, porém, nenhum inseticida testado diferiu estatisticamente da testemunha ($df= 4$; $F= 1,60$; $p= 0,22$) (Fig. 1). Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida apresentaram valores de R.E.L. menores que 30% e foram todos classificados com inócuos (classe 1) a ovos do predador. O inseticida metoxifenoazida apresentou o menor valor de R.E.L. com 3,38%, e acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe apresentaram valores próximos a 10% (Tab. 2).

5.2 Toxicidade de inseticidas sobre pupas

No bioensio com pupas, os inseticidas acetamiprido + etofenproxi e indoxacarbe diferiram estatisticamente da testemunha ($df= 4$; $F= 4,08$; $p < 0,01$), com viabilidade variável de 76,67 a 86,67%, respectivamente. Espinetoram e metoxifenoazida não causaram efeitos em ovos e nem em pupas de *C. externa* (Fig. 1).

O único inseticida que foi considerado levemente nocivo (classe 2) foi o acetamiprido + etofenproxi, com efeito total de 32,80%, isto ocorreu por apresentar o maior valor de R.E.A. entre os inseticidas avaliados (23,34%), os demais inseticidas apresentaram valores menores que 15%. Porém deve ser destacado que na avaliação de fecundidade, os valores de tratamento acetamiprido + etofenproxi não diferiram da testemunha ($df= 4$; $F= 5,47$; $p < 0,01$), nem do indoxacarbe. Entretanto, o inseticida acetamiprido + etofenproxi apresentou a menor valor de fertilidade destes ovos, com 73,33%, diferindo da testemunha e dos demais produtos testados ($df= 4$; $F= 2,54$; $p < 0,01$). As pupas expostas a metoxifenoazida apresentaram R.E.A. de 6,67%, porém as fêmeas emergidas apresentaram a menor fecundidade entre os inseticidas avaliados, e apesar de não diferirem estatisticamente da testemunha, diferiram do indoxacarbe. Já a fertilidade dos ovos, foi semelhante estatisticamente a testemunha e ao

espinetoram, totalizando um efeito total de 22,13%, sendo considerado como inócuo (classe 1). Os inseticidas espinetoram e indoxacarbe também apresentaram efeito total menor que 30%, assim também foram inócuos (classe 1) a pupas de *C. externa* (Tab. 2).

5.3 Duração do desenvolvimento larval e mortalidade de larvas

A duração de cada ínstar larval até a emergência dos adultos e o período total deste processo, após a exposição a resíduos dos inseticidas testados variou entre *C. externa*. (Tab. 3). Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe causaram uma mortalidade de 98% das larvas nas primeiras 24 horas após a exposição, não sendo possível avaliar a duração dos instares nestes tratamentos. Metoxifenoazida, além de não causar a mortalidade quando ínstar do primeiro estágio larval foi exposto, também não alterou a duração, quando comparado com a testemunha, no qual não diferiu estatisticamente ($W= 880$; $p= 0,18$). Já a duração do segundo e do terceiro ínstar foi menor para as larvas expostas ao metoxifenoazida, quando comparada com a testemunha, o segundo ínstar durou em média 2,50 dias e foi menor estatisticamente ($W= 1183$; $p < 0,01$) que a testemunha, que apresentou a média de 2,95 dias. Este padrão também ocorreu na avaliação do terceiro ínstar, onde a testemunha apresentou maior duração deste período, com média de 4,18 dias e as larvas expostas ao metoxifenoazida apresentaram a média de 3,27 dias de duração, diferente estatisticamente da testemunha ($W= 284,50$; $p < 0,01$). A duração do período pré-pupa não diferiu estatisticamente, entre a testemunha e o inseticida metoxifenoazida ($W= 718,50$; $p= 0,28$), já o período de pupa, houve diferença estatística entre eles ($W= 1280$; $p < 0,01$), no qual a testemunha apresentou duração média de 5,02 dias e o metoxifenoazida de 4,20 dias. Consequentemente, metoxifenoazida apresentou duração do período total de desenvolvimento de larva a adulto de 13,79 dias, significativamente inferior ($W= 1031,50$; $p < 0,01$) ao observado na testemunha (Tab. 3).

Os efeitos da exposição dos inseticidas nos parâmetros reprodutivo de adultos sobreviventes na aplicação na fase larval de *C. externa* foi avaliado apenas no inseticida metoxifenoazida, por que os demais inseticidas causaram uma alta mortalidade larval (Tab. 4). Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe foram nocivos (classe 4), por apresentarem um efeito total 100% nas larvas. Já metoxifenoazida não alterou a fecundidade das fêmeas, apresentou valores próximo a testemunha, não havendo diferença estatística entre eles ($df= 1$; $F= 0,17$; $p= 0,68$), também não houve diferença estatística quando

avaliada a fertilidade dos ovos ($df= 1$; $F= 2,50$; $p= 0,30$). Dessa forma, metoxifenoazida foi considerado inócuo (classe 1) a fase larval de *C. externa* (Tab. 4).

5.4 Toxicidade de inseticidas em adultos

O inseticida espinetoram causou 100% da mortalidade a adultos de *C. externa*, logo as 24 horas após a exposição aos resíduos do inseticida ($df= 5$; $H= 15$; $p= 0,04$), ao contrário do que ocorreu aos adultos expostos a metoxifenoazida, que não causou nenhum efeito deletério aos mesmos (Fig. 2). Acetamiprido + etofenproxi causou mortalidade superior a 75% em adultos, além de diferir estatisticamente da testemunha, também ocorreu diferença estatística na mortalidade entre machos e fêmeas ($W= 1031,50$; $p < 0,01$), no qual machos apresentaram mortalidade maior que fêmeas. Nesta mesma avaliação, o indoxacarbe apresentou mortalidade maior que 25% em adultos, diferindo estatisticamente do espinetoram, porém não diferiu estatisticamente, em relação a mortalidade de machos e fêmeas ($W= 108,0$; $p= 0,25$). Já na avaliação de 72 horas, a mortalidade de adultos expostos a acetamiprido + etofenproxi, se manteve á 75% em fêmeas, diferindo estatisticamente da testemunha ($df= 5$; $F= 6,94$; $p < 0,01$), e também a manteve-se a diferença estatística na mortalidade de fêmeas e machos ($W= 1031,50$; $p < 0,01$). O indoxacarbe teve a mortalidade aumentada em machos, onde na avaliação de 24 horas, a mortalidade que era de 37,5%, passou a ser 50% na avaliação de 72 horas, dessa maneira, a mortalidade diferiu estatisticamente entre machos e fêmeas ($W= 1031,50$; $p < 0,01$), onde fêmeas permaneceram com 25% de mortalidade. Após 120 horas, os adultos expostos aos inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe apresentaram 100% de mortalidade, não diferindo entre si, mas diferindo estatisticamente da testemunha e do metoxifenoazida ($df= 5$; $H= 19,00$; $p < 0,01$) (Fig. 2).

O efeito subletal dos inseticidas testados aos adultos sobreviventes causaram alterações na fecundidade das fêmeas (Tab. 4), o inseticida metoxifenoazida diferiu estatisticamente da testemunha ($W= 1031,50$; $p < 0,01$), com valor de 13,56 ovos por fêmea ao dia, inferior ao da testemunha que foi de 16,24 ovos por fêmea ao dia. Já a fertilidade desse ovos, apresentou-se estatisticamente igual a testemunha, com 95 e 92%, respectivamente, portanto, metoxifenoazida foi classificado como inócuo (classe 1) a adultos de *C. externa*. Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe foram classificados como nocivo (classe 4) a fase adulta do crisopídeo, por apresentarem um efeito total de 100% (Tab. 4).

6. Discussão

A maioria dos inseticidas testados apresentaram-se inócuos às fases de ovo e pupa de *C. externa*, inclusive aqueles considerados de amplo espectro de ação, como piretróides, neonicotinóides e oxadiazinas, o que está de acordo com os resultados obtidos por Pasini et al. (2018), De Armas et al. (2019) e Souza et al. (2020). O efeito dos inseticidas sobre inimigos naturais, varia de acordo com a espécie, modo de aplicação e estágio de desenvolvimento (Perez-Aguilar et al. 2018; Carvalho et al. 2019). Já é relatada a variação na sensibilidade de espécies do gênero *Chrysoperla* entre inseticidas de diferentes grupos químicos e entre o mesmo grupo (Silva et al. 2017; Rimoldi et al. 2017; Luna et al. 2018).

O inseticida acetamiprido + etofenproxi, é uma mistura de neonicotinóide com piretróide, é uma junção de dois grupos químicos que agem da mesma forma, mas atuam em sítios distintos, sendo importante a sua utilização para o manejo da resistência de inseticidas (Abdel-Hamid et al. 2016). Enquanto os neonicotinóides são agonistas da acetilcolina, e mimetizam essa substância química transmissora de impulsos presente na sinapse nervosa (Elbert et al. 2008), os piretróides atuam especificamente nos canais de sódio, impedindo o fechamento destes canais e causando despolarização da membrana, como consequência, os insetos morrem devido à hiperexcitabilidade (Lilly et al. 2016; Soares e Carvalho 2018). O acetamiprido + etofenproxi apresentou diferenças de seletividade entre as fases imaturas avaliadas em *C. externa*, o que também foi relatado em testes com tiametoxam + lambda-cialotrina em *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) (Rugno et al. 2015), onde também o inseticida não causou impactos negativos na viabilidade dos ovos, porém acarretou um efeito total de 42% em ovos e 13% em pupas de *C. cubana*, ao contrário do que ocorreu em *C. externa* que teve efeito total de 9,53% em ovos e 32,80% em pupas.

O inseticida espinetoram, que pertence ao grupo das espinosinas, não causou efeitos deletérios na viabilidade de ovos e de pupas de *C. externa*. Apesar de relatada a baixa toxicidade das espinosinas a vertebrados (Kovaríková et al. 2017), estes podem apresentar alta letalidade em predadores (Biondi et al. 2012). Além disso, o inseticida indoxacarbe também não causou efeitos nas fases imaturas, resultado já observado quando ovos e pupas de *C. externa* foram expostas a piretróides e organofosforados, que também atuam no sistema nervoso central dos insetos (Castilhos et al. 2014; De Armas et al. 2019).

A ausência de efeitos negativos na viabilidade de ovos em crisopídeos, ocorre devido a constituição química e física dessa estrutura, que é constituído de um córion, que é uma barreira que permite a entrada de substâncias hidrófilas e saída de água, essas barreiras

químicas e físicas podem impedir a entrada dos inseticidas (Rimoldi et al. 2017; Pasini et al. 2018). Assim, os inseticidas testados, inclusive os neurotóxicos, não se mostraram tóxicos em função de suas formulações não terem sido capazes de penetrar no córion dos ovos. Em pupas de *C. externa*, o casulo de seda, que tem a função de proteção, possui orifícios que permitem a respiração, podendo servir de entrada para os inseticidas (Cosme et al. 2009; Souza et al. 2020). No entanto, a maioria dos inseticidas testados provavelmente não foram capazes de penetrar por esses orifícios, demonstrando que o casulo de seda pode ser uma barreira física, consequentemente, não reduzindo a emergência de adultos de *C. externa*. A seletividade destes inseticidas, pode estar relacionada também à baixa taxa de penetração, devido à lipofilicidade do composto, espessura e composição dos ovos e das pupas (Dong et al. 2014).

O inseticida acetamiprido + etofenproxi foi classificado como nocivo (classe 4) a larvas e adultos de *C. externa*, apesar de relatada a seletividade de neonicotinóides á larvas de *C. externa* (Soares e Carvalho 2018), e constatada a resistência de *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae) a acetamiprido (Mansoor e Shad 2020). Pesquisas com inseticida tiametoxam, do mesmo grupo químico, não acarretaram a alta mortalidade de larvas e adultos de *C. externa*, porém a exposição ocasionou efeitos subletais na geração exposta, e também efeitos transgeracionais na geração F1 (Sâmia et al. 2019). A sensibilidade do gênero *Chrysoperla* a piretróides é relatada em diversos trabalhos (Torres et al. 2013; Garzón et al. 2015; Silva et al. 2017; Luna et al. 2018; Soares e Carvalho 2018; De Armas et al. 2019). Assim, a junção de dois grupos químico, aumenta a sua eficácia no controle de artrópodes-praga, porém pode aumentar ou diminuir a toxicidade á um inimigo natural, visto que a interação pode ser sinérgica ou antagônica, como relatado por Abdel-Hamid et al. (2016), onde a mistura de acetamiprido + clorpirifós aumentou a eficiência no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), mas diminuiu significamente a presença de *C. carnea* em campo, e também lambda-cialotrina + tiametoxam e lambda-cialortina + clorantianiliprole, ambos foram nocivos a larvas e adultos de *C. cubana* (Rugno et al. 2019), corroborando com resultado encontrado neste trabalho.

O inseticida espinetoram, também foi nocivo (classe 4) a larvas e adultos de *C. externa*. Este inseticida, pertencente ao grupo químico das espinosinas, é produzido através de compostos da bactéria *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990 (Actinomycetales: Pseudonocardiaceae) e atua ligando-se receptores nicotínicos da acetilcolina e, secundariamente, nos receptores do ácido gama amino butírico (GABA), causando a abertura dos canais iônicos, estimulando a condução dos estímulos nervosos e por consequencia a morte dos insetos (Santos-Junior et al. 2019; IRAC 2021). As espinosinas, apesar terem sido

considerado seletivo e de baixo risco ambiental (Martínez et al. 2019; Santos-Junior et al. 2019), causaram alta mortalidade de *C. externa*, o que também já foi relatado a toxicidade destes inseticidas ao predador *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) (Santos-Junior et al. 2019), *Podisus maculiventris* (Say, 1832) (Heteroptera: Pentatomidae) (Castro et al. 2018), além do efeito adverso a parasitoides e polinizadores (Biondi et al. 2012; Lopes et al. 2018).

O indoxacarbe pertence ao grupo químico das oxadiazina, atua bloqueando os canais de Na⁺, provocando a morte por paralisia, é eficiente no controle de artrópodes-praga e não provoca a morte imediata dos insetos (Silva et al. 2017). Este inseticida foi considerado nocivo (classe 4) a larvas e adultos de *C. externa*, e em adultos foi possível notar o tempo de ação do produto, onde nas primeiras 24 horas a mortalidade foi baixa, e aumentou com o tempo até causar 100% da mortalidade de adultos, resultado similar ao encontrado para os crisopídeos *Chrysoperla genanigra* Freitas, 2003 (Silva et al. 2017), *C. carnea* (Mansoor e Shad 2020; e *Chrysoperla sinica* (Tjeder, 1936) (Neuropetera: Chrysopidae) (Shan et al. 2020).

Apesar de não ter causado efeitos na mortalidade de larvas e adultos de *C. externa*, e ser considerado como inócuo (classe 1), o metoxifenoazida causou uma diminuição no tempo de desenvolvimento de larva a adulto, o que pode ser vantajoso, visto, que o inseto fica menos tempo sujeito a outros predadores e/ ou canibalismo (Liu e Chen 2000). Além disso, em adulto de *C. externa*, o metoxifenoazida causou uma redução na fecundidade, quando comparado com a testemunha, o que vai de acordo com Ono et al. (2017), que em *C. cubana*, este inseticida não afetou a mortalidade, mas diminui a fecundidade e a longevidade de fêmeas quando larvas foram expostas, e diminui também a taxa líquida de reprodução. Entretanto, é reconhecida a seletividade deste grupo de inseticida, que atua no sistema endócrino dos insetos, como agonistas aos receptores do hormônio 20-hidroxiecdisona, estimulando a muda precoce e consequente morte (Zotti et al. 2013), em predadores como em *C. externa* (Rimoldi et al. 2008), parasitoides como o *Hyposoter didymator* (Thunberg, 1824) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Schneider et al. 2008) e deve ser sempre priorizada em comparação com piretroídeos e organofosforados (Loetti e Bellocq 2016).

A avaliação da mortalidade individualizada para machos e fêmeas é necessária, uma vez que, além de apresentarem diferenças sexuais primárias, a fêmea é a responsável direta pela oviposição, e consequentemente de perpetuar a espécie (Carvalho e Souza 2000). Sendo assim testes de seletividade que abordam a diferenciação entre sexo são vitais ao sucesso do MIP. A mortalidade foi superior nos machos de *C. externa* expostos ao acetamiprido +

etofenproxi nas primeiras 24 e 72 horas, e ao indoxacarbe nas 72 horas após a exposição, quando comparadas as fêmeas. Castilhos et al. (2011), também relataram essa diferença na seletividade de fêmeas e machos, quando utilizaram inseticidas neurotóxicos, atribuindo a resistência da fêmea, por serem maior, e possuir maior tempo para ação do inseticida.

É importante ressaltar que a seletividade de um inseticida, está relacionada a vários fatores, como taxa de penetração dos inseticidas e peso molecular dos compostos (Bueno et al. 2017; Muller 2018), que podem variar ocasionando uma maior ou menor toxicidade. Além disso, há fatores ligados ao inseto, como o estágio de desenvolvimento, constituição do tegumento e produção de monooxigenases no citocromo P450 (Brattsten et al. 1986; Fernandes et al. 2010; Bueno et al. 2017) e até linhagens resistentes (Luna et al. 2018), podem influenciar na metabolização de inseticidas.

Dessa forma, é necessário ressaltar que o presente trabalho apresenta a toxicidade sobre diferentes estágios de *C. externa*, visto que, larvas são mais sensíveis que adultos, devido ao comportamento alimentar, no qual a fase larval permanece mais tempo em contato com a superfície contendo resíduos de inseticidas para buscar a sua fonte alimentar (Quesada e Sadof 2020). Em condições de laboratório, visto que o inseticida metofenozida foi considerado inócuo (classe 1), pode ser recomendando para utilização segura em cultivos que priorizem o MIP, já que não afeta nenhum estágio de desenvolvimento do predador, conforme a recomendação da IOBC (Hassan 1988). O inseticida acetamiprido + etofenproxi, muito utilizado para o controle de *A. fraterculus*, deve ser usado com cautela quando ocorrer a presença de pupa no campo, por apresentarem-se como levemente nocivo (classe 2) a esta fase. Porém, é importante ressaltar que os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe são nocivos (classe 4) para a fase, e que uma vez relatada a toxicidade de um inseticida sobre um inimigo natural, como *C. externa* é necessárias mais pesquisas para entender os fatores que podem estar associados, principalmente em condições de campo, visto a importância deste crisopídeo dentro do MIP.

7. Agradecimentos

Esta pesquisa teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código financeiro 001.

8. Contribuições dos autores:

F.S.A., A.D.G. e D.E.N realizaram as pesquisas e planejaram os bioensaios; F.S.A., L.F e R.Z. mantiveram a criação de insetos e conduziram os experimentos F.S.A. analisou os dados e escreveu o artigo. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito.

9. Conformidade com os padrões éticos

9.1 Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

9.2. Comprovação de ética: “Este artigo não contém estudos com participantes humanos ou animais realizados por qualquer um dos autores”. Os autores concordam com a publicação do artigo.

10. Referências

Abdel-Hamid HFM, Soliman ESM, Osman H (2016) Field efficiency of certain neonicotinoids alone and their mixtures with chlorpyrifos against, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* and their predators *Coccinella septempunctata* and *Chrysoperla carnea*. Egypt. Acad. J. Biolog. Sci. 8(2):135-144. DOI: 10.21608/EAJBSF.2016.17126

Asadi M, Rafiee-Dastjerdi H, Nouri-Ganbalani G, Naseri B, Hassanpour M (2019) Lethal and sublethal effects of five insecticides on the demography of a parasitoid wasp. Int. J. Pest. Manag. 65(4):301-312. DOI: 10.1080/09670874.2018.1502899

Beloti VH, Alves GR, Araújo DFD, Picoli MM, Moral RDA, Demétrio CGB, Yamamoto PT (2015) Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. Plos One 10(7):e0132128. DOI: 10.1371/journal.pone.0132128

Biondi A, Desneux N, Sicaro G, Zappalà L (2012) Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. Chemosphere. 87(7):803–812. DOI:10.1016/j.chemosphere.2011.12.082

- 541 Brattsten LB, Holyoke Junior CW, Leeper JR, Raffa KF (1986) Insecticide resistance:
542 challenge to pest management and basic research. *Science* 231(4743):1255-1260.
543 DOI:10.1126/science.231.4743.1255
544
- 545 Bueno AF, Carvalho GA, Santos AC, Sosa-Gómez DR, Silva DM (2017) Pesticide selectivity
546 to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. *Cienc.*
547 *Rural* 47(6):1-8. DOI:10.1590/0103-8478cr20160829
548
- 549 Carvalho CF, Souza B (2000) Métodos de criação e produção de crisopídeos. In: Bueno, VHP
550 (Ed.) Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. UFLA, Lavras,
551 pp. 91-109
552
- 553 Carvalho GA, Grützmacher AD, Passos LC, Oliveira RL (2019) Physiological and Ecological
554 Selectivity of Pesticides for Natural Enemies of Insects. In: Souza B, Vázquez L, Marucci R
555 (Eds.). *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*. Springer, 2019.
556 p.469–478. DOI: 10.1007/978-3-030-24733-1_37
557
- 558 Castilhos RV, Grützmacher AD, Nava DE, Zotti MJ, Siqueira PRB (2011) Seletividade de
559 agrotóxicos utilizados em pomares de pêssago a adultos do predador *Chrysoperla externa*
560 (Hagen,1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev. Bras. Frutic.* 3(1):73-80. DOI:10.1590/S0100-
561 29452011005000042
562
- 563 Castilhos RV, Grützmacher AD, Siqueira PRB, Moraes IL, Gauer CJ (2014) Seletividade de
564 inseticidas utilizados em pessegueiro sobre ovos e pupas do predador *Chrysoperla externa*.
565 *Ciênc. Rural* 44(11):1921-1928. DOI:10.1590/0103-8478cr20140248.
566
- 567 Castro AA, Legaspi JC, Tavares WDS, Meagher Junior RL, Miller N, Kanga L, Haseeb M,
568 Serrão JE, Wilcken CF, Zanuncio JC (2018) Lethal and behavioral effects of synthetic and
569 organic insecticides on *Spodoptera exigua* and its predator *Podisus maculiventris*. *Plos*
570 *One*13(11):e0206789. DOI:10.1371/journal.pone.0206789
571
- 572 Cosme LV, Carvalho GA, Moura AP, Parreira DS (2009) Toxicidade de óleo de nim para
573 pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera: Chrysopidae). *Arq. Inst. Biol.*
574 76(2):233-238.

575

576 De Armas FS, Grutzmacher AD, Nava DE, Rakes M, Bueno, FA, Pasini RA (2019)
 577 Selectivity of pesticides used in peach orchards to eggs and pupae of the predators
 578 *Chrysoperla externa* and *Coleomegilla quadrifasciata*. Semina: Ciênc. Agrár. 40(4): 1427-
 579 1440. DOI:10.5433/1679-0359.2019v40n4p1427

580

581 De Armas FS, Grutzmacher AD, Nava DE, Pasini RA, Rakes M, Pazini JB (2020) Non-target
 582 toxicity of nine agrochemicals toward larvae and adults of two generalist predators active in
 583 peach orchards. Ecotoxicology 29:327–339. DOI: 10.1007/s10646-020-02177-5

584

585 Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) Sublethal effects of pesticides on beneficial
 586 arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52(1):81-106. DOI: 10.1146/annurev.ento.52.110405.
 587 091440

588

589 Dong K, Du Y, Rinkevich F, Nomura Y, Xu P, Wang L, Silver B, Zhorov BS (2014)
 590 Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. Insect Biochem. Mol.
 591 Biol. 50:1–17. DOI:10.1016/j.ibmb.2014.03.012

592

593 Ebeid AR, Elbehery HH, Farag NA, Gesraha MA (2017) Toxicity of some insecticides on the
 594 hymenopteran parasitoid, *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). Eur. J. Sustain. Dev.
 595 Res. 6(4):72-80. DOI:10.14207/ejsd.2017.v6n4p72

596

597 Elbert A, Haas M, Springer B, Thielert W, Nauen R (2008) Applied aspects of neonicotinoid
 598 uses in crop protection. Pest Manag. Sc. 64(11):1099-1105. DOI:10.1002/ps.1616

599

600 Fernandes FL, Bacci L, Fernandes MS (2010) Impact and selectivity of insecticides to
 601 predators and parasitoids. EntomoBrasilis 3(1):1-10. DOI:10.12741/ebrasilis.v3i1.52

602

603 Garzón A, Medina P, Amor F, Vinuela E, Budia F (2015) Toxicity and sublethal effects of six
 604 insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea*
 605 (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae).
 606 Chemosphere 132:87-93. DOI:10.1016/j.chemosphere.2015.03.016

607

- Guedes RNC, Walse SS, Throne JE (2017) Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. *Curr. Opin. Insect. Sci.* 21:47-53. DOI:10.1016/j.cois.2017.04.010
- Hassan SA (1988) Guideline for testing the side effect of pesticides on the egg parasite *Trichogramma cacoeciae*. *Bulletin SROP* 11:3-18
- IRAC, Insecticide Resistance Action Committee (2021). The Irac classification: an interactive mode of action (MoA) tool. Disponível em: <http://www.irac-online.org/modes-of-action/>. Acessado: 05 jan 2021
- Kovaríková K, Holý K, Skuhrovec J, Saska P (2017) The efficacy of insecticides against eggs and nymphs of *Aleyrodes proletella* (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions. *Crop Prot.* 98:40-45. DOI:10.1016/j.cropro.2017.03.013
- Kogan M (1998) Integrated Pest Management: Historical perspective and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43:2043-2070. DOI:10.1146/annurev.ento.43.1.243
- Lilly DG, Dang K, Webb CE, Doggett SL (2016) Evidence for metabolic pyrethroid resistance in the common bed bug (Hemiptera: Cimicidae) *J. Econ. Entomol.* 109(3):1364-1368. DOI: 10.1093/jee/tow041
- Liu TX, Chen TY (2000) Effects of the chitin synthesis inhibitor buprofezin on survival and development of immatures of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Econ. Entomol.* 93:234-23. DOI:10.1603/0022-0493-93.2.234.
- Loetti V, Bellocq I (2016) Effects of the insecticides methoxyfenozide and cypermethrin on non-target arthropods: a field experiment. *Austral Entomol.* 56(3):255-260. DOI:10.1111/aen.12230
- Lopes MP, Fernandes KM, Tomé HVV, Gonçalves WG, Miranda FR, Serrão JE, Martins GF, (2018) Spinosad-mediated effects on the walking abilities, midgut, and Malpighian tubules of Africanized honey bee workers. *Pest Manag. Sci.* 74(6):1311-1318. DOI:10.1002/ps.4815

- Lorenzato D, Grellmann EO, Chouene EC, Meyer-Cachapuz LM (1986) Flutuação populacional de ácaros fitófagos e seus predadores associados à cultura da macieira (*Malus domestica* Bork) e efeitos dos controles químicos e biológicos. Agron. Sulriogr. 22:135-151.
- Luna RF, Bestete LR, Torres JB, Silva-Torres CSA (2018) Predation and behavioral changes in the neotropical lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera: Chrysopidae) exposed to lambda-cyhalothrin. Ecotoxicology 27(6):689-702. DOI:10.1007/s10646-018-1949-x
- Mansoor MM, Shad SA (2020) Genetics, cross-resistance and realized heritability of resistance to acetamiprid in generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae). Egypt J. Biol. Pest Control. 30(1):1-8. DOI:10.1186/s41938-020-0213-x
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021) Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado: 07 jan 2021
- Martínez LC, Plata-Rueda A, Gonçalves WG, Freire AFPA, Zanuncio JC, Bozdoğan H, Serrão JE (2019) Toxicity and cytotoxicity of the insecticide imidacloprid in the midgut of the predatory bug, *Podisus nigrispinus*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 167:69–75. DOI:10.1016/j.ecoenv.2018.09.124
- Medina P, Budia F, Estal P, Adán A, Viñuela E (2003) Side effects of six insecticides on different developmental stages of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). IOBC/WPRS Bulletin 26(5):33-40.
- Müller C (2018) Impacts of sublethal insecticide exposure on insects-Facts and knowledge gaps. Basic Appl. Ecol. 30:1-10. DOI:10.1016/j.baae.2018.05.001
- Ono ÉK, Zanardi OZ, Santos KFA, Yamamoto PT (2017) Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. Chemosphere 168:49-57. DOI:10.1016/j.chemosphere.2016.10.061

- 673 Parra JRP (1997) Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para
 674 produção de *Trichogramma*. In: Parra JRP, Zucchi RA (Eds.). *Trichogramma e o controle*
 675 biológico aplicado. FEALQ, Piracicaba, pp121-150
 676
- 677 Pasini RA, Grützmacher AD, Pazini JB, De Armas FS, Bueno FA, Pires SN (2018) Side
 678 effects of inseticides used in wheat crop on eggs and pupae of *Chrysoperla externa* and
 679 *Eriopis connexa*. *Phytoparasitica* 46:115-125. DOI:10.1007/s12600-018-0639-9
 680
- 681 Pérez-Aguilar DA, Soares MA, Passos LC, Martínez AM, Pineda S, Carvalho GA (2018)
 682 Lethal and sublethal effects of insecticides on *Engytatus varians* (Heteroptera: Miridae), a
 683 predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecotoxicology* 27:719–728.
 684 DOI:10.1007/s10646-018-1954-0
 685
- 686 Püntener W (1981) Manual for field trials in plant protection. Basle:Ciba-Geigy, Suíça
 687
- 688 Quesada CR, Sadof CS (2020) Residual toxicity of insecticides to *Chrysoperla rufilabris* and
 689 *Rhyzobius lophanthae* predators as biocontrol agents of pine needle scale. *Crop Prot.*
 690 130:105044. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.105044
 691
- 692 R Development Core Team. R (2021) - A language and environment for statistical computing.
 693 Versão 4.0.0. 2021. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acesso em: 02 jan. 2021.
 694
- 695 Rimoldi F, Schneider MI, Ronco A (2008) Susceptibility of *Chrysoperla externa* eggs
 696 (Neuroptera: Chrysopidae) to conventional and biorational insecticides. *Environ. Entomol.*
 697 37(5):1252–1257. DOI: 10.1603/0046-225x(2008)37[1252:soceen]2.0.co;2
 698
- 699 Rimoldi F, Fogel NM, Ronco AE, Schneider MI (2017) Comparative susceptibility of two
 700 Neotropical predators, *Eriopis connexa* and *Chrysoperla externa*, to acetamiprid and
 701 pyriproxyfen: Short and long-term effects after egg exposure. *Polluto Environ* 231(1):1042-
 702 1050. DOI:10.1016/j.ecoenv.2013.06.014
 703
- 704 Rugno GR, Zanardi OZ, Yamamoto PT (2015) Are the pupae and eggs of the lacewing
 705 *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? *J. Econ. Entomol.*
 706 108:2630–263. DOI: 10.1093/jee/tov263

- Rugno GR, Zanardi OZ, Parra JRP, Yamamoto PT (2019) Lethal and sublethal toxicity of insecticides to the lacewing *Ceraeochrysa cubana*. Neotrop. Entomol. 48(1):162-170. DOI:10.1007/s13744-018-0626-3
- Sâmia RR, Gontijo PC, Oliveira RL, Carvalho GA (2019) Sublethal and transgenerational effects of thiamethoxam applied to cotton seed on *Chrysoperla externa* and *Harmonia axyridis*. Pest Manag. Sci. 75(3):694-701. DOI:10.1002/ps.5166
- Santos-Junior VC, Martínez LC, Plata-Rueda A, Bozdoğan H, Zanuncio JC, Serrão JE (2019) Exposure to spinosad induces histopathological and cytotoxic effects on the salivary complex of the non-target predator *Podisus nigrispinus*. Chemosphere. 225:688-695. DOI:10.1016/j.chemosphere.2019.03.105
- Schneider M, Smagghe G, Pineda S, Vinuela E (2008) The ecological impact of four IGR insecticides in adults of *Hyposoter didymator* (Hym., Ichneumonidae): pharmacokinetics approach. Ecotoxicology 17(3): 181-188. DOI:10.1007/s10646-007-0182-9
- Schmuck R, Candolfi MP, Kleiner R, Mead-Briggs M, Moll M, Kemmeter F, Jans D, Waltersdorfer A, Wilhelmy HA (2000) Laboratory test system for assessing effects of plant protection products on the plant dwelling insect *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). In: Candolfi MP, Blumel S, Forster R, Bakker FM, Grimm C, Hassan SA, Heimbach U, Mead-Briggs MA, Reber B, Schmuck R, Vogt H (Eds.). Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/ WPRS, Reinheim, pp45-56
- Schuber JM, Monteiro LB, Poltronieri AS, Cardoso NA, Mio LLM (2008) Influência de sistemas de produção sobre a ocorrência de inimigos naturais de afídeos em pomares de pessegueiros em Araucária-PR. Rev. Bras. Frutic. 30(2):336-342. DOI:10.1590/S0100-29452008000200012
- Shan YX, Zhu Y, Li JJ, Wang NM, Yu QT, Xue CB (2020) Acute lethal and sublethal effects of four insecticides on the lacewing (*Chrysoperla sinica* Tjeder). Chemosphere 250:126321. DOI:10.1016/j.chemosphere.2020.126321

- Silva BKDA, Godoy MSD, Lima AGD, Oliveira AKSD, Pastori PL (2017) Toxicity of insecticides used in muskmelon on first-instar larvae of *Chrysoperla genanigra* Freitas (Neuroptera: Chrysopidae). Rev. Caatinga 30(3):662-669. DOI:10.1590/1983-21252017v30n314rc
- Soares ADFT, Carvalho GA (2018) Physiological selectivity of insecticides to eggs and larvae of predator *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera: Chrysopidae). Coffee Science 13(3):292–303. DOI:10.25186/cs.v13i3.1441
- Souza JR, Moreira LB, Lima LRL, Silva TG, Braga PPM, Carvalho GA (2020) Susceptibility of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861)(Neuroptera: Chrysopidae) to insecticides used in coffee crops. Ecotoxicology 29:1306–1314. DOI:10.1007/s10646-020-02261-w
- Sterk G, Hassan SA, Baillod M, Bakker F, Bigler F, Blümel S, Bogenschutz H, Boller E, Bromand B, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Garrido A, Grove A, Heimbach U, Hokkanen H, Jacas J, Lewis G, Moreth L, Polgar L, Roversti L, Samsøe-Peterson L, Sauphanor B, Schaub L, Stäubli A, Tuset JJ, Vainio A, Veire MV, Viggiani G, Vinuela E, Vogt H (1999). Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-working group 'Pesticides and beneficial Organisms'. BioControl 44(1):99-117. DOI:10.1023/A:1009959009802
- Suárez-López YA, Hatem AE, Aldebis HK, Vargas-Osuna E (2020) Lethal and sublethal effects of lufenuron on the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens)(Neuroptera: Chrysopidae). Crop Prot. 134:105217. DOI:10.1016/j.cropro.2020.105217
- Torres AF, Carvalho GA, Santa-Cecília LVC, Moscardini VF (2013) Selectivity of seven insecticides against pupae and adults of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). Rev. Colomb. Entomol. 39(1):34-39.
- Vogt H, Bidfer F, Brown K, Candolfi MP, Kemmeter F, Kühner C, Moll M, Travis A, Ufer A, Viñuela E, Wladburger M, Waltersdorfer A (2000) Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). In: Candolfi MP, Blümel S, Forster R, Bakker FM, Grimm C, Hassan SA, Heimbach U, Mead-Briggs MA,

- 775 Reber B, Schmuck R, Vogt H (Eds.). Guidelines to evaluate side-effects of plant protection
776 products to non-target arthropods. IOBC/ WPRS, Reinheim, pp27-44
777
- 778 Vogt H, Rumpf S, Wetzell C, Hassan SA (1992) A field method for testing effects of pesticides
779 on the green lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. IOBC/WPRS Bulletin, 15:176-182.
780
- 781 Zotti MJ, Grutzmacher AD, Lopes IH, Smagghe G (2013) Comparative effects of insecticides
782 with different mechanisms of action on *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae):
783 Lethal, sublethal and dose-response effects. Insect Sci. 20(6):743-752. DOI:10.1111/1744-
784 7917.12008
785

Tabela 1. Inseticidas utilizados nos bioensaios de avaliação de toxicidade sobre ovos, pupa, larva e adultos de *Chrysoperla externa*.

Ingrediente ativo	Nome técnico	Grupo químico	Fabricante	Sítio de ação primário ¹	Cultura recomendada	Artrópodes-praga	D.C. ²	C ³
acetamiprido + etofenproxi	Eleitto	Neonicotinoide + Éter difenílico	Iharabras S.A.	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina + Moduladores de canais de sódio	<i>Malus domestica</i> Borkh., <i>Prunus persica</i> L. Batsh, e <i>Pyrus</i> spp. L	⁴ <i>A. fraterculus</i> e ⁵ <i>G. molesta</i>	70	167 +300
espinetoram	Delegate	Espinosinas	Corteva Agriscience	Moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina	<i>Cydonia oblonga</i> Mill., <i>Malus domestica</i> Borkh., <i>Prunus persica</i> L. Batsh, e <i>Pyrus</i> spp. L	⁴ <i>A. fraterculus</i> , ⁵ <i>G. molesta</i> e ⁶ <i>A. sphaleropa</i>	30	250
indoxacarbe	Avatar	Oxadiazina	FMC Química do Brasil Ltda	Bloqueadores de canais de sódio dependentes da voltagem	<i>Cydonia oblonga</i> Mill., <i>Malus domestica</i> Borkh., <i>Prunus persica</i> L. Batsh, e <i>Pyrus</i> spp. L	⁵ <i>G. molesta</i>	75	150
metoxifenoazida	Intrepid 240 SC	Diacilhidrazina	Corteva Agriscience	Agonistas de receptores de ecdisteroides	<i>Malus domestica</i> Borkh.	⁵ <i>G. molesta</i>	80	240

¹ Segundo o IRAC (2021); ²D.C = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹); ³C= Concentração de ingrediente ativo por produto (g.kg ou g.L); ⁴*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae); ⁵*Grapholita molesta* (Busck,1916) (Lepidoptera: Tortricidae); ⁶*Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick, 1909) (Lepidoptera: Tortricidae).

Tabela 2. Efeito total e classificação da IOBC, após a exposição de ovos e pupas de *Chrysoperla externa* á resíduos secos de inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.

Tratamento	DC ¹	Ovos		Pupas				
		R.E.L. ²	C ³	R.E.A. ⁴	Fecundidade	Fertilidade	E(%) ⁵	C ³
testemunha	---	---	-	0,00	16,72 ± 1,13 ab	95,29 ± 0,53 a	---	-
acetamiprido + etofenproxi	70	9,53	1	23,34	19,04 ± 0,80 a	73,33 ± 0,45 c	32,80	2
espinetoram	30	8,92	1	6,67	16,57 ± 0,15 ab	94,40 ± 0,25 a	6,67	1
indoxacarbe	75	10,65	1	13,03	19,83 ± 0,59 a	85,65 ± 0,47 b	8,09	1
metoxifenoza	80	3,38	1	6,67	14,96 ± 0,29 b	93,43 ± 0,08 a	22,13	1

¹D.C = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹); ²R.E.L. = Redução na eclosão de larvas corrigida por Schneider-Orelli (%); ³C = Classes da IOBC: 1= inócuo (<30%), 2= levemente nocivo (30-79%), 3=moderadamente nocivo (80-99%), 4= nocivo (>99%). ⁴R.E.A. = Redução na emergência de adultos corrigida por Schneider-Orelli (%); ⁵E = Efeito total (%); Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Tabela 3. Duração média $\pm$ EP (dias) dos ínstaes larvais, estágios de pré-pupa e pupa e duração do período larva-adulto de *Chrysoperla externa* quando o estágio larval foi exposto ao contato residual de inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.

Tratamento	DC ¹	Duração (Dias)					
		1ºInstar	2ºInstar	3ºInstar	Pré Pupa	Pupa	Larva-Adulto
testemunha	---	1,92 $\pm$ 0,04a	2,95 $\pm$ 0,03a	4,18 $\pm$ 0,09a	1,07 $\pm$ 0,04a	5,02 $\pm$ 0,07a	14,25 $\pm$ 0,13a
acetamiprido + etofenproxi	70	---	---	---	---	---	---
espinetoram	30	---	---	---	---	---	---
indoxacarbe	75	---	---	---	---	---	---
metoxifenoziata	80	1,82 $\pm$ 0,06a	2,50 $\pm$ 0,11b	3,27 $\pm$ 0,11b	1,12 $\pm$ 0,06a	4,20 $\pm$ 0,10b	13,79 $\pm$ 0,12b

¹D.C.= Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹). Médias foram analisadas pelo teste de Wilcoxon ($p \leq 0,05$).

Tabela 4. Fecundidade, fertilidade, efeito total e classificação da IOBC, após a exposição de larvas e adultos de *Chrysoperla externa* á resíduos secos de inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado.

Tratamento	DC ¹	M (%) ²	Fecundidade	Fertilidade	E ³	C ⁴
Efeito em larvas						
testemunha	---	---	17,63 ± 0,72 a	93,00 ± 1,37 a	---	---
acetamiprido + etofenproxi	70	98,00	---	---	100,00	4
espinetoram	30	98,00	---	---	100,00	4
indoxacarbe	75	100	---	---	100,00	4
metoxifenoza	80	0,00	17,03 ± 0,99 a	91,50 ± 0,25 a	0,00	1
Efeito em adultos						
testemunha	---	---	16,24 ± 0,48 a	95,00 ± 1,92 a	--	--
acetamiprido + etofenproxi	70	100,00	---	---	100,00	4
espinetoram	30	100,00	---	---	100,00	4
indoxacarbe	75	100,00	---	---	100,00	4
metoxifenoza	80	0,00	13,56 ± 0,97 b	92,00 ± 1,67 a	0,00	1

¹D.C = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹); ²M (%)= Mortalidade corrigida por Schneider-Orelli (%); ³E = Efeito total (%); ⁴C = Classes da IOBC: 1= inócuo (<30%), 2= levemente nocivo (30-79%), 3=moderadamente nocivo (80-99%), 4= nocivo (>99). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p ≤0,05).

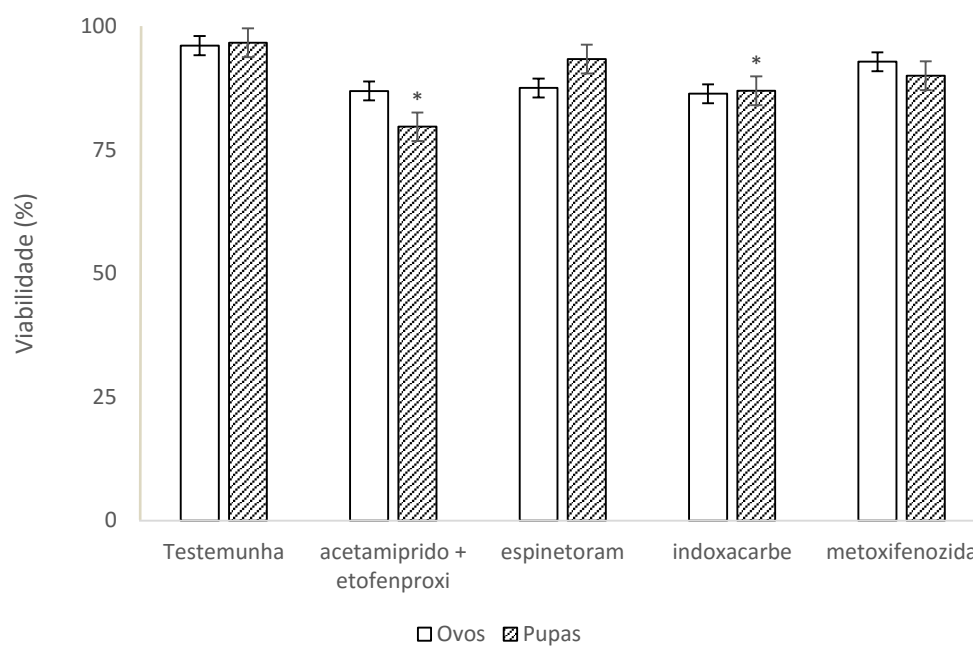


Figura 1. Viabilidade de ovos e pupas de *Chrysoperla externa* pulverizados com inseticidas utilizados na Fruticultura de Clima Temperado. *Diferença significativa quando comparado a testemunha pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

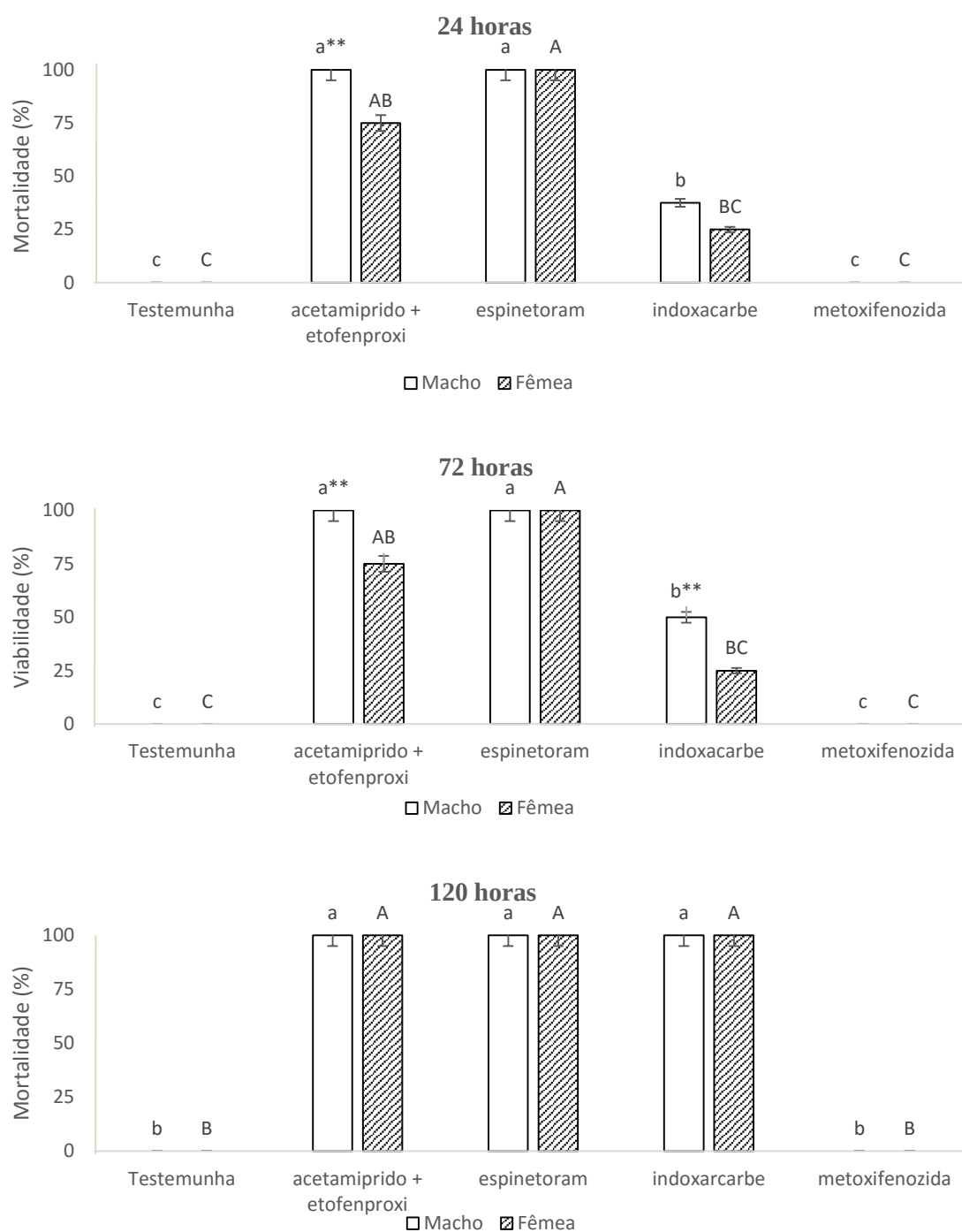


Figura. 2 Mortalidade acumulada de machos e fêmeas, quando o estágio adulto de *Chrysoperla externa* foi exposto ao contato residual com inseticidas utilizados. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas barras não preenchidas (machos) e pela mesma letra maiúscula nas barras com preenchimento (fêmeas) não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunn, com correção de Bonferroni ($p \leq 0,05$). ^{**} Apresentam diferença estatística entre mortalidade de fêmeas e machos pelo teste de Wilcoxon ($p \leq 0,05$).

Artigo 2

(Conforme as normas do período “Ecotoxicology and Environmental Safety”)

**Ação residual de quatro inseticidas sobre larvas e adultos do predador
Chrysoperla externa (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**

**Residual action of four insecticides on larvae and adults of the predator
Chrysoperla externa (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**

Franciele Silva De Armas^{1*}; Lisandra da Silva Furtado¹; Rafael Antônio Pasini²;
Dori Edson Nava³; Anderson Dionei Grutzmacher¹.

Ação residual de quatro inseticidas sobre larvas e adultos do predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Residual action of four insecticides on larvae and adults of the predator *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

Franciele Silva De Armas^{1*};

Lisandra da Silva Furtado¹;

Rafael Antônio Pasini²;

Dori Edson Nava³;

Anderson Dionei Grutzmacher¹.

¹Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), caixa postal 354, 96010-900, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

²Centro de Ensino Superior Riograndense (CESURG), 99560-000, Sarandi, Rio Grande do Sul, Brasil.

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Embrapa Clima Temperado, caixa postal 403, 96010-971, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Franciele Silva De Armas,
Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), 96010900,
caixa postal 354, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: frandearmas@gmail.com

Telefone: +55 53 98137025

1. Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar a persistência (duração da atividade nociva) dos inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida em larvas e adultos do predador *Chrysoperla externa*, Hagen, 1861 (Neuroptera: Chrysopidae). Os bioensaios utilizaram as metodologias propostas pela *International Organization for Biological and Integrated Control* (IOBC). Os inseticidas foram pulverizados em plantas de videira cv. Bordô, utilizando-se a máxima dosagem recomendada no controle de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) e *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em pomares de pessegueiro, macieira e pereira. Semanalmente, aos 3, 10, 17, 24 e 31 dias após a pulverização, larvas e adultos do predador foram expostos a folhas pulverizadas para determinação do efeito residual dos inseticidas na mortalidade e possíveis efeitos na fecundidade da fêmea e na fertilidade dos ovos. Em função da toxicidade observada ao longo dos bioensaios semanais, os inseticidas foram classificados conforme a escala de persistência da IOBC. Houve diferenças quanto a persistência para os estágios avaliados, o inseticida espinetoram sendo classificado como moderadamente persistente (classe 3) a larvas e levemente persistente (classe 2) a adultos, e o indoxacarbe considerado também como moderadamente persistente (classe 3) para fase larval e como inseticida de vida curta (classe 1) a fase adulta do crisopídeo, evidenciando assim a diferença de suscetibilidade entre as fases de desenvolvimento de *C. externa*. Os inseticidas acetamiprido+ etofenproxi e metofenoazida são os mais indicados para a aplicação segura em áreas que ocorrem a presença do predador, devido serem classificados como inseticidas de vida curta (classe 1) as fases de larva e adulta de *C. externa*, devendo ser priorizado em áreas que visem a utilização de estratégias baseadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Palavras-chave: crisopídeo, persistência de inseticidas, controle químico, controle biológico, fruticultura de clima temperado.

2. Introdução

A mariposa oriental, *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) e a mosca das frutas *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) são os principais artrópodes-praga que ocorrem em frutíferas de clima temperado no Brasil (Monteiro et al. 2020; Stupp et al. 2021; Zhang et al. 2021). O controle químico, com a pulverização de inseticidas sintéticos, é a forma mais utilizada pelos produtores para controle desses artrópodes-praga (Leivas et al. 2020; Monteiro et al. 2020). Apesar da eficiência no

69 controle, a utilização destes produtos está associada a diversos efeitos negativos, como
70 seleção de indivíduos resistentes, ressurgência de pragas secundárias, redução ou eliminação
71 populações de inimigos naturais (Desneux et al. 2007; Fernandes et al. 2010), práticas
72 contrárias aos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Carvalho et al. 2019).

73 O MIP preconiza a utilização de inseticidas seletivos em consonância com a presença
74 de inimigos naturais, devendo sempre ser priorizado a utilização do controle biológico frente
75 a aplicação exclusiva de inseticidas (Kogan 1998; Beloti et al. 2015; Shan et al. 2020). Entre
76 os inimigos naturais presentes em pomares, o predador generalista *Chrysoperla externa*
77 (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) têm grande importância, por apresentar ampla
78 distribuição geográfica, alta capacidade predatória no estágio larval, ampla gama de
79 hospedeiros, tolerância a alguns inseticidas e alto potencial reprodutivo (Santos et al. 2006;
80 Pasini et al. 2020; Suárez-López et al. 2020). Além disso, predadores generalistas como *C.*
81 *externa*, têm vantagem sobre especialistas devido a polifagia e podem explorar diversos
82 recursos alimentares e sobreviver no agroecossistema sem pragas alvo, evitando assim seu
83 ressurgimento (Symondson et al. 2002; De Armas et al. 2020). Portanto, *C. externa* tem alto
84 potencial para atuar na supressão de pragas secundárias, como por exemplo, o ácaro rajado
85 *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae), o ácaro vermelho *Panonychus ulmi*
86 (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) e o pulgão *Brachycaudus persicae* (Passerini, 1860)
87 (Hemiptera: Aphididae), presentes em pomares no Brasil (Sato et al. 2011; Castilhos et al.
88 2019) e no mundo (Nauen et al. 2001; Rameshgar et al. 2019).

89 Deste modo, programas de MIP procuram aumentar a compatibilidade entre os
90 métodos de controle, para aumentar a sua eficiência, incluindo métodos químicos e biológicos
91 (Carvalho et al. 2019; Suárez-López et al. 2020). Portanto, uma das primeiras etapas para
92 projetar uma estratégia de controle biológico é avaliar a toxicidade de inseticidas usados para
93 o controle dos artrópodes-praga em seus inimigos naturais. Esta avaliação deve ser realizada
94 não só em laboratório, mas em condições de semi-campo (casa-de-vegetação) e campo,
95 medindo não apenas a toxicidade imediatamente após a aplicação, mas também a
96 permanência do inseticida e a evolução de sua toxicidade com o tempo (Morales et al. 2019).
97 Além disso, testes laboratoriais avaliam a mortalidade excluindo fatores/variáveis ambientais,
98 podendo este resultado ser amplificado ou reduzido em casa de vegetação e campo (Abdullahi
99 et al. 2020). Também é necessário compreender as fases de desenvolvimento e
100 comportamento do inseto testado (Afza et al. 2020; Quesada e Sadof 2020), logo, é esperado
101 que as fases imaturas e adultas de *C. externa* apresentem diferenças de toxicidade,
102 necessitando assim de testes apropriados em ambas as fases de desenvolvimento.

Diversos fatores podem interferir na toxicidade de um agrotóxico em condições de semi-campo e campo, por isso, é necessário a realização de testes com uma metodologia validada, para mensurar os impactos dos pesticidas em organismos não alvo (Jansen 2010). A propósito disso, a *International Organization for Biological and Integrated Control* (IOBC) propõe uma avaliação reconhecida globalmente, envolvendo vários testes de laboratório, semicampo e campo (Hassan 1994). Essas etapas de avaliação permitem para determinar diferentes características toxicológicas dos inseticidas e estabelecer se são compatíveis com controle e apropriado para uso no MIP. A espécie *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae) é uma espécie padrão conforme a IOBC, para avaliação de testes que envolvam seletividade e persistência de agrotóxicos (Vogt et al. 1998). No Brasil, *C. externa* é uma opção viável dentro das espécies de ocorrência neotropical para testes de seletividade e persistência de inseticidas (Castilhos et al. 2019), havendo estudos na cultura do pessegueiro (Castilhos et al. 2019) e no trigo (Pasini et al. 2020). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a ação residual (duração da atividade nociva) de quatro inseticidas usados para controle de *G. molesta* e *A. fraterculus*, nas fases larval e adulta de *C. externa*, utilizando a metodologia proposta pela IOBC.

3. Material e Métodos

3.1 Insetos

Adultos e larvas de *C. externa* utilizados nos bioensaios, foram provenientes de uma criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, da Universidade Federal de Pelotas (LabMIP/ UFPel, RS, Brasil), em sala climatizada (temperatura (T): $25\pm 1^{\circ}\text{C}$; umidade relativa (UR): $70\pm 10\%$; fotofase (FT): 14 horas).

Ovos do predador foram depositados em bandejas plásticas (43 cm x 27 cm x 13 cm), tampadas com um tecido voile até a eclosão. Larvas de *C. externa* foram individualizadas e mantidas em tubo de ensaio (12 cm de comprimento x 5 cm diâmetro), fechado com filme de PVC transparente e alimentadas *ad libitum*, com ovos do hospedeiro alternativo *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), mantidas conforme metodologia proposta por Parra (1997) até a pupação. Adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (15,5 cm de altura x 18,5 cm de diâmetro), fechadas com papel toalha, em ambas as extremidades, que serviram de substrato para oviposição. Água destilada foi fornecida por capilaridade mediante um orifício na gaiola, e também uma dieta artificial composta de 15 mL de leite condensado,

2 gemas de ovo, 1 clara de ovo, 30 g de mel, 20 g de açúcar, 30 g de levedura de cerveja, 50 g de germe de trigo e 45 mL de água destilada (Vogt et al. 2000), a qual foi adicionada ao redor da gaiola, na altura do orifício de entrada da água. Duas vezes por semana, a água e a dieta foram substituídas, e o papel toalha com as posturas foram removidos, sendo os ovos mantidos nas bandejas até a eclosão das larvas.

3.2 Plantas

Foram usadas plantas de videira (*Vitis labrusca* L), variedade “Bordô”, como substrato vegetal para a aplicação dos inseticidas conforme recomendação da IOBC (Ternes et al. 2001). Em junho de 2018, foram coletadas 80 estacas, da matriz situado na propriedade “Vinhos Nardello” (31° 30’ 47’’ S, 52° 36’ 50’’ W), e transferidas para a casa de vegetação do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP/UFPel), situado na Universidade Federal de Pelotas (31° 48’ 09’’ S, 52° 25’ 02’’ W). Estas estacadas foram colocadas em sacos plásticos de 10cm x 16cm, contendo substrato vegetal. Aos três meses após a colocação das estacas para o enraizamento, as mudas foram transplantadas para vasos de 10L com substrato vegetal e adubadas conforme recomendação técnica (Melo et al. 2016). As mudas foram mantidas sem a presença de inflorescência e irrigadas diariamente e permaneceram até final dos bioensaios na casa de vegetação (T: 30.0 ± 9,0 °C; UR: 60.0 ± 25%). Foram utilizadas 6 plantas, com 210 dias em média, que possuíam no mínimo 30 folhas com 12 cm de diâmetro, para cada tratamento, em cada estágio de desenvolvimento avaliado (larva e adulto).

3.3 Inseticidas testados

Os quatro inseticidas selecionados para os bioensaios (Tab. 1), com diferentes grupos químicos e modo de ação (IRAC 2021), são usados em culturas da fruticultura de clima temperado, como pessegueiro, macieira e pereira para o controle de *G. molesta* e *A. fraterculus*. Todos os inseticidas avaliados são recomendados para pulverização foliar, e foram avaliados na máxima dosagem de campo recomendada (g ou mL.100 L⁻¹), com volume de aplicação recomendado de 1000L. ha⁻¹ (MAPA 2021).

3.4 Bioensaios

Os bioensaios foram conduzidos seguindo as metodologias da IOBC, propostas por Hassan e Abdelgader (2001), Castilhos et al. (2019) e Pasini et al. (2020). A pulverização foi realizada em plantas, com um pulverizador pressurizado a CO₂, com bico jato plano (Teejet XR110015EVS). A pressão de trabalho utilizada na pulverização foi de 50 psi, se deu até o ponto de escorrimento. Após a secagem das caldas, as plantas foram acondicionadas na casa de vegetação (T: 30.0 ± 9,0 °C; UR: 60.0 ± 25%). Além disso um tratamento controle (água destilada), foi acrescentado em todos os bioensaios.

Semanalmente aos 3, 10, 17, 24 e 31 dias após a aplicação (DAP) dos inseticidas, as folhas com os resíduos de cada tratamento foram retiradas das plantas, com um auxílio de uma tesoura, transferidas para o laboratório (T: 25±1°C; UR: 70±10%; FT:14 horas), para serem utilizadas nos bioensaios de avaliação da atividade nociva (persistência) para as fases de larva e adulto de *C. externa*.

3.5 Exposição de larvas

Para a confecção das gaiolas de exposição para a fase larval, foram utilizadas bandejas de plástico de 5L, com uma base de metacrilato (34 cm de comprimento x 20 cm de largura), coberta com pano composto por 50% poliéster e 50% viscose, com o intuito de manter a umidade. Folhas de videira contendo resíduos secos dos inseticidas foram destacadas das plantas e levadas para o laboratório, onde foram colocadas sobre esta base revestida com pano, e em seguida sobrepostas por duas placas de metacrilato (32 cm comprimento x 8 cm largura), as quais possuíam cinco orifícios cada (5 cm de diâmetro). Em cada orifício foi acoplado um copo plástico (50 mL), desprovido de fundo, previamente polvilhados com talco; para evitar o escape de larvas; formando as arenas de exposição. Larvas de primeiro ínstar (1-2 dias de idade) foram adicionadas nestas arenas, com auxílio de pincel fino, e permaneceram em contato com as folhas de videira até a emergência dos adultos, sendo alimentados diariamente *ad libitum* com ovos de *E. kuehniella*. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Cada tratamento consistiu em quatro placas de metacrilato com cinco arenas cada, totalizando 20 insetos por experimental unidade. Diariamente foi avaliada a mortalidade das larvas e a duração do período de desenvolvimento (larva a adulto) em dias e os parâmetros reprodutivos, foram avaliados naqueles tratamentos que obtiveram mortalidade acumulada foi ≤ 50%.

3.6 Exposição de adultos

Para a exposição de adultos *C. externa* as folhas de videira contendo resíduos dos inseticidas, foram confeccionadas gaiolas de exposição compostas por duas placas de vidro (14 cm x 14 cm), onde estas placas serviam de fundo e cobertura das gaiolas. A placa referente ao fundo da gaiola, foi coberta com tecido composto por 50% poliéster e 50% viscose, sobre este tecido a folha de videira previamente destacada foi colocada e posteriormente também um anel metacrilato (diâmetro de 10 cm; altura de 3 cm), com cinco orifícios (diâmetro de 1,3 cm), fechado com tecido tipo voile para permitir a ventilação. Um orifício foi conectado a uma bomba de sucção para eliminar vapores tóxicos e outro orifício (diâmetro de 0,8) foi usado para fornecer água aos insetos. A dieta artificial foi fornecida na lateral da gaiola. Após a confecção das gaiolas, adultos com uma semana de idade, foram inseridos nas gaiolas e mantidos em sala climatizada. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Cada tratamento consistiu em quatro gaiolas, contendo oito insetos. Cada gaiola foi considerada uma repetição, totalizando 16 insetos por unidade experimental. A mortalidade acumulada foi avaliada após 120 h de exposição a resíduos de inseticidas (Schmuck et al. 2000). Testes subletais foram realizados nos tratamentos em que a mortalidade acumulada foi $\leq 50\%$.

3.7 Avaliação dos efeitos subletais em adultos sobreviventes

Além da mortalidade, os efeitos subletais nos parâmetros reprodutivos (fecundidade e fertilidade) foram avaliados em adultos que sobreviveram nos bioensaios de avaliação da duração da atividade nociva dos inseticidas nas fases de larva e adulto de *C. externa*. Apenas foram realizadas as avaliações nos tratamentos com taxa de mortalidade $\leq 50\%$. Para analisar parâmetros reprodutivos, cinco a sete casais de *C. externa* que sobreviveram aos bioensaios anteriores foram sedados com CO₂ e transferido para gaiolas de acrílico e mantidos nas mesmas condições climáticas da criação (ver 3.1). Três dias após a primeira postura, os ovos depositados no papel toalha, foram coletados por quatro dias consecutivos. O número total de ovos de cada coleta foi mensurado e dividido pelo número de fêmeas na gaiola a fim de se determinar a fecundidade média (número de ovos por fêmea ao dia). Além disso, a cada coleta, os ovos foram removidos do papel toalha, com uma tesoura e um pincel, e incubado em placas de cultura celular com 96 poços (Kasvi Ltda., Pinhais, PR, Brasil), revestido com filme de PVC transparente, para evitar canibalismo e fuga, e foi avaliado diariamente a quantidade de ovos eclodidos a fim de calcular a fertilidade dos ovos em cada tratamento.

3.8 Classificação da seletividade

A classificação da seletividade de larvas e adultos, levou em conta as porcentagens de mortalidade, foram calculadas para cada tratamento e corrigidas em função da testemunha pela fórmula de Schneider-Orelli (Püntener 1981). O efeito total de tratamento foi calculado por meio da fórmula proposta por Vogt et al. (1998):

$$E = 100\% - (100\% - M\%) \times R1 \times R2$$

onde: E = efeito total (%); M% = mortalidade no tratamento corrigida em função da testemunha; R1 = razão entre a média diária de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada e R2 = razão entre a viabilidade média de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada.

Os inseticidas foram classificados quanto à seletividade em função do efeito total, de acordo com as classes de toxicidade propostas pela IOBC: 1) inócuo (<30%); 2) levemente nocivo (30-79%); 3) moderadamente nocivo (80-99%); e 4) nocivo (>99%) (Sterk et al. 1999). Quando os inseticidas se mostraram inócuos em dois bioensaios consecutivos, ou ao final dos bioensaios, estes foram classificados de acordo com a escala de persistência da IOBC em: 1) vida curta (<5 dias); 2) levemente persistente (5-15 dias); 3) moderadamente persistente (16-30 dias), e 4) persistente (>30 dias) (Hassan 1994).

3.9 Análise estatística

A mortalidade das larvas e adultos foi analisada separadamente para cada intervalo de exposição usando um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição binomial de erro através da função de ligação probit. O número de insetos mortos foi considerado como variável resposta (dependente), enquanto tempo e os tratamentos (acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe, metoxifenoazida e controle) foram incluídos como variáveis explicativas (independentes). A interação tratamentos * tempo também foi analisada. O teste qui-quadrado de Pearson foi usado para dimensionar os parâmetros que explicam a sobredispersão.

Os dados referentes a mortalidade de larvas e adultos, e a duração do período de desenvolvimento também foram submetidos a análise de Kruskal-Wallis para analisar a significância ($p \leq 0,05$) e posteriormente ao teste de média de Dunn, com correção de Bonferroni a 5% ($p \leq 0,05$). Os valores obtidos nas análises de fecundidade e fertilidade foram

submetidos à análise exploratória de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk e homocedasticidade pelo teste de Barlett e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Posteriormente esses dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), quando significativo, foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R versão 4.0.0. (R Development Core Team, 2021).

4. Resultados

4.1 Efeito residual em larvas

Os experimentos demonstraram que os inseticidas apresentaram efeito significativo sobre a mortalidade do predador ($\chi^2 = 228.42$; $df = 4$; $p < 0,001$) (Fig. 1). A estatísticas do modelo linear generalizado mostrou que o fator tempo ($p < 0,001$) e a interação de tratamento * tempo ($p = 0.02$) também causaram efeitos significativos a fase imatura. Os inseticidas espinetoram, indoxacarbe e acetamiprido + etofenproxi apresentaram uma probabilidade de mortalidade superior a observada para metoxifenoizida em todos os períodos de tempo avaliados (3, 10, 17, 24 e 31 DAP) (Fig. 1).

Na avaliação de mortalidade de larvas aos 3 DAP, os produtos acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe causaram a maior mortalidade, diferindo da testemunha ($df = 4$; $H = 11,99$; $p = 0,03$), sendo classificados como nocivos (classe 4), a larvas de *C. externa* com efeito total de 100% (Tab. 2). O metoxifenoizida apesar de não ter causado uma alta mortalidade o efeito total foi de 44 % (Mat. Suplementar S1), sendo considerado moderadamente nocivo (classe 3) a larvas do predador (Tab. 2). Após 10 dias aplicação dos inseticidas (DAP), o acetamiprido + etofenproxi não diferiu estatisticamente da testemunha ($df = 4$; $H = 14,96$; $p = < 0,001$), e o efeito total foi de 20,05% (Mat. Supl. S1), sendo classificado como inócuo (classe 1) (Tab. 2). Já os inseticidas espinetoram e indoxacarbe causaram elevada mortalidade de larvas diferindo da testemunha, e foram considerados nocivos (classe 4) a *C. externa* na avaliação de 10 DAP, porém em 17 DAP, estes dois inseticidas apesar de causarem uma mortalidade superior a testemunha ($df = 4$; $H = 11,49$; $p = 0,02$), foram classificados como levemente nocivo (classe 2) (Tab. 2), devido ao efeito total ter sido de 34,34 % para espinetoram e 45,26 % para o indoxacarbe em 17 DAP (Mat. Supl. S1). Na avaliação de 24 DAP, espinetoram e indoxacarbe não diferiram estatisticamente da testemunha ($df = 4$; $H = 12,50$; $p = 0,02$) (Tab. 2), porém as mortalidades que eram de 35% e

40,2% na avaliação de 17 DAP, reduziram em 30% para ambos os tratamentos, ocasionando um efeito total de 0,00% e 10,36%, respectivamente (Mat. Supl. S1), classificados como inócuos (classe 1) (Tab. 2).

Aos 31 DAP nenhum tratamento diferiu estatisticamente da testemunha ($df= 4$; $H= 7,40$; $p= 0,11$) (Tab. 2), e os efeitos totais de todos os inseticidas testados foram inferiores a 30% (Mat. Supl. S1). Portanto, todos os tratamentos avaliados foram considerados como inócuo (classe 1) á larvas do predador (Tab. 2). Os inseticidas espinetoram e indoxacarbe por apresentarem-se nocivos (classe 4) a larvas até aos 10 DAP, e foram classificados como moderadamente persistentes (classe 3), por apresentar toxicidade entre 16 e 30 dias. Já acetamiprido + etofenproxi e metoxifenoizida foram considerados inseticidas de vida curta (classe 1), por apresentarem atividade nociva inferior a 5 dias para larvas de *C. externa* (Tab 2.)

Não foi possível avaliar duração do período de desenvolvimento de larva a adulto aos 3 DAP para acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe devido a alta mortalidade larval. O inseticida metoxifenoizida apresentou valor superior a testemunha, diferindo estatisticamente ($df= 1$; $H= 2,50$; $p < 0,001$), nesta avaliação (Tab. 3). Em 10 DAP, o inseticida metoxifenoizida apresentou maior valor com 21,21 dias, diferindo estatisticamente da testemunha com 20,85 dias, mas não diferindo do acetamiprido + etofenproxi com 21,14 dias ($df= 2$; $H= 6,24$; $p= 0,04$). Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi e espinetoram apresentaram os maiores valores na avaliação de 17 DAP, diferindo estatisticamente da testemunha ($df= 4$; $H= 14,70$; $p= 0,01$). Nas avaliações de 24 e 31 DAP, todos os tratamentos não diferiram estatisticamente (24 DAP: $df= 4$; $H= 1,88$; $p= 0,76$; 31 DAP: $df= 4$; $H= 2,12$ $p= 0,71$) (Tab. 3).

4.2 Efeito residual em adultos

Os inseticidas apresentaram efeitos significativos sobre a mortalidade da fase adulta do predador ($\chi^2= 187.67$; $df= 4$; $p < 0.001$) (Fig. 2). Os resultados obtidos na análise das estatísticas do modelo linear generalizado mostraram que o fator tempo ($p < 0.001$) e a interação de tratamento * tempo ($p < 0.001$) também causaram efeitos significativos a fase adulta do predador (Fig. 2). O inseticida espinetoram apresentou a maior probabilidade de mortalidade em relação aos outros inseticidas em todos os intervalos de tempo analisados (Figura 2). O inseticida acetamiprido+etofenproxi foi o inseticida com menor probabilidade de mortalidade nos cinco períodos de tempo avaliados (Fig. 2).

O inseticida acetamiprido + etofenproxi que não diferiu estatisticamente da testemunha na avaliação de 3DAP ($df= 4$; $H= 12,90$; $p= 0,02$), sendo considerado inócuo (classe 1) a adultos de *C. externa* (Tab. 4). Os demais tratamentos obtiveram um efeito total de 100% (Mat. Supl. S2), portanto, foram classificados como nocivos (classe 4)(Tab. 4). O inseticida espinetoram causou a maior mortalidade entre os inseticidas testados nesta avaliação, diferindo estatisticamente da testemunha, mas não diferindo dos inseticidas indoxacarbe e metoxifenoazida. Assim, como na avaliação de 3 DAP, na avaliação de 10 DAP, o espinetoram ocasionou a maior mortalidade de adultos de *C. externa*, diferindo estatisticamente da testemunha e de todos os tratamentos ($df= 4$; $H= 13,40$; $p= 0,01$). Em 17 DAP, o espinetoram também foi o tratamento com a maior mortalidade testada, porém apesar de não ter diferido estatisticamente da testemunha, diferiu estatisticamente de acetamiprido + etofenproxi que causou a menor mortalidade avaliada ($df= 4$; $H= 11,02$; $p= 0,03$). Porém, todos os inseticidas testados foram inócuos (classe 1) (Tab 3.). Apesar de apresentar a maior mortalidade de 33,30%, o espinetoram, obteve um efeito total de 5,73 (Mat. Supl. S2), isso ocorreu devido este inseticida não ter alterado negativamente os parâmetros reprodutivos (fecundidade e fertilidade).

Nas avaliações de 24 e 31 DAP, todos os produtos testados foram classificados como inócuos (classe 1) a fase adulta de *C. externa*. Não houve diferença estatística entre os tratamentos nestas duas avaliações (24 DAP: $df= 4$; $H= 12,05$; $p= 0,02$ e 31 DAP: $df= 4$; $H= 3,59$; $p= 0,46$) (Tab. 3). O inseticida acetamiprido + etofenproxi, indoxacarbe e metoxifenoazida foram classificados como de vida curta (classe 1), devido apresentar uma atividade nociva inferior a 5 dias a fase adulta do predador. O inseticida espinetoram foi classificado como levemente persistente (classe 2), por apresentarem duração de atividade residual entre 5 e 16 dias (Tab. 3).

4.3 Efeito subletais nos adultos sobreviventes

Na avaliação dos parâmetros reprodutivos dos insetos sobreviventes a exposição a folhas de videira contendo resíduos dos insetos, não houve diferença estatísticas entre os tratamentos avaliados em 3 DAP, tanto na avaliação de fecundidade, como na fertilidade (Fig. 3) (Fecundidade (FEC): $df= 1$; $F= 0,05$; $p= 0,82$ e Fertilidade (FER): $df= 1$; $F= 0,42$; $p= 0,53$) e em adultos (FEC: $df= 1$; $F= 0,09$; $p= 0,77$ e FER: $df= 1$; $F= 0,03$; $p= 0,86$). (Fig. 4). É importante frisar que apenas foi avaliado estes parâmetros na testemunha e no metoxifenoazida, devido à alta mortalidade nos demais tratamentos na avaliação de 3 DAP.

O mesmo padrão citado na avaliação de 3 DAP, ocorreu nas avaliações de 10 DAP e 17 DAP, onde também não houve diferença estatística nas avaliações de fertilidade e fecundidade, tanto na fase larval (Fig. 3), quando na fase adulta (Fig. 4). Para a fase larval em 10 DAP, foi realizado a avaliação de fertilidade e fecundidade de acetamiprido + etofenproxi e metoxifenoazida, onde não houve diferença estatística entre os dois tratamentos ($df= 2$; $F= 1,50$; $p= 0,27$). Devido os inseticidas espinetoram e indoxacabe apresentarem elevada mortalidade, não foi possível realizar as avaliações para estes tratamentos em 10 DAP. Na avaliação da fecundidade quando expostas larvas, o acetamiprido + etofenproxi apresentou o valor de 18,67 ovos por fêmea ao dia e a testemunha foi de 17,58 ovos por fêmea ao dia. Já na avaliação da fertilidade, o metoxifenoazida apresentou valor de 88,74%, a testemunha 80%, e acetamiprido + etofenproxi 86,05%, porém não houve diferença estatística entre os tratamentos nesta avaliação ($df= 2$; $F= 0,60$; $p= 0,57$) (Fig. 3). Na avaliação de adultos sobreviventes em 10 DAP, apenas o espinetoram não foi avaliado devido à alta mortalidade, e o acetamiprido + etofenproxi, apresentou o valor de fecundidade de 17,07, a testemunha foi de 14,75 e o indoxacabe de 12,97 ovos por fêmea ao dia, porém estatisticamente não houve diferença entre os tratamentos ($df= 3$; $H= 3,03$; $p= 0,38$), na avaliação da fertilidade todos os tratamentos não diferiram estatisticamente ($df= 3$; $H= 5,37$; $p= 0,14$) (Fig. 4).

Diferentemente das avaliações de 3 e 10 DAP, todos os tratamentos foram avaliados em 17 DAP, porém não houve diferença estatística na avaliação de larvas (FEC: $df= 4$; $F= 1,38$; $p= 0,85$ e FER: $df= 4$; $F= 2,37$; $p= 0,09$) (Figura 3) e adultos (FEC: $df= 4$; $F= 8,24$; $p= 0,08$ e FER: $df= 4$; $F= 1,27$; $p= 0,86$) (Fig. 4) expostos. O tratamento acetamiprido + etofenproxi obteve um valor de fecundidade com 24,69 ovos por fêmea, porém na avaliação de fertilidade apresentou o menor percentual entre os tratamentos de 70,45 %, o oposto do que ocorreu com o indoxacabe que obteve um valor de fecundidade com 20,37 ovos por fêmea ao dia, e maior fertilidade observada de 86,86% (Fig. 3). Para a avaliação de adultos, o espinetoram apresentou o maior valor absoluto na avaliação de fecundidade (19,0 ovos por fêmea ao dia), e fertilidade (84,78%) (Fig.4).

Em 24 DAP, para a fecundidade de fêmeas expostas na fase larval, não houve diferença estatística entre os tratamentos ($df= 4$; $F= 1,26$; $p= 0,21$) (Fig. 3), e o metoxifenoazida apresentou maior valor absoluto de 25,06 ovos por fêmea ao dia. Porém na avaliação de fertilidade, este inseticida apresentou o menor valor de 60,37 %, diferindo estatisticamente do espinetoram, que teve a maior fertilidade avaliada, porém não diferindo estatisticamente da testemunha ($df= 4$; $F= 2,27$; $p < 0,001$). Em adultos expostos, não houve diferença estatística entre os tratamentos nas avaliações de fecundidade ($df= 4$; $F= 0,29$; $p=$

0,87), e fertilidade ($df= 4$; $F= 1,18$; $p= 0,36$), e o espinetoram apresentou os maiores valores absolutos nestas avaliações, com 25,33 ovos por fêmea ao dia, e 89,49 % na fertilidade dos ovos (Fig. 4).

As avaliações de fecundidade das fêmeas e a fertilidade dos ovos quando a exposição ocorreu na fase larval em 31 DAP, não mostraram diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados (FEC: $df= 4$; $F= 0,32$; $p= 0,85$ e FER: $df= 4$; $F=1,82$; $p= 0,17$), (Fig. 3). O inseticida acetamiprido + etofenproxi obteve o maior valor absoluto na avaliação de fecundidade, com 21,68 ovos por fêmea, seguido da testemunha com 21,03 ovos por fêmea ao dia, já na avaliação de fertilidade o metoxifenoazida e o espinetoram apresentaram os maiores valores, com 91,66% e 87,29%, respectivamente (Fig. 3). Em adultos após 31 DAP, na avaliação de fecundidade das fêmeas não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados ($df= 4$; $F= 0,12$; $p= 0,97$), mas na avaliação de fertilidade o inseticida indoxacarbe apresentou o menor valor de 70,07%, diferiu estatisticamente do espinetoram que apresentou 89,44% ($df= 4$; $F= 5,38$; $p < 0,001$), já os inseticidas acetamiprido + etofenproxi e metofenoazida, ambos apresentaram 80,36 % de viabilidade dos ovos, não diferindo estatisticamente da testemunha nem do espinetoram (Fig.4).

5. Discussão

Este estudo fornece novas informações importantes sobre os padrões de toxicidade de quatro inseticidas pertencentes a cinco modos de ação diferentes (MoAs) para *C. externa* e a relação com níveis de resíduos na superfície da folha. De acordo com os critérios da IOBC, os inseticidas testados em casa de vegetação, são divididos em quatro classes com base em sua toxicidade (Jansen 2010). Aqueles que tiveram duração da atividade nociva menor que 5 dias, são classificados como vida curta (classe 1); como levemente persistente (classe 2) aqueles com atividade nociva entre 5 e 15 dias; moderadamente persistente (classe 3) quando a duração da atividade nociva ocorreu entre 16 e 30 dias e persistente (classe 4), quando for acima de 30 dias (Hassan 1994). Porém, sabe-se que muitos fatores estão envolvidos no resultado da persistência foliar de inseticidas químicos, como as condições climáticas, tipo de aplicação, espécie de planta, dosagem, intervalo entre aplicação e idade da folha (Jacobsen et al. 2015; Pérez-Aguilar et al. 2018; Morales et al. 2019).

O uso de inseticidas contendo misturas de ingredientes ativo com diferentes MoAs é uma estratégia de manejo de resistência para reduzir a pressão de seleção (Sparks e Nauen 2015; Vanaclocha et al. 2019). Os mecanismos de resistência baseados no sítio alvo, podem

ser menores com a mistura de dois ingredientes ativos, em comparação com cada um individualmente (Vanaclocha et al. 2019). O inseticida acetamiprido + etofeproxí pertence ao grupo 3A e ao Grupo 4A (IRAC 2021), e atua como moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina na pós-sinapse (Casida e Durkin 2013; Vanaclocha et al. 2019), e como moduladores de canais de sódio (Soares e Carvalho 2018), respectivamente. O acetamiprido + etofenproxi apesar de apresentar-se como um inseticida de vida curta para larvas e adultos de *C. externa*, apresentou diferenças na seletividade em razão do tempo de avaliação, no qual foi nocivo a fase larval e inócuo a fase adulta de *C. externa*, na avaliação de mortalidade após três dias a aplicação dos tratamentos. Uma hipótese para maior sobrevivência de adultos e maior mortalidade de larvas, pode ser devido ao maior contato das larvas em comparação com o adulto, devido sua complexa atividade de forrageamento, os quais aumentam a possibilidade de interação com uma superfície tratada com inseticida (Garzón et al. 2015). Além disso, a toxicidade de acetamiprido foi reportada para *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister, 1839) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville, 1842) (Coleoptera: Coccinellidae) após exposição a folhas de mirtilo com 14 DAP (Roubos et al. 2014). Outros autores também encontraram alta toxicidade de imidacloprid, outro inseticida do grupo dos neonicotinóides, logo após a aplicação, seguido por uma diminuição da mortalidade durante os dias seguintes, quando a aplicação ocorreu em folhas, como *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) (Rugno et al. 2015), *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthracoridae) (Fernandes et al. 2016) e *Engytatus varians* (Distant, 1884) (Hemiptera: Miridae) (Morales et al. 2019). É importante ressaltar, que este inseticida atua por contato e via sistêmico, eles têm um amplo espectro de ação e são facilmente translocados em plantas através do xilema e floema (Rortais et al. 2005), apesar de sido considerado de vida curta para *C. externa*, outros trabalhos utilizando tiametoxam, do mesmo grupo químico, apresentou maior efeito residual sobre os predadores *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae), *C. externa*, *O. insidiosus* e *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), resultado atribuído devido ser um inseticida sistêmico, podendo permanecer mais tempo na planta, dessa forma, podendo prejudicar o controle biológico (Machado et al. 2019).

O inseticida espinetoram foi classificado como moderadamente persistente (classe 3) a larvas, e levemente persistente (classe 2) a adultos do predador. Espinetoram pertence ao grupo 5 (IRAC 2021), e atua ligando-se primeiramente aos receptores nicotínicos da acetilcolina e, posteriormente, nos receptores do ácido gama amino butírico, causando a abertura dos canais iônicos, levando a morte dos insetos (Santos-Junior et al. 2019). Apesar de

relatada a seletividade das espinosinas a predadores (Castro et al. 2018; Santos-Junior et al. 2019), as condições climáticas podem influenciar diretamente a velocidade das reações químicas, podendo aumentar ou diminuir a eficiência de inseticida (Morales et al. 2019). A temperatura pode ser capaz de acelerar as reações químicas, causando muitas vezes, a degradação acelerada do produto (Itoiz et al. 2012; Morales et al. 2019). Entretanto, Mansoor et al. (2015), relataram que as espinosinas têm coeficiente negativo e apresentam melhor desempenho em temperaturas mais baixas, no qual a toxicidade deste composto diminuiu em 1,27 vezes a 28°C e 1,47 vezes em 40° C em *C. carnea*. Porém, outros fatores devem ser levados em conta, como umidade relativa e radiação solar (Itoiz et al. 2012; Morales et al. 2019). A umidade relativa baixa ao longo do experimento, pode explicar em parte a baixa taxa de degradação das reações químicas ocorridas na solução. Além disso, baixa incidência de radiação ultravioleta (UV), que ocorre em experimentos realizados na casa de vegetação, como o deste trabalho, também pode ser um fator crucial, visto, que em campo a luz direta causa a degradação do produto, e apesar de não ter sido medida nos bioensaios, pode haver diminuição de 75 % na intensidade de UV nestas condições, devido a presença do plástico (Morales et al. 2019), resultados que corroboram por aqueles encontrados testes por Jamil et al. (2019), com acaro predador *Neoseiulus fallacis* (Garman,1948) (Acari: Phytoseiidae), que também mostraram o efeito residual de espinetoram de até 14 DAP, e para o predador *Orius laevigatus* (Fieber, 1860) (Hemiptera: Anthocoridae), que teve a mortalidade 75% após a 1 hora a exposição e diminuiu para 75% após 7 DAP, e 25% após 14 DAP, esta diminuição na toxicidade foi atribuída a diluição do inseticida nas folhas, devido a alta atividade enzimática (Biondi et al. 2012).

O indoxacarbe pertence ao grupo 22A (IRAC 2021), e atua como bloqueadores de canais de sódio dependentes da voltagem (Silva et al. 2017), e foi classificado como moderadamente persistente (classe 3) a larvas e como inseticida de vida curta (classe 1) a adultos de *C. externa*. Diversas pesquisas apontam o indoxacarbe seletivo a diversos inimigos naturais, como parasitoides, crisopídeos e coccinelídeos (Pereira et al. 2014; Roubos et al. 2014; Araujo et al. 2017). E um dos fatores que pode estar relacionado nesta seletividade, é o envolvimento da enzima monooxigenase do citocromo P450, podendo estar relacionada no processo de desintoxicação do predador, como foi relatado para *Solenopsis saevissima* (Smith,1855) (Hymenoptera: Formicidae), em testes de toxicidade de efeitos residuais com fase adulta da formiga em casa de vegetação (Araujo et al. 2017).

O inseticida metofenozida foi considerado de vida curta (classe 1), a larvas e adultos do crisopídeo. Este inseticida, pertence ao grupo 18 (IRAC 2021), do grupo químico das

diacilhidrazina, atua como agonista dos receptores de ecdisteroides (Rimoldi et al. 2008). É reconhecida a seletividade deste composto sobre inimigos naturais, como parasitoides e predadores (Zotti et al. 2013; Ono et al. 2017). Inseticidas que inibem a síntese de quitina, como metoxefenozida, agem principalmente por ingestão, mas alguns compostos podem apresentar toxicidade por contato e afetar adversamente os parâmetros reprodutivos, como fecundidade e principalmente a fertilidade (Ono et al. 2017; Shan et al. 2020). Além disso atuam principalmente em larvas de lepidópteros (Zotti et al. 2013; Perez Aguilar et al. 2018). A baixa toxicidade deste inseticida sobre larvas e adultos observados no presente estudo corrobora a literatura, confirmando a seletividade sobre *C. externa*, porém alterando a fecundidade e fertilidade das fêmeas em alguns testes, como relatado com *C. cubana* em testes laboratoriais (Ono et al. 2017).

É importante ressaltar que as plantas de videiras utilizadas nos experimentos ficaram em casa-de-vegetação durante 31 dias após a aplicação dos inseticidas, protegidas de chuva e também da radiação ultravioleta. Além disso, a umidade relativa também é baixa na maioria dos dias, diferentemente do que ocorre no campo, e a duração da atividade nociva de um inseticida pode variar por diversos fatores, podendo ser favorecida ou prejudicada, devido a temperatura, umidade relativa, radiação solar, idade da planta, condições sanitárias e hídricas da planta (Machado et al. 2019; Morales et al. 2019; Pasini et al. 2020). Além disso, fatores referente ao inseto, como idade, estágio de desenvolvimento, linhagens resistentes, produção de esterases e de monooxigenases no citocromo P450, também podem influenciar (Luna et al. 2018; Carvalho et al. 2019; Morales et al. 2019, Quesada e Sadof 2020).

Os inseticidas espinetoram e o indoxacarbe, que foram classificados como moderadamente persistente (classe 3), devem ser testados em condições de campo, visto que podem ter os impactos suavizados em *C. externa*, devido a ações climáticas atuarem sobre produto e também a capacidade de locomoção do inseto, em evitar áreas tratadas (Hassan 1994). Diferenças quanto à persistência para os dois estágios de desenvolvimento avaliados de cada espécie foram observadas para o espinetoram e o indoxacarbe, sendo que o espinetoram foi moderadamente persistente a larvas e levemente persistente a adultos, e o indoxacarbe foi moderadamente nocivo a larvas e considerado de vida curta para adultos de *C. externa*. Resultados semelhantes encontrado por Pasini et al. (2020), que encontraram diferença na persistência para larvas e adultos de *C. externa* e *E. connexa*, constando também que o estágio larval é mais sensível que o estágio adulto. Esta diferença na seletividade pode ser devido a capacidade de forrageamento dos dois estágios (Gárzon et al. 2015). Quesada e Sadof (2020), relatam também que diferença de seletividade entre crisopídeos e coccinelídeos

pode ser devido ao hábito alimentar, onde coccinelídeos mastigadores são mais sensíveis que imaturos de crisopídeos que se alimentam apenas do conteúdo celular da presa.

Nem sempre a persistência de inseticidas é executada em estudos envolvendo a seletividade de pesticidas, porém são informações que auxiliam diagnosticar o impacto dos inseticidas nos organismos não alvo e ajuda estimar a sobrevivência da população de inimigos naturais após exposição ao controle químico (Castilhos et al. 2019; Pasini et al. 2020). Castilhos et al. (2019) relataram ainda a importância de testes de persistência principalmente em pomares, como de pessegueiro, que são altamente dependentes do controle químico para controlar pragas de ordem primária, assim testes de persistência podem auxiliar na manutenção de predadores, como *C. externa* existentes em pomares, e auxiliar na tomada de decisão quando houver a decisão de inundar área com este predador, de forma que devem ser programados para ocorrer após a intervalo de persistência. Dessa forma, é possível ocorrer uma compatibilidade entre o controle químico e biológico, favorecendo a presença de *C. externa* em pomares, auxiliando principalmente na supressão de pragas consideradas como secundárias, diminuindo assim o uso indiscriminado de inseticidas.

Por fim, ressaltamos que inseticidas ainda são as principais estratégias para a manutenção de artrópodes-praga a baixo do limiar de dano econômico, e ainda a integração dos controles químicos e biológicos é fundamental para o sucesso do MIP, ademais, só é possível com a utilização de inseticidas seletivos, isto é, que não cause nenhum dano a inimigos naturais. Além disso, a preservação de inimigos naturais provavelmente reduzirá os surtos de pragas secundárias, e principalmente irão agir sobre os indivíduos sobreviventes das espécies de pragas alvo sob seleção pressão para resistência, portanto, atrasando a seleção de resistência (Carvalho et al 2019; Machado et al. 2019). Do mesmo modo, estratégias que visem diminuir a resistência também são essenciais em MIP, como a rotação de inseticidas com o mesmo modo de ação ou a utilização de inseticidas contendo dois ingredientes ativos. Por isso, destacamos a importância deste trabalho, avaliando o período residual dos inseticidas como acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida, que pertencem a cinco diferentes grupos (IRAC 2021).

Em geral, nossos resultados sugerem que os inseticidas acetamiprido + etofenproxi e metoxifenoazida são os mais indicados em pomares que visem as técnicas do MIP, visto que estes dois inseticidas são considerados de vida curta (classe 1), a larvas e adultos de *C. externa*. Já os inseticidas espinetoram e indoxacarbe devem ser evitados quando houver a presença de larvas de *C. externa*, por serem classificados como moderadamente persistente (classe 3) a fase larval do predador, apesar de espinetoram ser classificado como levemente

persistente (classe 2) e indoxacarbe como inseticida de vida curta (classe 1) a fase adulta do predador, devem ser usados com moderação em pomares, principalmente quando há larvas, em razão que são mais sensíveis que os adultos.

6. Contribuições dos autores:

F.S.A., A.D.G. e D.E.N realizaram as pesquisas e planejaram os bioensaios; F.S.A. e L.F. mantiveram a criação de insetos e conduziram os experimentos F.S.A. e R.A.P analisaram os dados e escreverem o artigo. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito.

7. Conformidade com os padrões éticos

7.1 Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

7. 2. Comprovação de ética: “Este artigo não contém estudos com participantes humanos ou animais realizados por qualquer um dos autores”. Os autores concordam com a publicação do artigo.

8. Referências

Abdullahi G, Obeng-Ofori D, Afreh-Nuamah K, Billah M K (2020) Acute and residual concentration-dependent toxicities of some selected insecticides to adult *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta and White (Diptera: Tephritidae). J. Basic Appl. Zool. 1:1-10. DOI: 10.1186/s41936-020-00144-4

Afza R, Riaz MA, Afzal M (2020) Sublethal effect of six insecticides on predatory activity and survival of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) following contact with contaminated prey and residues. Gesunde Pflanz. 72(1):77-86. DOI:10.1007/s10343-019-00487-1

Araújo TAD, Picanço MC, Ferreira DDO, Campos JN, Arcanjo LDP, Silva GA (2017) Toxicity and residual effects of insecticides on *Ascia monuste* and predator *Solenopsis saevissima*. Pest Manag. Sci. 73(11): 2259-2266. DOI: 10.1002/ps.4603

- Beloti VH, Alves GR, Araújo DFD, Picoli MM, Moral RDA, Demétrio CGB, Yamamoto PT (2015) Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. Plos One 10(7):e0132128. DOI: 10.1371/journal.pone.0132128
- Biondi A, Desneux N, Sicaro G, Zappalà L (2012) Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. Chemosphere 87(7):803–812. DOI:10.1016/j.chemosphere.2011.12.082
- Carvalho GA, Grützmacher AD, Passos LC, Oliveira RL (2019) Physiological and ecological selectivity of pesticides for natural enemies of insects. In: Souza B, Vázquez L, Marucci R (Eds.). Natural enemies of insect pests in Neotropical agroecosystems. Springer, 2019. p.469–478. DOI: 10.1007/978-3-030-24733-1_37
- Casida JE, Durkin KA (2013) Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. Annu Rev Entomol. 58:99-117 DOI:10.1146/annurev-ento-120811-153645
- Castilhos RV, Grützmacher AD, Krüger LR, Siqueira PRB, Moraes IL (2019) Persistence of insecticides used in peach orchards to larvae and adults of the predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). Arq. Inst. Biol. 83:1-8. DOI:10.1590/1808-1657000312018
- Castro AA, Legaspi JC, Tavares WDS, Meagher Junior RL, Miller N, Kanga L, Haseeb M, Serrão JE, Wilcken CF, Zanuncio JC (2018) Lethal and behavioral effects of synthetic and organic insecticides on *Spodoptera exigua* and its predator *Podisus maculiventris*. Plos One 13(11):e0206789. DOI:10.1371/journal.pone.0206789
- De Armas FS, Grutzmacher AD, Nava DE, Pasini RA, Rakes M, Pazini JB (2020) Non-target toxicity of nine agrochemicals toward larvae and adults of two generalist predators active in peach orchards. Ecotoxicology 29:327–339. DOI: 10.1007/s10646-020-02177-5
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) Sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52(1):81-106. DOI:10.1146/annurev.ento.52.110405.091440

- Fernandes FL, Bacci L, Fernandes MS (2010) Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *EntomoBrasilis* 3(1):1-10. DOI:10.12741/ebrasilis.v3i1.52
- Fernandes ME, Alves FM, Pereira RC, Aquino LA, Fernandes FL, Zanuncio JC (2016) Lethal and sublethal effects of seven insecticides on three beneficial insects in laboratory assays and field trials. *Chemosphere* 156:45-55. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.04.115
- Garzón A, Medina P, Amor F, Vinuela E, Budia F (2015) Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere* 132:87-93. DOI:10.1016/j.chemosphere.2015.03.016
- Hassan SA (1994) Activities of the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. *IOBC/WPRS Bull* 17:1–5.
- Hassan SA, Abdelgader HA (2001) Sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). *IOBC/WPRS Bull* 24:71–81
- IRAC, Insecticide Resistance Action Committee (2021). The Irac classification: an interactive mode of action (MoA) tool. Disponível em: <http://www.irac-online.org/modes-of-action/>. Acessado: 10 fev 2021
- Itoiz ES, Fantke P, Juraske R, Kounina A, Vallejo AA (2012) Deposition and residues of azoxystrobin and imidacloprid on greenhouse lettuce with implications for human consumption. *Chemosphere* 89(9):1034-1041. DOI:10.1016/j.chemosphere.2012.05.066
- Jacobsen RE, Fantke P, Trapp S (2015) Analysing half-lives for pesticide dissipation in plants. *SAR QSAR Environ Res.* 26(4): 325-342. DOI: 10.1080/1062936X.2015.1034772.
- Jamil RZR, Vandervoort C, Wise JC (2019). Residual toxicity of insecticides to *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in apples. *J. Econ. Entomol.* 112(5): 2262-2267. DOI: 10.1093/jee/toz131

- 680 Jansen JP (2010) Beneficial arthropods and pesticides: building selectivity list for IPM. IOBC
681 WPRS Bull. 55: 23–47.
682
- 683 Kogan M (1998) Integrated Pest Management: Historical perspective and contemporary
684 developments. Annu. Rev. Entomol. 43:2043-2070. DOI:10.1146/annurev.ento.43.1.243
685
- 686 Machado AV, Potin DM, Torres JB, Torres CSS (2019) Selective insecticides secure natural
687 enemies action in cotton pest management. Ecotoxicol Environ Safety 184:109669.DOI:
688 10.1016/j.ecoenv.2019.109669
689
- 690 MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021) Sistema de Agrotóxicos
691 Fitossanitários <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/ principal_agrofit_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>.
692 Acessado: 07 jan 2021
693
- 694 Leivas G, Schiavon AV, Marques LOD, Hellwig CG, Alquino EL, Silva GF, Martins CR
695 (2020) Caracterização fitotécnica dos sistemas de produção de pêssegos na Região de Pelotas-
696 RS. Braz. J. of Develop. 6(5):32594-32618. DOI:10.34117/bjdvn5-633
697
- 698 Luna RF, Bestete LR, Torres JB, Silva-Torres CSA (2018) Predation and behavioral changes
699 in the neotropical lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) exposed
700 to lambda-cyhalothrin. Ecotoxicology 27(6):689-702. DOI:10.1007/s10646-018-1949-x
701
- 702 Mansoor MM, Afzal M, Raza ABM, Akram Z, Waqar A, Afzal MBS (2015) Post-exposure
703 temperature influence on the toxicity of conventional and new chemistry insecticides to green
704 lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Saudi J. Biol. Sci.
705 22(3):317-321. DOI:10.1016/j.sjbs.2014.10.008
706
- 707 Melo GWB, Zalamena J, Brunetto G, Ceretta CA (2016) Calagem, adubação e contaminação
708 em solos cultivados com videiras. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016. 138p.
709 (Documentos, 100).
710
- 711 Monteiro LB, Witt LG, Guiloski IC, Santos RSS, Assis HCS (2020) Evaluation of resistance
712 management for the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) to insecticides in Brazilian
713 apple orchards. J. Econ. Entomol. 113(3):1411-1418. DOI: 10.1093/jee/toaa023

- Morales SI, Martínez AM, Figueroa JI, Campos-García J, Gómez-Tagle A, Lobit P, Smagghe G, Pineda S (2019). Foliar persistence and residual activity of four insecticides of different mode of action on the predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae). *Chemosphere* 235:76-83. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.06.163
- Nauen R, Stumpf N, Elbert A, Zebitz CPW, Kraus W (2001) Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Pest Manag. Sci.* 57:253-261. DOI: 10.1002/ps.280
- Ono ÉK, Zanardi OZ, Santos KFA, Yamamoto PT (2017) Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. *Chemosphere* 168:49-57. DOI:10.1016/j.chemosphere.2016.10.061
- Parra JRP (1997) Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: Parra JRP, Zucchi RA (Eds.). *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. FEALQ, Piracicaba, pp121-150
- Pasini RA, Rakes M, Castilhos RV, De Armas FS, Pazini, JB, Zantedeschi R, Grützmacher AD (2020) Residual action of five insecticides on larvae and adults of the Neotropical predators *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology*, 30(1): 44-56. DOI:10.1007/s10646-020-02314-0
- Pereira RR, Picanço MC, Santana Junior PA, Moreira SS, Guedes RN, Corrêa AS (2014) Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Agric. For. Entomol.* 16(3):293-301. DOI: 10.1111/afe.12059
- Pérez-Aguilar DA, Soares MA, Passos LC, Martínez AM, Pineda S, Carvalho GA (2018) Lethal and sublethal effects of insecticides on *Engytatus varians* (Heteroptera: Miridae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecotoxicology* 27:719–728. DOI:10.1007/s10646-018-1954-0
- Püntener W (1981) Manual for field trials in plant protection. Basle:Ciba-Geigy, Suíça

- 748 Quesada CR, Sadof CS (2020) Residual toxicity of insecticides to *Chrysoperla rufilabris* and
 749 *Rhyzobius lophanthae* predators as biocontrol agents of pine needle scale. Crop Prot.
 750 130:105044. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.105044
 751
- 752 R Development Core Team. R (2021) - A language and environment for statistical computing.
 753 Versão 4.0.0. 2021. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acesso em: 10 fev. 2021.
 754
- 755 Rameshgar F, Khajehali J, Nauen R, Dermauw W, Van LT (2019) Characterization of
 756 abamectin resistance in Iranian populations of European red mite, *Panonychus ulmi* Koch
 757 (Acari: Tetranychidae). Crop Prot. 125:104903. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104903
 758
- 759 Rimoldi F, Schneider MI, Ronco A (2008) Susceptibility of *Chrysoperla externa* eggs
 760 (Neuroptera: Chrysopidae) to conventional and biorational insecticides. Environ. Entomol.
 761 37(5):1252–1257. DOI: 10.1603/0046-225x(2008)37[1252:soceen]2.0.co;2
 762
- 763 Rortais AS, Arnold GR, Halm MP, Touffet-Briens F (2005) Modes of honeybees exposure to
 764 systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by
 765 different categories of bees. Apidologie 36(1):71–83. DOI: 10.1051/apido:2004071
 766
- 767 Roubos CR, Rodriguez-Saona C, Holdcraft R, Mason KS, Isaacs R (2014) Relative toxicity
 768 and residual activity of insecticides used in blueberry pest management: Mortality of natural
 769 enemies. J. Econ. Entomol. 107(1):277-285. DOI:10.1603/ec13191
 770
- 771 Rugno GR, Zanardi OZ, Yamamoto PT (2015) Are the pupae and eggs of the lacewing
 772 *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? J. Econ. Entomol.
 773 108:2630–263. DOI: 10.1093/jee/fov263
 774
- 775 Santos AC, Bueno AF, Bueno RCOF (2006) Seletividade de defensivos agrícolas aos
 776 inimigos naturais. In: Pinto AS, Nava DE, Rossi MM, Malerbo-Souza DT (Eds.). Controle
 777 biológico de pragas na prática. Piracicaba: CP2, 2006. p.221-227.
 778
- 779 Santos-Junior VC, Martínez LC, Plata-Rueda A, Bozdoğan H, Zanuncio JC, Serrão JE (2019)
 780 Exposure to spinosad induces histopathological and cytotoxic effects on the salivary complex

- 781 of the non-target predator *Podisus nigrispinus*. Chemosphere 225:688-695. DOI:10.1016/j.
782 chemosphere.2019.03.105
783
- 784 Sato ME, Silva MZ, Raga A, Cangani KG, Veronez B, Nicastro RL (2011) Spiromesifen
785 toxicity to the spider mite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus*
786 *californicus*. Phytoparasitica 39(5):437–445. DOI: 10.1007/s12600-011-0189-x
787
- 788 Schmuck R, Candolfi MP, Kleiner R, Mead-Briggs M, Moll M, Kemmeter F, Jans D,
789 Waltersdorfer A, Wilhelmy HA (2000) Laboratory test system for assessing effects of plant
790 protection products on the plant dwelling insect *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera:
791 Coccinellidae). In: Candolfi MP, Blumel S, Forster R, Bakker FM, Grimm C, Hassan SA,
792 Heimbach U, Mead-Briggs MA, Reber B, Schmuck R, Vogt H (Eds.). Guidelines to evaluate
793 side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/ WPRS, Reinheim,
794 pp45-56
795
- 796 Shan YX, Zhu Y, Li JJ, Wang NM, Yu QT, Xue CB (2020) Acute lethal and sublethal effects
797 of four insecticides on the lacewing (*Chrysoperla sinica* Tjeder). Chemosphere 250:126321.
798 DOI:10.1016/j.chemosphere.2020.126321
799
- 800 Silva BKDA, Godoy MSD, Lima AGD, Oliveira AKSD, Pastori PL (2017) Toxicity of
801 insecticides used in muskmelon on first-instar larvae of *Chrysoperla genanigra* Freitas
802 (Neuroptera: Chrysopidae). Revista Caatinga 30(3):662-669. DOI:10.1590/1983-
803 21252017v30n314rc
804
- 805 Soares ADFT, Carvalho GA (2018) Physiological selectivity of insecticides to eggs and
806 larvae of predator *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Coffee Science
807 13(3):292–303. DOI:10.25186/cs.v13i3.1441
808
- 809 Sparks TC, Nauen R (2015) IRAC: mode of action classification and insecticide resistance
810 management. Pestic Biochem Phys. 121:122-128. DOI:10.1016/j.pestbp.2014.11.014
811
- 812 Sterk G, Hassan SA, Baillod M, Bakker F, Bigler F, Blümel S, Bogenschutz H, Boller E,
813 Bromand B, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Garrido A, Grove A,
814 Heimbach U, Hokkanen H, Jacas J, Lewis G, Moreth L, Polgar L, Roversti L, Samsoe-

- Peterson L, Sauphanor B, Schaub L, Stäubli A, Tuset JJ, Vainio A, Veire MV, Viggiani G, Vinuela E, Vogt H (1999). Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-working group 'Pesticides and beneficial Organisms'. *BioControl* 44(1):99-117. DOI:10.1023/A:1009959009802
- Stupp P, Machota Junior R, Cardoso TDN, Padilha AC, Hoffer A, Bernardi D, Botton M (2021) Mass trapping is a viable alternative to insecticides for management of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in apple orchards in Brazil. *Crop Prot.* 139:105391. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105391
- Suárez-López YA, Hatem AE, Aldebis HK, Vargas-Osuna E (2020) Lethal and sublethal effects of lufenuron on the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Crop Prot.* 134:105217. DOI:10.1016/j.cropro.2020.105217
- Symondson WOC, Sunderland KD, Greenstone MH (2002) Can generalist predators be effective biocontrol agents?. *Annu. Rev. Entomol.* 47:561–94
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240>
- Ternes P, Candolfi MP, Ufer A, Vogt H (2001) Influence of leaf substrates on the toxicity of selected plant protection products to *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidius rhopalosiphii* DeStefani Perez (Hymenoptera: Aphidiidae). *IOBC/WPRS Bull* 24:7–15
- Vanaclocha P, Jones MM, Tansey JA, Monzó C, Chen X, Stansly PA (2019) Residual toxicity of insecticides used against the Asian citrus psyllid and resistance management strategies with thiamethoxam and abamectin. *J. Pest Sci.* 92(2): 871-883. DOI:10.1007/s10340-018-1058-x
- Vogt H, Bigler F, Brown K, Candolfi MP, Kemmeter F, Kühner C, Moll M, Travis A, Ufer A, Viñuela E, Wladburger M, Waltersdorfer A (2000) Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). In: Candolfi MP, Blumel S, Forster R, Bakker FM, Grimm C, Hassan SA, Heimbach U, Mead-Briggs MA, Reber B, Schmuck R, Vogt H (Eds) Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC/WPRS, Reinheim, p. 27–44

849

850 Vogt H, Degrande P, Just J, Klepka S, Kuhner C, Nickless A, Ufer A, Waldburger M,
851 Waltersdorfer A, Bigler F (1998) Side-effects of pesticides on larvae of *Chrysoperla carnea*
852 (Neuroptera, Chrysopidae): actual state of the laboratory method. In: Haskell, P.T.; Mcewen,
853 P. (Eds.). *Ecotoxicology*. Boston: Springer, 1998. p.123-136.

854

855 Zhang J, Tang R, Fang H, Liu X, Michaud JP, Zhou Z, Zhang Z, Li Z (2021) Laboratory and
856 field studies supporting augmentation biological control of oriental fruit moth, *Grapholita*
857 *molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), using *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera:
858 Trichogrammatidae), *Pest Manag. Sci.* DOI: 10.1002/ps.6311

859

860 Zotti MJ, Grutzmacher AD, Lopes IH, Smagghe G (2013) Comparative effects of insecticides
861 with different mechanisms of action on *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae):
862 Lethal, sublethal and dose–response effects. *Insect Sci.* 20(6):743-752. DOI:10.1111/1744-
863 7917.12008

Tabela 1. Inseticidas utilizados nos bioensaios de avaliação da atividade nociva e classificação de seletividade, conforme as normas da IOBC para *Chrysoperla externa*.

Ingrediente ativo	Nome técnico	¹ Grupo químico	Fabricante	¹ Sítio de ação primário	² D.C.=	³ C
acetamiprido + etofenproxi	Eleitto	Neonicotinoide (4A) + Éter difenílico (3A)	Iharabras S.A.	Moduladores competitivos de receptores nicotínicos da acetilcolina + Moduladores de canais de sódio	70	167 +300
espinetoram	Delegate	Espinosinas (5)	Corteva Agriscience	Moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina	30	250
indoxacarbe	Avatar	Oxadiazina (22A)	FMC Química do Brasil Ltda	Bloqueadores de canais de sódio dependentes da voltagem	75	150
metoxifenoazida	Intrepid 240 SC	Diacilhidrazina (18)	Corteva Agriscience	Agonistas de receptores de ecdisteroides	80	240

¹ Segundo o IRAC (2021);

²D.C. = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹);

³ C= Concentração de ingrediente ativo por produto (g.kg ou g.L).

Tabela 2. Número de larvas mortas ($\pm$ EP), classificação de seletividade e persistência (duração da atividade nociva) de inseticidas a *Chrysoperla externa*.

Tratamento	¹ D.C.	Dias após a aplicação										Persistência	
		3		10		17		24		31		Persistência	
		² Nº	³ C	² Nº	³ C	² Nº	³ C	² Nº	³ C	² Nº	³ C	Dias	⁴ C
testemunha	---	0,00 $\pm$ 0,00 c		0,00 $\pm$ 0,00 c	--	0,25 $\pm$ 0,22 c	--	0,00 $\pm$ 0,00 a	--	0,50 $\pm$ 0,25 ^{ns}	--	--	--
acetamiprido + etofenproxi	70	4,00 $\pm$ 0,61 ab	4	1,50 $\pm$ 0,75 bc	1	1,00 $\pm$ 0,35 abc	1	0,75 $\pm$ 0,22 a	1	0,75 $\pm$ 0,41	1	>5	1
espinetoram	30	4,50 $\pm$ 0,43 a	4	4,50 $\pm$ 0,43 a	4	2,00 $\pm$ 0,35 ab	2	1,50 $\pm$ 0,26 a	1	1,00 $\pm$ 0,35	1	16-30	3
indoxacarbe	75	4,50 $\pm$ 0,25 a	4	3,50 $\pm$ 0,43 ab	4	2,25 $\pm$ 0,41 a	2	1,50 $\pm$ 0,56 a	1	0,00 $\pm$ 0,00	1	16-30	3
metoxifenoazida	80	2,25 $\pm$ 0,24 b	3	0,50 $\pm$ 0,25 c	1	0,50 $\pm$ 0,25 bc	1	0,00 $\pm$ 0,00 a	1	0,00 $\pm$ 0,00	1	>5	1

¹D.C. = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹);²nº = Numero de insetos mortos. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunn com correção de Bonferroni ($p \leq 0,05$); ns= não significativo.³C= Classes de toxicidade inicial da IOBC: 1 = inócuo (<30%), 2 = levemente nocivo (30-79%), 3 = moderadamente nocivo (80-99%), 4 = nocivo (>99%);⁴C= Classes de persistência da IOBC: 1 = vida curta (<5 dias); 2 = levemente persistente (5-15 dias); 3 = moderadamente persistente (16-30 dias); 4 = persistente (>30 dias).

Tabela 3. Duração em dias ($\pm$ EP) do período de desenvolvimento de larva a adulto, quando larvas de *Chrysoperla externa* foram expostas aos resíduos de inseticidas.

Tratamento	¹ D.C.	Dias após a aplicação				
		3	10	17	24	31
testemunha	---	18,50 $\pm$ 0,20 b	20,85 $\pm$ 0,11 b	17,21 $\pm$ 0,09 b	20,35 $\pm$ 0,20 ^{ns}	21,16 $\pm$ 0,11 ^{ns}
acetamiprido + etofenproxi	70	-----	21,14 $\pm$ 0,17 ab	18,75 $\pm$ 0,29 a	19,82 $\pm$ 0,49	21,23 $\pm$ 0,10
espinetoram	30	-----	-----	18,67 $\pm$ 0,41 a	20,07 $\pm$ 0,29	21,13 $\pm$ 0,16
indoxacarbe	75	-----	-----	18,45 $\pm$ 0,49 ab	20,07 $\pm$ 0,21	21,10 $\pm$ 0,14
metoxifenoziata	80	19,27 $\pm$ 0,29 a	21,21 $\pm$ 0,16 a	18,05 $\pm$ 0,30 ab	20,05 $\pm$ 0,23	20,95 $\pm$ 0,15

¹D.C. = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹);

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunn com correção de Bonferroni ($p \leq 0,05$); ns= não significativo.

Tabela 4. Número de adultos mortos ($\pm$ EP), classificação de seletividade e persistência (duração da atividade nociva) de inseticidas a *Chrysoperla externa*.

Tratamento	¹ D.C.	Dias após a aplicação										Persistência	
		3		10		17		24		31		Dias	⁴ C
		² Nº	³ C	² Nº	³ C	² Nº	³ C	² Nº	³ C	² Nº	³ C		
testemunha	---	1,25 $\pm$ 0,22 b	--	0,50 $\pm$ 0,13 b	--	0,50 $\pm$ 0,13 ab	--	0,00 $\pm$ 0,00 a	--	1,00 $\pm$ 0,18 ^{ns}	--	--	--
acetamiprido + etofenproxi	70	0,75 $\pm$ 0,41 b	1	0,00 $\pm$ 0,00 b	1	0,25 $\pm$ 0,11 b	1	0,75 $\pm$ 0,11 a	1	1,00 $\pm$ 0,18	1	>5	1
espinetoram	30	8,00 $\pm$ 0,00 a	4	5,00 $\pm$ 0,43 a	4	3,00 $\pm$ 0,56 a	1	1,25 $\pm$ 0,27 a	1	2,50 $\pm$ 0,80	1	5-15	2
Indoxacarbe	75	4,00 $\pm$ 0,61 ab	4	1,00 $\pm$ 0,18 b	1	2,50 $\pm$ 0,13 ab	1	0,00 $\pm$ 0,00 a	1	1,00 $\pm$ 0,43	1	>5	1
metoxifenozida	80	4,00 $\pm$ 0,61 ab	4	1,00 $\pm$ 0,18 b	1	1,25 $\pm$ 0,11 ab	1	0,00 $\pm$ 0,00 a	1	2,00 $\pm$ 0,18	1	>5	1

¹D.C. = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹);²Nº = Numero de insetos mortos. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunn com correção de Bonferroni ($p \leq 0,05$);

ns= não significativo;

³C= Classes de toxicidade inicial da IOBC: 1 = inócuo (<30%), 2 = levemente nocivo (30-79%), 3 = moderadamente nocivo (80-99%), 4 = nocivo (>99%);⁴C= Classes de persistência da IOBC: 1 = vida curta (<5 dias); 2 = levemente persistente (5-15 dias); 3 = moderadamente persistente (16-30 dias); 4 = persistente (>30 dias).

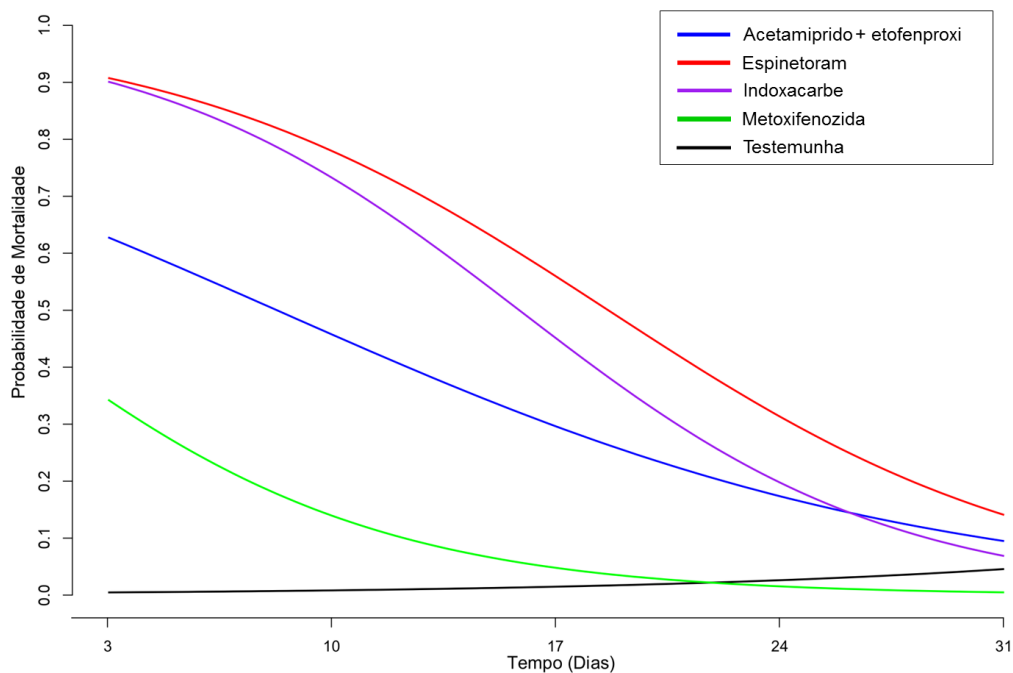


Figura 1. Probabilidade de mortalidade quando a fase de imatura de *Chrysoperla externa* foi exposta aos inseticidas em diferentes períodos de tempo (3, 10, 17, 24 31) (modelo logístico misto com interceptação aleatória).

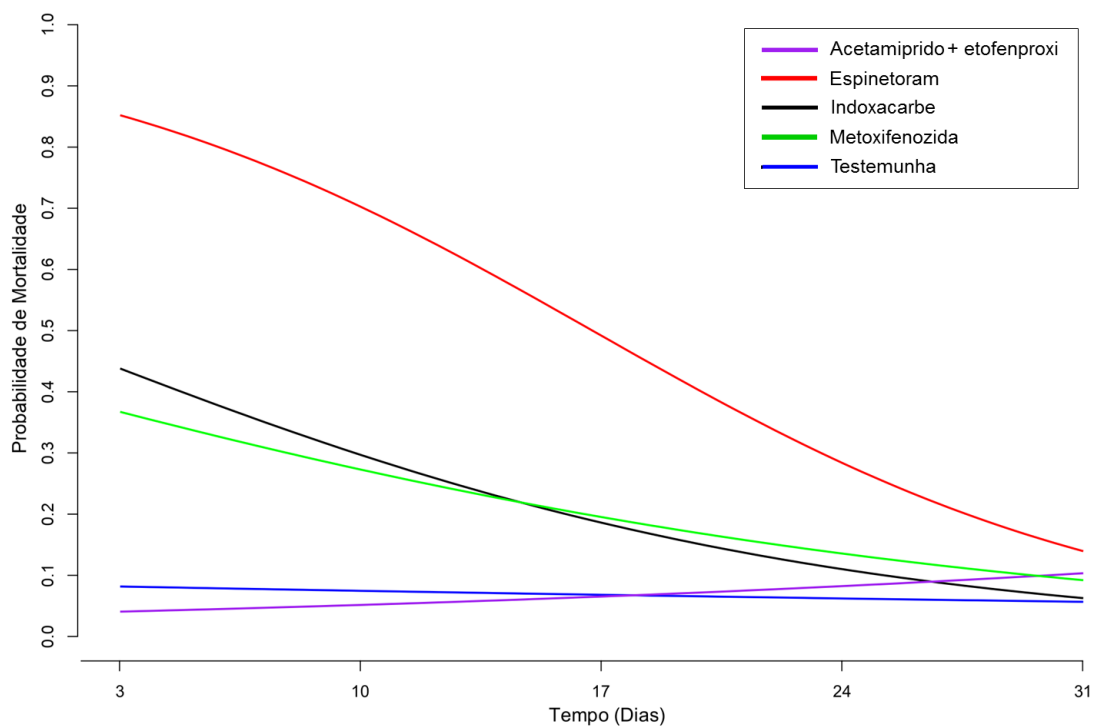


Figura 2. Probabilidade de mortalidade quando a fase adulta de *Chrysoperla externa* foi exposta aos inseticidas em diferentes períodos de tempo (3, 10, 17, 24 31) (modelo logístico misto com interceptação aleatória).

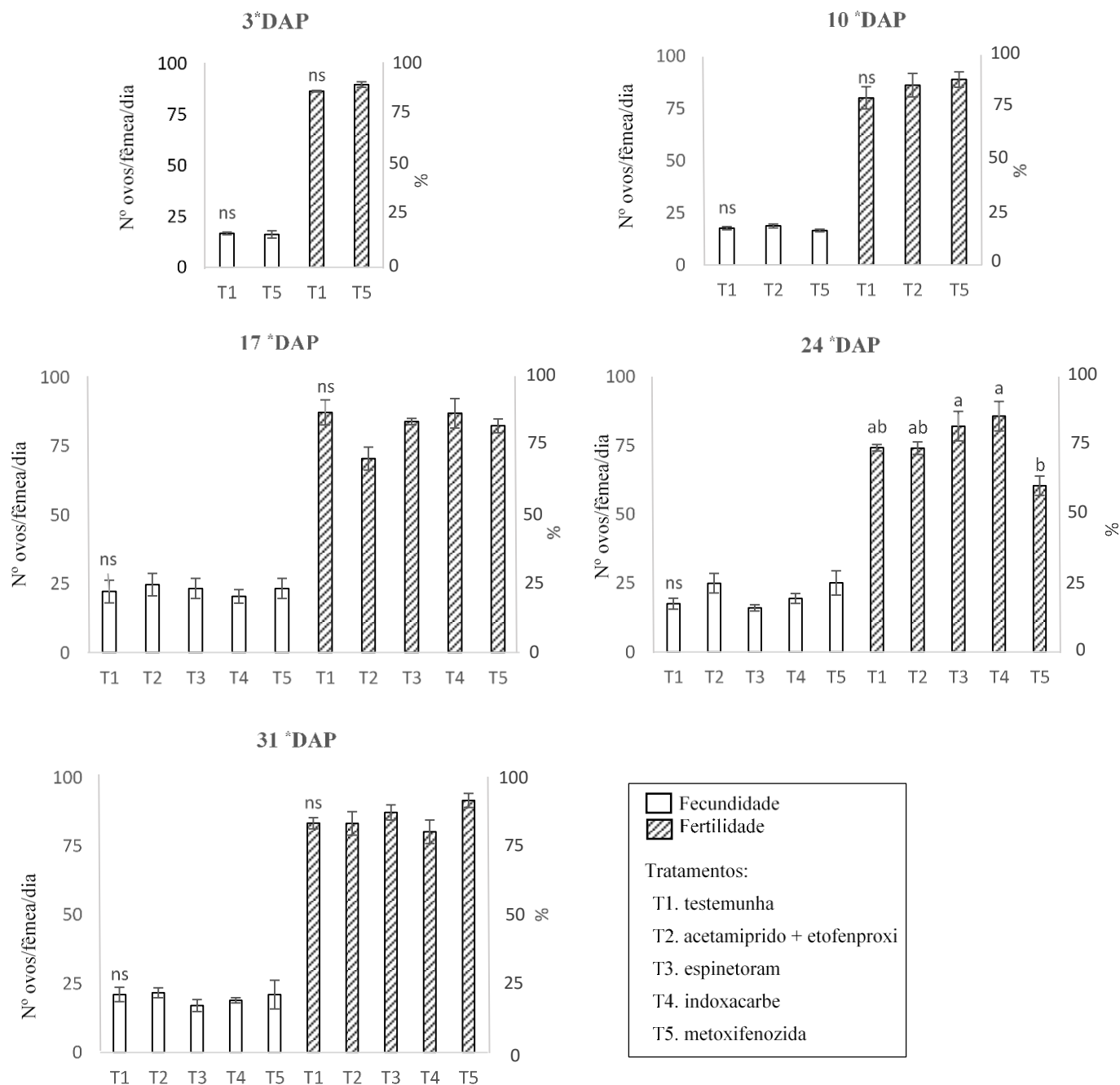


Figura 3. Efeitos subletais na fecundidade e fertilidade de fêmeas de *Chrysoperla externa* sobreviventes exposição na fase larval de inseticidas. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ns= Não significativo.

*DAP= Dias após a aplicação.

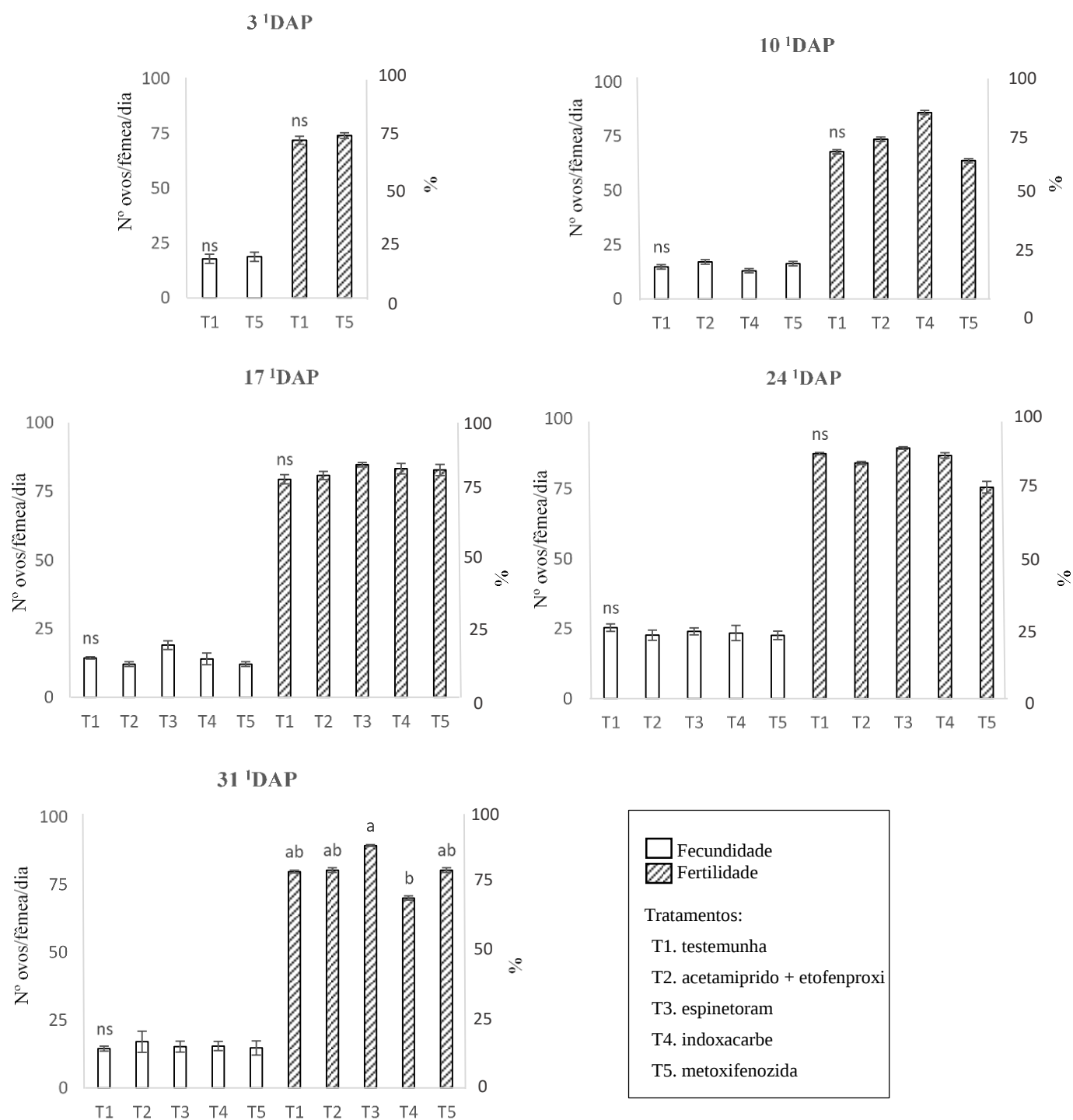


Figura 4. Fecundidade das fêmeas e fertilidade dos ovos de *Chrysoperla externa* sobreviventes a exposição na fase adulta aos residual de inseticidas. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de (ANOVA) Tukey ($p \leq 0,05$); ns= Não significativo.

¹DAP= Dias após a aplicação.

Material Suplementar

Tabela S1. Mortalidade acumulada de larvas (%), razão da fecundidade das fêmeas e fertilidade dos ovos e efeito total dos inseticidas aplicados sobre a fase de larva de *Chrysoperla externa*.

Tratamentos	¹ D.C.	3 Dias após a aplicação			
		² M	³ R1	⁴ R2	⁵ E.T.
acetamiprido + etofenproxi	70	80	--	--	100
espinetoram	30	90	--	--	100
indoxacarbe	75	90	--	--	44
metoxifenoza	80	45	0,97	1,05	100
10 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	30	1,06	1,08	20,05
espinetoram	30	90	--	--	100
indoxacarbe	75	70	--	--	100
metoxifenoza	80	10	0,94	1,11	6,77
17 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	15	1,11	0,81	23,48
espinetoram	30	35	1,05	0,96	34,34
indoxacarbe	75	40,20	0,92	1,00	45,26
metoxifenoza	80	5	1,05	0,94	5,80
24 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	15	1,42	1,00	0,00
espinetoram	30	30	0,91	1,11	0,00
indoxacarbe	75	30	1,11	1,16	10,36
metoxifenoza	80	0	1,43	0,81	0,00
31 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	5	1,03	1,00	2,17
espinetoram	30	10	0,81	1,05	23,81
indoxacarbe	75	0	0,90	0,96	13,45
metoxifenoza	80	0	1,00	1,10	0,00

D.C. = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹);

²M= Mortalidade do tratamento corrigida em função da testemunha pela formula de Schneider-Orelli (Püntener 1981) (%);

³R1= Razão entre a média diária de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada;

⁴R2= Razão entre a viabilidade média de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada;

⁵E.T.= Efeito total estimado proposto por Vogt et al. (1998). E.T.=100-(100%-M) x R1 x R2.

Tabela S2. Mortalidade acumulada de adultos (%), razão da fecundidade das fêmeas e fertilidade dos ovos e efeito total dos inseticidas aplicados sobre a fase de adulta de *Chrysoperla externa*.

Tratamentos	¹ D.C.	3 Dias após a aplicação			
		² M	³ R1	⁴ R2	⁵ E.T.
acetamiprido + etofenproxi	70	0,00	1,05	1,03	0,00
espinetoram	30	40,75	--	--	100
indoxacarbe	75	40,75	--	--	100
metoxifenoza	80	100	--	--	100
10 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	0	1,16	1,08	0,00
espinetoram	30	60	--	--	100
indoxacarbe	75	6,67	0,88	1,27	0,00
metoxifenoza	80	6,67	1,10	0,94	3,47
17 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	0	0,97	1,02	1,29
espinetoram	30	33,33	1,32	1,07	5,73
indoxacarbe	75	26,67	0,98	1,05	24,97
metoxifenoza	80	10,01	0,84	1,04	21,03
24 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	9,38	0,89	0,96	21,86
espinetoram	30	15,63	0,95	1,02	18,05
indoxacarbe	75	0,00	0,93	0,99	7,95
metoxifenoza	80	0,00	0,89	0,86	22,91
31 Dias após a aplicação					
acetamiprido + etofenproxi	70	0,00	1,17	1,01	0,00
espinetoram	30	21,43	1,05	1,12	7,72
indoxacarbe	75	0,00	1,06	0,88	6,65
metoxifenoza	80	14,29	1,05	1,12	7,72

¹D.C. = Dosagem do produto comercial (g ou mL.100 L⁻¹);

²M= Mortalidade do tratamento corrigida em função da testemunha pela formula de Schneider-Orelli (Püntener 1981) (%);

³R1= Razão entre a média diária de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada;

⁴R2= Razão entre a viabilidade média de ovos ovipositados por fêmea tratada e não tratada;

⁵E.T.= Efeito total estimado proposto por Vogt et al. (1998). E.T.=100-(100%-M) x R1 x R2.

Conclusões

Todos os inseticidas avaliados, acetamiprido + etofenproxi, espinetoram, indoxacarbe e metoxifenoazida são inócuos (classe 1) a fase de ovo de *C. externa*. Apenas o inseticida acetamiprido + etofenproxi é levemente nocivo (classe 2) a fase de pupa do crisopídeo, os demais produtos são inócuos (classe 1). Os inseticidas acetamiprido + etofenproxi, espinetoram e indoxacarbe são nocivos (classe 4) a larvas e adultos do predador, devendo ser evitados quando ocorrer presença do crisopídeo.

Os inseticidas espinetoram e indoxacarbe são moderadamente persistente (classe 3) á fase larval de *C. externa*, já os inseticidas acetamiprido + etofenproxi e metofezonida são classificados como inseticidas de vida curta (classe 1) quando expostos as larvas do crisopídeo. Apenas o inseticida espinetoram é considerado como levemente persistente (classe 2) á adultos de *C. externa*, e os demais inseticidas são classificados como inseticidas de vida curta (classe 1).

Portanto, conforme a avaliação dos bioensaios de toxicidade dos inseticidas em laboratório, de forma geral, nota-se que larvas e adultos são mais sensíveis que ovos e pupas de *C. externa*. De acordo com os resultados obtidos nos bioensaios de persistência biológica, a fase larval é mais suscetível que a fase adulta de *C. externa*.

Neste contexto, os inseticidas acetamiprido + etofenproxi e metoxifenoazida por serem classificados como inseticidas de vida curta (classe 1) são preferíveis para o uso no controle de artrópodes ocorrentes em pomares. Porém, visto a importância dos inseticidas espinetoram e indoxacarbe para o controle destas pragas, em especial para *G. molesta*, estes inseticidas devem seguir para novos estudos que contemplem a etapa de campo, dado a importância da rotação de inseticidas, que abrangem diversos grupos químicos a fim de maximizar o Manejo

Integrado de Pragas em pomares de fruticultura de clima temperado, como pessegueiro, ameixeira e macieira.

Referências

ABDEL-HAMID, Hassan Fouad Mohammed; EL-SAYED Mohammad Soliman; HANAN Osman. Field efficiency of certain neonicotinoids alone and their mixtures with chlorpyrifos against, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* and their predators *Coccinella septempunctata* and *Chrysoperla carnea*. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences**, v.8, n.2, p.135-144, 2016.

AFZA, Rahat; RIAZ, Muhammad Asam; AFZAL, Muhammad. Sublethal effect of six insecticides on predatory activity and survival of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) following contact with contaminated prey and residues. **Gesunde Pflanzen**, v.72, n.1, p.77-86, 2020.

ALMEIDA, Luciano Martins *et al.* Diversity of fruit flies (Diptera: Tephritoidea) and their host plants in a conservation unit from midwestern Brazil. **Florida Entomologist**, v.102, n.3, p.562-570, 2019.

ANDRIGUETO, José Rozalvo; KOSOSKI, Adilson Reinaldo. Desenvolvimento e conquistas da Produção Integrada de Frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 7., Fortaleza, 2005. **Programas e Resumos**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. p.28-36.

ANZANELLO, Rafael; FURLAN, Ivone Deconto; FOGAÇA, Cláudia Martellet. Ambiente protegido com tela sombrite como alternativa para controle de mosca-das-frutas em ameixeiras da cultivar Fortune. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.27, n.1, p.14-25, 2021.

ARIOLI, Cristiano João *et al.* Novas ferramentas para monitoramento e controle massal de mosca-das-frutas. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, v.13, n.1, p.15-20, 2018.

ASADI, Mohammad *et al.* Lethal and sublethal effects of five insecticides on the demography of a parasitoid wasp. **International Journal of Pest Management**, v.65, n.4, p.301-312, 2019.

BELOTI, Victor Hugo *et al.* Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. **Plos One**, v.10, n.7, p.e0132128, 2015.

CARVALHO, Geraldo Andrade *et al.* Physiological and ecological selectivity of pesticides for natural enemies of insects. In: SOUZA, Brígida; VÁZQUEZ, Luis L.; MARUCCI, Rosangela C. (Eds.). **Natural enemies of insect pests in Neotropical agroecosystems**. Springer, 2019. p.469–478.

CARVALHO, Geraldo de Andrade. Seletividade de produtos fitossanitários a parasitóides e predadores. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 4., Bento Gonçalves, 2002. **Anais**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2002. p. 49-51.

CASTILHOS, Rodolfo Vargas *et al.* Selectivity of pesticides used in peach orchards on the larval stage of the predator *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v.1, n.34, p.3585-3596, 2013.

CASTILHOS, Rodolfo Vargas *et al.* Seletividade de agrotóxicos utilizados em pessegueiro sobre ovos e pupas do predador *Chrysoperla externa*. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.1921-1928, 2014.

CASTILHOS, Rodolfo Vargas; GRUTZMACHER, Anderson Dionei; COATS, Joel Roberts. Acute toxicity and sublethal effects of terpenoids and essential oils on the predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v.47, n.2, p.311–317, 2017.

CASTILHOS, Rodolfo Vargas *et al.* Persistence of insecticides used in peach orchards to larvae and adults of the predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.86, n.1, p.1-8, 2019.

CHAVES, Cindy Corrêa *et al.* Efeito de inseticidas em diferentes fases de desenvolvimento de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) e estruturas vegetais da macieira e do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.4, p.842-852, 2014.

DE ARMAS, Franciele Silva *et al.* Selectivity of pesticides used in peach orchards to eggs and pupae of the predators *Chrysoperla externa* and *Coleomegilla quadrifasciata*. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.4, p.1427-1440, 2019.

DE ARMAS, Franciele Silva *et al.* Non-target toxicity of nine agrochemicals toward larvae and adults of two generalist predators active in peach orchards. **Ecotoxicology**, v.29, n.3, p.327-339, 2020.

DESNEUX, Nicolas; DECOURTYE, Axel; DELPUECH, Jean-Marie. The sub-lethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.81-106. 2007.

EBEID, Amany Ramadan *et al.* Toxicity of some insecticides on the hymenopteran parasitoid, *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **European Journal of Sustainable Development**, v.6, n.4, p.72-80, 2017.

FREITAS, Sergio. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: PARRA, Jose Roberto Postali *et al.* (Ed.) **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap.13, p.209-219.

GARZÓN, Agustín. *et al.* Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.)(Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere**, v.132, n.2, p.87-93, 2015.

GIOLO, Fabrizio P. *et al.* Effects of pesticides commonly used in peach orchards in Brazil on predatory lacewing *Chrysoperla carnea* under laboratory conditions. **BioControl**, v.54, n.5, p.625-635, 2009.

HASSAN, Sherif A. Testing methodology and the concept of the IOBC/WPRS Working Group. In: JEPSON, Paul C. (Ed.) **Pesticides and non-target invertebrates**. Wimborne, Dorset: Intercept. 1989. p.1-18.

HASSAN, Sherif A. The effects of pesticides on beneficial organisms: activities of the IOBC International Working Group. In: 4 SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, Gramado, 1994. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA, CPACT, 1994. p.114-118.

HASSAN, Sherif A.; ABDELGADER, Hayder. Sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, v.24, n.4, p.71-81, 2001.

KOGAN, Marcos. Integrated pest management: Historical perspective and contemporary developments. **Annual Reviews of Entomology**, v.43, p.2043-2070, 1998.

LEIVAS, Gabrielle *et al.* Caracterização fitotécnica dos sistemas de produção de pêssegos na Região de Pelotas-RS. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.32594-32618, 2020.

MANSOOR, Muhammad Mudassir *et al.* Post-exposure temperature influence on the toxicity of conventional and new chemistry insecticides to green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.22, n.3, p.317-321, 2015.

MORALES, Sinue I. *et al.* Foliar persistence and residual activity of four insecticides of different mode of action on the predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae). **Chemosphere**, v.235, p.76-83, 2019.

PÉREZ-AGUILAR, Daniel Alberto *et al.* Lethal and sublethal effects of insecticides on *Engytatus varians* (Heteroptera: Miridae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ecotoxicology**, v.27, n.6, p.719-728, 2018.

PIO, Rafael *et al.* Advances in the production of temperate fruits in the tropics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.41, p.e39549, 2019.

QUESADA, Carlos Roberto; SADO, Clifford S. Residual toxicity of insecticides to *Chrysoperla rufilabris* and *Rhyzobius lophanthae* predators as biocontrol agents of pine needle scale. **Crop Protection**, v.130, p.105044, 2020.

SATO, Mario E. *et al.* Spiromesifen toxicity to the spider mite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus californicus*. **Phytoparasitica**, v.39, n.5, p.437- 445, 2011.

STUPP, Paloma *et al.* Mass trapping is a viable alternative to insecticides for management of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in apple orchards in Brazil. **Crop Protection**, v.139, p.105391, 2021.

SUÁREZ-LÓPEZ, Yurany Andrea *et al.* Lethal and sublethal effects of lufenuron on the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Crop Protection**, v.135, p.105217, 2020.

SYMONDSON, Willian O. C.; SUNDERLAND, Keith D.; GREENSTONE, Michael H. Can generalist predators be effective biocontrol agents?. **Annual Review of Entomology**, v.47, n.1, p.561-594, 2002.

ZACHARIAS, Aline Oliveira; FALEIRO, Fábio Gelape; ALMEIDA, Gabriella Queiroz. Producers profile and the adoption of technologies in passion fruit cultivation in the Triângulo Mineiro region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.42, n.5, p.1-12, 2020.